

POLE DE COMPETENCES OUEST

Sciences et technologies du vivant et de l'environnement

Programme de recherche inter-régional sur
l'Alimentation et la Nutrition dans le Grand-Ouest

- PANGO -



Table des matières

1 Contexte socio-économique	4
1.1 L'Agriculture et l'Agroalimentaire: le premier secteur économique du Grand Ouest.....	4
1.2 La production agricole et le secteur des transformations agroalimentaires: les points forts du Grand Ouest.....	4
1.3 Le développement de la Recherche-Innovation dans un secteur économique très concurrentiel: un atout majeur du grand Ouest.....	5
1.4 Les responsables de demain: une formation de qualité et adaptée pour la recherche et l'industrie agroalimentaire dans le Grand Ouest	5
1.5 Des voies nouvelles pour une recherche intégrative du consommateur au producteur (de la nutrition-santé et la nutrition-plaisir aux caractéristiques nutritionnelles et technologiques des matières premières): un programme de recherche dans le Grand Ouest PANGO.....	6
2 Contexte scientifique.....	7
2.1 La genèse du programme de recherche inter-régional sur l'alimentation et la nutrition dans le Grand Ouest: PANGO.....	7
2.2 Élaboration des axes et projets de recherche.....	8
2.3 Schéma stratégique du programme inter-régional PANGO.....	14
3 Dispositif opérationnel du Programme.....	15
4 Présentation des Projets de Recherche par Axe.....	17
4.1 Axe 1: Structuration des aliments et assemblages fonctionnels.....	17
4.1.1 Projet 1: Approche multi-échelle et innovation dans la structuration de matrices à base végétale.....	17
4.1.2 Projet 2: Fractionnement d'assemblages et de biomolécules à fonctionnalités avancées	27
4.2 Axe 2: Qualité et Sécurité des aliments.....	37
4.2.1 Projet 3: Construction des méthodes pour la gestion durable des intrants antibiotiques et anti-parasitaires en production animale.....	37
4.2.2 Projet 4: Optimisation des stratégies de maîtrise des dangers bactériens dans les filières de production volaille et viande porcine.....	47
4.3 Axe 3: Nutrition: du fœtus à l'adulte.....	57
4.3.1 Projet 6: Optimiser l'alimentation périnatale pour améliorer la croissance périnatale et prévenir les maladies chroniques de l'adulte	57
4.3.1 Projet 7: Élaboration d'une stratégie d'exploration du métabolisme postprandial chez l'homme et application à l'étude des bénéfices/risques de préparations lipidiques d'origine marine.....	65
4.4 Axe 4: Consommateur et Management Industriel.....	70

4.4.1 Projet 8: Entre proximité et globalisation: indépendance et interdépendance dans les filières alimentaires durables.....	70
4.5 Axe transversal: Technologies 'omiques innovantes.....	78
4.5.1 Projet 5: Étude et exploitation du potentiel des approches émergentes de caractérisation globale de type 'omiques au service de la qualité et de la sécurité chimique des aliments.....	78
5 Valorisation - Dissémination des résultats.....	84
5.1 Transfert des connaissances vers les formations universitaires (Masters Recherche, Ingénieurs, Doctorants).....	84
5.2 Transfert des connaissances vers les professionnels.....	85
5.3 Transfert des connaissances scientifiques vers les consommateurs.....	87
6 Conclusion générale.....	88
7 Budget du programme PANGO.....	90
8 Annexe.....	93
8.1 Annexe 1.....	93
8.2 Annexe 2.....	94
8.3 Annexe 3.....	96
8.4 Annexe 4.....	101
8.5 Annexe 5.....	104
8.6 Annexe 6.....	107
8.7 Annexe 7.....	111
8.8 Annexe 8.....	115
8.9 Annexe 9.....	118
8.10 Annexe 10.....	125
8.11 Annexe 11.....	128

Le programme de recherche inter-régional PANGO

1 Contexte socio-économique

1.1 L'Agriculture et l'Agroalimentaire: le premier secteur économique du Grand Ouest

Le Grand Ouest (régions Bretagne et Pays de la Loire) est leader en France dans le domaine des productions animales et de productions fruitières et légumières particulières. L'importance et la diversité des productions agricoles qui y sont pratiquées, ont favorisé le développement de nombreuses et importantes industries agroalimentaires, également réparties sur l'ensemble du territoire. C'est le premier secteur d'activité économique et d'emploi du Grand Ouest.

Au regard des entreprises agroalimentaires de plus de 20 salariés, la Bretagne est la première région française en matière d'emplois et de chiffre d'affaires, tandis que les Pays de la Loire occupent le deuxième rang (Tableau 1 et 2 en Annexe 1 et 2) (Agreste - Enquête Annuelle d'Entreprise 2007). Ces deux régions concentrent à elles seules 21,6% du chiffre d'affaires national des industries agroalimentaires et 26,8% de ses effectifs.

1.2 La production agricole et le secteur des transformations agroalimentaires: les points forts du Grand Ouest

En Bretagne et en Pays de la Loire, l'industrie des viandes, l'industrie laitière, le secteur de la fabrication de produits de boulangerie-pâtisserie, de pâtes et d'aliments pour animaux sont particulièrement puissants. Le plus grand chiffre d'affaires est réalisé par l'industrie des viandes (respectivement, 42% et 43% de leur chiffre d'affaires). L'industrie laitière et le secteur de la fabrication d'aliments pour animaux sont des filières générant également un chiffre d'affaires très élevé pour chacune de ces deux régions (18% et 15% pour la Bretagne, et 20% et 9% pour les Pays de la Loire, respectivement). En revanche, l'industrie des fruits et légumes est moins représentée et délocalisée par rapport aux zones de production végétale existantes dans les 2 régions.

1.3 Le développement de la Recherche-Innovation dans un secteur économique très concurrentiel: un atout majeur du grand Ouest

Les caractéristiques communes de l'agriculture et de l'agroalimentaire bretons et ligériens font que nos deux régions sont confrontées aux mêmes enjeux économiques, de concurrence, d'environnement, de Recherche et Développement (R&D). Les principaux secteurs rencontrent régulièrement des conditions de crise économique et sont soumis aux fluctuations des marchés mondiaux.

Une collaboration structurée entre les laboratoires de recherche de ces deux territoires contribue à améliorer leur compétitivité et à accroître leur visibilité tant sur la scène nationale qu'internationale en réunissant les compétences et le savoir-faire, et en optimisant les investissements pour accroître à la fois l'innovation « *produits* » et « *procédés technologiques* ».

La présence dans nos deux régions de trois pôles de compétitivité dédiés (Valorial, Végépolys et Pôle Enfant), du cluster West, de centres techniques (ADRIA, Instituts techniques, CTCPA, ...), ainsi que la volonté des Chambres de Commerce et d'Industrie et des Conseils Régionaux d'animer des réseaux d'industriels et/ou de chercheurs, *via* par exemple le Pôle Agronomique Ouest (PAO), constituent un atout majeur et structurant pour tous les acteurs, chercheurs et industriels. Les expériences passées confirment que le dialogue, à l'échelle inter-régionale entre l'industrie et la recherche est fructueux. Les structures de transfert qui dynamisent les deux régions, sont d'autant plus importantes que le secteur de l'agroalimentaire du Grand Ouest est un riche tissu de PME qui ont l'ambition, mais souvent pas l'autonomie budgétaire nécessaire, pour développer des activités de recherche et développement.

1.4 Les responsables de demain: une formation de qualité et adaptée pour la recherche et l'industrie agroalimentaire dans le Grand Ouest

La présence de quatre grands établissements d'enseignement supérieur agricole et agroalimentaire du Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage, Agrocampus-Ouest; l'École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes-Atlantique, ONIRIS; l'École Supérieure d'Agriculture, ESA; l'École Supérieure du Bois, ESB), et la présence de quatre grands instituts de recherche (INRA, CEMAGREF,

ANSES, IFREMER) sont une force majeure du dispositif de Formation-Recherche du Grand Ouest.

La coopération de ces établissements avec les Universités dans le cadre de Masters Recherche: Biologie Agronomie Santé de l'Université de Rennes, Ingénierie Chimique et Agroalimentaire de l'Université de Nantes, Biologie Végétale de l'Université d'Angers, offre des parcours pluridisciplinaires de formation à la recherche dans le domaine des aliments, de l'alimentation et de la nutrition. Enfin les écoles doctorales, co-accréditées ou en association, présentes en Bretagne et en Pays de la Loire, confortent l'excellence de la recherche scientifique et l'ouverture internationale des laboratoires: l'école doctorale Vie Agronomie Santé (VAS) de l'Université Européenne de Bretagne (PRES UEB) et les écoles doctorales: Biologie-Santé (BS), Végétale-Environnement-Nutrition-Agroalimentaire-Mer (VENAM) et Matériaux-Matières-Molécules en Pays de la Loire (3MPL) de l'Université Nantes-Angers-Le Mans (PRES UNAM).

Ainsi le dispositif inter-régional de formation par et pour la recherche en production et transformation des aliments et en alimentation-nutrition constitue un atout remarquable offrant un vivier de cadres de qualité et ayant reçu une formation adaptée pour les laboratoires de recherche et les industries agroalimentaires du Grand Ouest. Dans ce contexte, des projets de recherche multi-disciplinaires proposés par les laboratoires de recherche bretons et ligériens contribuent à la formation des responsables de demain.

1.5 Des voies nouvelles pour une recherche intégrative du consommateur au producteur (de la nutrition-santé et la nutrition-plaisir aux caractéristiques nutritionnelles et technologiques des matières premières): un programme de recherche dans le Grand Ouest PANGO

Le Programme de recherche inter-régional sur l'Alimentation et la Nutrition dans le Grand-Ouest '*PANGO*' a l'ambition de renforcer les efforts de recherche des laboratoires bretons et ligériens pour:

- *accroître l'excellence scientifique des unités* en favorisant des approches pluridisciplinaires (biochimie, physicochimie, génie des procédés, physiologie, nutrition),
- créer un pôle de recherche « *Aliment-Alimentation-Nutrition* » visible et attractif au plan européen,

- contribuer par ce potentiel de recherche, à ***dynamiser l'innovation dans les filières de production*** en s'appuyant sur les structures de transfert régionales (centres techniques, pôles de compétitivité).

2 Contexte scientifique

2.1 La genèse du programme de recherche inter-régional sur l'alimentation et la nutrition dans le Grand Ouest: PANGO

Le Groupement d'Intérêt Scientifique « Pôle de Compétence Ouest en Sciences et Technologies du Vivant et de l'Environnement » a initié le concept d'un programme de recherche visant à accroître les connaissances dans les domaines des ***aliments***, de ***l'alimentation*** et de la ***nutrition***, domaines d'excellence et de toute première importance économique pour l'agriculture et l'agroalimentaire dans les deux régions Bretagne et Pays de la Loire.

Le programme *PANGO* est un programme intégratif. Il vise à répondre aux besoins et exigences du consommateur au plan nutritionnel (aliment-santé) et sensoriel (aliment-plaisir) en prenant en compte ce cahier des charges aux différentes étapes de la construction de l'aliment, par les industries de transformation (formulation, stabilité des produits, bioaccessibilité des nutriments, impact des procédés) et de production (variabilité écophysiological de la composition, des structures, des propriétés). ***C'est un programme de recherche qui se situe en amont des processus d'innovation technologique, et qui se veut générateur de nouvelles connaissances scientifiques pour la construction de la qualité de l'aliment et valorisables par les centres techniques et de R&D.***

En avril 2009, le « Pôle de Compétence Ouest » a lancé un Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) auprès de la communauté scientifique bretonne et ligérienne (instituts de recherche, établissements d'enseignement supérieur, laboratoires des universités) pour créer un programme de recherche conjoint. L'AMI a connu un réel succès: quarante-sept dossiers ont été déposés par des laboratoires rattachés à douze organismes de recherche et d'enseignement supérieur implantés sur les deux régions (Figure 1). Ainsi une part majeure du potentiel scientifique s'intéressant aux étapes de la construction de l'aliment se déclare mobilisée par le programme inter-régional *PANGO* en proposant des approches multi-disciplinaires. Cette mobilisation confirme à la fois (1) le vaste champ des compétences disponibles en Bretagne et

en Pays de la Loire, (2) le souhait fort des laboratoires de se rassembler autour de projets coopératifs susceptibles d'ouvrir de nouvelles voies de découvertes, et (3) la capacité à se mobiliser pour répondre à des questions complexes ne trouvant réponse que par des approches pluridisciplinaires.

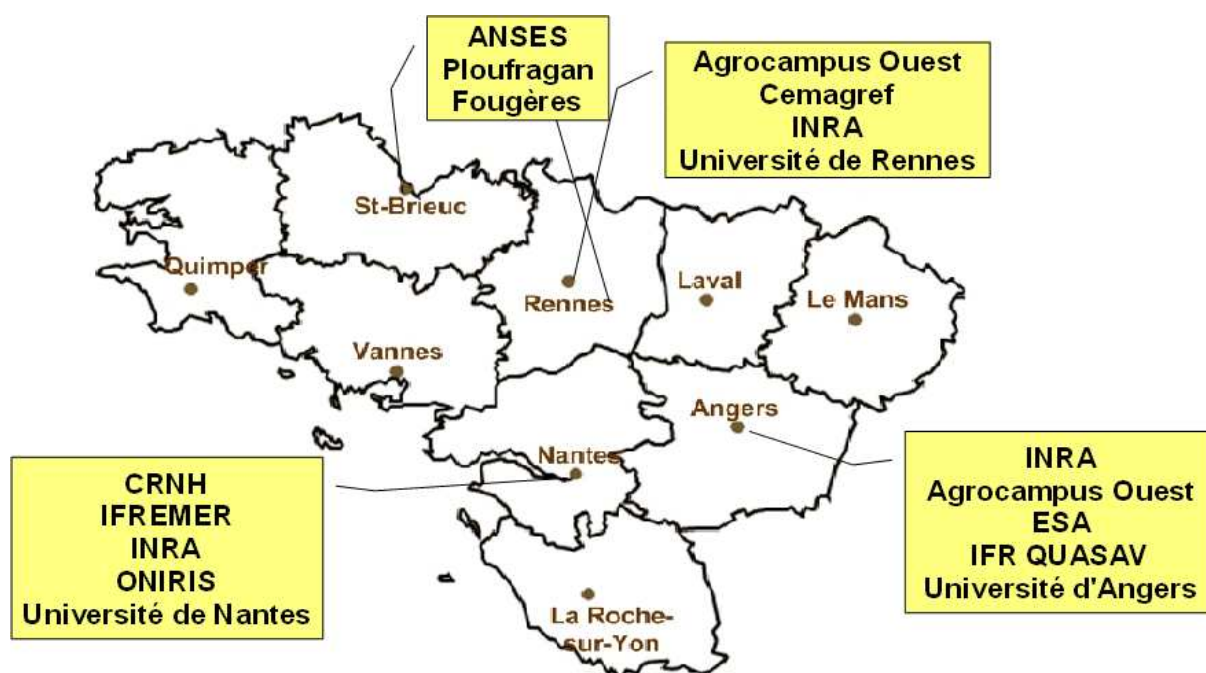


Figure 1 Organismes de recherche et d'enseignement supérieur souhaitant se rassembler autour du programme inter-régional PANGO.

2.2 Élaboration des axes et projets de recherche

Les propositions reçues à l'AMI ont été réorganisées et structurées de façon à construire une architecture cohérente pour un programme systémique et innovant d'une durée de 3 ans. Huit projets de recherche ont été élaborés. Ces différents projets qui ont pour objet de *générer de nouvelles connaissances scientifiques et d'alimenter les processus d'innovation technologique*, sont structurés autour de *quatre axes* (Tableau 1). Les projets de recherche construits montrent clairement une grande complémentarité scientifique et opérationnelle des forces bretonnes et ligériennes, et une volonté de renforcer les relations actuelles (qui se situent surtout à l'échelle individuelle entre les chercheurs des deux régions) au travers de projets de plus grande envergure.

Axe 1 « Structuration des aliments et assemblages fonctionnels »

L'axe 1 comporte deux projets de recherche (Tableau 1).

Le projet 1 « *Approche multi-échelle et innovation dans la structuration de matrices à base végétale* » s'inscrit dans un contexte économique (appui aux industries agroalimentaires inter-régionales) mais également dans un contexte de conception et de valorisation de la fonctionnalité technologique et biologique des aliments. Il se donne comme objectif de développer de matrices innovantes à base végétale permettant ainsi de valoriser davantage des fruits et légumes spécifiques de nos deux régions, à savoir les pommes, les carottes, les pommes de terre et certaines céréales. La structuration de matrices alimentaires à base végétale répondra, d'une part, aux enjeux nutritionnels par la conception des aliments-santé, et d'autre part, aux enjeux sensoriels, par le développement des aliments de grande qualité organoleptique (aliments-plaisir).

Le projet 2 « *Fractionnement d'assemblages et de biomolécules à fonctionnalités avancées* » a pour objectif la recherche de nouvelles voies de valorisation des produits et co-produits du lait, de l'œuf, et des produits de la mer, les filières de toute première importance pour la région Grand Ouest. Le projet proposé se distingue par son approche transversale et pluridisciplinaire, depuis l'identification de biomolécules et d'assemblages moléculaires d'intérêt à leur mise en œuvre dans des applications classiques ou innovantes. Les propriétés recherchées des biomolécules sont: (i) les activités biologiques: immuno-modulantes, anti-hypertensives, anti-inflammatoires, anti-oxydantes, ... et (ii) les propriétés physico-chimiques: interfaciales, texturantes et filmogènes pour les applications aussi bien alimentaires (émulsions, mousses, gels, suspensions) que non-alimentaires (films alimentaires bio-dégradables aux propriétés bio-actives).

Axe 2 « Qualité et Sécurité des aliments »

L'axe 2 est structuré autour de deux projets de recherche (Tableau 1).

Le projet 3 « *Construction des méthodes pour la gestion durable des intrants antibiotiques et anti-parasitaires en production animale* » répond à des enjeux et défis majeurs pour le premier bassin de production animale en Europe que constitue le Grand Ouest français (notamment en élevage porcin, avicole et bovin, mais aussi truiticulture). En effet, il vise à développer des outils originaux pharmaco-épidémiologiques, d'économie et de gestion

destinés à optimiser les stratégies thérapeutiques (antibiotiques, antiparasitaires, vaccination) et de biosécurité pour maintenir une efficacité durable et réduire les risques de développement de résistance chez les pathogènes animaux et les flores commensales vis-à-vis d'antibiotiques dans les principales filières de produits de l'élevage de l'Ouest de la France et ainsi garantir une maîtrise de la qualité des produits animaux.

Le projet 4 «*Optimisation des stratégies de maîtrise des dangers bactériens dans les filières de production volaille et viande porcine* » répond à la fois aux enjeux liés à la santé publique et ceux liés à la production animale. Le projet proposé se donne comme objectif de développer des modèles nécessaires à l'évaluation des stratégies de maîtrise de *Campylobacter* dans la filière volaille et *Salmonella* dans la filière porcine. En effet, la consommation d'aliments d'origine animale contaminés par ces bactéries peut conduire à des infections alimentaires. Les modèles construits serviront à évaluer l'efficacité épidémiologique et économique de stratégies de maîtrise des agents pathogènes qui seront coordonnées à différentes étapes de la chaîne alimentaire: production - transformation - préparation.

Axe 3 « Nutrition: du fœtus à l'adulte »

L'axe 3 s'organise autour de deux projets de recherche (Tableau 1).

Le projet 6 «*Optimiser l'alimentation périnatale pour améliorer la croissance périnatale et prévenir les maladies chroniques de l'adulte* » s'inscrit pleinement dans la problématique de santé publique. Le projet a pour ambition d'explorer l'impact de la composition des laits (maternel et formules infantiles), des préparations pour nourrissons sur le développement physiologique de l'enfant et de définir des marqueurs de risque de pathologies chroniques (obésité, diabète, hypertension, ...) chez le futur adulte. En effet, les enjeux de la nutrition de l'enfant autour de la naissance ont changé de nature : l'alimentation du fœtus puis du nourrisson joue un rôle clé dans le renforcement des capacités de défense du jeune permettant ainsi de limiter les risques de pathologies ultérieures (MICI, diabète, obésité, ...).

Le projet 7 «*Élaboration d'une stratégie d'exploration du métabolisme postprandial chez l'homme et application à l'étude des bénéfices/risques de préparations lipidiques d'origine marine* » porte sur l'élaboration d'une méthode standardisée permettant d'explorer simultanément les différentes voies métaboliques chez l'homme. La méthode développée servira pour évaluer les bénéfices et les risques liés aux différentes sources d'ingrédients

lipidiques d'origine marine, laitière et végétale. Elle sera utilisée par les entreprises du Grand Ouest, associées au projet, dans une optique d'obtention d'allégation santé.

Axe 4 « Consommateur et Management Industriel »

L'axe 4 se structure autour d'un projet de recherche (Tableau 1).

Le projet 8 *«Entre proximité et globalisation: indépendance et interdépendance dans les filières alimentaires durables »* souhaite fédérer des équipes de recherche du Grand Ouest autour de la thématique de la proximité des acteurs dans les filières alimentaires. Il a pour objectif d'évaluer des nouveaux circuits de distributions (marché de proximité, marché de masse) afin d'apporter des éléments d'aide à la décision pour les industries agroalimentaires. L'évaluation de circuits de distributions sera réalisée en prenant comme exemple deux filières spécifiques de nos deux régions, à savoir la filière volaille et la filière boulangerie/biscuiterie.

Axe transversal « Technologies 'omiques innovantes »

En transversalité, le projet 5 *«Étude et exploitation du potentiel des approches émergentes de caractérisation globale de type 'omiques' au service de la qualité et de la sécurité chimique des aliments »* se positionne comme élément catalyseur pour une exploitation valorisante des capacités de type plateforme ou plateaux techniques 'omiques du Grand Ouest, au service de la sécurité et de la qualité des aliments. L'ambition du projet présenté est de proposer une action de recherche à la fois innovante sur le plan méthodologique et structurante sur le plan thématique. Les principaux enjeux associés concernent la garantie de la qualité et/ou de l'innocuité des produits issus des principales filières de productions inter-régionales: viandes, lait, produits de boulangerie, produits de la mer, et le déterminisme des maladies métaboliques et l'importance de l'alimentation du nouveau-né dans le développement ou la prévention de ces maladies.

Tableau 1 Présentation des Axes et des Projets de recherche par Axe.

Projets de recherche par Axe	Intitulé	Partenaires impliqués
Axe 1	Structuration des aliments et assemblages fonctionnels	
Projet 1	Approche multi-échelle et innovation dans la structuration de matrices à base végétale	CEMAGREF Rennes ESA Angers IFR QUASAV Angers INRA Angers-Nantes ONIRIS Nantes
Projet 2	Fractionnement d'assemblages et de biomolécules à fonctionnalités avancées	IFREMER Nantes INRA-AGROCAMPUS OUEST Rennes INRA Angers-Nantes ONIRIS Nantes Université d'Angers
Axe 2	Qualité et Sécurité des aliments	
Projet 3	Construction des méthodes pour la gestion durable des intrants antibiotiques et anti-parasitaires en production animale	ANSES Ploufragan ANSES Fougères CHU Nantes INRA Angers-Nantes INRA-AGROCAMPUS OUEST Rennes ONIRIS Nantes UFR Médecine Nantes
Projet 4	Optimisation des stratégies de maîtrise des dangers bactériens dans les filières de production volaille et viande porcine	ANSES Ploufragan INRA Angers-Nantes ONIRIS Nantes Université de Bretagne Occidentale Université de Rennes 1
Axe 3	Nutrition: du fœtus à l'adulte	
Projet 6	Optimiser l'alimentation périnatale pour améliorer la croissance périnatale et prévenir	CHU Angers, Nantes, Rennes École de Management Nantes

Programme de recherche inter-régional PANGO

	les maladies chroniques de l'adulte	INRA-AGROCAMPUS OUEST Rennes INRA Angers-Nantes Université de Nantes
Projet 7	Élaboration d'une stratégie d'exploration du métabolisme postprandial chez l'homme et application à l'étude des bénéfices/risques de préparations lipidiques d'origine marine	ANSES Fougères CHU Angers, Nantes, Rennes CRNH Nantes INRA-AGROCAMPUS OUEST Université d'Angers Université Bretagne Occidentale Université de Nantes
Axe 4	Consommateur et Management Industriel	
Projet 8	Entre proximité et globalisation: indépendance et interdépendance dans les filières alimentaires durables	INRA Angers-Nantes ONIRIS Nantes Université de Nantes
Axe transversal	Technologies 'omiques innovantes	
Projet 5	Étude et exploitation du potentiel des approches émergentes de caractérisation globale de type 'omiques' au service de la qualité et de la sécurité chimique des aliments	ANSES Fougères CRNH Nantes ESA Angers IFREMER Nantes ONIRIS Nantes INRA-AGROCAMPUS OUEST Rennes Université de Bretagne Occidentale Université de Nantes Université de Rennes 1

2.3 Schéma stratégique du programme inter-régional PANGO

Les grandes thématiques abordées par le programme *PANGO* ainsi que la cohérence de l'ensemble des projets de recherche au sein du programme sont représentées sur la Figure 2 ci-dessous.

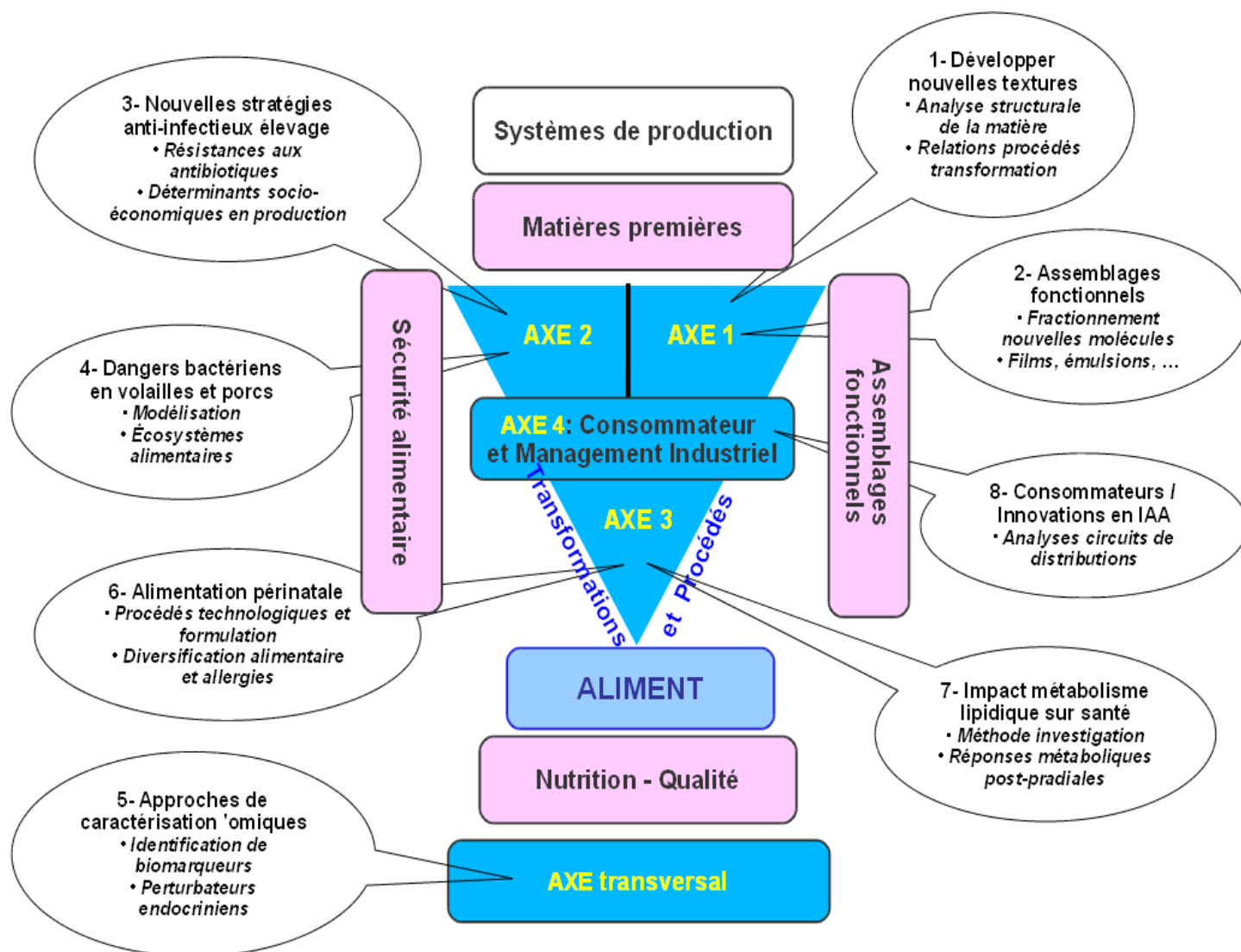


Figure 2 Schéma stratégique du programme de recherche inter-régional PANGO.

3 Dispositif opérationnel du Programme

Afin de mener à bien les projets de recherche au sein du programme *PANGO*, une Équipe Projet est constituée autour d'un binôme coordonnateur (chef de file scientifique), chargé d'animer le travail de composition d'une architecture globale du programme en partenariat avec le chargé de mission du Pôle de Compétences Ouest (chef de file administratif) (Figure 3). Chaque axe constitutif du programme est animé par un groupe scientifique (Bretagne - Pays de la Loire) dont le rôle consiste à piloter la composition de projets de recherche cohérents sur chacun des axes. Un chargé d'étude est recruté pour apporter son appui à la rédaction du programme de recherche *PANGO* comprenant des sous-programmes (projets) fonctionnels.

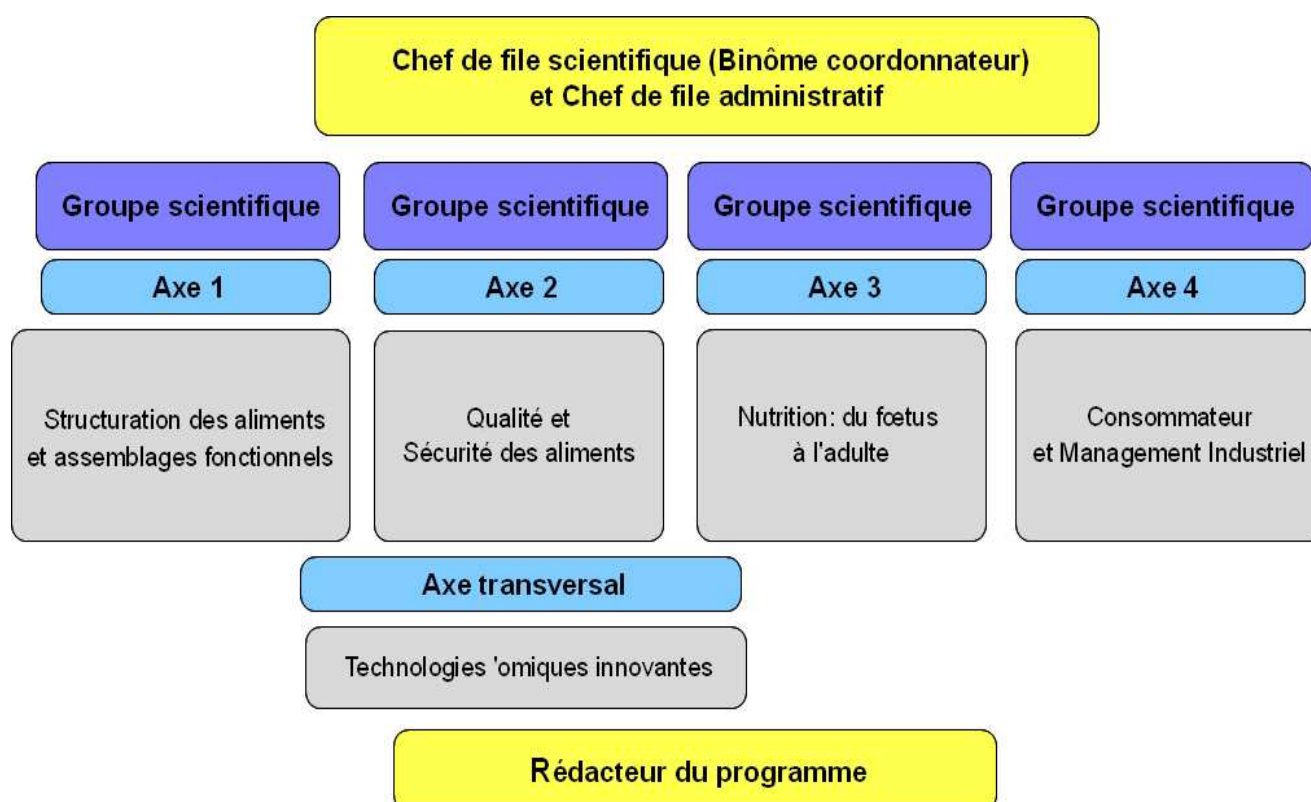


Figure 3 Représentation schématique de l'Équipe Projet.

La composition de l'Équipe Projet est présentée dans le Tableau 2 ci-dessous:

Prénom NOM	Grade	Structure
Binôme coordonnateur		
Jacques GUEGUEN	Directeur de Recherche	INRA, Angers-Nantes
Isabelle LURON	Directrice de Recherche	INRA, Rennes
Chef de file administratif		
Jacques AUBERT	Chargé de Mission	Pôle de Compétence Ouest AGROCAMPUS OUEST, Rennes
Groupe scientifique Axe 1		
Marc ANTON	Directeur de Recherche	INRA, Angers-Nantes
Alain LE BAIL	Professeur	ONIRIS, Nantes
Tiphaine LUCAS	Chargée de Recherche	CEMAGREF, Rennes
Françoise NAU	Professeur	AGROCAMPUS OUEST, Rennes
Groupe scientifique Axe 2		
Marianne CHEMALY	Chargée de Recherche	ANSES, Ploufragan
Henri SEEGER	Professeur	ONIRIS, Nantes
Axe transversal		
Jean-Philippe ANTIGNAC	Ingénieur de Recherche	ONIRIS, Nantes
Groupe scientifique Axe 3		
Martine CHAMP	Directrice de Recherche	CRNH, Nantes
Joëlle LEONIL	Directrice de Recherche	INRA, Rennes
Groupe scientifique Axe 4		
Jean-Marc FERRANDI	Professeur	ONIRIS, Nantes
Vincent HOVELAQUE	Professeur	ONIRIS, Nantes
Rédacteur du programme		
Agata ZYKWINSKA	Ingénieur de Recherche	AGROCAMPUS OUEST

4 Présentation des Projets de Recherche par Axe

4.1 Axe 1: Structuration des aliments et assemblages fonctionnels

4.1.1 **Projet 1:** Approche multi-échelle et innovation dans la structuration de matrices à base végétale

Liste des laboratoires participants au Projet 1 ayant répondu à l'Appel à Manifestation d'Intérêt:

Organisme	Unité	Titre
INRA Angers-Nantes	BIA	Cartographie multi spectrale et mécanique pour la caractérisation des matières premières agricoles: application aux grains en relation avec leur valeur d'usage
	BIA	Impact de la variabilité biologique (génétique, écophysiologie) sur les propriétés mécaniques et les caractéristiques structurales contrôlant la transformation biotechnologique des fruits
CEMAGREF Rennes	IRM-Food	Mise en place de techniques non-invasives de caractérisation multi échelle de la structure des fruits au cours de leur développement et de leur transformation
IFR QUASAV Angers	GenHort	Approche intégrée des connaissances pour la valorisation des fruits et légumes frais et transformés
INRA Rennes	URC-BFL	Impact de l'oxydation sur les propriétés fonctionnelles de polyphénols: de la plante aux qualités nutritionnelles et organoleptiques des aliments
ENSCR Rennes	Sciences Chimiques de Rennes	Études électrochimiques des processus d'oxydation impliqués depuis la maturation des fruits jusqu'à la fermentation des jus

1- Contexte et enjeux socio-économiques

Le présent projet concerne trois matrices d'étude à base de trois types de matières premières de grande importance économique dans les régions de Bretagne et Pays de la Loire: les céréales (blé), les fruits (pomme), les légumes (carotte et pomme de terre) et leurs produits transformés.

La région de Bretagne et Pays de la Loire représentent environ 25 à 30% du marché de la meunerie et de la transformation (boulangerie – viennoiserie). Ces deux régions représentent 12.4 millions tonnes de céréales (19% Prod. Nat.), 165 meuniers (25% Nat.) et 1255 employés

(18 % Nat.). Concernant la BVP, 141 sites et 113 sociétés (25% Nat.), 4 900 employés pour € 825 millions (30% du secteur Nat.).

La Bretagne et les Pays de la Loire représentent 20% de la production française de pommes fruit et la France se positionne comme deuxième producteur européen derrière l'Italie. La pomme est aussi, et de loin, le premier fruit transformé en France (données Agreste 2008). A noter que globalement très peu de fruits produits en France sont vendus à la transformation (2% en 2006).

Les deux régions concernées représentent 25% de la production française en frais de carottes (Agreste 2008). La Bretagne est la première région de France employeuse dans le secteur de la transformation des fruits et légumes, avec 3200 emplois en 2005 (INSEE) et des entreprises comme Bonduelle Traiteur, Ardo SA, Daucy...

Le pôle de compétitivité Valorial breton dont une des commissions porte sur les fruits et légumes représente quand à lui un atout en ce qui concerne la transformation de ces matières premières et le développement de nouvelles technologies. En outre, le pôle de compétitivité angevin sur le végétal associé à ce projet représente un atout en ce qui concerne la sélection variétale. Il n'est toutefois pas envisagé de financer d'actions particulières sur le thème de la sélection variétale, ce projet étant surtout orienté sur les outils multi-échelle (méthodologie de caractérisation des matières premières et des matières transformées) et sur la transformation (procédé, caractérisation des produits finis).

Les enjeux du présent projet sont non seulement économiques (appui aux agroindustries régionales) mais aussi de santé (PNNS, consommation des fruits et légumes en déclin, image parfois négative des produits céréaliers sucrés à destination des enfants). La structure des aliments conditionne leur texture et leurs propriétés aromatiques qui sont des paramètres importants qu'il faut développer pour redonner de l'attractivité aux produits à base de fruits. La structure et la compartimentation des aliments transformés conditionnent aussi l'assimilation des nutriments, en agissant sur la cinétique de déstructuration qui commence par la mastication et qui se poursuit au cours du transit dans le tube digestif. L'objectif serait donc à la fois d'appuyer l'innovation produit au service du secteur industriel, bien implanté dans les deux régions, tout en proposant des aliments aux valeurs nutritionnelles optimisées.

Outre cet adossement économique significatif, les deux régions disposent d'une complémentarité sur le thème de l'étude multi-échelle des matrices (Microscopie Confocale, MEB, IRM, Tomographie RX ...), de leur structure (rayon X, RMN, calorimétrie ...) et de

leurs propriétés d'usage (sensoriel, arôme, texture, rhéologie, ...). Des forces significatives existent au niveau procédé que ce soit sur des procédés conventionnels (congélation, fermentation, cuisson, séchage), comme sur les procédés de rupture comme ceux impliquant des hautes ou basses pressions. Ces compétences mériteraient d'être fédérées pour développer une compétence portant sur la structuration de matrices à base végétale associant le développement de matrices innovantes (en particulier foisonnées) autour d'enjeux sensoriels (structure, texture ...) mais également autour d'enjeux nutritionnels. L'enjeu est d'atteindre des compétences et une visibilité à l'échelle nationale, voire internationale tout en associant à ce projet au niveau régional les industries concernées qui pourraient ainsi profiter des compétences développées «à leur porte».

2- Contexte scientifique

Ce projet se donne comme objectif d'apporter les connaissances scientifiques et les méthodes nécessaires à la caractérisation de la structure des matières premières végétales et des matériaux structurés-transformés à base de matière végétale (tissus végétaux ou mousses alvéolaires à base de céréales...). Ces recherches doivent permettre une meilleure maîtrise des relations structure-texture, structure-stabilité et conservation des produits transformés, structure-digestibilité (apport nutritionnel). On apportera une attention particulière au suivi en dynamique de ces structures en cours de procédé. Ces travaux doivent contribuer au développement de procédés innovants pour générer de nouvelles structures et textures plus attractives pour le consommateur.

Pour atteindre cet objectif, une approche *multi-échelle* est envisagée, allant du niveau nano – moléculaire au niveau meso (échelle de la cellule ou d'une bulle par exemple) et macro (échelle des tissus ou du produit). Il s'agira de mieux comprendre l'impact de la structure des matières premières, de constituants mineurs (formulation, ajout d'éléments de structuration comme des hydrocolloïdes, des ingrédients d'origine animale comme des œufs, produits laitiers...) et des procédés sur la structure et sur les propriétés finales des produits.

Le projet est centré sur le développement:

- des matrices à hydratation élevée (schématiquement à base de fruits – légumes type compote, purée, garniture de quiche ou de plat cuisiné cuit ...) en revisitant à différentes échelles d'observation les procédés traditionnels y compris les procédés fermentaires, mais en

cherchant aussi à mieux maîtriser les technologies douces telles que les hautes pressions (bien appliquées aux fruits et légumes), le chauffage ohmique, etc. Il reste cependant un certain nombre de verrous à travailler pour mieux maîtriser la stabilité et la texture des produits finis (gélatinisation de l'amidon en milieu complexe, gélification des pectines). Typiquement ces matrices sont formulées avec des ingrédients d'origine animale (œuf, produit laitier ...) qui contribuent largement à la structuration des matrices lors du traitement thermique.

- des matrices alvéolées d'hydratation intermédiaire à faible (schématiquement produits céréaliers de cuisson classiques mais aussi des produits hybrides à développer intégrant des pulpes de fruits, de légumes, ..) afin d'obtenir (i) des produits pouvant se conserver sans trop de contrainte (type barres céréalières) et (ii) des produits permettant de développer des structures et textures originales. Les mécanismes d'expansion de la phase gazeuse, la contribution des différents ingrédients et des différents paramètres du procédé restent en revanche imparfaitement connus.

L'ensemble de ces transformations est également lié à l'état de l'eau dans les matrices et à son rôle dans les différentes transformations évoquées.

La structuration des produits alimentaires (tissus végétaux ou mousses alvéolaires à base de céréales) et son impact sur la compartimentation des phases ont été négligées dans les approches antérieures, et les concepts applicables sur produits homogènes ont montré leurs limites (grande variabilité des données publiées, et extrapolabilité limitée). Les avancées récentes en imagerie à différentes échelles combinées à une approche de type chimie analytique devraient permettre une meilleure caractérisation de ces structures.

Cette caractérisation doit idéalement prendre en compte et tenter d'expliquer la variabilité variétale, mais aussi l'évolution sous les processus de maturation, et de conservation.

Les propriétés mécaniques des matériaux considérés en conditionnent fortement la qualité, celle-ci incluant pour le moins l'aptitude à la distribution, à la manipulation et transformation industrielles, la perception organoleptique (texture en bouche et plaisir associé) et probablement la digestibilité (en lien avec l'étape de mastication). Les déterminants structuraux doivent être reliés aux propriétés mécaniques du produit alimentaire (incluant des sollicitations sous microscope) et un transfert des connaissances et méthodologies développées en sciences des matériaux au sens large devrait être initiée vers ce domaine particulier de l'alimentaire. Associer ces propriétés mécaniques aux critères de qualité cités

ci-dessus devra être envisagé dans un deuxième temps. Ce développement passe par une approche multi-échelle de la structure des produits à base végétale.

L'accès aux phénomènes mis en jeu dans la structuration des produits alimentaires en cours de transformation (couplé à une approche des flux de matière à une échelle cohérente) représente un double enjeu à la fois en imagerie (imagerie en dynamique) et en génie des procédés (prise en compte des phases en présence dans l'étude des transferts de matière et de chaleur couplés et de l'évolution de la structure, voire sa déformation).

Pour les mousses alvéolaires à base de céréales, il y a un enjeu à mieux caractériser l'évolution des propriétés mécaniques des films de pâte à la fois à l'extension et à la rupture en conditions réelles de sollicitation (autour d'une bulle); ces dernières déterminent non seulement l'expansion globale de la structure mais aussi les transports internes de matière (vapeur d'eau entre autres) et en cascade les transports de chaleur et les réactions, et donc le pilotage des opérations unitaires.

Pour les tissus végétaux, il y a des enjeux à revisiter les procédés de transformation traditionnels (blanchiment, congélation, cuisson, séchage) à une échelle cellulaire, pour mieux comprendre la déstructuration (en lien avec l'évolution des propriétés mécaniques et les réactions), les mécanismes réactionnels en lien avec la température et l'état de l'eau et ainsi proposer des conduites technologiques plus optimisées en termes nutritionnels et organoleptiques (conserver une texture ou en créer une nouvelle, éviter certaines réactions). L'incorporation des technologies alternatives (athermiques) dans cette étude peut être vue comme une étape dans cette compréhension. La contribution de la phase gazeuse aux étapes de transformation et de conservation des fruits n'a été que peu considérée jusqu'à présent (cf. les travaux récents de l'équipe de Bart Nicolai, Université Catholique de Leuven) et mériterait une exploration particulière. En lien avec la diversité des structures tissulaires d'origine variétale, cette étude devrait permettre de mieux prédire l'aptitude à la conservation et les conditions optimales de stockage en atmosphère contrôlée pour les fruits entre autres.

Un autre enjeu général en génie des procédés alimentaires est lié au développement de modèles de connaissance, qui puissent à terme servir d'outils d'aide à la conception de

nouveaux couples produit-procédé; cette approche devrait être privilégiée, au moins dans certains cas d'étude.

3- Organisation du projet

Le projet est structuré autour de **3 Groupes de Tâches** permettant de fédérer les compétences du Grand Ouest autour de questions scientifiques liées aux objectifs du projet. Les informations relatives aux tâches du projet, aux partenaires impliqués, au budget prévisionnel ainsi qu'à l'aide demandée pour la réalisation du projet sont détaillées dans le Tableau 4A (Annexe 4). Le calendrier prévisionnel du projet est présenté dans le Tableau 4B (Annexe 4).

Groupe de Tâches 1: Caractérisation multi-échelle des matrices et propriétés d'usage en particulier mécaniques et organoleptiques.

Tâche 1.1: Évaluation de liens structure – texture.

Tâche 1.2: Évaluation de l'effet de la mastication sur la déstructuration et les perceptions sensorielles.

Il s'agit d'évaluer les liens structure – texture et d'apprécier l'effet de la mastication sur la déstructuration et les perceptions sensorielles (arôme, texture). Des liens avec le Pôle Enfant (s'il est maintenu) pourraient être créés afin de définir les critères de texture et de propriétés sensorielles attendues par les enfants, cible privilégiée des produits qui pourraient être développés.

Groupe de Tâches 2: Pilotage de l'élaboration des structures par le procédé.

Tâche 2.1: Développement de stratégies innovantes pour le développement et la conservation de structures alvéolaires/cellulaires.

Tâche 2.2: Développement de techniques de mesure des structures en dynamique.

Il s'agira de rechercher des stratégies innovantes pour le développement et la conservation de structures alvéolaires/cellulaires. Développer des techniques de mesure des structures en dynamique. Intégrer le couplage avec les réactions de fermentation, l'action des enzymes tout en maîtrisant les cinétiques réactionnelles. Faire le lien avec les propriétés mécaniques finales (en lien avec le Groupe de Tâches 1).

Groupe de Tâches 3: Dynamique de l'eau dans les matrices en cours de transformation.

Tâche 3.1: Détermination de l'effet de la mobilité et de la disponibilité de l'eau sur la structure et les propriétés finales du produit élaboré.

Lors des procédés de transformation, l'eau joue un rôle essentiel vis-à-vis des propriétés de structure et de texture finale. Dans le cas d'un traitement sur des matrices brutes et en forte hydratation, le transport de l'eau au niveau cellulaire va engendrer une modification de la texture des produits. On pense par exemple au blanchiment, à la cuisson, la congélation, à un traitement haute pression ... Dans le cas de traitement à forte hydratation mais surtout à faible hydratation, il va y avoir compétition entre les fibres, les polymères de réserve (amidon, ...) vis-à-vis de l'eau. La mobilité et la disponibilité de l'eau peut induire un effet sur la structure et sur les propriétés finales du produit. La problématique sera abordée (i) sur un système cellulaire fortement hydraté (pomme) et (ii) sur un système de type pain à hydratation faible.

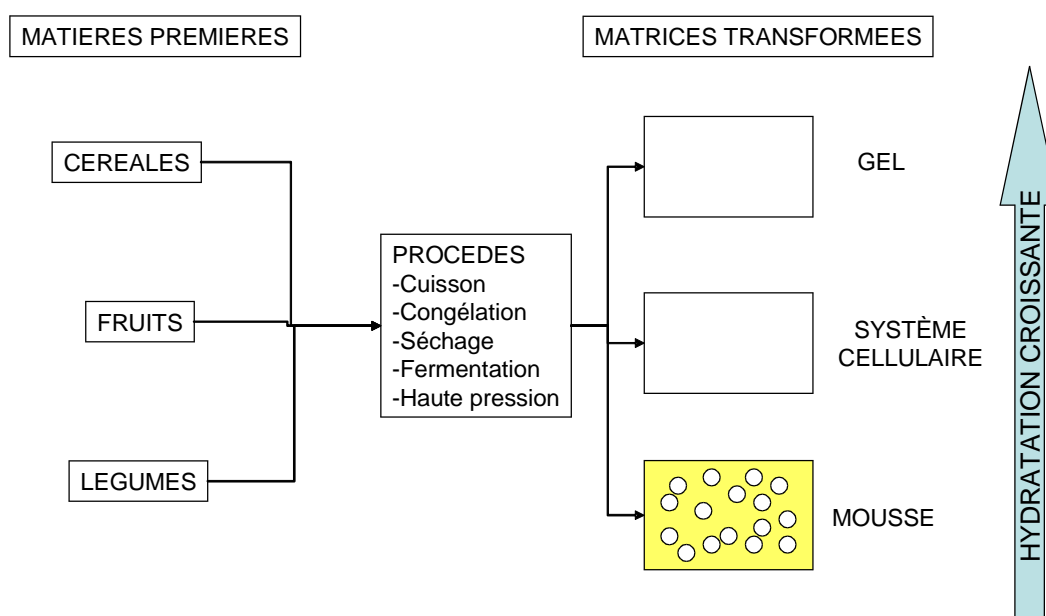


Figure 4 Schéma stratégique du projet 1.

Au final, ces 3 Groupes de Tâches apporteront un soutien méthodologique et une meilleure connaissance des processus conduisant à la stabilisation microbiologique des matrices, à la stabilisation physique des matrices (gélification en hydratation élevée, rigidification en hydratation plus faible) et à l'aération des matrices (stabilisation de la phase gazeuse / mécanismes interfaciaux). Au final, il s'agit de lever les verrous scientifiques liés aux objectifs du projet.

- caractérisation si possible en dynamique et multi-échelle des structures par imagerie
- caractérisation des réactions fermentaires (au sens génie chimique) et des équilibres liquide/gaz dans des matériaux de composition complexe
- relation de la structure et de la composition avec la dynamique des propriétés thermo-mécaniques sur matière première, en cours de procédé et sur produit fini
- élaboration de modèles en vue d'une aide à la conception de nouveaux couples produit/procédé, ce qui n'exclut pas un passage par une étape de modèles de connaissance ou modèles mécanistiques de manière à mieux garantir le caractère extrapolable des prédictions
- des procédés de rupture pour la transformation des matrices à base de végétal
- évaluation (sensorielle et) nutritionnelle (impact des structures mises en place sur la biodisponibilité des nutriments)

4- Originalité scientifique / aspect innovant du projet

Ce projet se positionne comme un projet structurant sur le Grand Ouest vis-à-vis de l'approche *multi-échelle*. En particulier, on peut souligner la présence de moyens analytiques importants avec des niveaux d'échelle adaptés au projet: plateforme BIBS de l'INRA Angers-Nantes (site de Nantes) qui concerne le niveau moléculaire et micro (RMN, RX, MEB, ...), les moyens en tomographie par rayon X de l'ONIRIS (mésomacro) et les moyens RMN du CEMAGREF qui permettent de suivre l'évolution des matrices en cours de procédé avec un équipement IRM unique en France de part sa fonctionnalité à intégrer le procédé. En complément, des compétences en modélisation des procédés développées au CEMAGREF et à ONIRIS et en sensoriel (ONIRIS-ESA) renforcent ce projet.

5- Positionnement du projet par rapport à d'autres projets en cours ou récemment terminés

Ce projet pourrait être présenté comme un prolongement du projet financé par la région de Pays de la Loire AISQAL dans l'Axe 2 - Action 3: Organoleptique – déstructuration:

AO2.3.1. - Structuration - déstructuration de systèmes mous (émulsions, gels, liqueur de pâte). Effet du pétrissage et de la cuisson sur les interfaces; comportement de la liqueur de pâte. Déstructuration lors de la mastication; interfaces et perception aromatique (arôme en

bouche, astringence causée par les polyphénols). Développement de capteur de taux de cisaillement permettant de qualifier la résistance d'une matrice polyphasique.

AO2.3.2. - Déstructuration de systèmes alvéolés solides. Étude mécanique et thermomécanique; liaison propriétés - structure et compartimentation. Compréhension des relations structure-texture et impact sur la déstructuration par étude en bouche artificielle instrumentée. Compartimentation et aptitude au stockage.

Il concerne également les actions menées l'AO2 « Caractérisation aromatique et sensorielle des produits - Étude des mécanismes d'adsorption et de perception des composés volatils issus du fumage » et l'AO3 « Étude du relargage de micronutriments *in vitro* à l'aide d'un système de « bouche artificielle » mimant la mastication humaine » dans ses démarches méthodologiques.

Il est à noter également que les travaux de recherche sur les propriétés organoleptiques du matériel végétal menés au cours de programmes régionaux tels que MAIPROCI, COSAVE ou COSI-VEG pourront enrichir les travaux dans ce domaine visés par le présent projet.

Ce projet se positionne en décalage vis-à-vis d'autres projets nationaux (TEMPANTIOX, OVONUTRIAL, REACTIAL, RIBENUT) et européens (ISAFRUIT, DREAM) de par son objectif de croiser des matières premières qu'il n'est pas courant d'associer (céréales et fruits) afin d'obtenir de nouvelles matrices, de nouvelles structures et au final de nouveaux produits. Il s'inscrit enfin dans une logique de meilleure valorisation des ressources naturelles, d'une part par l'optimisation des propriétés des molécules constitutives de ces matières premières, et d'autre part par le souci « d'exploitation » du minerai de coproduits engendrés par la production et la transformation de ces matières premières d'origine agricoles et marines. La prise en compte de cette dimension n'est certes pas originale dans le contexte national et international; elle s'insère au contraire complètement dans la problématique centrale du développement durable.

6- Positionnement du projet par rapport à la formation

Le projet est susceptible de s'adosser à différents masters:

- Master R+P - GPEA – Génie des Procédés, Environnement, Agroalimentaire – Univ. Nantes + ONIRIS + EMN
- Master Ingénierie Chimique et Agroalimentaire (Université de Nantes), avec la spécialisation SANH (Sciences des Aliments, Nutrition Humaine)
- Master Biologie et Santé (Université de Rennes)
- Master Génie des Systèmes Industriels (Université de Bretagne Occidentale)
- Master Chimie (Université du Maine),
- Master Produits de santé: Innovation, recherche et développement (Université d'Angers)

Plusieurs écoles doctorales sont concernées:

- PRES UB: Vie-Agronomie-santé, Science de la Matière, Sciences de la Mer
- PRES UNAM:
 - * Végétal-Environnement-Nutrition-Agroalimentaire-Mer (VENAM)
 - * Sciences pour l'Ingénieur, géosciences, Architecture (SPIGA)
 - * Biologie-Santé
 - * Matériaux-Matières-Molécules.

7- Impacts possibles du projet

Impacts sur l'équipe:

Consolidation des axes de recherche ou renouvellement thématique ?	Ce projet devrait permettre de renforcer les synergies entre les équipes du GO concernées. L'impact sera de consolider les équipes concernées.
---	--

Du développement durable:

Contribution au développement de nouvelles technologies et de nouveaux marchés utiles à la société	Ce projet permettra de créer de nouvelles matrices hybrides associant céréales et fruits ou céréales et légumes.
Adéquation du projet avec la notion globale de développement durable	Ce projet vise à utiliser de matières premières à faible impact environnemental (fruits, légumes, céréales)

4.1.2 **Projet 2**: Fractionnement d'assemblages et de biomolécules à fonctionnalités avancées

Porteur pressenti: INRA Angers-Nantes

Liste des laboratoires participants au Projet 2 ayant répondu à l'Appel à Manifestation d'Intérêt:

Organisme	Unité	Titre
INRA Angers-Nantes	BIA	Dynamique et réactivité des systèmes formulés, dispersés hydratés et des solides alvéolaires
ONIRIS Nantes	GEPEA	Mélangeur statique SMX pour l'élaboration des mousses et émulsions
	GEPEA	Méthodes innovantes d'encapsulation pour l'alimentation, nutrition et santé
IFREMER Nantes	STAM	Film alimentaire bio-dégradable et bio-actifs à base d'additifs d'origine marine pour la préservation de la qualité des produits de la mer
	STAM	Développement et optimisation de bioprocédés respectueux des produits et de l'environnement pour valoriser les ressources de la filière lait, œuf et mer: valorisation optimale de la biomasse
Université d'Angers	INSERM U646	Valorisation des phospholipides du lait pour l'encapsulation de composés d'intérêt nutritionnel
INRA-Agrocampus Ouest Rennes	STLO	Adaptation de la structure des complexes protéiques à leurs usages alimentaires
	BLON	Préparation de fractions à activités d'intérêt alimentaire et/ou non-alimentaire en vue de valoriser des produits et co-produits issus des filières produits de la mer, lait et œuf

1- Contexte et enjeux socio-économiques

Les productions animales et halieutiques constituent une spécificité du Grand-Ouest de la France. Les régions Pays de la Loire et Bretagne concentrent ainsi la moitié ou plus de la production nationale pour les filières lait, œuf et produits de la mer. L'abondance de ces productions primaires a permis le développement d'une puissante industrie agroalimentaire chargée de les transformer, en répondant le mieux possible aux attentes du marché. Mais cette industrie s'est orientée essentiellement vers l'élaboration de produits basiques, canalisant ses développements sur les volumes et la qualité. Elle souffre ainsi, encore aujourd'hui, d'un déficit de valeur ajoutée, en raison notamment des secteurs d'utilisation traditionnels auxquels ses produits sont destinés. De plus, le contexte de concurrence internationale, auquel viennent

s'ajouter les contraintes et exigences nouvelles en matière d'environnement et de bien-être animal, tendent à remettre en question les modèles de production développés dans nos régions au cours des 40 dernières années. Le maintien des secteurs d'activité du Grand Ouest dans les domaines agricole et agroalimentaire implique par conséquent un repositionnement des productions et des produits pour sortir des activités de masse et s'orienter progressivement vers des segments à plus haute valeur ajoutée.

Une des voies possibles de développement passe par la conception de produits technologiques innovants, tant pour l'agroalimentaire que pour une utilisation non alimentaire, par extraction et/ou bioconversion de molécules issues des matières premières agricoles et halieutiques. Cette stratégie de développement concerne également la valorisation des co-produits issus des procédés de transformations classiques de ces filières. En plus de la création directe de valeur ajoutée, la valorisation des co-produits permet ainsi de répondre, au moins partiellement, aux enjeux environnementaux auxquels les filières de production doivent faire face.

2- Contexte scientifique

Ce projet a pour objectif la recherche de nouvelles voies de valorisation des produits et co-produits du lait, de l'œuf, et des produits de la mer. L'intérêt de ce projet est de réunir les nombreuses compétences scientifiques et techniques du Grand-Ouest autour de ces 3 filières et ainsi de mutualiser les connaissances qu'elles ont de leurs matières premières respectives, mais également des méthodes de fractionnement, de caractérisation et d'études des fonctionnalités technologiques et biologiques des produits. La mise en réseau des structures de recherche dédiées à ces filières pourrait ainsi favoriser les transferts de technologies, voire susciter des synergies. *In fine*, ce projet permettra de participer à l'essor économique de ces trois filières, de toute première importance au niveau régional.

Jusqu'à récemment, les recherches menées sur la valorisation des biomolécules de ces trois filières ont longtemps concerné l'utilisation de molécules purifiées. Si cette approche est pertinente pour des fonctionnalités très ciblées et non alimentaires, générant de fortes plus-values (médical, pharmacie, cosmétique), dans le cas d'applications alimentaires et nutritionnelles, elle semble moins appropriée. En effet, les ingrédients sont dans ce cas soumis à des procédés thermomécaniques, provoquant notamment des phénomènes d'agrégation qui font que ce ne sont plus les molécules à l'état isolé qui agissent, mais des assemblages moléculaires d'une taille allant de quelques nanomètres à quelques micromètres. Les

recherches menées ces 15 dernières années sur les fonctionnalités des biomolécules ont en effet mis en évidence que les mécanismes d'action élucidés avec des molécules purifiées, n'étaient pas systématiquement validés dès lors que l'on travaille en produit « réel » (produit complexe ayant subi des procédés de transformation), et non en produit « modèle ». C'est pourquoi un nouveau champ d'exploration s'est récemment ouvert, focalisé sur les propriétés des biomolécules assemblées (protéines, lipides, polysaccharides), les assemblages étant formés soit naturellement dans les matières premières (lipoprotéines du jaune d'œuf, micelles de caséines...), soit après extraction/purification/solubilisation puis action de procédés thermomécaniques maîtrisés.

Ainsi, ce projet se propose, à partir des matières premières d'importance du Grand-Ouest:

- d'identifier les molécules et/ou assemblages d'intérêt
- d'assurer leur extraction/purification et leur mise en œuvre par la maîtrise des procédés
- de les caractériser sur les plans physico-chimiques et/ou biochimiques
- d'améliorer les applications classiques et de concevoir de nouvelles applications.

Les grandes questions auxquelles nous souhaitons répondre à travers ce projet se déclinent ainsi:

- quels sont les mécanismes d'assemblages des biomolécules à différentes échelles et comment ces assemblages se comportent-ils lors du passage d'un système 3D (solution) à un système 2D (interface)?
- quelles stratégies d'assemblages mettre en œuvre pour la protection et la libération contrôlée des nutriments?
- quel est l'effet de la compartimentation des matrices sur leur déstructuration, la dynamique, la réactivité et la bioaccessibilité des nutriments?
- quel est l'impact nutritionnel et allergénique des procédés thermo-mécaniques utilisés?

La stratégie adoptée du projet se repose sur:

1. Fractionnement / purification/ caractérisation

Il s'agira de développer des bioprocédés permettant une valorisation optimale des ressources, tout en ayant le plus faible impact environnemental: minimisation des consommations

énergétiques, des fluides, rejets non polluants... L'extraction de molécules ou d'assemblages moléculaires à partir d'une ressource génère inévitablement des déchets, au mieux des co-produits. L'objectif est de concevoir et de développer des opérations unitaires de fractionnement et/ou de bioconversion qui, convenablement agencées, permettront de produire non pas un, mais des produits à partir d'une même ressource, et de valoriser au mieux l'ensemble des constituants de cette ressource. Pour cela, nous nous appuierons sur les différentes technologies existantes au sein des filières (filière lait, la plus avancée dans le domaine, filières œuf et produits de la mer), afin notamment d'identifier les transpositions et les synergies possibles; des technologies issues d'autres filières, voire d'autres secteurs industriels pourront également être envisagées. Les résultats attendus sont l'optimisation de la bioconversion de ces ressources en produits d'intérêt alimentaire et non alimentaire.

Dans la recherche de valorisation de produits et co-produits du lait, de l'œuf et des produits de la mer, les méthodes classiques de caractérisation, d'analyse, de screening d'activités biologiques et de fonctionnalités alimentaires seront sélectionnées, en vue d'une mise en œuvre ultérieure pour des applications en pharmacie ou en nutrition.

2. Recherche de fonctionnalités

Les fonctionnalités suivantes sont recherchées:

- les activités biologiques
- les applications matériaux (films bio-dégradables et bio-actifs)
- l'encapsulation de nutriments (nano-, micro-capsules)
- la structuration multi-échelle pour le développement de caractéristiques sensorielles spécifiques.

- activités biologiques

Ce projet s'intéressera en particulier aux activités biologiques des constituants des produits et co-produits des 3 filières considérées. Le pouvoir antimicrobien et antiviral, mais aussi les propriétés nutritionnelles spécifiques, pour des applications dans les domaines pharmaceutique et nutraceutique, seront privilégiées. En effet, de nombreuses données de la littérature évoquent le réel potentiel de ces matières premières en termes de bioactivités aussi variées que les propriétés immuno-modulantes, anti-hypertensives, anti-inflammatoires, anti-oxydantes...

- applications matériaux

Le film alimentaire prend une place de plus en plus importante dans notre société et il est urgent, dans le cadre de la préservation de l'environnement et du développement durable, de développer une gamme de films biodégradables, tout en préservant la qualité et la sécurité des aliments. Des pistes prometteuses pour la réalisation de films alimentaires bio-dégradables, voire comestibles, à base de macromolécules naturelles sont aujourd'hui mises en évidence par différents travaux de recherche. L'objet de ce projet est de développer de tels films *via* l'emploi d'additifs fonctionnels issus de produits ou co-produits marins (végétaux marins: alginate, carraghénane, agar, ulvane ... ou co-produits d'origine animale: chitosan, gélatine de poisson, lipides...). Ces additifs pourront être utilisés afin d'optimiser les propriétés de matériaux à base de biopolymères végétaux tels que l'amidon. Pour garantir la qualité et la sécurité des produits emballés, le caractère bio-actif des films sera à prendre en compte. Certains des composés cités, outre leurs propriétés filmogènes, présentent une activité antimicrobienne naturelle, mais l'on testera également l'inclusion de peptides actifs, de bactéries ou de bactériocines issues de produits de la mer. On envisagera également l'élaboration d'emballages « intelligents » en utilisant les propriétés particulières de mémoire de forme de l'amidon, mises en évidence très récemment (brevet INRA). Ainsi, des marqueurs sensibles à l'état de conservation des produits, notamment par rapport à une rupture de chaîne du froid, seront conçus. Le secteur des produits de la mer est une cible privilégiée pour l'étude de l'impact de bio-films bio-actifs en raison du caractère très périssable de ces produits.

- encapsulation de nutriments

Il s'agira de créer des structures nouvelles, capables d'immobiliser, de piéger, de protéger, de libérer, de structurer et de fonctionnaliser les ingrédients d'une formulation par la microencapsulation d'une part mais aussi par les technologies de nanoencapsulation. Quoique l'encapsulation soit déjà largement répandue dans le domaine alimentaire, elle est surtout limitée au spray drying. Les équipes concernées ont une forte compétence dans ce domaine et proposeront des technologies innovantes en lien avec des études fondamentales sur les mécanismes d'encapsulation. Les équipes de Nantes et d'Angers concernées ont déjà un savoir-faire dans la conception de nanocapsules (de 50 à 400 nm) constituées de biopolymères d'origine végétale ou animale, enrichies en nutriments (vitamines, acides gras $\omega 3$,

antioxydants), et avec des interfaces construites à façon. Ce domaine de la nanotechnologie sera exploité en collaboration avec des laboratoires spécialisés en toxicologie alimentaire de façon à s'assurer de l'innocuité des solutions proposées (UMR 3299 CEA/CNRS, Saclay; INSERM U646, Université d'Angers).

Par ailleurs, la membrane des globules gras du lait est un système biophysique naturel, riche en phospholipides, molécules d'intérêt nutritionnel et fonctionnel. Dans nos deux régions, les co-produits de la fabrication du beurre en constituent une source abondante à fort potentiel de valorisation non encore exploité. Cependant, peu de travaux ont été réalisés sur leur capacité à stabiliser des gouttelettes d'émulsion ou à former des liposomes. L'objectif de cette partie du projet est la fabrication et la caractérisation de ces particules pour l'encapsulation, la protection et la libération contrôlée de composés d'intérêt nutritionnels: acides gras polyinsaturés, vitamines, antioxydant. Les retombées économiques seront une meilleure valorisation technologique et nutritionnelle des phospholipides du lait.

- structuration multi-échelle pour le développement de caractéristiques sensorielles spécifiques

La texture d'une matrice alimentaire (suspension, gel, mousse ou émulsion) et son comportement à l'usage (stabilité, plasticité, digestibilité) sont déterminées par la redistribution des constituants protéiques et lipidiques en de nouvelles structures façonnées par les traitements thermomécaniques mis en œuvre. A ce titre, les protéines du lait et de l'œuf constituent des matériaux exceptionnels, du fait de leur aptitude à élaborer des complexes submicroniques lors d'un traitement thermo-mécanique. C'est à la structure et aux propriétés physico-chimiques de ces complexes que l'on doit, par exemple, l'aptitude du lait à former des gels acides (type yogourt). Or, l'importance de ces intermédiaires est trop souvent négligée dans l'étude des relations structure-fonction des protéines alimentaires, car ce sont eux qui, *in fine*, vont interagir entre eux et avec les autres constituants du milieu pour construire la matrice recherchée. L'intérêt du projet sera ainsi de focaliser sur la compréhension de l'élaboration des complexes thermo-induits et sur la maîtrise de leur diversification, en vue d'aider à la prescription d'une structuration optimale, adaptée aux applications choisies.

Par ailleurs, un petit nombre de travaux témoigne que la présence de caséines, issues du lait, interfère avec la dénaturation et la complexation des protéines globulaires (PG) de lait ou

d'œuf lors d'un traitement thermique. Cette intervention génère des complexes plus stables et plus variés que ceux de PG seules. Le projet s'intéressera à l'exploitation de la composition caséine/protéine globulaire du milieu pour maîtriser et diversifier la taille, la forme et les propriétés physico-chimiques de complexes thermo-induits formés à partir de ces protéines. Ces caractères seront corrélés aux qualités des matrices dans lesquelles ils seront appliqués (gels acides, produits foisonnés) et permettront de comprendre quelles interactions, favorisées ou non par les propriétés des complexes, sont établies dans les matrices.

Enfin, les systèmes dispersés hydratés résultent de l'assemblage à différentes échelles de biomolécules sous l'action de procédés thermomécaniques. Ces systèmes compartimentés doivent protéger puis libérer les nutriments (vitamines, minéraux, acides gras) qu'ils contiennent afin de pleinement exprimer leurs qualités nutritionnelles. Or, à l'heure actuelle, le lien entre la compartimentation des matrices alimentaires (structure) et leur capacité à libérer les nutriments qu'elles contiennent à l'endroit approprié (bioaccessibilité) n'a pas été mis en évidence. Ainsi, l'objectif de ce programme est de comprendre la dynamique et la réactivité des nutriments incorporés dans ces systèmes, au cours de la conception, du stockage et de la digestion *in vitro* et sur une large gamme d'échelles spatiales et temporelles.

3. Procédés de mise en œuvre

Dans ce projet, l'approche procédés sera limitée à la fabrication de matrices foisonnées et/ou émulsionnées, les plus couramment recensées dans les applications alimentaires des filières lait et œuf. Le mélangeur statique SMX offre une alternative intéressante pour réaliser le mélange de fluides non miscibles pour des applications alimentaires, pharmaceutiques ou cosmétiques. Bien maîtrisé, il permet de contrôler la structure de la mousse ou de l'émulsion produite, en termes de fractions volumiques et de diamètre typique de la phase interne. Au laboratoire, nous avons pu montrer qu'il est performant pour la réalisation de crèmes glacées, de microcapsules fonctionnelles, ou plus récemment pour la fabrication de mousses stables. De plus, ce procédé extrapolable à l'échelle des fabrications industrielles, s'inscrit parfaitement dans une démarche d'efficacité énergétique car il permet de diviser d'un facteur 3 à 10 l'énergie spécifique de fabrication des milieux dispersés, par rapport à des procédés classiques en batch ou à tête de mélange rotative.

3- Organisation du projet

Le projet est structuré autour de **3 Sous-Projets** permettant de fédérer les compétences du Grand Ouest autour de questions scientifiques liées aux objectifs du projet. Les informations relatives aux tâches du projet, aux partenaires impliqués, au budget prévisionnel ainsi qu'à l'aide demandée pour la réalisation du projet sont détaillées dans le Tableau 5A (Annexe 5). Le calendrier prévisionnel du projet est présenté dans le Tableau 5B (Annexe 5).

Groupe de Tâches 1: Structuration multi-échelle pour des caractéristiques technofonctionnelles ciblées

Tâche 1.1: Fractionnement/extraction de protéines et lipides (ou complexes protéiques et lipidiques).

Tâche 1.2: Élaboration de complexes submicroniques *via* des procédés thermo-mécaniques.

Tâche 1.3: Caractérisation des complexes formés et évaluation de leurs propriétés technofonctionnelles en système modèle.

Tâche 1.4: Mise en œuvre de certains des complexes formés dans des produits alimentaires transformés (formulation/procédé).

Groupe de Tâches 2: Assemblages nano- et micrométriques à visée nutritionnelle (encapsulation)

Tâche 2.1: Fractionnement/extraction/purification et caractérisation des phospholipides et protéines destinées à former des capsules.

Tâche 2.2: Évaluation de technologies pour la formation des capsules; étude des mécanismes d'assemblage des biomolécules.

Tâche 2.3: Caractérisation des capsules formées pour la protection et la libération contrôlée de composés d'intérêt nutritionnel.

Groupe de Tâches 3: Bioactivités et applications matériaux

Tâche 3.1: Fractionnement/extraction/purification de biomolécules à activité biologique (focus sur les activités antimicrobiennes).

Tâche 3.2: Évaluation *in vitro* des propriétés biologiques des fractions obtenues.

Tâche 3.3: Mise en œuvre de certaines des fractions antimicrobiennes dans des bio-films végétaux (propriétés mécaniques et de conservation).

4- Originalité scientifique / aspect innovant du projet

Le projet proposé se distingue par son approche transversale et pluridisciplinaire, depuis l'identification de molécules d'intérêt à leur mise en œuvre dans des applications (classiques ou innovantes), en passant par leur caractérisation et l'analyse de leurs comportements face aux procédés et en interactions avec d'autres molécules. Il s'agit donc d'une approche intégrée qui se focalise par ailleurs sur la valorisation de produits agricoles et marins de toute première importance pour la région Grand Ouest, et qui est à même de rassembler l'ensemble des compétences scientifiques inter-régionales intéressées par la thématique « alimentation » prise dans son sens le plus large. Il s'inscrit enfin dans une logique de meilleure valorisation des ressources naturelles, d'une part par l'optimisation des propriétés des molécules constitutives de ces matières premières, et d'autre part par le souci « d'exploitation » du minerai de coproduits engendrés par la production et la transformation de ces matières premières d'origine agricoles et marines. La prise en compte de cette dimension n'est certes pas originale dans le contexte national et international; elle s'insère au contraire complètement dans la problématique centrale du développement durable.

5- Positionnement du projet par rapport à d'autres projets en cours ou récemment terminés

Ce projet s'appuie sur des programmes en cours tant sur le plan international (FP7: DREAM) que national (projets ANR: AGEcaninox, TAILORPACK, NANOLIA, LACLYS, OVONUTRIAL, QUALIMENT) et régional (AISQAL, LIPOVO, ULVOLIGO, NANOMERC) et portés pour la plupart par des acteurs régionaux. Ces projets nous ont permis de conforter les collaborations et de commencer à faire émerger des connaissances qui seront essentielles pour le présent projet notamment dans sa dimension intégrée.

6- Positionnement du projet par rapport à la formation

Nous sommes également confortés par notre excellente intégration dans les programmes de formation supérieure régionale autour de l'alimentation: Master Biologie et Santé (Université de Rennes), Master Ingénierie Chimique et Agroalimentaire (Université de Nantes), Master Génie des Systèmes Industriels (Université de Bretagne Occidentale), Master Chimie (Université du Maine), Master Produits de santé: Innovation, recherche et développement (Université d'Angers); ainsi que les diplômes d'Ingénieurs d'Agrocampus

Ouest et d'ONIRIS. Enfin nous appartenons aux écoles doctorales des deux régions: PRES UEB: Vie-Agronomie-Santé, Science de la Matière, Sciences de la Mer; et PRES UNAM: Biologie-Santé, Végétal-Environnement-Nutrition-Agroalimentaire-Mer, Matériaux-Matières-Molécules.

7- Impacts possibles du projet

Impacts sur l'équipe:

Consolidation des axes de recherche ou renouvellement thématique ?	Ces trois sous-projets s'inscrivent dans le prolongement des axes de recherche actuels des équipes concernées. Mais ils constituent une avancée thématique vers l'amont ou vers l'aval (selon le positionnement des équipes) dans la mesure où chaque sous-projet mobilise à chaque fois au moins deux équipes très complémentaires. Ainsi il en résulte une plus-value incontestable sur le plan des champs thématiques investigués (qui ne l'auraient pas été sans ces alliances) et une structuration forte entre équipes ligériennes et bretonnes
---	---

Du développement durable:

Contribution au progrès social	Les trois sous-projets ont des objectifs d'amélioration des propriétés sensorielles, nutritionnelles ou biologiques de matières premières d'origine agricole et marine avec deux points essentiels: i) la recherche de fonctionnalisation naturelle d'assemblages ii) l'utilisation de procédés doux et eco-raisonnés Ils participent dans cette optique à une contribution au progrès social.
Portée et utilité des applications pour la protection de l'environnement	Les équipes de génie des procédés impliquées dans ces sous-projets affichent clairement la démarche d'éco-conception dans les stratégies et solutions envisagées.
Contribution au développement de nouvelles technologies et de nouveaux marchés utiles à la société	Les aspects concernant la mise en place d'assemblages à base de biopolymères naturels, puis la fonctionnalisation de ces assemblages (protection d'antimicrobiens, relargage de composés actifs, apport de texturant naturels) procèdent clairement de cette exigence.
Adéquation du projet avec la notion globale de développement durable	Le projet vise à créer de la valeur à partir de matières premières déjà disponibles et dont certaines ne sont pas encore actuellement valorisées, en ouvrant des pistes d'innovation au service du bien-être et/ou de la santé des consommateurs, et en veillant à privilégier des procédés écologiquement acceptables.

4.2 Axe 2: Qualité et Sécurité des aliments

4.2.1 **Projet 3**: Construction des méthodes pour la gestion durable des intrants antibiotiques et anti-parasitaires en production animale

Porteur pressenti: Pascal SANDERS (ANSES Fougères)

Liste des laboratoires participants au Projet 3 ayant répondu à l'Appel à Manifestation d'Intérêt:

Organisme	Unité	Titre
ANSES Ploufragan	LERAPP	Usages et pratiques vétérinaires en élevage
	LERAPP	Pourquoi tant de ST23? Investigations concernant la surreprésentation des <i>E. coli</i> ST23 parmi les <i>E. coli</i> résistants aux céphalosporines par surproduction de β -lactamases de type AmpC chez l'homme et chez l'animal
ANSES Fougères		Évaluation de la pression d'usage des médicaments vétérinaires dans un bassin versant
INRA Angers- Nantes	BioEpAR	Bases pour un usage raisonné des intrants médicamenteux en production primaire dans les filières de productions animales

1- Contexte et enjeux socio-économiques

L'utilisation durable et prudente des antibiotiques et anti-parasitaires répond à des enjeux et défis majeurs pour le premier bassin de production animale en Europe que constitue le Grand Ouest français (notamment élevages porcin, avicole, cunicole et bovin). Les filières sont schématiquement exposées à deux types de risques: (i) une détérioration potentielle de leur compétitivité, qui serait liée à une réduction de l'arsenal thérapeutique consécutive à une interdiction/limitation des usages des médicaments précités; (ii) un détournement de la consommation de certains produits, qui engendrerait des pertes de débouchés potentiellement durables pour certaines filières dans un contexte de sensibilité du consommateur suite à un traitement médiatique du sujet.

La sélection de bactéries pathogènes pour les animaux résistantes aux antibiotiques est induite par les traitements thérapeutiques et constitue une préoccupation pour la maîtrise de la santé des animaux d'élevage. Cependant, ce sont les externalités potentielles de santé publique dues aux résistances induites chez des bactéries zoonotiques, mais aussi et surtout commensales

portées par les animaux, qui sont surtout mises en avant. Ces bactéries résistantes peuvent être transmises à l'homme via l'aliment, par l'eau ou lors de contacts directs. Les gènes de résistance sélectionnés peuvent en effet diffuser entre espèces bactériennes, ce qui peut permettre l'acquisition de résistance par d'autres bactéries pathogènes pour l'Homme. Les antimicrobiens utilisés chez les animaux d'élevage appartiennent souvent aux mêmes classes que ceux utilisés en médecine humaine. L'interdiction de l'usage de 5 molécules comme facteur de croissance dans l'UE (1995 & 1999) a conduit à un usage thérapeutique d'antibiotiques un peu plus fréquent dans certains cas. La pression de sélection de résistances est donc davantage présente vis-à-vis de certaines classes d'antibiotiques. De plus, des bactéries peuvent être multi-résistantes (vis-à-vis de plusieurs classes d'anti-microbiens), et par cette voie, l'usage d'une seule famille d'antibiotiques peut promouvoir la résistance vis-à-vis d'une autre classe antibiotique différente (co-résistance).

Les filières sont toutes concernées, avec une acuité certes variable et des cibles prioritaires (certaines types de production notamment en Monogastriques, certains pathogènes et certaines familles de molécules). Ainsi, un rapport récent de l'EFSA (2008) concluait que la résistance aux antimicrobiens est très commune dans l'UE, en production porcine et aviaire, chez les genres *Salmonella* et *Campylobacter* et chez *Escherichia coli* en tant qu'indicateur, et concernant parfois des familles d'antibiotiques considérées comme critiques. Cette situation peut déboucher, à plus ou moins brève échéance, sur des mesures réglementaires visant à restreindre les conditions d'utilisation de certaines molécules, soit au sein de certaines filières de production animale, voire plus généralement en médecine vétérinaire.

De manière plus globale, la réduction de l'usage des antibiotiques est un enjeu pour l'avenir à court terme des filières nationales. En effet, alors qu'elles doivent faire face à un contexte concurrentiel international marqué, la mise en œuvre d'un dispositif harmonisé de suivi des quantités d'antibiotiques utilisées en Europe rend patentes les différences de recours aux antibiotiques entre pays producteurs. Ainsi en 2009 la France était-elle, avec les Pays-Bas, en tête d'un ensemble de 10 pays européens quantifiant les ventes d'antibiotiques vétérinaires. La démarcation des productions selon leurs performances mais aussi leur gestion des ressources médicamenteuses devient alors un enjeu économique et commercial.

Afin d'anticiper ces risques, les filières peuvent être incitées à adopter volontairement des politiques d'usage restreint des antibiotiques. Il apparaît intéressant, dans ce contexte, de disposer d'outils d'analyse permettant d'évaluer les manques à gagner liés à des modifications des pratiques d'utilisation des antibiotiques et d'identifier, en complément, les leviers sur lesquels agir pour parvenir à un objectif d'utilisation raisonnée des antibiotiques. Plus généralement, les attentes des filières portent donc sur le développement d'une offre intégrée de stratégies de biosécurité, de prévention vaccinale et d'intervention thérapeutique raisonnée individualisée par atelier en valorisant l'information recueillie par le monitoring épidémiologique (bactériologie, parasitologie, données biologiques), les bilans sanitaires d'élevage et les registres dans le souci de réduire et rationaliser les interventions thérapeutiques. Il convient donc de construire les outils de mesure et d'analyse de données permettant d'évaluer les effets, tant en santé animale et en santé publique, des pratiques testées dans une démarche de conduite de changement opérée par les prescripteurs. En complément, il convient d'évaluer la pertinence économique de ces pratiques.

Les filières de production de Ruminants sont souvent présentées comme moins concernées. Toutefois, dans les filières majeures, certaines maladies font l'objet de traitement antibiotique appliqué quasi systématiquement à des groupes/lots d'animaux (infections intra-mammaires des vaches laitières avec un traitement systématique au tarissement, troubles respiratoires des jeunes bovins allotés avec une approche métaphylactique). Par ailleurs, une certaine analogie existe avec l'usage des anthelminthiques tels que les strongylicides. Il est ainsi relevé, le développement de résistances à certaines classes médicamenteuses dans des contextes de forte utilisation. Il n'y a toutefois pas d'impact significatif de santé publique, mais des externalités négatives importantes pour la micro-faune des prairies ont été décrites. Il importe donc de répondre à l'évolution des systèmes de production, souhaitée d'ailleurs par la société, vers le développement de systèmes plus « herbagers » avec des périodes de pâturage allongées, ce qui est a priori contradictoire avec la voie de la réduction de l'utilisation d'anthelminthiques.

2- Contexte scientifique

Les antibiotiques font partie intégrante des intrants médicamenteux en productions animales depuis plus de 50 ans. Après avoir activement participé de la maîtrise de maladies animales majeures et avoir concouru au développement des productions organisées telles

qu'elles sont majoritairement implantées aujourd'hui en France, une remise en cause du statut de ces intrants médicamenteux se dessine aujourd'hui. En effet, depuis ces dernières années le recours aux antibiotiques et leur choix ne peuvent plus être seulement déterminés par des critères d'efficacité intrinsèque des molécules et de coût des traitements. L'efficacité des antibiotiques n'apparaît plus comme un étant un capital garanti, face au développement de résistances bactériennes tant chez les bactéries pathogènes que chez les bactéries commensales et zoonotiques susceptibles d'être transmises à l'homme et de diffuser dans l'environnement.

Cette réalité devient de plus en plus tangible en médecine vétérinaire au travers des indicateurs de résistance fournis par les dispositifs nationaux de surveillance. Elle ne s'est toutefois pas encore traduite en principes de gestion durable du médicament. Pour cela les outils de gestion et méthodes de préservation font encore défaut, alors même que la nécessité d'un usage prudent et raisonné des antibiotiques est largement diffusée auprès des acteurs et que leur volonté d'y participer est patente. Sans préjudice de mesures spécifiques adoptées par quelques individus ou structures de production, il n'y a à ce jour aucune expérience régionale ou nationale d'une mise en application collective d'une volonté de préservation de la durabilité des intrants médicamenteux par une gestion raisonnée de ceux-ci. Plusieurs stratégies non mutuellement exclusives peuvent être pour cela envisagées:

1. L'arrêt ciblé du recours à une molécule ou classe particulière (volontaire ou imposé) au regard du risque particulier que son usage peut représenter.
2. La réduction globale et non spécifique des usages par l'application d'efforts individuels nourris d'une motivation collective.
3. Le recours documenté et éclairé aux médicaments à l'aide d'outils d'analyse des situations rencontrées en élevage.

Aucune démarche n'a été formellement élaborée pour déterminer la pertinence, l'efficacité et l'impact de ces mesures pouvant être adoptées. Il n'est en outre que peu d'exemples à ce jour connus d'adoption de telles mesures de gestion durables des antimicrobiens. Deux évictions ciblées de molécules ont été décidées aux États-Unis et au Danemark. L'impact de la première plus ancienne n'a pas encore été documenté, quant à la seconde fort récente, elle entre prochainement en vigueur. Une réduction globale des intrants a été annoncée aux Pays-Bas,

sans que les leviers d'action et les moyens mis en œuvre pour l'obtenir n'aient été précisés. La France est aujourd'hui en mesure de travailler à la définition et à l'évaluation de mesure de gestion durable des intrants médicamenteux. L'opportunité et la nécessité de préparer, accompagner et évaluer ces mesures existent aujourd'hui au travers de la volonté d'agir des professionnels, de l'existence d'équipes de recherche disposant d'expériences et connaissances sur les intrants médicamenteux et des possibles partenariats entre ces équipes de recherche et structures professionnelles.

La diversité des situations épidémiologiques entre filières permettra d'étudier simultanément les différentes stratégies de gestion dans le contexte le plus approprié.

- ◆ Les populations de bovins se caractérisent par une forte hétérogénéité individuelle vis à vis de la sensibilité aux agents pathogènes (variabilité individuelle et du développement de l'immunité acquise). Ainsi, exposés à un même niveau de risque bactérien ou parasitaire, seuls certains individus développeront une infection impactant leurs performances. Le projet vise à évaluer la capacité d'indicateurs d'immunité (vis à vis des agents pathogènes respiratoires) ou d'infestation parasitaire à discriminer les bovins nécessitent un traitement ou pas. Une approche complémentaire consistera à développer des modèles d'aide à la décision de stratégies de traitement pour les maladies qui engendrent actuellement une forte utilisation d'intrants médicamenteux.
- ◆ La production cunicole a été fréquemment présentée comme la plus utilisatrice d'antibiotiques sur la base des estimations nationales disponibles. Cette situation a généré des efforts de réduction non spécifiques de l'usage des antibiotiques. L'évaluation précise de la nature de ces efforts et de leur impact est aujourd'hui possible et souhaitée afin de rationaliser et généraliser leur mise en œuvre.
- ◆ La production porcine pourra quant à elle concentrer ses efforts sur l'usage d'une famille antibiotique critique. Les résistances vis-à-vis de cette famille, les céphalosporines de 3^{ème} et 4^{ème} génération, sont en effet une problématique aigüe de santé publique.

Construire des projets privilégiant la limitation de l'utilisation des antimicrobiens et antiparasitaires constitue bien la direction majeure de réduction de l'ensemble des externalités

de santé publique et environnementale. La priorité reconnue est de les développer directement sur les espèces d'intérêt et en interaction avec les partenaires socio-professionnels. Ces éléments ont été par exemple actés par le GIS « Élevages demain » au sein duquel sont réunis les opérateurs de recherche dont l'INRA et aussi les instituts techniques (ITAVI, IFIP et IE). Le projet s'inscrit ainsi aussi dans le programme du GDR FA2D qui fédère les composantes du PCO du MAPA.

3- Organisation du projet

Le projet est structuré autour de **3 Groupes de Tâches** permettant de fédérer les compétences du Grand Ouest autour de questions scientifiques liées aux objectifs du projet. Les informations relatives aux tâches du projet, aux partenaires impliqués, au budget prévisionnel ainsi qu'à l'aide demandée pour la réalisation du projet sont détaillées dans le Tableau 6A (Annexe 6). Le calendrier prévisionnel du projet est présenté dans le Tableau 6B (Annexe 6).

Groupe de Tâches 1: Évaluation économique des modalités d'utilisation des antibiotiques pour un usage raisonné

Tâche 1.1: Identification des déterminants socio-économiques de l'utilisation des antibiotiques en filières cunicole, porcine et avicole. Réalisation d'enquêtes auprès des acteurs.

Tâche 1.2: Élaboration du modèle d'évaluation coût/bénéfice de l'utilisation des antibiotiques.

Tâche 1.3: Construction d'un modèle économique d'évaluation de stratégies d'utilisation raisonnée des antibiotiques à l'échelle de la filière.

Groupe de Tâches 2: Stratégies d'éviction ciblée et réduction globale à l'échelle de filières

Tâche 2.1: Expérimentation de l'éviction ciblée de molécules antibiotiques - moratoire sur l'usage des céphalosporines de 3^{ème} et 4^{ème} génération en production porcine: suivi de la mise en œuvre, identification des difficultés rencontrées et mesure de l'impact sur la résistance bactérienne.

Tâche 2.2: Étude de stratégies de réduction globale des usages antibiotiques: Recherche des cibles et leviers d'action pouvant être mis en jeu – détermination des opportunités et difficultés identifiées par les acteurs de la filière porcine.

Identification et évaluation des efforts de réduction quantitative des usages – illustration en production cunicole.

Groupe de Tâches 3: Stratégies de réduction spécifique pour la maîtrise de maladies majeures/circonstances majeures d'utilisation systématisée chez les bovins

Tâche 3.1: Évaluation d'indicateurs biologiques pour le pilotage de stratégies pour des approches de gestion sélective individuelle et en lot.

Tâche 3.2: Évaluation ex-ante de stratégies (modélisation).

4- Originalité scientifique / aspect innovant du projet

Des outils d'analyse, combinant évaluations épidémiologique et économique, seront élaborés afin d'étudier l'impact des modalités d'utilisation des antibiotiques dans les filières de monogastriques. Ils permettront notamment de déterminer l'influence de la modification des usages des antibiotiques sur les performances techniques, sanitaires et économiques des ateliers d'élevage. Un premier modèle permettant une analyse coût-bénéfice a d'ores-et-déjà été élaboré dans le cas de l'utilisation des fluoroquinolones en élevage de poulet de chair (Eval-FQ-Vol 2010).

Les travaux viseront aussi la production de bases pour des recommandations selon les situations épidémiologiques spécifiques du troupeau d'une exploitation d'élevage bovin. Des méthodes de travail et des connaissances pour le pilotage des stratégies de maîtrise seront développées en immunologie des bovins vis-à-vis de *Mannheimia hemolytica*, (bactérie pathogène particulièrement impliquée dans les troubles respiratoires des jeunes bovins, alors que les autres équipes françaises se focalisent sur le virus RSV). Elles pourront à terme permettre de mieux identifier les conduites à risque d'affaiblissement des défenses immunitaires des bovins en lots. Les indicateurs de souffrance parasitaire chez les bovins adultes pourront être utilisés dans des systèmes d'élevage variés. Le couplage de modèles de prédiction de la pousse d'herbe et du risque parasitaire permettra d'élaborer des préconisations optimisées d'utilisation des parcelles de pâturage.

Plusieurs filières de production seront envisagées conjointement:

1. la filière cunicole fera l'objet d'une évaluation *ex post* (en effet une politique de réduction d'usage y est déjà en place et des données technico-économiques sont d'ores-et-déjà disponibles);
2. la filière porcine fera l'objet d'une évaluation en temps réel suite à la mise en place d'un moratoire sur l'utilisation des céphalosporines de 3^{ème} et 4^{ème} générations à compter du 01/01/2011;
3. dans la filière avicole, une évaluation *ex ante* sera conduite, en prenant pour objet d'application l'utilisation des fluoroquinolones;
4. les filières bovines seront concernées par des taches ciblant des entités sanitaires responsables d'usage important ou systématique d'antibiotiques ou anthelminthiques, en s'intéressant au choix raisonné des stratégies et notamment à la sélectivité des traitements.

Au plan des compétences scientifiques d'intérêt mobilisables sur les deux régions Bretagne et Pays de la Loire, il existe en fait des équipes de recherche complémentaires et réunissant un panel de savoir-faire peu retrouvé dans d'autres régions: bactériologie, parasitologie, pharmacologie, épidémiologie animale, immunologie animale, médecine vétérinaire et économie de la santé animale. Aucune équipe externe n'est positionnée à l'interface épidémiologie-économie en France et il y en a très peu en Europe (NL principalement).

5- Positionnement du projet par rapport à d'autres projets en cours ou récemment terminés

Le projet prolonge, pour le GT1, le projet PRNA (2006-2010) EVALU-FQ-VOL (coordinateur: ANSES Ploufragan) qui a réuni une partie des équipes sur la résistance aux fluoroquinolones. Il s'appuie aussi sur les informations obtenues dans le projet ADD (2006-2010) AVITER (coordinateur: INRA URA Nouzilly) qui a abordé les interactions santé/portage/usage des antibiotiques parmi les déterminants de la compétitivité de bassins français de production de poulet de chair. Dans le cadre du présent projet, son paramétrage sera affiné et son utilisation sera généralisée à d'autres molécules/filières de production. Parallèlement, les déterminants socio-économiques de l'utilisation des antibiotiques seront investigués afin d'identifier des leviers potentiels d'action au sein des organisations de production pour un usage raisonné. Ces leviers d'action seront ensuite testés du point de vue

de leur efficacité dans le cadre de cet objectif. Pour le GT3 concernant les bovins, le projet ne s'articule, à ce stade, qu'avec des projets réponses à déposer à des AAP futurs.

6- Positionnement du projet par rapport à la formation

Les équipes participantes appartiennent pour la plupart à 2 PRES et écoles doctorales des deux Régions: PRES UB: Vie-Agronomie-santé, et PRES L'UNAM: Biologie-Santé, dont elles accueillent des doctorants. Elles participent aussi à la spécialité BAPSA (« Biologie animale, production et santé animales ») du master Biologie Rennes I - Agrocampus Ouest – ONIRIS.

Au terme du projet, un module de formation « gestion durable des intrants antibiotiques et anti-parasitaires en production animale » à intégrer dans une UE pourrait être proposé dans le master BAPSA Rennes 1 – Agrocampus Ouest – ONIRIS et en formation de base des vétérinaires. Une série de conférences pourrait aussi être proposée sur ce thème aux écoles doctorales pour un public « productions animales et médecins »

7- Impacts possibles du projet

Impacts sur l'équipe:

Consolidation des axes de recherche ou renouvellement thématique ?	<ul style="list-style-type: none">- Consolidation des savoirs faire en pharmaco-épidémiologie des monogastriques et en modèles bio-économiques de troupeaux de bovins pour le choix de stratégies de maîtrise des maladies enzootiques- Consolidation de la collaboration entre épidémiologistes et économistes sur une thématique de recherche originale évaluation économique de l'utilisation des antibiotiques)- Renouvellement thématique vers l'utilisation raisonnée des traitements médicamenteux (et les études d'intervention) et vers l'exploration de l'immunité des bovins vis à vis de <i>Mannheimia hemolytica</i>- Resserrement des partenariats avec les instituts techniques et démonstration de l'opérationnalité des UMT
---	---

Du développement durable:

Contribution au progrès social	<ul style="list-style-type: none">- Développement de stratégies de traitement qui concilient réduction des intrants médicamenteux et réduction de l'impact économique des maladies au niveau des exploitations agricoles d'élevage- Diminution du risque d'antibio-résistance des bactéries infectant l'homme et donc du risque d'échec aux traitements chez l'homme
---------------------------------------	---

Programme de recherche inter-régional PANGO

Portée et utilité des applications pour la protection de l'environnement	<ul style="list-style-type: none">- Contribution à la réduction de l'utilisation des anti-infectieux et donc des rejets de molécules actives et de flore résistante dans l'environnement- Réduction de l'utilisation des antiparasitaires en filières bovines qui doit permettre d'améliorer la biodiversité de la faune prairiale
Contribution au développement de nouvelles technologies et de nouveaux marchés utiles à la société	<ul style="list-style-type: none">- Pilotage des systèmes de gestion intégrée de la santé animale- Contribution à la mise à disposition d'outil d'aide à la décision pour l'utilisation de molécules critiques à l'usage des filières et/ou des décideurs publics
Adéquation du projet avec la notion globale de développement durable	<ul style="list-style-type: none">- Adéquation directe par les contributions identifiées ci-dessus, dont, en dominante, la gestion durable des ressources médicamenteuses par la préservation du capital d'antibio-sensibilité de la flore bactérienne, notamment pour l'homme

4.2.2 **Projet 4**: Optimisation des stratégies de maîtrise des dangers bactériens dans les filières de production volaille et viande porcine

Porteur pressenti: Michel FEDERIGHI (ONIRIS)

Liste des laboratoires participants au Projet 4 ayant répondu à l'Appel à Manifestation d'Intérêt:

Organisme	Unité	Titre
ANSES Ploufragan	LERAPP	Estimation de l'impact respectif des étapes d'élevage et d'abattage sur le niveau de contamination des carcasses de poulets de chair par <i>Campylobacter</i>
INRA Angers-Nantes	BioEpAR	Maîtrise du portage d'agents pathogènes pour l'homme par les porcs et les poissons d'élevage
ONIRIS		Connaître, caractériser et comprendre la complexité des écosystèmes alimentaires

1- Contexte et enjeux socio-économiques

Les régions Bretagne et Pays de la Loire comportent un tissu agro-industriel extrêmement dense, occupant une place enviable dans la production Française d'aliments. La qualité de ces derniers est aujourd'hui un élément hautement discriminant dans la globalisation des échanges mais également dans la compétition nationale ou l'émergence des « circuits courts ». La sécurité des aliments est un des constituants de cette qualité, présentant la particularité de devoir être assurée conformément à la réglementation et engageant, également, la responsabilité des producteurs, pouvant mettre en péril la viabilité des entreprises. De fait, la sécurité des aliments devient un élément fort de la compétitivité et de la pérennité de ces dernières. Aujourd'hui, dans les pays développés, de 10 % à 33 % de la population contracterait, annuellement, une Maladie Infectieuse d'Origine Alimentaire (source OMS). L'estimation, pour ces pays, des coûts induits par ces infections alimentaires (coûts directs liés au traitement des malades ; coûts indirects liés aux arrêts de travail ; coûts intangibles humains; pertes de compétitivité...) montre un impact majeur. Les zoonoses alimentaires, maladies de l'homme induites par la consommation d'aliments d'origine animale contaminés par un danger biologique dont l'animal était la source, occupent une place particulière dans cet ensemble. Ceci est en particulier le fait des dangers biologiques majeurs que sont encore aujourd'hui les *Salmonella* et *Campylobacter*. Ces deux bactéries occupent depuis longtemps les deux premières places des statistiques comme principales

responsables des zoonoses alimentaires touchant, respectivement, 16 et 13 pour 100 000 personnes-années aux États-Unis (source CDC). En Europe, l'ordre est inversé puisque l'EFSA (European Food Safety Agency) dans son rapport de 2010 indique des incidences de 26,4 (*Salmonella*) et 40,7 (*Campylobacter*) pour 100 000 personnes-années. Les estimations en France sont plus rares, l'InVS (Institut de Veille Sanitaire) a publié en 2004 un rapport (Morbidity et Mortalité en France des Maladies Infectieuses d'Origine Alimentaire, 2004) estimant entre 16 000 et 21 600 le nombre de cas de Campylobactérioses chaque année en France (comprenant 4 000 hospitalisations et 19 décès (500 décès pour les salmonelles)). Assurer la production de denrées alimentaires de haut niveau de sécurité est donc un enjeu de santé publique et un défi économique. Le dispositif existant repose sur deux piliers essentiels : les acteurs économiques de la chaîne alimentaire et les pouvoirs publics. La maîtrise des dangers de type bactérie zoonotique alimentaire pour le consommateur implique d'appréhender les mesures d'évaluation, de gestion et de communication sur les risques infectieux en santé publique vétérinaire sous un angle nouveau en considérant les triptyques « danger /denrée alimentaire / espèce animale réservoir ». La réduction de l'incidence humaine est donc associée à la limitation de la présence des agents au cours des étapes de production primaire, abattage, transformation, et pour finir conservation-préparation des aliments. Ceci doit se faire dans un juste dimensionnement économique et scientifique en tenant compte de la diversité des acteurs de la chaîne de l'alimentation de l'homme. Cette diversité nécessite aujourd'hui, à la fois, des capacités de réponse à des problématiques à l'échelle d'un maillon et des capacités d'assemblage sur l'ensemble des filières de production. Dans ce contexte, et au-delà de la pertinence connue du tissu agro-industriel présent et mobilisable en partenariat, la force des deux régions est de posséder des laboratoires reconnus et capables de travailler en réseau à ces deux échelles.

Vu leur importance économique en Europe, il est particulièrement critique pour les 2 régions Bretagne et Pays de la Loire:

1. de prendre plus spécifiquement en compte la vulnérabilité particulière du fait du durcissement réglementaire, et plus globalement, les aspects touchant les opérateurs amont des filières (production, 1^{ère} transformation). Ainsi, la réglementation européenne (« Food Law ») impose la réduction de la prévalence de l'infection et identifie spécifiquement la responsabilité des acteurs de la production primaire.

2. de proposer un module d'Appréciation Quantitative des Risques complet et évolutif, permettant l'intégration de données biologiques génériques. Aujourd'hui, l'absence ou l'imprécision des données biologiques pertinentes conduisent généralement à un surdimensionnement (économique, énergétique, environnemental) des mesures de maîtrise.
3. de proposer des stratégies intégratives innovantes (par exemple justement dimensionnées) pour la maîtrise des dangers bactériens majeurs.

L'enjeu est d'optimiser l'efficacité de la maîtrise en limitant les coûts, afin de se conformer à la contrainte réglementaire (approche coût-efficacité) sans compromettre la compétitivité de la filière. L'objectif de ce projet est donc de participer au développement d'outils d'aide à la décision, destinés à éclairer les choix des acteurs des filières en matière de conception de stratégies de maîtrise. Il convient de prendre en compte les différents niveaux de la production primaire auxquels des mesures peuvent être appliquées (élevages mais aussi échanges d'animaux entre élevages au sein des organisations de production) jusqu'à l'arrivée des porcs charcutiers à l'abattoir (étapes de mise à jeun/attente en élevage, transport, attente en abattoir). Il est de plus nécessaire de considérer les spécificités de la filière porcine française, notamment des durées de mise à jeun longues par rapport aux autres pays européens ou d'Amérique du nord qui peuvent influencer le statut infectieux des animaux.

2- Contexte scientifique

Les travaux visent à documenter en amont, formuler et évaluer des dispositifs d'interventions coordonnées qui permettent de limiter les niveaux de présence de *Salmonella* et *Campylobacter* dans les aliments. L'innovation de ce projet consiste en l'optimisation de telles stratégies en s'appuyant notamment sur **une évaluation ex-ante plus aboutie** que les approches conduites jusqu'à présent. Ceci demande notamment de prendre en compte, en plus des aspects sanitaires et biotechniques, les comportements des acteurs et la dimension économique. A ce titre la modélisation permet une approche intégrative et de mise en cohérence des données de base. Les modèles suffisamment validés peuvent ensuite être utilisés pour à des fins prédictives pour conduire ce type d'évaluation. De plus, le paramétrage, et également la validation, des modèles d'appréciation quantitative des risques ou des modèles épidémio-économiques nécessite la production de données appropriées. Faute

de telles données, les intervalles de confiance des sorties des modèles actuels restent trop larges pour un usage réaliste. Également, il est nécessaire de construire des modèles spécifiques avec une représentation à un niveau de détail pertinent des processus propres à chaque filière/type de production, à chaque pathogène, aux statuts vis de l'infection et aux effets chez les animaux et l'Homme, ainsi qu'aux interactions entre ces processus.

Concernant la maîtrise du portage des Salmonelles en filière porcine, (i) un modèle représentant la transmission des salmonelles en élevage naisseur-engraisseur ainsi qu' (ii) un modèle représentant les mouvements d'animaux entre troupeaux et entre troupeaux et abattoirs au sein d'une organisation de production ont été élaborés. Ils ont été utilisés pour une première évaluation de l'efficacité de mesures de maîtrise. Des données complémentaires sont nécessaires pour leur validation qui pourront être obtenues *via* des enquêtes auprès des acteurs et des expérimentations dédiées (notamment pour mieux paramétrer la transmission en élevage en décrivant l'excrétion dans le temps, le rôle de l'environnement dans la contamination des animaux, la mise en œuvre réelle des pratiques d'hygiène). L'étape transport élevage-abattoir et les phases d'attente associées sont à considérer tout particulièrement car le stress auquel les animaux sont alors soumis est susceptible d'influencer leur statut infectieux. Un premier modèle conceptuel est en cours de réalisation pour les aspects transport/attente. Peu de données quantitatives sont actuellement disponibles pour son paramétrage, notamment dans le contexte particulier du déroulement de ces étapes dans la filière porcine française. Il conviendra donc de renseigner l'évolution de l'excrétion par les animaux ainsi que l'importance de la contamination par l'environnement (camions, porcherie d'attente à l'abattoir notamment). Des premiers travaux sont en cours pour l'élaboration d'un modèle couplé permettant conjointement une évaluation épidémiologique et économique des mesures de maîtrise. Celui-ci nécessitera une validation par des données économiques complémentaires ainsi que l'élaboration de scénarii sur les décisions d'acteurs.

Des objectifs de maîtrise de la prévalence du portage des Salmonelles chez le porc charcutier sont en cours de définition par la réglementation européenne et s'imposent par conséquent aux acteurs. De même, une réflexion est menée par la commission pour faire de *Campylobacter* un critère (de sécurité ou d'hygiène des procédés) en filière volaille, la décision ne sera pas neutre, il faut s'y anticiper. Dans les deux cas, les enjeux sont d'optimiser l'efficacité de la maîtrise en limitant les

coûts, afin de se conformer à la contrainte réglementaire (approche coût-efficacité) sans compromettre la compétitivité des filières. L'objectif de ce projet est donc de participer au développement d'outils d'aide à la décision, destinés à éclairer les choix des acteurs des filières et des pouvoirs publics en matière de conception de stratégies de maîtrise. Ainsi, pour le danger *Salmonelle*, il convient de prendre en compte les différents niveaux de la production primaire auxquels des mesures peuvent être appliquées (élevages mais aussi échanges d'animaux entre élevages au sein des organisations de production) jusqu'à l'arrivée des porcs charcutiers à l'abattoir (étapes de mise à jeun/attente en élevage, transport, attente en abattoir). Il est de plus nécessaire de considérer les spécificités de la filière porcine française, notamment des durées de mise à jeun longues par rapport aux autres pays européens ou d'Amérique du nord qui peuvent influencer le statut infectieux des animaux. Pour *Campylobacter*, le projet permettra d'atteindre un niveau de connaissances suffisant pour procéder à une première Appréciation Quantitative du Risque, base scientifique et argumentaire nécessaire aux acteurs (filière, pouvoirs publics) impliqués dans les discussions communautaires.

Les objectifs scientifiques sont:

- la production de données et de connaissances pour l'élaboration d'un outil modulaire nécessaire à l'évaluation et au juste dimensionnement des stratégies de maîtrise de *Campylobacter* dans la filière volaille et *Salmonella* dans la filière porcine;
- l'élaboration de ces modèles pour l'évaluation de l'efficacité épidémiologique et économique de stratégies de maîtrise des agents pathogènes zoonotiques coordonnées à l'échelle des étages filières de production prenant en compte le comportement des acteurs.

3- Organisation du projet

Le projet est structuré autour de **2 Groupes de Tâches** permettant de fédérer les compétences du Grand Ouest autour de questions scientifiques liées aux objectifs du projet. Les informations relatives aux tâches du projet, aux partenaires impliqués, au budget prévisionnel ainsi qu'à l'aide demandée pour la réalisation du projet sont détaillées dans le Tableau 7A (Annexe 7). Le calendrier prévisionnel du projet est présenté dans le Tableau 7B (Annexe 7).

Groupe de Tâches 1: Maîtrise des salmonelles en filière viande porcine

Tâche 1.1: Production de connaissances quantitatives pour le paramétrage et la validation de modèles épidémiologiques de transmission des salmonelles: Infection expérimentale de porcs EOPS; Suivi de cohortes d'animaux de l'élevage à l'abattoir (description quantitative de l'excrétion et de la contamination de l'environnement, typage des souches).

Tâche 1.2: Collecte/production de données économiques appropriées: enquêtes auprès des acteurs.

Tâche 1.3: Élaboration et couplage de modèles épidémiologique et économique pour l'optimisation de stratégies de maîtrise.

Tâche 1.4: Étude des stratégies par simulation et à dire d'acteurs.

Groupe de Tâches 2: Maîtrise des *Campylobacter* en filière volaille

Tâche 2.1: Production de connaissances génériques sur la capacité ciblée de réponse du modèle *Campylobacter* au stress oxydant de la chaîne alimentaire.

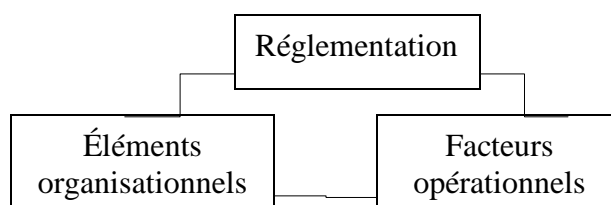
Tâche 2.2: Production de données quantitatives de contamination et de transfert au décours de la chaîne alimentaire (production, transformation, consommation).

Tâche 2.3: Acquisition de données et modélisation au stade de la cuisson.

Tâche 2.4: Appréciation quantitative de l'effet de l'environnement alimentaire et des pratiques culinaires sur la survie de *Campylobacter* dans la filière volaille.

4- Originalité scientifique / aspect innovant du projet

L'assurance de la sécurité microbiologique des aliments s'appuie sur un triptyque dont les composants devraient être en interactions fortes:



Elle s'obtient par la mise en œuvre d'un ensemble de mesures et de conditions permettant la production d'aliments d'un niveau de sécurité jugé suffisant mais n'obéissant pas à des objectifs de sécurité précis. Faute de données scientifiques précises, les mesures prises sont souvent

surestimées voire sous-estimées quelquefois. Dans le premier cas on aboutit à des dépenses économiques et énergétiques inutiles ainsi qu'à des dégâts environnementaux. Dans le deuxième cas, on surexpose la population à des dangers majeurs et on met en péril la compétitivité et la pérennité de filières stratégiques. Une autre cause de ce dysfonctionnement est que les éléments de ce triptyque ont des rythmes d'évolution souvent différents et, ce, à tous les stades de la chaîne alimentaire. L'un des atouts du Grand Ouest est de pouvoir rassembler sur un périmètre raisonnable à la fois les acteurs de deux filières stratégiques nationalement et des équipes reconnues (inter)nationalement permettant, sur un sujet fortement délimité, l'abord global de la problématique du juste dimensionnement (économique, énergétique, environnemental) des mesures et conditions de maîtrise des deux principaux dangers bactériens à transmission alimentaire.

5- Positionnement du projet par rapport à d'autres projets en cours ou récemment terminés

Le projet 4 prolonge une partie des WP menés dans le cadre du projet régional AISQAL (2007-2010) essentiellement sur le volet *Salmonelle*. Le projet AISQAL a permis l'élaboration de premiers modèles (à l'échelle de l'élevage et de l'organisation de production) pour l'évaluation de mesures de maîtrise du portage des *Salmonelles* en filière porcine. Dans le projet AISQAL, le volet *Campylobacter* portait sur la filière porcine, dans le cadre de ce projet c'est la filière volaille qui est visée. La maîtrise chez *Campylobacter* des outils génétiques obtenus dans le cadre du projet GENICAMP sera mise à profit dans le cadre du GT2 du projet.

Le projet inter-régional CAMPYVOL avait pour principal objectif de détecter et quantifier *Campylobacter* sur les carcasses de poulets en développant de nouveaux outils de détection et de quantification. Dans la partie « Appréciation quantitative de l'effet de l'environnement alimentaire et des pratiques culinaires de ce projet 4 », nous nous proposons de consolider les données acquises dans le programme CAMPYVOL en explorant maintenant l'effet de l'environnement alimentaire et des pratiques culinaires sur la survie de *Campylobacter* dans la filière volaille. L'intégration de ces données précieuses nous permettra alors d'affiner l'appréciation quantitative du risque en intégrant des paramètres environnementaux et de process sur l'exposition du consommateur au danger *Campylobacter*.

La production de données quantitatives sur le transfert des *Campylobacter* au cours de la chaîne de production de la viande de volailles s'appuiera pour les échelons élevage/abattage sur l'exploitation des données collectées lors de l'étude communautaire de prévalence *Campylobacter* (2008) et de l'étude AVITER. Ce projet, financé par l'ANR, a permis de recueillir des données spécifiques concernant l'état de contamination des filières de poulets de chair en Bretagne et dans les Pays de la Loire du stade élevage à l'abattage.

Le GT2 de ce projet va avoir un effet structurant sur le « réseau français *Campylobacter* » nommé CAMPY-ADAPT, seul réseau Français consacré à ce micro-organisme. Ce réseau, soutenu par l'INRA (Département MICA), a vocation à faire émerger et à fédérer des actions de recherche sur ce pathogène modèle. Le réseau est aujourd'hui animé par O. Tresse, partenaire du projet.

Ce projet s'inscrit en complémentarité du projet Pour et Sur le Développement Régional Grand Ouest (PSDR-GO) SANCRE (Santé animale, sécurité des aliments et Compétitivité des filières animales Régionales) dans lequel une approche socio-économique de l'étude des dispositifs de coordination entre acteurs pour la maîtrise du portage des salmonelles par les porcins a été initiée. Ce projet a permis de constituer un réseau d'acteurs qui sera mis à profit pour l'obtention de données pour le paramétrage et la co-construction de modèles combinant évaluations épidémiologique et économique.

6- Positionnement du projet par rapport à la formation

Le projet 4 s'appuie sur ou constitue des prolongements de programmes tant sur les plans nationaux ou internationaux, qu'inter-régionaux ou régionaux. Ces projets nous ont permis d'établir des collaborations, de constituer des réseaux thématiques, de générer des connaissances et/ou d'ouvrir des pistes de recherche nouvelle tout en gardant un lien fort avec le territoire et la formation. Ce lien passe à la fois par les Universités (Rennes 1, UBO, Nantes...) mais également par les grands établissements de l'Ouest ONIRIS et Agrocampus. A l'heure de la diminution des flux d'étudiants, le projet 4 a pour objectif de premier niveau de stabiliser, et de renforcer grâce aux aspects systémiques, les formations existantes dont certains des acteurs de cet axe sont les porteurs.

Il s'agit notamment de:

Master:

- Pays de la Loire

Master Ingénierie Chimique et Agroalimentaire (Université de Nantes) dans ses différentes spécialités:

- SANH (Science de l'Aliment et Nutrition Humaine, particulièrement dans l'option Hygiène Microbiologique et Chimique des Aliments)
- GRISSE (Gestion des Risques Santé Sécurité Environnement)
- MQSAIAA (Maîtrise de la Qualité et de la Sécurité des Aliments dans les IAA)

- Bretagne

Master Biologie et Santé (Université de Rennes), en particulier dans la spécialité MFA (Microbiologie Fondamentale et Appliquée).

Écoles Doctorales:

Les équipes identifiées dans ce projet appartiennent aux écoles doctorales des deux Régions: PRES UB: ED Vie-Agronomie-Santé et PRES UNAM: ED Biologie-Santé & ED Végétal-Environnement-Nutrition-Agroalimentaire-Mer. Un objectif de second niveau pour ce projet 4 est le développement d'un module de formation commun aux ED citées et portant sur l'Appréciation Quantitative des Risques. Ce module permettra l'acquisition de crédits pour les doctorants y satisfaisant.

7- Impacts possibles du projet

Impacts sur l'équipe:

Consolidation des axes de recherche ou renouvellement thématique ?	L'impact attendu du GT2 du projet est de prolonger et d'initier de nouvelles collaborations de recherche ainsi qu'avec des acteurs professionnels dans le Grand Ouest, sur à la fois la compréhension et la maîtrise des dangers <i>Campylobacter</i> et <i>Salmonella</i> . Les résultats issus de ces travaux renforceront les capacités d'expertise des scientifiques.
---	--

Du développement durable:

Contribution au progrès social	Réduction des externalités en santé publique <i>via</i> une amélioration des modalités de gestion de la sécurité sanitaire des aliments en maintenant la compétitivité des filières.
Portée et utilité des applications pour la protection de l'environnement	Le GT2 du projet permettra d'évaluer des solutions douces de maîtrise du danger <i>Campylobacter</i> , en lieu et place de solutions agressives (par exemple, décontamination par eau chlorée des carcasses aux USA). Optimisation de la production de connaissance par la combinaison d'approches expérimentales, observationnelles et de modélisation.
Contribution au développement de nouvelles technologies et de nouveaux marchés utiles à la société	Élaboration d'outils de gestion du risque pour les professionnels des deux filières ainsi que pour les décideurs publics.
Adéquation du projet avec la notion globale de développement durable	Le GT2 sur <i>Campylobacter</i> est basé sur une analyse intégrée de la chaîne de transformation alimentaire (de la fourche à la fourchette), moins coûteuse en énergie qu'une approche séquentielle.

4.3 Axe 3: Nutrition: du fœtus à l'adulte

4.3.1 **Projet 6:** Optimiser l'alimentation périnatale pour améliorer la croissance périnatale et prévenir les maladies chroniques de l'adulte

Porteur pressenti: Prof. Dominique DARMAUN (INRA)

Liste des laboratoires participants au Projet 6 ayant répondu à l'Appel à Manifestation d'Intérêt:

Organisme	Unité	Titre
INRA de Nantes	BIA	Caractérisation des structures des allergènes au sein des matrices alimentaires, influence sur le système immunitaire et détection
	BIA	Impact physiopathologique des modalités de préparation des laits de remplacement du lait maternel
CRNH de Nantes	PhAN	Effets des apports périnataux en pré- et probiotiques sur le microbiote et la perméabilité intestinale du nouveau-né
	PhAN	Effets des apports périnataux en acides aminés spécifiques sur le métabolisme énergétique à long terme
Université de Nantes	INSERM U913	Impact de la nutrition périnatale sur la maturation du système nerveux périphérique et conséquences sur les fonctions digestives et pancréatiques
INRA de Rennes	SENAH	Lait infantile <i>versus</i> lait maternel: conséquences physiologiques chez le nouveau-né et l'adulte
	SENAH	Impact sur la physiologie intestinale des traitements thermiques anti-infectieux appliqués aux laits infantiles premier âge
	SENAH	Mécanismes comportementaux et neurobiologiques de l'établissement des préférences et aversions alimentaires: applications en alimentation animale et humaine
	STLO	Impact physiopathologique et nutritionnel des traitements technologiques appliqués aux laits maternels

1- Contexte et enjeux socio-économiques

Les objectifs socioéconomiques du projet sont à la fois des objectifs de santé publique et des objectifs économiques. Une masse considérable de données épidémiologiques suggère qu'en agissant sur la nutrition du fœtus et/ou du nouveau-né, on pourrait préserver la santé du futur adulte et prévenir les pathologies liées au vieillissement.

Des équipes de chercheurs et de cliniciens de services d'obstétrique et de néonatalogie des deux régions, Bretagne et Pays de la Loire, ont engagé depuis des années, particulièrement depuis 2006, des recherches dans le domaine de la nutrition périnatale. Les équipes ont

développé des outils prometteurs: 1) des modèles animaux validés (porcelets et rats nouveau-nés) qui peuvent être nourris avec des laits maternels ou des préparations, et suivis à long terme; 2) des cohortes de nouveau-nés humains, au niveau régional (réseau Grandir Ensemble mis en place par l'équipe du CHU de Nantes) et national (ELFE, EPIPAGE-II).

Ce projet qui fera intervenir le savoir-faire et les compétences des entreprises ligériennes et bretonnes aura pour objectif de:

- développer des ingrédients et des préparations pour nourrissons (PPN) adaptés non seulement aux besoins du fœtus et de l'enfant, mais capables de préserver/améliorer la santé du futur adulte
- concevoir des aliments qui pourraient mieux répondre aux besoins et à la sécurité alimentaire requise par la grossesse et l'allaitement.

2- Contexte scientifique

Il s'agit de mieux apprécier l'impact de la composition des laits (maternel ou préparations pour nourrissons) sur le développement physiologique de l'enfant et de définir des marqueurs de risque de pathologies chroniques chez le futur adulte. Les enjeux de la nutrition de l'enfant autour de la naissance ont changé de nature: ils sont non seulement d'assurer la croissance et la santé du fœtus puis du nourrisson, mais de renforcer les capacités de défense du jeune afin de limiter les risques de pathologies ultérieures. Les modifications physiologiques précoces chez le nourrisson peuvent avoir des conséquences en termes de susceptibilité à des pathologies digestives et métaboliques à ce stade de la vie, mais aussi à plus long terme. Par exemple des défauts précoces de la barrière intestinale associés à une hyperstimulation ou une réponse aberrante du système immunitaire local semblent impliqués dans l'étiologie de nombreuses pathologies à moyen et long terme chez l'enfant et l'adulte (allergies alimentaires, maladies inflammatoires chroniques de l'intestin, syndrome de l'intestin irritable...). Une meilleure connaissance de ces phénomènes doit permettre de jouer sur le levier de l'alimentation au cours des périodes critiques de la vie (fœtale et postnatale) pour prévenir ou limiter certains dysfonctionnements et optimiser les capacités d'adaptations ultérieure à des conditions environnementales (nutritionnelles ou autres) défavorables.

Le présent projet vise à:

1. Déterminer l'impact physiologique des composés issus principalement de la réaction de Maillard et des agrégats protéiques formés au cours des traitements thermiques (appliqués aux préparations pour nourrissons) sur la physiologie digestive du nouveau-né et de l'adulte (modèles animaux, porcelets et rongeurs)
2. Déterminer les risques de toxicité « à bas bruit » de l'allaitement maternel quand ce lait est contaminé par des toxiques de l'environnement. L'étude consistera à:
 - déterminer si l'accumulation de certains toxiques de l'environnement (perturbateurs endocriniens) dans la glande mammaire, est corrélée aux habitudes alimentaires de la mère avant la conception, pendant la gestation et l'allaitement ainsi qu'à son environnement antérieur,
 - établir si les toxiques de l'environnement ont un impact sur le développement de l'enfant.
3. Déterminer l'impact à court et à long terme d'apports en certains ingrédients-clés sur le développement fonctionnel de l'intestin (y compris le système nerveux entérique) et de son système immunitaire, du système nerveux central (particulièrement les centres régulateurs de l'appétit) et le métabolisme énergétique. L'étude portera sur des apports en acides aminés ciblés pendant la période périnatale et en oligosaccharides spécifiques présents dans le lait (maternel ou PPN) en période néonatale.
4. Optimiser la diversification alimentaire de l'enfant (à partir de 6 mois) pour réduire les risques d'allergie et d'aversion alimentaire. L'introduction progressive de protéines laitières et/ou d'œuf dans l'alimentation des enfants ainsi que de différents légumes sera étudiée (marqueurs non invasifs et étude comportementale) chez des enfants, dans les services de pédiatrie et/ou les crèches de Nantes et Rennes. En outre, le lien entre la conformation des allergènes (notamment lait et œuf) et leur immunogénicité et allergénicité sera examiné dans le but de prévoir et/ou limiter le risque de ces aliments, en fonction des traitements qu'ils subissent.
5. Produire des nouveaux ingrédients et aliments destinés aux jeunes mères et aux nourrissons qui seront appauvris en composés potentiellement toxiques et enrichis en nutriments/composés bénéfiques pour le développement de l'enfant. Des procédés technologiques évitant la formation de composés indésirables au cours de la fabrication des préparations pour nourrissons et permettant la détoxification des laits maternels ou d'aliments

destinés aux jeunes mères seront développés au cours du projet en interaction avec les entreprises du Grand Ouest.

3- Organisation du projet

Le projet est structuré autour de **5 Groupes de Tâches** permettant de fédérer les compétences du Grand Ouest autour de questions scientifiques liées aux objectifs du projet. Les informations relatives aux tâches du projet, aux partenaires impliqués, au budget prévisionnel ainsi qu'à l'aide demandée pour la réalisation du projet sont détaillées dans le Tableau 9A (Annexe 9). Le calendrier prévisionnel du projet est présenté dans le Tableau 9B (Annexe 9).

Groupe de Tâches 1: Traitements thermiques des préparations pour nourrissons – risques et bénéfices?

Tâche 1.1: Impact des traitements thermiques appliqués aux préparations pour nourrissons sur l'allergénicité des protéines laitières.

Tâche 1.2: Impact des traitements thermiques appliqués aux préparations pour nourrissons et les laits maternels sur la biodisponibilité des nutriments et la fonction barrière immune et non-immune de l'intestin du nouveau-né.

Groupe de Tâches 2: Présence de composés toxiques dans le lait maternel – impact de l'alimentation et de l'environnement de la mère

Tâche 2.1: Collecte de laits maternels et recueil de données cliniques et environnementales sur la mère et son enfant.

Tâche 2.2: Analyse des composés toxiques présents dans le lait maternel (en lien avec le Projet 5).

Tâche 2.3: Croisement des données analytiques obtenues sur les laits maternels et des données biologiques et environnementales (en lien avec le Projet 5).

Groupe de Tâches 3: Apports en oligosaccharides dans le lait maternel et les préparations pour nourrissons et développement de différentes fonctions chez le fœtus et le nouveau-né

Tâche 3.1: Oligosaccharides et régulation de la perméabilité intestinale chez 2 modèles animaux (rat, porcelet).

Tâche 3.2: Oligosaccharides et développement de la fonction pancréatique endocrine chez le porcelet.

Tâche 3.3: Etude d'intervention chez le nouveau-né humain recevant des préparations pour nourrissons supplémentées en oligosaccharides.

Groupe de Tâches 4: Apports en acides aminés pendant la période périnatale et évolution du métabolisme énergétique à long terme

Tâche 4.1: Évaluation de l'impact d'un apport en acides aminés en phase néonatale chez des rats nés de mères carencées en protéines sur le métabolisme énergétique à court et à long terme.

Groupe de Tâches 5: Propositions d'innovations en terme d'alimentation périnatale

Tâche 5.1: Brain storming sur la base des résultats obtenus dans le projet et les innovations dans le domaine de la nutrition périnatale => proposition de 3 pistes d'innovation.

Tâche 5.2: Conception d'un produit innovant à l'échelle du laboratoire.

Tâche 5.3: Réalisation d'un produit innovant à l'échelle du pilote industriel.

4- Originalité scientifique / aspect innovant du projet

Ce projet regroupe des compétences complémentaires autour d'un projet sur l'alimentation et la nutrition des jeunes enfants à jeunes adultes. L'inter-région Bretagne - Pays de la Loire bénéficie d'un contexte exceptionnel où:

- 1 Deux des plus grandes Unités de recherche sur les «Sciences des Aliments », à savoir BIA et STLO (INRA Nantes et Rennes) s'orientent très sensiblement sur des problématiques « Santé » et sur le même territoire,
- 2 Le GIP CRNH (Centre de Recherche en Nutrition Humaine) de Nantes-Angers regroupant des cliniciens (Néonatalogistes, obstétriciens, endocrinologues, gastroentérologistes et prochainement allergologues) très intéressés par la composante nutritionnelle de la prévention et du traitement, et des chercheurs physiologistes et nutritionnistes qui cherchent à optimiser les formes d'apport de nutriments pour mieux répondre aux besoins de chaque individu (incluant bien sûr les patients). Ces chercheurs et cliniciens ont simultanément accès à des modèles animaux (développés au cours de PROTNEONAT et NUPEM), modèles cellulaires et des cohortes de jeunes enfants nés

dans le service de néonatalogie de l'Hôpital de la mère et de l'Enfant ainsi que des cohortes nationales.

- 3 D'autres équipes de nutritionnistes en Région Bretagne (en particulier l'UMR SENAH, Rennes), qui devraient à terme rejoindre le CRNH Grand-Ouest, complètent les compétences de Nantes-Angers et apportent d'autres modèles d'étude (en particulier les modèles « porc ») très complémentaires aux modèles rongeurs.

Il n'existe nulle part ailleurs en Europe un tel **potentiel de recherche sur la thématique de la nutrition périnatale** où **chercheurs en « sciences des aliments », en « nutrition et physiologie périnatale » et cliniciens spécialisés sur la périnatalité** cohabitent sur un territoire de 100 km² favorisant des études multi-partenaires, la transmission d'échantillons biologiques, la mobilité des chercheurs (incluant les doctorants et post-docs) et également la **visibilité de cette thématique de la « nutrition périnatale » dans l'inter-région Pays de la Loire - Bretagne**.

Les principales équipes identifiables sur cette thématique en Europe (Prof. B. Koletzko, Univ. Munich; Prof. A. Lucas, Londres, Prof. M. Symonds, Univ. Nottingham) sont essentiellement des équipes de cliniciens qui ont la capacité de mener des études d'intervention sur nouveau-nés ou sur les femmes enceintes. De rares équipes ont développé en parallèle un modèle animal (par exemple le mouton à Nottingham) mais aucune d'entre elles n'a à proximité les compétences en technologie des aliments, caractérisation des matrices ou évaluation de la biodisponibilité des nutriments.

5- Positionnement du projet par rapport à d'autres projets en cours ou récemment terminés

Le projet va bénéficier d'un premier réseau créé à l'occasion du projet NUPEM (Nutrition Périnatale et Empreinte Métabolique) et financé par la Région Pays de la Loire (2008-2010) ainsi que des résultats de la recherche du projet PROTNEONAT (ANR 2005-2009) piloté par l'UMR PhAN mais auquel a participé un laboratoire Breton (UMR SENAH, Rennes) ainsi qu'une entreprise des Pays de la Loire (Laiterie de Montaigu).

6- Positionnement du projet par rapport à la formation

Ce projet fait appel à des compétences allant des sciences des aliments à la nutrition et la médecine. La plupart de ces compétences sont acquises au cours de formations qui sont dispensées en Pays de la Loire et Bretagne dans le cadre de plusieurs Masters et des 2 Écoles Doctorales des PRES UNAM et UB.

- Master Biologie et Santé, Université de Rennes;
- Master 2 Ingénierie Chimique et Agroalimentaire et M2 Biologie - Santé; spécialité: « Sciences des Aliments et Nutrition Humaine », Université de Nantes;
- Formation des jeunes ingénieurs par Agrocampus Ouest et ONIRIS;
- École Doctorale « Biologie-Santé » du PRES UNAM Biologie-Santé, Végétal-Environnement-Nutrition-Agroalimentaire-Mer, Matériaux-Matières-Molécules;
- École Doctorale « Vie-Agronomie-Santé » du PRES UB: Vie-Agronomie-Santé, Sciences de la Matière, Sciences de la Mer.

7- Impacts possibles du projet

Impacts sur l'équipe:

Consolidation des axes de recherche ou renouvellement thématique ?	Plusieurs des équipes ligériennes ont initié des recherches en nutrition périnatale dans le cadre d'un projet financé par la région Pays de la Loire. Par ailleurs deux des équipes (à Nantes et Rennes) ont collaboré au sein d'un ANR sur ce même sujet. Ce projet permettra à d'autres équipes bretonnes et ligériennes de conforter cet Axe qui commence à devenir visible au niveau national et à l'international. Pour ces équipes il s'agira d'un renouvellement thématique partiel.
---	--

Du développement durable:

Contribution au progrès social	Ce projet a d'abord un objectif de santé publique et concerne toutes les catégories de population et vise en particulier à fournir aux nouveau-nés qui appartiennent à des milieux défavorisés ou vivant dans des zones à risque environnemental d'avoir accès à des laits maternels ou des préparations pour nourrissons de meilleure qualité qu'à l'heure actuelle.
---------------------------------------	---

Programme de recherche inter-régional PANGO

Portée et utilité des applications pour la protection de l'environnement	Le projet n'aura pas de répercussion (ni positive ni négative sur l'environnement)
Contribution au développement de nouvelles technologies et de nouveaux marchés utiles à la société	Un des objectifs du projet est d'améliorer la qualité des préparations pour nourrisson en agissant à la fois sur la formulation et sur la nature des traitements appliqués aux matières premières et/ou aux produits finis. Il pourrait ainsi déboucher sur le développement de nouveaux procédés qui auront une application en alimentation infantile mais également dans la production d'aliments destinés au reste de la population.
Adéquation du projet avec la notion globale de développement durable	Le projet s'inscrit parfaitement dans un objectif de développement durable puisqu'il s'agit d'améliorer de façon pérenne l'alimentation du nouveau-né nourri au sein ou à l'aide de préparation pour nourrissons et la santé de l'adulte en devenir.

4.3.1 **Projet 7**: Élaboration d'une stratégie d'exploration du métabolisme postprandial chez l'homme et application à l'étude des bénéfices/risques de préparations lipidiques d'origine marine

Porteur pressenti: Prof. Michel KREMPF (CRNH)

Liste des laboratoires participants au Projet 7 ayant répondu à l'Appel à Manifestation d'Intérêt:

Organisme	Unité	Titre
CLCC+CRNH de Nantes	PhAN	Effet des extraits lipidiques riches en stérols d'origine marine sur le transport intracellulaire des lipides et sur la prolifération cellulaire: rôle du LXR
CRNH de Nantes	INSERM U915	Élaboration d'une stratégie commune d'exploration chez l'homme du métabolisme en période postprandiale
	INSERM U915	Prévention des pathologies cardiovasculaires par les nutriments

1- Contexte et enjeux socio-économiques

Les régions Bretagne et Pays de la Loire possèdent plusieurs Centres Hospitaliers et des Centres de Lutte contre le Cancer (CLCC) dont la nutrition est une des priorités affichées tant sur la prévention que sur le traitement. Ces établissements sont fortement impliqués dans le projet CRNH Grand Ouest qui fédère, par ailleurs, des équipes cliniques et universitaires de chercheurs en nutrition.

2- Contexte scientifique

Il s'agit d'élaborer une méthode standardisée qui permettra notamment l'évaluation de nouveaux ingrédients ou aliments et qui pourra être utilisée, en priorité, par les entreprises du Grand Ouest dans une optique d'obtention d'allégation santé. Dans le cadre du projet, des ingrédients d'origines diverses (marines, laitières et végétales) proposés par les partenaires privés et/ou les chercheurs du projet seront évalués et pourront être utilisés dans l'élaboration de nouveaux aliments.

La méthode standardisée d'étude du métabolisme post-prandial (lipides, glucides et protéines) élaborée chez l'homme sera ensuite appliquée à l'étude de l'absorption et du métabolisme des lipoprotéines ainsi qu'à leurs propriétés biologiques (antiathérogènes ou antitumorales) après administration d'ingrédients d'origines diverses (marine, laitière, végétale...).

Le présent projet vise à:

1. Élaborer une stratégie commune d'exploitation chez l'homme du métabolisme en période postprandiale. Il s'agira de mettre en place un test standardisé apportant un repas sous forme liquide, riche en matières grasses mais aussi en glucides, acides aminés (en particulier, en méthionine). Ce test a pour vocation de fournir une méthode standardisée pour explorer simultanément différentes voies métaboliques comme le fait par exemple l'hyperglycémie provoquée par voie orale et le test de mesure de l'index glycémique pour les glucides, qui ont déjà été validés au niveau international.
2. Évaluer sur la base d'études métaboliques post-prandiales, chez l'homme, de tests *in vitro* et sur des modèles animaux (hamster), la biodisponibilité, les bénéfices et les risques de différentes sources d'ingrédients (lipides d'origine marine, laitière ou végétale, molécules lipophiles anti-oxydantes, catéchines...). Les bénéfices qui seront examinés seront en priorité la diminution de l'absorption lipidique intestinale et ses conséquences systémiques, les perturbations endocriniennes et les propriétés antioxydantes, les propriétés antitumorales des lipoprotéines circulantes. D'autres marqueurs de risque seront examinés et comprendront les réponses hypertriglycéridémiques (athérogènes), le transport inverse du cholestérol, l'oxydation des lipides, l'homocystéinémie (marqueur de risque CV), la réponse membranaire comme marqueur de l'impact des perturbateurs endocriniens.

3- Organisation du projet

Le projet est structuré autour de **2 Groupes de Tâches** permettant de fédérer les compétences du Grand Ouest autour de questions scientifiques liées aux objectifs du projet. Les informations relatives aux tâches du projet, aux partenaires impliqués, au budget prévisionnel ainsi qu'à l'aide demandée pour la réalisation du projet sont détaillées dans le Tableau 10A (Annexe 10). Le calendrier prévisionnel du projet est présenté dans le Tableau 10B (Annexe 10).

Groupe de Tâches 1: Élaboration d'une stratégie commune d'exploration chez l'homme du métabolisme en période post-prandiale

Tâche 1.1: Bibliographie exhaustive de la littérature sur l'exploration du métabolisme post-prandial chez l'homme.

Tâche 1.2: Élaboration d'un protocole d'investigation du métabolisme post-prandial chez l'homme – soumission au CCPPRB.

Tâche 1.3: Essai d'application du protocole sur une population sélectionnée comme étant à risque cardiovasculaire.

Tâche 1.4: Essai multicentrique d'application du protocole sur une population sélectionnée comme étant à risque cardiovasculaire.

Groupe de Tâches 2: Impact des sources de lipides d'origine marine sur le métabolisme postprandial et leurs propriétés anti-oxydantes

Tâche 2.1: Évaluation chez l'homme du métabolisme postprandial d'un repas riche en lipides d'origine marine (algues/éponges).

Tâche 2.2: Évaluation, chez le hamster, du pouvoir anti-oxydant de sources de lipides d'origine marine (algues/éponges).

4- Originalité scientifique / aspect innovant du projet

Ce projet (GT1) regroupe des chercheurs et cliniciens de Nantes, Angers et Rennes autour de la mise au point d'une méthode d'investigation clinique chez l'homme sain ou le patient. La méthodologie d'étude de la réponse digestive métabolique post-prandiale aux glucides a largement été explorée par des équipes interdisciplinaires particulièrement aux États-Unis et en Europe du Nord. En revanche, l'exploration de la digestion et du métabolisme des lipides et molécules lipophiles n'a jamais fait l'objet d'un effort de standardisation de la part de chercheurs et cliniciens. Les compétences réunies dans ce projet permettront d'atteindre l'objectif qu'il s'est fixé.

La seconde partie du projet (GT2) réunit des chimistes spécialistes des dosages de lipides, des spécialistes du métabolisme des lipides et des cliniciens endocrinologues et nutritionnistes. Une équipe spécialisée sur la valorisation de molécules d'origine marine va apporter ses compétences sur ces matières premières complexes.

5- Positionnement du projet par rapport à d'autres projets en cours ou récemment terminés

Le projet (GT1) est totalement innovant et, à notre connaissance, aucun projet en cours ou terminé n'a exploré le métabolisme lipidique dans le but de mettre au point une méthode

validée d'exploration qui pourra être généralisée pour des applications en recherche ou en clinique.

Le projet GT2 vise 1) d'une part à appliquer la méthodologie mise au point dans le GT2 dans le contexte de recherche sur les propriétés biologiques de préparations lipidiques d'origine marine; d'autre part 2) à explorer chez un modèle animal (le hamster) le pouvoir antioxydant de molécules d'origine marine. L'étude des molécules d'origine marine est la spécificité d'un petit nombre de laboratoires universitaires des villes côtières ou d'organismes spécialisés tels que l'IFREMER. Il n'y a pas à notre connaissance de projets visant à explorer les propriétés anti-oxydantes d'extraits d'origine marine (algale, en particulier). En revanche, de nombreux laboratoires ont réalisé des études du même type sur des fractions d'origine végétale. Une des équipes contribuant au projet a mis en place un modèle animal proche de l'Homme qui devrait permettre d'explorer les bénéfices (et risques) des fractions qui seront isolées.

6- Position du projet par rapport à la formation

Ce projet fait appel à des compétences allant des sciences des aliments à la nutrition et la médecine. La plupart de ces compétences sont acquises au cours de formations qui sont dispensées en Pays de la Loire et Bretagne dans le cadre de plusieurs Masters et des 2 Ecoles Doctorales des PRES UNAM et UB ou dans la formation des jeunes médecins spécialisés en endocrinologie et nutrition.

- Master Biologie et Santé, Université de Rennes,
- Master 2 Ingénierie Chimique et Agroalimentaire et M2 Biologie - Santé ; spécialité : « Sciences des Aliments et Nutrition Humaine », Université de Nantes,
- Formation des jeunes ingénieurs par Agrocampus Ouest et ONIRIS,
- Ecole Doctorale « Biologie-Santé » du PRES UNAM Biologie-Santé, Végétal-Environnement-Nutrition-Agroalimentaire-Mer, Matériaux-Matières-Molécules,
- Ecole Doctorale « Vie-Agronomie-Santé » du PRES UB : Vie-Agronomie-Santé, Sciences de la Matière, Sciences de la Mer,
- LMD cursus formation médicale CHU Nantes et Rennes.

7- Impacts possibles du projet

Impacts sur l'équipe:

Consolidation des axes de recherche ou renouvellement thématique?	Les 2 GT1 correspondent à un changement thématique (partiel) des équipes impliquées dans le projet. Ainsi l'exploration du métabolisme lipidique post-prandial et du pouvoir anti-oxydant sont 2 Axes de recherche nouveaux pour ces équipes.
--	---

Du développement durable:

Contribution au progrès social	Ce projet a des enjeux de santé publique à la fois pour le diagnostic de risque cardio-vasculaire et pour la prévention des maladies cardiovasculaires.
Portée et utilité des applications pour la protection de l'environnement	Ce projet n'a à priori aucune portée ni utilité pour la protection de l'environnement.
Contribution au développement de nouvelles technologies et de nouveaux marchés utiles à la société	Le GT2 devrait pouvoir aboutir à la proposition de valorisation d'extraits d'origine marine dans des compléments alimentaires et/ou des aliments.
Adéquation du projet avec la notion globale de développement durable	Le projet s'insère parfaitement dans un objectif de développement durable car il propose la valorisation de produits d'origine marine (algues en particulier) dont le renouvellement est rapide. Une gestion adéquate de la récolte sera garante de la préservation des algues et de leur écosystème.

4.4 Axe 4: Consommateur et Management Industriel

4.4.1 **Projet 8: Entre proximité et globalisation: indépendance et interdépendance dans les filières alimentaires durables**

Projet développé par l'équipe de gestion du LARGEZIA (ONIRIS)

Directeur: Jean-Marc FERRANDI

Liste des laboratoires participants au Projet 8 ayant répondu à l'Appel à Manifestation d'Intérêt:

Organisme	Unité	Titre
ESA	LARESS	L'impact des proximités producteurs-consommateurs sur la qualification des produits alimentaires
Agrocampus Ouest	SMART	Impact des enjeux environnementaux sur l'organisation des filières alimentaires. Sustainable Supply Chain Management vers une approche intégrée process-management

1- Contexte et enjeux socio-économiques

Les enjeux du développement durable sont entrés au cœur des problématiques politiques, industrielles et sociétales depuis le début du XXI^{ème} siècle. Dès le début des années 70 sont apparus des débats sur la croissance démographique et économique autour du rapport développement/environnement naturel. Trois thèses ont alors été émises: la croissance résoudra les problèmes qu'elle pose; la nécessaire double décroissance (population, PIB); et la recherche d'un nouveau mode de développement (de l'écodéveloppement au développement durable). Dans les années 80, l'UICN¹ se réfère au développement durable dans sa proposition de Stratégie mondiale de conservation de la nature pour le PNUE. En 1988, sur mandat de l'ONU, le rapport *Brundtland* de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement fait du DD son axe stratégique. En mars 2005: le DD devient un objectif constitutionnel assigné aux politiques publiques en France (Charte de l'environnement). En dépit des avis divergents sur les causes du réchauffement climatique, un consensus apparaît sur la nécessité de limiter à 2°C l'augmentation de la température moyenne terrestre. Comme l'énonce une étude faite par l'AIE (Agence Internationale de l'Énergie), le défi climatique est lié à la stabilisation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère à environ

¹ Union Internationale pour la Conservation de la Nature

450 ppm d'équivalents CO₂. Les axes de progrès sont nombreux et impactent tous les secteurs industriels et les comportements humains (consommation, déplacement,...).

En 2006, l'enquête européenne EIPRO² révèle que 20 à 30% des gaz à effet de serre proviennent des activités des chaînes alimentaires et agricoles dont 40% des activités liées aux IAA (transformation et transport) et 20% liées au consommateur (modes de consommation et déplacements liés aux achats). Dernièrement, le Grenelle de l'environnement a mis en avant trois niveaux d'action pour limiter les impacts environnementaux de la chaîne alimentaire: production agricole, transformation et transport, modes de consommation (source ADEME).

Dans sa définition la plus large, le secteur des IAA emploie près de 560 000 personnes (salariées et non salariées), réalise 29 milliards d'euros de valeur ajoutée, représente près de 2% du PIB et 7% des exportations de la France. Les filières alimentaires présentent un visage général spécifique. Constituées de quelques grands groupes nationaux et internationaux, elles sont avant tout composées d'une myriade de PME (Petites et Moyennes Entreprises) et de groupes coopératifs dans lesquels le monde agricole a un pouvoir de décision essentiel.

Cette filière subit de plein fouet une perte de confiance causée par les récentes crises sanitaires (ESB, listériose, grippe aviaire) ainsi que le développement des OGM, nécessitant la mise en place de signes de qualité informationnels et physiques. Face à l'accroissement des maladies en lien avec l'alimentation (obésité, allergies,...), les pouvoirs publics ont mis en place des actions fortes confortant le rôle clé de l'alimentation dans la santé humaine (Programme National Nutrition Santé,...). Les filières alimentaires sont confrontées à la pression exercée par la grande distribution, filtrant près de 80% des ventes de produits alimentaires à travers ses enseignes nationales et Hard Discount. A la pression sur les prix, les délais et les référentiels qualité, vient aujourd'hui s'ajouter une nouvelle pression sur des indices de durabilité³.

Les enjeux du développement durable et de la lutte contre le réchauffement climatique sont primordiaux pour le secteur des IAA. De nombreux défis se présentent: la contribution à l'équilibre alimentaire mondial, la sécurité sanitaire, la qualité des aliments produits, l'économie d'énergie tout au long du processus de production et de distribution, la limitation

² Environmental Impact of Products (http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf)

³ Fin 2009, Wal-Mart a lancé, au niveau mondial, un index de durabilité (*sustainability index*). Les 100 000 fournisseurs du groupe vont recevoir un questionnaire comportant une quinzaine de questions dans quatre domaines majeurs (énergie et climat, choix des packagings, ressources naturelles, social). L'industrie agro-alimentaire refuse néanmoins que Wal-Mart manage seul une telle initiative, et se propose de créer son propre consortium.

des émissions de gaz à effet de serre⁴, la gestion globale du cycle de vie du produit (valorisation des sous-produits, recyclage et prévention à la source des déchets...). Au-delà de leur contribution directe au développement durable, les entreprises agroalimentaires peuvent également agir sur l'amont (pratiques agricoles, labels) et sur l'aval (modes de consommation).

Les **nouvelles attentes des consommateurs** vis-à-vis des conséquences écologiques de leur alimentation se traduisent par un développement significatif de la consommation des produits identifiés comme « peu polluants ». Le facteur prix, dans le contexte économique actuel, reste néanmoins un élément déterminant.

L'accroissement de la compétitivité des industries agroalimentaires passe également par l'augmentation de leurs **performances dans le domaine de la logistique**. C'est un enjeu crucial, de l'achat des matières premières à l'expédition des produits en passant par les ateliers de production, le conditionnement ou la gestion des stocks, qui concerne avant tout leur organisation interne. La rationalisation de la chaîne logistique nécessite de développer de nouveaux systèmes d'information inter-organisationnels et d'intensifier les partenariats entre industriels, distributeurs et les nombreux prestataires (transporteurs, équipementiers,...).

L'industrie alimentaire étant l'un des maillons d'une chaîne qui va de l'agriculteur aux consommateurs, une vision globale de cette chaîne de valeur est indispensable: d'une part, parce qu'une meilleure organisation de cette chaîne peut générer des réductions de coûts et accroître sa compétitivité, cela en minimisant les émissions carbone; d'autre part, parce que le bon fonctionnement de cette chaîne et son adéquation aux attentes des consommateurs conditionnent son développement et sa pérennité.

Au centre de la production agricole et de la transformation alimentaire, le Grand Ouest de la France (Bretagne, Pays de la Loire) concentre près de 20% du chiffre d'affaires national des IAA.

2- Contexte scientifique

Ce projet souhaite fédérer des équipes de recherche du Grand Ouest autour de la thématique de la proximité des acteurs dans les filières alimentaires. Dans le contexte actuel de recherche d'une alimentation durable, de nouveaux schémas s'affirment comme des

⁴ PNAQ 2008-2012, Plan national d'affectation des quotas d'émission de CO2.

schémas « environnementalement vertueux » face aux schémas classiques de vente par les enseignes de distribution. Au schéma de vente directe à la ferme, s'ajoutent deux nouveaux types de circuits: les circuits courts (minimisation du nombre d'intermédiaires entre le champ et la fourchette) et, ce que nous appellerons, les circuits de proximité (peu de distance entre le champ et la fourchette). Bien entendu, ces trois schémas diffèrent par leur structure, le type de produits vendus et les acteurs concernés.

Récemment, quelques études viennent, de façon partielle, mettre à mal cette croyance. Par exemple, Coley *et al* (2009)⁵ ont montré empiriquement que l'achat de produits biologique à la ferme était plus couteux en carbone qu'un achat dans un réseau de distribution si la distance à la ferme dépassait les 7 km.

Sans remettre en cause le bien fondé de tels circuits, notre projet a comme objectif de découvrir **sous quelles conditions une filière (ou un acteur d'une filière) a-t-elle intérêt à développer un marché de proximité et/ou un marché de masse?**

Les questions sous-jacentes peuvent être résumées ainsi:

- Quels critères permettent de choisir entre les deux schémas, voire de faire coexister ces deux schémas?
- Les pressions citoyennes peuvent-elles modifier les pratiques industrielles?
- Dans une approche locale (proximité géographique), quels sont les dispositifs de jugement pour les consommateurs? Quelles modifications des processus de qualification des produits? Quel impact sur le positionnement des IAA et des acteurs locaux (valence entre proximité voulue et proximité perçue)?
- Les IAA ont-elles intérêt à mutualiser leurs approvisionnements et/ou leurs distributions?
- Comment prendre en compte le processus industriel dans les stratégies durables?

Ce projet se base essentiellement sur les sciences de gestion (avec une réelle volonté de dialogue entre les différentes disciplines la constituant), mais s'appuiera aussi sur des approches des sciences économiques (économie géographique, économie industrielle) et les compétences techniques du génie des procédés (ACV process). Ainsi, les mots-clés associés sont:

-> logistique: organisation des flux... masse, mutualisation, distance

⁵ D. Coley, M. Howard, M. Winter (2009). *Local food, food miles and carbon emissions: a comparison of farm shop and mass distribution approaches*. Food Policy, vol 34, p 150-155.

-> eco indust: pouvoir de création / modification d'une filière

-> performance: lien qualité/performance, prise en compte des «coûts environnementaux (CO2, AVC, emballage, km...)

-> marketing: perception du consommateur filière et produit (signes de qualité, proximité, authenticité...)

Enfin, ce projet illustrera ses propos sur les deux filières suivantes: volailles et boulangerie/biscuiterie. L'intérêt de ces deux exemples: différence notable car l'une est très franco-française (pain) alors que l'autre est fortement attaquée de l'étranger (volailles). Réseau de proximité existant pour la filière pain et en création pour la volaille (vente à la ferme, AMAP...).

3- Organisation du projet

Le projet est structuré autour de **3 Groupes de Tâches** permettant de fédérer les compétences du Grand Ouest autour de questions scientifiques liées aux objectifs du projet. Les informations relatives aux tâches du projet, aux partenaires impliqués, au budget prévisionnel ainsi qu'à l'aide demandée pour la réalisation du projet sont détaillées dans le Tableau 11A (Annexe 11). Le calendrier prévisionnel du projet est présenté dans le Tableau 11B (Annexe 11).

Groupe de Tâches 1: Perception de la proximité par le consommateur

Tâche 1.1: Rôle de l'appropriation et de l'authenticité perçues par le consommateur dans les proximités produit et circuits de distribution.

Groupe de Tâches 2: Organisation et efficacité des filières

Tâche 2.1: Compréhension des mécanismes de collaboration dans des actions de mutualisation logistique pour les PME agroalimentaires. Enquêtes, proposition de modèles, évaluation et comparaison.

Tâche 2.2: Étude de la relation entre stratégie qualité et performance des entreprises. Enquêtes et exploitation de données, proposition de modèles.

Groupe de Tâches 3: Illustrations

Tâche 3.1: Conférence à visée professionnelle sur le thème du rôle de la proximité dans les filières durables.

4- Originalité scientifique / aspect innovant du projet

L'originalité de ce travail repose avant tout sur la notion de proximité qui interviendra comme une force centripète des différentes disciplines de gestion. En particulier, la complémentarité entre stratégie marketing et organisation logistique est de plus en plus mise en avant comme un facteur clé de développement commercial. Dans le cadre d'une stratégie de développement durable dans un contexte de proximité, les entreprises alimentaires ont une responsabilité accrue et encouragent les consommateurs à réaliser des achats raisonnés⁶. D'une part, la conception des produits et leur positionnement sur le marché peuvent influencer (et être influencés par) les attentes des consommateurs. D'autre part, la conception et l'organisation des systèmes logistiques (supply chain management et design) doit accompagner la conception et le positionnement des produits par la recherche d'une efficacité accrue permettant de mettre en avant des avantages compétitifs liés à des indicateurs environnementaux. Enfin, les signes de qualité interviennent comme un marquage de conformité, mais aussi comme des éléments moteurs d'une réorganisation industrielle vers plus d'efficacité et d'efficience.

5- Positionnement du projet par rapport à d'autres projets en cours ou récemment terminés

Au niveau français, différentes initiatives ont émergé mais restent mono-disciplinaires en marketing (AFM et AIMS⁷), en logistique (Groupes de travail FL et MOME du GDR MACS⁸) et en modélisation (GDR RO⁹). Sur les aspects logistiques (localisation des activités industrielles), ce projet est en continuité d'une action menée dans le cadre du projet PSDR CLAP (2008-2011).

Au niveau européen, les conférences présentant régulièrement des travaux de recherche et de développement portant sur des applications de la modélisation à des problématiques de filières alimentaires sont les suivantes: FOODSIM, MODEL-IT, Food System Dynamics¹⁰. Il s'agit de travaux appliqués d'optimisation et de simulation de filières spécifiques qui ne

⁶ Deux grandes tendances s'affirment aujourd'hui : l'axe consommation durable et l'axe consommation saine. Nous ne développerons aucune approche sur ce second axe, tout en restant informés des travaux effectués dans ce domaine, en particulier le projet ANR-ALIA en cours ALIMINFO.

⁷ Association Française de Marketing et Association internationale de management stratégique

⁸ Le GDR Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques fédère la communauté française de recherche en automatique, productique et logistique (GT FL « Flux Logistiques » et MOME « Méthodes et Outils pour la Modélisation et l'Evaluation »).

⁹ Le GDR Recherche Opérationnelle fédère les équipes de recherche en recherche opérationnelle et informatique (GT Transport).

présentent pas la particularité d'associer des travaux sur la consommation et sur les comportements logistiques de filières. Nous sommes à l'origine du cycle de conférences FOODSIM bi-annuel lancé en 2000 et portant sur la simulation appliquée aux bio-industries. Une quinzaine de pays participent régulièrement à FOODSIM et de nombreuses présentations intègrent dorénavant dans les modèles des éléments concernant la durabilité des productions et filières alimentaires. Par ailleurs, un projet de création d'un réseau européen a été proposé en vue de promouvoir le développement des techniques de modélisation et de simulation en vue de réduire le risque financier des projets R&D, de minimiser les impacts environnementaux et d'accroître simultanément sécurité-qualité et coût-compétitivité.

Au niveau du 7ème PCRD et notamment des appels d'offres *European Knowledge Based Bio-Economy* (KBBE), nous n'avons pas identifié de projets en cours dans le cadre de l'axe « Fork to farm: Food, health and well-being » du thème « Food, Agriculture and Fisheries, and Biotechnology » portant sur nos thématiques de recherches.

6- Positionnement du projet par rapport à la formation

Les équipes participantes appartiennent aux PRES L'UNAM et UEB et s'inscrivent dans les deux écoles doctorales labellisées « Economie-Gestion » (ED DEGST et SHOS) dont elles accueillent des doctorants. Les équipes sont aussi fortement impliquées dans la formation des ingénieurs (parcours gestion) et dans plusieurs masters cohabilités (Master PRAME Agrocampus-Ouest, UBO; master marketing en cours de création ONIRIS Nantes, Université de Nantes).

Ainsi, ce projet permettra d'alimenter les enseignements dans ces différentes formations, d'encadrer des stages de master et de développer des conférences sur le thème de l'alimentation durable (aspects socio-économiques).

¹⁰ initiée en 2006 et organisée tous les ans en Autriche par l'Université de Bonn sous l'égide de la *European Association of Agricultural Economists* (EAAE)

7- Impacts possibles du projet

Impacts sur l'équipe:

Consolidation des axes de recherche ou renouvellement thématique ?	<ul style="list-style-type: none">• Consolidation de la connaissance et de la compréhension des mécanismes de collaboration logistique• Développement de nouveaux partenariats avec les chercheurs en gestion du LEMNA• Resserrement du partenariat avec l'INRA-LERECO• Développement d'une nouvelle dynamique au LARGE CIA autour de la notion de proximité (centripète et centrifuge)
---	--

Du développement durable:

Portée et utilité des applications pour la protection de l'environnement	Le maillon transport-logistique est souvent mis en avant comme vecteur clé d'une diminution de l'empreinte carbone des filières agroalimentaires
Contribution au développement de nouvelles technologies et de nouveaux marchés utiles à la société	Mise en exergue de différents modèles d'organisation logistique
Adéquation du projet avec la notion globale de développement durable	Dans les enjeux liés à une alimentation durable, les notions de « consommateurs » et « logistique » sont centrales dans les stratégies des acteurs des filières alimentaires.

4.5 Axe transversal: Technologies 'omiques innovantes

4.5.1 *Projet 5*: Étude et exploitation du potentiel des approches émergentes de caractérisation globale de type 'omiques au service de la qualité et de la sécurité chimique des aliments.

Porteur pressenti: LABERCA (ONIRIS)

1. Contexte et enjeux socio-économiques

La qualité des denrées alimentaires, incluant la sécurité chimique selon les définitions internationales, est un sujet d'intérêt majeur en Bretagne et Pays de la Loire à la fois pour les filières de production et les responsables politiques de ces deux Régions. Des moyens conséquents ont déjà été alloués à cette thématique au cours de ces dernières années, ce qui a permis à la fois de générer des résultats de recherche innovants, de soutenir le rapprochement entre équipes académiques et industriels, et de participer à une visibilité (inter-)nationale et à une reconnaissance des forces et compétences régionales dans ce domaine. Toutefois, une caractéristique commune aux différentes études conduites sur ce sujet est de s'être appuyée sur des outils et méthodes en général ciblés, c'est-à-dire autorisant la mesure, le suivi ou la caractérisation d'un nombre relativement restreint de paramètres connus. Or, la réalité d'une multi-exposition des populations à un ensemble de polluants chimiques, et l'existence d'effets de mélange/d'interaction complexes, non pris en compte par ces approches conventionnelles, reste l'un des principaux défis actuels en terme d'appréciation du risque, qui doit être aujourd'hui appréhendé par de nouvelles approches. L'introduction et le développement de technologies émergentes de type « 'omiques » permettent aujourd'hui d'envisager cette notion de caractérisation des produits de façon globale (non ciblée). Ce nouveau type de stratégie est en effet basé sur la génération de vastes ensembles de descripteurs (profils ou empreintes) caractérisant le système biologique considéré, permettant de ce fait une approche holistique sans a priori bien adaptée à l'appréhension du vivant dans sa complexité, de la biologie intégrative, et de la biologie prédictive. Dans ce contexte, l'ambition du projet présenté est de proposer une action de recherche à la fois innovante sur le plan méthodologique et structurante sur le plan thématique.

Sur le plan technologique, l'une des originalités et des forces du Grand Ouest est de pouvoir associer des équipes reconnues (inter)nationalement ce qui autorise l'étude globale des systèmes biologiques du métabolome et du protéome au transcriptome. Les forces vives sont aujourd'hui identifiées ou en voie de l'être notamment pour la métabolomique dont la structuration a été récemment confiée à Biogenouest©. Dans ce contexte, le projet présenté se positionne clairement comme un cadre de choix permettant d'éprouver le potentiel de ce groupe à répondre ensemble à des questions récurrentes des acteurs des filières de production du Grand Ouest autour d'une thématique fédératrice qui est celle de la qualité et de la sécurité des aliments. Adossé aux investissements lourds déjà entrepris ou planifiés à court terme (Projet EQUIPEX FOODSAFOMICS), ce projet ambitionne en effet de faire bénéficier plusieurs équipes de recherche des compétences déjà acquises par certains partenaires afin d'envisager ce nouvel angle d'attaque en réponse à leurs problématiques en lien avec la qualité et à la sécurité des aliments. Cet aspect méthodologique transversal de ce projet est ici clairement affiché et revendiqué comme questionnement de recherche à part entière. Dans ce domaine émergent (s'agissant en particulier de la métabolomique), un important travail de développement est en effet nécessaire afin d'adapter les outils et procédures mis en œuvre aux différents sujets proposés par les chercheurs (depuis la préparation des échantillons biologiques jusqu'aux conditions d'acquisition des empreintes générées). Cet aspect du projet représente ensuite un moyen pour les équipes d'asseoir dans la durée une réelle compétence et lisibilité dans ce champ disciplinaire, *via* un transfert des principaux savoir-faire et surtout la stimulation d'échanges et d'interactions entre les aspects techniques et scientifiques qui conditionnent la réussite dans ce domaine.

En résumé, ce projet se positionne bien comme élément catalyseur pour une exploitation valorisante des capacités de type plateforme ou plateaux techniques 'omiques du Grand Ouest, au service de projets de recherche variés mais scientifiquement construits autour de la thématique de la sécurité et de la qualité des aliments. Les principaux enjeux associés à ce projet concernent donc globalement la garantie de la qualité et/ou de l'innocuité des produits issus des principales filières de production régionales.

2- Contexte scientifique

Sur le plan scientifique, plusieurs équipes faisant référence régionalement et dépendant d'Établissements, d'Instituts ou d'Universités (ONIRIS, INRA, ANSES, INSERM, CRNH,

PRES Régionaux,...) ont déjà manifesté un intérêt pour ces approches et proposé des questionnements de recherche y faisant appel. L'ONIRIS se propose de catalyser la mise en relation de ces partenaires et de coordonner les actions de recherche inhérentes.

Le projet est structuré autour d'**1 Groupe de Tâches** permettant de fédérer les compétences du Grand Ouest autour de questions scientifiques liées aux objectifs du projet. Les informations relatives aux tâches du projet, aux partenaires impliqués, au budget prévisionnel ainsi qu'à l'aide demandée pour la réalisation du projet sont détaillées dans le Tableau 8A (Annexe 8). Le calendrier prévisionnel du projet est présenté dans le Tableau 8B (Annexe 8).

Groupe de Tâches 1: Sécurité et qualité des aliments et impact nutritionnel

Tâche 1.1: Mettre en évidence et identifier de nouveaux biomarqueurs d'exposition consécutifs à l'administration de substances interdites (colorants) ou encore d'antibiotiques (macrolides) chez l'animal de production, ouvrant la voie à de nouveaux système de contrôle des denrées et ce pour plusieurs filières (aquacole, avicole,...).

Tâche 1.2: Étudier et caractériser les relations entre la présence de polluants chimiques perturbateurs endocriniens dans le lait (maternel ou de substitution) et des situations de dérégulation hormonale / métabolique chez le nouveau-né (en lien avec le Projet 6).

Tâche 1.3: Mettre en évidence et identifier les principaux composés chimiques néoformés générés par des procédés industriels (tels que produits de la réaction de Maillard) pouvant représenter un danger au plan toxicologique pour différentes filières (lait, produits de boulangerie...) (en lien avec les Projets 1 et 6).

Tâche 1.4: Mettre en évidence et identifier les déterminants chimiques impliqués dans certaines caractéristiques organoleptiques de denrées d'origine animale (produits de la mer).

Tâche 1.5: Comprendre l'impact des lipides apportés par l'alimentation sur la réponse aux agents chimiques, et rechercher des biomarqueurs d'effets pour une évaluation de la toxicité d'agents chimiques associés ou non à des lipides (en lien avec le Projet 7).

3- Positionnement du projet par rapport à d'autres projets en cours ou récemment terminés

Le projet présenté s'inscrit dans une certaine mesure dans la continuité du projet régional AISQAL, également relatif à la thématique générale de la qualité et sécurité des aliments. L'option consistant à asseoir ce nouveau projet sur une base méthodologique

commune (approches métabolomiques), et sur un lien global entre les différentes tâches constituant ce projet apparaît toutefois fondamentalement distincte de celle ayant accompagnée le projet AISQAL. Cette spécificité devrait en particulier favoriser un niveau élevé d'intégration et de structuration. Une des tâches proposées (lien entre exposition chimique du nouveau-né et syndrome métabolique) sera par ailleurs adossée à un projet régional (LACTACOL), porté par le CRNH en voie de soumission en réponse à un appel d'offre de la DIRC Grand Ouest. Ce dernier prévoit en effet un financement pour le suivi d'une cohorte de nouveau-nés prématurés et la mise en place de prélèvements biologiques en maternité. Ce projet n'est toutefois pas dimensionné de façon à permettre le financement de l'ensemble des questions de recherche faisant appel à ces prélèvements. Dans ce contexte, le présent projet se positionne comme soutien à l'exploitation d'une partie de ces prélèvements biologiques en vue d'une question de recherche particulière non couverte dans le cadre du projet LACTACOL.

Aucun projet d'envergure nationale et présentant des contours similaires à ceux du projet présenté n'est à notre connaissance en cours. Un certain nombre de projets ANR faisant appel à la métabolomique sont en effet conduits, mais ceux-ci restent ciblés soit sur des aspects fondamentaux de toxicologie, soit sur des études nutritionnelles. Dans ce contexte, le projet présenté apparaît original et non redondant, de part son caractère fortement axé sur l'aliment, et transversal au service de différentes filières de production. En revanche, ce projet peut se positionner comme catalyseur à la fois sur le plan d'établissement et/ou renforcement de liens entre les équipes partenaires concernées, et sur le plan de la génération de résultats ouvrant la voie à la construction d'un ou plusieurs futurs projets d'envergure nationale. L'implication du coordonnateur du projet présenté au sein des différents réseaux nationaux et internationaux dans le domaine de la métabolomique sera en particulier exploitée dans ce sens.

4- Positionnement du projet par rapport à la formation

Le premier niveau de lien entre le projet présenté et la formation repose sur l'implication déjà existante des équipes partenaires, et en particulier du coordonnateur de ce projet, au sein des différents masters locaux (ACPBI, SANH, GRISSE, MQSAIAA), et de l'école doctorale Biologie-Santé. Ces interventions et/ou accueils d'étudiant sont autant de premiers canaux permettant une dissémination des résultats de recherche attendus dans le cadre de ce projet.

Un second niveau de lien envisageable est celui de la création (ou renforcement) d'un ou plusieurs modules d'enseignement spécifiquement dédiés aux outils et approches développées et/ou appliquées dans le cadre de ce projet, certaine étant clairement émergentes et novatrices, et mises à profit dans le cas présent au service de thématiques faisant écho à la fois aux contours de ces masters et à des préoccupations régionales fortes.

Un troisième niveau d'interaction est enfin celui de la formation internationale, les thématiques concernées (qualité et sécurité des aliments) ainsi que les approches méthodologiques utilisées (métabolomique) répondant sans conteste à des besoins clairs sur le plan de la formation. De ce point de vue, l'utilisation de la structure *School for Advanced Residue Analysis in Food* (SARAF) créée par le coordonnateur du projet présenté sera le premier levier envisagé. L'introduction de certaines interventions dans le cadre du programme intensif (IPARAF) récemment soutenu par la commission européenne et dont le coordonnateur a également la responsabilité, sera un second levier d'action majeur.

5- Impacts possibles du projet

Impacts sur l'équipe:

Consolidation des axes de recherche ou renouvellement thématique?	Pour l'équipe coordinatrice (ONIRIS, LABERCA), le projet 5 est positionné en termes de consolidation et d'ouverture de sa thématique de recherche relative aux approches métabolomiques, et dans la logique du dépôt d'un projet EQUIPEX afférent. Pour les équipes partenaires, le projet 5 est positionné en terme de nouvel angle d'étude de leurs thématiques de recherche sur le plan méthodologique, dans l'optique de générer de nouvelles réponses et/ou hypothèses aux questions posées, avec un fort impact et caractère innovant attendus.
--	--

Du développement durable:

Contribution au progrès social	Le projet 5 est en lien direct avec la qualité et la sécurité chimique des aliments, thématique à vocation finalisée au service des consommateurs et des filières de production.
Portée et utilité des applications pour la protection de l'environnement	Le projet 5 repose sur de nouvelles approches méthodologiques qui, outre leur caractère global et intégré sur le plan scientifique, répondent également aux exigences actuelles de haut débit et de diminution significative des réactifs et consommables nécessaires au plan analytique (solvants,...).

Programme de recherche inter-régional PANGO

Contribution au développement de nouvelles technologies et de nouveaux marchés utiles à la société	Le projet 5 a pour ambition de conforter les technologies émergentes de type métabolomiques comme nouvel outil d'investigation et/ou diagnostique pouvant trouver un intérêt sur le plan de l'évaluation du risque, du contrôle des denrées, et de la protection des consommateurs.
Adéquation du projet avec la notion globale de développement durable	Le projet 5 repose sur des approches par définition globales et intégrées, économiquement allégées, pouvant à terme se substituer à certaines approches de mise en œuvre plus longue, lourde et/ou coûteuses.

5 Valorisation - Dissémination des résultats

Les connaissances scientifiques et technologiques générées par le programme inter-régional *PANGO* seront valorisées auprès d'un public très large: des chercheurs et des étudiants en formation universitaire, jusqu'aux professionnels et aux consommateurs.

5.1 Transfert des connaissances vers les formations universitaires (Masters Recherche, Ingénieurs, Doctorants)

Les nouvelles connaissances scientifiques et techniques produites par le programme *PANGO* seront diffusées aux échelles régionale, nationale et internationale *via* les actions telles que les soutenances de thèses financées par le programme, les publications et les brevets, les séminaires et les conférences. Il est à noter également que les connaissances scientifiques et techniques générées par les projets de recherche vont apporter un éclairage nouveau à la science agroalimentaire. Les différents domaines touchant à l'agroalimentaire seront enrichis par les avancées suivantes visées par le programme:

Structure et fonctionnalité des aliments	Qualité des aliments	Sécurité des aliments	Alimentation et Nutrition	Consommateur et Management Industriel
<p>Procédés innovants pour générer des nouvelles structures et textures plus attractives pour le consommateur</p> <p>Techniques de nano- et micro-encapsulation pour améliorer la biodisponibilité des nutriments</p>	<p>Stratégies innovantes pour la gestion durable des intrants médicamenteux</p>	<p>Stratégies nouvelles de maîtrise de risques bactériens</p>	<p>Formules alimentaires optimisées destinées aux nouveau-nés et enfants</p> <p>Un nouveau test standardisé pour l'exploration des voies métaboliques chez l'homme</p>	<p>Aide à la décision dans le choix de circuits de distributions</p>
<p align="center">Technologies 'omiques innovantes</p> <p align="center">Évaluation de la qualité des aliments et de leur impact nutritionnel</p>				

Le nouvel éclairage apporté par *PANGO* sera utilisé pour enrichir les programmes enseignés aux étudiants dans le cadre des formations d'enseignement supérieur (Masters Recherche, formation doctorale, ...).

5.2 Transfert des connaissances vers les professionnels

Les connaissances scientifiques et techniques générées par le programme ont vocation à être mis à disposition des partenaires économiques concernés, d'amont comme d'aval des filières.

L'organisation de la valorisation des résultats est la suivante:

1. Les structures dites de « valorisation », placées auprès des chercheurs, pour assurer la protection de propriété intellectuelle (Brevets, licences, certificats d'obtention végétale,...) des résultats le justifiant, ainsi que la négociation de l'exploitation des licences.

Cette mission est assurée actuellement par les structures de valorisation en place dans les deux régions: BRETAGNE Valo (PRES UEB), L'UNAM Valo (PRESS UNAM), Agrovalo Ouest (plate forme de valorisation de l'INRA et Agrocampus-ouest, et selon l'origine des projets les structures de valorisation des établissements de recherche spécialisés (IFREMER, Cemagref).

Ces structures seront, à terme regroupées dans la Société d'accélération de transfert de technologie (future SATT ouest-valorisation), en collaboration contractuelle avec la structure spécialisée dans le domaine agronomique et agroalimentaire « INRA Transfert » (AgroValo ouest).

Les principales missions des structures de valorisation sont :

- (1) la détection et la protection de projets valorisables à partir des résultats de recherche, par un travail de collaboration et de rencontres avec les chercheurs dès l'élaboration des projets de recherche et l'identification des résultats. Cette mission s'effectuera de façon mutualisée entre Agrovalo ouest et la SATT future.
- (2) l'élaboration des stratégies de valorisation des projets de recherche
- (3) la maturation des projets détectés jusqu'au transfert au monde économique (brevets, licences, certificats d'obtention variétale, créations d'entreprises, etc.) et négociation des accords d'exploitation de licences par exemple.
- (4) l'ingénierie des contrats de recherche collaboratifs impliquant des entreprises et la négociation des accords de partenariats

(5) partenariat avec les pôles de compétitivité dans la coordination des projets, en vue du passage au développement-innovation.

2. Les Pôles de compétitivité – Végépolys dans le domaine des cultures végétales, Valorial dans le domaine agroalimentaire, Pôle Enfant (Cholet) dans le domaine de l'innovation pour le bien-être de l'enfant- dont les activités depuis 2006 sont ressorties déterminantes pour effectuer l'assemblage d'équipes de recherche, de centres techniques d'innovation, de plates formes d'expérimentation et technologiques, d'établissements d'enseignement supérieur et surtout d'entreprises, autour de projets innovants.

Le transfert des connaissances scientifiques nouvelles en direction du monde économique vise à déboucher sur des applications sur le terrain, dans les exploitations agricoles, dans les entreprises d'amont et d'aval en permettant d'engager des prolongement sous forme de programme de R&D-Innovation avec l'appui des centres techniques ou directement dans les centres de recherche des entreprises lorsqu'elles en disposent.

De plus, des outils d'interface entre le monde de la recherche et les acteurs des filières économiques se sont développés et sont matérialisés par des technopôles, des centres d'innovation technologiques et des stations régionales d'instituts techniques nationaux ou des chambres d'agriculture. Parmi les plus importants peuvent être cités:

- l'ADRIA développement, sécurité et conservation des produits,
- Bretagne Biotechnologie Végétale – Végénov, spécialisé dans la génétique et la qualité des produits végétaux en lien avec la préservation de l'environnement et la compétitivité de la filière,
- CBB développement, spécialisé en biotechnologies et chimie fine,
- le CEVA, Centre d'étude et de Valorisation des algues,
- le CRITT santé Bretagne,
- le Centre CTIFL spécialisé sur les cultures légumières (Carquefou)
- le Centre d'expérimentation de l'Institut Arvalis (Varades)
- IDMer,
- Le GEVES (Groupement d'étude des variétés et semences) à Angers,
- l'antenne rennaise d'ACTILAIT, produits laitiers,
- Ponan Tech et l'antenne nantaise du CTCPA

- Valinov, Centre d'innovation et de transfert de technologies sur le végétal spécialisé (innovation variétale, phytochimie et bioactivités des composés végétaux)
- Zoopole Développement, innovation dans l'agro-industrie, la santé animale et la maîtrise de l'environnement.

3- Transfert des connaissances scientifiques pour l'expertise et l'information des consommateurs

Les Centres de recherche de l'ouest sont sollicités régulièrement pour apporter des éléments d'analyse et de compréhension scientifique tout particulièrement en sciences du vivant, agronomie et alimentation-nutrition. Aussi, un impact potentiel du projet en termes d'expertise, d'appui aux politiques publiques et de participation au débat public est envisageable sur les thèmes suivants: (1) l'évolution de l'approche nutritionnelle des aliments selon les catégories de consommateurs et besoins (2) l'anticipation économique sur l'évolution rapide des échanges commerciaux au niveau européen et plus encore mondial. (3) l'acceptabilité par les citoyens et consommateurs des produits nouveaux, de leurs incidences sur l'environnement et la santé, ainsi que sur les questions éthiques souvent soulevées dans le domaine des sciences biologiques.

La demande d'expertise est passée d'un niveau circonscrit de problématique élémentaire, à une approche plus large des effets et des inter-effets. Le changement d'échelle est tout particulièrement illustratif en matière agricole, le questionnement passant de la plante ou de l'animal, à la parcelle, puis à l'exploitation vue dans son système productif comme de fonctionnement économique. L'analyse s'élargit aux questions territoriales soit de bassin de communauté de vie soit en d'autres circonstances de bassins hydrographiques ou encore d'écosystèmes tels que l'approche par l'écologie du paysage en matière de biodiversité.

Afin d'élargir l'accessibilité aux connaissances scientifiques générées par le programme et renforcer leur diffusion auprès du public cité ci-dessus, un site internet sera spécialement développé. Il sera constitué de trois volets dédiés spécifiquement aux scientifiques (chercheurs, étudiants), aux professionnels (industries agroalimentaires) et aux consommateurs.

6 Conclusion générale

Le programme inter-régional *PANGO* ouvre de nouvelles voies de recherche par *la synergie et la pluridisciplinarité des équipes réunies au niveau inter-régional*, issues de toutes origines (universités, établissements de recherche, établissements d'enseignement supérieur). Il est à la fois *cohérent et pertinent* vis-à-vis de l'objectif d'*amélioration de la qualité globale de l'aliment (nutritionnelle et sensorielle), de la sécurité alimentaire (chimique et microbiologique), des procédés de transformation et des déterminants agronomiques*.

Le programme de recherche *PANGO* permet de *créer des liens* entre:

- la production et la sécurité alimentaire,
- les matières premières et les procédés de transformation,
- les matières premières et les propriétés fonctionnelles,
- l'aliment et la nutrition,
- l'aliment et le consommateur,
- l'alimentation et le développement durable.

Il permet de *valoriser la majorité des filières spécifiques de nos deux régions* telles que les viandes, les produits laitiers, les céréales ainsi que les fruits et légumes. Le soutien particulier sera accordée à la filière "production animale", première activité à l'échelle inter-régionale, afin de maintenir sa compétitivité et l'excellence dans la construction de la qualité des produits animaux.

Par son *approche intégrée de la construction de l'aliment*, le programme *PANGO* répond aux nouvelles attentes des consommateurs et des professionnels par sa conception des aliments-santé et aliments-plaisir dans un contexte d'éco-conception. Les connaissances scientifiques et techniques générées sur les fonctionnalités technologique et biologique des aliments pourront également alimenter les actions du Programme National pour l'Alimentation (*PNA*) lancé par le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche le 28 septembre 2010. En effet, les innovations nutritionnelles et sensorielles et l'amélioration de l'impact environnemental de la production visées par le programme *PANGO* font partie des actions soutenues par le programme national.

Enfin, la création du **pôle de recherche « Aliment-Alimentation-Nutrition »** visible et attractif aux plans national et européen sera l'aboutissement du travail fourni au cours du programme PANGO et la continuité de ses avancées.

7 Budget du programme PANGO

Le budget prévisionnel ainsi que l'aide demandée pour la réalisation de huit projets de recherche sont résumés dans le Tableau 3 ci-dessous:

Projet	Binôme scientifique	Homme x mois (permanents - non permanents)	Budget prévisionnel (k€)			Aide demandée (k€)		
			Fonctionnement	Équipement	Moyens humains (permanents - non permanents)	Fonctionnement	Équipement	Moyens humains (non permanents)
Projet 1	Alain LE BAIL Tiphaine LUCAS	GT1: 20 - 36	46	0	140 - 90	46	0	90
		GT2: 20 - 36	46	0	140 - 90	46	0	90
		GT3: 10 - 36	36	0	150 - 90	36	0	90
		3 thèses	128	0	430 - 270	128	0	270
		Coût total du projet 1: 828 k€				Aide demandée: 398 k€		
Projet 2	Marc ANTON Françoise NAU	GT1: 32.4 - 36	40	0	181 - 90	40	0	90
		GT2: 21.6 - 36	40	0	131 - 90	40	0	90
		GT3: 38.4 - 36	40	0	230 - 90	40	0	90
		3 thèses	120	0	542 - 270	120	0	270
		Coût total du projet 2: 932 k€				Aide demandée: 390 k€		
Projet 3	Marianne CHEMALY Henri SEEGERs	GT1: 44 - 36	58 - 6	0	216.4 - 90	58 - 6	0	90
		GT2: 61 - 12	48	0	248 - 45	48	0	45
		GT3: 60 - 72	127	0	397 - 116	63	0	90
		2 thèses, 1 CDD, 2 Masters	239	0	861.4 - 251	175	0	225
		Coût total du projet 3: 1351.4 k€				Aide demandée: 400 k€		

Programme de recherche inter-régional PANGO

Projet 4	Marianne CHEMALY Henri SEEGERs	GT1: 35 - 36	127 - 9	0	174.6 - 90	127 - 9	0	90
		GT2: 61 - 0	130 - 9	0	217.5 - 67	124 - 9	0	45 - 22
		1 thèse, 2 post-docs, 1 CDD, 6 Masters	275	0	392.1 - 157	269	0	157
			Coût total du projet 4: 824.1 k€			Aide demandée: 426 k€		
Projet 5*	Marianne CHEMALY Henri SEEGERs	GT 1: 165 - 60	150	0	X - 200	150	0	200
		0 thèse, 6 CDD	Coût total du projet 5: x- 350 k€			Aide demandée: 350 k€		
Projet 6*	Martine CHAMP Joëlle LEONIL	GT1: 55 - 48	165	0	474.5 - 122	75	0	122
		GT2: 21 - 18	35	0	133.45 - 48	17	0	48
		GT3: 65 - 48	330	0	412.5 - 122	165	0	122
		GT4: 48 - 32	75	0	265 - 102.5	32.5	0	102.5
		GT5: 6 - 0	10.5	0	40 - 0	2.5	0	0
		2 thèse, 1 post-doc, 6 CDD	615.5	0	1325.45 - 394.5	292	0	394.5
			Coût total du projet 6: 2335.45 k€			Aide demandée: 686.5 k€		
Projet 7*	Martine CHAMP Joëlle LEONIL	GT1: 17.4 - 9	502.5	0	371 - 25.05	226.45	0	25.05
		GT2: 30 - 42	180	0	270 - 106.7	73.3	0	106.7
		1 thèse, 3 CDD	682.5	0	641 - 131.75	299.75	0	131.75
			Coût total du projet 7: 1455.25 k€			Aide demandée: 431.5 k€		
Projet 8	Jean-Marc FERRANDI Vincent HOVELAQUE	GT1: 4 - 36	26	0	28 - 90	26	0	90
		GT2: 6 - 48	42	0	70 - 126	42	0	126
		GT3: 6 - 0	6	0	7 - 0	6	0	0
		2 thèses, 1 CDD, 6 Masters	74	0	105 - 216	74	0	216
			Coût total du projet 8: 395 k€			Aide demandée: 290 k€		

Programme de recherche inter-régional PANGO

Coût total du programme	8 471 800 €
Aide totale demandée	3 372 500 €

* la réflexion sur une meilleure intégration des projets 5, 6 et 7 est en cours (l'articulation de développement méthodologique en lien avec les projets 6 et 7); cette meilleure intégration permettra une gestion plus efficace de moyens financiers.

8 Annexe

8.1 Annexe 1

Tableau 1. Principaux indicateurs des entreprises agroalimentaires en Bretagne et en Pays de la Loire (AGRESTE n°163 - Enquête Annuelle d'Entreprise 2007); **M€:** Millions d'euros

Année 2007	Bretagne	Pays de la Loire	France	Part Bretagne/ France (%)	Part Pays de la Loire/France (%)
Nombre d'entreprise	320	255	2950	10,8	8,6
Effectif salarié moyen	57839	42081	372882	15,5	11,3
Chiffre d'affaires net (M€)	17958	11848	137728	13,0	8,6
Valeurs à l'exportation (M€)	2456	1104	25445	9,6	4,3
Valeur ajoutée (M€)	2771	2090	26051	10,6	8,0

8.2 Annexe 2

Tableau 2. Principales données régionales sur les entreprises du secteur agroalimentaire (AGRESTE n°163 - Enquête Annuelle d'Entreprise 2007); M€: Millions d'euros

Région	2007	Année	Classement national*	Nombre d'entreprises	Effectif salarié moyen	Chiffre d'affaires net (M€)	Valeur ajoutée (M€)	Vente à l'export (M€)	Répartition du CA par filière (%)	Part de CA (%) Région/ France	Part de VA (%) Région/ France
Industries alimentaires et des boissons											
Bretagne			1	320	57839	17958	2771,4	2455,9	100	13	11
Pays de la Loire			2	255	42081	11848,4	2090,5	1103,7	100	9	8
Ensemble FRANCE				2950	372882	137728,4	26051,2	25444,8			
Industrie des viandes											
Bretagne			1	107	28475	7512,3	1116,9	1315,4	42	26	24
Pays de la Loire			2	101	20036	5046,4	856,2	506,3	43	17	19
Ensemble FRANCE				834	107625	28860,4	4592,7	2939,2			
Industrie des fruits et légumes											
Bretagne			2	21	4594	1229,9	156,3	258,6	7	16	12
Pays de la Loire			10	7	1348	237,2	35,7	58,3	2	4	3
Ensemble FRANCE				165	25273	7660,8	1312,8	1435,6			
Industrie laitière											
Bretagne			1	25	6211	3191,5	640	405	18	12	15
Pays de la Loire			2	16	6301	2384,3	219,5	422,3	20	9	5
Ensemble FRANCE				294	53284	25587	4303,4	3625			

Programme de recherche inter-régional PANGO

Fab. de produits de boulangerie-pâtisserie et de pâtes									
Bretagne	2	41	4145	912,6	52,8	191,4	5	10	6
Pays de la Loire	1	36	6746	1287,2	49,3	330,5	11	14	5
Ensemble FRANCE		361	41499	9096,2	937,9	2220,8			
Fabrication d'aliments pour animaux									
Bretagne	1	42	4229	2704,2	91,7	295,7	15	27	7
Pays de la Loire	2	29	1273	1055,2	94,1	75,4	9	10	7
Ensemble FRANCE		197	17532	10112	1384,7	1374,6			

CA = Chiffre d'affaires; VA = Valeur ajoutée

*Classement national 2007 établi par rapport au chiffre d'affaires net

Industrie des fruits et légumes: (1) Nord-Pas-de-Calais, **(2) Bretagne**, (3) Picardie, (4) Rhône-Alpes, (5) Aquitaine, (6) Provence-Alpes-Côtes d'Azur, (7) Ile-de-France, (8) Languedoc-Roussillon, (9) Centre, **(10) Pays de la Loire**

8.3 Annexe 3

Tableau 3. Les caractéristiques des laboratoires participants au programme *PANGO* ayant répondu à l'Appel à Manifestation d'Intérêt.

Organisme	Unité	ETP Scientifiques PR+DR+CR+EC+ Ingénieurs (IR+IE), ETP Techniques	Adresse	Thématiques	Dispositifs expérimentaux ¹
Pays de la Loire					
CRNH	UMR PhAN	nc	CHU Hôtel Dieu 44093 NANTES CEDEX 01	Comprendre par quels mécanismes les nutriments sont capables de modifier durablement la fonction de deux organes clés de la nutrition: les circuits neuronaux hypothalamiques (qui régulent la prise alimentaire) et le côlon (impliqué dans la défense de l'organisme contre les agents nocifs de l'environnement). La nutrition périnatale est utilisée comme modèle privilégié.	Une plateforme d'analyse des isotopes stables par différentes techniques de spectrométrie de masse (GC-MS, IR-MS).
ESA	UR LARESS	11 EC+IR+IE	55 rue Rabelais BP 30747 49007 ANGERS CEDEX 01	Approche économique et sociologique des interactions entre dynamique de filières agroalimentaires et de territoires. Le lien direct agriculteurs-consommateurs. Les politiques publiques, localisation des activités agricoles et développement rural. Le devenir de l'agriculture dans les dynamiques urbaines Les mutations de l'organisation professionnelle de l'agriculture	
IFREMER	Département STAM	13 CR 6 AI+TR	Rue de l'Ile d'Yeu BP 21105 44311 NANTES CEDEX 03	Étudier et caractériser des produits et co-produits marins en relation avec leurs procédés de transformation, en vue de leur valorisation alimentaire.	Une halle pilote de technologie agroalimentaire et salle de mareyage, dédiées aux procédés de conservation et de

Programme de recherche inter-régional PANGO

					transformation des produits de la mer.
IFR QUASAV	UMR PaVé UMR GenHort	nc	42 rue Georges Morel BP 600057 49071 BEAUCOUZE CEDEX	Maîtriser des caractéristiques et processus qui déterminent, d'une part la santé des plantes, d'autre part la qualité des produits qui en sont issus.	Quatre plateaux techniques: - Analyses des acides nucléiques, - Imagerie cellulaire, - Analyses phytochimiques, - Installation expérimentale mutualisée Une plateforme dédiée à la collection de microorganismes .
INRA	UR BIA	120 DR+CR+IR+IE+AI+TR	Rue de la Géraudière BP 71627 44316 NANTES CEDEX 03	Améliorer la qualité des matières premières (qualités nutritionnelles, fonctionnelles, aptitude à la transformation) en amont et des valeurs "santé" et "plaisir" de l'aliment en aval. Développer de connaissances sur les mécanismes d'assemblages des biopolymères au cours de leur biosynthèse (construction, mise en place) ou au cours de l'élaboration des systèmes formulés.	Deux plateformes labellisées: - Microscopie, RMN, Spectrométrie de masse (RIO), - Protéines recombinantes (Ouest Genopole®).
	UMR BioEpAR	25 CR+IR+IE	BP 40706 44307 NANTES CEDEX 03	Établir des épidémio-économiques pour la gestion de la santé des populations d'animaux d'élevage ou en vue de l'intervention en santé publique vétérinaire	
ONIRIS	GEPEA	nc	Site de la Géraudière BP 82225 44322 NANTES CEDEX 3	Associer recherche amont et recherche appliquée afin de développer le Génie des procédés dans les domaines de l'environnement, de l'énergie, de l'agroalimentaire et de la valorisation des ressources marines.	Unités polyvalentes: réaction - distillation - extraction - encapsulation.
	LARGEZIA	5 CR+EC+TR	Site de la	Thèmes de recherche:	

Programme de recherche inter-régional PANGO

			Chantrerie BP 40706 44307 NANTES CEDEX 3	<ul style="list-style-type: none"> - la logistique, la traçabilité, la sécurité et les nouveaux systèmes de gestion intégrée, de type ERP - la structuration et les relations des acteurs de la chaîne alimentaire: application aux produits issus de l'agriculture biologique - les comportements, attitudes et représentations alimentaires
Université d'Angers	INSERM U646	25 permanents	10 rue André Boquel 49100 ANGERS	Élaborer de vecteurs micrométriques ou nanométriques destinés à la vectorisation de principes actifs thérapeutiques ou de molécules pour l'imagerie
Université de Nantes	INSERM U913	10 CR+EC 3 IR 1 TR	1 place Alexis Ricordeau 44000 NANTES	Comprendre le rôle des constituants neuronaux et gliaux du système nerveux digestif dans le contrôle des fonctions digestives. Caractériser l'impact bénéfique potentiel de facteurs nutritionnels (acides gras à chaînes courtes, acides gras polyinsaturés) sur le système nerveux digestif.
	LEMNA			

Bretagne

ANSES	LERMVD	nc	La Haute Marche 35302 FOUGERES	Évaluer la sécurité et de l'efficacité des médicaments vétérinaires et désinfectants.	Trois animaleries rongeurs et une animalerie grands animaux (bovins, porcins, veaux).
	UR EBEAC	3 CR 3 TR	BP 53 22440 PLOUFRAGAN	Initier et animer la veille épidémiologique en aviculture et cuniculture Mettre en évidence les facteurs de risque d'apparition des pathologies et proposer des mesures de prophylaxie sanitaire. Définir des méthodes et techniques de décontamination de sites de productions ainsi que des procédures d'assurance qualité hygiénique et	

Programme de recherche inter-régional PANGO

sanitaire en productions avicoles.

Agrocampus Ouest (Centre de Rennes)	UMR SMART	30 DR+CR+IR 20 IE+AI+TR	65 rue de Saint Brieuc 35042 RENNES CEDEX	Évaluer les effets des mesures de politiques agricoles et agro-environnementales sur les comportements des agriculteurs. Suivre les politiques publiques touchant les marchés agricoles et agro-alimentaires à l'échelle nationale et internationale.	
CEMAGREF	Équipe IRM-Food	9 CR 2 TR	17 avenue de Cuccillé CS 64427 35044 RENNES CEDEX	Étudier bioproduits et leurs transformations (physico-chimie, biophysique, génie des procédés, modélisation des transports, physiologie),	Une plateforme imagerie par RMN (PRISM).
ENSCR	UMR Sciences Chimiques de Rennes	230 permanents	Campus de Beaulieu - Bâtiment 10B 263, avenue du Général Leclerc 35042 RENNES CEDEX	Trois thématiques principales: - Synthèse et procédés - Molécules fonctionnelles et matériaux - Chimie pour le stockage, le transport et le traitement de l'information	Centre de Diffraction X (CDIFX).
INRA	UMR STLO	37 CR+EC+IR +IE	65 rue de Saint Brieuc 35042 RENNES CEDEX	Approfondir les connaissances des matières premières (lait, œuf), de leurs fonctionnalités technologiques et biologiques. Maîtriser la qualité des matrices laitières et sécurité alimentaire. Maîtriser les procédés de séparation sur membranes et de séchage par atomisation.	Une plateforme dédiée à la caractérisation des produits laitiers et ovoproduits.
	UMR SENAH	35 CR+EC+IR +IE	Domaine de la Prise 35590 SAINT GILLES	Concernant l'alimentation de l'homme: Comprendre les mécanismes de contrôle de l'ingestion à court terme pour lutter contre l'obésité. Prévenir les troubles digestifs en s'appuyant notamment sur les effets à long terme de l'alimentation dans le jeune âge. Concernant l'élevage: Améliorer la compétitivité des élevages par une	

Programme de recherche inter-régional PANGO

				réduction des coûts de production et une meilleure adaptation des produits aux besoins des utilisateurs. Améliorer les qualités sensorielles, nutritionnelles, et technologiques des viandes	
Université de Rennes 1	UR SeRAIC	6 PR+10 EC+3 DR+4 CR+3 IE+6 TR	2 avenue du Pr Léon Bernard 35043 RENNES CEDEX	Analyser les réponses induites par différents xénobiotiques (hydrocarbures, métaux, éthanol et des médicaments), en s'intéressant aux altérations membranaires, aux voies de signalisation et aux gènes cibles. Étudier les interactions hôtes/agents pathogènes au cours d'infections hépatiques (VHC, VHB, parasites), leurs conséquences sur l'immunité, et les dommages occasionnés. Étudier la complexité de la réponse cellulaire aux modifications du microenvironnement.	Une plateforme "Membrane et stress" (Résonance Paramagnétique Électronique, Microspectrofluorimètre)

¹ halle technologique, animalerie, plateforme analytique

nc = non communiqué

8.4 Annexe 4

Tableau 4A Identification des tâches, des partenaires impliqués, du budget prévisionnel et de l'aide demandée pour la réalisation du Projet 1.

Groupe de Tâches	Descriptif	Partenaires impliqués	Homme x Mois par Partenaire	Responsable scientifique pour chaque partenaire	Budget prévisionnel par GT (k€)	Aide demandée (k€)
GT 1	Caractérisation multi-échelle des matrices et propriétés d'usage en particulier mécaniques et organoleptiques					
Tâche 1.1	Évaluation de liens structure – texture	BIA ONIRIS/GEPEA	18 en thèse 10 en HM Permanents	Non arbitré	1- Frais de fonctionnement 28 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 70 -Thèse, post-doc, CDD, ...: 45 (1/2 thèse)	1- Frais de fonctionnement 28 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ...: 45
Tâche 1.2	Évaluation de l'effet de la mastication sur la déstructuration et les perceptions sensorielles	ONIRIS-GEPEA ESA	18 en thèse 10 en HM Permanents		1- Frais de fonctionnement 18 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 70 -Thèse, post-doc, CDD, ...: 45 (1/2 thèse)	1- Frais de fonctionnement 18 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 45

Programme de recherche inter-régional PANGO

GT 2		Pilotage de l'élaboration des structures par le procédé				
Tâche 2.1	Développement de stratégies innovantes pour le développement et la conservation de structures alvéolaires/cellulaires	BIA ONIRIS/GEPEA	18 en thèse 10 en HM Permanents	Non arbitré	1- Frais de fonctionnement 28 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 70 -Thèse, post-doc, CDD, ...: 45 (1/2 thèse)	1- Frais de fonctionnement 28 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ...: 45
Tâche 2.2	Développement de techniques de mesure des structures en dynamique	CEMAGREF ONIRIS-GEPEA BIA	18 en thèse 10 en HM Permanents		1- Frais de fonctionnement 18 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 70 -Thèse, post-doc, CDD, ...: 45 (1/2 thèse)	1- Frais de fonctionnement 18 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ...: 45
GT 3		Dynamique de l'eau dans les matrices en cours de transformation				
Tâche 3.1	Détermination de l'effet de la mobilité et de la disponibilité de l'eau sur la structure et les propriétés finales du produit élaboré	BIA-ONIRIS/GEPEA	18 en thèse 10 en HM Permanents	Non arbitré	1- Frais de fonctionnement 36 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 150 -Thèse, post-doc, CDD, ...: 90 (1 thèse)	1- Frais de fonctionnement 36 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ...: 90

Tableau 4B Calendrier prévisionnel du Projet 1.

Mois GT	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36
GT 1						
Tâche 1.1						
Tâche 1.2						
GT 2						
Tâche 2.1						
Tâche 2.2						
GT 3						
Tâche 3.1						
Réunions d'avancement	😊	😊	😊	😊	😊	😊

8.5 Annexe 5

Tableau 5A Identification des tâches, des partenaires impliqués, du budget prévisionnel et de l'aide demandée pour la réalisation du Projet 2.

Groupe de sous-projets	Descriptif	Partenaires impliqués	Homme x Mois par Partenaire	Responsable scientifique pour chaque partenaire	Budget prévisionnel par GT (k€)	Aide demandée (k€)
SP 1	Structuration multi-échelle pour des caractéristiques techno-fonctionnelles ciblées					
SP 1.1	Fractionnement / extraction de protéines et lipides (ou complexes protéiques et lipidiques)	INRA (ISD) Nantes	21.6	Marc ANTON Alain RIAUBLANC	1- Frais de fonctionnement: 40	1- Frais de fonctionnement: 40
SP 1.2	Élaboration de complexes submicroniques via des procédés thermo-mécaniques	ONIRIS (GEPEA) Nantes	10.8	Catherine LOISEL	2- Frais d'équipement: 0	2- Frais d'équipement: 0
SP 1.3	Caractérisation des complexes formés et évaluation de leurs propriétés techno-fonctionnelles en système modèle				3- Moyens humains Personnel permanent: 181	3- Moyens humains Personnel permanent: -
SP 1.4	Mise en œuvre de certains des complexes formés dans des produits alimentaires transformés (formulation / procédé)				90 (1 thèse)	90 (1 thèse)

Programme de recherche inter-régional PANGO

SP 2		Assemblages nano- et micrométriques à visée nutritionnelle (encapsulation)				
SP 2.1	Fractionnement / extraction / purification et caractérisation des phospholipides et protéines destinées à former des capsules	INRA-AGROCAMPUS OUEST (ISF) Rennes	10.8	Saïd BOUHALLAB	1- Frais de fonctionnement: 40	1- Frais de fonctionnement: 40
SP 2.2	Évaluation de technologies pour la formation des capsules; étude des mécanismes d'assemblage des biomolécules	INSERM U646 Angers	10.8	Jean-Luc COURTHAUDON	2- Frais d'équipement: 0	2- Frais d'équipement: 0
SP 2.3	Caractérisation des capsules formées pour la protection et la libération contrôlée de composés d'intérêt nutritionnel				3- Moyens humains Personnel permanent: 131 90 (1 thèse)	3- Moyens humains Personnel permanent: - 90 (1 thèse)
SP 3		Bioactivités et applications matériaux				
SP 3.1	Fractionnement / extraction / purification de biomolécules à activité biologique (focus sur les activités antimicrobiennes)	INRA-AGROCAMPUS OUEST (BN) Rennes	14.4	Françoise NAU	1- Frais de fonctionnement: 40	1- Frais de fonctionnement: 40
SP 3.2	Évaluation <i>in vitro</i> des propriétés biologiques des fractions obtenues	IFREMER (STAM) Nantes	16	Régis BARON	2- Frais d'équipement: 0	2- Frais d'équipement: 0
SP 3.3	Mise en œuvre de certaines des fractions antimicrobiennes dans des bio-films végétaux (propriétés mécaniques et de conservation)	IUT Chimie Rennes	8	Jean-Luc AUDIC	3- Moyens humains Personnel permanent: 230 90 (1 thèse)	3- Moyens humains Personnel permanent: - 90 (1 thèse)

Programme de recherche inter-régional PANGO

Tableau 5B Calendrier prévisionnel du projet 2.

Mois	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36
SP						
SP 1						
SP 1.1						
SP 1.2						
SP 1.3						
SP 1.4						
SP 2						
SP 2.1						
SP 2.2						
SP 2.3						
SP 3						
SP 3.1						
SP 3.2						
SP 3.3						
Réunions d'avancement	☺	☺	☺	☺	☺	☺

8.6 Annexe 6

Tableau 6A Identification des tâches, des partenaires impliqués, du budget prévisionnel et de l'aide demandée pour la réalisation du Projet 3.

Groupe de Tâches	Descriptif	Partenaires impliqués	Homme x Mois par Partenaire	Responsable scientifique pour chaque partenaire	Budget prévisionnel par GT (k€)	Aide demandée (k€)
GT 1	Évaluation économique des modalités d'utilisation des antibiotiques pour un usage raisonné Coordination: Stéphane KREBS (UMR BIOEPAR)					
Tâche 1.1	Identification des déterminants socio-économiques de l'utilisation des antibiotiques en filières cunicole, porcine et avicole. Réalisation d'enquêtes auprès des acteurs.	ANSES Fougères ANSES Ploufragan INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes INRA-AGROCAMPUS OUEST (SMART) Rennes	Scientifique: 17 Technique: 2 Doctorant: 10	Claire Chauvin, Sophie LeBouquin Xavier Malher, P Dupraz	1- Frais de fonctionnement 30 3 (Master) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 59	1- Frais de fonctionnement 30 3 (Master) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -
Tâche 1.2	Élaboration du modèle d'évaluation coût/bénéfice de l'utilisation des antibiotiques.	INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes INRA-AGROCAMPUS OUEST (SMART) Rennes	Scientifique: 12 Doctorant: 13	Stéphane Krebs,	1- Frais de fonctionnement 10 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 83.8 -Thèse, post-doc, CDD, ... :	1- Frais de fonctionnement 10 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -

Programme de recherche inter-régional PANGO

					90 (1 thèse)	-Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse)
Tâche 1.3	Construction d'un modèle économique d'évaluation de stratégies d'utilisation raisonnée des antibiotiques à l'échelle de la filière.	INRA-AGROCAMPUS OUEST (SMART) Rennes INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes	Scientifique: 12 Technique: 1 Doctorant: 13	<u>Pierre Dupraz</u> <u>Stéphane Krebs</u>	1- Frais de fonctionnement 18 3 (Master) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 73.6	1- Frais de fonctionnement 18 3 (Master) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -

GT 2	Stratégies d'éviction ciblée et réduction globale à l'échelle de filières					
	Coordination: Claire CHAUVIN (ANSES Ploufragan)					
Tâche 2.1	Expérimentation de l'éviction ciblée de molécules antibiotiques - moratoire sur l'usage des céphalosporines de 3 ^{ème} et 4 ^{ème} génération en production porcine : suivi de la mise en œuvre, identification des difficultés rencontrées et mesure de l'impact sur la résistance bactérienne	ANSES Ploufragan ANSES Fougères-ANMV INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes	Scientifique: 25 Technique: 20	<u>Claire Chauvin</u> /Eric Jouy Pascal Sanders/Anne Chevance	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 178 -Thèse, post-doc, <u>CDD</u> , ... : 45 (technicien 12 mois)	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, <u>CDD</u> , ... : 45 (technicien 12 mois)
Tâche 2.2	Étude de stratégies de réduction globale des usages antibiotiques : Recherche des cibles et leviers d'action pouvant	ANSES Ploufragan INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes	Scientifique: 15 Technique: 1	<u>Claire Chauvin</u> / Sophie LeBouquin	1- Frais de fonctionnement 18 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains	1- Frais de fonctionnement 18 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains

Programme de recherche inter-régional PANGO

	être mis en jeu – détermination des opportunités et difficultés identifiées par les acteurs de la filière porcine Identification et évaluation des efforts de réduction quantitative des usages – illustration en production cunicole				Personnel permanent: 70	Personnel permanent: -
--	--	--	--	--	----------------------------	------------------------

GT 3 Stratégies de réduction spécifiques en maîtrise de maladies majeures/circonstances majeures d'utilisation systématisée chez les bovins Coordination : Nathalie BAREILLE (UMR BIOEPAR)						
Tâche 3.1	Évaluation d'indicateurs biologiques pour le pilote de stratégies pour des approches de gestion sélective individuelle et en lot.	INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes	Scientifique 23 Doctorant 62 Technique 14	N. Bareille	1- Frais de fonctionnement 110 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 256 -Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse)	1- Frais de fonctionnement 50 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse)
Tâche 3.2	Évaluation ex-ante de stratégies (modélisation)	INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes INRA-AGROCAMPUS OUEST (PL) Rennes	Scientifique 17 Doctorant 10 Ingénieur 6	H. Seegers L. Delaby	1- Frais de fonctionnement 17 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 141 -Thèse, post-doc, <u>CDD</u> , ... : 26	1- Frais de fonctionnement 13 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : -

Tableau 6B Calendrier prévisionnel du Projet 3.

GT	Mois	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36
GT 1							
Tâche 1.1							
Tâche 1.2							
Tâche 1.3							
GT 2							
Tâche 2.1							
Tâche 2.2							
GT 3							
Tâche 3.1							
Tâche 3.2							
Réunions d'avancement		😊	😊	😊	😊	😊	😊

8.7 Annexe 7

Tableau 7A Identification des tâches, des partenaires impliqués, du budget prévisionnel et de l'aide demandée pour la réalisation du Projet 4.

Groupe de Tâches	Descriptif	Partenaires impliqués	Homme x Mois par Partenaire	Responsable scientifique pour chaque partenaire	Budget prévisionnel par GT (k€)	Aide demandée (k€)
GT 1	Maîtrise des salmonelles en filière viande porcine Coordinateur: C. Belloc (UMR BioEpar ONIRIS-INRA)					
Tâche 1.1	Production de connaissances quantitatives pour le paramétrage et la validation de modèles épidémiologiques de transmission des salmonelles : Infection expérimentale de porcs EOPS Suivi de cohortes d'animaux de l'élevage à l'abattoir (description quantitative de l'excrétion et de la contamination de l'environnement, typage des souches)	ANSES Ploufragan INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes	M Denis : 12 Doctorant : 36 C Belloc : 9	Martine Denis	1- Frais de fonctionnement 90 3 (Master) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 105.8 -Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse)	1- Frais de fonctionnement 90 3 (Master) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse)
Tâche 1.2	Collecte/production de données économiques appropriées: enquêtes auprès des acteurs	INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes	S Krebs : 4 C Belloc : 2	Stéphane Krebs	1- Frais de fonctionnement 15 3 (Master)	1- Frais de fonctionnement 15 3 (Master)

Programme de recherche inter-régional PANGO

					2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 29.5	2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -
Tâche 1.3	Élaboration et couplage de modèles épidémiologique et économique pour l'optimisation de stratégies de maîtrise	INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes	S Krebs: 3 C Belloc: 2	Stéphane Krebs	1- Frais de fonctionnement 10 3 (Master) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 24.6	1- Frais de fonctionnement 10 3 (Master) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -
Tâche 1.4	Étude des stratégies par simulation et à dire d'acteurs	INRA-ONIRIS (BIOEPAR) Nantes	S Krebs: 2 C Belloc: 1	Stéphane Krebs	1- Frais de fonctionnement 12 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 14.7	1- Frais de fonctionnement 12 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -

Programme de recherche inter-régional PANGO

GT 2		Maîtrise des <i>Campylobacter</i> en filière volaille				
		Coordinateur : G. Salvat ou M. Chemaly (ANSES)				
Tâche 2.1	Production de connaissances génériques sur la capacité ciblée de réponse du modèle <i>Campylobacter</i> au stress oxydant de la chaîne alimentaire	CNRS- Université de Rennes 1 (UMR 6026)	6 + 6	G. Ermel	1- Frais de fonctionnement 22.5 3- Moyens humains: 22.5 (post-doc) 49.976 (PR2)	1- Frais de fonctionnement 22.5 3- Moyens humains: 22.5 (post-doc)
		INRA-ONIRIS (SECALIM) Nantes	6 + 6	<u>O. Tresse</u>	1- Frais de fonctionnement 22.5 3- Moyens humains: 22.5 (post-doc) 40.86 (CR1)	1- Frais de fonctionnement 22.5 3- Moyens humains: 22.5 (post-doc)
Tâche 2.2	Production de données quantitatives de contamination et de transfert au décours de la chaîne alimentaire (production, transformation, consommation)	ANSES Ploufragan	28	<u>M. Chemaly</u> A. Huneau	1- Frais de fonctionnement 25 3 (Master 2) 3- Moyens humains: 12 CR1 24 Ingénieur 27 Technicien 22 technicien CDD	1- Frais de fonctionnement 25 3 (Master 2) 3- Moyens humains: 22 (technicien CDD)
Tâche 2.3	Acquisition de données et modélisation au stade de la cuisson	UBO (LUBEM) Brest	4	I. Leguériel	1- Frais de fonctionnement 27 3 (Master 2) 3- Moyens humains: 33.317 (PR2)	1- Frais de fonctionnement 27 3 (Master 2)
Tâche 2.4	Appréciation quantitative de l'effet de l'environnement alimentaire et des pratiques culinaires sur la survie de <i>Campylobacter</i> dans la filière volaille	INRA-ONIRIS (SECALIM) Nantes	4	<u>J.-M. Membré</u>	1- Frais de fonctionnement 27 3 (Master 2) 3- Moyens humains: 24.369 (IR2) 6 (CR1)	1- Frais de fonctionnement 27 3 (Master 2)
		ANSES Ploufragan	1	M. Chemaly		

Tableau 7B Calendrier prévisionnel du Projet 4.

Mois GT	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36
GT 1						
Tâche 1.1						
Tâche 1.2						
Tâche 1.3						
Tâche 1.4						
Réunions d'avancement	☺	☺	☺	☺	☺	☺
GT 2						
Tâche 2.1						
Tâche 2.2						
Tâche 2.3						
Tâche 2.4						
Réunions d'avancement	☺	☺	☺	☺	☺	☺

8.8 Annexe 8

Tableau 8A Identification des tâches, des partenaires impliqués, du budget prévisionnel et de l'aide demandée pour la réalisation du Projet 5.

Groupe de Tâches	Descriptif	Partenaires impliqués	Homme x Mois par Partenaire	Responsable scientifique pour chaque partenaire	Budget prévisionnel par GT (k€)	Aide demandée (k€)
GT 1	Sécurité et qualité des aliments					
Tâche 1.1	Mise en évidence et identification de nouveaux biomarqueurs d'exposition consécutifs à l'administration de substances interdites (colorants) ou encore d'antibiotiques (macrolides) chez l'animal de production, ouvrant la voie à de nouveaux système de contrôle des denrées et ce pour plusieurs filières (notamment aquacole et avicole).	ANSES Fougères ONIRIS (LABERCA) ONIRIS (Unité3) Sensométrie Chimiométrie	18 6 3	<u>Pascal Sanders</u> Jean-Philippe Antignac Evelyne Vigneau / El Mostafa Qannari	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -Thèse, post-doc, CDD, ... : 40	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, <u>CDD</u> , ... : 40
Tâche 1.2	Étude et caractérisation des relations entre la présence de polluants chimiques perturbateurs endocriniens dans le lait (maternel ou de substitution) et des situations de dérégulation	UMR PHAN / CRNH ONIRIS (LABERCA) ONIRIS (Unité3) Sensométrie Chimiométrie	18 9 3	<u>Clair-Yves Boquien</u> Jean-Philippe Antignac Evelyne Vigneau / El Mostafa Qannari	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent:	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -

Programme de recherche inter-régional PANGO

	hormonale / métabolique chez le nouveau-né.				-Thèse, post-doc, <u>CDD</u> , ... : 40	-Thèse, post-doc, <u>CDD</u> , ... : 40
Tâche 1.3	Mise en évidence et identification des principaux composés chimiques néoformés générés par des procédés industriels pouvant représenter un danger au plan toxicologique pour différentes filières (lait, produits de boulangerie...)	INRA-AGROCAMPUS OUEST (STLO) Rennes ONIRIS (GEPEA) Nantes ONIRIS (LABERCA) ONIRIS (Unité) Sensométrie Chimiométrie	18 18 9 3	<u>Sylvie Lortal</u> Alain Le Bail Jean-Philippe Antignac Evelyne Vigneau / El Mostafa Qannari	1- Frais de fonctionnement 40 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -Thèse, post-doc, <u>CDD</u> , ... : 50	1- Frais de fonctionnement 40 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, <u>CDD</u> , ... : 50
Tâche 1.4	Identification de déterminants chimiques impliqués dans certaines caractéristiques organoleptiques et/ou toxiques de denrées d'origine animale (produits de la mer)	IFREMER de Nantes, lab. EMP/PHYC UBO de Brest, laboratoire IUEM / LEMAR ONIRIS (LABERCA) ONIRIS (Unité) Sensométrie Chimiométrie	18 9 9 3	Philipp Hess / Patrick Lassus / Zouher Amzil Jean-Philippe Antignac Evelyne Vigneau / El Mostafa Qannari	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -Thèse, post-doc, CDD, ... : 40	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 40
Tâche 1.5	Détermination de l'impact des lipides apportés par l'alimentation sur la réponse aux agents chimiques, et recherche de biomarqueurs d'effets pour une évaluation de la toxicité d'agents chimiques associés ou non à des lipides.	Unité SeRAIC, Rennes ONIRIS (LABERCA)	18 3	<u>Dominique Lagadic-Gossmann</u> Jean-Philippe Antignac	1- Frais de fonctionnement 20 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -Thèse, post-doc, <u>CDD</u> , ... : 30	1- Frais de fonctionnement 20 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, <u>CDD</u> , ... : 30

Tableau 8B Calendrier prévisionnel du Projet 5.

Mois	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36
GT						
GT 1						
Tâche 1.1						
Tâche 1.2						
Tâche 1.3						
Tâche 1.4						
Tâche 1.5						
Réunions d'avancement	😊	😊	😊	😊	😊	😊

8.9 Annexe 9

Tableau 9A Identification des tâches, des partenaires impliqués, du budget prévisionnel et de l'aide demandée pour la réalisation du Projet 6.

Groupe de Tâches	Descriptif	Partenaires impliqués	Homme x Mois par Partenaire	Responsable scientifique pour chaque partenaire	Budget prévisionnel par GT (k€)	Aide demandée (k€)
GT 1	Traitements thermiques des préparations pour nourrissons – risques et bénéfices?					
Tâche 1.1	Évaluation des composés toxiques générés pendant les traitements thermiques appliqués aux préparations pour nourrissons	BIA (INRA, Nantes) Agro ParisTech (Paris) Spectralys Innovation	4 6 3	J.C. Gaudin ?? I. Birlouez-Aragon	1- Frais de fonctionnement 25 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 216	1- Frais de fonctionnement 5 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -
Tâche 1.2	Impact des traitements thermiques appliqués aux préparations pour nourrissons sur l'allergénicité des protéines laitières	BIA (INRA Nantes) UMR STLO(Rennes)	10 6	M. Bodinier/C. Brossard D. Dupont	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 96	1- Frais de fonctionnement 15 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -
Tâche 1.3	Impact des traitements thermiques appliqués aux préparations pour nourrissons et les laits maternels sur la biodisponibilité des	UMR SENA (Rennes) UMR PhAN (Nantes) UMR STLO (Rennes)	8 9 6	I. Luron/G. Baudry C. Michel D. Dupont	1- Frais de fonctionnement 110 2- Frais d'équipement 0	1- Frais de fonctionnement 55 2- Frais d'équipement 0

Programme de recherche inter-régional PANGO

	nutriments et la fonction barrière de l'intestin du nouveau-né	Lactarium CHU de Nantes (Nantes)	de 3	C. Boscher	3- Moyens humains Personnel permanent: 162.5 -Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse) (le doctorant travaillera en collaboration entre Rennes et Nantes) 32 (CDD 12 mois)	3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse) 32 (CDD 12 mois)
GT 2	Présence de composés toxiques dans le lait maternel – impact de l'alimentation et de l'environnement de la mère					
Tâche 2.1	Collecte de laits maternels et recueil de données cliniques et environnementales sur la mère et son enfant	Lactarium CHU de Nantes (Nantes) UMR PhAN (Nantes) Serv. Néonatalogie CHU Nantes ONIRIS, Nantes	3 3 1 1	C. Boscher <u>H. Billard</u> J.C. Rozé J.P. Antignac	1- Frais de fonctionnement 5 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 48 -Thèse, post-doc, CDD, ... : 16 (CDD 6 mois)	1- Frais de fonctionnement 2 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 16 (CDD 6 mois)
Tâche 2.2	Analyse des composés toxiques présents dans le lait maternel	ONIRIS, Nantes	9	<u>J.P. Antignac</u>	1- Frais de fonctionnement 20 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 63.75 -Thèse, post-doc, CDD, ... : 16 (CDD 6 mois)	1- Frais de fonctionnement 10 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 16 (CDD 6 mois)
Tâche 2.3	Croisement des données analytiques obtenues sur les laits maternels et des données biologiques et	UMR PhAN (Nantes) ONIRIS (Nantes) Lactarium CHU Nantes	4	<u>T. Moyon</u> J.P. Antignac C. Boscher	1- Frais de fonctionnement 10 2- Frais d'équipement	1- Frais de fonctionnement 5 2- Frais d'équipement

Programme de recherche inter-régional PANGO

	environnementales	Serv. Néonatalogie, CHU Nantes		J.C. Rozé	0 3- Moyens humains Personnel permanent: 21.7 -Thèse, post-doc, CDD, ... : 16 (CDD 6 mois)	0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 16 (CDD 6 mois)
GT 3	Apports en oligosaccharides dans le lait maternel et les préparations pour nourrissons et développement de différentes fonctions chez le fœtus et le nouveau-né					
Tâche 3.1	Oligosaccharides et régulation de la perméabilité intestinale chez 2 modèles animaux (rat, porcelet)	UMR SENAH (Rennes) U913 INSERM (Nantes) UMR PhAN (Nantes)	15 9 9	G. Boudry M. Neunlist M. Champ	1- Frais de fonctionnement 150 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 220 -Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse) (le doctorant travaillera sur les 3 tâches 3.1 à 3.3 en collaboration entre Rennes et Nantes)	1- Frais de fonctionnement 75 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse) (le doctorant travaillera sur les 3 tâches 3.1 à 3.3 en collaboration entre Rennes et Nantes)
Tâche 3.2	Oligosaccharides et développement de la fonction pancréatique endocrine chez le porcelet	UMR SENAH (Rennes)	9	S. Blat	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 48.75	1- Frais de fonctionnement 15 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -
Tâche 3.3	Étude d'intervention chez le nouveau-né humain recevant des préparations pour nourrissons supplémentées en	Serv. Néonatalogie, CHU de Nantes U913 INSERM (Nantes) UMR PhAN (Nantes)	15 4 4	J.C. Rozé M. Neunlist M. Champ	1- Frais de fonctionnement 150 2- Frais d'équipement 0	1- Frais de fonctionnement 75 2- Frais d'équipement 0

Programme de recherche inter-régional PANGO

	oligosaccharides				3- Moyens humains Personnel permanent: 143.75 -Thèse, post-doc, CDD, ... : 32 (CDD 12 mois)	3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 32 (CDD 12 mois)
GT 4	Apports en acides aminés pendant la période périnatale et évolution du métabolisme énergétique à long terme					
Tâche 4.1	Évaluation de l'impact d'un apport en acides aminés en phase néonatale chez des rats nés de mères carencées en protéines sur le métabolisme énergétique à court et à long terme	UMR PhAN (Nantes) UMR SENAH (Rennes)	24 24	<u>D. Darmaun</u> I. Luron	1- Frais de fonctionnement 75 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 265 -Thèse, post-doc, CDD, ... : 70 (Post-doc 2 ans) 32.5 (CDD 16 mois à mi-temps)	1- Frais de fonctionnement 32.5 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 70 (Post-doc 2 ans) 32.5 (CDD 16 mois à mi-temps)
GT 5	Propositions d'innovations en terme d'alimentation périnatale					
Tâche 5.1	Brain storming sur la base des résultats obtenus dans le projet et les innovations dans le domaine de la nutrition périnatale => proposition de 3 pistes d'innovation	Laiterie de Montaigu UMR STLO (Rennes) UMR PhAN (Nantes) UMR SENAH (Rennes) + partenaire(s) à l'origine de l'innovation si différent des 4 partenaires précités	1	E. Blanchard <u>J. Léonil</u> C.Y. Boquien, M. Champ I. Luron ?	1- Frais de fonctionnement 0.5 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 4	1- Frais de fonctionnement 0.25 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -
Tâche 5.2	Conception d'un produit innovant à l'échelle du laboratoire	Laiterie de Montaigu UMR STLO (Rennes) + partenaire(s) à l'origine de l'innovation si différent des 4 partenaires précités	2,5	E. Blanchard <u>J. Léonil</u> ?	1- Frais de fonctionnement 5 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent:	1- Frais de fonctionnement 1.25 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -

Programme de recherche inter-régional PANGO

					18	
Tâche 5.3	Réalisation d'un produit innovant à l'échelle du pilote industriel	Laiterie de Montaigu UMR STLO (Rennes + partenaire(s) à l'origine de l'innovation si différent des 4 partenaires précités	2,5	<u>E. Blanchard</u> J. Léonil ?	1- Frais de fonctionnement 5 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 18	1- Frais de fonctionnement 1 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -

Tableau 9B Calendrier prévisionnel du Projet 6.

GT	Mois	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36
GT 1							
Tâche 1.1							
Tâche 1.2							
Tâche 1.3							
GT 2							
Tâche 2.1							
Tâche 2.2							
Tâche 2.3							
GT 3							
Tâche 3.1							
Tâche 3.2							
Tâche 3.3							
GT 4							
Tâche 4.1							
GT 5							
Tâche 5.1							
Tâche 5.2							

Programme de recherche inter-régional PANGO

Réunions d'avancement (il y aura par ailleurs des réunions semestrielles par GT)	😊	X😊	😊	X😊	😊	X😊

8.10 Annexe 10

Tableau 10A Identification des tâches, des partenaires impliqués, du budget prévisionnel et de l'aide demandée pour la réalisation du Projet 7.

Groupe de Tâches	Descriptif	Partenaires impliqués	Homme x Mois par Partenaire	Responsable scientifique pour chaque partenaire	Budget prévisionnel par GT (k€)	Aide demandée (k€)
GT 1	Élaboration d'une stratégie commune d'exploration chez l'homme du métabolisme en période post-prandiale					
Tâche 1.1	Bibliographie exhaustive de la littérature sur l'exploration du métabolisme post-prandial chez l'homme	U915 UMR PhAN U Angers CHU Rennes	0.5 2 0.5 0.5	Prof. M. Krempf M. Champ Dr P.H. Ducluzeau Prof. Bonnet	1- Frais de fonctionnement 0.5 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 28 -Thèse, post-doc, CDD, ... : -	1- Frais de fonctionnement 0 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : -
Tâche 1.2	Élaboration d'un protocole d'investigation du métabolisme post-prandial chez l'homme – soumission au CCPRB	U915 UMR PhAN U Angers CHU Rennes	1 HM 0.3 HM 0.3 HM 0.3 HM	Prof. M. Krempf M. Champ Dr P.H. Ducluzeau Prof Bonnet	1- Frais de fonctionnement 2 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 228	Frais de fonctionnement 1.5 2- Frais d'équipement 0 Moyens humains Personnel permanent : -
Tâche 1.3	Essai d'application du protocole sur une population sélectionnée comme étant à risque cardiovasculaire	U 915	3 HM	Prof. M. Krempf	1- Frais de fonctionnement 150 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains	1- Frais de fonctionnement 66.65 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains

Programme de recherche inter-régional PANGO

					Personnel permanent: 25 CDD, vacations médicales: 8.35	Personnel permanent: - CDD, vacations médicales: 8.35
Tâche 1.4	Essai multicentrique d'application du protocole sur une population sélectionnée comme étant à risque cardiovasculaire	U 915 U Angers CHU Rennes	3 HM 3 HM 3 HM	Prof. M. Krempf Dr P.H. Ducluzeau Prof Bonnet	1- Frais de fonctionnement 350 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 90 CDD, vacations médicales: 16.7	1- Frais de fonctionnement 158.3 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - CDD, vacations médicales: 16.7
GT 2	Impact des sources de lipides d'origine marine sur le métabolisme post-prandial et leurs propriétés antioxydantes					
Tâche 2.1	Évaluation chez l'homme du métabolisme postprandial d'un repas riche en lipides d'origine marine (algues/éponges)	Centre de Lutte Contre le Cancer (CLCC) Nantes atlantique U915, Nantes EA 2160 « Mer Molécules Santé », Le Mans et Nantes U915, Nantes	12	Prof. JM Bard Prof. M. Krempf G Barnathan M. Krempf	1- Frais de fonctionnement 150 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 120 CDD, vacations médicales: 16.7	1- Frais de fonctionnement 58.3 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - CDD, vacations médicales: 16.7
Tâche 2.2	Évaluation, chez le hamster, du pouvoir anti-oxydant de sources de lipides d'origine marine (algues/éponges)	U915, Nantes Centre de Lutte Contre le Cancer (CLCC) Nantes EA 2160 « Mer Molécules Santé », Le Mans & Nantes	18	Prof. K. Ouguerram Prof. JM Bard G Barnathan	1- Frais de fonctionnement 30 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 150 90 (1 thèse)	1- Frais de fonctionnement 15 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - 90 (1 thèse)

Tableau 10B Calendrier prévisionnel du Projet 7.

Mois	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36
GT						
GT 1						
Tâche 1.1						
Tâche 1.2						
Tâche 1.3						
Tâche 1.4						
GT 2						
Tâche 2.1						
Tâche 2.2						
Réunions d'avancement	😊	✖😊	😊	✖😊	😊	✖😊

8.11 Annexe 11

Tableau 11A Identification des tâches, des partenaires impliqués, du budget prévisionnel et de l'aide demandée pour la réalisation du Projet 8.

Groupe de Tâches	Descriptif	Partenaires impliqués	Homme x Mois par Partenaire	Responsable scientifique pour chaque partenaire	Budget prévisionnel par GT (k€)	Aide demandée (k€)
GT 1	Perception de la proximité par le consommateur					
Tâche 1.1	Rôle de l'appropriation et de l'authenticité perçues par le consommateur dans les proximités produit et circuits de distribution.	ONIRIS (LARGEZIA)	SC: 4 Doctorant: 36 Master: 12	<u>Jean-Marc Ferrandi</u> Yvan Dufeu Carole Le Rendu	1- Frais de fonctionnement 20 6 (2 Masters) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 28 -Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse)	1- Frais de fonctionnement 20 6 (2 Masters) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ... : 90 (1 thèse)

Programme de recherche inter-régional PANGO

GT 2	Organisation et efficacité des filières					
Tâche 2.1	Compréhension des mécanismes de collaboration dans des actions de mutualisation logistique pour les PME agroalimentaires. Enquêtes, proposition de modèles, évaluation et comparaison.	ONIRIS (LARGEZIA) Univ Nantes (LEMNA)	Sc: 3 Sc: 3 CDD: 12 Doctorant: 36 Master: 12	<u>Vincent Hovelaque</u> Yvan Dufeu <u>Bruno Durand</u>	1- Frais de fonctionnement 20 6 (2 Masters) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 42 -Thèse, post-doc, CDD, ...: 90 (1 thèse) 36 (1 CDD)	1- Frais de fonctionnement 20 6 (2 Masters) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: - -Thèse, post-doc, CDD, ...: 90 (1 thèse) 36 (1 CDD)
Tâche 2.2	Étude de la relation entre stratégie qualité et performance des entreprises. Enquêtes et exploitation de données, proposition de modèles.	ONIRIS (LARGEZIA) INRA (LERECO)	Sc: 2 Sc: 2 Master: 12	<u>Samira Rousselière</u> Pascal Barrillot Karine Latouche	1- Frais de fonctionnement 10 6 (2 Masters) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 28	1- Frais de fonctionnement 10 6 (2 Masters) 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -

Programme de recherche inter-régional PANGO

GT 3	Illustrations					
Tâche 3.1	Conférence à visée professionnelle sur le thème du rôle de la proximité dans les filières durables.	ONIRIS (LARGEZIA)	Sc: 1 Adm: 0.5	<u>Vincent Hovelague</u>	1- Frais de fonctionnement 6 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: 7 0.5 mois admin ?	1- Frais de fonctionnement 6 2- Frais d'équipement 0 3- Moyens humains Personnel permanent: -

Tableau 11B Calendrier prévisionnel du Projet 8.

Mois	1 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36
GT						
GT 1						
Tâche 1.1						
GT 2						
Tâche 2.1						
Tâche 2.2						
GT 3						
Tâche 3.1						
Réunions d'avancement	☺	☺	☺	☺	☺	☺