

# **Journée des forces vives de QuaPA**

**16 Septembre 2021**



## Remerciements

Nous souhaitons remercier Véronique Santé-Lhoutellier et Pierre-Sylvain Mirade pour nous avoir accordé leur confiance lors de l'organisation et de la préparation de cette journée dédiée aux « forces vives » de l'unité QuaPA.

Merci également à Corinne Chazeix, Françoise Neyrial et Françoise Lassalas pour leur aide dans la logistique ainsi qu'à Laetitia Théron et Guilhem Pagès pour leurs conseils.

Enfin notre gratitude va envers tous les participants de cette journée, que ce soit les forces vives présentant leurs travaux ou les forces vives déjà bien établies à INRAE.

Merci à tous ! 😊





Roxane AUTISSIER

## Développement en imagerie multimodale pour l'amélioration de la prise en charge des patients en oncologie

### Mission et objectifs

Actuellement, aucune méthode d'imagerie médicale ne permet d'effectuer un diagnostic différentiel du chondrosarcome, tumeur maligne du cartilage. Il faut avoir recours à une biopsie mais cette dernière reste invasive pour le patient et peut favoriser la transformation d'une tumeur bénigne en tumeur maligne. L'objectif principal de la thèse de Roxane est donc de développer et d'associer différents outils d'imagerie médicale permettant de caractériser et cartographier le microenvironnement tumoral anatomiquement mais également métaboliquement. Par exemple, le volume d'une tumeur n'est pas un critère de choix pour définir si celle-ci est maligne ou non. En effet, une tumeur bénigne peut avoir une croissance rapide donc un volume important. A contrario, une tumeur maligne peut être de taille modeste tout en restant particulièrement agressive. L'utilisation de la multimodalité en imagerie permet à la fois de poser un diagnostic différentiel précoce, de suivre l'évolution d'une tumeur au cours du temps mais également de distinguer rapidement si une tumeur répond ou non à un traitement. Toutes ces informations permettraient par la suite de stratifier les patients et donc d'améliorer leur prise en charge.

Ainsi, pour atteindre cet objectif de thèse, elle a d'ores et déjà (1) développé des modèles animaux représentant différents types de chondrosarcomes, (2) mis au point une nouvelle méthode d'IRM (l'IRM CEST) *in vitro* puis *in vivo*, (3) validé l'IRM CEST face à des imageries médicales de référence, (4) caractérisé 3 modèles murins (H-EMC-SS, JJ012 et SWARM) mis au point à l'aide d'imagerie nucléaire, d'IRM CEST et d'analyses *ex vivo* (dosages biochimiques, immunohistochimie et immunofluorescence), (5) suivi le modèle SWARM au cours du temps grâce à l'imagerie multimodale, (6) suivi le modèle SWARM au cours du temps grâce à l'imagerie multimodale, avec un traitement de référence, l'Aclasta® et (7) suivi le modèle SWARM au cours du temps grâce à l'imagerie multimodale, avec un traitement innovant, l'Evofofosamide. A présent, il lui reste à réaliser des manipulations *ex vivo*, de l'analyse d'images, du traitement de données, la mise en forme des résultats, la valorisation et la rédaction de son manuscrit de thèse.

#### Projets

Chondro-CEST (2018 / 2020)  
Chondro-Hypoxie-3DCEST  
2020 / 2022)

#### Financement du projet

Ligue contre le cancer

#### Mots-clés

- Imagerie médicale
- IRM
- Cancer
- Imagerie Nucléaire



Unité QuaPA

Centre Auvergne- Rhône-Alpes



Journée des forces vives



Shannan BLYSTONE

## Développement d'un capteur RMN mobile pour caractériser localement et *in situ* les quantités et les flux d'eau dans les agroécosystèmes forestiers

### Mission et objectifs

Dans un contexte de réchauffement climatique, la compréhension des mécanismes de transport de l'eau et des composés carbonés dans les plantes est indispensable pour s'assurer que ces écosystèmes puissent continuer à jouer leur rôle de puits de carbone. Malheureusement, un capteur permettant d'effectuer de telles mesures de manière localisée et *in situ* n'existe pas.

L'objectif principal est d'évaluer le potentiel du NMR-MOUSE (RMN portable à bas champ magnétique) à mesurer les flux et la quantité d'eau dans les parties aériennes des arbres. Pour cela, il conviendra de vérifier la sensibilité des mesures des flux de xylème et de phloème, d'estimer la capacité du NMR-MOUSE à quantifier la séquestration du carbone via la mesure du flux de phloème et de la concentration en sucre et de vérifier la possibilité de détection de la cavitation du xylème.

**Projet**  
OutlabMRI  
(2020 / 2023)

**Financement du projet**  
ANR

#### Mots-clés

- Plantes
- Arbre
- Nature
- Forêt
- Eau



Aline BONIFACIE

**Caractérisation de la formation des nitroso-composés (NOCs) lors de la fabrication et lors de la digestion des charcuteries. Identification de moyens de protection contre la formation de ces composés potentiellement mutagènes.**

## Mission et objectifs

Les nitrites sont actuellement utilisés dans les charcuteries, par les industriels de la filière, pour leurs propriétés organoleptiques et bactériostatiques. Cependant, des études ont montré leur potentielle activité mutagène. En effet, ils sont impliqués dans la formation de nitroso-composés (NOCs), connus comme étant cancérigènes.

Face à ce problème de santé publique, la thèse d'Aline vise à comprendre et caractériser la formation des NOCs pour identifier des moyens de protection contre ces composés. Il s'agit de réaliser une caractérisation biochimique des matrices modèles choisies (jambons et saucissons) avant et après digestion, pour connaître l'impact de plusieurs facteurs (taux de nitrites, conditions digestives, ...) sur le taux de NOCs et sur les mécanismes menant à leur formation. Après avoir mis en lumière ces mécanismes, le dernier objectif de la thèse sera de trouver des solutions applicables par les industriels, comme une nouvelle formulation des produits, pour réduire la quantité de NOCs formés.

### Projet

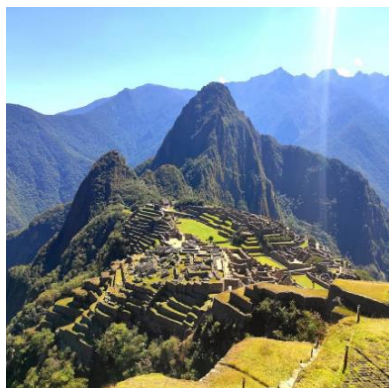
Adduits  
(2018 / 2023)

### Financement du projet

Consortium d'entreprises privées

### Mots-clés

- Charcuteries
- Nitrites
- Nitroso-composés
- Digestion



## Valorisation de l'os bovin

### Mission et objectifs

Le travail de Guillaume s'inscrit dans le cadre de la thématique de valorisation des sous-produits animaux portée par l'unité QuaPA et notamment sur l'extraction de molécules d'intérêt biologique et technique à partir d'os bovin. Ces molécules peuvent être utilisées en nombreuses applications telles que les biomatériaux, fibres textiles, cosmétique, ... Ces molécules pourraient apporter une contribution importante pour une bioéconomie nationale et internationale.

L'objectif est la montée en échelle du procédé d'extraction du collagène d'os bovin déjà mis au point à l'échelle de laboratoire à l'unité QuaPA. Plus concrètement, une montée du TRL 4 (validation en laboratoire) au TRL 5 (validation dans un environnement significatif) est envisagée (TRL : Technology Readiness Level, Niveau de Maturité Technologique).

Pour atteindre cet objectif, des études de fluidodynamique, cinétique et thermodynamique seront conduites sur l'installation pilote, afin de fixer les conditions opératoires permettant de maximiser le rendement et de préserver les fonctionnalités des molécules ciblées. L'influence du régime d'agitation sur l'extraction sera étudiée dans le but de diminuer le temps d'extraction et le volume de solvant (Acide acétique) nécessaire.

#### Projet

Valos  
(2021 / 2022)

#### Financement du projet

Programme CReA-VIANDE,  
I-SITE CLERMONT-FERRAND

#### Mots-clés

- Bioéconomie
- Extraction
- Expérimentation
- Génie des Procédés
- Collagène

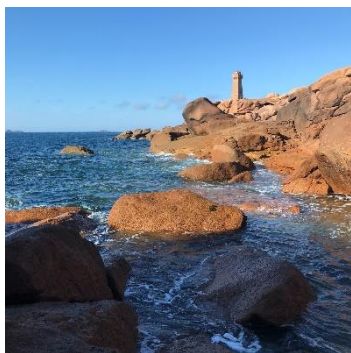


Unité QuaPA

Centre Auvergne- Rhône-Alpes



Journée des forces vives



Angéline DUVAL

## Analyses des qualités nutritionnelles des ingrédients protéiques et caractérisation nutritionnelle des meilleures recettes enrichies

### Mission et objectifs

Angéline travaille depuis 2 ans dans l'équipe BPM sur le projet AAginov, qui a pour but de développer des solutions innovantes et gourmandes pour lutter contre la dénutrition des seniors. Il y a différents partenaires qui interviennent au cours de ce projet : 5 industriels et 4 académiques dont INRAE avec l'équipe BPM. L'équipe BPM intervient ici dans la coordination de l'analyse des qualités nutritionnelles. Sa mission principale est de caractériser parfaitement les solutions protéiques au niveau nutritionnel (macro- et micronutriments, digestibilité des protéines, bioactivité, ...) afin de proposer les plus adaptées aux besoins et attentes des seniors mais aussi des cuisiniers en EHPAD pour les aspects relatifs à la formulation des repas. En effet, les seniors présentent des besoins spécifiques puisqu'ils sont fortement sujets à des risques de dénutrition et de carence. Ils nécessitent notamment un apport conséquent en protéines et en micro et macronutriments afin d'éviter la sarcopénie. Les solutions protéiques déjà présentes sur le marché ne répondent que partiellement aux besoins des seniors. En effet, celles-ci ne prennent pas en compte le plaisir de manger qui est pourtant essentiel afin d'atteindre le bénéfice santé recherché. C'est pourquoi le projet FUI AaginoV a vu le jour.

Le premier objectif du travail d'Angéline est d'alimenter la base de données sur 27 ingrédients protéiques de différentes origines (animales, végétales et laitières). Dans un deuxième temps ces extraits seront intégrés au sein de recettes qui seront elles aussi caractérisées au niveau nutritionnel. Pour parvenir à cela différentes études et analyses sont développées : Aminogramme, évaluation du taux de protéines, étude de la digestibilité des produits suite à une digestion *in vitro* statique et dynamique, recherche de nouvelles bioactivités *in vitro* (antioxydante et antidiabétique) ... Enfin le but de ce travail est également de valoriser des résultats par des posters mais aussi des articles.

#### Projet

AAginov  
(2018 / 2022)

#### Financement du projet

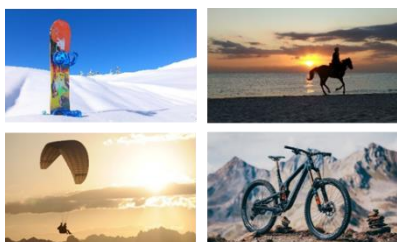
FUI (Fonds Unique Interministériel)

#### Mots-clés

- Nutrition
- Santé
- Senior
- Protéines



Nour EL SABBAGH



## Mise en place d'un protocole de spectroscopie (et/ou imagerie) permettant une quantification optimisée du sodium dans les matrices alimentaires salées

### Mission et objectifs

Quantifier le sodium dans les aliments salés est un enjeu majeur pour AgroResonance. Or, ce noyau possède un spin 3/2 entraînant des transitions multi-quanta (MQ) pouvant avoir des temps de relaxation courts. De ce fait, il est possible qu'une partie du sodium ait totalement relaxé (donc « invisible » d'un point de vue IRM) au début de l'enregistrement de l'image.

Le but de ce projet est de caractériser les cohérences double quanta (CDQ) dans les produits alimentaires. La caractérisation passe dans un premier temps par une caractérisation globale de l'échantillon par spectroscopie. Nous évaluerons ensuite la possibilité de caractériser l'échantillon par des approches d'imagerie.

Nour a commencé par démontrer l'existence des CDQ pour le  $^{23}\text{Na}$  dans diverses matrices alimentaires en spectroscopie et mesurer les différents temps de relaxation pour le saumon, le poulet, la carotte et la pâte salés. L'étape suivante consisterait à mettre en place une séquence d'imagerie rapide pour l'imagerie Double Quanta (DQ) afin de mieux caractériser la distribution des CDQ dans les matrices. Et enfin, comparer les méthodes IRM de quantification du sodium.

#### Projet

$^{23}\text{Na}$  dans les  
Produits alimentaires  
(01/2021 à 12/2021)

#### Financement du projet

UCA (Université Clermont Auvergne)

#### Mots-clés

- Méthodologie RMN
- Spectroscopie
- Cohérence Multi-Quanta
- Produits alimentaires
- Imagerie





Mélany GENOT

## Étude de la déstructuration du complexe amidon-gluten au cours de la mastication et de la digestion en exploitant la diversité génétique du blé et divers procédés de panification

### Mission et objectifs

La mission principale de Mélany est d'étudier la digestibilité *in vitro* du gluten présent dans les pains issus de variétés de blé et de procédés de panification différents, à l'échelle macrostructurale (caractérisation physique du bol alimentaire), microstructurale (imagerie) et moléculaire (analyses biochimiques). Le but est de déterminer s'il y a un effet de la variété de blé ou un effet du process sur la déstructuration du complexe amidon-gluten aux différentes étapes de la digestion oro-gastro-intestinale.

Pour cela, suite à la sélection de 4 variétés de blé différentes, les pains ont été réalisés par l'entreprise Cérélab, suivant 2 process de panification : le process levain et le process baguette BIPEA. Les pains ont ensuite été transformés en bol alimentaire grâce au masticateur artificiel (AM2). Pour finir, les bols alimentaires *in vitro* ont été digérés par le digesteur dynamique artificiel (DIDGI).

Les analyses suivantes ont été conduites sur les différentes étapes du processus (des farines aux digestats) :

- Étudier l'action de la mastication par des analyses granulométriques et rhéologiques des bols
- Suivre, au cours de la digestion oro-gastro-intestinale, la déstructuration du complexe amidon-gluten par protéolyse et hydrolyse de l'amidon, par des dosages biochimiques de sucres, thiols, protéines ainsi que des analyses RMN CEST.
- Étudier l'évolution de la structure des gliadines, gluténines et du gluten, au cours de la panification puis de la digestion oro-gastro intestinale, par des analyses FTIR.
- Étudier la digestion gastro-intestinale du gluten, et la libération des acides aminés, par un suivi cinétique du profil en acide aminés et une analyse peptidomique.

#### Projet

GlutN  
(2017 / 2022)

#### Financement du projet

ANR et auto-financement

#### Mots-clés

- Gluten
- Amidon
- Pain
- Digestion

I'm always  
perpetually  
out of my  
comfort zone.



Arnaud GERMOND

## Effets physico-chimiques et structuraux du salage sur différent temps post-mortem d'abatage de truite destinées à la consommation

### Mission et objectifs

Depuis son arrivée en Mai 2021, Arnaud intervient dans le projet Innosalt afin de soutenir Thierry Astruc qui l'a sollicité pour piloter l'un des axes majeurs de ce projet INRAE-Industriels. 3 groupes de chercheurs, entre 4 et 6 personnes par groupe, travaillent sur ce projet, chacune responsable d'un axe. Spécifiquement, l'équipe à laquelle Arnaud appartient conduit une série d'expérimentation sur 6 poissons pour mesurer les effets physico-chimique - mais aussi structuraux - du salage sur la conservation des filets de poisson. Dans la partie spécifique à leur axe d'étude, Arnaud et ses collègues interviennent pour réaliser les études physico-chimique et histologiques classiques pour mesurer la teneur en eau, en lipide, la quantité de protéine, et de sel dans les échantillons prélevés à différent temps et dans différentes parties de poisson. De plus, des études microscopiques multiméthodes (micro-analyse X, tomographie X, spectroscopie Infrarouge et spectroscopie Raman) viendront cartographier les changements métaboliques qui reflètent ou indiquent directement et indirectement les effets du sel et du temps post-mortem sur le salage des filets de poissons. Des analyses statistiques et analyses multivariées poussées viendront déterminer les biomarqueurs spectraux qui peuvent – ils l'espèrent – prédire l'effet du sel sur la qualité des filets de poissons. De tels indices pourraient, en retour, mettre mis en place dans les process industriels. Leurs résultats seront également à mettre en relation avec les travaux d'autres équipes sur les propriétés physico-sensorielle (gout, aspect, etc.).

Compte tenu de ces objectifs ambitieux, Arnaud doit superviser des étudiants et techniciens sur ce projet et travailler en collaboration intra et hors-INRAE avec les différents experts spécialisés sur les techniques énoncées. Un compte rendu avec les industriels est organisé régulièrement.

#### Projet

INNOSALT  
(2018 / 2021)

#### Financement du projet

Financement par un consortium  
Industriel

#### Mots-clés

- Spectroscopie
- Analyse de données
- Modèles multivariés
- Biologie cellulaire



Unité QuaPA  
Centre Auvergne- Rhône-Alpes



Journée des forces vives



Morgane HUTIN

## Étude de l'impact du salage des poissons sur les protéines et l'eau présentes dans les muscles post-mortem

### Mission et objectifs

Dans un premier temps, Morgane doit préparer les échantillons de chair de poissons en fonction de l'analyse qu'elle souhaite réaliser en suivant un protocole bien précis. Jusqu'à aujourd'hui, elle a effectué deux types d'analyses :

- La mesure de la teneur en protéines qu'on appelle protéolyse et qui s'effectue sur un spectrofluorimètre. Cette analyse nécessite une longue préparation (centrifugation, temps d'incubation...) et permet d'évaluer les variations de concentrations en protéines dans le poisson suite à sa mort, sur une période de 15 jours, et en fonction de son salage ou non.
- La mesure de la teneur en eau. Cette analyse est importante puisqu'elle a démontré que sur les poissons ayant été salés, la teneur en eau est beaucoup moins importante.

Toutes ces données, et toutes celles qui ont été effectuées précédemment pour ce projet seront transmises aux industriels qui pourront décider ou non de changer le mode de salage, la répartition et la quantité de sel utilisée pour la conservation de leurs poissons.

**Projet**  
INNOSALT  
(2018 / 2021)

**Financement du projet**  
Soutien financier de l'UE via le FEAMP

**Mots-clés**

- Analyse
- Poisson
- Alimentation
- Sel



Laila KHEDHER-BRAHIM

## Évolution à un an de la teneur en fer dans les ganglions de la base – $R_2^*$ : un biomarqueur de la progression de la maladie de Parkinson (MP)

### Mission et objectifs

Plusieurs travaux post mortem ont montré une accumulation de fer dans la substantia nigra (SN). La concentration en fer peut être indirectement mesurée par IRM via la cartographie du  $R_2^*$ . Afin d'évaluer les changements de  $R_2^*$  survenant chez les patients MP par rapport aux témoins et en fonction de l'évolution de la maladie évaluée par plusieurs paramètres cliniques, une étude transversale multicentrique a été menée sur des patients atteints de MP ( $n = 98$ ) du stade précoce au stade avancé de la maladie et sur des témoins appariés ( $n = 66$ ). Les images acquises à 3T sur 13 différents sites cliniques ont été recalées puis normalisées à l'échelle du groupe par la méthode DARTEL. Après reconstruction paramétrique, le  $R_2^*$  a été mesuré dans cinq structures des noyaux gris centraux segmentées à partir d'atlas de référence. La variabilité interindividuelle constatée étant importante par rapport à l'effet maladie, une stratégie originale (intrasubject subcortical quantitative referencing, ISQR) a été développée afin d'isoler la variation de  $R_2^*$  liée à la MP des autres sources de variance de  $R_2^*$  en prenant pour référence intra-individuelle la mesure de  $R_2^*$  dans le noyau rouge.

Les valeurs  $R_2^*$  ont augmenté chez les patients par rapport aux témoins dans la SN et ont diminué dans le GPi et dans le STR. Après stratification en 4MP sous-groupes selon la durée de la maladie, aucune différence significative entre les sous-groupes n'a été trouvée dans toutes les régions. En appliquant la stratégie ISQR, les valeurs  $R_2^*$ (ISQR) ont augmenté de manière significative dans la SN et ont diminué de manière significative dans le GPi, dans le GPe et dans le STR en comparant les patients aux témoins. Les valeurs  $R_2^*$ (ISQR) dans la SN augmentaient avec la durée de la maladie, comme le montrent les différences significatives entre les sous-groupes, avec une augmentation significative de la taille de l'effet. Une différence significative a également été obtenue en comparant les patients à l'échelle de Hoehn & Yahr. Les résultats obtenus soutiennent l'utilisation de l'ISQR pour réduire les variations non liées à la MP, soutenant le concept selon lequel l'ISQR est utile pour l'évaluation de la MP. Une deuxième étude longitudinale multicentrique est en cours sur de patients atteints de MP pour évaluer le changement de plusieurs paramètres biophysiques évalués par IRM (MPI- $R_2^*$ ).

#### Projet

MPI- $R_2^*$   
(2017 / 2022)

#### Financement du projet

Association France Parkinson, NS-PARK,  
CHU et PHRC interrégional 2016

#### Mots-clés

- Maladie de Parkinson
- Etude multicentrique
- IRM
- $R_2^*$
- Fer



Mélia LACAZE

## Recherche de marqueurs de l'exposition d'animaux d'élevage aux polychlorobiphényles (PCBs)

### Mission et objectifs

Une des approches proposées par SENTINEL consiste à utiliser les techniques « omiques » combinées à des techniques ciblées haut-débit pour découvrir et identifier des marqueurs de contamination. Le but étant de mesurer facilement et rapidement ces marqueurs dans les tissus ou fluides animaux. La volatolomique est utilisée pour identifier des marqueurs volatils de l'exposition d'animaux d'élevages à des niveaux ultra-trace de contaminants, comme les PCBs. Ces marqueurs, qui sont les produits finaux du métabolisme, peuvent être sur- ou sous-exprimés suite à la contamination. La métabolomique quant à elle est utilisée pour détecter des marqueurs non volatils d'exposition à des faibles doses de contaminants. Les études métabolomiques par RMN sont principalement réalisées en RMN du proton 1D, qui est une méthode rapide et robuste mais impliquant un fort taux de recouvrement des pics. Pour améliorer la résolution, on peut utiliser des séquences RMN 2D. Cependant, les séquences 2D sont beaucoup plus longues que les 1D (quelques minutes contre quelques heures pour les 2D). Pour pallier à ce problème de temps, des séquences RMN 2D ultra rapide développées à Nantes vont être implémentées sur la plateforme de Toulouse pour avoir des spectres en 15-30 minutes.

En premier Mélia va rechercher par volatolomique des marqueurs d'exposition aux PCBs avec des échantillons *in vivo* avec une expérimentation animale avec des poulets exposés ou pas aux PCBs et à différentes doses de PCBs. Elle travaillera sur plusieurs matrices comme le sang, les poumons, le microbiote, le système digestif, le foie, la rate, et d'autres matrices qui paraissent intéressantes tel que les plumes, la glande uropygiale, le pancréas et les reins. Elle travaillera également sur des échantillons *in vitro* avec des hépatocytes aviaires exposés ou pas aux PCBs. Les analyses se feront par des méthodes de GC-MS couplées à des techniques d'extraction par espace de tête. Mélia fera d'abord un screening de toutes les matrices avec la technique SPME, et ensuite elle passera les matrices les plus intéressantes avec deux autres techniques d'extraction par espace de tête : la DHS et la SHS. Cette étape se fera à Clermont-Ferrand. Dans un deuxième temps Mélia passera ces mêmes échantillons en RMN 1D à Toulouse pour trouver des marqueurs d'expositions non volatils aux PCBs et de la même manière que pour la volatolomique elle utilisera la RMN 2D sur les matrices les plus intéressantes. Enfin, le but sera de déterminer les marqueurs clés grâce à des analyses statistiques multi-tableaux et de la modélisation de réseau.

#### Projet

SENTINEL  
(2020 / 2024)

#### Financement du projet

ANR

#### Mots-clés

- RMN
- GC-MS
- Métabolomique
- Volatolomique
- Contaminants



Unité QuaPA

Centre Auvergne- Rhône-Alpes



Journée des forces vives



Louis MITAINE

## Évaluation de la sécurité chimique de l'entomoculture

### Mission et objectifs

Le travail de Louis consiste à garantir les conditions de travail des producteurs d'insectes.

Une analyse des composés organiques volatils présents dans l'atmosphère sera mise en œuvre dans les bâtiments d'élevage d'INVERS. Ces analyses permettront de caractériser et évaluer la qualité de l'air dans l'environnement de production des insectes, avec la quantification d'une liste de COVs surveillés dans les atmosphères de travail et une caractérisation des COVs majoritairement émis dans ces conditions spécifiques.

#### Projet

INSEC2FEED  
(2019 / 2021)

#### Financement du projet

Région, AAP R&D (-->2020)  
Financement propre (MASS+INVERS)

#### Mots-clés

- Entomoculture
- Analyses chimiques
- Sécurité chimique



Unité QuaPA

Centre Auvergne- Rhône-Alpes



Journée des forces vives



**Charles N'GATTA**

## Combinaison de procédés de malaxage et de marinage pour l'amélioration de la tendreté et la préservation des qualités nutritionnelles de pièces de viande de bœuf de second choix

### Mission et objectifs

L'Auvergne dispose de ressources naturelles spécifiques telles que des races bovines mixtes et des prairies abondantes et diversifiées. L'élevage à l'herbe favorise la production de viandes riches en acides gras polyinsaturés n-3 et en vitamines B et donc de bonne qualité nutritionnelle. Malgré la commercialisation, sous forme de pièce, de certaines parties des carcasses bovines (pièces de 1er choix), une grande partie de la carcasse (jusqu'à 60%) est orientée vers la fabrication de steaks hachés (pièces de 2ème et 3ème choix).

Afin de trouver de nouveaux débouchés pour ces pièces de viande, moyennement ou mal valorisées, le projet de thèse de Charles a pour objectifs, 1) d'apporter des réponses sur les liens existants entre la structure initiale des morceaux de viande, le temps de malaxage et la texture des morceaux transformés et, 2) d'étudier l'impact du malaxage et du malaxage-marinage sur la tendreté et les qualités nutritionnelles de morceaux de viandes issus d'animaux élevés à l'herbe. Pour ce faire, un simulateur de malaxage a été utilisé afin d'attendrir des morceaux de viande provenant du Muscle Semitendinosus de vaches de race charolaise. Il a ainsi été observé qu'un malaxage de 12 heures de temps avec un taux de compression de 40% permettait un attendrissage optimum. Ensuite, l'effet de différents couples temps (1 et 4 heures de cuisson) -températures de cuisson (50°C, 60°C et 80°C) sur la dureté de pièces de viande provenant du Muscle Semitendinosus de vaches de race charolaise, malaxés pendant 12 heures avec un taux de compression de 40 % a été évalué. Le malaxage conduisait à une réduction de 20% de la dureté des morceaux de viande, comparativement aux morceaux non malaxés et la cuisson à 60°C, pendant 1 heure, représentait le meilleur compromis entre les pertes à la cuisson et la réduction de la dureté des morceaux de viande. Enfin, des expérimentations, impliquant QuaPA et l'UMRH, permettront d'évaluer les effets du malaxage et du malaxage-marinage sur la tendreté et les qualités nutritionnelles (teneurs en acides gras et en vitamines, oxydations) de morceaux de viande issus de jeunes bovins élevés à l'herbe.

#### Projet

CPER – QUALIMONT  
(2017 / 2021)

#### Financement du projet

Région Auvergne Rhône-Alpes

#### Mots-clés

- Bœuf
- Tendreté
- Malaxage
- Marinage
- Acides gras
- Vitamines
- Qualités nutritionnelles



Unité QuaPA

Centre Auvergne- Rhône-Alpes



Journée des forces vives



Magali NUIXE



## Développement d'un capteur RMN mobile pour caractériser localement et *in situ* les quantités et les flux d'eau dans les agroécosystèmes prairiaux

### Mission et objectifs

Les écosystèmes prairiaux sont un des principaux écosystèmes terrestres permettant de limiter le réchauffement climatique grâce à leur forte capacité à séquestrer le carbone. Les flux de sèves ascendant et descendant jouent un rôle primordial dans ce processus en amenant l'eau nécessaire pour réaliser la photosynthèse puis en transportant les produits carbonés vers les puits de carbone. Dans le contexte actuel de changement climatique, une meilleure compréhension de ces mécanismes de transport est indispensable pour s'assurer que ces écosystèmes puissent continuer à jouer leur rôle. La mesure localisée de ces quantités et flux d'eau est possible par Résonance Magnétique Nucléaire (RMN). La RMN permet de caractériser l'état hydrique des plantes de manière non invasive en s'intéressant aux protons ( $^1\text{H}$ ) des molécules d'eau. Les différents paramètres dynamiques qu'elle propose permettent de caractériser la distribution de l'eau ou encore sa mobilité selon les différentes populations présentes dans les tissus biologiques. Cependant, de par leur poids élevé, la majorité des dispositifs RMN de laboratoire ne permet pas de réaliser ces mesures dans l'environnement naturel des plantes, c'est-à-dire *in situ*. Pour s'affranchir de cette contrainte de poids, la seule solution est d'utiliser la RMN bas champ.

Les objectifs de la thèse de Magali sont (1) d'apporter la preuve de concept qu'il est possible de caractériser grâce à une RMN bas champ avec un aimant unilatéral, l'état hydrique et son évolution en fonction du rythme circadien des systèmes racinaires d'herbacées et (2) d'évaluer la sensibilité du capteur RMN en réalisant une caractérisation des systèmes racinaires d'espèces prairiales soumises à un stress hydrique.

Les mesures sont effectuées sur des échantillons modèles appelés rhizotrons qui permettent de séparer le système racinaire du sol tout en permettant la croissance de la plante et les résultats sont interprétés au regard des mesures éco-physiologiques prises en continu (potentiel hydrique foliaire, humidité du sol, conductance stomatique...). La faisabilité de la RMN portable sur les racines a été démontrée au cours de la première année de thèse et actuellement, des expérimentations pour déterminer la sensibilité du capteur sont en cours.

#### Projet

OutabMRI  
(2020 / 2023)

#### Financement du projet

ANR

#### Mots-clés

- Environnement
- Eau
- Chgt climatique
- *In situ*
- Capteur





Noémie PETIT



## Étude des mécanismes de génération des NOCs dans des produits de charcuterie (jambon) fabriqués avec des solutions commerciales

### Mission et objectifs

Le projet Subnitrites (matrice jambon) est une étude complémentaire au projet Adduits qui étudie le devenir du nitrite des charcuteries/salaisons au cours de leur fabrication et des différentes étapes de leur digestion, ainsi que son implication dans la formation de composés reconnus comme cancérigènes, les nitroso-composés (NOCs). C'est suite aux résultats obtenus au cours du projet Adduits et à un projet de loi datant de 2020 visant à interdire les additifs nitrés pour les produits de salaison à partir de janvier 2025, que l'étude Subnitrites a vu le jour. D'ici cette date butoir, les industriels sont chargés de limiter la dose d'additifs nitrés pour les produits de salaison et pour les produits de charcuterie et ainsi trouver des stratégies alternatives aux nitrites.

Depuis quelques années, des solutions commerciales ont fait leur apparition sur leur marché sur des produits affichant le zéro nitrite ou le zéro nitrite ajouté. Ces solutions font l'objet du projet Subnitrites qui est divisé en 3 parties :

1. Évaluer l'impact des stratégies alternatives aux nitrites (solutions commerciales) sur la formation des composés cancérigènes (NOCs) et autres catalyseurs/précurseurs impliqués dans la formation de ces composés NOCs via des digestions in vitro. Ainsi qu'une analyse peptidomique de la digestion des jambons
2. Modélisation mathématique pour déterminer le meilleur couple temps-température afin de limiter au mieux la formation de ces composés
3. Imagerie de l'épithélium intestinal de rats chimio-induits pour tenter d'identifier des marqueurs bio.

#### Projet

Subnitrites  
(2021 / 2023)

#### Financement du projet

Industriel

#### Mots-clés

• Nitrite • Subnitrites • Digestion  
• Cancer colorectal • Charcuterie



Unité QuaPA

Centre Auvergne- Rhône-Alpes



Journée des forces vives



Susana RIBES



## Oral processing study of different food products for groups with masticatory dysfunctions: effect of food matrix disruption on nutrient bio accessibility and digestion

### Mission et objectifs

This project is divided in two parts: i) the first part was developed at Universitat Politècnica de València (UPV, Spain), and ii) the second part will be developed at the INRAE and UCA (CROC) centres. The work developed at UPV has been mainly focused on modifying the texture of liquid food matrices. To this end, the texture of three products (Spanish sauce, chicken and vegetables soups and purees) was modified by using several hydrocolloids as modified starch, guar gum, tara gum, sodium carboxymethylcellulose, and chia seed mucilage, at different consistency levels: honey-like and/or pudding-like consistencies. Afterwards, colour, texture, flow, viscoelastic, sensory, and simulated oral processing conditions (combining squeezing flow and shear force tests), as well as digestibility of the texture-modified samples were evaluated. The assays were conducted at 25 °C, 37 °C and/or 55 °C.

The results achieved in these works could provide valuable information for preparing and serving texture-modified samples with appropriate features for people with swallowing difficulties by using common gums or alternative texturing agents such as chia seed mucilage. Nonetheless, further studies on the impact of food matrices disruption produced during mastication on their nutrient bio accessibility and digestion should be conducted to fully understand the consequences of a good or a deficient mastication on human nutrition. Thus, this part of the study will be developed at INRAE and UCA (CROC) centres.

#### Projet

Aliments Texturés  
(2021 / 2022)

#### Financement du projet

Generalitat Valenciana (Spain)

#### Mots-clés

- Food technology
- Hydrocolloids
- Rheology
- Mastication
- *In vitro* digestion



Unité QuaPA

Centre Auvergne- Rhône-Alpes



Journée des forces vives



Coline SCHIELL

## Conception par impression 3D d'aliments mixtes associant des protéines animales et végétales destinés aux personnes souffrant d'anémie

### Mission et objectifs

L'anémie est un problème de santé qui touche près de 25% de la population mondiale, et en particulier les enfants préscolaires, les femmes enceintes (43% dans les pays en voie de développement et 12% dans les pays industrialisés), mais aussi les populations de personnes obèses qui consomment trop d'aliments à faible valeur nutritionnelle. Les aliments carnés, notamment les abats, étant naturellement riches en fer biodisponible, leur consommation permettrait de réduire les risques d'anémie, à condition de ne pas être rejetés par les consommateurs. L'objectif du projet « Anémie-3D », qui se veut être une preuve de concept, est donc de formuler, par impression 3D, de nouveaux aliments à partir d'abats et de protéines végétales afin de revaloriser certains coproduits animaux, tout en luttant contre le problème de santé des personnes carencées en fer.

Les premiers mois du projet ont permis d'évaluer la faisabilité du procédé d'impression 3D, à la fois comme procédé innovant de fabrication d'aliments, mais également comme moyen de prototypage rapide de formulations complexes. Les principales matières premières (animales et végétales) ont pu être testées afin de déterminer leurs propriétés d'imprimabilité et obtenir des premiers éléments concernant les propriétés organoleptiques. Deux formes de produits ont été sélectionnées pour la suite des travaux à savoir une forme avec les abats contenus à l'intérieur d'une matrice végétale (galette fourrée) et l'autre avec les abats visibles déposés sur le végétal (fleur). Une deuxième phase vient de débuter et consiste à étudier les propriétés fonctionnelles et nutritionnelles de certaines protéines issues des matières premières végétales, notamment l'aquafaba issue du pois chiche. Enfin, une troisième phase sera consacrée aux aspects de post-traitement des produits lors de l'impression, puis de conservation post-impression. Comme ces nouveaux aliments doivent satisfaire les besoins et les attentes des consommateurs, une étude consommateur qualitative sous la forme d'un focus group a été organisée pour mettre en évidence les potentiels freins organoleptiques et psychologiques liés aux abats et les caractéristiques produit attendues pour ce genre de produits mixtes. Un deuxième focus visera à analyser la perception qu'ont les consommateurs des procédés de transformation alimentaire au regard des tendances de consommation actuelles et d'identifier les leviers d'acceptabilité des aliments imprimés.

#### Projet

Anémie-3D  
(01/2021 à 12/2021)

#### Financement du projet

UMT ACTIA NewCarn porté par l'ADIV

#### Mots-clés

- 3D
- Santé
- R&D
- Alimentation
- Formulation

