

Feuille de route du projet de laboratoire

Intitulé du Laboratoire

UMR408 Avignon Université - INRAE *Sécurité & Qualité des Produits d'Origine Végétale* (SQPOV)

Directeur du laboratoire

Frédéric CARLIN, DR INRAE

Contexte

Éléments de contexte liés à la situation de l'unité dans son environnement académique, socio-économique, à l'évaluation HCERES, à sa position dans le projet d'établissement, à sa trajectoire propre.

L'UMR SQPOV Avignon Université - INRAE réunit 4 équipes de recherche: MicroNut ([Micronutriments: réactivité et digestion](#)), [Qualité & Procédés](#), GREEN ([éco-extraction de produits naturels](#)) et SporAlim ([bactéries sporulées dans la chaîne alimentaire](#)). Elle regroupe une vingtaine de chercheurs et enseignants-chercheurs, et autant de personnels techniques.

L'enjeu central est de mieux comprendre les déterminants de la qualité et de la sécurité des produits végétaux (fruits et légumes, produits transformés, extraits pour des applications alimentaires et non-alimentaires) avec un focus sur les micronutriments (polyphénols, caroténoïdes, vitamines) et sur la réduction du risque microbiologique lié aux bactéries sporulées.

En raison de son fort partenariat socio-économique, l'UMR SQPOV est membre du réseau Carnot [Qualiment](#)[®] pour la recherche et l'innovation dans le secteur agro-alimentaire.

Elle est membre de la Structure Fédérative de Recherche [TERSYS](#), du [Labex Agropolis](#) et du pôle de recherche [Production Horticole Intégrée](#) du centre régional INRAE.

L'UMR SQPOV est engagée avec le Centre Technique de la Conservation des Produits Agricoles (CTCPA) dans le projet d'Unité Mixte Technologique [Qualiveg2](#) dont le but est d'optimiser le rapport bénéfice nutritionnel / risque microbiologique dans la fabrication des produits appertisés à base de fruits et légumes.

Enfin, de par ses priorités de recherche, l'UMR SQPOV est au cœur du domaine stratégique *Agrosciences* d'Avignon Université et de l'Ecole Universitaire de Recherche *Implanteus* associant AU et INRAE.

Orientation stratégique de la politique du laboratoire

Donner les axes principaux des objectifs stratégiques de l'unité sur le contrat en cours, qui peuvent aller au-delà du projet de laboratoire tel qu'il a été présenté à l'HCERES

- *MicroNut* : Propriétés chimiques des micronutriments en relation avec leurs rôles dans l'aliment et chez l'humain (en particulier, dans le tractus digestif) : propriétés antioxydantes et colorantes, stabilité, interactions, bioaccessibilité, formulation, modélisation
- *Qualités & Procédés* : l'enjeu majeur est de s'orienter vers des transformations des

fruits et légumes 100% naturelles respectant les qualités organoleptiques, nutritionnelles et environnementales. Pour y répondre, les objectifs de l'équipe sont : i) identifier et exploiter la variabilité et l'hétérogénéité de la matière première (nouvelles variétés, coexistence de plusieurs systèmes de production, changement climatique...) pour atteindre un produit fini plus sain et plus durable ; ii) comprendre et modéliser les mécanismes de déstructuration/réorganisation des matrices au cours des procédés (focus sur la structure des tissus et parois, les micronutriments, les activités enzymatiques et l'identification de marqueurs de transformation) ; iii) concevoir et optimiser les procédés par l'intégration de capteurs pour un suivi en ligne et en continu.

- *GREEN* : Eco-extraction de produits naturels à partir de ressources variées (plantes, microalgues, levures, bactéries...) pour des applications en agroalimentaire, cosmétique, parfumerie... Les procédés mis en jeu doivent être innovants et durables : micro-ondes, ultrasons, recours à des solvants alternatifs (ne dérivant pas du pétrole). Développement d'un outil de prédiction pour définir les conditions d'extraction optimales en fonction des molécules ciblées et de la matière première considérée.

- *SporAlim* : Bactéries productrices de spores susceptibles de contaminer les denrées alimentaires, notamment les produits végétaux. Caractériser et évaluer le risque que représente *Bacillus cereus* pour la santé des consommateurs. Maîtriser le risque par le recours à de nouvelles technologies permettant par ailleurs la préservation de la qualité et de la valeur nutritionnelle des aliments.

Le projet d'unité présenté lors de la dernière évaluation HCERES (2016) s'inscrivait largement dans la continuité du contrat écoulé mais mettait cependant en avant des perspectives d'évolution.

Perspectives de recherche :

- Conception raisonnée de la qualité des aliments et des bioproduits par une meilleure prise en compte de la variabilité et de l'hétérogénéité de la matière végétale (impact de la génétique et des pratiques agronomiques) et de la réponse aux procédés de transformation (temps, température, oxygène, pH, enzymes...)

- Nécessité d'une approche plus globale (incluant la dimension bioéconomique) de la valorisation de la matière végétale, notamment au travers de la valorisation des co-produits et du remplacement d'ingrédients alimentaires de synthèse par des ingrédients naturels

- Nécessité d'une approche intégrative de la digestion des aliments pour évaluer le devenir des micronutriments dans toute sa complexité

Perspectives d'organisation, de communication :

- S'appuyer sur la pluridisciplinarité de l'UMR (chimie, biochimie, microbiologie, sciences des procédés, modélisation) pour construire des projets impliquant au moins 2 équipes

- Stratégie de publications : tout en maintenant une forte proportion de nos publications dans le 1^{er} quart des journaux de nos disciplines, s'efforcer d'accroître notre visibilité par la publication d'articles a) de revue et b) dans des journaux généralistes à fort impact

- Accroître l'implication des jeunes scientifiques a) dans le dépôt de projets et b) dans la démarche HDR

- Organiser des rencontres nationales et internationales

- Renforcer notre ouverture internationale au travers de nos collaborations et dans le recrutement de nos doctorants

- Renforcer l'animation scientifique interne : séminaires, Journée des Doctorants et Postdoctorants, information partagée accessible sur le site web de l'UMR

Actions envisagées

Actions envisagées sur la durée du contrat pour la mise en œuvre de la politique scientifique du laboratoire, qui découle des orientations présentées au paragraphe précédent. Si nécessaire, chaque action pourra être située dans le cadre des orientations stratégiques de l'unité et des éléments de mise en œuvre pourront être précisés.

MicroNut

Valorisation de co-produits, ingrédients naturels

- 1) Les phénols des grignons d'olive comme antioxydants naturels, extraction et formulation (V. Tomao, travaux et publications en cours)
- 2) Les anthocyanes acylées des légumes pourpres comme colorants alimentaires (O. Dangles, thèse de Julie-Anne Fenger soutenue en 2020, réseau international Mars Wrigley, 5 publications)
- 3) Les phénols naturels en remplacement des nitrites dans les produits carnés (C. Dufour, thèse de Charlène Sirvins en cours, Projet Adduits avec 24 partenaires industriels et 2 centres techniques IFIP et ADIV)
- 4) Les anthocyanes du marc de raisin comme colorants naturels (O. Dangles, C. Dufour, projet ColorAnth du Carnot Qualiment, lancement en 2021)

Bénéfice nutritionnel dans le tractus digestif

- 1) Bioaccessibilité en modèles de digestion in vitro statique et dynamique (Didgi) et biodisponibilité chez la souris et l'homme de phytomicroconstituants de poudre de tomate comme ingrédient fonctionnel (projet ANR TomHealth, 2021-2024)
- 2) Protection des lipides polyinsaturés par des polyphénols au cours de la digestion gastro-intestinale et bioaccessibilité de ces derniers (thèse de Gaëtan Boléa (2015-2019), stage doctoral d'Adriana Gadioli (2019))
- 3) Bioaccessibilité de caroténoïdes et de leurs isomères en modèle de digestion in vitro statique pour des produits à base de tomate (thèse de J. Yu (2018-2019), 4 publications)
- 4) Impact d'aliments riches en chélateurs du calcium sur la stabilité de gels en modèles de digestion in vitro statique et dynamique (projet avec Centaur Clinical, 2019-2020)

Qualité & Procédés

Les actions envisagées lors du dernier contrat quinquennal, puis mises en œuvre, sont les suivantes :

- Poursuivre l'implication dans l'innovation et dans la formation par la recherche (voir plus bas, EUR *Implanteus*) et l'accueil de nombreux stagiaires et doctorants, la collaboration entre équipes (voir plus bas), renforcer les liens avec le CTCPA dans le cadre de l'UMT *Qualiveg-2* (responsabilité de l'Axe 2), et poursuivre notre activité dans les organes compétents de INRAE (participation à la réflexion sur le nouveau département *Transform* via les conseils de gestion et scientifique de *Transform*, mais aussi au niveau du centre régional via le conseil de centre) et dans les organes compétents d'Avignon Université (SFR Tersys, conseil de l'UFR STS).
- Intégrer les nouveaux personnels : Alexandre Leca (CR), Agnès Rolland-Sabaté (IR), et en 2020, Isabelle Souchon (DR), qui apporte des compétences nouvelles en génie des procédés et science du consommateur.
- Renforcer le taux de personnel HDR : S. Bureau (IR), C. Le Bourvellec (CR)
- Développer des méthodes de caractérisation adaptées aux matrices fruits & légumes : texture et rhéologie des produits, polysaccharides et leurs complexes avec les polyphénols, activités enzymatiques, production de volatils en système dynamique. Par ailleurs, l'axe modélisation des procédés alimentaires et pilotage des procédés a été renforcé par le développement récent de capteurs pour le suivi en ligne et en temps réel des procédés.
- Organiser un congrès international : Fruit & Vegetable processing (2020)

- Poursuivre le développement de projets nationaux et internationaux en lien avec les axes thématique de l'équipe (variabilité/hétérogénéité ; destructuration/restructuration ; modélisation): EU H2020-MSCA-ITN-2020 (HiStabJuice, 2020-2024), EU FACCE SURPLUS (DEMETEER, 2020-2022), EU Core Organic (ProOrg, 2019-2021), Fondation Bill & Melinda Gates (RTBfoods, 2017-2022), ANR (Tom'Health, 2021-2024), Qualiment (Transfo-Quape, 2020-2023, TransQuaPil, 2018-2021), Métaprogramme INRAE METABIO (Trans-Bio-Connect, 2020-2022), FranceAgriMer (Tomability, 2019-2022), Agropolis Fondation (Interfaces, 2017-2020), Région Occitanie (ASPIR, 2019-2022), SFR Tersys (DeshyFruit, 2020).

- Maintenir une forte production scientifique de qualité : 72 publications de rang A entre 2017 et 2021.

GREEN

Objectif: résoudre les problèmes de la conversion de la biomasse végétale en réactifs, ingrédients et produits alimentaires et non-alimentaires avec des niveaux sociétaux, environnementaux et économiques acceptables. GREEN aborde ses travaux de recherche à trois niveaux : micro-échelle (solvatation), méso-échelle (détexturation), macro-échelle (bioraffinerie).

1) Micro-échelle. Quels sont les phénomènes derrière la solubilité et la solvatation ? Est-il possible de remplacer l'hexane, solvant pétrolier par excellence, par des solvants d'origine végétale, économiquement viables et sûrs ?

Réalisation : Un solvant bio-sourcé, le méthyloloxolane, est devenu une référence dans le domaine de l'extraction, grâce à nos travaux pionniers dans ce domaine (5 thèses, 2 Post-Docs), en collaboration avec Naturex et Minakem. Le solvant, déjà accrédité en cosmétologie et pharmacologie, est en cours d'accréditation par l'EFSA.

2) Méso-échelle. Est-il possible de développer de nouveaux principes d'extraction ? Comment les techniques d'intensification peuvent-elles induire des changements de structure (spatiaux et temporels) qui vont modifier le transfert de matière (lois de Fick et Darcy) ?

Réalisation : L'étude de la détexturation par ultrasons a permis la compréhension des mécanismes physicochimiques et, en conséquence, l'intensification les procédés d'extraction (3 thèses, 2 Post-docs).

3) Macro-échelle. Est-il possible de changer le concept largement accepté "un végétal, un produit" utilisé dans les industries agri-, agro- et alimentaires par l'exploitation intégrale des sous-produits et des déchets.

Réalisation : recherche de voies alternatives à la bioraffinerie, notamment par la conversion des sous-produits et déchets en coproduits pour réintégrer la chaîne alimentaire.

S. Perino, C. Makherri, F. Chemat

Par ailleurs, GREEN maintient une forte production scientifique de qualité : 80 publications de rang A entre 2017 et 2021, 10 brevets (dont 5 licenciés, ex. : use of dialkyle carbonate as extraction solvent. French Patent Demand, FR 1757173, 2018) et 3 livres.

SporAlim

Objectif

Maintenir la sécurité et la salubrité des chaînes agro-alimentaires en maîtrisant les bactéries sporulées pathogènes de l'homme ou d'altération en raison de leur résistance et de leur capacité d'adaptation.

Cet objectif se décline sous plusieurs axes et en accord avec les objectifs du contrat quinquennal en cours.

1. mieux comprendre les mécanismes physiologiques et moléculaires d'adaptation

des bactéries sporulées dans la chaîne alimentaire.

Thèse de Marina Français sur l'adaptation de *B. cereus* lors de l'initiation de la croissance aux basses températures de conservation, Thèse de Ludivine Rousset sur l'adaptation de *B. cereus* en milieu oligotrophe, de Fella Hamitouche sur l'adaptation de *B. cereus* au stress oxydant. Thèse de Armand Lablaine sur la formation des enveloppes protectrices de la spore de *B. cereus*.

2. Ecologie des spores bactériennes dans la chaîne alimentaire

- Suivi des spores bactériennes dans la chaîne de transformation de fruits (projet Interfaces avec CIRAD). Variabilité des contaminations des sols en spores bactériennes, en fonction de leur usage et des pratiques agricoles. Projet en collaboration avec le CTCPA et le RMQS (Réseau national de mesure de la qualité des sols).

3. Maîtrise de contaminants microbiens dans la chaîne alimentaire

Méthodes alternatives de décontamination, projet de thèse de Imed Dorbani CIFRE SQPOV – Claranor sur la décontamination par la lumière pulsée. Projet européen SAFE CONSUME. Pratique des ménages en matière d'hygiène des aliments. Par ailleurs l'équipe SporAlim a été renforcée par l'arrivée d'un CR-HC INRAE (Sandrine Poncet) et d'un MCF-AU (Alice Château).

Programmes inter-équipes

1) MicroNut, Qualité & procédés et GREEN : thèse d'Emmanuelle Richard sur l'impact des micro-ondes sur la stabilité de microconstituants végétaux (polyphénols, caroténoïdes, pectines) (2020-2023)

2) MicroNut et GREEN: thèse d'Alice Angoy, soutenue en 2019.

Extraction combinant micro-ondes et centrifugation (collaboration avec l'Institut de la Filtration et des Techniques Séparatives, Agen)

3) MicroNut et Qualité & procédés : a) thèse de Jiahao Yu (2018-2019) sur l'impact du procédé et de la recette sur l'isomérisation des caroténoïdes dans la sauce tomate, b) programme européen HiStabJuice (H2020-MSCA-ITN-2020) pour l'innovation dans l'industrie des jus de fruits, thèse de J. Sebastian Rincon Berbeo (début en 2021), c) thèse de Ruben Halifa (2017-2021) sur la dégradation enzymatique de procyanidines par des bactéries du microbiote colique (en coll. avec UMR INRAE MEDIS, Clermont-Fd)

4) Qualité & procédés et SporAlim : a) projet DEMETER sur la valorisation des co-produits des filières fruits et légumes (qualité organoleptique, nutritionnelle et microbiologique), b) projet Interfaces, lien production/transformation/consommation, c) projet Opticold, chaîne du froid.

Exemples de publications dans des journaux généralistes, articles de revue, articles d'opinion

- P. Goupy, M. Carail, A. Giuliani, D. Duflot, O. Dangles, C. Caris-Veyrat, Carotenoids: experimental ionization energies and capacity at inhibiting lipid peroxidation in a chemical model of dietary oxidative stress. *Journal of Physical Chemistry B* 2018, 122, 5860-5869 (doi: 10.1021/acs.jpccb.8b03447).

- O. Dangles, J.-A. Fenger, The chemical reactivity of anthocyanins and its consequences in food science and nutrition. *Molecules* 2018, 23, 1970.

- O. Dangles. Le potentiel antioxydant des aliments: mythes et réalités. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 2020, 55, 176—183. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2020.06.001>

- Denish P. R., Fenger J.-A., Powers R., Sigurdson G. T., Grisanti L., Guggenheim K. G., Laporte S., Li J., Kondo T., Magistrato A., Moloney M. P., Riley M., Rusishvili M., Ahmadiani N., Baroni S., Dangles O., Giusti M., Collins T. M., Didzbalis J., Yoshida K., Siegel J. B., Robbins R. J. Discovery of a natural cyan blue: a unique food-sourced anthocyanin creates a replacement for brilliant blue. *Science Advances* 2021, 7, eabe7871. DOI: 10.1126/sciadv.abe7871

- J.-A. Fenger, G. T. Sigurdson, R. J. Robbins, T. M. Collins, M. M. Giusti, O. Dangles. Acylated anthocyanins from red cabbage and purple sweet potato can bind metal ions and produce stable blue colors. *International Journal of Molecular Sciences* 2021, 22, 4551. <https://doi.org/10.3390/ijms22094551>
- Brodkorb A., L. Egger, M. Alminger, P. Alvito, R. Assunção, S. Ballance, T. Bohn, C. Bourlieu-Lacanal, R. Boutrou, F. Carrière, A. Clemente, M. Corredig, D. Dupont, C. Dufour, C. Edwards, M. Golding, S. Karakaya, B. Kirkhus, S. Le Feunteun, U. Lesmes, A. Macierzanka, A. R. Mackie, C. Matins, S. Marze, D. J. McClements, O. Ménard, M. Minekus, R. Portmann, C. N. Santos, I. Souchon, R. P. Singh, G.E. Vegarud, M. S. J. Wickham, W. Weitschies and I. Recio. INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion, *Nature protocols* 2019, 14, 991-1014. DOI: 10.1038/s41596-018-0119-1.
- Liu, X.; Le Bourvellec, C.; Renard, C. M. G. C. Interactions between Cell Wall Polysaccharides and Polyphenols: Effect of Molecular Internal Structure. *Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety* 2020, 1-44. DOI: 10.1111/1541-4337.12632.
- F. Chemat, N. Rombaut, A. G. Sicaire, A. Meullemiestre, A. S. Fabiano, M. Vian. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry* 2017, 34, 540-560. Article cité 801 fois (source SCOPUS 2021)
- F. Chemat, E. Vorobiev (Editors). *Green Food Processing Techniques: Transformation, Preservation and Extraction*. Elsevier, Amsterdam, 588 pages. 2019. ISBN : 978-0-12-815353-6
- Duport, C., Alpha-Bazin, B. and Armengaud, J. (2019) Advanced Proteomics as a Powerful Tool for Studying Toxins of Human Bacterial Pathogens. *Toxins* 11.
- Magrini, M.B., Cabanac, G., Lascialfari, M., Plumecocq, G., Amiot, M.J., Anton, M., Arvisenet, G., Baranger, A., Bedoussac, L., Chardigny, J.M., Duc, G., Jeuffroy, M.H., Journet, E.P., Juin, H., Larre, C., Leiser, H., Micard, V., Millot, D., Pilet-Nayel, M.L., Nguyen-The, C., Salord, T., Voisin, A.S., Walrand, S. and Wery, J. (2019) Peer-Reviewed Literature on Grain Legume Species in the WoS (1980-2018): A Comparative Analysis of Soybean and Pulses. *Sustainability* 11.
- Bressuire-Isoard, C., Broussolle, V. and Carlin, F. (2018) Sporulation environment influences spore properties in *Bacillus*: evidence and insights on underlying molecular and physiological mechanisms. *FEMS Microbiology Reviews* 42, 614-626.

Autres actions remarquables en lien avec le projet d'unité

Organisation par l'UMR SQPOV de deux conférences internationales en ligne
Third Fruit & Vegetable Processing Symposium, November 24-25, 2020

9th **International Conference on *Bacillus anthracis*, *B. cereus* and *B. thuringiensis*** April 26-28, 2021.

Événement destiné aux jeunes scientifiques

Colloque Bactéries sporulantes pathogènes ou d'intérêt industriel. Paris, 27 mars 2018

Forte implication de l'UMR SQPOV dans la gouvernance et les enseignements de la nouvelle Ecole Universitaire de Recherche *Implanteus* et de son master international en Agrosciences (IMAS)

Dr EUR : O. Dangles, resp. bloc de formations N°2 : C. Le Bourvellec, enseignants : O. Dangles, C. Le Bourvellec, F. Chemat, S. Bureau, D. Page, A. Rolland-Sabaté, A. Leca, I. Souchon, F. Carlin, C. Duport, C. Dufour

Remarques éventuelles

Compléments éventuels aux éléments indiqués précédemment – liés au contexte, aux objectifs ou aux modalités de mise en œuvre.

L'unité a pu faire face au départ plusieurs cadres scientifiques majeurs (3 DR et 1 PR) pour retraite, mobilité et malheureusement décès par la promotion de nouveaux cadres scientifiques et l'arrivée de nouvelles personnalités. Ce qui témoigne ainsi du potentiel des ressources internes et de la confiance manifestées par les tutelles INRAE et AU.

Rappel sur l'indice « Projet » de la règle de calcul des dotations récurrentes de laboratoires.

La règle de ventilation des dotations récurrentes des laboratoires a été refondée en 2019, à la fois sur ses fondamentaux et dans sa mise en œuvre. Cette politique a été proposée initialement par un groupe de travail constitué des membres de la CR et des directeurs de laboratoires volontaires. Elle a ensuite été soumise à la CR et à l'assemblée des directeurs de laboratoire, qui l'ont amendée et validée.

Cette règle repose sur des indicateurs de coût de fonctionnement des laboratoires, un indice de performance issu de l'évaluation HCERES, un indice de projet qui apprécie la mise en œuvre effective des projets de laboratoires sur le contrat. Ce dernier indice doit permettre de mieux accompagner les laboratoires dans la mise en œuvre de leur projet. Il doit aussi les inciter à traduire leur projet en actions effectives et à planifier ces actions.

Il revient à chaque unité de recherche de déterminer son propre projet scientifique, qu'il s'agisse d'objectifs stratégiques, de modalités de fonctionnement du laboratoire ou des outils dont l'unité se dote pour atteindre ses objectifs. Le projet de laboratoire est précisé lors de l'évaluation HCERES mais peut évoluer au cours du contrat : il est naturel que l'évaluation elle-même oblige à modifier le projet de laboratoire et les projets doivent pouvoir être adaptés à l'évolution de l'environnement dans lequel les laboratoires évoluent.

Les projets peuvent donc être aménagés ou reconsidérés en cours de contrat.

L'indice projet n'évalue pas l'ambition scientifique d'un projet de laboratoire mais sa mise en œuvre effective au regard des objectifs du laboratoire et du projet d'établissement. Cette mise en œuvre doit être inscrite dans une feuille de route, définie par le laboratoire et qui peut être revue chaque année. L'évaluation est réalisée par la commission de la Recherche en formation plénière qui examinera, tous les deux ans, le suivi de la feuille de route.

Les actions pourront être évaluées selon les quatre critères suivants :

- l'engagement dans les axes identitaires de l'établissement ;*
- le développement des partenariats ;*
- le développement du rayonnement international ;*
- la politique du laboratoire hors ces trois premiers critères.*