

BOOK ASTRAGAL SADEA & ADFS

ASTRAGAL

Edition 2024



SNA SADEA

Systèmes agricoles durables et équipements agricoles
contribuant à la transition écologique

SNA ADFS

Alimentation durable et favorable à la santé

SOMMAIRE

ÉDITO	4	LA DISPARITION DES PESTICIDES DANS LA VIGNE APPROCHE Interview de François Delmotte	20	INRAE - INSTITUT MICALIS LA MICROBIOLOGIE DE L'ALIMENTATION AU SERVICE DE LA SANTÉ Interview d'Emmanuelle Maguin et Marie-C. Champomier-Verges	46
ENJEUX ET DÉFIS ASTRAGAL	5	MYCOPHYTO CONTINUE À TRAVAILLER AVEC LA RECHERCHE PUBLIQUE Interview de Justine Lipuma	22	LA STRATÉGIE DU GROUPE BEL Interview de Delphine Chatelin	50
APPORTS ATTENDUS DE L'INNOVATION Interview de Philippe Vissac	6	LE MARCHÉ DE L'AGRITECH ET SA SITUATION	25	LA FERMENTATION : UN LEVIER POUR UNE ALIMENTATION DURABLE ET FAVORABLE À LA SANTÉ Interview de Damien Paineau et Nadège Adouard	52
RENFORCER LE CONTINUUM ENTRE RECHERCHE ET INNOVATION, ENTRE AGRICULTURE ET ALIMENTATION Interview de Lilian Puech	8	PRIVILÉGIER LES RECHERCHES TRÈS COLLABORATIVES AVEC LES INDUSTRIELS Interview de Jean-Pierre Chanet	28	LA RÉVOLUTION DE L'EMBALLAGE Interview de Paul Malfoy	54
LE SECTEUR DES SEMENCES EN FRANCE	11	SYSTÈMES ALIMENTAIRES ET OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE	30	DEMETER INVESTISSEMENT Interview d'Éric Marty	56
SEMENCIER, UN ENGAGEMENT EN FAVEUR DE L'AGRICULTURE DURABLE Interview de Samuel Dousse	14	LA FOODTECH POUR SOUTENIR LES ENJEUX DE L'ALIMENTATION DURABLE ET FAVORABLE À LA SANTÉ	32	L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL AU CŒUR DE LA THÈSE D'INVESTISSEMENT Interview d'Anne-Valérie Bach et Juliette Raoul-Fortésa	58
DES PATHOGÈNES D'INSECTES AU SECOURS DES CULTURES Interview de Anne-Nathalie Volkoff	18	VERS UNE TRANSITION DU SYSTÈME ALIMENTAIRE Interview de Gilles Trystram	44		



Contrats ANR

Prématuration : SADEA : n°ANR-21-MATP-0301 | ADFS : n°ANR-21-MATP-0303
Maturation : SADEA : n°ANR-21-MATP-0302 | ADFS : n°ANR-21-MATP-0304

Le Consortium Astragal se mobilise pour l'agriculture



La pré-maturation et la maturation sont désormais reconnues comme des étapes cruciales pour rendre accessible le potentiel innovant des résultats de la recherche publique, faciliter le transfert de ces résultats vers des partenaires socio-économiques et générer de nouvelles start-ups.

Les défis auxquels sont aujourd'hui confrontées les productions agricoles et les entreprises agroalimentaires montrent bien qu'il existe un lien étroit, avec des interactions multiples, entre les transitions agricoles et agro-alimentaires. Aussi les partenaires d'ASTRAGAL ont choisi d'associer les objectifs des deux Stratégies Nationales d'Accélération*, « Systèmes Agricoles Durables et Équipements Agricoles Contribuant à la Transition Écologique » et « Alimentation Durable et Favorable à la Santé » dans leurs réflexions afin de favoriser les interactions tout en s'efforçant d'adopter une vision systémique des problématiques.

Porté par INRAE Transfert, la SATT AxLR et la SATT Paris-Saclay, le consortium ASTRAGAL réunit ainsi pour la première fois l'ensemble de partenaires nationaux (OTT, SATT et Universités) de ces domaines. Il se donne pour mission de concrétiser la transition

agro-écologique des systèmes agricoles en vue de produire une alimentation durable et bénéfique pour la santé. En s'appuyant sur les expertises locales de détection, de montage, de sélection et d'accompagnement de projets de ces membres, ASTRAGAL a pour ambition d'agir comme accélérateur et facilitateur, en lien avec les autres dispositifs de France 2030 dans ces thématiques, en particulier les PEPR « sélection végétale avancée », « Agroécologie et Numérique » et « Systèmes Alimentaires, Microbiome et Santé », et les grands défis « Robotique Agricole », « Ferments du futur » et « Biocontrôle et biostimulation ».

En se situant à l'interface avec la sphère socio-économique, ASTRAGAL contribuera à optimiser l'utilisation des dispositifs nationaux et locaux existants, et assurera un continuum fluide depuis la recherche initiale jusqu'à son transfert vers la sphère socio-économique.

Philippe NÉRIN
Président de la SATT AxLR

Réjane LE THINEVEZ
Directrice générale INRAE Transfert

Xavier APOLINARSKI
Président de la SATT Paris-Saclay

*<https://www.gouvernement.fr/strategies-d-acceleration-pour-l-innovation>

ENJEUX ET DÉFIS ASTRAGAL

D'ici 2050, notre planète comptera 10 milliards d'habitants, ce qui soulève de nouvelles questions économiques, sociologiques et scientifiques. Cette croissance démographique pose notamment un défi majeur : comment nourrir une population en expansion tout en préservant les ressources naturelles et en garantissant une alimentation saine pour tous ?

Le système alimentaire actuel est mécaniquement limité par la croissance démographique, la concentration en mégapoles, la standardisation des régimes alimentaires riches en lipides et en protéines animales, le vieillissement de la population. Les besoins alimentaires vont doubler et il nous faut d'ores et déjà penser le système alimentaire de demain avec l'ambition d'assurer à toute la population une alimentation sûre, diversifiée, en quantité suffisante, de bonne qualité nutritionnelle, issue d'une agriculture durable.

Le défi majeur de l'alimentation de demain réside dans le fait de résoudre l'équation entre la quantité d'aliments, la qualité de l'alimentation et la préservation de la planète. Pour réussir le défi, il faudra, d'une part, faire évoluer nos habitudes de consommation et évoluer vers une transition alimentaire et d'autre part, continuer d'innover dans les différents domaines permettant d'augmenter la sécurité alimentaire, développer une alimentation de précision répondant aux enjeux santé, d'améliorer la chaîne de transformation du champ à l'assiette de manière durable.

Parler alimentation, c'est réfléchir à la façon dont celle-ci est produite ; ainsi l'histoire de l'agriculture et celle de l'alimentation sont intimement liées depuis des siècles. Et parler de transition alimentaire implique tacitement de parler de transition agro-écologique. Les progrès de l'agriculture au XX^{ème}

siècle ont conduit à une augmentation importante de la productivité. Ces performances résultent d'un modèle de développement agricole fondé sur l'utilisation croissante d'intrants (semences, engrais et produits phytosanitaires) pour maximiser les rendements, l'intensification des méthodes de production, la spécialisation des productions à l'échelle des exploitations agricoles et des territoires.

Aujourd'hui la transition agro-écologique doit favoriser l'abandon peu à peu des énergies fossiles, les fertilisants, les engrais chimiques au profit de solutions portées par l'innovation.

Ces solutions doivent intégrer une meilleure gestion des ressources, la préservation des sols, de la biodiversité, des services écosystémiques, mais également proposer des solutions adaptées au défi climatique, des solutions aidant à la gestion des aléas en agriculture.

L'alimentation et l'agriculture sont au cœur des enjeux de durabilité puisqu'elles sont aujourd'hui porteuses de déséquilibres environnementaux, économiques

et sociaux. Repenser notre agriculture et notre mode de consommation alimentaire a évidemment un impact sur la société et l'ensemble des acteurs économiques qui la composent.

Pour accompagner la transition agroécologique et alimentaire, la mise en place de SNA permet d'identifier les principaux enjeux de transition socio-économique de demain et d'y investir de façon exceptionnelle et massive dans une approche globale. Les stratégies d'accélération SADEA et ADFS ont pour objectif de répondre aux enjeux de durabilité, en accélérant les projets sur l'ensemble de la chaîne de valeur, impliquant la synergie des entreprises et des acteurs de l'innovation dans l'élaboration de solutions innovantes, qu'elles soient techniques ou organisationnelles.

Parler alimentation, c'est réfléchir à la façon dont celle-ci est produite ; ainsi l'histoire de l'agriculture et celle de l'alimentation sont intimement liées depuis des siècles.

LES APPORTS ATTENDUS DE L'INNOVATION

Philippe VISSAC,

Coordinateur national pour le volet agricole de France 2030
ASTRAGAL SADEA



Quels sont les champs de recherches concernés par l'Agritech ? Quel est son périmètre dans le cadre de la SNA Astragal SADEA ?

Dans le cadre du volet agricole de France 2030, la robotique agricole, le bio-contrôle, les bio stimulants, la génétique et le numérique - tissu conjonctif de l'ensemble - sont nos axes stratégiques.

La robotique permet de décarboner, les solutions de bio-contrôle se substituent au moins partiellement aux pesticides qui ont des impacts négatifs sur l'environnement et sur la santé, et les bio-stimulants sont une priorité en substitution aux engrais de synthèse extrêmement énergivores en énergie fossile.

Nous élargissons ces thématiques à des matériels qui se combinent avec elles. Nous nous intéressons également aux combinatoires entre les alternatives aux phytos, avec la robotique. Ceci nous donne une capacité d'action extrêmement étendue... Ce qui n'est pas sans conséquence dans les priorités que nous pouvons avoir en termes de valorisation des travaux de la recherche.

Enfin, l'adoption de techniques alternatives nous invite à interpeller les SHS (Sciences humaines et sociales) pour favoriser l'utilisation et la co-conception de l'innovation et la prise de risques liés aux nécessaires transitions.

Comment se situe la recherche agronomique française au plan international ?

Sur les critères de transfert et d'innovation qui sont à la base de France 2030, nous agissons toujours pour rester dans le peloton de tête de la recherche ou pour le rattraper. Pour atteindre cet objectif centré sur la création de valeurs, les chercheurs doivent sans doute objectiver et bien prioriser les thèmes de recherche sur lesquels la recherche publique et la recherche appliquée sont attendues.

Nous avons à leur re-donner des priorités de moyen et de long terme pour regagner de la souveraineté là où nous l'avons perdue et pour mieux proposer une alimentation saine, durable et traçable aux citoyens français et européens. Le consortium Astragal doit y participer activement.

Quel type d'évolution fonctionnelle serait souhaitable pour la recherche ?

Mon credo, c'est d'être beaucoup plus pro-actif avec le monde de la recherche et le faire selon des modalités d'innovation ouverte.

Il faut travailler sur la transdisciplinarité : plusieurs équipes doivent pouvoir travailler ensemble pour avancer sur des sujets complexes qui caractérisent les transitions (se passer de pesticides, ...). Il y a des exemples extrêmement intéressants impliquant des chercheurs de l'INRAe et au Cirad qui prennent l'habitude de collaborer entre eux et avec des tiers, parties prenantes. J'aimerais que nous arrivions à constituer grâce à France 2030 des communautés dans lesquelles il y ait des groupes de disciplines en interaction et en rapport avec les questions posées.

Cette idée fait la force de nombre d'organismes de recherche dans le monde. Elle suppose bien entendu de se distraire de la logique de l'angle de vue exclusif des autres. Ainsi, dans un contexte néerlandais, vous avez la formation, la recherche et le développement qui se concertent en permanence sur des enjeux partagés. Sous l'impulsion d'acteurs

formés à aborder la complexité, on s'appuie sur des contributions de diverses disciplines au contact d'acteurs qui font du développement.

Comment amener ces chercheurs vers cette dynamique ?

Ce qui nous intéresse avec France 2030, c'est de faire évoluer la relation que nous avons avec nos collègues de la recherche finalisée et appliquée autour d'une autre manière de se mobiliser.

S'agissant d'ASTRAGAL, au-delà des apports d'INRAe, nous avons aussi comme objectif avec la participation des SATT d'élargir la palette des

leviers innovants et alternatifs (transitions) à des technologies qui ont été mises au point dans d'autres secteurs que le secteur agro, de les considérer comme pouvant avoir un effet positif

sur les enjeux que nous avons à traiter. Ce serait extrêmement intéressant de regarder comment ces technologies de transfert pourraient être déclinées dans le cadre de notre dynamique ASTRAGAL et d'essayer de les mettre en œuvre dans le secteur agricole, moyennant un investissement pour les acclimater.

Il y a là un travail de typologie, de tri et de mise à l'épreuve sur sites de ces leviers innovants. Partant d'une ambition agro écologique, voyons comment ces leviers se comportent, seuls ou combinés, dans la diversité des situations agro pédo-climatiques avec l'apport précieux des sites expérimentaux. Il y en a à INRAe qui sont remarquables, mais aussi dans les instituts techniques, les chambres d'agricultures, les coopératives, les lycées agricoles et cela constitue un maillage extrêmement puissant pour parler d'agro-écologie auprès des professionnels soucieux des risques qu'ils prennent en changeant leurs systèmes de production.

Que proposez-vous pour que les chercheurs adhèrent à cette stratégie ?

Nous devons distinguer plusieurs temps. Premier temps, étape de l'offre. On ne fera pas l'économie d'une vision circulaire d'offre des travaux de la recherche. Les chercheurs vont formuler des concepts qui pourront nous intéresser. Nous entrons dans la zone de la pré-maturation... Ce repérage nous intéresse en lien avec nos enjeux à marteler : décarbonation, moindre utilisation d'intrants, préservation de la biodiversité, maîtrise de l'alimentation saine et durable, etc.

Deuxième temps : existe-il une perspective de valorisation de ces travaux pour une filière, sur un territoire et en prenant en compte l'effet du changement climatique ? Peut-on aller plus loin dans des schémas d'innovation ouverte ? L'offre française

est-elle en concurrence avec une offre internationale préexistante ? Il y a une dimension veille à intégrer, cela va de pair avec la conception de leviers par les partenaires d'ASTRAGAL.

Enfin, dernier élément qui entre en ligne de compte : comment fait-on pour aller très vite d'une hypothèse de levier innovant à sa vérification, c'est-à-dire à sa stabilisation dans une zone d'adoption par les agriculteurs ? C'est la maturation portée par l'idée que l'on va promouvoir des systèmes agro écologiques y compris en combinant plusieurs leviers à la fois... Cette maturation va s'adresser à ces centaines de situations rencontrées sur le terrain par d'autres que des chercheurs : ce levier va être testé y compris sous son aspect économique dans un grand nombre de situations et surtout, c'est ma troisième étape à aborder avec ASTRAGAL, en combinaison avec d'autres.

Ce faisant on revisite les réseaux impliquant les acteurs de la chaîne des transitions en organisant le retour des utilisateurs vers les concepteurs de leviers.

« Mon credo c'est d'être beaucoup plus pro-actif avec le monde de la recherche et le faire selon des modalités d'innovation ouverte... »

RENFORCER LE CONTINUUM ENTRE RECHERCHE ET INNOVATION, ENTRE AGRICULTURE ET ALIMENTATION

Lilian PUECH,

Coordinateur national pour le volet alimentation France 2030
ASTRAGAL ADFS



Quels sont les objectifs retenus dans le cadre de la stratégie nationale Alimentation durable et favorable et à la santé (ADFS) ?

Trois objectifs majeurs sont poursuivis en lien avec l'objectif de souveraineté s'agissant d'une alimentation saine, durable et traçable.

Tout d'abord, mieux comprendre les liens entre la santé et l'alimentation pour mieux adapter son alimentation. Ensuite, accompagner toutes les transitions, notamment numériques et écologiques, de l'industrie et de la transformation agro-alimentaire. Enfin, répondre aux besoins et aux attentes des consommateurs en termes d'alimentation respectant les qualités sanitaire, nutritionnelle, organoleptique et, de plus en plus prégnante, la qualité environnementale.

Comment comptez-vous atteindre ces objectifs ?

En conduisant en synergie les objectifs et les actions des deux stratégies nationales « Systèmes agricoles durables et équipements agricoles contribuant à la transition écologique (SADEA) » et ADFS qui sont interdépendantes, et

en renforçant, au travers des projets lauréats, le continuum, la dynamique et les réseaux d'acteurs, depuis la recherche jusqu'à l'innovation. Ceci passe en particulier par l'appui à des dispositifs qui fédèrent les forces des acteurs concernés (PEPR* ou Grands défis, appels à projets). Le consortium Astragal contribue à ce continuum : il doit avoir un rôle essentiel dans cette approche en identifiant et en soutenant, aux étapes de prématuration et de maturation, les projets les plus susceptibles de contribuer aux objectifs des stratégies et en créant les conditions les plus favorables à l'expression de leur potentiel d'innovation.

Quelles actions souhaitez-vous voir mener par le consortium Astragal dans le cadre des relations avec des professionnels, des industriels et les investisseurs ?

Nous sommes devant une difficulté bien connue : nos équipes de recherche sont reconnues par les publications qui sont généralement de grande qualité mais la possibilité de déposer des brevets et le transfert de technologies ne sont pas systématiquement et suffisamment intégrés dès l'initiation et tout au long de la réalisation des travaux de recherche. Avec Astragal, le travail coordonné par les deux SATT et INRAe Transfert renforcera cette dimension, notamment en incitant, de manière plus précoce, à une plus grande implication des acteurs économiques et des instituts techniques.

Astragal, en créant ces interactions, favorisera la pluridisciplinarité, voire la transdisciplinarité, indispensable pour relever, grâce à l'expérimentation et à l'innovation dans ses domaines de compétence, les défis complexes auxquels le secteur Agri-Agro est confronté.

Quels sont les atouts des laboratoires français dans un univers de concurrence internationale ?

La recherche française dans les domaines agricole et alimentaire est reconnue sur la scène internationale. Il n'y a pas d'organismes équivalents à INRAe par sa taille et ses compétences (agriculture, alimentation et environnement), ni au niveau européen, ni au niveau mondial.

Avec nos deux stratégies, nous avons surligné des champs d'innovations sur lesquels la recherche française doit se positionner pour rester ou devenir leader. Citons, par exemple, les ferments pour lesquels de nombreuses compétences publiques et privées sont présentes en France et dont une grande partie est réunie au sein du Grand défi Ferments du futur, soutenu par France 2030. Faire du pain, de la bière ou du vin, c'est important mais ce n'est pas nouveau. Il y a là un travail qui est engagé pour essayer de mieux comprendre et de mieux construire des combinatoires bactériennes qui permettront de développer des nouveaux produits. L'évolution des consommations alimentaires avec en particulier des objectifs de diversification des sources de protéines, pour une alimentation plus végétale, crée un enjeu énorme et appelle le développement de produits innovants en particulier grâce à la fermentation. Astragal devra contribuer à la dynamique en lien avec ce Grand défi.

Qu'est ce qui peut motiver un chercheur à faire du transfert de technologie ?

Tous les chercheurs, en plus de contribuer à la production de connaissances scientifiques, ont la préoccupation que les résultats de leurs travaux de recherche soient utiles à la société. Et il existe des dispositifs réglementaires d'évaluation et d'incitation, y compris financière, susceptibles de motiver les chercheurs. En revanche, ils ne sont pas toujours accompagnés, lors de la conception et du

lancement d'un projet de recherche, pour envisager (le peut-on toujours ?) quels pourraient être les développements ultérieurs de leurs travaux en termes d'utilité sociale et/ou économique.

Dans cette perspective, l'évolution prise depuis plusieurs années dans le domaine agricole et agroalimentaire sous l'impulsion d'INRAe (Inra auparavant) pour maintenir un équilibre dans les travaux de recherche entre la « curiosité » qui permet dans un premier temps le seul accroissement de connaissances et la poursuite d'un impact social est à saluer et à prolonger avec Astragal.

Comment pourrait se traduire le succès du consortium Astragal ?

Astragal doit nous aider à renforcer le continuum entre la recherche et l'innovation, entre l'agriculture et l'alimentation.

L'implication dans les instances de gouvernance des acteurs principalement concernés par la dynamique (membres du consortium, dispositifs France 2030 – PEPR et Grands défis -, coordinateurs et experts) est déjà en soi une avancée à saluer.

Il faut renforcer la visibilité des success stories que le consortium appuiera... et les industriels viendront naturellement vers Astragal. Ils comprendront tout ce que l'on peut leur apporter. Simultanément, il faut œuvrer pour que la mentalité de tous les acteurs change s'agissant des raisonnements selon lesquels les objectifs et les ambitions du public et du privé ne seraient pas compatibles. C'est à l'aune de cette mobilisation conjointe que l'on pourra mesurer le succès d'Astragal.

Aux Pays-Bas, industriels, recherche et politiques vont « bras dessus bras dessous » à la recherche des marchés à l'étranger. Y parvenir ici serait un grand succès.

Un coup d'avance avec la normalisation...

« Astragal doit également nous aider en matière de normalisation. C'est un outil très puissant en matière de compétitivité. Américains, Chinois, Allemands... l'ont bien compris. Que ce soit pour des méthodes d'analyse, des caractérisations, des définitions de produits, des conditions de sécurité ou de qualité, celui qui a la plume pour définir la norme a un coup d'avance, particulièrement dans le champ de l'innovation. C'est un sujet d'importance dans la dynamique de France 2030 et Astragal peut être incitatif sur le sujet auprès des chercheurs, ingénieurs, techniciens de laboratoires, mais aussi des développeurs et du secteur privé. »



LE SECTEUR DES SEMENCES EN FRANCE

Rôle essentiel du secteur des semences en France

Le secteur des semences constitue une activité agricole d'importance majeure en France. Impliquant 17 800 agriculteurs multiplicateurs de semences, il se distingue par sa dynamique notable avec un chiffre d'affaires dépassant les 3,6 milliards d'euros au cours de la campagne 2021/2022.

Cette performance représente une augmentation significative de 11,5 % par rapport à la période 2018/2019.

L'exportation de semences françaises joue un rôle substantiel dans cette dynamique, totalisant près de 2 milliards d'euros (campagne 2021/2022).

La France occupe la position de leader mondial des exportations de semences de grandes cultures, surpassant les États-Unis d'Amérique et l'Allemagne. La filière semences et plants représente 32 % du solde commercial du commerce extérieur français des produits de l'agriculture et de l'élevage. De plus, elle est le premier producteur européen de semences.

Avec plus de 70 entreprises spécialisées, la filière se manifeste par un ancrage territorial fort, principalement dans le tiers Nord Est de la France, le Sud-Ouest, le long de la vallée du Rhône et à Clermont-Ferrand. Les métiers de la semence sont

regroupés en trois grandes familles : la recherche/sélection, la production et la mise en marché de semences, ce qui se traduit par une large diversité d'entreprises.

Ce secteur se distingue par son engagement continu dans la recherche et le développement (R&D), allouant en moyenne 11 % du chiffre d'affaires à ces activités. La filière des céréales et protéagineux se positionne comme la plus innovante, investissant un montant de 24 % de son chiffre d'affaires en R&D. De plus, les 10 plus gros sélectionneurs à l'échelle mondiale et membres de l'union

française des sélectionneurs (UFS) investissent plus de 14 % de leur CA lié à la semence en R&D.

Cette orientation vers l'innovation reflète la volonté du secteur de rester à la pointe des avancées technologiques, répondant ainsi aux défis actuels et futurs de l'agriculture. Parmi ces défis, citons l'adaptation des plantes au changement climatique, le développement d'une grande biodiversité de plantes cultivées, la réduction des intrants chimiques et des produits de traitement ainsi que la garantie de la sécurité alimentaire et sanitaire.

Ce secteur se distingue par son engagement continu dans la recherche et le développement (R&D), allouant en moyenne 11 % du chiffre d'affaires à ces activités.

Classification par Catégories selon SEMAE

SEMAE, l'interprofession des semences et plants, classe les filières semences en catégories distinctes. Ces catégories comprennent les céréales à paille et protéagineux, le maïs et le sorgho, les plantes fourragères, les betteraves, les plants de pomme de terre, les oléagineux et fibres, ainsi que les plantes potagères et florales.



Sources

- Ministère de l'agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2021. Infographie – les semences, un secteur de premier plan pour la France. Disponible : agriculture.gouv.fr/infographie-les-semences-un-secteur-de-premier-plan-pour-la-france
- SEMAE, 2023. Etudes et données statistiques. Disponible : www.semae.fr/etudes-donnees-statistiques-semences/#indicateurs-utiles-a-la-filiere
- SEMAE, 2023. Les données économiques du secteur des semences. Disponible : www.semae-pedagogie.org/donnees-economiques-filiere-secteur-semences
- UFS, 2023. La filière semences. Disponible : www.ufs-semenciers.org/la-filiere-semences/histoire/
- UFS, 2023. Classement semenciers par Chiffre d'affaires 2022-2023.

Principales Catégories et Performances Économiques :

CÉRÉALES À PAILLE ET PROTÉAGINEUX

- **6 337** agriculteurs multiplicateurs ;
- **331 millions d'€** de chiffre d'affaires ;
- **22** entreprises de sélection ;
- **88** entreprises de production ;
- **864** entreprises de distribution ;
- Environ **90** nouvelles variétés par an ;
- **908** variétés inscrites sur les listes du catalogue officiel français.
- **558 000 t** de semences produites sur 139 614 hectares.

SEMENCES FOURRAGÈRES ET À GAZON

- **4 165** agriculteurs multiplicateurs ;
- **307 millions d'€** de chiffre d'affaires ;
- **12** entreprises de sélection ;
- **50** entreprises de production ;
- **3 174** entreprises de distribution ;
- Environ **55** nouvelles variétés par an ;
- **918** variétés inscrites sur les listes du catalogue officiel français.
- **28 900 t** de semences produites sur 48 774 hectares.

PLANTS DE POMMES DE TERRE

- **804** agriculteurs multiplicateurs ;
- **245 millions d'€** de chiffre d'affaires ;
- **5** entreprises de sélection ;
- **57** entreprises de production ;
- **3 021** entreprises de distribution ;
- Environ **10** nouvelles variétés pas an
- **229** variétés inscrites sur les listes du catalogue officiel français.
- **668 000 t** de semences produites sur 23 192 hectares.

LINS ET CHANVRE

- **1 200** agriculteurs multiplicateurs ;
- **21** millions d'€ de chiffre d'affaires ;
- **6** entreprises de sélection ;
- **22** entreprises de production ;
- **227** entreprises de distribution ;
- Environ **5** nouvelles variétés par an ;
- **1 900 t** de semences produites sur 26 882 hectares.

MAÏS ET SORGHO

- **4 212** agriculteurs multiplicateurs ;
- **1 113 millions d'€** de chiffre d'affaires ;
- **11** entreprises de sélection ;
- **41** entreprises de production ;
- **855** entreprises de distribution ;
- Environ **80** nouvelles variétés par an ;
- **1 038** variétés inscrites sur les listes du catalogue officiel français ;
- **257 000 t** de semences produites sur 70 700 hectares.

BETTERAVES ET CHICORÉE INDUSTRIELLE

- **1 085** agriculteurs multiplicateurs ;
- **203** millions d'€ de chiffre d'affaires ;
- **6** entreprises de sélection ;
- **20** entreprises de production ;
- **564** entreprises de distribution ;
- Environ **50** nouvelles variétés par an ;
- **504** variétés inscrites sur les listes du catalogue officiel français ;
- **11 000 t** de semences produites sur 5 783 hectares.

PLANTES OLÉAGINEUSES

- **3 391** agriculteurs-multiplicateurs ;
- **524** millions d'€ de chiffre d'affaires ;
- **14** entreprises de sélection ;
- **59** entreprises de production ;
- **698** entreprises de distribution ;
- Environ **70** nouvelles variétés par an ;
- **497** variétés inscrites sur les listes de catalogue officiel français.
- **58 900 t** de semences produites sur 42 252 hectares.

PLANTES POTAGÈRES ET FLORALES

- **2 582** agriculteurs multiplicateurs ;
- **770** millions d'€ de chiffre d'affaires ;
- **27** entreprises de sélection ;
- **92** entreprises de production ;
- **4 730** entreprise de distribution ;
- Environ **190** nouvelles variétés par an ;
- **3 070** variétés inscrites sur les listes du catalogue officiel français.
- **23 774 hectares** de production de semence.

SEMENCIER, UN ENGAGEMENT EN FAVEUR DE L'AGRICULTURE DURABLE

Samuel Dousse (HM Clause, société - groupe Limagrain) est responsable global de recherche agronomique et industrielle. Il a une grande expertise en sélection d'espèces potagères. Son entreprise est adhérente de l'UFS, Union Française des Semenciers et Samuel Dousse s'implique en siégeant au comité obtention de la section potagère et florale et anime un groupe de discussion sur la durabilité.



Face à la raréfaction des ressources et l'augmentation des besoins alimentaires liées à l'augmentation de la population, quels sont les défis pour la filière semencière ?

Pour faire face à la diminution des ressources et au changement climatique, il nous faut sélectionner des variétés adaptées à ces contraintes, tout en garantissant les standards de production de semences pour l'approvisionnement des producteurs. Nous sélectionnons ainsi les variétés résistantes aux stress abiotiques (température, la radiation, la sécheresse...) et biotiques (facteurs de maladies). Les ressources génétiques à notre disposition nous ont permis depuis de nombreuses années d'identifier des résistances et de les introduire dans les variétés commerciales. Un des défis est de constamment s'adapter à des

maladies émergentes. Concernant les ressources telles que l'eau, les espèces légumières sont un peu moins concernées, car beaucoup d'innovations agronomiques ont permis une consommation plus ajustée en eau, engrais et intrants. Par ailleurs, grâce à la sélection variétale, nous répondons aux contraintes des producteurs, telles que la disponibilité des intrants sur leur zone de production, de plus en plus sous contraintes hydriques et contraintes de température. Nous travaillons également sur la rusticité des variétés. Les différentes sélections par rapport aux stress biotiques sont primordiales et permettent d'assurer la rentabilité de la production tout en limitant la perte en production liée aux maladies et en réduisant l'utilisation de produits phytosanitaires. La sélection des variétés s'inscrit donc dans la durabilité au sens premier. Pour accompagner la transition écologique, la semence est un levier de durabilité pour les systèmes agricoles.

La sélection variétale a beaucoup évolué ces 40 dernières années. Quels sont les nouveaux enjeux ?

La graine est le point de départ de la chaîne alimentaire. En termes de semences potagères, nous développons des variétés adaptées à chaque bassin de production, qui diffèrent par leurs contraintes climatiques, contraintes liées aux pratiques agricoles, ou contraintes liées à la consommation et à la disponibilité des intrants. Idéalement, nous souhaiterions avoir une variété qui puisse répondre à tous les bassins mais cette uniformisation serait au détriment de la diversité des pratiques agricoles, des typologies des légumes, des marchés et des

rendements de production. En plus de l'adaptation des variétés aux bassins de production, nous répondons aux contraintes de rentabilité des producteurs en diversifiant l'offre variétale et typologique des espèces, permettant de segmenter le marché afin de satisfaire les consommateurs toujours à la recherche de produits différents. Nous apportons ainsi une solution à chaque système agricole, qui permet de garantir une production durable et adaptée aux souhaits des consommateurs.

La sélection végétale est une activité essentielle pour l'avenir d'une agriculture durable.

Quels sont les enjeux des semenciers concernant la sécurité alimentaire et sécurité sanitaire ?

La contribution des semenciers à la sécurité alimentaire repose en grande partie sur l'approvisionnement en semences des producteurs dans le monde. Elle passe par un cadre réglementaire rigoureux qui garantit la sécurité sanitaire et la qualité des semences. La filière semencière doit fournir aux agriculteurs des semences bénéficiant d'une qualité sanitaire contrôlée et sans compromis. La France s'illustre par sa filière semencière puisque nous sommes des leaders mondiaux en semences, montrant ainsi notre capacité à promouvoir notre savoir-faire par-delà les frontières.

Quels sont les besoins d'innovation de la filière semencière pour assurer l'alimentation de demain ?

De nouvelles maladies émergent régulièrement et créer une nouvelle variété prend environ dix ans. Toutes les innovations d'accélération pour identifier les cibles de sélection seront une aide précieuse pour l'avenir. La biologie moléculaire et le screening indirect par marquages ont été, et demeurent, des outils d'innovation clés pour nous aider. Demain, les NGT (new genomic techniques) pourraient nous permettre d'accélérer la sélection et nous permettraient d'être plus réactifs par rapport à l'émergence de nouvelles maladies. Notre capacité d'adaptation est corrélée à notre capacité d'aller vite dans l'innovation, de trouver des caractères innovants et de les mettre à disposition des producteurs.

Actuellement, quelle est l'importance de la biodiversité des semences ?

Dans le cas des espèces légumières, la diversité est primordiale pour offrir des variétés de plus en plus adaptées aux différents écosystèmes. L'apport génétique est très important en introduisant notamment des caractéristiques issues de plantes historiques et espèces sauvages. Le maintien de cette diversité est possible grâce à un effort collectif qui repose sur les instances et collaborations privées et publiques. Nous collaborons ainsi à la création de collections de ressources génétiques. Par ailleurs, les semenciers développent également leurs propres collections. Ces collections sont très importantes pour la recherche et la sélection pour créer les variétés de demain mais aussi pour maintenir cette diversité.

« La durabilité n'est pas de permettre uniquement ce qu'on fait aujourd'hui, mais ne pas compromettre les moyens des générations suivantes de continuer à produire »

Selon votre expérience et votre expertise dans le développement de semences, la productivité des cultures et le développement durable sont-ils parfaitement compatibles ?

On a souvent opposé ces deux notions, mais pour ma part, je pense que c'est compatible. L'adaptation à chaque bassin de production, la précision de l'offre en fonction des contraintes biotiques, abiotiques, permettra de rentabiliser les exploitations en assurant une offre pour les consommateurs. Les semenciers ne seront qu'une partie de l'équation, les agronomes, les agriculteurs, les consommateurs, chacun y contribuera. La durabilité n'est pas de permettre uniquement ce qu'on fait aujourd'hui, mais ne pas compromettre les moyens des générations suivantes de continuer à produire.

Pour rappel, qu'est-ce que la durabilité ? La définition écologique de la durabilité provient du rapport Brundtland rédigé en 1987 et décrit le développement durable comme un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre les capacités des générations futures à répondre aux leurs.

Fertilisants organiques et bio-stimulants

Le marché s'organise autour d'une majorité de PME, dont beaucoup de startups fortement encouragées

Le développement de fertilisants organiques et biostimulants est clé à la fois pour diminuer et pour optimiser l'usage des engrais minéraux (azotés et phosphatés notamment) dans un contexte de forte dépendance commerciale.

Les fertilisants organiques :

- Les engrais organiques sont fabriqués à partir de sous-produits d'origine animale ou végétale (fumiers, lisiers, fientes, algues, etc.). Ils doivent être transformés sous une forme minérale par le sol pour pouvoir être utilisés par la plante.

- Les amendements :

Ils améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Ils peuvent être soit minéraux, soit organiques. Les amendements sont des fertilisants mais ne sont pas considérés comme des engrais.

- Les biostimulants :

Ce sont des substances ou des micro-organismes destinés à stimuler le développement des cultures végétales, l'absorption de fertilisants, la tolérance au stress abiotique, etc.

La France importe environ 60% des engrais minéraux qu'elle consomme, notamment de la Russie (2ème exportateur d'engrais de synthèse au monde ; 12,5% des importations françaises d'urée) et 95% des minéraux nécessaires à leur fabrication sur le territoire, en particulier le phosphore qui provient du Maroc (80%) et de la Suède (10%). Elle importe également la quasi-totalité du gaz nécessaire à la fabrication des engrais azotés.

L'écosystème des biostimulants est assez récent contrairement à celui des fertilisants organiques, qui sont utilisés depuis le début de l'agriculture (effluents d'élevage).

En France, les producteurs sont à la fois des acteurs majeurs des engrais chimiques qui se diversifient vers la production de fertilisants organiques et de biostimulants, et de nouveaux acteurs (PME / startups).

L'ANSES a pour mission de délivrer les autorisations de mise sur le marché pour les produits innovants.

Le marché des fertilisants organiques et des biostimulants (hors fumiers et effluents «autogérés») est constitué de producteurs d'engrais chimiques qui se diversifient et d'une majorité de PME, dont beaucoup de startups, qui constituent un vivier à fort potentiel.



Quelques chiffres clés :

284 M€
pour les engrais organiques (Xerfi), 36 % des fertilisants commercialisés en France

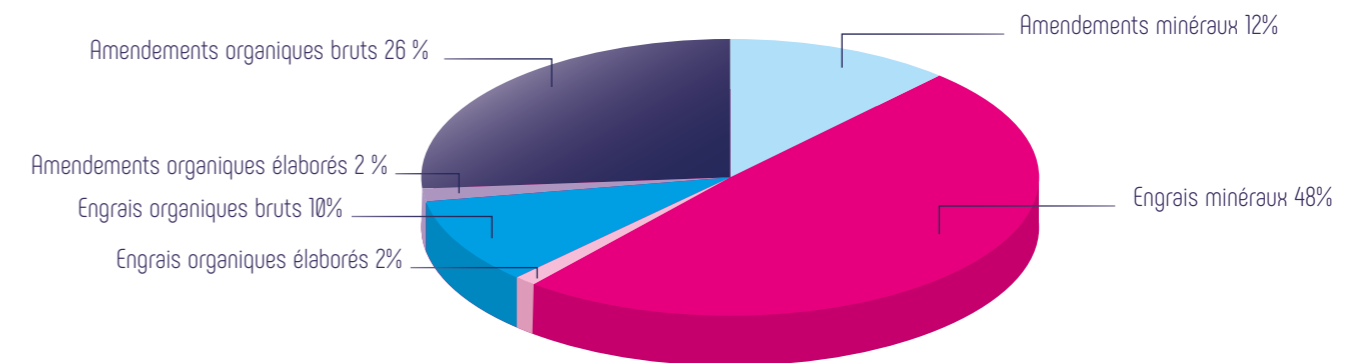
100 M€
pour les bio-stimulants (AFAIA-Ebic)

Depuis 2016, les professionnels connaissent une progression «à deux chiffres» chaque année pour les biostimulants (AFAIA)

Fertilisants commercialisés en France en 2020

Environ 18 millions de tonnes de fertilisants (engrais et amendements) sont commercialisés chaque année en France.

Répartition des fertilisants commercialisés en France (2020) (source Unifa/AFAIA)



Les industriels les plus innovants (portefeuille de brevets)

Les 9 industriels les plus innovants sont essentiellement localisés en Allemagne, au Japon et en Chine.

1. John Deere

(US, fabricant de machines agricoles)

2. CNH Industrial

(UK, fabricant de machines agricoles)

3. Guangzhou Haircraft Technology CO., LTD

(Chine, Drones-robots-IA-IOT pour l'agriculture)

4. SGCC - State Grid Corporation of China

(Chine, distributeur d'électricité)

5. Iseki & CO LTD

(Japon, fabricant de machines agricoles)

6. Bayer

(Allemagne, Pharma / Agrochimie)

7. Yanmar Power Technology CO LTD

(Japon, fabricant de machines agricoles)

8. SZ DJI Technology

(Chine, drones agricoles)

9. AGCO

(US, fabricant de matériels agricoles)

Dynamique des dépôts de brevets

La dynamique des dépôts de brevets la plus forte au niveau mondial est en Chine suivie par les États-Unis, la Corée du Sud, l'Europe, l'Inde et le Japon. Leur nombre est passé de 5 000 par an en 2012 à plus de 25 000 en 2020 (années suivantes non disponibles en raison des délais de publication)

À noter qu'aucun industriel français n'est recensé dans le TOP 10 mondial des industriels les plus innovants.

DES PATHOGÈNES D'INSECTES AU SECOURS DES CULTURES

Anne-Nathalie Volkoff dirige l'unité DGIMI* qui se consacre à l'étude des mécanismes d'interactions entre les insectes ravageurs de cultures, leur cortège de pathogènes et parasites et leurs plantes hôtes.



Pourquoi vos travaux peuvent-ils s'insérer dans la dynamique de la SNA Astragal SADEA en matière de biocontrôle ?

Notre unité travaille essentiellement sur des organismes pathogènes d'insectes ravageurs des cultures. Nous orientons nos recherches vers l'étude et la découverte de microorganismes, virus ou bactéries par exemple, qui pourraient être utilisés en lutte contre les insectes ravageurs, pour leurs propriétés pathogènes, voire de stimulation des défenses des plantes. Ces travaux nous conduisent bien naturellement vers d'éventuels transferts ou des relations étroites avec des entreprises.

Quelles sont aujourd'hui les cultures les plus intéressées par vos travaux ?

Nous avons d'ores et déjà des partenariats divers touchant au maïs et la pomme de terre, notamment via l'utilisation de nématodes, petits vers vivant dans les sols où ils chassent et pénètrent dans les insectes pour les tuer. Une fois dans l'insecte, ces nématodes relâchent des bactéries présentes dans leur tube digestif qui sont mortelles pour les insectes. Dans le cadre de nos partenariats, nous recherchons à la fois des nématodes et des bactéries intéressantes pour la lutte contre les insectes ravageurs du sol. Ces vers sont d'autant plus intéressants qu'il n'y a que très peu de solutions même chimiques contre ces insectes vivant dans les sols.

Avez-vous une expérience des transferts de technologies ?

Nous avons quelques contrats de recherche avec des entreprises de bio-contrôle, par exemple sur l'utilisation des nématodes ou des virus entomopathogènes, mais aussi avec une société dans le secteur médical. Dans ce dernier cas, ce sont les capacités des bactéries que nous étudions à produire une panoplie de molécules antibiotiques, dont certaines peuvent avoir un intérêt clinique, qui est exploité.

Quelle expérience tirez-vous de vos échanges avec le monde économique ?

Nous sommes, dans notre communauté de chercheurs, déjà sensibilisés aux transferts de technologies. Néanmoins, lorsque nous avons des résultats, nous pensons généralement d'abord « publication scientifique » avant d'envisager une démarche avec un organisme pour réaliser un transfert. Ce n'est pas encore dans nos réflexes.

« Nous orientons nos recherches vers l'étude et la découverte de microorganismes, virus ou bactéries par exemple, qui pourraient être utilisés en lutte contre les insectes ravageurs, pour leurs propriétés pathogènes, voire de stimulation des défenses des plantes. »

Qu'est-ce qui motive les chercheurs à faire du transfert de technologies ?

Avant toute chose, c'est la fonction sociétale qui peut motiver les chercheurs à s'intéresser à se lancer dans des transferts de technologie pour leurs travaux. Viennent ensuite les moyens dont il sera possible de disposer pour mener à bien sa recherche.

Quel serait le bénéfice de travailler avec le consortium Astragal ?

Bien entendu, bénéficier de l'environnement d'accompagnement et de moyens mis en œuvre. Mais il faut souligner que la démarche du transfert doit encore être très proactive auprès des chercheurs. Selon l'histoire, la discipline, la localisation d'un laboratoire, les chercheurs ont un accès plus ou moins limité à l'information. Avec les nouveaux moyens mis en œuvre, avec Astragal, nous pouvons espérer que tout ceci œuvre dans la bonne direction.

*DGIMI : Diversité, Génomes et Interactions Microorganismes Insectes

DGIMI est une unité mixte de recherche ayant pour tutelles l'INRAE et l'Université de Montpellier qui regroupe une trentaine de chercheurs.

Les recherches développées dans l'UMR DGIMI sont consacrées à l'étude des mécanismes d'interactions entre les insectes ravageurs de cultures, leur cortège de pathogènes et parasites et leurs plantes hôtes. Ces recherches prennent en compte la diversité des partenaires et s'appuient sur la connaissance de leurs génomes.

LA DISPARITION DES PESTICIDES DANS LA VIGNE APPROCHE

François Delmotte, chercheur à INRAE, est directeur de l'Unité mixte de Recherche SAVE - Santé et agroécologie du vignoble - et directeur scientifique de l'ISVV - Institut des sciences de la vigne et du vin.



De quelle manière orientez-vous vos travaux de recherche ?

Nous avons six ans pour accélérer la recherche. Nous développons des recherches sur des fronts de sciences et des domaines insuffisamment explorés comme le microbiote de la vigne ou les méthodes de prévention basées sur la prophylaxie. L'idée, comme quand on se lave les mains pour le Covid, c'est de retirer l'inoculum des maladies dans les parcelles de vigne. Ces approches, basées sur la rupture du cycle sexué du pathogène, vont permettre de diminuer la prévalence des maladies sur le terrain l'année suivante. De même, la recherche de microorganismes antagonistes aux maladies était très peu explorée jusqu'à présent puisqu'on avait des pesticides très efficaces.

Nous travaillons aussi sur l'utilisation et le déploiement des variétés de vigne résistantes aux maladies. C'est une avancée majeure de notre Institut INRAE. Les vignes résistantes sont une innovation de rupture qui va permettre de libérer la vigne des pesticides tout en l'adaptant aux changements climatiques. Nous obtenons maintenant des diminutions de pesticides de l'ordre de 90 %.

Enfin, nous nous concentrons sur les changements à mettre en place pour que ces systèmes soient acceptés, adoptés le plus facilement possible par les viticulteurs.

Pourquoi vos travaux s'insèrent-ils dans la dynamique de la SNA Astragal SADEA en matière de transition agro-écologique ?

Nos travaux ont pour objectifs de produire les connaissances et de développer les outils pour la transition agroécologique du vignoble. Nous coordonnons le consortium VITAE (Lauréat ANR, programme 'Cultiver et protéger autrement') qui réunit les chercheurs de 13 laboratoires en France (biologistes moléculaires, généticiens, agronomes, économistes). Il s'agit d'un projet interdisciplinaire qui ambitionne de sortir la viticulture des pesticides. C'est un projet en rupture par rapport à la pratique de toute la filière. Notre objectif n'est pas d'améliorer l'existant mais bel et bien de travailler à de réelles alternatives à ces pesticides. Le projet a été lancé en 2021. C'est un défi sociétal majeur.

Quelles sont vos relations avec les professionnels et les industriels de votre secteur ?

Il y a plusieurs domaines où elles sont importantes. Citons le développement de nouvelles méthodes de bio-contrôle avec des industriels mais aussi des laboratoires de recherche partenaires. Par exemple, ils peuvent découvrir des substances naturelles qui ont un intérêt pour la protection de la vigne. Dans ce cas, nous travaillons avec eux à évaluer l'efficacité et le mode d'action de cette molécule et nous les aidons à l'insérer dans les stratégies de gestion au vignoble.

Ceci est possible grâce à la plateforme "bio-control-to-grape" (BC2grape) que nous avons créée il y a 5 ans et qui a déjà emporté quelques succès.

Nous développons aussi des partenariats pour le suivi en temps réel de l'émergence des pathogènes au vignoble. Citons le développement de capteurs de spores, de méthodes de détection dans le sol, ou des techniques de reconnaissance de souches virulentes qui permettent ensuite au viticulteur de mieux gérer les épidémies.

Qu'est-ce qui peut motiver un chercheur à réaliser un transfert de technologie ?

J'ai du mal à opposer sciences fondamentales et sciences appliquées. Elles sont complémentaires. On ne va pas opposer des brevets à des publications. En général les chercheurs qui publient et qui produisent de la connaissance ont quelque part dans leur CV des transferts de technologie, voire des brevets... C'est inévitable !

« Pour moi une bonne recherche c'est avant tout une recherche originale, un chercheur opiniâtre avec un bon sens critique, et un peu de talent et de chance »

Les deux recherches vont de pair, elles forment un continuum. Il faut rendre hommage aux collègues qui ont réalisé les premiers croisements à l'origine des variétés de vigne résistantes aux maladies à une époque où il n'y avait pas de demande ... C'est l'apanage d'avoir un cran d'avance sur la mode et c'est ce que l'on attend d'un institut de recherche. Ces chercheurs avaient dans l'idée qu'un jour, ce travail serait utile à la société. Ce jour est venu en 2018 avec l'inscription des variétés résistantes au

catalogue alors que les travaux avaient commencé dans les années 70 ! Parfois il faut un pas de temps long pour voir les transferts se faire, ...

En réalité, la question est surtout de se dédier ou pas aux transferts, car cela prend du temps. Aujourd'hui, il est beaucoup plus facile de passer

le flambeau, car il y a tous les accompagnements nécessaires avec leurs financements.

Dans ce contexte, quel est l'intérêt de la stratégie d'Astragal ?

C'est l'intérêt d'Astragal de susciter et d'accélérer chez les chercheurs l'examen de leurs résultats, de détecter ce qui pourrait être valorisé. Il faut aussi réfléchir très en amont et se concentrer très tôt sur la protection intellectuelle. C'est essentiel. Sinon il n'y a pas d'atout pour intéresser une entreprise qui puisse développer le fruit de nos travaux.

NOUS CONTINUONS À TRAVAILLER AVEC LA RECHERCHE PUBLIQUE

Justine Lipuma, co-fondatrice et Présidente Mycophyto et vice-présidente de la Ferme digitale



pas vraiment à l'après... Et quand cet après s'est rapproché, on pense à ce qu'on veut faire. J'étais dans un lycée agricole avant l'université et me suis intéressée à la science pour qu'elle apporte quelque chose au monde agricole. Je ne retrouvais pas dans la recherche publique cette application directe. Ce retour à la société de la science fait partie des moteurs de la création de Mycophyto. Pouvoir faire le lien entre la science et l'agriculteur, lui apporter des solutions concrètes et rapidement disponibles.

Quelles sont aujourd'hui les relations de Mycophyto avec la recherche publique ?

Nous continuons bien entendu à travailler avec la recherche publique. Dans le monde agricole, il y a beaucoup de solutions disponibles qui sont dénuées de bon sens scientifique et de validations scientifiques, qui ne marchent pas et qui coûtent très chers... Ou coûtent pas cher et ne marchent pas non plus d'ailleurs. Pour moi, il était important de garder une main tendue vers la recherche et l'autre vers le monde agricole. Je suis un passeur de connaissances de la recherche vers l'agriculteur avec au milieu le développement d'une innovation. Nous poursuivons nos collaborations de recherche avec l'INRAe, l'Inria, sur la partie intelligence artificielle et avec des laboratoires universitaires à l'étranger, en Italie notamment. Notre équipe R&D et Innovation réunit une dizaine de personnes, avec 3 docteurs et plusieurs ingénieurs.

Quel portrait pourriez-vous dresser de Mycophyto ?

Nous sommes 23 aujourd'hui après avoir doublé nos effectifs ces six derniers mois. Nos solutions optimisent les relations entre des plantes et des champignons microscopiques du sol. Elles s'intéressent à 4 filières agricoles pour améliorer les rendements : la vigne, les plantes à parfum – nous sommes basés à Grasse, capitale mondiale de la parfumerie – les plantes maraichères et, en dehors de l'agriculture, les espaces verts et espaces sportifs.

Nous avons fait la preuve de notre concept et sommes maintenant dans une phase d'industrialisation. Nos usines sont des serres. Nous auditons les sols pour savoir quels sont les meilleurs organismes à utiliser à ces endroits-là, et après une analyse de biodiversité, nous produisons la solution, nous produisons les champignons. Nous comptons déjà 1 500 m² de serres de production.

« Je suis un passeur de connaissances de la recherche vers l'agriculteur avec au milieu le développement d'une innovation. »

Quelles premières leçons tirez-vous de votre expérience dans les deep-tech ?

La Ferme Digitale, mandatée par le ministère de l'Agriculture, a dressé un état des lieux de la french agritech et des freins à l'émergence de licornes.

Certes il y a un nombre croissant de SU agritech mais comment faire pour que ces entreprises

grandissent et aient un impact sur la société. Le financement est un point d'amélioration crucial : la mobilisation du venture capital français et européen est au cœur d'un enjeu de souveraineté.

On a perdu la bataille des GAFAs au niveau européen, ne faisons pas la même chose en matière d'AgriTech.

Côté recherche, nous devons plus encore faciliter toute la partie contrat avec les établissements ; leurs contraintes ne sont pas en adéquation avec les contraintes des investisseurs et ce n'est pas sécurisant en terme de gestion de PI pour les start-ups.

Je pilote un groupe de travail interministériel sur le sujet et ASTRAGAL a permis de remonter, traiter, ces problématiques. Il y a une vraie prise de conscience aujourd'hui, un vrai changement d'écoute sur ces sujets. Tout ceci est très positif.

Qu'est-ce qui pourrait amener les chercheurs à faire du transfert de technologie ?

Nous avons beaucoup travaillé sur "pourquoi ils ne le faisaient pas ?". Il faut communiquer auprès des chercheurs des retours d'expérience, améliorer les échanges, leur faire découvrir nos univers. Malgré des relations fréquentes avec des multinationales, il y a, à taille plus réduite, souvent un problème d'incompréhension entre ces deux mondes. D'autre part, il faut intéresser les chercheurs à leur évolution de carrière autrement qu'en s'appuyant exclusivement sur des publications.

Aujourd'hui il n'y a aucun intéressement pour les chercheurs à faire de l'innovation. Il faudrait par exemple que la grille d'évolution ne soit pas juste sur le facteur d'impact des publications mais aussi sur un nombre de brevets déposés ou à leur participation dans des start-ups.

LE MARCHÉ DE L'AGRITECH ET SA SITUATION

Des solutions innovantes tout le long des chaînes de valeur agricole et alimentaire

Les innovations destinées au monde de l'agriculture s'accroissent. Un très grand nombre de start-ups et d'entreprises ont mis au point des solutions innovantes qui irriguent l'ensemble de la chaîne de valeur agricole, alimentaire et agro-environnementale, de la production à la commercialisation, en passant par la transformation.

Ces solutions font intervenir une multitude d'acteurs, du champ à l'assiette, aux activités très diverses.

Du fait de son positionnement au cœur du système alimentaire, les solutions portées par la French AgriTech sont extrêmement diverses et présentes sur l'ensemble des filières. Elles traitent des sujets aussi divers que le numérique, la robotique, la génétique, les bio-solutions, les nanotechnologies, etc., généralement avec une approche pluridisciplinaire.

Citons de nombreux exemples de thématiques sur lesquelles l'AgriTech française apporte des solutions innovantes reconnues et ayant trouvé leur marché (*Source Ferme Digitale*) :

- le biocontrôle qui vise à remplacer les intrants de synthèse par des molécules d'origines naturelles ;
- les protéines alternatives, qu'elles soient d'origines marine, terrestre, biotechnologique, végétale ou animale, pour l'alimentation animale et humaine, ouvrant considérablement le marché par la diversité des solutions ;
- les capteurs associés aux outils d'aide à la décision qui permettent d'émettre des recommandations agronomiques afin d'anticiper, par exemple, le risque de pathogènes ou les aléas climatiques ;
- la robotique qui permet l'automatisation d'interventions dans les fermes ou au niveau-même de la production ;

- les solutions de commercialisation qui contribuent à rapprocher le consommateur du producteur ;

- les outils d'audit digital des produits notamment via la blockchain pour la traçabilité et la contractualisation dans la filière, permettant ainsi de donner plus de transparence et de gagner la confiance du consommateur ;

- les outils de modélisation des filières et des exploitations afin de faciliter les prises de décisions.

Ces tendances sont confirmées par une enquête réalisée pour French AgriTech. Il en ressort une quinzaine de thématiques prioritaires pour accélérer l'innovation. Parmi celles-ci, dix relèvent du domaine des solutions innovantes. La collecte et le traitement de la data, les alternatives aux intrants chimiques, l'amélioration des techniques culturales, l'économie circulaire, l'automatisation et la robotique, sont les cinq thèmes les plus cités.

L'AgriTech

regroupe les start-ups de la bio-économie, des secteurs de l'agriculture et de l'alimentation : l'agroalimentaire, la viticulture, la sylviculture, l'halieutique, les produits biosourcés, la valorisation des déchets organiques, les bioénergies, les biotechnologies...

Ces acteurs peuvent s'insérer dans des filières existantes ou s'inscrire dans de nouvelles filières, parfois très disruptives comme celle des protéines d'insectes.

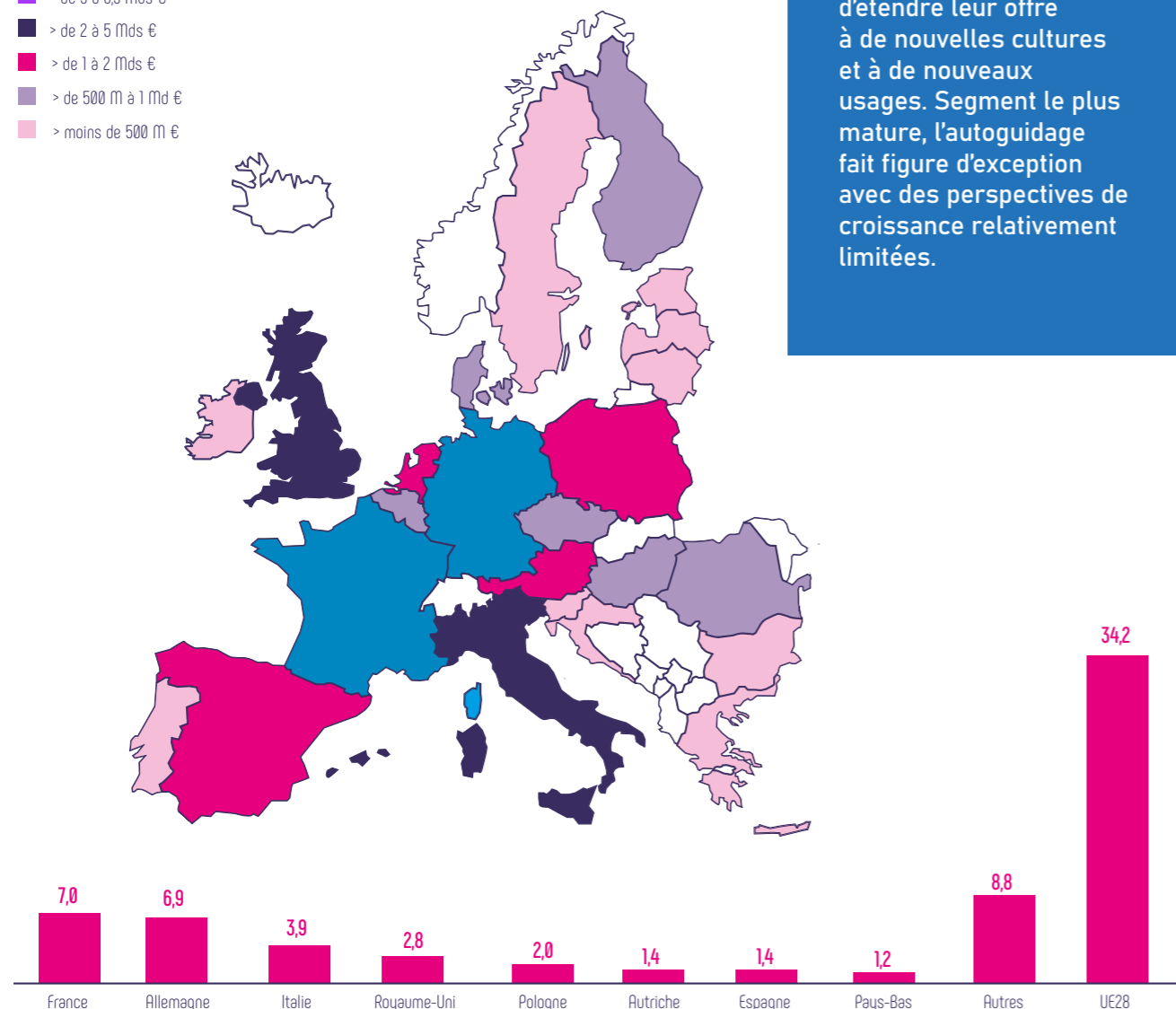
La France, premier marché des agroéquipements en Europe

Le marché européen des agroéquipements (Union européenne + Royaume-Uni) s'élève à 34,2 milliards d'euros en 2021 (source Axema), en hausse de +20% par rapport à 2020. La France est le premier marché d'Europe, avec 7 milliards d'euros. Viennent ensuite l'Allemagne, l'Italie, le Royaume-Uni et la Pologne.

Ce top 5 représente, en 2021, 66% du total.

Le marché européen des agroéquipements en 2021

- > 6,5 Mds €
- > de 5 à 6,5 Mds €
- > de 2 à 5 Mds €
- > de 1 à 2 Mds €
- > de 500 M à 1 Md €
- > moins de 500 M €



Le marché des outils d'aide à la décision

Le marché des outils d'aide à la décision (ORO) est particulièrement dynamique.

Déjà répandue dans les grandes cultures et la viticulture (céréales, colza, etc.), l'imagerie satellite continue à gagner du terrain grâce notamment à la volonté de certains acteurs d'étendre leur offre à de nouvelles cultures et à de nouveaux usages. Segment le plus mature, l'autoguidage fait figure d'exception avec des perspectives de croissance relativement limitées.



Compétition et place de la France dans l'AgriTech

► **La France est le premier marché européen pour les agroéquipements** (7 milliards d'euros en 2021, +16%). La France est le troisième producteur européen de matériel agricole et le 5^{ème} exportateur de matériel agricole au niveau mondial. Un record absolu de production a été atteint en 2021 avec 5,5 MDS €.

► Dans l'AgriTech, la France se positionne dans le **top 6 mondial en termes d'investissements** avec près de 1 Md € investis pour la première fois en 2021. En 2021, la France comptait plus de 250 start-ups AgriTech. De 2015 à 2021, les start-ups françaises ont levé plus de 2,5 Mds €.

► Le marché de l'agriculture de précision était évalué à **5 147,6 millions USD** en 2020 et devrait atteindre 10 491,45 millions USD d'ici 2026 et croître à un CAGR de 12,6% sur la période 2021-2026. La surveillance des sols devrait détenir une part importante de ce marché. L'Asie-Pacifique devrait connaître la croissance la plus élevée.

► **15 000 robots agricoles environ en service en 2022** (toutes filières confondues) en France. L'élevage constitue le secteur phare de la robotique agricole, loin devant les filières végétales (maraîchage et viticulture). 80% des robots agricoles en service en France sont dédiés à la traite.

► La France bénéficie d'un **écosystème favorable à l'éclosion des AgriTech** (Ecoles et laboratoires de recherche, accélérateurs de start-ups généralistes ou spécialisées). Grande puissance agricole, l'Hexagone est un « nain industriel et numérique de la filière agricole ».

► Chiffres 2021 : **284 M€ fertilisants organiques** (Xerfi) (19 % du marché européen) et **100 M€ biostimulants** (10 % du marché européen) (AFAIA/EBIC). Depuis 2016, une progression « à deux chiffres » chaque année pour les biostimulants (AFAIA)

► **La dynamique de dépôt de brevets est la plus forte au niveau mondial et de loin en Chine**, majoritairement portée par des acteurs institutionnels chinois. Les industriels les plus actifs sont essentiellement localisés en Allemagne, au Japon et en Chine.

NOUS PRIVILÉGIONS LES FORMES DE RECHERCHE TRÈS COLLABORATIVES AVEC LES INDUSTRIELS

Jean-Pierre Chanet, Chef de Département Adjoint du Département MathNum



au travers du Grand défi Robotique, pour contribuer à cette stratégie d'accélération. Reconnus au plan international comme un laboratoire leader sur ces thématiques de robotique, nous sommes aussi le chef de file de ce groupe.

Avez-vous une expérience des transferts de technologies ?

Historiquement, notre unité de recherche a toujours beaucoup travaillé avec les entreprises. En raison de nos engagements, nous sommes membre de l'institut Carnot Plant2Pro, ce qui démontre notre ouverture au monde économique (NDLR : le label Institut Carnot confirme et soutient les structures impliquées dans la recherche partenariale avec les entreprises).

Simultanément, depuis quelques années, nous privilégions les formes de recherche très collaboratives avec les industriels. Nous avons ainsi aujourd'hui quatre laboratoires partagés avec les industriels. Ces « labcoms » - laboratoires communs avec des entreprises - permettent de travailler sur des questions très spécifiques et accélèrent l'innovation, parce que nous sommes en relation directe avec les professionnels qui vont l'amener sur le marché.

Ces transferts de technologies s'accompagnent-ils de dépôts de brevets ?

Oui, nous avons déposé des brevets en commun. Nous disposons d'un portefeuille qui est déjà exploité, et de nouveaux dépôts de brevets sont en projet avec d'autres entreprises.

Nous sommes très familiers de ce type d'opérations et de relations.

De quelle manière vos recherches s'insèrent-elles dans la dynamique de la Stratégie nationale d'accélération Astragal SADEA en matière d'agroéquipement ?

Nos travaux de recherche nous conduisent à apporter des nouvelles technologies aux professionnels, notamment en matière d'agroécologie. Aujourd'hui, la contrainte pour l'agroécologie se focalise sur la taille des exploitations, sur laquelle il est possible d'agir. Le changement d'échelle, et la complexité que cela engendre, est un véritable enjeu. Les besoins des professionnels exigent des équipements de surveillance et des robots qui puissent travailler sur de grandes surfaces.

Pour répondre à ces besoins, travaillez-vous en collaboration avec d'autres laboratoires ?

Il y a effectivement quelques laboratoires qui travaillent sur ces questions en France et à l'étranger, et nous avons beaucoup contribué à fédérer des laboratoires, souvent d'origines académiques. Ainsi, nous avons bâti des grands consortiums, notamment

Que vous apporte cette collaboration et quel bénéfice avez-vous à travailler avec ces industriels ?

Pour nous chercheurs, le premier bénéfice est la diffusion rapide de nos résultats. Nous voyons tout de suite l'intérêt des recherches que nous menons. Certes, nous avons aussi des publications qui restent théoriques et connues uniquement par nos pairs... Mais là, cette collaboration exprime une finalité, nos travaux servent à quelque chose et ont un impact. C'est une dimension importante pour notre institut.

Et, parallèlement, les industriels ont des réponses à leurs besoins. Cette relation nous éclaire sur leurs questions de recherche, sur les travaux que ces acteurs économiques ne savent pas faire. C'est autant de pistes de recherche pour nos équipes académiques.

Avec quels types d'entreprises travaillez-vous ?

Nous travaillons avec différents types d'acteurs, notamment des startups et de grands groupes français et internationaux. Nous sommes ici à Clermont-Ferrand et je pourrais citer Michelin, ainsi que des grands fabricants de machines agricoles.

Quelles sont vos pistes de recherches prioritaires intéressant Astragal SADEA ?

Outre les changements d'échelle déjà évoqués, il y a des éléments importants sur le plan technologique à élaborer. Nous devons arriver à développer des équipements qui puissent réaliser des tâches complexes tout en restant simples. Des équipements robustes qui vont faire des choses sophistiquées, à l'image d'un smartphone qui est un objet (très) complexe, robuste, et qui réalise des tâches simples. Nous devons adopter cette logique pour les agroéquipements.

Aujourd'hui s'ajoute la prise en compte de la dimension et de l'impact en matière de sciences humaines de ces innovations. Celle-ci est devenue centrale. Par exemple, questions simples : comment un agriculteur peut-il gérer des robots ? Comment ces robots peuvent-ils s'intégrer dans les modèles économiques ? Pour répondre à ces questions, nous collaborons avec des laboratoires spécialisés en ergonomie. Il faut que l'agriculteur puisse utiliser ces innovations et assurer la supervision de ces robots sans charge mentale ou émotionnelle.

Quels sont aujourd'hui les premiers impacts de vos travaux en matière de robotique agricole ?

L'un des premiers impacts, c'est le remplacement des produits. Il s'agit par exemple de supprimer les herbicides pour lutter contre les adventices en les remplaçant par des actions mécaniques. Nous limitons ainsi la pollution et avons un impact direct sur la santé des agriculteurs,

Nous pouvons y ajouter notre contribution à la réduction importante de la pénibilité au travail. Enfin, en matière de fertilisation, nos recherches conduisent à la réduction des doses, en vue de limiter le surdosage.

« Astragal apporte des moyens supplémentaires et la désignation d'interlocuteurs privilégiés. »

Quel serait l'intérêt de travailler avec le consortium Astragal ?

Bien entendu, Astragal apporte des moyens supplémentaires et la désignation d'interlocuteurs privilégiés, notamment pour les étapes de maturation et pré-maturation des projets.

Il est important d'avoir des guichets uniques dans un objectif de simplification. Ne pas/plus être perdu dans la jungle de tous les acteurs que nous pouvons rencontrer. En fonction de l'état d'avancement des projets, nous savons à qui nous adresser, vers qui nous tourner pour financer telle ou telle partie du projet. Bref, de la simplification !

Qu'est-ce qui motive les chercheurs à faire du transfert de technologie ?

La motivation première, c'est l'impact de leurs travaux, surtout dans notre domaine où l'on est en prise directe avec les enjeux du réchauffement climatique : réaliser des travaux qui contribuent à faire bouger les lignes, c'est important pour un chercheur ! C'est une grande satisfaction personnelle.

SYSTÈMES ALIMENTAIRES ET OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les limites de notre système alimentaire actuel

Au XX^{ème} siècle, notre système alimentaire a connu une forte mutation résultant de l'amélioration des niveaux de vie et l'urbanisation, combinée à l'apparition massive d'aliments industrialisés bon marché, mais de qualité nutritionnelle moyenne ou issus de l'élevage intensif. Cette mutation a eu deux conséquences, d'une part une augmentation quantitative de la consommation, et d'autre part une modification de la structure des régimes, qui se sont enrichis en matières grasses, sucres simples, produits carnés et produits transformés et appauvris en glucides complexes. Ces profondes mutations se sont avérées **délétères pour la santé humaine**, augmentant la prévalence du diabète, des maladies cardiovasculaires et des cancers.

D'un **point de vue écologique**, ce modèle, reposant principalement sur la productivité et la compétitivité, a eu de lourdes conséquences sur la biosphère et présente aujourd'hui plusieurs limites. En effet, ses performances productives impliquent une **consommation importante d'énergies fossiles**

et de leurs dérivés (mécanisation, intrants chimiques, transport, transformation, réfrigération...), qui se traduit par une forte contribution aux émissions de gaz à effet de serre, dont les conséquences

en termes de changement climatique impactent fortement en retour le système alimentaire. En France, l'alimentation est responsable du quart de l'empreinte carbone (ADEME presse #SIA2019).

Par ailleurs, ce système participe à la **dégradation des sols, de la qualité des eaux et de l'air**. L'industrialisation de l'alimentation a contribué au **recul de la biodiversité** par l'appauvrissement de la

diversité des espèces cultivées et consommées. Enfin, ce système montre des **limites socio-économiques**, induisant de forts déséquilibres de la répartition de la valeur au sein des filières, où la course à la productivité se traduit par un effondrement du nombre d'agriculteurs et menace le tissu des TPE et PME agroalimentaires, où une large partie des denrées alimentaires est gaspillée entre le champ et l'assiette.

En France, l'alimentation est responsable du quart de l'empreinte carbone.



Vers une transition alimentaire

La finalité du système alimentaire ne peut plus se restreindre à nourrir les êtres humains, il doit également, en plus de garantir la qualité et la sécurité alimentaire, contribuer activement à la viabilité de la biosphère, participer à un développement socio-économique et culturel inclusif et équitable. **Le régime alimentaire** devient alors la clé de voûte de cette **transition alimentaire**, car c'est par lui que l'ensemble du système peut évoluer vers un modèle durable.

La transition alimentaire peut compter sur **plusieurs leviers d'actions** : diminuer la ration journalière, combiner une alimentation moins carnée, plus riche en fibres (fruits, légumes, légumes secs, céréales), réduire les gaspillages, promouvoir les circuits courts, et augmenter les rendements. Selon les études du

Empreinte sol d'un Français...

1 300 m²
pour une alimentation
purement végétale

6 000 m²
pour une alimentation
riche en viande
(>170 g/j)

Baisser de 10g
de viande / jour / personne
diminue d'environ

200m²
l'empreinte sol, et de
5,2%
des émissions totales
de GES.

(2022 - ADEME)

22%

de l'empreinte carbone
de notre consommation totale,
l'alimentation est le 3^e poste
le plus émetteur de gaz à effet
de serre, après le transport
(30 %) et le logement (23 %)

MTECT, juillet 2022



professeur Marco Springmann*, les **modifications dans la composition des régimes** sont le levier le plus important pour réduire les émissions de gaz à effet de serre des régimes alimentaires.

Bien que le régime alimentaire occupe une place prépondérante, il apparaît que la combinaison des leviers d'**amélioration des pratiques**

agricoles, de réduction des pertes et de changement de régime alimentaire avec un objectif modéré permettrait de réduire les impacts environnementaux autour de 25 à 45% par rapport à la situation projetée pour 2050 à partir des tendances actuelles.

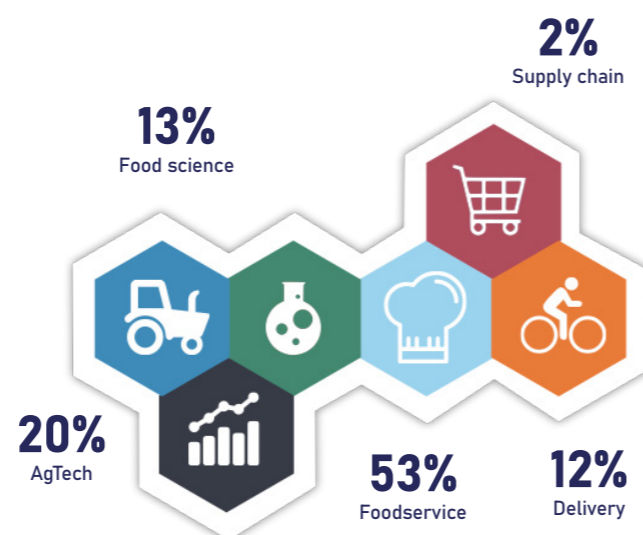
* (Le Mouél C, Forslund A. *How can we feed the world in 2050? A review of the responses from global scenario studies.* Eur Rev Agric Econ. sept 2017;44(4):541-91)

LA FOODTECH POUR SOUTENIR LES ENJEUX DE L'ALIMENTATION DURABLE ET FAVORABLE À LA SANTÉ

L'urgence de la transition nous incite à davantage anticiper les enjeux de demain, à soutenir la créativité et des solutions en rupture avec celles que nous connaissons.

Pour concilier concrètement la quantité, la qualité et la santé dans l'assiette dans une démarche de développement durable, il faudra conjuguer tous les axes d'innovations. La sensibilisation croissante aux problèmes environnementaux tels que le changement climatique, la perte de biodiversité et la pollution a entraîné une **demande accrue pour des produits alimentaires plus durables et favorables à la santé**. La mobilisation des nouvelles technologies permettra de gagner en compétitivité et de mieux répondre aux besoins et aux attentes des consommateurs.

Plusieurs axes stratégiques d'accélération pour l'innovation ont été identifiés pour accompagner la transition agroalimentaire.



Répartition de l'investissement dans les start-ups Foodteck

La FoodTech a levé 875 millions d'euros en 2021, soit une augmentation de 40% par rapport à l'année 2020. (DigitalFoodLab)

AXE STRATÉGIQUE 1

Nouveaux aliments plus sains, pour une alimentation plus personnalisée, et produits dans des conditions durables

Dans le lien entre alimentation et santé, certaines tendances se dégagent : une exigence des consommateurs plus forte d'améliorer sa santé par l'alimentation, avec une alimentation de plus en plus personnalisée tenant compte des caractéristiques de chaque individu (âge, genre, activités, pathologies particulières...). L'intérêt pour la nutrition personnalisée s'accroît, de nouvelles technologies se développent, permettant par exemple d'analyser notre microbiote intestinal ou de séquencer notre ADN dans le but d'adapter nos repas et optimiser notre santé. Les consommateurs sont de plus en plus désireux de consommer des aliments ayant des vertus santé.

1- Approfondir les connaissances sur les liens entre microbiote intestinal, alimentation et mode de vie

Aujourd'hui considéré comme un organe à part entière de l'organisme humain, le microbiote intestinal est un **levier majeur dans la préservation de la santé**, et **l'alimentation** joue un rôle prépondérant dans la modulation de ce microbiote. Peuplé d'une grande diversité d'espèces, la population du microbiote est influencée par l'apport des fibres alimentaires. **Les fibres végétales** sont substrats de ces microorganismes qui produisent alors des composés intéressants au service de la protection intestinale et au service du système immunitaire (inflammation, stress oxydatif). La richesse et la diversité des fibres vont ainsi promouvoir une flore **diversifiée** et favorable à la santé. Une seconde manière de moduler le microbiote est l'apport de probiotiques, qui peut apporter des avantages dans la perméabilité, ou dans la lutte contre l'inflammation. A l'inverse, un déséquilibre peut conduire à une **dysbiose**, elle est accentuée par la consommation récurrente de produits ultra-transformés. En cas de dysbiose, des problèmes de santé à court et à long terme peuvent survenir. Certaines fonctions du corps se dérèglent, comme le système immunitaire et le développement de certaines pathologies métaboliques, gastro-intestinales ou en lien avec le système nerveux central. Il est donc essentiel de comprendre l'impact d'une alimentation équilibrée, riche en fibres ou en probiotiques, sur notre santé.

Dans le but d'augmenter les connaissances concernant les microbiotes intestinaux français, le consortium Le French Gut a été créé et rassemble actuellement 4 institutions publiques (INRAE, AP-HP, INSERM, AgroParisTech) et 11 partenaires privés. Il vise à cartographier l'ensemble des données des microbiotes des Français pour mieux comprendre la composition du microbiote intestinal dans une population en bonne santé et quelles sont ses modifications dans les maladies. Il s'inscrit dans une dynamique mondiale et ouvre des perspectives prometteuses pour le développement d'approches innovantes en santé.

Peuplé d'une grande diversité d'espèces, la population du microbiote est influencée par l'apport des fibres alimentaires.

Plusieurs **innovations technologiques** basées sur la régulation de la dysbiose intestinale sont valorisées. La start-up **Carembouche** développe un aliment enrichi en probiotique dédié aux personnes à risque de dénutrition. **Nahibu** propose des analyses du microbiote intestinal par séquençage haut débit et fournit des conseils diététiques adaptés selon la signature microbienne. **Targedys** s'est spécialisé dans le microbiote et propose des probiotiques de précision.



2- Innover en développant les sources de protéines alternatives

Les projections de croissance de la population montrent que la demande en protéines alimentaires devrait augmenter d'ici 2050. Celle-ci ne pourra être satisfaite ni par les productions végétales majoritairement consommées à ce jour (céréales, soja), ni par les productions animales pratiquées aujourd'hui. Il est donc nécessaire de trouver des **solutions durables** permettant de proposer des sources diverses de protéines afin d'augmenter la disponibilité en protéines alimentaires de bonne qualité.

L'évolution des sources de protéines s'illustre tant pour l'alimentation humaine que pour l'alimentation animale. Le développement des **protéines alternatives** issues de la Food Tech (protéines d'insectes, algues, levures, viandes non naturelles, protéines cellulaires etc.) englobe les évolutions de production et de consommation des autres sources de protéines plus traditionnelles, avec un accent particulier sur les protéines d'origine végétale (légumineuses, oléoprotéagineux). Si les végétariens, végétaliens et flexitariens représentent une faible partie de notre société (1 % à 3 % de la population), la tendance de végétalisation de l'alimentation s'installe. Les projections de croissance de la population obligent à s'interroger sur l'évolution de la disponibilité des ressources alimentaires protéiques traditionnelles, végétales et animales, ainsi qu'à réfléchir au développement à grande échelle de nouvelles sources de protéines dont la production aujourd'hui est encore faible.

Dans le développement de nouvelles sources de protéines, plusieurs critères d'évaluation évaluent la qualité nutritionnelle de ces protéines alternatives, comme la vitesse de digestibilité liée notamment à la présence de facteurs antinutritionnels. Un autre critère étudié concerne les données de leurs effets sur la santé humaine (allergies, flore intestinale). Enfin, l'aspect organoleptique et notamment le goût est analysé.

Protéines alternatives, chiffres clés

Marché mondial :

155 milliards de dollars

d'ici 2027 (taux de croissance de 17%)

Global Market Insights

Segmentation par origine :

94,5%

Végétale

5%

Microbienne

0,5%

Insecte

En France, marché des protéines végétales :

425,7 millions d'euros

o *Catégorie Lait végétal, la plus développée*

o *Catégorie Viande d'origine, croissance de 17%/an*

o *Catégorie Fromage, moins développée, mais croissance la plus rapide*

GFI

Protéines d'insectes :

Les insectes sont riches en protéines et nécessitent moins de terres et d'eau. Ils ont ainsi un meilleur bilan carbone que la viande traditionnelle. Par ailleurs, les insectes comestibles sont de très bonnes sources de protéines hautement qualitatives (45 à 70% selon les espèces, dont les 9 acides aminés essentiels). Le secteur suscite de forts investissements et la France compte parmi les leaders avec quelques startups clés. Parmi elles, Ynsect cultive des scarabées dans des fermes verticales à la pointe de la technologie, utilisant la robotique, la vision par ordinateur ou encore l'Intelligence Artificielle. Leur expertise et savoir-faire, protégés par de nombreux brevets, assurent l'optimisation de la croissance, la santé des insectes, ainsi que la productivité des fermes. Innovafeed élève

des mouches sélectionnées pour leurs propriétés et pratique en outre l'upcycling en valorisant certains produits et co-produits agricoles de faible valeur en concentrant leurs nutriments pour alimenter les mouches.

Les algues

sont considérées davantage comme une source d'éléments nutritionnels à haute valeur ajoutée (superaliment) que comme des gisements massifs de protéines. Cependant en plus d'être une source de protéines, les algues ont un grand intérêt écologique. Cultiver des algues nécessite peu de surface, peu d'eau et peu d'énergie et présente de bons rendements protéiques, ainsi que d'autres molécules d'intérêt pour la santé comme les Omega 3. Elles recyclent de manière très efficace le CO2.

Les protéines d'insectes en chiffres

23 millions de tonnes

de farines d'insectes pourraient être produites dans le monde d'ici à 2030

1,10 milliard d'euros,

c'est le poids du marché mondial attendu d'ici à 2025 contre 110 millions d'euros aujourd'hui

98 % de surface en moins

sont nécessaires pour produire de la protéine d'insectes par rapport aux protéines végétales

Source FAO

En France, Algama est une start-up spécialisée dans la création de produits innovants à base de micro-algues. Inalve produit des micro-algues sous forme de biofilm permettant de réduire les quantités d'eau nécessaires à leur croissance, une augmentation de la productivité et l'obtention d'une biomasse plus concentrée pouvant rentrer dans des processus industriels rapidement.

Les protéines microbiennes

pourraient remplacer progressivement la consommation animale. La fermentation de précision gagne du terrain pour produire des alternatives aux protéines animales. Elle est issue de la biologie synthétique utilisant des micro-organismes, tels que des bactéries ou des levures, modifiés génétiquement (ou non selon les cas) pour synthétiser directement les protéines recherchées dans des bioréacteurs. Elle pourrait devenir une véritable révolution dans l'industrie agroalimentaire. La fermentation de précision a permis la mise sur le marché de premiers produits commercialisés depuis 2020 aux Etats-Unis (la protéine de lait du pionnier Perfect Day, suivie d'autres). On compte aujourd'hui dans le monde une cinquantaine

de start-ups travaillant sur des alternatives aux protéines laitières par fermentation de précision, mais aussi aux œufs, à l'huile et aux graisses, au miel ou encore à la gélatine (base de données disponible sur demande). La France a vu naître plusieurs start-ups (**Standing Ovation, Nutropy, Bon Vivant**) qui développent des protéines de lait et des acides gras identiques à ceux des vaches, pour le développement de fromages de nouvelle génération comparables aux fromages conventionnels, et qui sont plus durables, meilleurs pour la santé et plus respectueux du monde animal.

Les protéines végétales ou oléoprotéines

sont présentes notamment dans les légumineuses, (soja, petits pois, fèves, haricots rouges) mais aussi dans les céréales (blé, riz, maïs) et les fruits oléagineux (noix, amandes, graines de courge). Le marché des protéines végétales a connu une segmentation notable ces dernières décennies dans l'Union européenne. Les aliments conventionnels pour animaux demeurent de loin leur premier débouché. La quasi-totalité (93 %) de la demande européenne en

protéines végétales (17 millions de tonnes de protéines brutes en 2016/2017 dont 13 millions de tonnes à base de soja) sert à approvisionner le marché de l'alimentation animale. Portée par l'engouement pour les régimes végétariens, la consommation humaine en protéines végétales augmente dans l'alimentation. Les protéagineux et les oléagineux abondent en huile (soja, colza) et sont riches en fibres et en protéines, y compris les légumineuses. La France développe une stratégie nationale autour de trois priorités :

- o Réduire sa dépendance aux importations de matières riches en protéines, notamment le soja importé de pays tiers
- o Améliorer l'autonomie alimentaire des élevages, à l'échelle des exploitations, des territoires et des filières ;
- o Développer une offre de produits locaux en matière de légumes secs (lentilles, pois chiche, haricots, fèves etc.).

En termes d'innovation, des travaux de recherche portant sur la sélection variétale en soja, pois et autres oléoprotéagineux sont réalisés. Pour l'utilisation en alimentation humaine, les trois légumineuses les plus fréquemment retrouvées dans les produits innovants de ces cinq dernières années en Europe sont le pois chiche, la lentille, et le soja. Elles représentent près de 75% de l'innovation légumineuses en 2022 .

Le Papandu et Tamago food (Ymgo) développent des alternatives aux œufs de poule, destinés aux professionnels de l'alimentation (boulangers, pâtisseries, traiteurs, restaurants...), et permettent de végétaliser les recettes.



3- Innover vers de nouveaux aliments fermentés et vers les ferments du futur

Les aliments fermentés offrent un potentiel d'innovation conséquent pour accompagner les transitions vers une alimentation saine et durable.

Au pays du pain, du vin et du fromage, la France est déjà le pays de la fermentation. La fermentation, procédé ancestral de préservation des aliments, repose sur l'activité de microorganismes qui empêchent le développement de bactéries pathogènes, tout en conférant des **propriétés organoleptiques et/ou de conservation**. Elle peut présenter de nombreux **bénéfices santé associés**, comme l'apport en vitamines et antioxydants, la formation de nouveaux arômes ou encore des effets bénéfiques sur le microbiote intestinal et la santé (via les probiotiques et ferments lactiques). Revenir à des procédés plus naturels pour conserver nos aliments et leur donner du goût est une des clés des transitions vers une alimentation plus durable et intégrant davantage de végétal dans l'assiette. Les vertus des ferments peuvent être multiples pour :

- **Réduire les additifs alimentaires et renforcer la naturalité des aliments**

Lorsque les microorganismes dégradent les sucres de l'aliment, ils libèrent des acides (lactique, acétique, etc.), ou de l'alcool dans le cas de la fermentation alcoolique, qui inhibent la croissance d'autres microorganismes pathogènes (ou responsables d'altérations). Ils permettent de limiter l'utilisation des

conservateurs de synthèse. Certains microorganismes produisent en outre des composés appelés bactériocines qui empêchent le développement de bactéries pathogènes.

- **Améliorer les propriétés sensorielles des aliments, y compris d'origine végétale, afin d'accompagner la transition vers une alimentation plus durable**

Lors de sa croissance, le microorganisme va utiliser son métabolisme pour transformer certaines molécules, présentes dans la matrice alimentaire, en composés aromatiques transformant ainsi les propriétés organoleptiques de l'aliment.

- **La réduction de la teneur en sucre et en sel conduit à améliorer le profil nutritionnel des aliments**

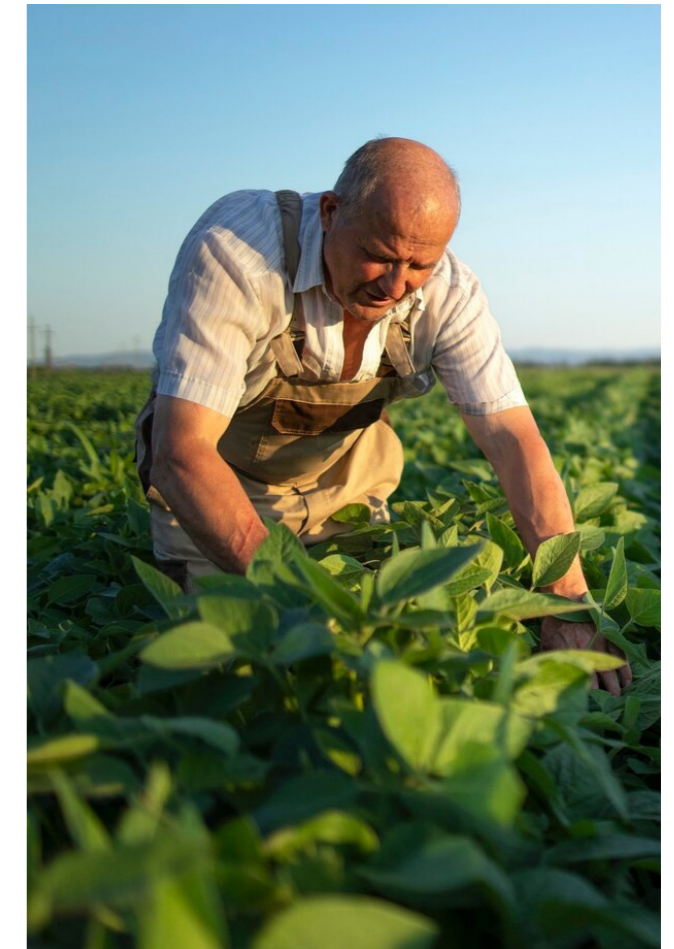
Lors de la fermentation, les microorganismes consomment le sucre, réduisant la teneur en sucre de l'aliment et peuvent produire des composés intéressants, tels que les acides gras à chaîne courte, source d'énergie, mais qui sont également des précurseurs de composés aromatiques. Les aliments fermentés voient leurs structures physico-chimiques modifiées. Les microorganismes peuvent également libérer des vitamines et des acides gras intéressants.

- **Développement de nouveaux ferments**

Un moyen pour entretenir la richesse de notre microbiote intestinal, outre une alimentation diversifiée, est d'ingérer des microorganismes vivants, bactéries ou levures, ce que permet l'ingestion d'aliments fermentés. Les aliments fermentés issus de nouveaux ferments pourront contribuer au façonnage de la composition du microbiote intestinal et à son fonctionnement.

Les ferments offrent un potentiel d'innovation exceptionnel pour accompagner les transitions vers une alimentation plus sûre, plus saine et plus durable. Dans cette approche, France 2030 soutient le programme « Ferments du futur », partenariat public-privé construit pour accélérer la recherche et l'innovation sur les ferments, les aliments fermentés et la bio-préservation, favorisant ainsi une alimentation durable et favorable à la santé.

Le Grand Défi « Ferments du Futur » vise à développer des ferments et des produits fermentés innovants, répondant à des fonctionnalités précises, en s'appuyant sur les connaissances actuelles en écologie microbienne, génie des procédés et sur la nutrition-santé.



pour décrypter le fonctionnement des écosystèmes microbiens, notamment dans le but de mieux comprendre les ferments. Elle a repris la gestion de MetaPath, un programme lancé en 2020 par Abolis, Bel, Lesaffre et le laboratoire Toulouse Biotechnology Institute (INSA Toulouse/CNRS/INRAE), qui vise à mettre en lumière le fonctionnement des écosystèmes microbiens utilisés dans l'industrie agroalimentaire afin de concevoir des produits plus naturels, sains, savoureux et écoresponsables.



La start up toulousaine **Green spot** transforme les restes alimentaires en poudre à haute valeur nutritive. La poudre peut alors se substituer à certains ingrédients, mais aussi modifier la texture ou le goût d'un produit, comme sur les viandes végétales. **Sweetech** produit et commercialise des sucres (oligosaccharides) via des procédés de fermentations innovants et brevetés. **Microbiome Studio** développe une solution génomique, analytique et logicielle

AXE STRATÉGIQUE 2

Amélioration des technologies de production et d'information des consommateurs

La géopolitique récente a été un révélateur des forces et des faiblesses structurelles des dispositifs d'approvisionnement alimentaire, conduisant les pays à se recentrer sur leur capacité à assurer la suffisance, l'approvisionnement des populations en denrées.

Par ailleurs, en 2050, il sera nécessaire de nourrir convenablement 10 milliards d'êtres humains et ce malgré les effets du changement climatique.

La durabilité des systèmes alimentaires est un enjeu mondial.

En 2021, l'indice de durabilité alimentaire (*Food Sustainability Index, FSI*), qui mesure la durabilité des systèmes alimentaires dans 78 pays selon deux piliers clés (pertes alimentaires et gaspillage alimentaire), a classé la France au quinzième rang avec un score de 74 sur 100*.

Cet axe inspire de nombreuses innovations visant à améliorer la sécurité alimentaire tout en préservant la sécurité sanitaire et en s'inscrivant dans une démarche de développement durable.

Dans le contexte actuel de préoccupations croissantes liées à l'environnement et au développement durable, la nécessité d'adopter une approche éco-agile dans le secteur agroalimentaire est devenue impérative. Être éco-agile implique non seulement de minimiser l'impact écologique de la production alimentaire, mais aussi d'anticiper et de s'adapter de manière proactive aux changements environnementaux. Les pratiques éco-agiles dans l'agroalimentaire englobent la réduction de l'utilisation des ressources non renouvelables, la promotion de l'agriculture durable, la gestion efficace des déchets et l'optimisation des processus de production. En adoptant une approche

éco-agile, l'industrie agroalimentaire contribue à la préservation des écosystèmes, à la conservation des ressources naturelles et à la création de systèmes alimentaires plus résilients face aux défis environnementaux, tout en répondant aux attentes croissantes des consommateurs en faveur de produits alimentaires durables.

La durabilité des systèmes alimentaires est un enjeu mondial.



* (Durabilité du système alimentaire en fonction des pertes alimentaires et du gaspillage de nourriture, par pays du monde en 2021, Statista 2022)

1- Innover pour diminuer le gaspillage

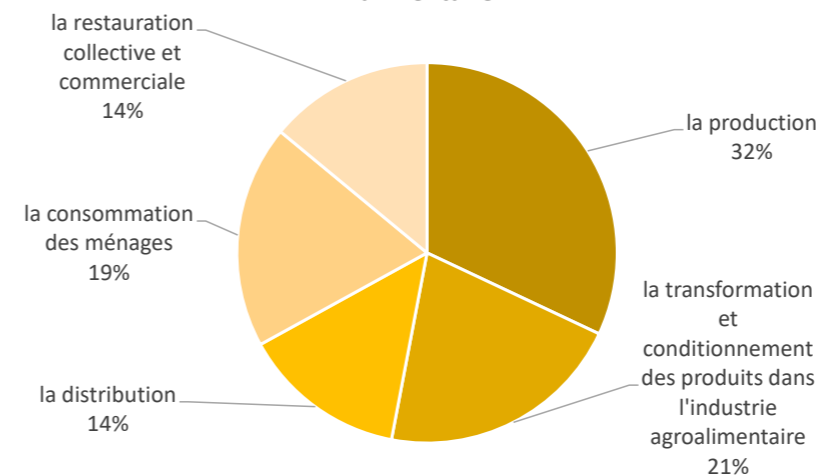
Le gaspillage alimentaire est un indicateur important de durabilité. Le gaspillage alimentaire est un **non-sens économique, social et écologique**. L'enjeu de réduire les pertes et le gaspillage alimentaire est encore plus nécessaire tenant compte des prévisions de croissance de la population. Chaque année en France, ce sont 10 millions de tonnes de nourriture qui sont perdues ou gaspillées tout au long de la chaîne alimentaire. Cela représente 16 milliards d'euros perdus et 15.3 millions de tonnes d'équivalent CO2 émis pour

applications et des plateformes numériques sont également développées pour connecter les producteurs, les distributeurs et les consommateurs, facilitant ainsi la distribution des excédents alimentaires vers des organisations caritatives ou des consommateurs à la recherche d'opportunités d'achat à prix réduit. Les avancées dans la transformation alimentaire, telles que le développement de technologies de conservation innovantes, peuvent également jouer un rôle significatif. Enfin,

à minimiser le gaspillage alimentaire à toutes les étapes de la chaîne alimentaire.

Optimiam s'attaque au problème de gaspillage des petits commerçants, invendus, produits proches de leur date de péremption. **Fresh me up** met en relation les acteurs de la chaîne de distribution afin de lutter contre le gaspillage alimentaire du fournisseur à l'association de redistributeur en passant par le restaurateur. **Usitab** développe une application sur tablette numérique qui permet de suivre les paramètres importants de la production : qualité produit, volume ou poids de remplissage, rendement des lignes de production. **Lyophitech** apporte aux marchés agro-alimentaires un lyophilisateur innovant avec des coûts de fonctionnement réduits.

Gaspillage alimentaire en France selon les étapes de la chaîne alimentaire



rien. Chaque acteur est concerné du champ à l'assiette*.

Pour réduire le gaspillage alimentaire, l'innovation joue un rôle crucial à travers plusieurs axes. Tout d'abord, la technologie est exploitée pour améliorer la gestion de la chaîne d'approvisionnement, permettant une traçabilité plus précise des produits, une meilleure prévision de la demande, et une gestion plus efficace des stocks. Des

sensibiliser les consommateurs par le biais d'éducation et d'informations sur les dates de péremption, la conservation des aliments, et les avantages de l'achat responsable constituent un axe essentiel pour changer les comportements et réduire le gaspillage alimentaire à la source. En combinant ces axes d'innovation, il est possible de créer un écosystème plus efficace et durable qui contribue

*Etude Ademe - Etat des lieux des masses de gaspillages alimentaires et de sa gestion aux différentes étapes de la chaîne alimentaire.

Emballages alimentaires en chiffres...

Le marché mondial de l'emballage alimentaire est de **352 milliards USD**
2023 - Mondor Intelligence

4,5 millions de tonnes (Mt)

d'emballages alimentaires dont 48% pour le verre, 22% pour les plastiques, et 22% pour les papiers-cartons (ADEME).

▪ Recyclage : taux de recyclage très variable en fonction des matériaux :

80%
verre
(CNIID)

22%
plastique

68%

du secteur d'activité des emballages plastiques concerne l'alimentation (European commission changing the way we use plastic).

2- Innover pour améliorer l'éco-agilité et l'alimentarité des emballages

Les avancées technologiques s'inscrivant dans une vision éco-agile et les préoccupations croissantes liées à la pollution plastique ont conduit à une réévaluation profonde des emballages. Le secteur de l'emballage se doit de répondre aux exigences et contraintes de l'industriel, qu'elles soient de nature sanitaire, environnementale, réglementaire ou encore économique tout en répondant aux nombreuses attentes du consommateur avec des emballages toujours plus résistants, plus pratiques, plus nomades, attrayants et intelligents. Face à ces enjeux, l'emballage alimentaire est un secteur dynamique et innovant que ce soit en termes de produits, solutions, technologies, process ou matériaux afin de permettre la conception et le développement d'emballages dont l'alimentarité (innocuités toxicologique, éco-toxicologique et microbiologique) est garantie.

- Emballages à base de biopolymères

L'utilisation des polymères biosourcés gagne du terrain. Ces biopolymères respectueux de l'environnement peuvent être

soit synthétisés chimiquement à partir de monomères bio-dérivés, soit directement extraits de la biomasse ou des déchets industriels, et sont compostables après utilisation.

- Emballages intelligents

Les emballages dits intelligents sont conçus pour fournir à l'utilisateur des informations sur l'état des denrées alimentaires ou l'environnement des denrées alimentaires qui conditionnent l'évolution de leur qualité ou de leur sécurité. Les emballages intelligents utilisent diverses technologies pour communiquer, informer et susciter l'intérêt. Ils peuvent également être utilisés pour suivre la production et les approvisionnements tout en créant des expériences uniques et des opportunités de marque.

- Emballages actifs

Ils peuvent permettre de modifier volontairement l'atmosphère interne de l'emballage pour améliorer la conservation des produits. Ils retardent le développement microbien et permettent d'augmenter significativement la durée de vie

sans ajout de conservateurs ou sans mise en œuvre de traitements susceptibles d'altérer les qualités gustatives ou nutritionnelles des aliments.

- Emballages comestibles, solutions durables et nouvelles tendances

Il existe une tendance vers des formes d'emballage écologiquement durables et comestibles. Les emballages comestibles utilisent généralement un matériau durable et biodégradable qui est appliqué comme emballage ou revêtement consommable autour de l'aliment, ce qui ne génère aucun déchet. De nombreuses études ont récemment étudié l'importance des matériaux comestibles comme valeur ajoutée aux aliments emballés. La nanotechnologie est apparue comme une méthode prometteuse pour permettre l'utilisation de bioactifs, d'antimicrobiens, de vitamines, d'antioxydants et de nutriments afin d'augmenter potentiellement la fonctionnalité des emballages comestibles.

Parmi les start-ups s'illustrant dans cet axe, **Lactips**, qui développe des emballages hydrosolubles à base de protéines de lait, offre une alternative biodégradable aux emballages plastiques traditionnels. **Proteme** élabore une solution d'enrobage alimentaire comestible pour les fruits et les légumes en exploitant des mécanismes de défense naturels contre les agressions biologiques. **Flexico** propose des emballages compostables et biodégradables.

3- Innover pour mieux informer le consommateur



En France, mieux informer le consommateur est une volonté des pouvoirs publics qui date, puisque en 2001 le **PNNS** (Plan Nutri Santé) a été créé, et en 2006, il a été suivi par **l'obligation d'apposer un étiquetage nutritionnel** sur la face arrière des packagings de produits alimentaires, puis sur leur face avant à partir de 2017, via le **Nutriscore**.

En parallèle de ces dispositifs publics, une forte croissance des applications de décryptage alimentaire a conduit à l'émergence de plateformes comme **Open Food Facts** ou **Num-Alim**. Elles contribuent à faire de l'information nutritionnelle un marché en tant que tel, dans lequel les entreprises se différencient par les critères d'évaluation retenus. **Yuka** indique par exemple la présence d'additifs et prend en compte la dimension biologique du produit, **Siga** met en évidence le degré de transformation des aliments, tandis que **L'appli des consos** classe les produits en fonction des attentes prioritaires du consommateur. Si la question de la sélection et de la pondération des critères se pose, ces applications ont le mérite d'apporter une vision plus globale, qui va au-delà de la composition nutritionnelle du produit. D'autres acteurs s'inspirent aussi de ces différents indicateurs et proposent d'évaluer la qualité environnementale des produits.



L'opinion publique et l'emballage

83% des sondés estiment que la réduction des emballages en plastique à usage unique doit être une priorité

75% sont prêts à payer un peu plus pour abandonner les emballages plastiques

70% sont prêts à changer de magasins pour obtenir des produits plus écologiques

46% trouvent les emballages « envahissants » (contre 23% en 2000)

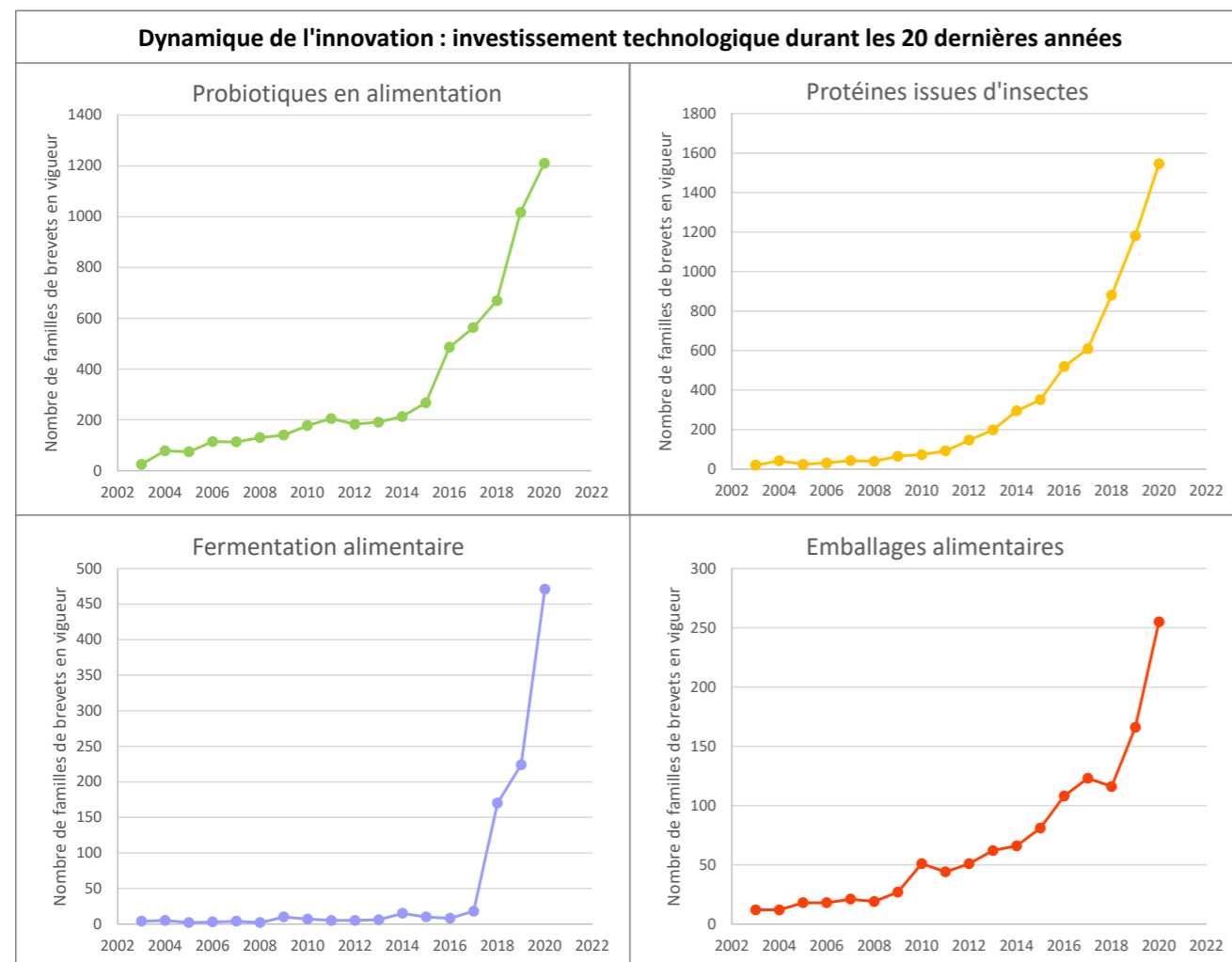


Source Statista

Dynamique de l'innovation de l'alimentation durable et favorable à la santé

Le défi majeur de l'alimentation demain pourra être relevé grâce à une dynamique de l'innovation constante. Au cœur de cette dynamique, deux indicateurs peuvent mesurer la tendance, d'une part les start-ups, acteurs agiles et créatifs, et d'autre part, le dépôt de brevets qui demeure un indicateur crucial de l'intensité et de la direction de l'innovation, cristallisant les avancées technologiques et scientifiques.

2002 - 2022 : Dynamique des dépôts de brevets



La thématique probiotique en alimentation est déterminée à partir du **code CIB A23L 033** ;
 la thématique protéines issues d'insectes est déterminée à partir du **code CIB (A01K-067/033)** ;
 la thématique fermentation alimentaire est déterminée à partir du **code CIB (C12M-001/00 AND A23L)** ;
 la thématique Emballage alimentaire est déterminée à partir de la requête (sustainable AND food AND packaging)/BI/SA/KEYW/IN/PA.



Cartographie des principales start-up de la FoodTech française s'inscrivant dans l'alimentation durable et favorable à la santé



Source : SATT Paris-Saclay

VERS UNE TRANSITION DU SYSTÈME ALIMENTAIRE

Gilles Trystram, directeur général de Génopole



de l'économie circulaire qu'elle génère. Pour réussir la transition alimentaire, il est donc nécessaire de penser le système alimentaire dans son ensemble. Cette sensibilité système est de plus en plus présente, mais néanmoins, elle demeure complexe dans un écosystème où chaque filière agroalimentaire a son économie en propre, sa chaîne de valeur.

« Pour réussir la transition alimentaire, il est nécessaire de penser le système alimentaire dans son ensemble »

Notre système alimentaire est actuellement en transition pour aller vers une alimentation durable et favorable à la santé. Quelles sont les clés pour réussir cette transition ?

De mon point de vue, la durabilité ne peut pas s'inscrire dans la filière alimentation seule. La durabilité n'a de réalité que parce que la filière alimentation est connectée à d'autres filières qui peuvent valoriser les co-produits issus de l'industrie alimentaire. La valorisation de ces co-produits peut se faire à travers plusieurs applications, énergétique en produisant du biocarburant par exemple, ou biotechnologique en utilisant les co-produits comme matière première pour la production de petites molécules d'intérêt, concurrentes des voies de synthèse actuelle pétrochimiques. Ces co-produits peuvent également servir en nutrition animale, ou être utilisés pour fabriquer des engrais organiques pour les plantes. Il est plus juste de parler de durabilité du système alimentaire qui comprend alors l'ensemble des acteurs de la production agricole jusqu'au consommateur, en tenant compte

Quelles sont les innovations qui permettront d'accélérer la transition du système alimentaire ?

L'industrie alimentaire étant consommatrice d'énergie, d'eau et de ressources agricoles, toutes les innovations qui concourent à la modernisation, la décarbonation de la production, sont autant de points de résilience pour atteindre un système alimentaire durable. Et de manière générale, les innovations doivent accompagner toute la chaîne du système alimentaire, c'est-à-dire qu'elles doivent impliquer une co-construction ou co-ingénierie entre les développements, les apports des technologies et l'appropriation par les acteurs. C'est là un critère de résilience et de pérennité du système alimentaire en devenir. Dans le domaine des sciences et techniques, les axes d'innovation prépondérants sont la génétique (new breeding technology), le digital, la biotechnologie incluant la fermentation et la végétalisation.

La transition du système alimentaire implique que beaucoup de procédés de fabrication des aliments devront changer impliquant une vraie rupture par rapport aux procédés actuels.

- Un premier axe d'innovation réside dans la biotechnologie, avec sa capacité à remplacer une partie d'un procédé de production, ou un procédé dans son intégralité.

- Un second axe d'innovation se profile dans les aliments fermentés qui permettront, en outre, une conservation des aliments moins énergivore.

- Un troisième axe d'innovation s'illustre dans le domaine de la digitalisation, (capteurs, jumeaux numériques, capacité de mesure, de suivi) aidée par l'expansion de l'intelligence artificielle, qui jouera un rôle certain dans l'optimisation logistique, et sur la manière de produire. Lorsque nous parlons de système alimentaire, nous réduisons la production à l'industrie agroalimentaire. Néanmoins, l'artisanat alimentaire et la restauration couvrent également une grande activité, illustrée par le nombre d'emplois qu'elle génère. Et ce secteur a aussi des leviers d'action pour aller vers la durabilité.

- Le quatrième axe d'innovation pour accompagner la résilience de notre système alimentaire passe par la végétalisation de notre assiette. A l'échelle de la France ou l'Europe, il existe une quinzaine de perspectives qui positionnent les questions de l'alimentation durable. Elles ont toutes en commun de considérer que l'élevage est très impactant, et de raisonner sur la manière de sortir de la dépendance à la protéine animale. L'axe de la végétalisation des aliments se décline en plusieurs thématiques, la reformulation de recettes d'aliments, la production d'ingrédients équivalents à ceux issus de l'animal mais obtenus par des procédés issus du végétal. Jusqu'ici, les produits en base végétale ont été réalisés en mimant un produit déjà présent sur le marché d'origine animal. En revanche, l'innovation aboutira à des produits différents, de rupture qui demanderont de travailler sur l'acceptabilité du consommateur.

Selon votre visibilité sur l'écosystème, quels verrous avez-vous identifiés ? Et quels sont les besoins pour poursuivre ?

Le verrou principal est que les produits issus de l'innovation sont confrontés à une réglementation forte en Europe. La réglementation (Novel Food) en Europe surveille les innovations et les contraint à un certain nombre de critères. Le risque est d'avoir une fuite de nos innovations vers d'autres pays qui seront plus ouverts à l'innovation. La reformulation d'un produit échappant à cette réglementation novel food conduit à orienter les innovations vers cette finalité. L'avenir demandera certainement à adapter les normes et les réglementations.

Le second verrou réside dans la disponibilité des outils nécessaires à la démonstration de la montée en échelle. En effet le procédé de développement d'une innovation passe par un développement à l'échelle scientifique, puis à l'échelle technologique et enfin à l'échelle préindustrielle, pour démontrer la capacité à attaquer les marchés. Les dispositifs nécessaires pour ces

démonstrations (hall pilote par exemple), sont trop peu nombreux pour les innovations de rupture, ce qui freine le développement des start-ups.

Enfin la capacité à lever des fonds diffère fortement entre pays. Dans un pays comme les Etats-Unis, les start-ups lèvent plusieurs dizaines de millions d'euros, alors qu'en France les levées de fonds sont plus proches de quelques millions d'euros. Il est alors plus difficile d'être en capacité pour démontrer la montée en échelle.

« les axes d'innovation prépondérants sont la génétique (new breeding technology), le digital, la biotechnologie incluant la fermentation et la végétalisation »

INRAE - INSTITUT MICALIS

LA MICROBIOLOGIE DE L'ALIMENTATION

AU SERVICE DE LA SANTÉ

Marie-Christine Champomier-Verges, Directrice de Recherche, Responsable d'équipe Food Microbial Ecology UMR1319, chef de département adjoint à INRAE, Microbiologie et Chaîne Alimentaire

Emmanuelle Maguin, Directrice de Recherche, Responsable d'équipe MIHA (Microbiome Interactions with Humans and Animals), Directrice du PEPR - Système alimentaire, Microbiomes et Santé



Comment les travaux de recherche réalisés au sein de MICALIS répondent aux enjeux de la stratégie nationale d'accélération (SNA) Alimentation Durable et Favorable à la Santé (ADFS) ?

À travers ses différentes thématiques étudiant la Microbiologie de l'Alimentation au service de la Santé, les travaux de recherche réalisés au sein de MICALIS adressent plusieurs enjeux de l'Alimentation Durable et Favorable à la Santé. Parmi ces enjeux, nous pouvons citer un premier enjeu majeur qui concerne les maladies chroniques non communicables clairement associées au mode de vie occidental incluant l'alimentation et aux dysfonctionnements que ces facteurs

peuvent induire dans la relation symbiotique entre microbiome et hôte. Ces maladies constituent une urgence de santé publique. Les recherches développées dans MICALIS visent à comprendre les mécanismes impliqués dans ces effets, et au-delà le second enjeu, est de développer des approches préventives et thérapeutiques à partir de ces connaissances. De façon très intéressante, il semble qu'une alimentation favorable à la symbiose microbiome-hôte et à la santé va aussi dans le sens de systèmes alimentaires plus durables.

MICALIS est structuré en trois pôles, le pôle ABP « Adaptation Bactérienne et Pathogénèse » le pôle EAD « Ecosystèmes Alimentaires et digestifs » le pôle MSS « Microbiologie des Systèmes

et de Synthèse ». Une partie des travaux de recherche de MICALIS portent sur l'étude des écosystèmes microbiens, désormais appelés microbiotes, alimentaire et intestinal, et les interactions avec l'hôte, l'émergence et le contrôle des microorganismes pathogènes opportunistes d'origine alimentaire ainsi que la biologie systémique et synthétique microbienne. Le microbiote est une des compétences phares de MICALIS, c'est également un point d'entrée majeur lorsqu'on parle d'alimentation santé, c'est pourquoi beaucoup d'études menées chez nous ont un tropisme vers le microbiote intestinal. Les travaux et brevets déposés sur l'amélioration de la production de levains/ferments alimentaires, la prévention du risque microbiologique dans la chaîne alimentaire et sur la production de stratégies nutritionnelles, prébiotiques et probiotiques permettent à l'institut MICALIS d'être un partenaire socio-économique actif et de résider au cœur d'un écosystème associant la recherche académique et l'industrie, où des projets sont développés à l'échelle française et à l'échelle européenne.

Par rapport à ces enjeux, sur quelles thématiques de recherche MICALIS est engagé et avec quelles perspectives ?

Au sein de MICALIS, nos recherches se répartissent sur le microbiote de l'aliment et les microbiotes humains principalement intestinaux et les deux dimensions convergent pour mieux comprendre, mieux cibler, mieux définir les bénéfices de l'alimentation sur la santé humaine. La grande force de MICALIS réside d'un point de vue de la connaissance des microorganismes, dans le continuum, allant du microbiote de l'aliment jusqu'au microbiote intestinal et leurs interactions avec l'hôte et sa santé.

Concernant le microbiote de l'aliment, les études visent, bien évidemment, à assurer la sécurité

alimentaire d'une part et à permettre également la transformation des matières premières, notamment par la fermentation. Cette approche adresse des enjeux de gaspillage, de conservation des aliments, de protéines alternatives. La fermentation des végétaux est un exemple, pour lequel nous concevons des associations de microorganismes plus performants pour fermenter les végétaux, tout en étudiant l'impact de ces nouveaux aliments sur le

Le microbiote est une des compétences phares de MICALIS, c'est également un point d'entrée majeur lorsqu'on parle d'alimentation santé, c'est pourquoi beaucoup d'études menées chez nous ont un tropisme vers le microbiote intestinal.

microbiote intestinal, interactions de ces microbiotes alimentaires avec le microbiote intestinal. Dans cette thématique, la perspective de MICALIS est de contribuer à des aliments plus personnalisés, des aliments ayant une valence santé ciblant le microbiote intestinal et ses fonctions si importantes pour la santé. Par exemple, peut-on combattre la perte de diversité du microbiote intestinal, en apportant des aliments porteurs d'autres diversités microbiennes ? Le microbiote de l'aliment peut-il être un vecteur pour compenser ou réparer le microbiote intestinal, une dysbiose intestinale ? Pour parvenir à ces buts, un enjeu de connaissance est d'identifier le moment où le microbiote commence à se détériorer, puis à intervenir, et à maîtriser les stratégies en jouant sur l'alimentation, en identifiant les mécanismes de régulation et les interactions des populations microbiennes.

Par ailleurs, le microbe de l'aliment est consommé avec une matrice alimentaire qu'il est important de bien caractériser. On parle souvent des fibres,

mais il y a beaucoup de métabolites produits lors de la transformation des aliments qui ont des avantages santé. Certains bénéfiques sont connus comme l'effet antioxydant des phytostérols, celui des vitamines, mais il existe toute une gamme de métabolites, de substrats végétaux dont les propriétés fonctionnelles ne sont pas encore caractérisées. Le champ des aliments fonctionnels est en développement, il y a un fort potentiel en termes de développement de marché pour une alimentation plus personnalisée.

Enfin, concernant les aliments fermentés, il y a toute une connaissance à acquérir sur les microorganismes et les aliments consommés, qui nécessite de mettre en place des modèles expérimentaux qui faciliteront les analyses à grande échelle avec une instrumentation adaptée, qui modéliseront ce qui se passe dans le microbiote de l'hôte.

Du fait des deux types de compétences sur l'écologie microbienne de l'aliment et l'écologie microbienne de l'intestin, MICALIS contribue à mieux comprendre et appréhender les aliments santé de demain.

A travers les différents projets que vous menez, quels sont les freins à l'innovation ? Comment ces freins ont un impact sur les stratégies de développement ?

De manière générale, les aliments ne sont pas définis par leur teneur en microorganismes. La seule vision sur le plan réglementaire est la vision du microorganisme pathogène, qui doit être absent de l'aliment. Avec cette seule vision, la réglementation, qui vise à protéger le consommateur, peut représenter un réel frein à l'innovation.

Par exemple, la réglementation interdit l'ajout de microorganismes dans les produits frais. Ainsi, une innovation conduisant à l'introduction d'une bactérie intéressante, existant naturellement, mais sélectionnée pour sa capacité à augmenter la durée de vie de la viande ou du poisson, sans nuire à la santé humaine, ne pourra pas être commercialisée. Inversement, les fruits et les légumes, que nous

consommons régulièrement crus, renferment naturellement des microorganismes, qui ne sont pas caractérisés et donc non référencés d'un point de vue de la réglementation, mais pour autant sont autorisés. C'est tout un pan de la réglementation sur lequel les choses ne sont pas statuées. Par ailleurs, d'un point de vue réglementaire, un mélange de microorganismes, ayant une fonctionnalité particulière avec un bénéfice santé, l'innocuité

de chacun des microorganismes du mélange doit être démontré. Sur un mélange de 3 ou 4, c'est envisageable, mais lorsqu'on résonne sur des microbiotes complexes, ce n'est pas envisageable. Plus généralement, la question est ouverte sur la dénomination des microorganismes comme ferments

ou additifs, ou conservateurs ?

Les microbiotes associés à l'homme sont souvent complexes et les microorganismes qui les composent encore partiellement caractérisés. Nous essayons toujours de définir ce que sont des microbiotes sains en intégrant toute la variabilité d'une population d'individus. Dans ce contexte, éliminer tout risque microbien reste difficile. L'expérience des probiotiques illustre aussi toute la difficulté de démontrer un effet bénéfique à la santé chez des personnes sans pathologie déclarée. Par extension, cela souligne les possibles difficultés concernant des approches innovantes de prévention. La réglementation dans le domaine des microbiotes est émergente ; permettre et renforcer les interactions entre agences réglementaires et scientifiques ne peuvent être que bénéfiques. Les scientifiques travaillant dans le domaine des microbiomes ont souvent conscience des difficultés ou manques réglementaires ; ils en tiennent compte dans leurs recherches et sont souvent prêts à partager leurs connaissances avec les instances réglementaires. Les mondes de la recherche et du réglementaire sont néanmoins différents et les formations n'intègrent pas forcément les deux aspects

De manière générale, le temps de la recherche, de l'innovation, de la startup n'est pas le temps de la réglementation.

De manière générale, le temps de la recherche, de l'innovation, de la startup n'est pas le temps de la réglementation.

Quelle est la sensibilisation des chercheurs à la valorisation des projets et au transfert de technologie ?

Chez MICALIS, il y a une forte sensibilisation à la valorisation au sein de la communauté des chercheurs. Elle s'enracine dans le souhait d'être acteur de la santé via l'alimentation tout en ayant la conviction de mener une recherche responsable évaluant les conséquences de nos recherches sur le futur, en intégrant bénéfices et risques. Néanmoins l'analyse sur la proposition de la valeur et avoir la vision juste du marché potentiel ou encore s'investir dans la création d'une startup des discussions avec des personnes ayant l'expérience du transfert et de la valorisation, ayant des contacts réguliers avec les partenaires industriels. Dans ce domaine, les projets (Astragal, projet France 2030 associé à la SNA alimentation durable et favorable à la santé (ADFS) par ex) ou structures de prématuration et maturation sont des partenaires précieux. Nous avons aussi la chance d'être assez proches de Metagenopolis, financé par les projets investissements d'avenir, qui complète les recherches développées dans Micalis par ses plateformes technologiques de pointe et ses projets ainsi que de Ferments du Futur, financé par France 2030 dans le cadre de la SNA ADFS, qui favorisent les interactions avec des industriels de ce domaine. Au-delà des projets académiques, de nombreuses équipes travaillent avec des partenaires industriels, participent à des projets de prématuration et maturation, voire contribuent à la création de start-ups dont certaines ont un essor remarquable (par ex, Enterome, MaatPharma, Exelium Biosciences, ...)

Quelles sont les grandes thématiques à venir ? Quelles sont les stratégies d'innovation pour le futur de MICALIS ?

Un aspect réside dans la prévention du risque. De nouvelles matières premières, de nouveaux aliments, de nouveaux ferments, impliquent la maîtrise du risque pour avoir une projection industrielle. Ceci suppose une capacité d'analyse à grande échelle et l'émergence de marqueurs forts des risques. L'aspect de l'impact écologique concernant les microorganismes alimentaires est important et il faudra mieux intégrer cette dimension

dans le chemin de l'innovation.

L'intelligence artificielle pourra être un levier face aux données générées.

Comment peut-on concevoir précisément des aliments personnalisés et favorables à la santé ? Ce champ de recherche est en plein essor, les questions nombreuses, le potentiel santé et d'innovation importants.

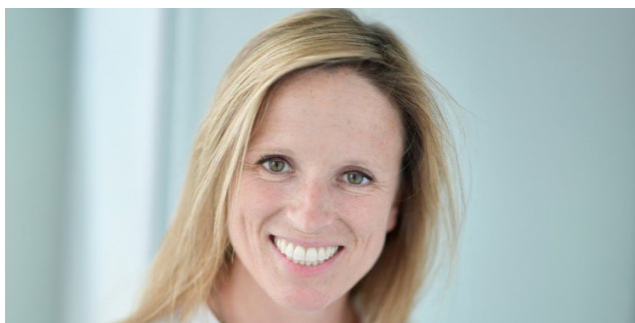
La communauté scientifique nationale et internationale travaille à harmoniser les pratiques, développer des standards ou des références et à les actualiser dans ce domaine ou les technologies continuent d'évoluer. Ces efforts ainsi que le développement des connaissances, pourraient contribuer à faire du microbiote un marqueur santé de la même manière que l'on mesure les constantes sanguines.

Les relations microbiotes-l'hôte sont des acteurs importants du nexus exposome, alimentation, préservation ou retour à un état de santé qui sont encore au cœur des activités recherche et nécessite d'intégrer l'écologie microbienne aux autres disciplines. De nombreuses approches visant à moduler la composition de microbiotes (environnementaux, alimentaires, associés à l'animal aux plantes ou à l'homme) sont actuellement étudiés. Des tendances fortes au sein de Micalis et au-delà, sont de dépasser les corrélations pour mettre en évidence les liens de causalité et de décrypter les mécanismes moléculaires qui médient les relations microbiote-hôte dans la santé et la maladie. Ces connaissances permettront d'identifier des marqueurs pouvant conduire à des outils pronostics, diagnostiques et thérapeutiques, de nouvelles cibles et de nouveaux leviers qui devraient être de plus en plus pris en compte dans le futur aussi bien en termes de nutrition que de traitements qui prendront en compte les variabilités au sein de la population et seront plus personnalisés.

STRATÉGIE DU GROUPE BEL EN MATIÈRE D'ALIMENTATION DURABLE

Delphine Chatelin

Vice-présidente recherche, innovation et développement du Groupe Bel



Quels sont les enjeux pour une alimentation durable et favorable à la santé dans la stratégie du Groupe Bel ?

Au sein du groupe Bel, nous intégrons les enjeux ADFS au cœur notre stratégie de développement mondial. En tant que groupe agroalimentaire, notre mission est d'assurer une alimentation saine et durable à l'ensemble de la population. Pour ce faire, nous adressons des solutions spécifiques en fonction des territoires où nous opérons, Europe, Amérique du Nord, Afrique du nord, Afrique sub-saharienne, Moyen orient, Inde, Chine, Asie.

Concernant les enjeux d'alimentation favorable à la santé, nous répondons par différents axes. Tout d'abord, la qualité nutritionnelle de nos produits est soigneusement étudiée pour répondre à des besoins spécifiques des pays dans lesquelles Bel opère.

La formulation ne sera pas la même pour un produit (Vache qui rit) distribué en France, au Vietnam et au Maroc et tiendra compte des besoins nutritionnels spécifiques des consommateurs locaux, par exemple des carences en vitamines ou minéraux ou une complémentation nécessaire en protéines. Sur notre gamme fruitière (Pom'Potes), nous avons plutôt des enjeux de réduction de teneur en sucre, la majorité de nos gammes est maintenant sans sucre ajouté. Un second axe concerne la naturalité de nos

produits, qui implique des listes d'ingrédients plus courtes, des matières premières moins travaillées, une baisse du nombre d'additifs, et l'utilisation d'arômes exclusivement naturelle. Un troisième axe vise à augmenter la végétalisation de notre offre. Un quatrième axe engage le Groupe Bel dans l'éducation des consommateurs pour promouvoir des comportements alimentaires sains. Dans certains pays, nous intervenons dans des écoles pour expliquer les bases de la nutrition, dans d'autres pays nous intervenons auprès des mamans, car dans tous les cas les bons produits s'accompagnent nécessairement des bons comportements alimentaires.

Concernant les enjeux de durabilité de l'alimentation, nous travaillons également sur plusieurs axes visant une approche responsable sur l'intégralité des paramètres de la chaîne de production complète. Nous commençons au début de la chaîne avec la filière agricole. Sur l'ensemble des géographies nous travaillons à l'amélioration des pratiques de productions laitières afin de diminuer l'impact

environnemental, qui passe notamment par la restauration de la biodiversité et réduction de l'émission de méthane. Nous développons l'agriculture régénérative, qui garantit l'utilisation minimale d'intrants et permet aux fermes d'être de plus en plus vertueuses dans leur façon d'opérer, avec des cultures locales usant de la rotation des cultures. Un second axe vise à favoriser des process à faibles impacts écologiques,

qui peuvent combiner des leviers tels qu'une faible consommation d'eau, le développement d'une économie circulaire pour valoriser les co-produits, l'utilisation d'énergie provenant de chaudières à biomasse ou panneaux solaires.

Un troisième axe concerne les emballages. La portion individuelle est au cœur du modèle Bel. Celle-ci constitue un point de différenciation et participe au succès du produit : Babybel, Pom'Potes, Apéricubes...

La collaboration permet de faire évoluer la solution proposée par la start-up, d'apporter une vision industrielle, de co-développer l'ingrédient.

Nous souhaitons progressivement sortir du plastique et de l'aluminium.

Face à ces enjeux, quels sont les grands axes d'innovation, les solutions développées par le groupe Bel pour le développement de ses produits ?

Par exemple, dans la filière agricole, des études sont réalisées avec des exploitations agricoles partenaires sur l'utilisation de solutions alimentaires destinées aux vaches, validées par les autorités et permettant de réduire les émissions de méthane dues à la fermentation entérique des vaches, sans impacter ni la santé de l'animal, ni la quantité de lait produit.

Concernant les aliments santé et les solutions nutritionnelles, nous travaillons sur l'axe fermentation qui offre des vertus tant nutritionnelles, qu'organoleptiques. Nous travaillons également sur les protéines alternatives produites par fermentation de précision. Ces technologies nous permettront d'obtenir des protéines de très bonne qualité, équivalente à des protéines laitières et à un coût moins élevé à terme. Les protéines issues de la fermentation de précision, pourront soit mimer les protéines animales avec les mêmes fonctionnalités, soit renfermer de nouvelles activités.

Sur le packaging, nous travaillons sur des solutions recyclables comme le carton pour développer les portions, mais quelques défis technologiques subsistent.

Quelle est votre stratégie de partenariat pour développer les innovations ?

Pour assurer le développement des nombreuses solutions et adresser les objectifs d'alimentation durable et favorable à la santé, le groupe Bel développe des partenariats avec des universités, des start-ups ou avec d'autres industriels. Notre réflexion est d'identifier les bons partenaires sur les différents sujets qui nous intéressent.

Au niveau académique, nous finançons essentiellement des thèses sur différents sujets de recherche, par exemple la naturalité pour éliminer les additifs. Par ailleurs, nous sommes associés à Ferments du Futur dans le consortium mixte privé-public pour nos thématiques liées à la fermentation.

Au sein du groupe, Bel ventures noue des partenariats avec les start-ups qui répondent à ses grands enjeux stratégiques, et explore le domaine de l'alimentation ou le packaging durable. La collaboration permet de

faire évoluer la solution proposée par la start-up, d'apporter une vision industrielle, de co-développer l'ingrédient. Le temps de développement nous permet, par ailleurs, d'appréhender le comportement du nouvel ingrédient dans nos process, nos formulations. Nous accompagnons le développement technologique et les aidons à construire les business models. C'est une stratégie gagnant-gagnant. Nous avons des contrats de collaboration avec des start-ups, comme Standing Ovation qui développe des protéines alternatives, ou Climax Foods qui développe des solutions de formulation basée sur une technologie d'intelligence artificielle.

Pour orienter les chercheurs académiques qui souhaitent valoriser leurs travaux : Quelles seraient les grandes cibles d'innovation identifiées par BEL pour accélérer et atteindre plus vite les objectifs de développement durable ?

Parmi les barrières technologiques que nous rencontrons, nous pouvons citer quelques exemples. Dans le cadre des emballages, nous rencontrons un vrai challenge dans le coating des emballages papier, qui confère des propriétés barrières au gras, à l'eau, voire à la lumière, tout en conservant les produits, c'est un vrai sujet. Actuellement les papiers sont recouverts d'une pellicule plastique. L'idéal serait de trouver des emballages qui répondent à tous nos enjeux.

L'utilisation de la data, l'intelligence artificielle qui permettra de modifier notre façon de développer nos projets. Nous avons signé un partenariat avec Climax Foods qui a scanné le monde du végétal sur différentes dimensions (nutritionnelles, sensorielle, propriétés physiques) et qui, grâce à un système d'intelligence artificielle, va être capable de proposer des formulations de produits d'origine végétale pour obtenir des produits similaires aux produits laitiers.

Enfin le consommateur est au centre de nos préoccupations. Un axe de recherche autour du comportement alimentaire est nécessaire, pour sa composante à la fois sociologique, organoleptique et émotionnelle. Il existe une vraie tradition autour de l'alimentation et nourrir la planète de demain impliquera des changements d'habitudes alimentaires. Comment s'y prend-on pour faire évoluer les envies des consommateurs vers de nouveaux produits, de nouvelles expériences alimentaires qui s'ancreront alors dans de nouvelles traditions alimentaires plus durables.

LA FERMENTATION : UN LEVIER POUR UNE ALIMENTATION DURABLE ET FAVORABLE À LA SANTÉ

Damien Paineau, Directeur Exécutif – Ferments du Futur
Nadège Adouard, Business Developer – Ferments du Futur



Quels sont les enjeux de l'accélération de la fermentation dans la stratégie nationale vers une alimentation durable et favorable à la santé ?

La fermentation est un vrai levier de transition agricole et alimentaire, puisqu'elle adresse plusieurs enjeux.

La fermentation améliore notamment la durabilité de notre système alimentaire. En s'appuyant sur le potentiel des ferments (bactéries, levures, champignons), elle permet une conservation des aliments ou des matières premières, tout en limitant le recours aux intrants chimiques. Par ailleurs, la fermentation apporte des solutions aux variations de la matière première agricole, souvent liées au réchauffement climatique : par exemple l'adaptation des ferments et des procédés de fermentation doit permettre de contrôler la teneur en alcool du vin, malgré une forte augmentation du taux de sucre dans le grain de raisin. Enfin, la fermentation doit permettre la valorisation des co-produits de l'industrie

alimentaire, dans un contexte d'amélioration permanente de l'empreinte environnementale des procédés de fermentation (objectif « zéro déchet »).

La fermentation contribue à l'amélioration de la santé. En effet, la fermentation améliore les qualités nutritionnelles de l'aliment, la disponibilité de certains macronutriments comme celle des protéines, tout en limitant la présence de sucre ou de sel. De plus, l'interaction des ferments et des aliments fermentés avec le microbiote intestinal peut également contribuer à la santé.

La fermentation apporte donc de nombreux bénéfices et ce, avec une échelle de temps d'application bien plus courte et moins disruptive que d'autres solutions proposées. En effet, la fermentation est un procédé historique utilisé depuis des milliers d'années, donc bien accepté dans l'opinion publique, et elle bénéficie d'un potentiel d'innovation très important, lui laissant la possibilité d'impacter la transition alimentaire de manière massive et rapide.

Nous pouvons repositionner des connaissances existantes, des savoir-faire existants sur de nouveaux enjeux, de nouvelles matrices. Par exemple, la

fermentation des écosystèmes historiques, comme le fromage, peut être transférée sur de nouvelles matrices, comme les matrices végétales et conduire à de nouveaux aliments.

On peut poursuivre une histoire qui a 10 000 ans avec une accélération des connaissances scientifiques, permettant de mieux exploiter la biodiversité et d'optimiser la mise en œuvre des ferments dans des procédés innovants.

Quelles sont les stratégies d'innovation qui rendront ces enjeux accessibles ?

Bien que beaucoup de produits fermentés existent déjà sur le marché, il est nécessaire de travailler sur l'acceptabilité des consommateurs concernant de nouveaux produits fermentés. La fermentation de précision et l'utilisation d'OGM peut également poser question.

En termes d'innovation, il existe un enjeu technologique sur la performance environnementale de la fermentation. Car bien

que les procédés soient assez vertueux, ils ne sont pas encore suffisamment économes d'un point de vue environnemental. Actuellement, la majorité des procédés s'appuie sur des fermentations liquides et chauffées. L'innovation, par la caractérisation de nouveaux microorganismes actifs à température plus faible, ou par le développement de la fermentation solide, pourra améliorer ces performances. Par ailleurs, une meilleure maîtrise des fermentations avec le développement de capteurs suivant en temps réel la production de métabolites cibles permettra une conduite beaucoup plus fine du procédé.

En ce qui concerne la fermentation de précision, les coûts de production demeurent aujourd'hui plus élevés que ceux des filières traditionnelles. L'innovation doit permettre de devenir plus rentable et d'assurer à ces filières alternatives, qui contribueront aux transitions, une pérennité économique.

Quels sont les verrous, qu'ils soient technologiques ou non, arbitrants l'accessibilité de ces enjeux ?

L'accès à la biomasse agricole (maïs, blé, betterave) pourrait être un frein, dans la mesure où peuvent apparaître des conflits d'usage entre plusieurs secteurs industriels (chimie, alimentation, énergie, santé). La question de l'adéquation entre la disponibilité des ressources agricoles et les capacités de fermentation est donc posée, ce d'autant que la valorisation de ces ressources pour l'alimentation génère moins de valeur ajoutée que pour d'autres secteurs économiques. Vers quelle stratégie s'orienter ?

Un des verrous les plus discutés est le volet réglementaire. Le statut réglementaire des

« La fermentation apporte de nombreux bénéfices santé, nutritionnels, de conservation, de durabilité, avec la possibilité d'impacter la transition alimentaire de manière massive et rapide »

ferments questionne à l'échelle européenne, entre additifs ou ingrédients. Il est important que les ferments conservent leur statut d'ingrédient, afin de valoriser leur intérêt en remplacement des additifs, dans une démarche « clean

label ». L'innovation trouve son chemin là où on lui laisse la liberté de s'exprimer, et le risque est une fuite des projets vers d'autres géographies moins contraignantes.

Quel est le rayonnement de la France dans le monde sur la fermentation ?

La France est un des leaders mondiaux sur le sujet de la fermentation, grâce à la force de frappe de son industrie agroalimentaire, et à l'excellence de sa recherche dans le domaine. Un des enjeux à travers le financement de Ferments du Futur est de maintenir et renforcer ce leadership.

LA RÉVOLUTION DE L'EMBALLAGE

Paul Malfoy, CEO de Protème.

Paul est diplômé de l'école d'ingénieur AgroParisTech où il a suivi une double formation en agro-marketing et en gestion des entreprises.



Quelle solution propose Protème et en quoi répond-elle aux enjeux de l'alimentation durable et favorable à la santé ?

Chez Protème, nous élaborons une solution d'emballage alimentaire comestible pour les fruits et légumes. Cette protection exploite des mécanismes de défenses naturelles, agit comme une seconde peau pour les produits contre les agressions biologiques, et réduit leur respiration. Cet enrobage naturel prolonge la durée de vie des denrées de plusieurs jours à plusieurs semaines. Avec cette solution, nous répondons à la thématique alimentation durable et favorable à la santé en adressant plusieurs enjeux : le gaspillage alimentaire, la surutilisation des emballages plastiques dans l'agroalimentaire et l'amélioration de la santé publique par la limitation des produits phytosanitaires (classés perturbateurs endocriniens, cancérigènes, génotoxiques). Dans un premier temps, nous avons ciblé quelques fruits, mais la solution développée par Protème peut être

adaptée à la majorité des fruits et légumes. Une meilleure durabilité et une augmentation de la durée de conservation d'un produit concourt à une meilleure gestion des denrées alimentaires, tout en limitant les produits phytosanitaires.

En dehors de la solution proposée par Protème, quels sont les principaux axes de recherche au niveau des emballages de demain ?

Les tendances dans l'enrobage et l'emballage vont vers différents champs d'applications. Côté emballage, il y a l'essor d'emballages dits actifs ayant des propriétés intéressantes. Ce peut être à l'aide de marqueurs ajoutés aux emballages utilisés comme traceurs de la périssabilité d'un ingrédient, d'un aliment. Côté enrobage, il existe différents types de solutions à base de différents types de biopolymères. Ceux-ci diffèrent par leurs propriétés mécaniques,

leurs températures de fusion, par une capacité à vectoriser des actifs ou non. Cette diversité permet d'adresser des problématiques agroalimentaires différentes. Actuellement, en termes de recherche sur les enrobages comme les emballages, beaucoup d'efforts sont entrepris pour satisfaire les besoins de demain.

Quel a été le parcours de Protème et à quel stade en êtes-vous aujourd'hui ?

Notre activité a démarré en 2020 et la société créée en novembre 2021. Au démarrage, nous avons eu une phase assez longue de recherche et développement pour concevoir notre propre technologie robuste. Concevoir un produit

technologique en agronomie implique des enjeux initiaux d'accessibilité à des locaux, à des laboratoires et à du matériel. Nous avons bénéficié d'aides de différentes structures d'incubation comme X-up de l'École Polytechnique, puis le shaker de Génopole, puis Food'InnLab de AgroParisTech, en parallèle le Rungis & Co, l'incubateur du Marché de Rungis. Prochainement, nous allons rejoindre le campus Génopole dans des locaux locatifs. En parallèle du développement technologique et en tant que primo-entrepreneurs, nous nous sommes formés à l'exercice de l'entrepreneuriat, et à l'écosystème, particulièrement sur la première année. Nous avons travaillé à recueillir des financements publics dans un premier temps, puis nous avons fait une première levée de fonds qui nous a permis de développer davantage notre technologie et de financer certaines collaborations avec des unités recherche (UMR INRAE, AgroParisTech).

Actuellement, nous développons les aspects commerciaux et communication, qui visent à principalement démontrer que l'on répond à un vrai besoin marché, avec des acteurs industriels, prêts à s'investir dans notre projet financièrement. Nous avons également, d'autres enjeux. Avec l'installation au Génopole, il nous faudra construire toute une équipe autour de notre projet et notre vision à long terme. Ensuite, dans une logique entrepreneuriale de start-up deeptech, il est impératif de se développer conjointement avec le secteur privé, notamment l'industrie. Enfin, des enjeux demeurent sur l'accessibilité au matériel et aux équipements.

Comment Protème appréhende-t-il les enjeux réglementaires pour la commercialisation ?

Il existe deux catégories réglementaires qui pourraient nous convenir : la catégorie Novel food, qui doit justifier d'un intérêt nutritionnel, ou la catégorie des additifs alimentaires qui doit justifier d'un intérêt technologique. À ce titre, notre technologie entre dans la catégorie des additifs alimentaires. Ceci implique que l'ensemble des constituants listés dans notre formule doit figurer dans la liste européenne des additifs alimentaires. Nous y travaillons, étape indispensable pour le développement et la commercialisation de notre technologie. Sans la possibilité d'investir cet aspect, les limitations liées à la réglementation peuvent avoir pour conséquence la fuite de certains projets innovants deeptech vers l'outre-Atlantique. L'équation n'est pas simple entre les interdictions

progressives par la Commission Européenne de l'utilisation de molécules chimiques d'origine pétrochimique et l'autorisation de nouvelles solutions issues de l'émergence de nouvelles technologies.

Par rapport à votre expérience entrepreneuriale avec Protème, quels ont été les éléments déterminants à la réussite ? Quels conseils formuleriez-vous aux chercheurs qui souhaitent entreprendre ?

Avec l'expérience de Protème, il y a trois leviers importants. Le premier est de bien connaître l'écosystème dans lequel ils s'engagent, à savoir l'ensemble des acteurs interconnectés, d'institutions et des processus qui interagissent pour renforcer leur positionnement dans l'environnement local. Le second levier est de ne

Protème a déjà fait une première levée de fonds de 600 000 euros et prépare actuellement une seconde levée de fonds de 2 millions d'euros

pas développer son projet de manière isolée, mais interagir, communiquer et s'entourer des bonnes personnes (partenaires scientifiques, cabinet avocats, cabinet PI, cabinet juridique). Enfin, le levier le plus important réside dans la capacité à trouver des financements, point déterminant dans l'entrepreneuriat. Pour démarrer, il existe beaucoup de prix, concours, accompagnements différents, et il est important de bien les connaître, car la méconnaissance de ces possibilités peut freiner le démarrage.

Le mot de la fin serait de dire aux étudiants qui hésitent à entreprendre, que c'est possible et qu'il faut s'engager, car on a la chance d'évoluer dans des écosystèmes très intéressants où l'on est accompagné, et par ailleurs, la France propose beaucoup d'aides pour soutenir l'innovation, et c'est une chance !

TOUT EST LIÉ À LA PERSONNALITÉ DU CHERCHEUR

Éric Marty

Managing Partner Demeter Investissement



Quelle est la stratégie d'investissement de Demeter ?

Dès les années 2010, nous avons pris la mesure de l'importance de l'agriculture en matière de transition écologique. L'agriculture est intéressante à double titre : c'est une activité économique à la fois émettrice de carbone, mais c'est aussi le seul secteur qui peut capter une partie de ce carbone, grâce à des pratiques durables.

Ainsi, nous avons mis en place une stratégie d'investissement qui nous conduit aujourd'hui à être partenaire d'une trentaine de sociétés très innovantes, positionnées de manière assez diversifiée dans les domaines amont et aval de l'agriculture, de la nutrition, des matières premières innovantes, de solutions digitales et de technologies destinées à cet univers.

Notre objectif est de financer des sociétés qui ont un impact sur le changement climatique en se développant sur la base d'innovations destinées à trouver

leur place sur le marché.

Du point de vue de l'investisseur, le secteur de l'agriculture est intéressant, car il fait face à des problématiques multiples. L'enjeu est à la fois de produire de plus en plus - la population de la planète augmente -, d'avoir une nourriture de meilleure qualité, mais avec des facteurs de production de plus en plus contraints (par rapport à l'utilisation limitée des pesticides et engrais chimiques, aux déséquilibres climatiques...).

Dans ce genre de situation, l'innovation joue un rôle central. Nous avons déjà connu une dynamique similaire avec l'énergie dans les années 2000, aujourd'hui c'est le cas dans le domaine de l'agriculture et de l'agroalimentaire, le momentum est donc excellent pour apporter des solutions innovantes. Demeter consacre 70 % à 80 % de ses engagements à ce secteur en France, et le reste se répartit en Europe (Allemagne, Belgique, Espagne...).

Notre sujet est effectivement européen : la souveraineté

alimentaire a une dimension européenne, d'autant que les contraintes qui s'appliquent sont aussi européennes.

À quel stade d'avancement des projets investissez-vous ?

Très tôt. Nous investissons en amorçage. Nos fonds ont pour la plupart le support du Fonds national d'amorçage, outil développé par le Secrétariat général pour l'investissement (SGPI) et géré par Bpifrance. Ils nous permettent d'investir dans des sociétés qui n'ont peu ou pas de chiffre d'affaires et n'ont jamais été financées par des investisseurs professionnels. Ainsi, nous sommes au cœur de la stratégie portée par Astragal avec des sociétés encore au stade du laboratoire, mais dont le concept est en voie d'être démontré.

Nous prenons un certain nombre de risques lorsque nous investissons : l'équipe n'est pas complètement constituée, la stratégie commerciale pas toujours finalisée, le business model pas encore écrit... Ces risques, nous les assumons, mais surtout nous aidons l'entreprise à progresser sur ces points-là. Nous préférons entrer tôt et accompagner la société durant sa croissance, participer aux tours de financements successifs, et être un actionnaire de référence de l'entreprise.

Nous pouvons même parfois accompagner un projet en pré-maturation, mais en général nous arrivons en sortie de maturation. Tout est lié à la personnalité du chercheur : comme il y a des

sériels entrepreneurs, il y a des serials innovateurs dans les laboratoires ; des chercheurs qui ont déjà été impliqués dans la création de plusieurs sociétés innovantes. Nous aimons être en contact avec ces chercheurs.

Il faut créer les conditions permettant de multiplier ces serials innovateurs... Ils sont potentiellement nombreux, mais bien à leur place dans les laboratoires. Ils ont beaucoup d'idées et nous sommes capables d'en être les passeurs.

Et pouvons-nous vous retrouver si vous n'avez pas participé au tour d'amorçage ?

C'est très variable en fonction de l'historique de l'entreprise. Je le souligne, notre stratégie est d'entrer tôt, avec les risques que cela comporte mais dans des conditions attractives en contrepartie. Nous investissons un ticket de quelques millions, et nous sommes ensuite en mesure de suivre les tours de financement successifs... mais à la condition que nous soyons entrés dès le début.

Comment détectez-vous les projets susceptibles de vous intéresser ?

Nous sommes en contact régulier avec les organismes où l'on peut les trouver. Aux premiers rangs desquels figurent les SATT, les incubateurs, et quelques laboratoires que l'on connaît déjà et avec lesquels nous avons des relations historiques.

Nous échangeons régulièrement avec eux, nous nous déplaçons afin de rencontrer des projets. Nous participons aussi à des jurys, animons des réunions d'informations. Je suis membre

du comité de pré-maturation du CNRS, d'autres collègues sont dans des comités d'investissement de certaines SATT, des incubateurs à Paris et en Province. Demeter participe aux jurys I-Lab, I-Phd. Nous allons au-devant des porteurs de projets, et il y a un véritable effort pour rester au plus près de l'écosystème de l'innovation.

Nous avons une stratégie d'investissement murement réfléchi, et restons des

« Nous allons au-devant des porteurs de projets »

leaders d'opinions dans nos domaines d'investissement : stockage du carbone, agrivoltaïsme, protéines alternatives sont des thématiques sur lesquelles nous

investissons. Nous examinons les travaux des équipes de recherche qui travaillent sur ces sujets, et réfléchissons à quelles sont ou seront les meilleures startups. Nous allons à la rencontre de toutes les sociétés positionnées dans les domaines que nous sélectionnons.

Comment se répartissent vos investissements ?

Aujourd'hui l'agriculture/ agroalimentaire représente 40 à 50 % de notre activité, à tel point que nous avons lancé deux fonds dédiés, l'un consacré à la viticulture - Vitirev -, avec le soutien de la Banque des territoires et de la Région Aquitaine, et un autre avec le soutien de Bpifrance sur l'agriculture, déjà totalement investi dans une vingtaine de sociétés.

Demeter investit également dans le domaine de l'énergie. Et ce qui est intéressant, c'est qu'il existe une étroite connexion entre les énergies renouvelables et l'agriculture. L'agriculture, c'est le foncier, et aujourd'hui

pour développer des énergies renouvelables, il faut du foncier pour l'agrivoltaïque, la méthanisation, les gaz verts, etc. Ces développements sont à l'intersection de l'énergie et l'agriculture. C'est la même question pour l'eau... Il y a de vraies synergies. Ce sont des secteurs d'investissement très intéressants.

Que pensez-vous d'une initiative comme Astragal ?

Astragal est dans la continuité de la politique menée depuis plusieurs années en faveur de l'innovation. Nous voyons que la puissance publique connaît de mieux en mieux les thématiques d'environnement, d'énergie, d'agriculture. Elle a beaucoup appris, notamment avec la mise en place des SATT, et elle est maintenant capable de mettre en œuvre des programmes de plus en plus fins, tels que celui que nous connaissons avec Astragal. Tout ceci permettant aux chercheurs de finaliser leurs travaux en cours, financer les projets en pré-maturation et nous convaincre de leur intérêt. C'est une étape cruciale qui a été identifiée.

Au regard de votre expérience, qu'est-ce qui motive un chercheur à faire du transfert de technologies ?

Lorsqu'un chercheur a travaillé durant plusieurs années, il pense à ce qui peut servir à la société, avoir un impact, il souhaite que ses résultats, ses découvertes ne restent pas dans un tiroir ou dans un laboratoire, mais puissent servir largement dans le monde actuel. Nous sommes là pour l'aider à franchir toutes les étapes et réussir. Mais il ne faut pas croire que ce soit un parcours tranquille : pour monter une société innovante, il faut être bien accompagné !

L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL AU CŒUR DE LA THÈSE D'INVESTISSEMENT

Anne-Valérie Bach, Directeur de la société Capagro
Juliette Raoul-Fortésa, Chargée d'investissement chez Capagro



Pouvez-vous nous présenter Capagro ?

Capagro est un fonds d'investissement qui met son réseau et ses compétences d'accompagnement de startups « deep tech » au service d'une filière agroalimentaire plus durable et saine. Il est né de la conviction que l'innovation technologique va permettre d'accélérer la transition nécessaire vers un système utilisant plus efficacement des ressources limitées. Capagro est spécialisé dans l'investissement et l'accélération de startups européennes de l'AgriTech et de la FoodTech. L'élément différenciant par rapport à d'autres fonds d'investissement

est qu'il rassemble des investisseurs institutionnels et corporates de l'industrie, eux-mêmes positionnés sur la chaîne de la valeur agri-agro et très actifs sur ce secteur : coopératives agricoles comme Terrena ou Euralis, des multinationales agroalimentaires comme Bel ou Avril, des acteurs financiers comme Bpifrance ou le Crédit Agricole. Cette différence permet de créer de réelles synergies, des ponts, entre le monde des startups innovantes et celui des industriels.

Le fonds a lancé son deuxième véhicule d'investissement ciblant 200 millions d'euros, après avoir finalisé le déploiement d'un premier fonds de 124 millions d'euros. Nous avons déjà réalisé un closing initial, ainsi que deux investissements : notre stratégie

concerne deux types de sociétés. D'une part Capagro peut investir dans des sociétés early growth, générant déjà du chiffre d'affaires (2-3M€) avec des tickets initiaux de 3 à 6 millions d'euros, pouvant monter plus haut dans les tours qui suivent afin d'accompagner ses startups sur le long terme. D'autre part, Capagro peut investir de manière plus opportuniste dans des sociétés ne générant pas encore de chiffre d'affaires, mais dont la technologie développée est forte et présente des synergies facilement activables avec les souscripteurs du fonds. Le ticket initial est alors de 1 million d'euros. Les investissements peuvent se faire en Europe mais également en Amérique de Nord ou en Israël.

Quel est l'engagement de Capagro par rapport aux objectifs de durabilité ?

Chez Capagro, l'impact est au cœur de la thèse d'investissement. La société de gestion est certifiée Bcorp et le Fonds est « Article 9 », qui est l'engagement le plus durable dans le cadre de la réglementation SFDR (Sustainable Finance Disclosure Regulation). Ainsi, nous investissons dans des sociétés qui ont à la fois un objectif d'impact environnemental fort, et ne présentant aucune nuisance collatérale significative. Ces sociétés doivent notamment répondre à un certain nombre d'objectifs de développement durable de l'ONU. Ces différents engagements et certifications positionnent directement notre stratégie d'investissement.

Quelle est la stratégie d'investissement de Capagro ? Comment est mesuré l'impact au moment de l'investissement. Quels sont les critères ?

Dans sa stratégie d'investissement, Capagro a un double engagement, envers les partenaires et envers les autorités et agences de certification. Cette stratégie d'impact s'appuie alors sur des méthodologies précises d'évaluation des sociétés en priorisant trois critères :

1- la mesure de l'impact environnemental avec notamment



l'engagement par rapport aux Objectifs de Développement Durable;

2- le critère DNSH (Do Not Significantly Harm) pas de nuisance forte significative;

3- le critère de bonne gouvernance.

Il est très clair que l'aspect impact environnemental est déterminant, les sociétés doivent ancrer leur technologie dans ce désir d'impacter, ce qui est souvent le cas des sociétés qui s'adressent à nous. Dans notre stratégie, nous accélérons ainsi des innovations qui permettent d'améliorer notre système alimentaire sur toute sa chaîne de valeur. Capagro a, par ailleurs, signé un certain nombre de chartes, telles que

« Ainsi, nous investissons dans des sociétés qui ont à la fois un objectif d'impact environnemental fort, et ne présentant aucune nuisance collatérale significative. »

la charte SISTA x France Invest, et publie un rapport d'impact chaque année.

Nous avons donc développé une méthodologie permettant l'évaluation de la création de la valeur financière et de la création

d'impact, et l'évaluation de l'écosystème dans lequel se développe la société.

Nous sommes convaincus que pour accélérer le développement d'un projet, une société doit s'insérer dans un écosystème synergique, dynamique, porteur, et qui doit permettre l'adoption globale et plus rapide des solutions proposées. Ces aspects sont indispensables, indissociables et nécessairement efficaces. Nous investissons dans des sociétés très en amont, à un moment où il y a encore beaucoup de choses à construire, mais il est primordial d'aligner notre vision, nos convictions avec le management autour de ces 3 piliers.

Globalement, nous étudions 1 500 dossiers par an qui se répartissent entre la FoodTech (60%) et l'AgriTech (40%). Le fonds permet une quinzaine d'investissements sur 5 ans, ce qui fait une moyenne de trois investissements par an.

Quelles sont les thématiques dans lesquelles vous investissez ?

La durabilité doit s'inscrire dans toute la chaîne de valeur de notre système alimentaire.

De ce fait, les thématiques dans lesquelles le fonds investit couvrent toute cette chaîne réunissant des sujets tels que la robotique agricole, l'agriculture durable et la captation de carbone, les biosolutions, l'anti-gaspillage, les protéines alternatives, les ingrédients de spécialités, la nutrition personnalisée, la digitalisation des process, ainsi que les alternatives au packaging.

Nous pouvons citer quelques exemples de prises de participation dans des startups françaises et européennes œuvrant dans les domaines de la robotique agricole (Naïo Technologies, Ecorobotix), du e-procurement agricole (Agriconomie), de la nutrition « better for you » (Yooji, Nick's, Cuure), des protéines végétales (La Vie), du e-commerce (Japhy, La Belle Vie, Colvin), de « l'indoor farming » (CleanGreens) et du biocontrôle (AgriOdor).

Comment sourcez-vous les sociétés dans lesquelles vous souhaitez investir ?

Les sources sont diverses. Un certain nombre de sociétés nous contacte directement. Cependant l'essentiel de notre flux d'affaires est généré par nos équipes. Nous faisons également beaucoup de recherches, consultons des études, les

rapports, et les mappings réalisés par les associations ou consortia. Nous participons, par ailleurs, à de nombreux comités d'évaluation (AgroParisTech, Génopole, Concours de la chambre de l'agriculture - Agreen Start up - Astragal...) Nous participons également à divers événements français ou européens. Les différents fonds d'investissement établissent aussi des liens entre eux et travaillent en synergie pour développer des stratégies complémentaires et couvrir au maximum les thématiques.

Les modèles économiques actuels d'investissement sont-ils les plus adéquats pour atteindre les objectifs de développement durable ?

À notre sens, il n'y a pas d'antagonisme entre durabilité, croissance et économie. La solution à fort impact doit

utiliser des maillons existants dans la chaîne économique. Faire progresser le système sera plus rapide et efficace qu'une reconstruction complète pour changer l'économie existante. Par exemple, les bio-intrants innovants vont utiliser les coopératives et systèmes de distribution existants pour gagner de la force et de l'impact. Pour nous, arriver à devenir rentable, c'est une condition sine qua none à la pérennité et à la réussite d'un impact environnemental significatif. Tout l'enjeu est d'essayer de faire bouger tous les acteurs vers la durabilité dans une symbiose vertueuse.

Ainsi, la stratégie d'investissement proposée par Capagro s'enracine dans les trois piliers cités précédemment visant à créer de la valeur financière en développant une idée à fort impact, en évoluant dans un écosystème synergique et dynamique, rendant le modèle économique pérenne et au service de la durabilité.

« À notre sens, il n'y a pas d'antagonisme entre durabilité, croissance et économie... »



LES PARTENAIRES DU CONSORTIUM ASTRAGAL

Chef de file pré-maturation SADEA - ADFS **INRAE > transfert**

Chef de file maturation SADEA **AxLR** Occitanie Méditerranée

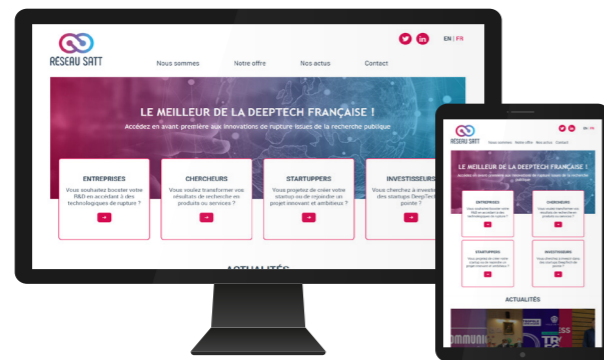
Chef de file maturation ADFS **SATT PARIS-SACLAY** L'innovation en confiance



Contrats ANR
Prématuration : SADEA : n°ANR-21-MATP-0301 | ADFS : n°ANR-21-MATP-0303
Maturation : SADEA : n°ANR-21-MATP-0302 | ADFS : n°ANR-21-MATP-0304

ACCÉDEZ EN AVANT-PRÉMIÈRE AUX INNOVATIONS DE RUPTURE

issues de la recherche publique

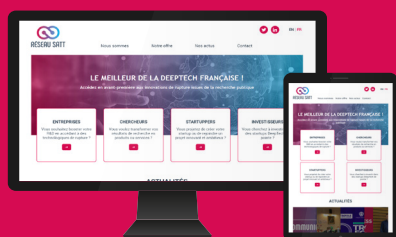


Suivez l'actualité du Réseau SATT
www.satt.fr



**UNE QUESTION,
UNE DEMANDE,
UNE INFORMATION,
UN RENDEZ-VOUS...**

**Contactez :
astragal.cellex@inrae.fr**



**ACCÉDEZ EN AVANT-PREMIERE
AUX INNOVATIONS DE RUPTURE**
issues de la recherche publique

Suivez l'actualité du Réseau SATT
www.satt.fr

