

QUELLES INNOVATIONS POUR LE DEVELOPPEMENT DE CHAINES DE VALEURS ALIMENTAIRES DURABLES ? QUELS SONT LES ENJEUX, LES BESOINS DU MARCHÉ ?

L'ANALYSE DE MARC DANJON, DIRECTEUR DE L'INSTITUT CARNOT
AGRI FOOD TRANSITION

Avant d'évoquer les innovations pour leur développement, il convient de rappeler ce qu'est une « chaîne de valeur alimentaire durable ».

CHAÎNE DE VALEUR ALIMENTAIRE DURABLE : UN JEU D'ACTEURS COMPLEXE

« Une *chaîne de valeur alimentaire* est constituée de toutes les parties prenantes qui participent aux activités coordonnées de production et d'ajout de valeur qui sont nécessaires pour produire des denrées alimentaires.

Une *chaîne de valeur alimentaire durable* est une chaîne de valeur alimentaire qui :

- est rentable d'un bout à l'autre (durabilité économique) ;
- a de larges effets positifs pour la société (durabilité sociale) ;
- a un impact positif ou neutre sur l'environnement naturel (durabilité environnementale).

Dans le concept de chaîne de valeur alimentaire durable, on part du principe que les chaînes de valeur sont des systèmes dynamiques et animés par le marché, dont la dimension centrale est la coordination verticale (gouvernance) et pour lesquels la valeur ajoutée et la durabilité sont des mesures explicites et multidimensionnelles de la performance, évaluées au niveau global. »¹

¹ FAO, Food and Agriculture Organization

Dans les marchés finaux d'aujourd'hui, il est de plus en plus essentiel d'atteindre simultanément les trois objectifs de durabilité : économique, sociale, et environnementale. Il faut donc plus que jamais innover pour éviter de devoir faire des compromis entre ces différents objectifs.

Pour améliorer une chaîne de valeur alimentaire, il convient de s'appuyer sur un ensemble cohérent et coordonné de différentes améliorations apportées le long de la chaîne et/ou dans l'environnement porteur et qui s'attaquent à tous les obstacles clés qui empêchent la concrétisation des objectifs.

On peut en distinguer quatre grands types :

- l'amélioration qui concerne les exploitations agricoles et les entreprises (nouvelles technologies, par exemple) ;
- l'amélioration concernant la gouvernance (agriculture sous contrat, par exemple) ;
- l'amélioration des fournisseurs de services (assurance contre les risques météorologiques, par exemple) ;
- l'amélioration de l'environnement porteur pour les entreprises (modification des politiques, par exemple).

De l'énoncé précédent, on comprend également que la gouvernance, qui régit les relations des différents maillons entre eux, a une importance cruciale dans la performance globale de la chaîne de valeur.

Enfin, toutes les formes d'innovations (produits, procédés ou organisationnelles, commercialisation, développement de nouvelles sources d'approvisionnement, nouvelles structures de marché) sont accessibles tant au niveau de chacun des maillons qu'à celui de la chaîne de valeur dans son ensemble.

LE RESEAU CARNOT

Par la complémentarité de leurs compétences, leur engagement et leur capacité à coopérer entre eux, les institut Carnot constituent un outil efficace au service de l'innovation et du développement des chaînes de valeur alimentaire durables.

En effet, certains instituts sont focalisés sur des domaines spécifiques, tels [Plant2Pro](#) (végétal), [France Futur Elevage](#) (animal), [Qualiment](#) (alimentation) ... D'autres apportent des compétences transversales, tels [Inria](#) (numérique), [Cea Leti](#) (électronique), [Cea List](#) (intelligence artificielle), [Cetim](#) (usine du futur), [Eau et Environnement](#) (dont technologies appliquées à la gestion de l'eau et des écosystèmes aquatiques) [Polynat](#) (matériaux, dont emballages alimentaires) ...

L'institut Carnot [AgriFood Transition](#), « R&D des systèmes alimentaires durables, pour la santé humaine et l'environnement », déploie ses compétences de R&D pour l'innovation des produits et des procédés sur toute la chaîne de valeur. Il intègre dans ses travaux les différents volets de la durabilité économique (création d'emplois, valeur pour le consommateur), sociale (nutrition et santé, bien-être des travailleurs, bien-être animal), et environnementale (réduction des émissions de gaz à effet de serre, usage et qualité des sols et de l'eau, santé des végétaux, santé animale, gestion et valorisation des déchets, pertes et gaspillages alimentaires, préservation et restauration de la biodiversité), avec si possible un impact à grande échelle.

ILLUSTRATION PAR L'EXEMPLE

Les quatre exemples suivants permettent d'illustrer les apports des instituts Carnot au développement des chaînes alimentaires durables.

Opticool – Répondre aux enjeux de réduction des consommations énergétiques sur l'étape « Stockage du lait à la ferme »



- *Résultats*

Le refroidisseur de lait à la ferme constitue le premier poste de consommation d'électricité dans les exploitations agricoles laitières. Les équipes de R&D du Pôle Cristal (Institut Carnot AgriFood Transition et de SERAP

Industries, 1er fabricant mondial de ce type d'équipements, ont évalué de nombreuses solutions qui associent i) des nouvelles technologies (fluide frigorigène à faible impact environnemental, mesures en continu de certains paramètres du lait, stockage d'énergie, contrôle commande avancé), ii) des solutions de réduction de consommation d'énergie (pré-refroidissement, récupération de chaleur,...) et iii) des solutions de production d'énergies renouvelables. Cette évaluation a été réalisée grâce au développement d'un modèle numérique de consommation du tank complètement original, complété par de nombreuses campagnes d'essais en laboratoire.

« Le projet nous a permis d'utiliser de nouveaux outils pour aller plus vite dans la création d'innovation. Nous avons réussi notre pari de baisser entre 60 et 80% (sur le prototype testé au Pôle Cristal) la dépense d'énergie du tank à lait et du réchauffement de l'eau » Stéphane Bineau, Directeur R&D, SERAP industries.

- *Perspectives*

Crédit-photo SERAP Industries



Ce nouveau tank à lait est commercialisé depuis le dernier trimestre 2021, avec une réduction de 40 à 70% sur l'équipement OPTICOOL (Prix de l'Innovation au SPACE 2021).

[En savoir plus](#)

Résurrection d'espèces végétales disparues – Répondre aux enjeux de préservation de la biodiversité



Ce projet de R&D a été conduit en partenariat avec Vegenov (Institut Carnot AgriFood Transition), le Conservatoire Botanique National de Brest (CBNB) et Klorane Botanical Foundation.

Cylindrocline lorencei est une plante de l'île Maurice considérée comme éteinte en 1990. Quelques graines étaient conservées à -18°C au CBNB.

L'équipe de Vegenov a pu multiplier par une technique innovante de micropropagation *in vitro* plusieurs centaines de jeunes sujets de cette plante. Cette méthode a permis de faire face aux essais de bouturage assez difficiles afin de pouvoir maîtriser à grande échelle toutes les étapes de la culture, de l'éprouvette à la réintroduction en passant par l'acclimatation. Un sauvetage d'embryons *in vitro* a ainsi pu être réalisé à partir de 74 graines. Aujourd'hui, 84 plants de *Cylindrocline lorencei* ont désormais rejoint l'île Maurice après trois années de rapatriement.

Des perspectives intéressantes pour préserver le capital en espèces végétales de notre planète et la diversité des molécules d'intérêt de ces plantes.

[En savoir plus](#)

Projet 7dSh TOX – vers une alternative au glyphosate ?



Le glyphosate, principale substance active de l'herbicide le plus utilisé au monde, est controversé pour son impact nocif sur l'environnement et la santé humaine. Si aujourd'hui les alternatives sont des techniques essentiellement manuelles ou mécaniques, des désherbants "naturels" sont en cours de

développement en France.

L'Institut Carnot AgriFood Transition a soutenu le projet de ressourcement scientifique porté par ses équipes "Stress, membrane et signalisation" de l'IRSET et le Ceva. Ce projet vise à évaluer la toxicité d'un nouveau composé issu de cyanobactérie comme alternative au glyphosate. La complémentarité des équipes de recherche a permis de cultiver la

cyanobactérie, d'extraire et de purifier le 7-désoxysédoheptulose (7dSh) et d'étudier la toxicité de cet antimétabolite sur des cellules humaines en culture primaire et le *modèle in vivo* de larve de poisson-zèbre.

Si le caractère inoffensif pour l'homme et l'environnement de ce composé est confirmé, cela fera de lui un très bon candidat en alternative au glyphosate. Et répondra à l'enjeu fort de substitution de cet herbicide.

[En savoir plus](#)

Aleph – une technologie émergente pour préserver la qualité de l'air en élevages

- *Une technologie émergente brevetée*



ALEPH – *Amplification of Light Energy by Pulses with Harmonics* – est un procédé breveté capable d'assainir l'air dans les élevages. La machine reste extraordinairement compacte et économe en électricité. Quelques dizaines de centimètres de longueur et de l'ordre de 1 W par 100 m³ de flux dépollué. Elle n'utilise ni filtre, ni eau et en raison de l'absence de pièces mobiles, elle ne requiert que peu de maintenance. De plus, l'air est assaini sans devoir refouler des

particules à l'extérieur du bâtiment.

- *Résultats et perspectives*



Dans le cadre d'un projet de recherche mené par l'UMT Sanivol et financé par le LIT Ouesterel, les équipes de recherche de l'Anses Ploufragan (Institut Carnot AgriFood Transition) et de l'Itavi (Institut Carnot France Futur Elevage) ont étudié l'impact de cette technologie sur l'élevage des volailles.

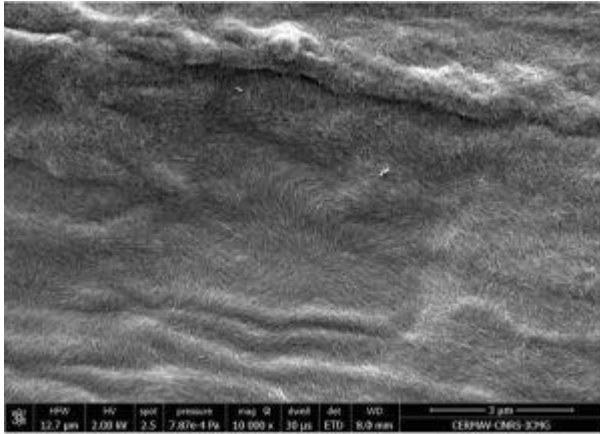
La technologie Aleph permet une réduction significative des taux de CO₂ et d'ammoniac, ainsi que du taux d'empoussièrement (notamment celui des particules PM 1 et PM 2,5). Ce traitement simultané des nuisances olfactives et de la qualité de l'air (chimique et particulaire) dans les élevages – expérimentations réalisées sur volailles – apporte un bénéfice sur la santé et le bien-

être des animaux, la qualité de vie des éleveurs et des riverains. Une belle opportunité pour les élevages avicoles bretons.

[En savoir plus](#)

FILHYBAR (film alimentaire bio sourcé) – Réduire l'impact environnemental des emballages

Porteur du projet : PolyNat



Si la recherche d'alternatives aux matériaux d'emballages issues de la pétrochimie sont une nécessité avec le développement de matériaux biosourcés, la question de leurs performances en termes de fonctionnalités est cruciale pour des raisons de sécurité sanitaire et de gaspillage notamment dans le secteur agroalimentaire.

Ainsi, les nanocelluloses - matériau biosourcé - sont appelées à jouer un grand rôle dans le secteur de l'emballage par leur capacité à

former des revêtements barrières aux gaz. Par ailleurs, leur combinaison avec des nanoplaquettes inorganiques via l'utilisation de la méthode d'assemblage couche par couche (LbL) permet de réaliser des structures denses et cohésives qui présentent une forte tortuosité.

Dans ce contexte, le projet FILHYBAR a eu pour objectif d'étudier la possibilité de recouvrir des substrats commerciaux (papiers ou cartons modifiés ou non, films plastiques) par des films minces hybrides multicouches composés de couches alternées de nanocristaux de cellulose (NCC) et de nanoplaquettes minérales de gibbsite (GNP) afin d'en améliorer les propriétés barrière à l'oxygène et à la vapeur d'eau.

Dans un premier temps, le procédé LbL par trempage, initialement développé pour des surfaces rigides et lisses de petites dimensions, a été adapté à l'utilisation de substrats souples et de grande taille.

Grâce à l'utilisation de méthodes de caractérisation structurale avancées (ellipsométrie, AFM, microscopie électronique à balayage), nous avons ensuite prouvé que des films multicouches (GNP/NCC) pouvaient être déposés à la surface de tous les substrats testés, quelle que soit leur composition, morphologie de surface, rugosité et hydrophilicité avec une architecture dense et homogène identique à celle obtenue sur les substrats modèles.

Enfin, pour les substrats commerciaux ne présentant pas initialement de défaut, nous avons pu obtenir grâce à ces dépôts une amélioration significative des propriétés barrière à l'oxygène allant jusqu'à une réduction de la perméabilité de 75% par rapport au substrat nu. Des résultats encourageants avec des applications potentielles dans le secteur des emballages des filières agricoles et alimentaires, et pharmaceutiques.

[En savoir plus](#)

NEREIDE – Lever les contraintes pour réutiliser l’eau durablement pour l’irrigation agricole

Porteur du projet : Institut Carnot Eau et Environnement



Le projet NEREIDE - Solutions basées sur la Nature pour l'Épuration et la Réutilisation d'Eau Usée vers une Irrigation DURABLE - vise à renforcer les connaissances sur les contraintes de la réutilisation d'eau usée traitée (REUT) pour l'irrigation agricole, dans le but de lever plusieurs verrous qui limitent son attrait, et donc son développement industriel en France. L'approche proposée intègre à la fois la mise au point d'un procédé

de traitement de l'eau adapté aux contraintes techniques, territoriales, environnementales et socio-économique, et l'étude d'impact de la qualité de l'eau traitée sur un système sol – plante. Pour cela, de nouveaux procédés d'épuration de l'eau seront développés et testés à l'échelle semi-pilote, tels que des matériaux adsorbants issus de ressources locales et modifiées pour la filtration sur colonne, et des essences végétales locales pour l'élaboration de filtre planté. Des expériences sur sol cultivé seront également réalisées en lysimètres de laboratoire afin de qualifier la qualité d'eau d'irrigation requise pour une utilisation durable du sol agricole. Ces approches expérimentales inspirées par la nature (NBS) permettront de retenir le procédé le plus prometteur parmi ceux testés, ou plus certainement la combinaison de procédés pour cibler l'abattement d'indicateurs de pathogènes et de contaminants émergents présents dans les eaux usées traitées. Une nouvelle approche d'analyse non-ciblée sera également développée, basée sur l'acquisition d'empreintes moléculaires et inspirée des approches omiques, afin de mieux prendre en compte les problématiques environnementales et sanitaires liées à la REUT.

[En savoir plus](#)