



**HAL**  
open science

## Ressources 1

Inrae Direction de La Communication, Philippe Manguin, Alette Maillard

► **To cite this version:**

| Philippe Manguin (Dir.). Ressources 1. 1, pp.1-88, 2021, 10.17180/V1KQ-VV10 . hal-03449013

**HAL Id: hal-03449013**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03449013v1>**

Submitted on 25 Nov 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

# RESSOURCES

La revue d'INRAE #1

octobre 2021

Décryptage

**Comprendre  
le risque  
«avalanche»**

Société

**Vers une  
alimentation saine  
et durable?**

Futurs

**Vaches laitières,  
l'avenir est-il  
dans le pré?**





↖  
**L'union fait la force**  
**Cette chenille en pâte à**  
**modeller est l'une des 30 000**  
**installées par des collégiens**  
**dans les chênes de 17 pays**  
**d'Europe. Ce projet participatif**  
**«Gardien de chêne», en cours**  
**jusqu'en 2022, aide les**  
**chercheurs à étudier les effets**

**du changement climatique**  
**sur les relations entre les**  
**insectes ravageurs, leurs**  
**prédateurs et ces arbres.**  
Unité mixte de recherche  
Biodiversité, gènes et commu-  
nautés, Centre Nouvelle-  
Aquitaine-Bordeaux  
© INRAE - Bastien Castagneyrol

↑  
**La pollution tracée**  
**Le laboratoire de chimie des**  
**milieux aquatiques (LAMA) a**  
**associé plusieurs méthodes**  
**d'analyse dont la chromatogra-**  
**phie en phase liquide [ci-des-**  
**sus] et la spectrométrie de**  
**masse pour identifier les**  
**substances chimiques**

**présentes dans les eaux.**  
**Cette approche permet de**  
**tracer l'origine et le devenir**  
**des contaminants organiques**  
**des cours d'eau.**  
Unité de recherche Fonctionne-  
ment des hydrosystèmes, Centre  
Lyon-Grenoble-Auvergne-  
Rhône-Alpes © INRAE



↑  
Des insectes pour mieux  
comprendre les cours d'eau  
intermittents

**Les invertébrés aquatiques, ici  
*Rhithrogena gr. semicolorata*,  
insecte éphéméroptère,  
renseignent les écologues**

**sur les effets des pollutions ou  
du changement climatique sur  
les cours d'eau intermittents.**

Unité de recherche Fonctionnement  
des hydrosystèmes,  
Centre Lyon-Grenoble-Auvergne-  
Rhône-Alpes  
© INRAE - Bertrand Launay





↑  
**Pomme d'avenir**  
 La station météorologique du verger d'Angers fait partie du dispositif de l'Observatoire des espèces fruitières, un réseau de suivi destiné à recueillir les données phénologiques de variétés de pommiers, cerisiers, pêchers et abricotiers.

**Ces données, recensées à l'échelle de l'Europe, contribuent à l'élaboration de stratégies d'adaptation de ces cultures dans un contexte de changement climatique.**

Unité expérimentale horticole, Centre Pays de la Loire  
 © INRAE

↗  
 Guadeloupe : accroître l'autonomie alimentaire par la polyculture-élevage  
**Association de cultures (poivron-bananier, concombre-patate douce...), paillis en feuilles de canne à sucre, plantes répulsives pour lutter contre les ravageurs... Depuis 2015, l'expérimentation AgroEcoDiv développe des**

**pratiques agroécologiques en polyculture-élevage, en collaboration avec les agriculteurs. Leur référencement permettra aux producteurs antillais de les adapter à leurs contraintes économiques et environnementales.**  
 Unité de recherches zootechniques, Centre Antilles-Guyane.  
 © INRAE - Madly Moutoussamy







↑  
Herbes à l'épreuve  
du climat  
**À Lusignan, un simulateur de  
climats extrêmes [Siclex] teste en  
conditions réelles l'adaptation**

**des prairies semées aux effets  
du changement climatique :  
manque d'eau, hausse des  
températures, et, à terme, teneur  
en CO<sub>2</sub> élevée. Après un an de**

**service, ce dispositif a déjà permis  
de fournir des préconisations de  
gestion aux agriculteurs et  
d'identifier des semences plus  
résilientes.**

Unité de recherche Prairies et  
plantes fourragères - Centre  
Nouvelle-Aquitaine-Poitiers  
© INRAE - Sébastien Laval



## SOMMAIRE #1

### PORTFOLIO

La recherche en images

[P. 1](#)

### EDITO

par *Philippe Mauguin*

[P. 9](#)

## SOCIÉTÉ VERS UNE ALIMENTATION SAIN ET DURABLE ?

[P. 10](#)

Manger sain & durable,  
les fondamentaux

[P. 12](#)

Les consommateurs  
sont-ils prêts ?

[P. 17](#)

Légumineuses,  
stars des labos

[P. 21](#)

Accélérer  
les transitions

[P. 24](#)

### ENTRETIEN

Sophie Nicklaus, spécialiste INRAE  
de l'étude du comportement  
alimentaire

[P. 29](#)

Comment nourrir  
la planète en 2050 ?

[P. 33](#)

## DÉCRYPTAGE COMPRENDRE LE RISQUE AVALANCHE

[P. 40](#)

Une approche  
systémique pour un risque  
en grande évolution

[P. 44](#)

Une recherche  
à multiples facettes

[P. 49](#)

La collaboration  
au cœur de la prévention

[P. 52](#)

### ENTRETIEN

Véronique Lehideux, du ministère  
de la Transition écologique

[P. 54](#)

## FUTURS VACHES LAITIÈRES, L'AVENIR EST-IL DANS LE PRÉ ?

[P. 56](#)

L'élevage laitier aujourd'hui  
dans le monde

[P. 58](#)

Répondre à la demande  
sans augmenter les impacts

[P. 62](#)

L'élevage à l'herbe,  
les conditions de la réussite

[P. 66](#)

### EXPÉRIMENTATIONS

Au pré!

[P. 71](#)

### REPLAY

L'actualité des derniers  
mois d'INRAE

[P. 78](#)

### À LIRE

[P. 82](#)

LE DICTON DE SAISON  
À la saint Onésiphore,  
la sève s'endort

[P. 84](#)

#### Éditeur

Institut national  
de la recherche  
pour l'agriculture,  
l'alimentation  
et l'environnement  
147, rue de  
l'Université,  
75338 Paris cedex 07

#### INRAE

#### Directeur de publication

Philippe Mauguin,  
PDG d'INRAE

#### Direction éditoriale

Comité éditorial  
*Ressources*

#### Rédactrice en chef

Aliette Maillard

#### Secrétariat de rédaction et design graphique

Atelier Marge Design

#### Illustrations

Morgane Fadanelli  
p. 11 à 27

Lou Rihn p. 42, 64, 68

#### Dossier Société

Rédaction:

Anaïs Bozino,

Élodie Régnier

Pilotage scientifique:

Louis-Georges Soler

et Alban Thomas

#### Dossier Décryptage

Rédaction:

Sebastián Escalon

et l'unité de

recherche ETNA

Pilotage scientifique:

Thierry Caquet,

Mohamed Naaïm,

Patrick Flammarion

#### Dossier Futurs

Rédaction:

Sarah-Louise Filleux

Pilotage scientifique:

Jean-Louis Peyraud

et Thierry Caquet

#### Replay

Sarah-Louise Filleux

#### Dicton

Maylis Gaillard

#### Impression

Biprint (78920

Ecquevilly)

#### Dépôt légal

Septembre 2021

tirage 4 500 ex.

N° ISBN en cours

*Nous remercions  
les chercheurs,  
directeurs et membres  
de l'équipe  
communication  
d'INRAE de leur  
précieuse contribution  
à la création de cette  
revue et l'élaboration de  
ce premier numéro.*

#### Abonnement

Vous pouvez recevoir  
la newsletter INRAE  
annonçant la mise  
en ligne du prochain  
numéro en vous  
abonnant sur le site  
[www.inrae.fr/ressources](http://www.inrae.fr/ressources)

# Informer, décrypter, donner à réfléchir

Philippe Mauguin, PDG d'INRAE

Le monde évolue à grande vitesse. Entre compétition économique et conflits géopolitiques, nos sociétés doivent affronter également les conséquences écologiques des activités humaines, que nous constatons au quotidien.

Atténuation et adaptation au changement climatique, sécurité alimentaire et nutritionnelle, santé humaine et santé de la planète, transition des agricultures, préservation des ressources naturelles, restauration de la biodiversité, anticipation et gestion des risques : l'agriculture, l'alimentation et l'environnement sont au cœur de ces défis planétaires.

Au premier plan de la recherche mondiale dans ces domaines, INRAE développe des partenariats avec ses homologues scientifiques et l'ensemble des parties prenantes (agriculteurs, entreprises, associations, collectivités...) pour repousser les limites des connaissances et concevoir les solutions de demain. Dans ce challenge, le lien avec l'ensemble de ses partenaires est essentiel. Aussi, nous avons voulu l'enrichir d'un nouveau média.

Exigeante et rigoureuse, cette revue n'a pas vocation à l'exhaustivité. Notre site internet *inrae.fr* pour une approche plus large, et nos publications pour une information complète, vous sont ouverts. Attrayant, consistant, facile d'accès, *Ressources* se veut un rendez-vous pour prendre le temps de s'arrêter trois fois par an sur des sujets sociétaux d'actualité, à un moment où la rapidité de circulation et de traitement fausse parfois les informations et l'analyse. Avec trois dossiers par numéro, *Ressources* présente nos résultats sur une question majeure, décrypte un fait d'actualité et donne des éléments de réflexion sur des sujets

d'avenir. Enfin, des rubriques sur la vie de notre institut, que nous souhaitons instructives, inspirantes avec des images étonnantes, ou ludiques, agréablement l'ensemble.

Dans ce premier numéro, nous avons choisi, au lendemain du *Food System Summit* organisé par les Nations unies, de nous arrêter sur l'enjeu de l'alimentation de la planète. Alors que les inégalités alimentaires et les problèmes de nutrition s'accroissent, nous vous présentons les éléments de solutions développés et expérimentés en France, ainsi que les bases d'une réflexion mondiale concertée qui se construit actuellement pour relever le défi de nourrir près de 10 milliards de personnes en 2050.

Les avalanches sont un bon exemple de risque naturel qui étend son actualité avec le dérèglement climatique et amène la recherche à une collaboration continue avec les acteurs des territoires, pour permettre une gestion du risque essentielle et parfois vitale.

Enfin, alors que certains remettent en cause le principe même de l'élevage et de la consommation de produits animaux, nous vous présentons pourquoi le pâturage est une voie d'avenir pour le développement durable de l'élevage laitier.

Nous espérons que vous aurez autant de plaisir à découvrir ce premier numéro que nous en avons eu à le concevoir et le réaliser, avec les nombreux scientifiques et les professionnels de l'édition qui y ont contribué. N'hésitez pas à partager ce que vous pensez et ce que vous attendez de cette revue sur notre site internet.

Bonne lecture!

# VERS UNE ALIMENTATION SAINNE ET DURABLE ?

---

La population mondiale croît et, avec elle, les besoins en ressources agricoles et alimentaires, ainsi que les impacts sur l'environnement. Pour faire face à ces enjeux, la recherche se mobilise et construit avec ses partenaires des solutions concrètes, notamment pour faciliter l'adoption de régimes à la fois sains et durables.

---



# MANGER SAIN & DURABLE, LES FONDAMENTAUX

Sain pour l'humain et durable pour la planète :  
l'équation de nos régimes alimentaires est encore difficile  
à résoudre. Cependant, les fondamentaux qui permettront  
de construire ce nouveau paradigme commencent à se dessiner.

**Analyse.**

Si nous ne mangions que des produits gras et sucrés dont la production est peu émettrice de gaz à effet de serre (GES), notre régime alimentaire aurait un faible impact sur l'environnement, mais un impact délétère sur notre santé. Si nous supprimions sodas, charcuterie et chips pour nous nourrir essentiellement de fruits, de légumes, de produits laitiers et de poissons, notre régime serait sain mais difficilement acceptable socialement par une grande partie de la population. Et s'il existait un régime alimentaire, à la fois sain, plus respectueux de l'environnement et acceptable, encore faudrait-il qu'il soit accessible à tous d'un point de vue économique.

## **La durabilité, au-delà des questions environnementales**

Pour l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture<sup>1</sup>, la durabilité d'un régime alimentaire repose sur plusieurs critères : il doit avoir un faible impact sur l'environnement ; contribuer à la sécurité alimentaire et nutritionnelle de la population ; être culturellement acceptable, économiquement équitable et accessible. Mais les situations culturelles, économiques, so-

ciales et agricoles sont tellement diverses de par le monde qu'il est impossible de définir « un » régime alimentaire unique que pourrait adopter la population mondiale. Il existe ainsi une diversité d'évolutions envisageables et souhaitables de nos régimes alimentaires.

Pour ce qui est de la France, l'État s'appuie sur les recommandations nutritionnelles émises par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), pour établir le Programme national nutrition santé (PNNS), support de politiques publiques dont l'objectif est d'améliorer la situation nutritionnelle et de santé de la population. Voici les grandes lignes de ce plan : réduire notre consommation de produits et boissons sucrés, de charcuterie et de viandes (hormis la volaille) ; maîtriser la consommation d'aliments hautement transformés ; consommer des poissons issus de stocks durables ; mettre l'accent sur des aliments locaux et saisonniers ; augmenter notre consommation de produits végétaux de bonne qualité nutritionnelle comme les céréales complètes, les légumineuses, les fruits et légumes... Ces recommandations permettent de tendre vers un régime

plus sain mais permettent-elles d'avoir un impact moindre sur l'environnement ? Pour répondre à cette question, les chercheurs d'INRAE se sont penchés sur les régimes des Français.

### L'impact environnemental des régimes alimentaires

Les études (Inca 3 2014-2015, expertise collective Anses 2017, Credoc 2013) sur la population française montrent que les 20 % de personnes ayant le meilleur régime alimentaire, d'un point de vue nutritionnel, consomment moins de viande, charcuterie, boissons sucrées et alcoolisées, et plus de produits végétaux que la moyenne. Ce faisant, leur régime émet 18 % de GES en moins et est ainsi plus respectueux de l'environnement.

Pour aller plus loin, les chercheurs ont conçu par modélisation un régime qui répond aux recommandations nutritionnelles et permet de diminuer davantage les émissions de GES. Résultat, avec une réduction plus forte des produits animaux, une augmentation des produits végétaux et une baisse de la consommation des boissons chaudes (café, thé, etc.), les chercheurs arrivent à un régime qui émet 30 % de moins de GES que le régime moyen actuel. Ces deux régimes, l'observé et le modélisé, ont un coût inférieur à celui du régime actuel (6,20 € et 6,40 € par jour par personne, au lieu de 6,70 €) mais restent tout de même inaccessibles pour une partie de la population – sachant que le budget moyen des Français se situe entre 5 et 6 € par jour et par personne, et celui des ménages les plus modestes autour de 3,50 €. Par ailleurs, la question de leur acceptation sociale et culturelle reste posée, en particulier pour la diminution de consommation de viande.

### Quelle place pour la viande ?

Très inégale dans le monde (un Africain consomme 6 à 10 fois moins de viande qu'un Occidental, un Asiatique 2 fois moins), la consommation de viande devrait augmenter de 60 % d'ici 2050 selon les projections, du fait de l'augmentation conjuguée de la population mondiale et du pouvoir d'achat des pays en forte croissance. Or, si les produits animaux apportent tous les acides aminés dont nous avons besoin et constituent la source principale de vitamine B12, de fer



**250 kcal**

Baisse de calories journalières ingérées souhaitée

**30 %**

Potentiel de réduction des émissions de GES avec l'adoption de régimes moins carnés et plus végétaux



**+ 60 %**

Hausse estimée de la consommation mondiale de viande d'ici 2050

**500 g**

Recommandation de consommation de viande (hors volaille) par semaine par personne

1. ONUAA, ou en anglais FAO pour *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

2. Émissions directes et indirectes liées à la production d'aliments, la consommation d'énergie, la fermentation entérique, etc. Source FAO : [www.fao.org/3/i6345f/i6345f.pdf](http://www.fao.org/3/i6345f/i6345f.pdf)

et de zinc essentiels pendant la grossesse et la croissance, une consommation excessive de viande, en particulier de viande rouge, peut avoir des conséquences néfastes sur la santé. Ses acides gras saturés et mono-insaturés peuvent entraîner des maladies cardiovasculaires. De récentes études, menées à l'unité mixte de recherche Toxicologie alimentaire (Toxalim), ont montré le lien entre la consommation excessive de viande rouge ou de charcuterie et le cancer du côlon.

Par ailleurs, l'élevage, en particulier celui des ruminants, est responsable d'une partie des émissions de GES. En effet, au niveau mondial, les émissions directes et indirectes de GES provenant de l'élevage sont estimées à 14,5 %<sup>2</sup> des émissions totales liées aux activités humaines, l'équivalent de 7,1 gigatonnes de CO<sub>2</sub> chaque année. Enfin, le bien-être animal, préoccupation croissante dans la société, interroge certaines pratiques de production dans les élevages industriels. Mais s'il est indéniable qu'une diminution de la consommation de viande présente un intérêt environnemental, l'élevage a aussi ses vertus.

### Une pratique de l'élevage à préserver

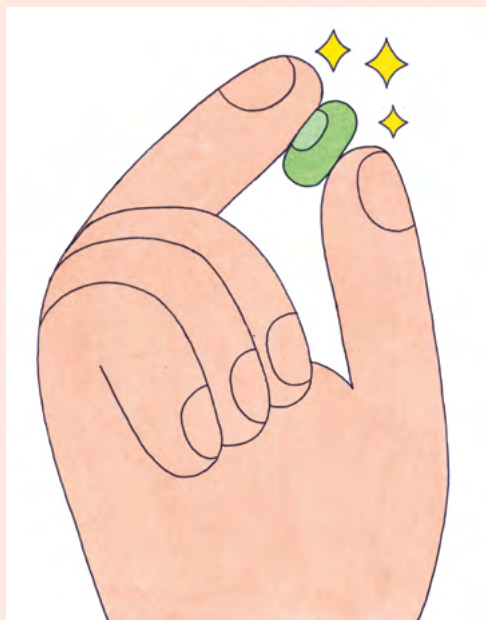
L'élevage permet d'utiliser des terres agricoles non cultivables sous forme de prairies temporaires ou permanentes (plus de 5 ans sans culture) qui jouent un rôle majeur dans le stockage du carbone dans les sols. Les animaux permettent également la valorisation des coproduits et sous-produits des filières végétales non consommables directement par l'humain, ou encore apportent une fertilisation organique des terres. Enfin, si tout le monde adoptait un régime basé →

**Rééquilibrer nos apports entre protéines d'origine animale et végétale est une des clés des transitions.**



## SOLUTION

## Prometteuses légumineuses



**Pour résoudre l'équation complexe du régime sain et durable, les légumineuses font office aujourd'hui de bonnes candidates : lentilles, fèves, haricots secs pour l'alimentation humaine ; pois, féverole, trèfle, luzerne pour l'alimentation animale. À la fois bonnes pour notre santé et celle de l'environnement, elles sont un maillon essentiel de la transition vers des régimes durables.**

Sources de protéines (20 à 40 % selon les espèces contre 10 à 13 % dans le blé par exemple), les légumineuses permettent de réduire notre consommation de viande et diminuer l'importation de soja pour l'alimentation animale. De surcroît, les légumineuses présentent des avantages sur le plan agronomique et même climatique. Intégrées dans les rotations de culture, elles peuvent servir de piège à nitrates et fixer l'azote pour la culture suivante. Elles permettent de casser le cycle des

maladies, des ravageurs et des mauvaises herbes, et ainsi d'utiliser moins de pesticides à l'échelle de la rotation des cultures. Leur présence entraîne ainsi des gains de rendements pour les céréales et améliore la fertilité des sols... Malgré ces nombreux atouts, les légumineuses représentent seulement 4 % de la surface agricole utile en France et la consommation de légumes secs (lentilles, haricots, fèves, pois chiches, etc.) a été divisée par quatre en 20 ans pour atteindre un niveau très bas en France (2 kg par personne et par an en 2020 selon l'Agreste). Comment expliquer ce désamour ? Côté consommation, on peut incriminer le temps qu'elles peuvent nécessiter en cuisine, les désordres digestifs qu'elles peuvent provoquer ou encore un goût exacerbé de type « note verte ». Elles sont également victimes de préjugés : des études montrent que les légumes secs sont associés à une alimentation végétarienne et ne sont pas perçus comme une source de protéines mais plutôt comme un accompagnement de la viande. Côté production, leur forte sensibilité aux stress climatiques, comme le gel ou la sécheresse, et leur faible résistance aux agresseurs biologiques conduisent à des rendements incertains.

Négligées pendant des années, les filières de valorisation sont aujourd'hui assez peu structurées. La logistique est complexe et coûteuse pour des petits volumes. Aussi ces productions sont vues comme peu intéressantes économiquement en l'absence d'aides publiques. Des faiblesses que les chercheurs tentent de dépasser, depuis la production jusqu'à la consommation, en passant par la transformation. Par exemple, ils développent de nouvelles variétés de pois et de féveroles plus résistantes à la sécheresse, au gel et aux maladies, ou encore de nouveaux produits à base de légumineuses ([voir article page 21](#)). Un objectif soutenu directement par l'État français avec le « plan protéines végétales » lancé en 2020, qui vise à doubler en 10 ans la surface agricole utilisée pour les cultures riches en protéines végétales (soja, pois, légumes secs, luzerne, légumineuses fourragères...), pour atteindre 8 % de la surface agricole utile au niveau national.

**20-40 %**

Part de protéines dans les légumineuses

**8 %**

Objectif de surface agricole française consacrée aux légumineuses en 2030, contre 4 % en 2020

**2 kg**

Consommation de légumes secs par personne et par année en France en 2020

**100 %**

de l'apport en acides aminés assuré par l'association légumineuse / céréale

uniquement sur des produits végétaux, l'augmentation de la demande de ces produits ferait augmenter proportionnellement les besoins en terres cultivées et probablement la quantité de pesticides utilisés. Aussi, les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) appellent à un rééquilibrage des apports entre produits végétaux et animaux. En France, il s'agirait ainsi de faire évoluer notre ratio de consommation de protéines d'origine animale et végétale de 65/35 à 50/50 en moyenne.

#### **Manger durable, c'est penser système...**

La consommation ne devrait pas se penser indépendamment de la production agricole. Un régime alimentaire durable commence par une production respectueuse de l'environnement. « *C'est un cercle vertueux, produire mieux permet de manger mieux, et manger mieux permet d'impulser la demande pour une meilleure production* », rappelle Sophie Nicklaus, spécialiste INRAE de l'étude du comportement alimentaire au Centre des sciences du goût et de l'alimentation (CSGA) à Dijon.

Aujourd'hui, nos systèmes alimentaires (pratiques agricoles, procédés de fabrication de l'industrie agro-alimentaire, mode de transport, distance parcourue des produits, etc.) ont des impacts sur notre environnement : pollution de l'eau et des sols, émission de GES, déforestation, perte de biodiversité... et sur notre santé, puisqu'un environnement pollué et des pratiques non respectueuses de l'environnement augmenteront notre exposition à différents contaminants.

#### **... et adopter des pratiques agricoles plus écologiques**

Côté champ, il s'agit de développer des modèles plus respectueux de l'environnement. L'agroécologie en est un bon exemple. Le principe : des pratiques agricoles (biocontrôle, couverts végétaux hivernaux, associations de culture, prairies permanentes, etc.) qui s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes avec comme objectifs de réduire les émissions de GES, limiter le recours aux intrants de synthèse et préserver les ressources naturelles. L'agriculture biologique, caractérisée par l'absence d'utilisation d'intrants de synthèse et d'antibiotiques, est également une

bonne voie pour verdir les pratiques agricoles avec en prime des impacts bénéfiques sur la santé. Des travaux récents basés sur le suivi de 69 000 personnes pendant 7 ans, dans le cadre de l'étude Bionutrinet, ont montré une diminution de 25% du risque de cancer (tous types confondus) chez les consommateurs réguliers d'aliments issus de l'agriculture biologique, par rapport à ceux qui en consomment moins souvent. Les travaux de recherche se poursuivent pour expliquer de tels résultats. Pour Emmanuelle Kesse-Guyot, épidémiologiste INRAE au sein de l'Équipe de recherche en épidémiologie nutritionnelle (UMR EREN), plusieurs pistes sont à étudier : « *des teneurs potentiellement plus élevées en certains micronutriments (antioxydants, caroténoïdes, polyphénols, vitamine C ou profils d'acides gras plus bénéfiques) dans les aliments bio, ou encore la présence de résidus de pesticides synthétiques plus fréquente et à des doses plus élevées dans les aliments issus d'une agriculture conventionnelle, en comparaison avec les aliments bio* ».

À ce stade, ce ne sont que des hypothèses, les chercheurs continuent d'évaluer les potentielles relations entre consommation de produits biologiques et santé, mais également sur les liens entre pesticides et maladies métaboliques (diabète, obésité, hypertension...) ou cancers. Mais ce qui est acquis, c'est qu'à l'échelle de l'individu, les grands consommateurs de bio ont adopté un régime beaucoup moins émetteur de GES car ils ont tendance à avoir un régime plus végétalisé que les autres consommateurs. Cependant, convertir toutes les surfaces agricoles en agriculture biologique (AB) aurait aussi ses limites : avec →

**Les systèmes alimentaires sont responsables de près d'un tiers des émissions de gaz à effet de serre mondiales.**

des rendements plus faibles, nourrir la planète en AB pose la question de la disponibilité de davantage de terres cultivables.

### Manger moins, local et de saison ?

Si les études montrent que c'est la réduction de la consommation des produits animaux qui constitue le plus grand potentiel de diminution des GES, des actions complémentaires peuvent aussi y contribuer. Manger moins ? Les études citées plus haut indiquent que les régimes occidentaux doivent baisser de 250 kcal pour atteindre 3000 kcal par jour et par personne, gaspillage compris (soit 1850 à 2000 kcal réellement consommées). Diviser par deux le gaspillage alimentaire des consommateurs permettrait de réduire les émissions de GES d'environ 5 % à l'échelle de la planète.

Quant au « manger local » très en vogue, il n'est pas forcément synonyme de durable. En effet, si le transport par avion fait grimper l'impact carbone d'un aliment, il représente seulement 1 % du tonnage des importations de fruits et légumes, et a donc un impact global limité. « *Si on doit pointer du doigt un problème avec le transport des aliments, il faut plutôt regarder entre le lieu d'achat et le domicile qui peut aller jusqu'à 40 % de l'impact carbone d'un aliment* », précise Nicole Darmon, épidémiologiste du Centre interdisciplinaire de Montpellier sur les systèmes agroalimentaires durables, sciences sociales et nutritionnelles (MOISA). Ainsi, aller chercher ses fraises chez le producteur « local » en voiture, n'est pas forcément plus durable que de consommer un produit importé. Manger de saison ? Là aussi, tout dépend de ce que l'on regarde. Pour Emmanuelle Kesse-Guyot, l'important est surtout de produire de saison pour limiter le recours aux serres chauffées, mais rien n'empêche de consommer en hiver du coulis de tomates produites en été !

### Une alimentation accessible à tous

Manger sain et durable a-t-il un coût pour le consommateur français ? Pour Nicole Darmon, l'impact serait faible. D'un côté, la diminution des achats de viande a tendance à faire baisser les coûts, d'autant plus qu'ils représentent le premier poste du budget alimentaire des Français.



**40 %**

Part que peut atteindre l'impact carbone d'un trajet achat/domicile pour un aliment



**3,50 à 4 €**

Budget minimum par jour et par personne pour avoir une alimentation saine et durable

Manger plus de fruits et légumes peut en revanche faire augmenter les coûts, même avec les légumineuses pourtant moins chères. Mais Nicole Darmon alerte : « *en dessous de 3,50 à 4 € par jour et par personne, il est très difficile d'avoir une alimentation à la fois saine et durable* ».

Par ailleurs, lorsque les personnes sont contraintes par leur budget, elles ont tendance à choisir des aliments qui apportent des calories bon marché, comme les produits céréaliers raffinés et les produits gras et sucrés. Ces produits - typiquement les chips et les biscuits - pauvres en nutriments essentiels sont souvent chargés en sucres ou en sel, ce qui, consommés à l'excès, les rend préjudiciables à notre santé. En revanche, ils sont pratiques, réconfortants et présentent l'avantage de moins se gaspiller...

Manger plus durable implique sans aucun doute de végétaliser notre alimentation. Mais attention, réduire la part des produits animaux ne servira la durabilité et la qualité de nos régimes que si c'est au bénéfice d'une grande diversité de produits d'origine végétale et de bonne qualité nutritionnelle tout en engendrant des changements envisageables pour le consommateur en matière d'habitudes et de budget.

Si manger plus durable semble être à la portée des pays occidentaux tels que la France, cela nécessite une volonté politique forte pour mener de concert les transitions à tous les niveaux : production, transformation et consommation. ●

**Diviser par deux le gaspillage alimentaire des consommateurs permettrait de réduire de 5 % les émissions de GES de la planète.**

# LES CONSOMMATEURS SONT-ILS PRÊTS ?

La nécessité de nous diriger vers des systèmes agricoles et alimentaires plus durables fait consensus. Mais cette transition ne peut se faire que si le consommateur, en bout de chaîne, opère des changements de comportements et d'habitudes.

Comment y parvenir ?

**Décryptage.**

Représentations sociales, accessibilité, facteurs psychologiques, dynamiques collectives, etc., l'acte de manger ne se limite pas à l'ingestion d'aliments. Nos comportements alimentaires sont à la fois liés à notre environnement socio-culturel et conditionnés par des mécanismes psychologiques et physiologiques.

## **Le goût et la convivialité au cœur de nos comportements**

Si l'alimentation sert un besoin vital, elle est aussi une source de plaisir gustatif et social lorsque les repas sont partagés à table. Cette notion de plaisir est primordiale et joue un rôle moteur dans nos choix : « *le plaisir est lié à la fois à l'aliment lui-même, au contexte social et aux représentations associées à l'aliment* », explique Sophie Nicklaus, spécialiste INRAE de l'étude du comportement alimentaire au Centre des sciences du goût et de l'alimentation (CSGA) à Dijon. Un plaisir qui s'éduque dès le plus jeune âge. INRAE travaille ainsi avec Santé publique France sur les pratiques alimentaires des parents favorisant un comportement alimentaire adapté chez l'enfant. Cette éducation alimentaire précoce prend toute

son importance car les bases du comportement alimentaire s'établissent lors des premières années de la vie, et la prévention de maladies chroniques liées à l'alimentation, telles que l'obésité, est d'autant plus efficace qu'elle est mise en place tôt. Des travaux récents montrent d'ailleurs que les comportements alimentaires peuvent se construire... dès la grossesse ! Une étude menée sur des miniporcs (modèle animal proche de l'humain en termes de physiologie) a mis en évidence qu'une alimentation maternelle, pendant la grossesse et l'allaitement, respectant un apport calorique normal mais trop riche en gras et en sucre, a des impacts négatifs sur le bilan lipidique, l'activité métabolique du microbiote intestinal, et entraîne la production de neurones dans une zone impliquée dans les apprentissages et la mémoire chez les porcelets. Aussi, les porcelets, soumis à ce régime *in utero*, étaient plus motivés par des récompenses alimentaires grasses et sucrées.

## **Apprendre à apprécier**

Faire évoluer nos comportements alimentaires passe également par une exposition répétée à un aliment. Un nouvel aliment, inconnu, est au →

## NUTRINET-SANTÉ

## La transition suivie au quotidien

Impact des prix sur la consommation, produits bio ou conventionnels, impacts environnementaux, arbitrages économiques liés aux achats... Depuis 2009, le projet « NutriNet-Santé » étudie les relations entre santé et alimentation, et notamment la durabilité de l'alimentation en fonction des modes de vie de chacun. Cette cohorte est basée sur le suivi de personnes volontaires, interrogées régulièrement *via* des questionnaires en ligne sur leurs modes de vie, de consommation, leur santé et leur environnement. « Avec plus de 100 000 participants, la cohorte permet d'obtenir des analyses fines des comportements », précise Emmanuelle Kesse-Guyot, directrice de recherche à INRAE. Et en effet, tous les types de profils sont représentés : actifs, chômeurs, étudiants, retraités, végétariens, flexitariens, végétaliens... Emmanuelle Kesse-Guyot conclut : « Les personnes que nous suivons l'ont accepté, ce sont des volontaires avec un profil particulier et ils sont plus enclins à suivre un régime équilibré, durable, sain... Mais il faut voir cette cohorte comme un living lab ! Si ces personnes sont capables d'approcher une alimentation saine et durable, c'est que la transition alimentaire est possible ».

## CONSTAT

### Moins de cuisine pour plus de temps libre

Les progrès sociaux et les modes de vie qui en découlent ont fortement bousculé nos habitudes alimentaires depuis la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Fabrice Etilé, économiste INRAE à l'École d'économie de Paris (PSE) a travaillé avec Marie Plessz, sociologue INRAE du Centre Maurice Halbwachs (CMH), sur l'évolution du temps passé à cuisiner : « On observe en moyenne, entre 1985 et 2010, une diminution du temps de cuisine, passant ainsi en moyenne de 68 à 55 minutes par jour. Les 60 % de la réduction observée sont liés à l'intégration des femmes au marché du travail ». Marie Plessz note que la norme du « repas », consistant à prendre trois repas par jour, à heures fixes, et permettant au ménage de se regrouper autour d'une même table, s'est maintenue en France, contrairement aux États-Unis. « La culture culinaire de ces deux pays est connue dans le

monde entier. Même si elle est très différente, elle repose sur l'idée que les femmes sont responsables de l'alimentation familiale. Nous sommes encore loin de l'égalité homme / femme dans ce domaine : la baisse du temps passé à cuisiner chez les femmes n'a pas été compensée par une hausse du côté des hommes... C'est une charge de travail importante, non rémunérée et encore largement invisible », développe la sociologue. La diminution de ce temps, combinée à l'augmentation des revenus et du niveau d'éducation ainsi qu'à l'expansion des industries agroalimentaires, a favorisé le développement des produits prêts à consommer aux dépens de l'achat de produits bruts à cuisiner chez soi. Ces produits prêts à consommer « répondent à l'une des demandes de la société : avoir plus de temps libre », précise Fabrice Etilé.

#### TEMPS PASSÉ À CUISINER PAR JOUR



**68 MIN**  
en 1985



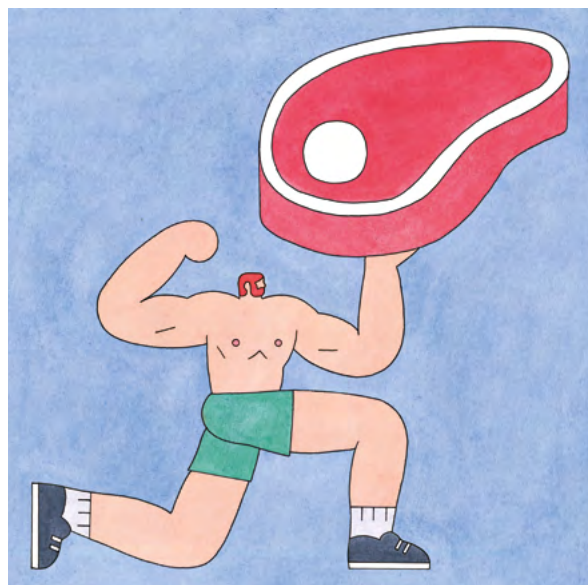
**55 MIN**  
en 2010

départ, *a priori* rejeté. En renouvelant l'exposition à cet aliment et en le faisant dans un contexte familial et chaleureux, on augmentera ses chances d'être accepté: « *C'est par exemple le cas du café, pourtant très amer, mais auquel on est exposé régulièrement, au travail lors de la pause-café, dans la sphère familiale. On y est exposé dans un contexte positif, qui amène à goûter cet aliment et recommencer malgré un goût pas toujours apprécié au début* », explique Sandrine Monnery-Patris, chercheuse en psychologie cognitive au CSGA. Ainsi, proposer des plats à base de protéines végétales à la cantine pourrait aider à faire apprécier ces produits aux enfants, mais à la seule condition que ce soit dans un environnement positif. Un enjeu fort apparaît alors: la sensibilisation et la formation des personnels des cantines au contexte et au cadre des repas, en particulier autour des aliments nouveaux.

#### Dépasser les représentations sociales

La force des représentations sociales et de nos cultures guide nos régimes. Ainsi, l'adoption des recommandations nutritionnelles se heurte à de nombreux biais psychologiques. Par exemple, remplacer la viande, encore très présente dans les menus occidentaux, semble difficile pour le consommateur. Les travaux de Sandrine Monnery-Patris expliquent cela, en montrant que les protéines animales sont associées à la force et à la virilité, alors que les protéines végétales sont associées à la légèreté et la féminité. Aussi, la viande est considérée comme l'élément principal lorsque nous devons composer un plat alors que les protéines végétales (céréales, légumes secs) sont considérées comme des accompagnements. Pour la chercheuse, ces résultats expliquent pourquoi il est difficile pour le consommateur de remplacer un aliment synonyme de force et central dans l'assiette par un aliment associé à davantage de légèreté et considéré comme périphérique.

Dans la série des croyances qui ont la vie dure, on peut citer la question de la praticité pour les légumes secs. Pour les personnes interrogées dans le cadre des travaux de la chercheuse, un frein à la consommation de ces aliments est leur temps de préparation supposé trop long alors qu'en réalité, il existe aujourd'hui bon nombre de plats à base de légumineuses ou céréales qui



ne nécessitent pas de temps de préparation supplémentaire. Autre image à combattre, les légumes secs seraient des aliments pour végétariens, végétaliens ou véganes... Pour dépasser ces préjugés, la chercheuse montre que l'information et la communication sont des moyens efficaces. Il s'agit de communiquer sur le goût et de proposer des recettes attractives et faciles à réaliser.

#### L'engagement, moteur des changements ?

Certains consommateurs s'engagent à modifier leur alimentation comme, par exemple, les personnes végétariennes, végétaliennes ou véganes. Benjamin Allès, épidémiologiste à l'unité EREN, explique que « *dans les motivations des personnes se tournant vers un régime limitant ou supprimant les produits animaux, les plus fréquemment rapportées sont la cause du bien-être animal, l'environnement et parfois aussi, la santé* ». Aussi, les observations de l'étude NutriNet-Santé indiquent qu'aujourd'hui la majorité des personnes excluant une partie ou la totalité des produits animaux de leur alimentation appartiennent à des catégories socioprofessionnelles élevées. Cela montre que le niveau d'étude et la capacité à s'informer et intégrer des repères nouveaux sont des facteurs importants du chan- →

gement. Cependant, la probabilité d'adopter un régime végétarien augmente parmi les participants avec un plus faible niveau socio-économique, suggérant un élargissement de ces catégories de personnes. Par ailleurs, Stéphan Marette, économiste INRAE dans l'unité mixte de recherche Économie publique de Paris-Grignon, souligne que « même si les consommateurs peuvent avoir conscience que, pour leur santé et celle de l'environnement, il vaut mieux modifier leur régime alimentaire, et être intéressés par la démarche, cela ne veut pas dire qu'ils vont respecter ces recommandations. Ils font face notamment à des limites en termes de capacités budgétaires, d'attention lors des achats et/ou de mémorisation d'informations complexes les empêchant souvent de se tourner vers des aliments plus vertueux ».

#### Le prix, un frein au changement ?

Évidemment, en particulier pour les petits budgets. Le budget moyen dédié à l'alimentation observé chez les populations défavorisées est de l'ordre de 3,50 à 4 € par jour par personne. Selon Nicole Darmon, en dessous de ce budget, « il est très difficile, voire impossible, d'avoir une alimentation qui respecte l'ensemble des recommandations nutritionnelles ». Ces résultats ont été obtenus en observant les achats réalisés par ces populations, mais également par modélisation. Lorsque l'on conçoit par modélisation un régime nutritionnellement bon pour le prix le plus bas possible, on obtient un résultat minimum de 3,85 € par personne et par jour pour un adulte. Quant au budget alimentaire moyen des Français, il est de 5 à 6 € par jour (hors boissons alcoolisées). En revanche, dans les pays occidentaux, le passage à une alimentation plus durable entraînera plutôt une faible baisse du coût de la diète liée à la diminution de la consommation de viande.

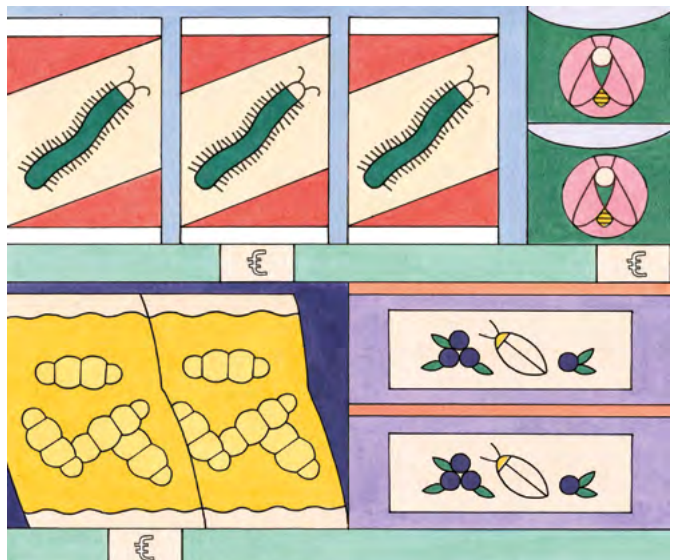
En raison de l'ensemble de ces obstacles, les chercheurs INRAE insistent sur l'importance des petits pas pour atteindre les objectifs fixés. Ce sont des évolutions progressives qui faciliteront le changement d'habitudes telles que, comme le précise Stéphan Marette, « des recettes originales, des repas plus agréables à la cantine... Des astuces, en somme, qui permettent d'intégrer des changements modestes certes, mais réalistes ». Et qui, à grande échelle, feront les transitions. ●

#### PROSPECTIVE

## Les insectes dans l'assiette, c'est possible ?

La viande, les œufs, le poisson, les produits laitiers, les légumes secs et les céréales sont les principales sources de protéines consommées dans les pays occidentaux. Pour réussir à nourrir la population mondiale et faire face à sa croissance, d'autres sources de protéines sont explorées, comme les insectes. Actuellement, ce sont environ 2 milliards de personnes, majoritairement en Afrique, en Amérique latine et en Asie, qui consomment environ 2 000 espèces différentes d'insectes dans le monde. Cependant, dans les pays occidentaux, les insectes ne sont pas encore intégrés à nos menus car leur consommation soulève des

questions : sanitaires, l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) n'ayant publié un avis positif qu'en janvier 2021; culturelles, la consommation d'insectes se heurte encore aux représentations sociales. En France, quelques start-up se sont lancées dans la production d'insectes, mais, pour Benjamin Allès, épidémiologiste à l'unité EREN, « le plus probable, c'est que ces derniers soient consommés sous forme de farine, ou alors, de manière indirecte, via l'alimentation des animaux d'élevage, essentiellement pour les poissons et les poulets ».



Afin de faciliter la transition vers des régimes sains et durables, les chercheurs et les chercheuses expérimentent de nouveaux aliments, plus attractifs, à base de végétaux. Pour cela, les légumineuses s'invitent dans l'élaboration de nouvelles recettes de produits. **Le point sur les aliments de demain.**

# LÉGUMINEUSES, STARS DES LABOS

Atténuation du changement climatique, réduction du besoin en engrais de synthèse, maintien de la qualité de l'eau et des sols... Les légumineuses, en plus de contribuer à des systèmes alimentaires sains, semblent pouvoir répondre aux nouvelles exigences de la société, en particulier face aux enjeux environnementaux. Dans le cadre de recherches sur l'alimentation humaine, les scientifiques s'intéressent plus particulièrement aux légumineuses à graines, dont le soja, et aux pois, lentilles... Après avoir été longtemps boudées car souffrant d'une mauvaise image – difficiles à digérer, longues à cuisiner... –, ces légumineuses reviennent sur le devant de la scène. Sources de protéines, de vitamines, de fibres et de minéraux, elles ont un faible indice glycémique, limitent le risque de maladies cardiovasculaires et favorisent la sensation de satiété. Consommées avec des céréales, elles apportent tous les acides aminés dont nous avons besoin et constituent un apport en protéines permettant de réduire notre consommation de viande et notre dépendance au soja importé...

Un bémol cependant : depuis les années 1990, la production et les surfaces françaises en légumineuses se sont effondrées. Le manque de débou-

chés couplé aux problèmes de production et de transformation des légumineuses fait que la filière a du mal à se structurer. En l'absence d'aides publiques, ces productions ont été, jusqu'ici, considérées comme peu intéressantes économiquement.

Afin d'aider la filière, fin 2020, le gouvernement a mis en place un nouveau plan « Protéines végétales » doté de 100 M€, avec entre autres objectifs celui d'augmenter de 40 % la surface de production de légumineuses en trois années et soutenir la recherche et le développement de ce secteur. Très impliqués dans ce domaine, les scientifiques d'INRAE travaillent à faciliter le retour des légumineuses dans l'assiette des consommateurs, en les intégrant notamment dans les recettes de produits consommés couramment par la population.

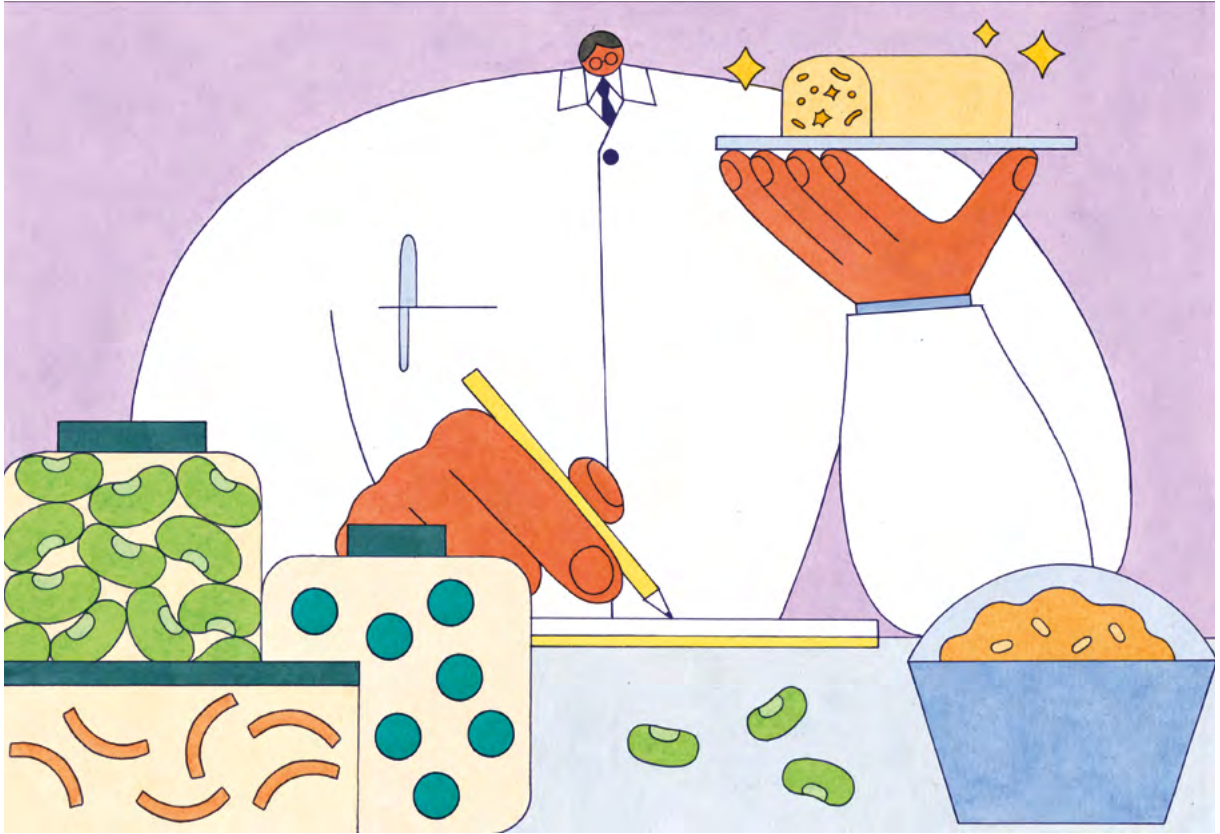
## Pour les produits laitiers

INRAE développe de nouveaux procédés de fabrication d'aliments comme, par exemple, les produits laitiers. Stéphan Marette, économiste INRAE dans l'unité Économie publique (ÉCO-PUB) de Paris-Grignon, travaille sur les moyens d'allier et d'équilibrer la part végétale et la part animale de notre alimentation : « *Même si nous* →

**100 M€**  
Budget du  
plan « Protéines  
végétales »

**+ 40 %**  
Objectif  
d'augmentation  
de surface de  
production de  
légumineuses  
d'ici 2024





*pouvons noter une augmentation des régimes végétariens ou végétaliens, pour le moment, 95 % des consommateurs préfèrent des produits issus des animaux... Mélanger le lait de vache et les protéines végétales permet d'engager la transition alimentaire tout en limitant les changements des habitudes alimentaires, et en conservant l'aspect hédonique lié à la consommation de lait», précise-t-il. C'est ainsi qu'un produit «lacté végétarien» est né sur la paillasse des chercheurs et fait l'objet de plusieurs brevets de compositions différentes allant jusqu'à 50 % de lait et 50 % de farine de pois, le niveau maximal pour contenir encore assez de ferments lactiques et pour que le*

## « Mélanger protéines du lait et protéines végétales permet d'engager la transition alimentaire. »

Stéphan Marette, économiste INRAE

goût ne soit pas trop modifié pour le consommateur. « Pour le moment, lors de nos études, les produits les plus appréciés sont ceux qui contiennent 25 % de pois et 75 % de lait. » Stéphan Marette souligne le fait que la filière est encore à créer, en même temps que l'augmentation de la production au champ.

### Pour le moelleux des cakes

De son côté, l'unité mixte de recherche SayFood travaille à l'obtention d'un gâteau moelleux à base de farines de légumineuses et de céréales. En effet, cette association conduit à un profil protéique plus équilibré en acides aminés essentiels que dans les cakes fabriqués exclusivement avec de la farine de blé. Le projet FlexiProcess a permis de développer un gâteau moelleux contenant de la farine de pois.

Camille Michon, anciennement directrice de l'unité (aujourd'hui directrice des Ressources humaines d'INRAE) explique que ce produit a été choisi car « il s'agit d'un produit de grande consommation, qui peut impacter l'ensemble de la filière si l'intégration de la légumineuse dans la recette est acceptée par les consommateurs ». Comment trouver le bon mélange des farines de blé et de pois pour assurer le moelleux des gâteaux et la structure

alvéolaire de la mie ? Un modèle multicritère et multicontrainte tenant compte, entre autres, de la proportion de farine de pois dans le cake, de la granulométrie des farines de blé et de pois ou encore de la vitesse et la durée de mélange de la phase grasse, ainsi que de la température de cuisson, a été conçu. L'idée ? Montrer qu'il est possible de se doter d'outils d'aide à la conduite de procédés permettant une plus grande maîtrise de la qualité des produits finis, en corrigeant les effets d'une matière première pas complètement standardisée.

#### **Pour l'alimentation des séniors**

Là encore, les légumineuses se présentent comme une solution pour prévenir les potentiels problèmes de dénutrition des personnes âgées. Afin de diversifier l'offre alimentaire adaptée aux plus de 65 ans, il faut comprendre l'impact des changements d'état buccodentaire. Le projet AlimaS-SenS a pour objectif, entre autres, de comprendre les mécanismes de déstructuration et de formation du bol alimentaire chez les séniors. La plupart du temps, leur physiologie orale est altérée, et leurs besoins protéiques sont accrus.

Pour répondre à ces besoins, des chercheurs INRAE ont pris des exemples d'aliments céréaliers alvéolaires : la brioche et la génoise, dont la recette a été enrichie en protéines de légumineuses. Il s'est avéré, après étude par imagerie et rhéologie (l'étude de la déformation et de l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte), que ces dernières n'ont qu'un faible impact sur la déstructuration et la perception du confort en bouche. Ces résultats permettront la conception d'aliments céréaliers enrichis en protéines issues de légumineuses.

#### **Pour une nouvelle recette de pâtes**

Grâce à leurs qualités gustatives, leur facilité de préparation et leur prix raisonnable, les pâtes font partie des aliments largement appréciés par toutes les catégories de consommateurs. Traditionnellement fabriquées à partir de semoule de blé dur en France, elles présentent une structure spécifique constituée d'un réseau protéique en serrant des granules d'amidon qui est à l'origine de leur faible indice glycémique et de leurs qua-

## **Véritable vivier d'innovations, les légumineuses répondent aux besoins nutritionnels et environnementaux.**

lités organoleptiques. Toutefois, elles sont pauvres en certains acides aminés, pourtant indispensables à notre santé comme la lysine, et leur consommation peut entraîner, chez les personnes intolérantes au gluten, des désordres métaboliques... Afin de compléter l'offre sans gluten, INRAE met au point des pâtes composées d'un mélange de semoule de blé et de légumineuses, apportant ainsi les acides aminés essentiels, et que l'on pourra retrouver prochainement sur les étalages des grandes surfaces et des magasins spécialisés. Leurs qualités culinaires, sensorielles et nutritionnelles sont comparables à celles de pâtes constituées à 100% de blé, ou des pâtes aux céréales sans gluten. Et de plus, le procédé conserve les étapes classiques de fabrication des pâtes, ne nécessitant pas d'équipement supplémentaire !

Véritable vivier d'innovations, les légumineuses répondent à des besoins nutritionnels et environnementaux : ainsi, la recherche s'active pour créer une nouvelle offre alimentaire et promouvoir ces protéines végétales. Mais l'offre ne suffit pas : l'action publique devra soutenir celle-ci et aider à structurer la filière pour en faciliter l'adoption par les consommateurs. ●

# ACCÉLÉRER LES TRANSITIONS

Allier qualité nutritionnelle et durabilité de nos régimes alimentaires semble possible, accessible. Comment faire alors pour accélérer la transition de tous vers un régime sain et durable?

Taxation, sensibilisation, éducation,... les leviers d'action de politique publique sont multiples.

**Tour d'horizon.**

Agir sur les prix. Ce levier d'action semble incontournable pour les politiques publiques face à des consommateurs pour qui le prix est un critère majeur.

## Les taxes et leurs effets

Première stratégie, taxer les produits moins bons pour la santé car, pour les économistes, une politique de taxation permet sous certaines conditions d'obtenir à moindre coût une évolution des choix de consommation. C'est le principe de la «taxe soda» mise en place en France en 2012, puis révisée en 2018, dont l'objectif est de favoriser une baisse de la consommation de boissons sucrées. Adoptée dans une quarantaine de pays, cette taxation semble jouer son rôle, en particulier dans les pays les plus adeptes de sodas, tels que les États-Unis et le Royaume-Uni, où la consommation de ces boissons a diminué. Des économistes d'INRAE ont montré que ces taxes pouvaient avoir des effets significatifs sur les achats mais variables selon le type et les niveaux de taxe. Ainsi la taxe mise en place au Royaume-Uni, proportionnelle à la teneur en sucre du produit, a permis une nette baisse d'achat de ces boissons, alors que la taxe

française, instaurée en 2012 et qui était indépendante de la teneur en sucre, a induit peu de changements dans les consommations. Aussi en 2018, la France a adopté le même système de taxation qu'au Royaume-Uni. Au-delà du fait de réinterroger les décisions d'achat, ces taxes renforcent les messages sur les conséquences sur la santé d'une consommation excessive de sodas. La mise en place de ce type de taxes peut aussi avoir comme effet d'inciter les industriels à réduire la teneur en sucre des produits commercialisés. Leurs vertus donnent alors des idées. Et si on taxait également les produits qui ont un impact négatif sur l'environnement? Cécile Bonnet, économiste INRAE de l'École d'économie de Toulouse (TSE) s'est penchée sur l'effet que pourrait avoir la mise en place d'une taxe carbone sur la viande: les travaux montrent qu'une taxe indexée sur les émissions de CO<sub>2</sub> issues de la production de viande entraînerait une augmentation des prix et donc une baisse de la consommation des produits à plus fort impact en termes d'émissions de GES. Seulement, taxer les produits, c'est reporter les coûts sur les consommateurs, avec des conséquences économiques plus fortes sur les foyers

les plus modestes. Une stratégie complémentaire pourrait alors être de subventionner les produits bons pour la santé. Une étude montre qu'en France, subventionner les fruits et légumes à hauteur de 20% permettrait une augmentation de leur consommation de 8 à 10%.

### Des aliments sains pour tous

L'accès de tous à une alimentation saine et durable semble être le nœud du problème, d'autant que ce sont les foyers les plus modestes qui sont les plus grands consommateurs de produits de moins bonne qualité nutritionnelle. Dans le cadre du projet Opticourse, Nicole Darmon, épidémiologiste à l'unité MOISA à Montpellier, montre que manger sain et durable est possible même avec un petit budget. Cette expérimentation en conditions réelles, en partenariat avec deux supermarchés, a montré qu'apposer un logo « manger top » permet de guider les clients vers des choix d'aliments bon marché et nutritifs, et d'agir sur les achats. En parallèle, chercheurs et animateurs ont organisé des ateliers collectifs ludiques centrés sur le goût, la nutrition et le prix, proposant des astuces pour améliorer la qualité nutritionnelle des achats sans se ruiner, tout en se faisant plaisir du point de vue gustatif. Dans la même idée, à Dijon (*voir article page 29*), la métropole envisage d'expérimenter les chèques alimentaires pour aider les plus défavorisés à acheter des fruits, des légumes et des légumineuses.

### Informier et sensibiliser pour mieux guider

Informier et sensibiliser sont les maîtres mots des politiques publiques pour guider les consommateurs vers une alimentation plus durable. Pour cela, l'État s'appuie sur le Programme national nutrition santé (PNNS). Lancé en 2001, il s'agit d'un plan de santé publique visant à améliorer les habitudes alimentaires et ainsi l'état de santé de la population. Il se déploie au travers de diverses actions, dont la mise en place, en 2017, d'un système d'affichage, le Nutriscore, pour permettre au consommateur de faire des choix éclairés entre des produits de même catégorie. Développé par des chercheurs de différents organismes dont INRAE, ce score est déterminé grâce à un calcul qui classe en cinq catégories, de A à E (du vert au

rouge), les données nutritionnelles des aliments pour 100 g de produit. Les chercheurs ont montré que le Nutriscore peut améliorer la qualité nutritionnelle des achats de 4% et que, plus l'étiquetage est simple à comprendre, plus il est efficace ! Mais pour encore plus d'efficacité, il conviendrait que toutes les marques l'adoptent, ce qui est encore loin d'être le cas. La réglementation européenne interdisant à ce jour d'imposer cet étiquetage aux marques, seule une fraction d'entre elles s'est engagée à le mettre en place.

Une étude de l'Observatoire de la qualité de l'alimentation (Oqali, centre INRAE d'Ivry-sur-Seine) montre que les parts de marché des produits avec Nutriscore varient de 10 à 50% selon les secteurs alimentaires.

Si le Nutriscore permet de guider les achats vers des produits bons pour la santé, on peut s'interroger sur un possible affichage de l'impact environnemental des produits. C'est d'ailleurs une volonté des pouvoirs publics qui, dans le cadre de la loi relative à la lutte contre le gaspillage alimentaire et à l'économie circulaire, ont engagé une expérimentation de 18 mois pour définir, d'ici fin 2021, un affichage environnemental destiné aux produits alimentaires. Il existe de nombreux systèmes aux formats variés (score, label, etc.) qui prennent en compte des indicateurs très divers, parmi lesquels, souvent, l'empreinte carbone. Dans ce contexte, les scientifiques d'INRAE étudient quel système serait le plus efficace pour guider les consommateurs. Les résultats du projet Lab2Green montrent que l'étiquetage environnemental, quel que soit son format, a un effet significatif sur la qualité environnementale des achats des consommateurs. Par ailleurs, l'approche de type « feu tricolore » est plus efficace qu'un modèle quantitatif (affichage de la quantité de CO<sub>2</sub> émise →

#### 5 AXES D'ACTION



Taxer les produits mauvais pour la santé



Subventionner les aliments bons pour la santé



Informier



Éduquer



Développer l'offre des produits sains

## Les taxes et les subventions doivent intégrer les enjeux d'inégalités sociales et économiques.

## POLITIQUES PUBLIQUES

## Des projets alimentaires territoriaux

Les projets alimentaires territoriaux (PAT) ont été créés dans le cadre du Programme national pour l'alimentation (PNA) en 2016. Objectif ? Mettre les territoires en action autour de l'alimentation. Collectivités, agriculteurs, associations, consommateurs et plus généralement tous les acteurs concernés par l'alimentation, travaillent ensemble pour relocaliser notre alimentation.

Brigitte Nougaredes, sociologue à l'unité mixte de recherche Innovation à l'INRAE de Montpellier, étudie de près le projet Pays Cœur d'Hérault, lauréat de l'appel à projets PNA en 2019, puis du projet TETRAA (AgroParisTech, Fondation de France) qui réunit 77 communes.

Elle souligne les axes d'amélioration nécessaires pour réussir cette « reconnexion » :

- faciliter l'accès au foncier et au bâti agricoles pour diversifier les productions agricoles ;
- soutenir des modèles agricoles pouvant contribuer à la transition agroécologique et alimentaire ;
- et améliorer ou construire la coordination entre production, transformation et commercialisation, afin de structurer des filières alimentaires locales durables.

En parallèle, de nouvelles formes d'aide alimentaire doivent être pensées pour assurer à tous un accès à une alimentation de qualité.

## FILIÈRE

### Mieux nourrir les animaux pour mieux nourrir les hommes

C'est avec l'idée que si l'animal est mieux nourri et s'en porte mieux, l'humain pourrait lui aussi en tirer des bénéfices pour sa santé, que l'association Bleu-Blanc-Cœur a été créée en 2000 avec l'appui d'INRAE. L'ambition ? Développer une filière du champ à l'assiette avec pour principe fondateur de mieux nourrir les animaux d'élevage pour améliorer la qualité nutrition-

nelle des produits qui en sont issus. Il s'agit de diversifier et équilibrer l'alimentation des animaux avec plus de végétaux, de légumineuses, de graines oubliées riches d'intérêt nutritionnel (lin, lupin, pois, herbe), et de respecter le bien-être animal. Aujourd'hui, 7000 agriculteurs sont engagés dans cette filière qui fédère des millions de consommateurs.

## EXPERTISE

### Politique à 360° en Outre-mer

Les départements et territoires d'Outre-mer sont parmi les plus exposés aux maladies chroniques liées à l'alimentation. La prévalence de l'obésité, du diabète et de l'hypertension y est élevée, ce qui est expliqué à la fois par des inégalités sociales particulièrement importantes et des habitudes alimentaires marquées par une consommation élevée de boissons sucrées et une faible consommation de fruits, légumes et produits laitiers. Une expertise scientifique collective pilotée par l'Institut de recherche pour le développement (IRD), pour laquelle Caroline Méjean (directrice de recherche à INRAE) a présidé le

collège d'experts, a permis de formuler, en 2020, 24 recommandations d'actions pour la déclinaison du Plan national nutrition santé en Outre-mer. On y note des pistes pour encourager l'installation d'équipements et la réalisation d'aménagements urbains permettant de pratiquer une activité physique, la reformulation des produits [baisse des teneurs en sucres ajoutés, sodium, acides gras saturés...], la mise en place de bons d'achat et d'ateliers de sensibilisation à la nutrition, la promotion des jardins familiaux pour améliorer l'accessibilité aux produits de qualité, ainsi que le renforcement de l'offre de soins de proximité.

par exemple). Reste à savoir quel serait l'impact d'apposer un étiquetage environnemental à côté de celui du Nutriscore, et quels choix seraient faits par les consommateurs dans le cas d'affichages antagonistes. En parallèle de ces études, l'ADEME et INRAE ont développé la base de données Agribalyse, permettant de connaître l'impact environnemental d'un produit, depuis la production agricole jusqu'à son achat ou sa préparation par le consommateur. Une base de données sur laquelle pourrait s'appuyer le système d'affichage qui sera retenu.

#### La question des messages de sensibilisation

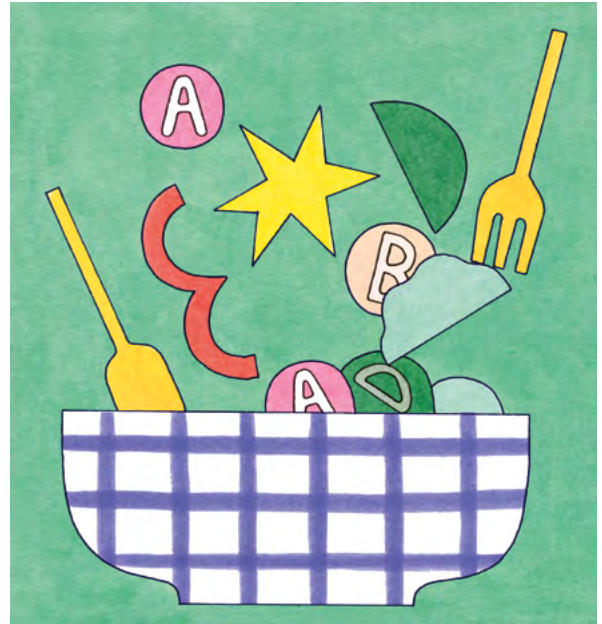
C'est aussi dans le cadre du PNNS que sont déclinés les messages de sensibilisation : « Manger au moins 5 fruits et légumes par jour », « Pour votre santé, évitez de manger trop gras, trop sucré, trop salé »... Nous avons tous entendu ces messages, mais pour autant contribuent-ils à nous faire changer nos habitudes alimentaires ? Pour Vincent Requillart, économiste INRAE à TSE, ces campagnes d'information ont généralement des effets positifs sur la consommation, mais leur portée reste relativement modeste.

Des campagnes du type « 5 fruits et légumes par jour » peuvent ponctuellement contribuer à accroître de 5% la consommation moyenne de fruits et de légumes. Elles peuvent ainsi contribuer sur le long terme à faire évoluer les normes sociales en matière d'alimentation. Point à ne pas négliger cependant, ces normes peuvent apparaître contradictoires avec les pratiques alimentaires de certaines populations.

Comme le montre Faustine Régnier, sociologue de l'alimentation INRAE de l'unité Alimentation et sciences sociales (Aliss, d'Ivry-sur-Seine), « pour les personnes issues de milieux modestes, l'alimentation constitue un espace de liberté, parfois le seul, où elles ont le sentiment d'exercer un choix, d'exprimer leurs goûts, et ainsi de compenser un peu les autres contraintes quotidiennes, ce qui dès lors limite l'impact des campagnes de sensibilisation ».

#### Pour des changements pas à pas

Pour Nicole Darmon, cela implique de travailler sur une voie complémentaire de façon à rendre possibles des changements pas à pas. Par exemple,



introduire progressivement des légumes secs dans son alimentation ou préférer les céréales complètes, et ainsi évoluer vers une alimentation plus durable sans bouleverser ses habitudes. Il s'agit également d'accompagner les transitions par des actions au plus près de la population : ateliers de cuisine, jardins partagés, ateliers collectifs pour guider les achats. Quid des applications mobiles liées à l'alimentation pour accompagner les populations dans ces démarches ? On estime que 30% de la population en aurait déjà téléchargé. Mais là encore, ce sont les personnes aux revenus les plus modestes qui les utilisent le moins : aux freins techniques liés à du matériel peu performant s'ajoutent des contraintes financières et temporelles, la faible connaissance des technologies numériques et, en situation de migration, la faible maîtrise du français parlé et plus encore de l'écrit.

#### D'abord éduquer

Les adultes de demain sont les enfants d'aujourd'hui. Sensibiliser les enfants dès le plus jeune âge à une alimentation durable est un véritable enjeu. Un levier d'action pour toucher un maximum d'enfants, quel que soit leur milieu social : →

l'école et la restauration scolaire. En France, les initiatives ne manquent pas : opération « Un fruit pour la récré », développement de potagers scolaires, ateliers pédagogiques, etc. Mais surtout, les repas servis à la cantine sont encadrés par une réglementation et des recommandations relatives à leur qualité nutritionnelle. Et depuis 2019, suite à la loi Egalim, les cantines doivent proposer au moins une fois par semaine un menu végétarien. Un signal fort, même s'il est encore trop tôt pour mesurer scientifiquement les effets de cette politique publique. À l'étranger également, le levier de l'école et de la restauration scolaire est majeur. Au Kenya, le programme de permaculture dans les écoles et les collèges – SCOPE Kenya – permet d'éduquer et de préparer les jeunes écoliers et non-écoliers de douze départements à comprendre la valeur nutritionnelle et la consommation pour une santé améliorée, et à participer à la production agricole au moyen de jardins scolaires en permaculture. Au Brésil, des interventions réalisées dans les écoles primaires publiques apprennent aux enfants quels sont les régimes alimentaires sains, une thématique incluse dans le programme pédagogique. En parallèle, les chefs des cantines scolaires sont eux aussi formés sur le sujet.

### Agir sur les produits

Dernière carte à jouer pour accélérer les transitions alimentaires : agir sur l'offre. Si la recherche travaille à l'élaboration de nouveaux produits (*lire page 21*), elle s'intéresse également à l'élaboration de nouvelles formulations plus saines, avec moins

**Depuis 2019, les cantines doivent proposer un menu végétarien au moins une fois par semaine.**



### NUTRISCORE

En France, 500 entreprises ont adopté l'affichage du Nutriscore, soit 50 % des parts de marché alimentaire.

Sur l'ensemble des produits notés, 31,7 % sont classés A, 9,6 % sont classés E.

Pour certains produits gras comme les huiles végétales (olive, noisette...), le meilleur score possible est C.

94 % des Français sont favorables au Nutriscore.

1 Français sur 2 déclare avoir changé au moins une habitude d'achat grâce au Nutriscore.

Source : [www.oqali.fr](http://www.oqali.fr)

de sel, de sucres ou de graisses en particulier. C'est le cas par exemple pour les charcuteries. Si une option peut être de diminuer tout simplement leur teneur en sel et en graisses saturées, elle est vite limitée par une perte de qualité sensorielle. Une autre piste plus prometteuse semble alors de remplacer le chlorure de sodium (le sel) par du chlorure de potassium, et les graisses animales par des huiles végétales contenant des acides gras insaturés, meilleurs pour la santé. Résultats : les chercheurs ont ainsi élaboré un saucisson sec avec une réduction de 30 % de sel et de 60 % d'acides gras saturés sans dégrader la qualité sensorielle. Les politiques publiques s'appuient sur tout un panel de réglementations ou de taxes qui visent à inciter ou imposer aux entreprises de faire évoluer leurs produits vers des formulations plus saines. Pour suivre l'évolution des compositions nutritionnelles des aliments, INRAE et l'Anses ont créé en 2018 l'Observatoire de la qualité de l'alimentation (Oqali), qui permet de rendre compte des efforts engagés par les industriels.

### Orienter la production

Et comme notre alimentation commence dans les champs, les pouvoirs publics veillent également à orienter la production vers un rééquilibrage protéines animales/végétales. Ainsi, le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation a initié en 2020 une stratégie nationale « Protéines végétales » à 10 ans. Elle vise à doubler d'ici 2030 la surface cultivée des espèces végétales riches en protéines telles que soja, pois, légumes secs, luzerne, légumineuses fourragères, etc., pour à la fois rééquilibrer les régimes alimentaires et augmenter l'autonomie protéique des troupeaux. En parallèle, ce plan favorise la structuration d'une offre de produits locaux en matière de légumes secs.

Les leviers sont donc nombreux pour guider et accompagner les consommateurs vers des régimes plus sains et durables. Si aucun ne semble plus efficace qu'un autre à proprement parler, la solution est probablement de les combiner et de miser sur la complémentarité entre politiques nationales et territoriales, engagement volontaire des entreprises et évolution des comportements des consommateurs-citoyens. ●



# La recherche à l'épreuve du réel

Sophie Nicklaus, spécialiste INRAE de l'étude du comportement alimentaire au Centre des sciences du goût et de l'alimentation à Dijon, est directrice scientifique du projet « **Dijon, Alimentation durable 2030** » porté par la métropole dijonnaise.

## Entretien.

**Les Territoires d'innovation (TI), nouveau modèle de recherche, développement et innovation encouragé par le gouvernement via le Programme d'investissement d'avenir en 2019, visent à accélérer les transitions grâce à une plus grande coopération des acteurs au plus près des territoires et de leurs attentes. Très engagée sur les questions sociales et d'alimentation, la métropole de Dijon a embarqué plus de 30 partenaires, dont INRAE, dans son projet « Dijon, Alimentation durable 2030 ». Sophie Nicklaus nous explique les modes de fonctionnement et les perspectives ouvertes par ce projet d'un nouveau genre.**

**Quels sont les objectifs du projet « Dijon, Alimentation durable 2030 » ?**

**S.N.** Ce projet vise les deux extrémités de la chaîne alimentaire : mieux produire et mieux manger. Nous voyons cela comme un cercle vertueux, et non pas comme une ligne droite qui aurait un début et une fin. Mieux manger stimule des pratiques de production plus vertueuses, et mieux produire permet de mieux manger ! Nous

analysons la qualité des sols, vérifions que l'on peut produire de façon agroécologique, avec notamment le développement des cultures de légumineuses qui, en plus d'avoir des qualités nutritionnelles, enrichissent les sols en azote et permettent de limiter l'usage d'engrais et de produits phytosanitaires. Nous développons avec les industriels de nouveaux process dans une volonté de développer des filières de qualité avec un ancrage local. Nous travaillons également sur l'animation de communautés de citoyens pour identifier leurs besoins et leurs attentes en matière d'alimentation durable.

**Pouvez-vous nous donner des exemples d'actions menées dans le cadre du TI ?**

**S.N.** Dijon Métropole veut développer une filière légumineuses locale. Aujourd'hui, sur certaines parcelles, il est difficile pour les agriculteurs de trouver un modèle économique viable tout en répondant aux contraintes environnementales sur la qualité de l'eau ou la réduction de l'usage d'engrais azotés et de pesticides.

Nous étudions alors la qualité des sols pour identifier les plus propices à la production agroécologique de légumineuses et nous accompagnons les agriculteurs dans l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement.

Nous leur faisons aussi bénéficier de nos connaissances sur ces plantes, puisque l'UMR Agroécologie de Dijon détient la première collection d'Europe de ressources génétiques de légumineuses à graines.

Une autre action consiste à mettre en place un label territorial – pour le moment dénommé « Dijon Agroécologie » – afin de certifier la qualité des produits. Ceux-ci sont légèrement plus chers, mais ils permettent une meilleure reconnaissance sociale et une meilleure rémunération pour les producteurs. Il s'agit alors d'assurer des débouchés pour ces produits avec un juste prix. Ainsi la ville s'est engagée dans une politique d'achat via la restauration collective qu'elle assure. Depuis plus de deux ans, avant même la mise en place de la loi Egalim, les enfants se voient proposer une fois par semaine à la →



cantine un menu dans lequel les protéines sont uniquement d'origine végétale et, lorsque c'est possible, locale. Avec 8 000 repas servis chaque jour à la cantine, la puissance d'achat de la ville est un des leviers de transition les plus efficaces. D'autant qu'à travers l'adoption d'habitudes alimentaires à moindre impact carbone en restauration hors foyer, la ville vise également à influencer les habitudes de consommation des citoyens pour leurs repas du soir ou du week-end, en modifiant leurs habitudes et leur regard sur les produits. De plus, afin d'assurer un accès « pour tous », la ville s'engage financièrement via la tarification sociale des repas de la restauration scolaire. En effet, les familles paient la cantine en fonction de leurs revenus et, pour un repas coûtant 12,90 €, les populations précaires ne paient que 0,50 €. C'est décisif, d'autant plus que, pour certains enfants, ce sera le seul vrai bon repas pris dans la journée.

#### **En quoi la recherche agit sur cette modification attendue ?**

**S.N.** Au CSGA, nous étudions les déterminants du comportement alimentaire au cours de la vie, via une approche qui allie nutrition, évaluation sensorielle et psychologie. Nous nous appuyons sur des observations ou des expérimentations interventionnelles, au laboratoire et en population. Par exemple, nous travaillons sur

l'alimentation des enfants : comment s'ancrent les comportements dans l'environnement éducatif et familial ? Comment sont-ils modifiés ? Nous savons que certains éléments cognitifs (l'information, par exemple) jouent un rôle important pour faire évoluer les comportements des enfants, mais pas seulement : le plaisir est un levier essentiel pour les amener à adopter des comportements sains. Les aliments favorables à la santé sont évidemment d'autant plus consommés qu'ils sont appréciés. Le projet TI permet d'étudier en grandeur nature les facteurs qui favoriseraient l'acceptabilité des menus végétariens par les enfants et, notamment, l'appréciation de légumineuses et légumes. Avec des exigences plus grandes que dans la loi Egalim, en particulier sur le niveau d'impact environnemental des produits ou la qualité nutritionnelle des repas, nous observons les comportements des enfants et leurs réponses par rapport aux différents leviers d'action utilisés comme l'information, l'expérimentation, la répétition ou l'éducation sensorielle. Ceci nous permet de développer des outils d'aide à la décision pour Dijon Métropole. Nous proposons aussi des modules de formation à destination des professionnels. En effet, « cuisiner du végétal » ne représente actuellement que 20 % des heures de formation des cuisiniers de restauration collective

contre 80 % pour « cuisiner des produits animaux ». Il importe d'inverser ces proportions pour aider les cuisiniers à s'approprier les pratiques d'une cuisine plus végétale. Nous étudions les gestes et les besoins des métiers afin de comprendre les meilleures manières de les faire évoluer. Nous nous appuyons sur des partenaires locaux pour cet aspect avec le Campus des métiers et des qualifications « Alimentation, goût, tourisme » et l'école d'ingénieurs AgroSup Dijon. D'autres travaux INRAE s'inscrivent dans ces réflexions. Ainsi à Dijon, Clermont-Ferrand ou Versailles, les équipes développent de nouveaux procédés de transformation intégrant des légumineuses dans l'élaboration de produits courants pour favoriser leur consommation (voir page 21).

#### **L'échelle locale est-elle pertinente pour répondre aux défis de l'alimentation ?**

**S.N.** La dynamique territoriale est déterminante car les échanges et les rencontres entre acteurs sont facilités. Des relations pérennes peuvent se développer sur une base de grande confiance, renforçant le projet. Par ailleurs, la dimension affective, qui lie les citoyens et les décideurs à leur territoire, favorise leur implication et le développement de filières agroalimentaires locales. L'échelle locale permet d'aborder le sujet et de trouver des pistes de solutions, mais ce n'est évidemment pas suffisant pour répondre aux besoins de la population, en termes de quantité et diversité des productions agricoles. Se diriger vers le périmètre du département, voire de la région, se fait naturellement. Le but n'est pas l'autosuffisance alimentaire, mais de favoriser une dynamique vers plus de durabilité.

**« Avec 8 000 repas servis chaque jour, la cantine est un des leviers de transition les plus efficaces. »**

### Comment la recherche s'intègre à ce projet, quels sont les apports mutuels ?

**S.N.** La structure de pilotage du projet se réunit tous les 15 jours avec les partenaires socio-économiques et académiques afin de réfléchir aux différentes actions, comme la mise en place du label pour des produits de qualité « Dijon Agroécologie », dans lequel nous avons été très investis. Des rendez-vous sur le terrain complètent ce dispositif. Pour ma part, je suis en relation directe et régulière avec le directeur de la restauration de la ville. D'un côté, la recherche apporte des résultats scientifiques et une expertise en agroécologie, en aide à la décision, dans les domaines de l'alimentation, de la nutrition, des comportements alimentaires, en économie, sociologie... Nous avons la capacité de développer des innovations à la fois techniques, méthodologiques, scientifiques et organisationnelles, avec des méthodes très diverses, dont des démarches de sciences participatives cruciales pour que les citoyens deviennent acteurs de leur alimentation. De l'autre, ce partenariat fort avec Dijon Métropole nous offre un terrain d'expérimentation unique. Nous pouvons tester dans la vie « réelle » les nouveaux dispositifs imaginés en laboratoire. Ce sont ces expérimentations réalisées à l'échelle du territoire qui, capitalisées en savoirs, pourront être transférées à plus grande échelle pour réaliser les transitions attendues. C'est un travail passionnant car la ville a une logique d'action et multiplie les leviers. J'aime beaucoup l'idée de sortir des laboratoires et de voir ce que nos compétences peuvent apporter à la ville ! Nos travaux vont avoir des retombées concrètes pour tout un chacun, c'est très valorisant. ●

### ENGAGEMENT

## Dijon fait de l'alimentation un enjeu nutritionnel, sanitaire, agricole et social

**La sécurité alimentaire constitue l'un des enjeux forts de la politique publique de Dijon Métropole. Avec l'idée directrice que ce que nous mangeons transforme le territoire où nous vivons, Dijon a l'ambition d'atteindre une profonde transformation de son système agro-alimentaire, tant du côté de la production que de la consommation pour construire la durabilité.**

**Peu industrialisée, la Ville s'était engagée sur des projets dans les domaines de l'agriculture et de l'environnement depuis longtemps avec, par exemple, la mise en place d'un plan d'urbanisme qui préserve les terres agricoles. Partant du principe rappelé par Philippe Lemanceau, ancien directeur de recherche INRAE, vice-président de la Métropole en charge de la transition alimentaire, que « la transition agroécologique ne peut se faire que si le marché et la demande correspondent », la transition alimentaire est devenue un enjeu prioritaire pour Dijon avec le projet « Dijon, Alimentation durable 2030 ».**

**Très vite des acteurs économiques [Dijon Céréales, Seb, Orange, Vitagora...], des acteurs sociaux [épiceries solidaires, banques alimentaires...] et les**

**acteurs académiques, dont INRAE, se sont fédérés autour de l'initiative. Labellisé dans la première vague des Territoires d'innovation du PIA3 en 2019, le projet bénéficie d'un budget de 46 millions d'euros, dont plus de 26 millions issus de fonds privés, pour expérimenter ensemble et développer des prototypes transposables sur d'autres territoires.**

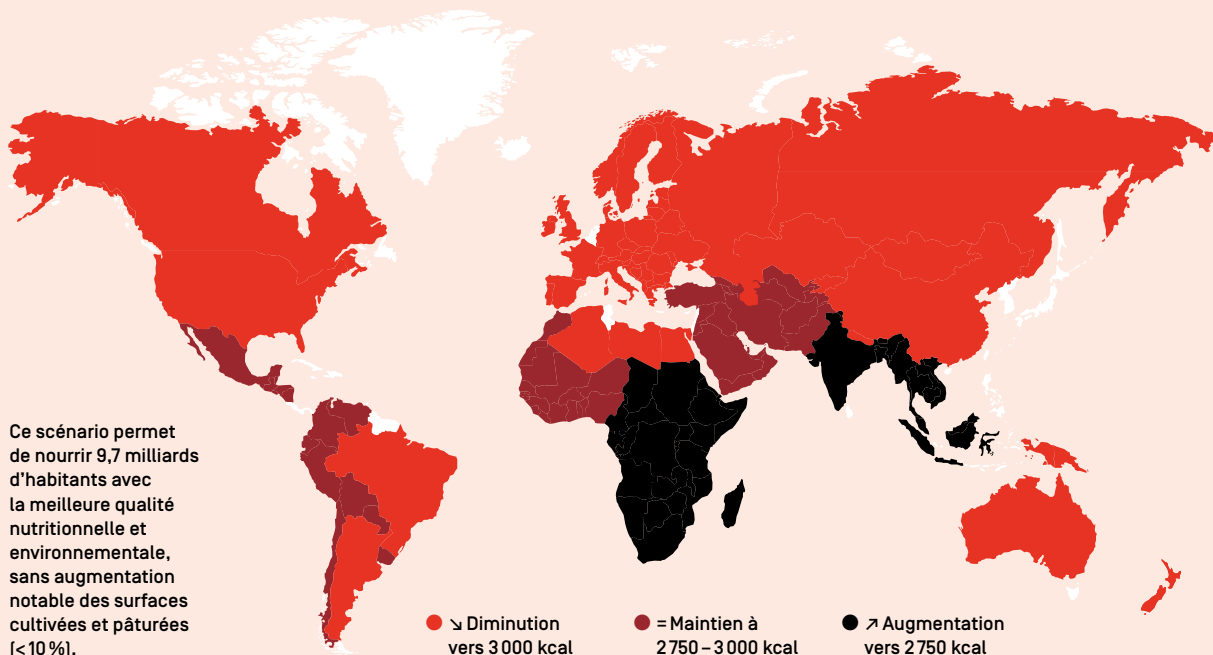
**Comme le souligne Philippe Lemanceau, « le but est de montrer que la transition alimentaire impliquant la transition agroécologique est possible, et qu'elle est vertueuse non seulement pour l'environnement, mais également pour l'économie locale et la cohésion sociale, notamment entre agriculteurs et citoyens. Cette partie sociale est très importante : les régimes sains et durables doivent être accessibles pour toutes et tous ».**

**C'est un cercle vertueux : mieux manger pour mieux produire, et mieux produire pour mieux manger.**

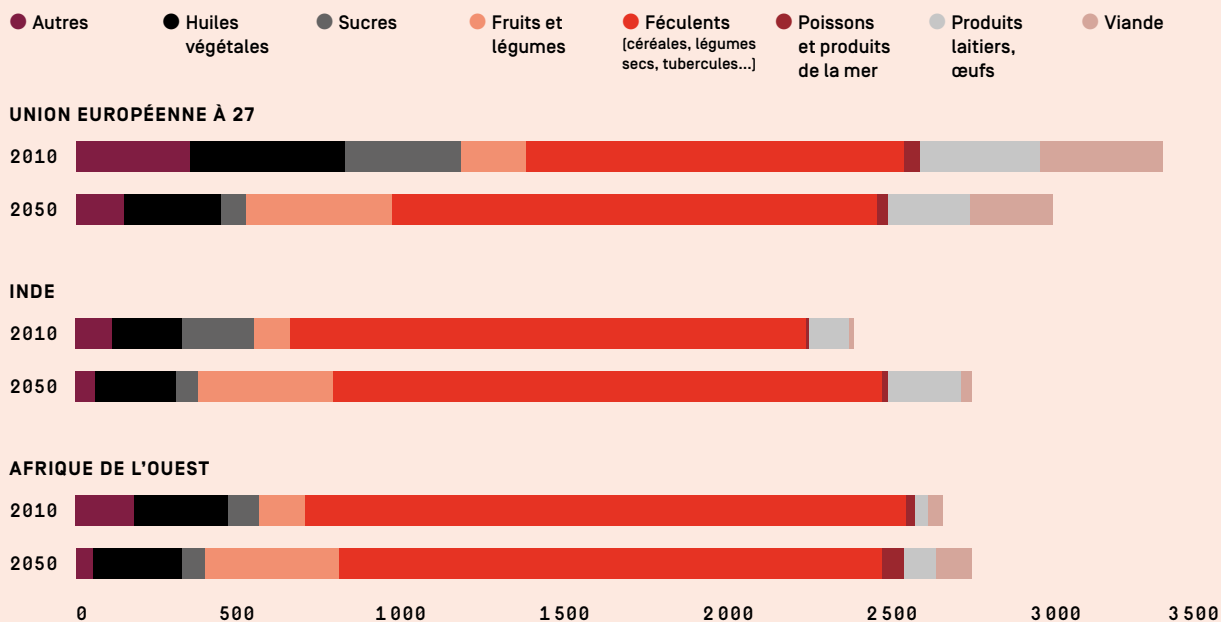
# « RÉGIMES SAINS », UN SCÉNARIO POUR NOURRIR LA PLANÈTE EN 2050

d'après l'étude *Agrimonde-Terra*

RÉÉQUILIBRAGE DE TOUS LES RÉGIMES À 2 750 – 3 000 KCAL PAR JOUR/PERSONNE  
(gaspillage inclus)



## ÉVOLUTION DE L'ALIMENTATION DANS 3 RÉGIONS DU MONDE (en kcal / jour / pers)



# COMMENT NOURRIR LA PLANÈTE EN 2050 ?

Sous-nutrition, suralimentation, enjeux écologiques...  
Comment relever le défi de nourrir 9,7 milliards  
de personnes en 2050? Un défi collectif aux solutions  
régionales, avec un consensus autour de la nécessité  
de penser de façon intégrée. **Enjeux.**

Le 13 juillet 2020, l'ONU alertait dans son rapport annuel SOFI<sup>1</sup>, « *le nombre de personnes souffrant de la faim dans le monde a repris sa progression depuis 2014* », voyant ainsi la réalisation du deuxième Objectif du développement durable (ODD), « Faim zéro », s'éloigner. En 2021, le même rapport soulignait l'aggravation de la tendance par la pandémie de Covid-19<sup>2</sup> qui portait le nombre de personnes souffrant de la faim dans le monde (insuffisance énergétique modérée ou sévère) de 650 millions en 2019 à 768 millions en 2020. Outre ces populations confrontées à des problèmes de sous-nutrition, on dénombre également aujourd'hui 2 milliards de personnes à l'alimentation déséquilibrée, caractérisée par une consommation excessive de calories et de certains nutriments (sel, sucre, matières grasses...). Or cette consommation favorise surpoids et obésité, et accroît les risques de diverses maladies métaboliques (hypertension, diabète, certains cancers...).

Si ces chiffres peuvent faire peur, alors que les prévisions démographiques annoncent 9,7 milliards d'habitants sur la planète en 2050, la re-

cherche se mobilise depuis de nombreuses années pour développer les connaissances face à un défi qui dépasse largement la question des quantités à produire, pour interroger, aux côtés des stratégies géopolitiques, les systèmes agricoles et alimentaires dans leur ensemble. Un défi pour lequel les solutions doivent se construire dans la durée et en mobilisant de nombreux leviers d'action.

## Les trois piliers

Afin d'identifier les voies à explorer, les chercheurs mènent des études prospectives à partir des données et tendances actuelles. Après avoir envisagé, au début des années 2000, la question de la sécurité alimentaire exclusivement sous l'angle de la production, prônant une augmentation de la productivité sans tenir compte de son impact sur l'environnement, ni de la qualité et la diversité de l'alimentation, les études ont rapidement intégré la question des pertes et gaspillages, ainsi que celle des nécessaires évolutions à mettre en œuvre au niveau des consommations alimentaires. Progressivement, la combinaison de l'agroécologie, de la réduction des pertes et gas- →

pillages et de l'adoption de régimes alimentaires plus équilibrés, associant plus de produits d'origine végétale et moins de produits carnés (au moins dans les pays développés), s'est imposée comme une piste pour résoudre l'équation alimentaire sans entraîner une croissance dommageable des surfaces de terre utilisées.

### L'approche intégrée et systémique

#### Agrimonde-Terra pour 2050

L'imbrication des questions montre la nécessité de penser de façon intégrée la transition des systèmes alimentaires, en englobant le rôle de l'usage des terres et en associant les questions environnementales et de santé. C'est dans ce sens que le Cirad et INRAE ont présenté en 2016 les résultats d'un travail collectif sur « *l'usage des terres et la sécurité alimentaire en 2050* ». La prospective Agrimonde-Terra<sup>3</sup> visait à identifier les leviers susceptibles d'améliorer la sécurité alimentaire et la nutrition à l'échelle de la planète à l'horizon 2050. Elle s'inscrit dans la priorité de recherche sur la sécurité alimentaire mondiale explorée par le programme interdisciplinaire de recherche INRAE-Cirad « Glofoods » ([voir page 38](#)). Grâce à une approche à la fois quantitative et qualitative, à partir des données et tendances actuelles et en combinant les évolutions possibles d'une grande diversité de facteurs (le changement climatique, les régimes alimentaires, les relations urbain-

1. Rapport SOFI réalisé chaque année par l'ONU et ses agences (FAO, OMS, PAM, Unicef, IFAD) - The State of Food Security and Nutrition in the World - 2020 - [url.inrae.fr/3yfS0PT](http://url.inrae.fr/3yfS0PT)

2. Le rapport SOFI estime entre 80 à 130 millions le nombre de personnes supplémentaires souffrant de la faim en 2020 en raison de la crise de la Covid-19.

3. Agrimonde-Terra - [url.inrae.fr/2AMMSLc](http://url.inrae.fr/2AMMSLc)

rural, les structures agricoles, les systèmes de production végétale et animale, les politiques publiques), les résultats ont dégagé cinq scénarios possibles.

Pour les construire, la prospective Agrimonde-Terra a tout d'abord analysé la dynamique de long terme de la sécurité alimentaire, en mettant l'accent sur l'usage des terres : accès et potentiel agronomique, intensité et répartition entre les différents usages, services rendus par les terres. Ensuite, des hypothèses quantitatives ont été formulées, qui prennent en compte l'évolution du contexte global dans ses dimensions techniques, économiques et sociales. Ces dimensions incluent le changement climatique et son atténuation, les transitions démographiques et l'urbanisation, le commerce international, l'évolution des régimes alimentaires, le progrès technique en agriculture et élevage. Pour étudier ces hypothèses, des simulations ont été effectuées en intégrant des éléments du contexte global, en particulier les projections climatiques du Groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

#### Les différents scénarios

Cinq scénarios ont été ainsi proposés : trois basés sur des tendances concurrentes observées dans la plupart des régions du monde (« Métropolisation », « Régionalisation » et « Ménages ») et deux correspondant à des ruptures qui pourraient bouleverser la relation entre l'usage des terres et la sécurité alimentaire (« Régimes sains » et « Communautés »). La prospective Agrimonde-Terra conclut que la plupart des scénarios ne seront pas en mesure d'assurer la sécurité alimentaire au niveau mondial de façon durable en 2050, en raison d'une augmentation de la déforestation à des fins agricoles, certains scénarios ayant par ailleurs des résultats ambivalents.

La « Métropolisation » contribuerait le plus à l'augmentation de la prévalence du surpoids et de l'obésité. Le scénario « Communautés », basé sur le développement de petites communautés et sur la gestion des biens agricoles communs, impliquerait quant à lui une réduction de la disponibilité alimentaire au niveau mondial et régional. À l'opposé, la « Régionalisation » associée à la mise en réseau de villes de taille moyenne et des

**Le scénario basé sur des « régimes sains » permettrait le mieux de réduire la prévalence de la sur- et de la sous-nutrition ainsi que les maladies chroniques associées.**

# TERRES AGRICILES

## quelles projections à l'horizon 2050 ?

Conduite par INRAE<sup>1</sup>, l'étude « **Agricultures européennes en 2050** »<sup>2</sup> propose des projections à l'horizon 2050 des différentes composantes du système agricole et alimentaire du monde, en le découpant en 21 régions, dont 8 en Europe.

### Les besoins en surfaces cultivées

En cas de maintien des régimes alimentaires actuels dans les régions développées et de poursuite de la transition nutritionnelle dans les régions émergentes ou en développement, le besoin en surfaces cultivées dans le monde varierait de +223 à -11 millions d'hectares, en plus des 1,5 milliard d'hectares cultivés en 2010. Il serait considérable en Afrique subsaharienne et en Inde. Une hypothèse de rupture allant vers des régimes alimentaires « sains » (au sens de l'OMS) détendrait quelque peu la pression sur ces surfaces mais pas autant que ce que l'on pourrait attendre : le besoin évoluerait à l'échelle mondiale de +194 à -51 millions d'hectares par rapport à 2010. En Europe, comme dans les autres régions développées, un tel changement entraînerait une réduction des apports caloriques totaux et de la consommation en produits animaux, permettant une baisse des surfaces cultivées allant de -14 à -30 millions d'hectares.

### Les surplus potentiels en Europe

Le « surplus de terre » qui pourrait apparaître dans plusieurs régions d'Europe, notamment centrale et orientale, serait trop faible pour que son utilisation agricole contribue à la sécurité alimentaire d'autres régions du monde. Il pourrait toutefois constituer une opportunité pour réduire notre dépendance aux importations de soja par le développement de cultures

oléoprotéagineuses, ou pour évoluer vers des systèmes de cultures moins consommateurs en intrants mais mobilisant davantage de surfaces. Selon les hypothèses de rendements et de régimes alimentaires retenues, de 4 à 44 millions de tonnes de tourteaux de soja pourraient ainsi être produits sur ces « surplus de terre », permettant, dans l'option la plus favorable, d'éviter totalement les importations, tout en laissant encore « disponibles » 9 millions d'hectares pour d'autres usages ou pour des allègements de rendements.

Les résultats de cette étude réalisée pour l'association Pluriagri<sup>3</sup>, et notamment les incertitudes que celle-ci intègre ou pointe, sont à disposition des acteurs, pour penser la (ré)orientation de leurs politiques, y compris dans le cadre du *Green Deal* européen qui vise une transition vers une agriculture plus durable.

### MÉTHODOLOGIE

**L'étude tient compte de la combinaison des effets sur les rendements agricoles, du changement climatique [selon la trajectoire RCP-6.0 du GIEC] et des évolutions techniques [en s'appuyant notamment sur les projections de la FAO de 2012 et 2018]. Elle intègre également les changements possibles des régimes alimentaires d'une population mondiale en forte croissance d'ici 2050.**

**Les simulations proposées s'appuient sur des jeux d'hypothèses contrastées visant à intégrer les incertitudes qui pèsent sur le devenir de ces variables et déterminent, sur ces bases, les surfaces mises en culture à l'horizon 2050 dans chaque région du monde, les niveaux de production et le recours ou la contribution de chaque région aux échanges internationaux.**

**1,5 Md  
d'hectares  
cultivés  
dans le monde  
en 2010**

**- 11 à  
+223 M  
d'hectares**  
Évolution des besoins en surfaces cultivées selon les différents scénarios pour 2050

**- 51 M à  
+194 M  
d'hectares**  
Évolution des besoins de surfaces cultivées dans le monde avec des régimes sains ; de -30 à -14 M d'ha pour l'Europe

1. Direction à l'expertise scientifique collective, à la prospective et aux études (DEPE).

2. *Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050 : entre enjeux climatiques et défis de la sécurité alimentaire* (2020). Rapport de synthèse : [url.inrae.fr/2PjcDGW](http://url.inrae.fr/2PjcDGW)

3. Association formée par les acteurs des filières des grandes cultures : Avril, Confédération générale des planteurs de betterave, Unigrains et le Crédit Agricole SA.

zones rurales et à l'émergence de systèmes alimentaires régionaux fondés sur une agriculture familiale et des régimes alimentaires traditionnels, conduirait à des résultats ambigus en termes de sécurité alimentaire au niveau mondial.

Enfin, le scénario « Ménages » dans lequel les exploitations familiales et les coopératives seraient des acteurs majeurs de l'usage des terres, permettrait une diminution de la sous-nutrition mais avec des effets ambivalents sur la surnutrition.

### Les perspectives positives du scénario « Régimes sains »

Le scénario « Régimes sains » permettrait le mieux de réduire la prévalence de la sur- et de la sous-nutrition ainsi que les maladies chroniques associées. Il propose des régimes alimentaires associant une diversité de produits : poissons, viandes, lait, céréales, fruits, légumes et légumineuses dont on aurait préservé les micronutri-

**2 Mds**  
de personnes  
dans le monde ont  
une alimentation  
déséquilibrée

**1/3**  
des émissions  
globales de GES  
sont dues à  
l'alimentation

**20 %**  
des aliments  
sont perdus ou  
gaspillés en  
Europe

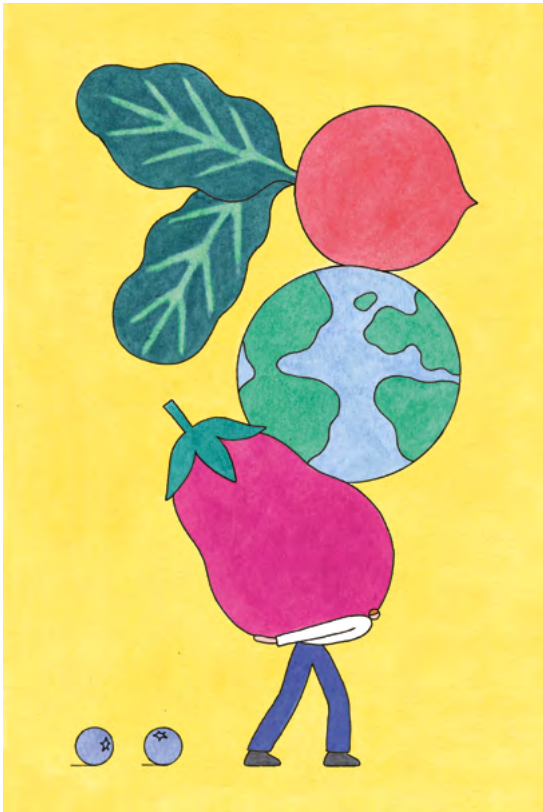
ments et les fibres. Il sous-entend une reconfiguration des systèmes agricoles et alimentaires réalisée grâce à de nouvelles alliances entre les parties prenantes, associant les ruraux. La chaîne alimentaire y gagne en efficacité et réduit les pertes et gaspillages. Dans ce scénario, certaines régions resteraient encore en situation difficile, comme l'Inde et l'Afrique subsaharienne, en raison de leur démographie forte et de rendements agricoles faibles, avec des risques persistants de déforestation. Cependant, avec une gouvernance mondiale favorable, cette voie permettrait de disposer d'une alimentation compatible avec la santé des populations, et des pratiques agricoles et un usage des terres respectueux de l'environnement. L'enjeu sera alors de prévenir les crises alimentaires, l'accaparement des sols, les déforestations et l'atténuation des effets du changement climatique, grâce à une action internationale concertée sur la sécurité alimentaire et l'usage des sols.

### Une approche systémique pour assurer la durabilité

Dans tous les cas, le commerce international jouera un rôle-clé pour assurer la sécurité alimentaire au niveau mondial en 2050, et certaines régions, en particulier l'Afrique du Nord, le Proche et le Moyen-Orient, resteront *a priori* fortement dépendantes des importations alimentaires. L'augmentation du volume de la nourriture produite et de sa diversité pour aller vers une alimentation plus saine en 2050, tout en limitant la déforestation, nécessitera une forte diversification des systèmes de culture et d'élevage.

Enfin, la prospective Agrimonde-Terra confirme l'importance d'une vision systémique des transitions nécessaires pour assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations, jouant sur les leviers des disponibilités agricoles, des régimes alimentaires et de l'optimisation des systèmes agricoles et alimentaires pour réduire les pertes et gaspillages.

Tout en assurant la sécurité alimentaire des populations, la transition des systèmes alimentaires représente un levier puissant pour favoriser la santé humaine et soutenir la durabilité environnementale, économique et sociale. Pour réussir



## Les politiques doivent encourager la diversification des systèmes agricoles et le développement de l'agroécologie pour limiter les impacts environnementaux.

cette transition, les transformations doivent se faire de façon profonde dans les toutes prochaines années, grâce à des actions immédiates et à la mise en œuvre de solutions progressives et de trajectoires adaptatives.

### Un défi pour tous

Si trois axes fédèrent à présent les recherches des communautés scientifiques sur la sécurité alimentaire – le changement des modes de production basé sur la transition agroécologique, la réduction des pertes et gaspillages, et l'évolution des modes de consommation alimentaire –, le défi est complexe, avec de nombreuses questions qui se chevauchent et recourent les secteurs, les territoires et les acteurs. Les pages précédentes donnent une idée des actions susceptibles de faire évoluer les comportements alimentaires occidentaux. D'autres travaux plus axés sur les leviers des modes de production agricoles et de la réduction des pertes et gaspillages sont développés en France et dans le monde (*voir double page suivante*). Les politiques publiques peuvent jouer un rôle central en favorisant l'adoption, par les consommateurs, de régimes alimentaires réduisant, lorsqu'elle est excessive pour la santé, la consommation des produits animaux au profit des céréales, légumineuses, fruits et légumes, en agissant sur l'accès et le coût de l'alimentation, et en lançant des politiques d'éducation et de sensibilisation. Elles doivent encourager la diversification des systèmes agricoles et le développement de pratiques agro-

écologiques utiles pour limiter l'impact environnemental de l'agriculture et de l'élevage. Elles doivent enfin réguler l'accès au foncier agricole au niveau national ainsi que le fonctionnement du commerce international visant à garantir un accès stable à une alimentation saine pour tous. Les industriels sont appelés à développer des modèles économiques autour d'une offre intégrant de nouveaux produits plus sains et accessibles. Chacun doit s'engager dans la réduction des pertes et gaspillages dans les systèmes alimentaires.

Il n'y a pas une voie unique tracée mais une transformation systémique à réaliser avec des actions dans chaque pays, chaque région, cohérentes entre elles et responsables face aux défis mondiaux. Pour étudier et concevoir ces transformations et contribuer à l'accélération des transitions, INRAE développe ses recherches avec une vision intégrative et interdisciplinaire, et collabore avec les acteurs publics et privés pour faciliter le transfert de connaissances pour des innovations et des politiques publiques susceptibles de construire des systèmes alimentaires durables, propres à chaque région, bénéfiques aux Humains et à la Terre.

La transformation de nos systèmes alimentaires nécessite une étroite coordination entre les stratégies des acteurs et entre les pays. La recherche est là pour les accompagner et favoriser cette coordination. ●

Pour aller + loin  
Des ouvrages, un rapport et un podcast  
pour continuer d'explorer le sujet de l'alimentation durable : voir page 83.



# TOUT UN SYSTÈME

FAVORISER UNE DYNAMIQUE GLOBALE DES SYSTÈMES AGRICOLES ET ALIMENTAIRES : EXEMPLES.



## Développer des pratiques agricoles efficaces et respectueuses de l'environnement

Et pour cela, évaluer les potentiels des terres mobilisables, et pour quel usage.

INRAE et le Cirad ont présenté en 2020 les résultats du programme GloFoodS « Transitions pour la sécurité alimentaire globale », qui a financé 45 projets de recherche, mobilisant plus de 200 chercheurs pendant 8 ans sur des terrains

français et internationaux, Afrique francophone et Asie du Sud-Est, notamment. Les travaux ont contribué à mieux comprendre les variations des rendements de production végétales et animales, à évaluer à l'échelle globale les potentiels de terres mobilisables à des fins alimentaires, énergétiques, bio-industrielles, à identifier les procédés et organisations limitant les pertes et gaspillages, et enfin à renseigner les liens entre l'accès des ménages à l'alimentation et les inégalités sociales. Parmi les objectifs : proposer des systèmes et pratiques de production plus efficaces et respectueux de l'environnement, et limiter les pertes et gaspillages. Ces deux volets de transition jouent sur des innovations dans l'organisation des chaînes de valeur alimentaires, pour une meilleure accessibilité à une alimentation saine et suffisante, *via* des procédés agroalimentaires plus

économiques des ressources agricoles. Par exemple, le projet GloFoodS « Légende » a étudié l'adaptation de l'agriculture à l'urbanisation sur une étude de cas à Madagascar. Les résultats ont montré que l'agriculture urbaine et périurbaine joue un rôle phare pour la sécurité alimentaire : elle approvisionne en produits frais la capitale et couvre la quasi-totalité des besoins de ces populations en œufs et volaille, ainsi qu'une grande partie de leurs besoins en légumes. L'agriculture ne plie donc pas fatalement face à l'extension urbaine, elle se maintient et se développe, grâce à des agriculteurs qui adaptent leurs systèmes de production en introduisant de nouvelles cultures et en se servant d'approches agroécologiques. Autre exemple de mobilisation du levier de modification des systèmes : le projet GloFoodS « Serena » visait à explorer dans le bassin arachidier du Sénégal les potentiels bénéfiques des parcs agroforestiers sur la sécurité alimentaire et sur les moyens d'existence des ménages ruraux, en jouant sur la diversité des paysages agricoles. À l'aide de données de télédétection, de méthodes statistiques et de modélisation, l'étude a montré l'intérêt de la présence d'arbres pour la productivité des cultures, mais jusqu'à un certain seuil : celui où l'arbre entre en compétition avec la culture. Il est donc apparu que les arbres ne peuvent pas renforcer directement les stratégies d'adaptation des ménages en situation d'insécurité alimentaire, mais contribuent à l'amélioration du système de production.

## 2

## Bâtir des systèmes alimentaires résilients et solidaires

En construisant des solutions à tous les niveaux, international, national et local.

Parce qu'il n'existe pas de solution unique, INRAE s'est associé à la FAO pour étudier de nombreuses initiatives à travers le monde visant à produire, partager, vendre et consommer des aliments plus durables. Cette étude, pilotée par Allison Marie Loconto, sociologue, directrice adjointe du laboratoire interdisciplinaire sciences, innovations et société (LISIS) d'INRAE, montre que la résilience des systèmes alimentaires est conditionnée notamment par des innovations pour la relocalisation et la diversification des systèmes alimentaires. Des mesures incitatives peuvent amener à prioriser l'accès aux aliments bénéfiques pour les communautés vulnérables, promouvoir l'agriculture durable, y compris la protection de la biodiversité, et encourager des régimes alimentaires sains et nutritifs. Ce sont, par exemple, la création de réseaux sociaux en Finlande pour faciliter la communication entre producteurs et consommateurs, le développement de « champs-écoles » pour les producteurs ou de « fermes incubatrices »

afin que les producteurs puissent tester de nouvelles pratiques sans risque économique en France, ou encore la mise en place, au Brésil, d'un plan de collecte des déchets organiques sur 900 marchés hebdomadaires pour du compost.

### Rapprocher producteurs et consommateurs

Le résultat fondamental de ces initiatives est d'accroître les échanges entre les producteurs et les consommateurs, et de modifier la façon dont ils influencent et interagissent au sein de leur environnement alimentaire. Cette étude a fait l'objet d'un ouvrage (*voir page 82*) conçu comme un manuel à destination des acteurs qui souhaitent innover dans les systèmes alimentaires dans lesquels ils sont engagés. Ces types de systèmes alimentaires locaux ont démontré leur résilience pendant la crise de la Covid-19, en Afrique, en Inde ou au Brésil. Ils utilisent tous des pratiques d'agriculture durables basées sur les 10 éléments de l'agroécologie pour produire des aliments vendus sur les marchés locaux et régionaux, assurant ainsi la sécurité alimentaire et l'accès à une alimentation saine et abordable pour les populations défavorisées et les classes moyennes.

**Une des clés : accroître les échanges entre les producteurs et les consommateurs.**

## 3

## Stopper le gaspillage à la chaîne

Car 1 aliment sur 5 est perdu ou gaspillé en Europe, soit 173 kg par personne chaque année.

De manière générale, dans les pays développés, les 2/3 du gaspillage alimentaire se produisent du côté du consommateur, le reste étant perdu le long de la chaîne de production.

« Dans les pays en voie de développement, la pauvreté pousse de fait les consommateurs à ne pas gaspiller. Les pertes surviennent plutôt aux stades de la récolte, du transport et du stockage.

Entrent en jeu les conditions climatiques difficiles, les maladies végétales, les équipements inadaptés et les routes en mauvais état. En Afrique ou en Asie du Sud-Est, les pertes post-récolte en céréales représentent jusqu'à 20 % de la production », précise Barbara Redlingshöfer, ingénieure INRAE à l'unité mixte de recherche SADAPT (Sciences pour l'action et le développement activé produits territoire). Ses travaux proposent de combiner différentes solutions pour réduire les pertes alimentaires.

D'un côté, améliorer génétiquement les variétés pour les rendre résistantes aux maladies, optimiser le matériel de récolte et mieux organiser les filières. De l'autre, baisser les exigences des consommateurs quant à l'aspect des produits, des fruits et des légumes notamment.

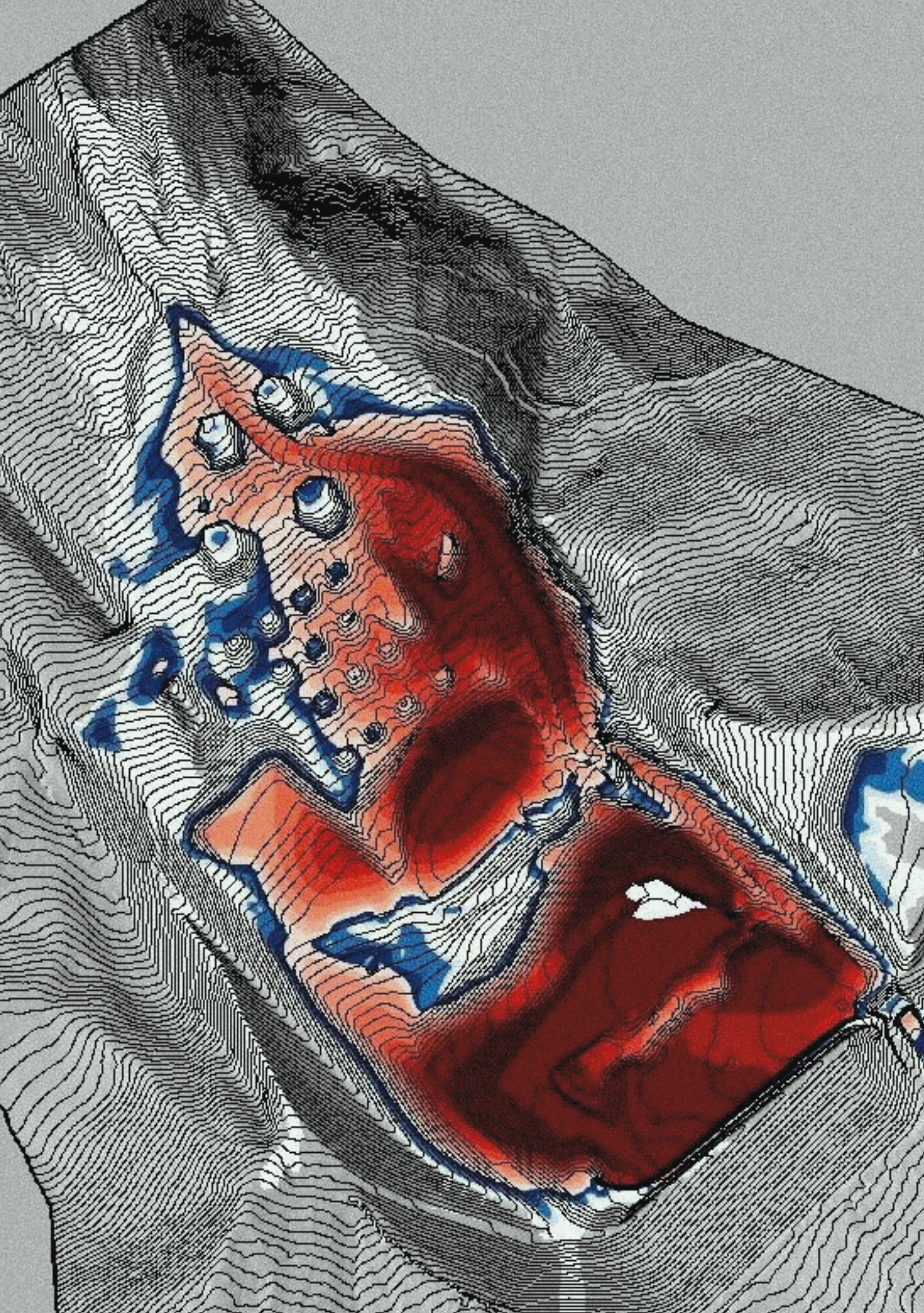
# COMPRENDRE LE RISQUE AVALANCHE

---

Dans le rude milieu de la montagne, les composantes du risque – aléa, exposition, vulnérabilité – sont particulièrement délicates à appréhender. À l'aide d'une palette d'outils toujours plus perfectionnés, les chercheurs développent les connaissances sur un risque en pleine évolution à l'heure du changement climatique.

---

Ce dossier est dédié à Xavier Ravanat, membre de l'unité ETNA, décédé en février 2021 lors d'un accident en montagne.



# L'écosystème du risque Avalanche

La prévention contre les avalanches implique une connaissance fine des phénomènes en jeu et une interaction continue avec un réseau d'acteurs professionnels afin de concevoir, fabriquer et mettre en place un dispositif de protection adapté.



## POURQUOI SE DÉCLENCHENT-ELLES ?

### Avalanches à départ ponctuel

Elles se déclenchent lorsque les forces de cohésion du manteau neigeux ne suffisent plus à assurer sa stabilité. C'est souvent le cas des avalanches humides ou des avalanches de neige fraîche.

### Avalanches à départ linéaire

Elles se déclenchent lorsqu'une « couche faible », peu cohésive, se retrouve sous une couche plus cohésive, plus dure. Il suffit d'une surcharge, comme le passage d'un skieur ou la chute d'une corniche, pour que la couche faible se fracture, conduisant à la déstabilisation de la couche sous-jacente et au déclenchement de l'avalanche.

## QUELS TYPES D'AVALANCHE ?

### ① Avalanches denses humides

Une avalanche humide contient au moins 10 kg d'eau par m<sup>3</sup>. Lorsqu'elles contiennent plus de 30 kg d'eau par m<sup>3</sup>, les forces de frottement sont fortement réduites et l'avalanche peut parcourir de plus longues distances. Malgré leur vitesse généralement plus faible, elles sont capables d'exercer des pressions très élevées, notamment lorsque de gros volumes sont mis en jeu.

### ② Avalanches denses sèches

Ce sont des avalanches de neige dont la masse volumique est comprise entre 200 et 400 kg/m<sup>3</sup>. Elles sont capables d'exercer de très fortes pressions sur les bâtiments, quand elles vont vite (jusqu'à 150 km/h).

### ③ Avalanches en aérosol

Composées de neige en suspension dans l'air, elles se forment au-dessus des avalanches denses. Elles peuvent atteindre 50 mètres de hauteur et remonter sur le versant opposé contrairement à la partie dense.

## QUELS DISPOSITIFS PARAVALANCHES ?

### ④ Ouvrages de défense active

Ils visent à empêcher les avalanches de se former. Constitués de râteliers, claies, vire-vent, toits-buse ou barrières à neige, ces dispositifs mis en place dans la zone de départ stabilisent le manteau neigeux ou modifient la répartition de la neige afin d'éviter qu'une surcharge ne déclenche l'avalanche.

### ⑤ Ouvrages de défense passive

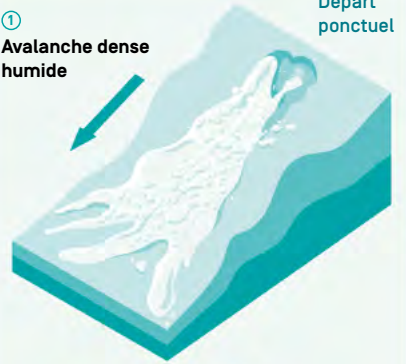
Ils visent à ralentir, dévier ou stopper l'avalanche. Ils sont constitués de tas freineurs, de digues de déviation, de galeries et de digues d'arrêt.



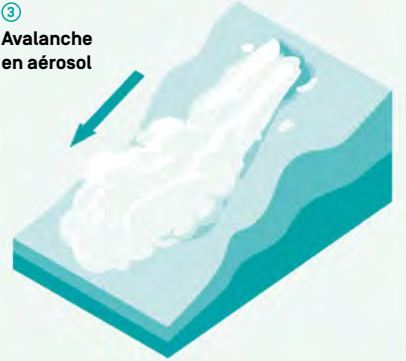


## TYPES D'AVALANCHE

①  
**Avalanche dense humide**



③  
**Avalanche en aérosol**



Départ linéaire

②  
**Avalanche dense sèche**

④  
**Râteliers**

⑤  
**Digue d'arrêt**

⑩

⑥

⑨

## QUI SONT LES ACTEURS IMPLIQUÉS ?

Le travail mené par l'unité ETNA ⑥ sur la connaissance du phénomène et la conception d'outils de prévention ne peut se faire sans une forte synergie avec d'autres laboratoires, notamment le Centre d'étude de la neige [CEN, au sein du Centre national de recherches météorologiques - CNRM], dans le cadre de projets collaboratifs à l'échelle nationale ou européenne voire internationale.

Les interactions fortes avec l'ensemble des acteurs des risques naturels en montagne, donneurs d'ordre ou opérationnels : Direction générale de la prévention des risques [DGPR] au ministère de la Transition écologique [MTE] ⑦, Service Restauration des terrains en montagne [RTM] de l'Office national des forêts [ONF] ⑧, bureaux d'études ⑨, communautés de communes ⑩ associations... permettent une prévention au plus près des besoins de tous.

# UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE

## POUR UN RISQUE EN GRANDE ÉVOLUTION

Grâce à un engagement continu des chercheurs depuis 50 ans, l'approche et les outils d'étude du risque Avalanche se perfectionnent, dans une optique résolument multidisciplinaire et intégrative. Indispensable, à l'heure où le changement climatique complexifie la donne.

Rendre la zone non constructible ou l'aménager avec un ouvrage de protection? Entre développement et sécurité, la compétition pour l'espace est toujours féroce en montagne. Les décisions liées au risque avalancheux se chiffrent en millions d'euros et peuvent avoir des conséquences sur des vies humaines. Les questions de recherche associées sont complexes et recouvrent plusieurs échelles, allant de la compréhension de la physique des avalanches à celle des évolutions des composantes de ce risque: aléa, vulnérabilité et exposition.

### Appréhender le risque dans sa globalité

1970 fut une année noire pour la montagne française. Le 10 février, une avalanche dévalait sur un chalet du centre de vacances UCPA à Val-d'Isère tuant 39 personnes. Deux mois plus tard, sur le plateau d'Assy, un glissement de terrain, mélange de boue, de neige et d'eau, s'abattait sur un sanatorium. Bilan: 72 morts.

Ces deux tragédies ont eu l'effet d'un électrochoc: la France s'est vue démunie face à ces phénomènes récurrents mais difficilement prévisibles. La création du Service de nivologie du CTGREF<sup>1</sup>, ancêtre de l'actuelle unité de recherche Érosion torrentielle, neige et avalanches (ETNA) d'INRAE,

fut alors décidée, lui donnant pour mission principale de mieux appréhender les risques causés par les avalanches. « À ses débuts, l'unité s'intéressait principalement à la localisation des avalanches, au développement et à la mise au point des dispositifs de protection », retrace Florence Naaim, directrice d'ETNA. « Puis, nous avons basculé sur la recherche concernant la nivologie et plus spécifiquement la physique des avalanches; nous nous intéressons désormais également aux enjeux, à leur vulnérabilité et à l'ensemble des mécanismes physiques et sociaux à l'origine du risque. Ainsi, nous ne nous focalisons pas uniquement sur l'aléa mais traitons le risque dans sa globalité avec une approche systémique. »

Cette dynamique reflète la reconnaissance du caractère systémique du risque intégrant conjointement les dimensions d'aléa, de vulnérabilité et d'exposition et leurs évolutions respectives, promu notamment par le cadre de Sendai (2015)<sup>2</sup>. En effet, prévenir les dommages nécessite de comprendre comment différents facteurs (climat, topographie, pratiques de l'espace et choix d'aménagement par les sociétés, etc.), en se conjuguant, peuvent conduire à la catastrophe, ce qui requiert une vision à la fois globale et interdisciplinaire. Le laboratoire compte d'ailleurs aujourd'hui 30 chercheurs, ingénieurs et techniciens, aux



disciplines variées : physiciens, modélisateurs, spécialistes de la mesure, statisticiens, historiens...

### Observer, modéliser, quantifier

S'inscrivant dans une tradition d'observation entamée en 1899 avec la création de l'Enquête permanente sur les avalanches (EPA, lire p. 47) – toujours gérée conjointement avec l'Office national des forêts (ONF) et le ministère de la Transition écologique (MTE) –, les travaux basés sur des approches à prédominance naturaliste ont été complétés dans les années 1970 par des recherches sur la physique et la modélisation des processus. Afin de mieux quantifier l'aléa, définir les zones où le risque peut être considéré comme acceptable et optimiser les stratégies d'atténuation du risque, les chercheurs ont, dans les années 2000, associé aux modèles déterministes de propagation des avalanches l'information contenue dans l'EPA dans un cadre statistique. Des modèles numériques-probabilistes de plus en plus précis pour l'évaluation des « avalanches centennales » en ont résulté. De l'échelle du couloir avalancheux, l'approche a été étendue à celle de massifs, permettant l'évaluation des aléas sur les couloirs pas ou peu documentés. Cette modélisation probabiliste de l'aléa, locale puis régionale, permet de

↑

Avalanche en aérosol, aussi dite « de poudreuse », reconnaissable par la formation d'un nuage d'air et de neige en surface, lors de son écoulement dans la pente.

p. 41

Modélisation numérique de l'avalanche de Taconnaz (15 avril 2021), qui a été stoppée par un système paravalanche.

caractériser la variabilité de l'activité avalancheuse à différentes échelles de temps et d'espace. C'est utile pour comprendre pourquoi certains massifs sont plus actifs que d'autres, en lien avec leur topographie et leur localisation, de même pour comprendre les liens entre activité avalancheuse et forçage météorologique (voir glossaire p. 48).

Dans le même temps, les enjeux et leur vulnérabilité ont été intégrés. Pour ce faire, des modèles de vulnérabilité du bâti et de ses occupants aux avalanches ont été développés. Ils ont été couplés aux modèles d'aléas, sous la forme de modèles de risque quantitatifs permettant le calcul de niveaux de risque individuel exprimés en taux de décès ou de destruction, et l'optimisation d'ouvrages de protection. Et désormais les sciences humaines et sociales complètent cette approche. →

1. CTGREF : Centre technique du génie rural des eaux et forêts, ancêtre d'Irstea qui a fusionné le 1<sup>er</sup> janvier 2020 avec l'Inra pour former INRAE.

2. Le cadre d'action de Sendai pour la réduction

des risques de catastrophes 2015-2030, adopté par la 3<sup>e</sup> Conférence mondiale de l'ONU, s'inscrit dans une suite de textes ratifiés depuis 1994 pour améliorer la réduction des risques au niveau mondial.





© M. Deschâtres/INRAE

Ainsi, l'expertise historique permet par exemple de mieux exploiter et valoriser les archives. De même, l'analyse de l'évolution des choix d'aménagement et des perceptions du risque par les sociétés est prise en compte pour comprendre les facteurs de vulnérabilité et l'exposition actuelle, et pouvoir agir dessus...

Un risque maîtrisé alors? Loin de là! Les systèmes socio-environnementaux de montagne évoluent à présent extrêmement rapidement sous l'action des changements globaux (climatiques, sociétaux, etc.), altérant ainsi le risque.

### **Un changement climatique aux multiples impacts**

L'impact du changement climatique sur l'aléa a été la première question traitée. Les chercheurs ont d'abord étudié l'évolution de l'activité avalancheuse aux échelles des processus climatiques. Ils ont ainsi montré qu'au début des années 1980 une série d'hivers très rudes a conduit à un pic de l'activité avalancheuse en France, puis que, dès le milieu des années 1980, les avalanches sont devenues moins fréquentes et moins importantes à basse et moyenne altitude, avec une proportion plus grande d'avalanches de neige humide. Pour le futur, des travaux menés conjointement avec

↑  
Les chercheurs interprètent des photographies aériennes pour réaliser la Carte des localisations des phénomènes d'avalanches (CLPA).

le Centre d'étude de la neige de Météo France sur la base des scénarios du GIEC (*lire p. 48*) ont permis de montrer que l'évolution déjà en cours va s'amplifier, avec, par exemple, une diminution globale projetée de l'activité avalanches de 20 à 30% au cours du XXI<sup>e</sup> siècle du fait d'une réduction drastique de l'enneigement. À noter toutefois un cas particulier en haute altitude où, du fait de précipitations neigeuses extrêmes, le nombre d'avalanches pourrait augmenter pendant quelque temps, avant de diminuer, avec l'occurrence encore possible d'avalanches de neige froide et sèche de grande ampleur, comme cela a été le cas en

**Si globalement l'enneigement diminue, dans les territoires de montagne, le risque avalancheux persiste, avec de nouveaux contours.**

1999 à Montroc, dans la vallée de Chamonix. Une avalanche avait alors emporté 14 chalets et tué 12 personnes. Les travaux en cours visent à affiner ces estimations afin d'obtenir des projections futures plus réalistes en termes d'évolution du nombre, de l'intensité, de la localisation et de la saisonnalité des avalanches.

### Impact du tourisme et du bâti

Les autres déterminants du risque évoluent au moins aussi rapidement. Avec le réchauffement et la déprise agropastorale, les versants se reboisent très rapidement. En parallèle, les zones bâties voient globalement leur taille augmenter, notamment du fait de l'essor du tourisme hivernal, tandis que des ouvrages de protection sont construits alors que d'autres se dégradent parfois, faute d'entretien suffisant, l'ensemble jouant sur l'exposition au risque. Les chercheurs mettent à jour cette mécanique complexe, très variable d'un contexte local à un autre, en conjuguant approches qualitatives et quantitatives à différentes échelles de temps et d'espace. Il a pu notamment être montré que, dans les très hautes vallées alpines, le risque lié aux avalanches pour le bâti et ses occupants avait vraisemblablement augmenté au cours des dernières décennies, sous l'action conjuguée d'un aléa toujours présent et d'une exposition en augmentation. A contrario, aux altitudes plus basses, le risque est en diminution sous l'action conjuguée d'une réduction de l'enneigement et d'un boisement progressif des couloirs, parfois jusqu'aux zones de départ d'avalanches. Des calculs de risque quantitatifs ont pu montrer comment le renforcement des bâtiments exposés et la gestion de la forêt à fonction de protection, pouvaient être conjugués pour s'adapter à ces évolutions et maîtriser le risque.

Ainsi, si globalement l'enneigement diminue, dans les territoires de montagne, le risque avalancheux persiste avec de nouveaux contours. Appelés à élaborer des stratégies d'adaptation aux investissements à long terme, les acteurs de ces territoires doivent pouvoir s'appuyer sur des connaissances exactes et fiables. L'approche systémique de la recherche et des travaux de plus en plus précis accompagnent ces décideurs pour appréhender au plus près un risque en grande évolution. ●

### RESSOURCES

## Un jeu de données unique au monde

« Là où une avalanche est venue, elle repassera ». Voilà ce que nous enseigne la sagesse populaire. En 1899, face aux dégâts provoqués par les avalanches, Paul Mougin, ingénieur des Eaux et Forêts, lançait ainsi une initiative originale : réaliser un inventaire des avalanches survenues en Savoie. Ceci permettrait de garder une trace de ces événements et d'évaluer l'étendue des forêts détruites chaque année.

L'ingénieur Mougin ne pouvait pas savoir que, 120 ans plus tard, son œuvre perdurerait : hiver après hiver, 260 agents de l'ONF collectent des données sur les avalanches sur 3 600 couloirs répartis dans 11 départements français (Alpes et Pyrénées). Consciencieusement, ils notent leurs dates, leurs altitudes de déclenchement et d'arrêt, leurs volumes et bien d'autres caractéristiques. Ces données alimentent l'Enquête permanente sur les avalanches (EPA) qui regroupe aujourd'hui plus de 100 000 observations. À la suite de la catastrophe de

Val-d'Isère en février 1970, cette chronique d'événements a été complétée à la demande de l'État par une carte-inventaire des emprises maximales des phénomènes : la CLPA [Carte de localisation des phénomènes avalancheux].

Cette carte reprend les phénomènes observés ou historiques via la représentation des limites extrêmes atteintes par les avalanches. Elle est réalisée par l'unité de recherche ETNA, d'abord à l'aide de photos-interprétations et d'observations de terrain, puis par recueil de documents d'archives et de témoignages auprès des habitants et des professionnels de la montagne. EPA et CLPA, dispositifs financés par la Direction générale de la prévention des risques (DGPR) du ministère de la Transition écologique, et gérés par INRAE, offrent des visions temporelle et spatiale complémentaires d'un même phénomène et fournissent un jeu de données unique, exploité pour l'expertise et la recherche, en libre accès sur : [www.avalanches.fr](http://www.avalanches.fr)

### CARTE DE LOCALISATION DES PHÉNOMÈNES AVALANCHEUX (CLPA)

850 000

hectares cartographiés

25 000

emprises d'avalanches  
répertoriées

13 000

témoignages  
recueillis

## GLOSSAIRE

**Aléa**

Phénomène plus ou moins probable sur un espace donné, caractérisé par sa localisation, son intensité, son ampleur, sa fréquence et le degré de probabilité qui lui est associé.

**Vulnérabilité**

Condition provoquée par des facteurs ou processus physiques, sociaux, économiques et environnementaux, qui ont pour effet de rendre les personnes, les communautés, les biens matériels ou les systèmes plus sensibles aux aléas.

**Exposition**

Situation des personnes, infrastructures, logements, capacités de production et autres actifs tangibles situés dans des zones à risque.

**Mesures d'atténuation ou de mitigation**

Elles correspondent à la réduction ou limitation des conséquences négatives d'un événement dangereux.

**Forçage**

[de l'activité avalancheuse]  
Caractéristiques météorologiques qui déterminent l'enneigement et donc l'activité avalancheuse locale : température, précipitation, vent...

## CHANGEMENT CLIMATIQUE

**Que dit le GIEC sur les avalanches ?**

Connu pour ses synthèses internationales de référence [6<sup>e</sup> rapport publié le 9 août 2021] le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC] produit également des « rapports spéciaux ». Celui dédié aux océans et à la cryosphère [*Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* – SROCC], en 2019, a été le premier comportant un chapitre spécifique sur les zones de montagne.

« *Alors que les rapports du GIEC font traditionnellement la part belle aux glaciers et aux milieux polaires, ils ne disaient jusqu'ici presque rien de l'évolution des avalanches et du risque associé en raison d'un manque de résultats disponibles dû à la complexité du problème* », expose Nicolas Eckert, chercheur de l'unité ETNA. En effet, pour détecter des changements passés, il est nécessaire de disposer de séries d'observations longues et homogènes, et de les exploiter avec un arsenal statistique relativement avancé. De même, pour appréhender les évolutions futures de l'activité avalancheuse, il faut convertir les scénarios d'évolution globaux du climat en scénarios locaux d'évolution de la météorologie et de l'enneigement. Cela nécessite d'utiliser des techniques complexes de changement d'échelle et de correction de biais : forçage des modèles régionaux de

circulation [CRM] par les modèles généraux [CGM], adaptation à la topographie de montagne, modélisations de l'enneigement à l'aide de modèles physiques corrigés par l'observation. Il est alors possible d'alimenter des relations empiriques entre enneigement et activité avalancheuse établies sur le passé.

Ce rapport, auquel INRAE a contribué, conclut avec un niveau de confiance élevé que les aléas naturels en montagne, dont les avalanches spontanées, se produiront dans le futur dans des lieux et/ou à des saisons où ils ne se produisaient pas jusqu'alors. Cette formulation, fruit d'un compromis scientifique et politique, sans nier la possible réduction locale de l'aléa avec l'enneigement, met l'accent sur les problèmes potentiellement posés par l'évolution rapide dans la localisation spatiale et temporelle des phénomènes dangereux. Ainsi, on s'attend à davantage d'avalanches de neige humide aux altitudes élevées et au cœur de l'hiver, où l'enneigement est pour l'instant préservé. Cette évolution doit être prise en compte, par exemple, pour adapter les dimensionnements des remontées mécaniques qui pourraient être touchées par des avalanches exerçant potentiellement de fortes pressions en pleine saison touristique.

[Source : cahier n°10 de l'ANR : Risques et catastrophes naturelles ; INRAE]

# UNE RECHERCHE À MULTIPLES FACETTES

De l'échelle du micromètre à celle d'un massif montagneux, de l'observation à la modélisation, les chercheurs convoquent l'ensemble des techniques et technologies d'aujourd'hui, en nivologie et au-delà, pour connaître et anticiper ce phénomène complexe.

« La physique des avalanches reste une thématique-clé... Nous travaillons de l'échelle du grain de neige à celle du massif », explique Florence Naaim, directrice de l'unité de recherche ETNA. En effet, lorsqu'on parle d'avalanches, « on ne peut pas comprendre le très grand sans connaître le tout petit ». Observation, expérimentation et modélisation constituent le triptyque des chercheurs permettant d'améliorer la connaissance pour mieux anticiper les phénomènes.

#### **Des observations grandeur nature pour alimenter les connaissances**

Les chercheurs d'ETNA s'appuient sur plusieurs sites de terrain pour réaliser leurs observations. Pour comprendre la dynamique des avalanches, ils disposent depuis 1973 d'un lieu exceptionnel : le site expérimental du Lautaret, dans les Hautes-Alpes. Grâce à un explosif au gaz, ils peuvent déclencher des avalanches et les analyser sous toutes les coutures. « On étudie leurs caractéristiques telles que la vitesse d'écoulement ou le volume de neige déplacé. Grâce à des systèmes d'imagerie, on peut filmer l'avalanche avec une caméra rapide ou en 3D, et mieux comprendre l'interaction entre l'avalanche et le terrain. Les capteurs posés sur un obstacle le long du parcours

nous permettent de mesurer la pression qu'elle exerce », explique Emmanuel Thibert, chercheur à ETNA. « On a ainsi montré qu'une avalanche peut entraîner une grande quantité de neige allant jusqu'à 10 fois celle mobilisée dans la zone de départ, ou encore que le coefficient permettant de calculer la pression exercée sur un obstacle à partir de la vitesse de l'avalanche et de sa masse volumique était jusqu'alors très largement sous-estimé (d'un facteur 10) dans les zones de faible vitesse (zones d'arrêt) » détaille Florence Naaim.

Au col du Lac-Blanc à 2700 m, à proximité de la station de l'Alpe-d'Huez (Isère), les chercheurs étudient l'interaction entre la neige et le vent en collaboration avec leurs collègues du Centre d'étude de la neige du Centre national de recherches météorologiques (CNRM). En effet, le vent est un élément central dans le déclenchement des avalanches. Celui-ci modifie les dépôts de neige et crée des corniches ou des accumulations qui, à tout moment, peuvent entraîner des avalanches. « Véritable soufflerie naturelle, instrumenté depuis 30 ans, notre site a permis d'éprouver de nouvelles techniques de mesure, et de créer une base de données climatologiques unique, attirant équipes scientifiques autrichiennes et japonaises. Ce sont, en effet, plusieurs centaines de tonnes de neige par mètre linéaire →



© H. Raguet

de crête que voient défilier nos capteurs chaque saison », précise Florence Naaim.

### Des expérimentations en laboratoire pour mieux comprendre

Mais étudier les avalanches « en vrai » ne suffit pas. Pour comprendre la façon dont chaque grain de neige roule sur les autres, accélère ou ralentit, d'autres méthodes sont nécessaires. C'est ainsi que les modèles réduits entrent en jeu. Ceux-ci permettent de réaliser des expériences sur la dynamique des écoulements neigeux. « *Nous utilisons deux analogies* », décrit Thierry Faug, chercheur et ingénieur de l'unité. « *Pour les avalanches denses et sèches, on mime le comportement des grains de neige sèche, à savoir leur cohésion et leur frottement, en utilisant des billes de verre et de la poudre de PVC. Pour les avalanches en aérosol, nous faisons couler un fluide lourd, de l'eau salée par exemple, dans un fluide plus léger, de l'eau claire. Le fluide lourd permet d'imiter le mélange d'air et de particules de glace en suspension qui constitue ce type d'avalanches.* »

Il faut cependant descendre à des échelles encore plus réduites pour connaître les lois qui régissent la déformation de la neige dans le manteau neigeux et son écoulement durant l'avalanche. « *Les propriétés mécaniques de la neige dépendent de la microstructure du matériau* », rappelle Guillaume

↑  
Maquette modélisant une avalanche dense. Un procédé qui a permis le dimensionnement du paravalanche de Tacconnaz.

Chambon, directeur de recherche adjoint de l'unité ETNA. Pour étudier cette microstructure, les chercheurs utilisent des tomographes à rayons X. « *Ces appareils nous permettent d'observer des détails de quelques micromètres. On peut ainsi étudier l'évolution de la neige en fonction de divers paramètres, comme la température ou la pression, et créer des modèles tridimensionnels pour explorer la réponse mécanique du matériau au moyen d'expériences numériques* », ajoute le chercheur.

### Des modèles numériques pour l'exploitation des données

Toutes ces observations et expériences ne pourraient cependant être exploitées, notamment pour la prévention, sans une autre méthode employée par l'unité : la modélisation numérique. Le but ? « *Nous essayons d'intégrer dans un même modèle des connaissances qui vont de l'échelle microscopique à celle d'un versant entier* », explique Guillaume Chambon. Ces modèles et simulations numériques permettent ensuite de déclencher des avalanches virtuelles en faisant varier les paramètres de départ. À partir de ces modèles croisés avec les scénarios climatiques du GIEC, il est alors possible d'imaginer à quoi ressembleront les avalanches du futur. La combinaison de ces méthodes a déjà porté ses fruits. Les modèles d'avalanches denses et en aérosol sont déjà très fiables, et permettent, par exemple, de faire des recommandations précises sur les structures paravalanches à mettre en place.

Le changement climatique invite cependant la recherche à poursuivre ses travaux pour mieux connaître les avalanches humides, dans lesquelles l'eau liquide et la glace se mêlent, et dont la dynamique n'est pas encore bien comprise. Pour cela, l'observation, l'expérimentation et la modélisation seront sans doute encore une fois la combinaison gagnante pour perfectionner la connaissance d'un phénomène complexe et optimiser les outils de prévention. ●

## CLIMAT

# Les avalanches humides, un risque émergent

**L'une des évolutions majeures provoquées par le changement climatique est l'augmentation de la fréquence des avalanches humides. Ces avalanches constituent un risque émergent vis-à-vis duquel certains sites ne sont pas bien préparés.**

Les écoulements dus aux avalanches humides, lorsqu'ils surviennent plus tôt dans la saison hivernale, sont capables de mobiliser de gros volumes de neige et d'eau, et d'exercer des pressions élevées de l'ordre de 10 t/m<sup>2</sup>, malgré leur faible vitesse, et causer d'importants dégâts. Dans certains cas extrêmes, lorsque la proportion d'eau est très élevée, ces écoulements peuvent parcourir des distances étonnamment longues allant de plusieurs centaines de mètres au kilomètre, dépassant les périmètres habituels. Autre problème : la dynamique des avalanches humides n'est pas encore bien connue. « *Nous sommes là à la limite de nos connaissances sur ce phénomène. Nous ne savons pas encore bien modéliser leur comportement* », admet Thierry Faug, chercheur à l'unité ETNA. Or, dans beaucoup de sites de montagne, les dispositifs paravalanches sont dimensionnés pour protéger contre un scénario d'avalanche de neige froide et sèche. Face à une avalanche humide de fortes dimensions, ces protections pourraient, dans certains cas, ne pas suffire.

### Revoir les dispositifs de protection

Ainsi, les dispositifs de défense active, faits de râteliers, filets, claies ou vire-vent pour empêcher le déclenchement des avalanches en haut des pentes, pourraient être emportés ou s'avérer inopérants. En effet, avec le réchauffement, le comportement de la neige en reptation<sup>1</sup> change du fait de son humidification. « *La présence d'eau en plus grande quantité alourdit la neige et entraîne plus de glissements du manteau neigeux et ceci amplifie les forces sur les ouvrages* », explique Thierry Faug. Aussi, ils devront être conçus pour résister à des pressions désormais plus fortes en raison de l'évolution du manteau neigeux et des conditions de départ des avalanches. Ils devront également être envisagés dans de nouveaux sites, où le glissement à la base était peu actif jusque-là.

La défense passive pourrait elle aussi souffrir de cette évolution. Ce type de stratégie vise à freiner, dévier ou stopper l'avalanche à l'aide de tas

freineurs, de digues d'arrêt ou de digues de déviation. Mais, sur certains sites, la marge de ces structures de protection par rapport aux aléas n'est pas très grande. Or, l'avalanche humide ne suit pas toujours la trajectoire attendue suivant la plus grande pente. Une avalanche humide de grand volume, du fait de ses trajectoires difficiles à prédire, pourrait alors déborder ces protections et causer des dégâts. L'heure n'est pas à la panique mais à la prudence. « *Il n'y a pas à réinventer les stratégies paravalanches* », tempère Thierry Faug. « *Néanmoins, il y a des endroits où il faudra optimiser les dispositifs afin de réduire la vulnérabilité, notamment en envisageant un scénario neige humide en plus de, ou à la place, du scénario neige sèche.* » Pour ce faire, les chercheurs continuent de collaborer avec les acteurs de la montagne pour une adaptation au plus juste. ●

1. Reptation : mouvement lent de la neige sous l'effet de la gravité, qui combine tassement et cisaillement ainsi que glissement à la base.



© C. Marechal/RTM73

# LA COLLABORATION AU CŒUR DE LA PRÉVENTION

Fortement impacté par le changement climatique, le risque Avalanche évolue rapidement. Entre recherche et expertise, la collaboration entre les scientifiques et les multiples acteurs de la prévention est la clé de la connaissance et de l'anticipation des risques actuels et émergents.

Avec des températures et des précipitations en grande évolution, les territoires de montagne sont amenés à rapidement s'adapter pour assurer aux habitants une activité économique d'avenir et préserver une activité touristique majeure en France, le tout dans la plus grande sécurité. Pour cela, ils déploient des stratégies locales d'adaptation élaborées en cohérence avec la politique nationale de prévention des risques portée par le ministère de la Transition écologique (MTE), en particulier la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), et nourries, en premier lieu, par les travaux de la recherche d'INRAE et du Centre national de recherches météorologiques (CNRM).

## **Une prévention des risques collective pour une meilleure efficacité**

Classé dans la catégorie des risques majeurs de la politique nationale de prévention, le risque lié aux avalanches est pris en charge par une multitude d'acteurs. Porté par l'État, il est confié aux services Restauration des terrains de montagnes (RTM) de l'Office national des forêts (ONF). Ceux-

ci sont amenés à caractériser le risque qui doit être pris en compte dans la planification et l'aménagement du territoire, en particulier *via* les Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRNP), qui s'imposent aux plans d'occupation des sols. Les communes, en charge de la sécurité publique, de la prévention et l'organisation des secours contre les catastrophes, les départements et les régions mobilisés pour la sécurité du réseau routier, l'aménagement du territoire et l'information préventive, et les citoyens, premiers concernés et bénéficiaires de cette prévention, complètent le dispositif de prévention des risques et de protection des bâtiments et infrastructures.

## **Expertise scientifique et prévention, un dialogue fructueux**

Si le développement des connaissances et les nouvelles données jouent un rôle essentiel dans l'élaboration des plans de prévention et les prescriptions pour l'ensemble des actions (conception de dispositifs de défense active et passive, localisation et construction des routes de montagne, plantation de forêts de protection, édification de

refuges...), les scientifiques peuvent également être missionnés comme experts en matière de protection paravalanche auprès des collectivités locales, des bureaux d'études et des communes. « *Nous n'intervenons que dans les cas complexes, lorsque l'utilisation des derniers résultats de la recherche est requise et/ou que les enjeux sont tels que le commanditaire de l'expertise se tourne exclusivement vers nous* », explique Florence Naaim, directrice de l'unité de recherche ETNA. « *INRAE a d'ailleurs reçu pour la première fois, en janvier dernier, la certification ISO 9001 pour l'ensemble de son système qualité d'expertise ayant trait à la gestion des risques gravitaires en montagne, dont les avalanches* ». Sur ce sujet, comme sur d'autres traités par les équipes d'INRAE, recherche et expertise sont en dialogue permanent. Les résultats de la recherche sont mobilisés pour accompagner les porteurs de politiques publiques. En retour, le dialogue avec ces acteurs nourrit la recherche *via* l'émergence de nouvelles questions et contribue à lui donner du sens.

**Données et modélisation à la rescousse**

Ainsi les chercheurs d'ETNA ont, par exemple, participé à la conception de la digue de Taconnaz (en association avec le bureau d'études Ingerop pour le compte de la Communauté de communes de la vallée de Chamonix-Mont-Blanc), un ouvrage massif de 25 m de haut, placé au pied du plus long couloir d'avalanches des Alpes dans le massif du Mont-Blanc. « *Notre tâche a été de dire quelle taille, quelle position et quelle forme devaient avoir la digue et les autres dispositifs de défense passive* », explique Thierry Faug, chercheur de l'unité. La combinaison des données historiques issues de l'Enquête permanente sur les avalanches (EPA) et des modèles numériques de propagation a permis de déterminer les événements centennaux de référence (définis par le volume et l'énergie de l'avalanche).

Les différentes stratégies de protection, conçues pour arrêter les avalanches denses, ont alors été testées par modélisation physique au laboratoire (billes de verre et PVC), puis mises à l'épreuve de la modélisation numérique sur topographie réelle, le risque résiduel lié à la partie poudreuse de l'écoulement ayant été estimé à partir de la mo-

**Le dialogue avec les porteurs de politiques publiques nourrit la recherche *via* l'émergence de nouvelles questions et contribue à lui donner du sens.**

délisation physique (eau salée dans l'eau). « *Et comme l'expert garde son ADN de chercheur, nous avons profité de la construction des dispositifs paravalanches pour y inclure des capteurs automatiques de vitesse et de pression, afin de nous permettre d'évaluer l'efficacité des dispositifs paravalanches et de mieux comprendre leur influence sur l'écoulement* », poursuit Thierry Faug. Des pressions d'impact allant jusqu'à 95 t/m<sup>2</sup> ont ainsi pu être enregistrées, en accord avec la prédiction des modèles. Un contrôle qualité, en quelque sorte...

**Diffuser les connaissances**

En parallèle, afin d'aider les bureaux d'études et les maîtrises d'œuvres à réduire la vulnérabilité des zones habitées, des guides techniques sur les dispositifs de protection sont rédigés. Ainsi, un guide européen de référence pour la construction de digues paravalanches d'arrêt et de déviation a pu être réalisé en 2009 à partir des travaux d'équipes de recherche européennes dont ETNA. D'autres objets de diffusion des connaissances sont régulièrement élaborés.

L'impact rapide du changement climatique, en particulier sur l'occurrence et la nature des avalanches, impose le maintien de recherches sur l'aléa, le risque et la mise à jour des données, mais c'est surtout grâce à une collaboration continue avec les acteurs nationaux et locaux qu'une prévention adaptée et efficace sera possible. ●





# Une gestion du risque qui s'appuie sur la science

Un entretien avec Véronique Lehideux, cheffe du service Risques naturels et hydrauliques au ministère de la Transition écologique

Véronique Lehideux pilote le service chargé d'élaborer et d'animer la politique nationale de prévention des risques naturels et de coordonner les actions de prévention des risques majeurs. Nous l'avons interrogée sur le risque Avalanche, sa prévention et la collaboration avec la recherche.

## **Face à l'évolution du climat et de l'urbanisme, comment s'assurer que les procédures d'évaluation et de prévention du risque Avalanche ne deviennent pas obsolètes ?**

La prévention des risques naturels s'appuie en premier lieu sur les Plans de prévention des risques naturels (PPRN). Ils visent à la prise en compte des aléas dans l'urbanisme, en empêchant la densification et l'augmentation de vulnérabilité dans les zones les plus exposées, et en la

réduisant en prescrivant des mesures dans les autres zones. Leur élaboration s'appuie sur l'événement le plus grave connu ou sur une référence propre à l'aléa – la centennale pour la crue et l'avalanche par exemple. Pour l'avalanche, la référence tri-centennale a été ajoutée pour délimiter les zones d'aléas de référence exceptionnelle (zones jaunes). L'amélioration des connaissances de l'impact du changement climatique sur les aléas pourra poser, à terme, la question de l'évolution des seuils de référence, comme cela a été fait sur le risque de submersion marine. Il faut pour cela que cet impact soit aussi très bien documenté. Pour les avalanches, un autre paramètre d'évolution à prendre en compte est la nature de la neige. Son contenu devient plus riche en eau. Afin de mieux connaître les changements de comportement induits, la Direction générale de la prévention des risques (DGPR) missionne INRAE depuis plusieurs années pour étudier et modéliser les avalanches humides. Concernant les risques en montagne, le ministère a initié un travail sur les risques d'origine glaciaire et/ou

périglaciaire avec l'appui d'INRAE. Il est aujourd'hui piloté par l'ONF avec une implication toujours très forte d'INRAE.

## **Quel est l'objectif de ce travail sur les risques d'origine glaciaire ?**

L'objectif est d'anticiper ces risques nouveaux : dégel du pergélisol ou effondrement de glacier. Sur ce dernier, INRAE porte avec l'Institut des géosciences de l'environnement (IGE) une action d'appui sur le suivi et le devenir du glacier de Tacconnaz, qui tend à devenir tempéré. Des laboratoires de l'Observatoire des sciences de l'univers de Grenoble (ETNA, IGE, Isterre) se sont mobilisés en appui à la préfecture et la mairie de Saint-Gervais sur l'étude des poches d'eau dans le glacier de Tête-Rousse. INRAE a également contribué à la vidange du lac du glacier d'Arsine en 1986. Ce sont des exemples concrets de recours aux dernières avancées de la recherche afin de diagnostiquer et de proposer des solutions que les bureaux d'études ne seraient pas en mesure de gérer. La DGPR soutient ces actions afin de faire progresser la connaissance et de caractériser les bassins de risques.

**Comment la prévention des risques naturels intègre-t-elle les éléments de contexte économique et social des zones concernées ?**

La prévention des risques naturels a pour objectif premier la préservation des vies humaines et la réduction des dommages. Elle est priorisée sur les zones de fort croisement entre aléas et enjeux et, dans ces zones, est proportionnée à l'importance des risques. Interdire qu'il y ait davantage de constructions dans les zones les plus exposées à certains risques naturels contribue à préserver le tissu économique et social, et à assurer la soutenabilité du dispositif de solidarité nationale qu'est le régime « Catnat ». La prévention des risques naturels est une composante à part entière du développement durable des territoires et de l'adaptation au changement climatique. Le juste émoi qui suit des catastrophes naturelles rappelle qu'il est responsable de ne pas construire en zone fortement exposée aux risques naturels.

**Dans un contexte transfrontalier, comment la France gère-t-elle les liens entre recherche, expertise et appui aux politiques publiques, pour le risque avalanche ?**

La France est membre de la convention alpine qu'elle a présidée en 2019 et 2020. Elle assure également la présidence de la stratégie de l'Union européenne pour la région alpine (SUERA) depuis 2020, et a accepté de

prolonger cette présidence d'un an du fait du contexte sanitaire. Ces deux instances permettent de mettre en relation des chercheurs, des universitaires, des associations, des gestionnaires, des décideurs en matière de politiques publiques de l'ensemble des pays alpins. Les groupes de travail sont l'occasion de partager et de développer des connaissances, des bonnes pratiques tout en les adaptant au contexte spécifique de chaque pays en termes de gouvernance et de transcription dans la réglementation. On peut citer, à titre d'exemple, les projets européens Interreg. Les échanges transfrontaliers sont très importants pour maintenir une certaine harmonisation et sont en accord avec les attentes des élus locaux.

**Pouvez-vous donner un exemple de travaux réalisés en coopération avec nos pays voisins ?**

Certaines études réalisées en coopération avec les experts italiens, suisses et français, ont permis d'établir les contours des zones rouges et bleues du PPR avalanche sur les couloirs les plus sensibles de la vallée de Chamonix, en confrontant les méthodes, modèles et pratiques. Par ailleurs, côté pyrénéen, la cartographie des extensions maximales des avalanches de Catalogne en Espagne a été réalisée à partir de la méthodologie développée en France par INRAE. ●

**À LIRE**

**Les risques naturels en montagne**

Florence Naaim-Bouvet et Didier Richard, Édition Quae, Oct. 2015.

**Avalanches, risques glaciaires, crues et laves torrentielles, mouvements de pente et chutes de blocs font partie du vécu de tout habitant ou pratiquant de la montagne. Cet ouvrage apporte au lecteur, simple amateur ou passionné de montagne, du grand public au décideur, une meilleure connaissance des phénomènes, des techniques de protection pour s'en prémunir, des recherches en cours et de leurs limites... Il a été rédigé par les meilleurs spécialistes du domaine afin de renforcer la prise de conscience des risques et des actions de prévention par les différents acteurs de la montagne. Schémas pédagogiques, photos prises sur le vif et témoignages en font un ouvrage de référence sur les risques naturels dans tous les massifs montagneux européens.**



« Le ministère a besoin de la recherche à la fois pour diagnostiquer les nouveaux risques et proposer des actions de prévention. »

# VACHES LAITIÈRES L'AVENIR EST-IL DANS LE PRÉ ?

---

Malgré la persistance de la représentation traditionnelle de l'élevage laitier, la vache n'est plus toujours au pré pour produire son lait. Entre rentabilité et nouvelles attentes sociétales en termes d'environnement, de bien-être animal et de qualité nutritionnelle, les systèmes laitiers sont appelés à évoluer. Avec une question centrale : le retour à l'herbe est-il possible, souhaitable ?

---



En 2021, du lait est produit sur tous les continents, majoritairement par des vaches, mais également par d'autres femelles de mammifères. Mais produire du lait peut prendre des formes extrêmement diverses y compris au sein d'un même pays. Entre pâturages des montagnes et mégafermes, à quoi ressemble l'élevage laitier bovin dans le monde ?

# L'ÉLEVAGE LAITIER AUJOURD'HUI DANS LE MONDE

L'être humain consomme des laits produits par des animaux depuis le début de la domestication des mammifères, il y a près de 10 000 ans. Riches en protéines, vitamines, minéraux et acides gras essentiels, ces laits sont des aliments complets consommés sur tous les continents et à tous les âges de la vie. « En 2019, le lait de vache, toutes races confondues, représentait 81 % du volume produit dans le monde selon la FAO. Depuis la Seconde Guerre mondiale, ce volume a connu une forte croissance, grâce aux progrès de la génétique et de l'alimentation du bétail, atteignant 850 milliards de litres en 2020 », précise Vincent Chatellier, économiste au laboratoire d'étude et de recherche en Économie sur les structures et marchés agricoles, ressources, territoires (unité mixte de recherche Smart-Lereco du centre INRAE Bretagne-Normandie). Cette production fournit aux populations humaines des produits laitiers essentiels et diversifiés : lait liquide et en poudre, yaourts, fromages, beurre, crème, desserts lactés...

## Trois grands systèmes de production

Les formes d'élevage laitier sont extrêmement diverses, y compris entre régions au sein d'un même pays. Trois grands systèmes de production



**438 000**  
fermes bovines  
productrices  
de lait en Europe



**151,3 Mds**  
de litres/an  
produits en Europe  
(850 Mrds dans le  
monde)

Sources :  
Économie laitière 2020  
- CNIEL, Réseau info  
comptable agricole en  
France et Europe (RICA)  
- 2018.

peuvent être distingués en lien avec le mode d'alimentation des animaux : pastoral, mixte, et industriel. Même si les fourrages représentent la majeure partie de la ration (60 - 80 %) de ces trois systèmes, leur origine est diverse et propre à la géographie, au climat et aux cultures de chaque pays. Les aliments concentrés, issus de céréales, de légumineuses et d'oléagineux, sont le plus souvent achetés, même s'ils peuvent être préparés à partir de cultures produites sur l'exploitation.

## Les élevages pastoraux, très localisés

Les systèmes d'élevage pastoraux représentent 9 % du volume de lait produit dans le monde selon l'Atlas de l'herbivore, paru en 2014 (données FAO 2010). Ils se caractérisent par une alimentation composée à 90 % d'herbe pâturée et fauchée. Ils sont présents dans des zones peu favorables aux cultures telles que les plateaux montagneux et les terres non cultivables (steppes, savanes, etc.). Les troupeaux sont déplacés suivant les saisons pour laisser à la végétation le temps de repousser. Aujourd'hui, le pastoralisme est encore présent dans de nombreuses régions du monde (Europe, Amériques, Australie, Afrique, Mongolie, etc.). Le degré de mobilité varie selon



© Christophe Maître / INRAE

les systèmes, allant du pastoralisme nomade africain au ranching sur d'immenses surfaces privées dans le sud des États-Unis, en passant par la transhumance dans certaines zones de l'Union européenne. En France, on le trouve principalement dans les régions de haute montagne.

#### Les élevages mixtes, la norme

Les systèmes d'élevage mixtes (81%) peuvent être considérés comme la norme mondiale, mais avec une immense diversité de formes. Ils consistent à associer des zones de prairies réservées à l'élevage et des zones de cultures (céréales, oléagineux, légumineuses) destinées à l'alimentation humaine ou du bétail. Le fumier y est recyclé comme engrais. L'introduction d'aliments concentrés permet d'augmenter la productivité laitière par animal et d'avoir une production régulière à l'échelle de l'année. « C'est le système de loin le plus répandu en Europe, avec des formes valorisant des proportions variables d'herbe sous diverses formes (pâturée, ensilée, enrubannée). Il est présent sur tout le territoire français en zone de plaine et de piémont », explique Jean-Louis Peyraud, chargé de mission à la Direction scientifique agriculture d'INRAE, en charge des recherches sur les productions animales.

↑  
Les premiers robots de traite autonomes sont apparus dans les bâtiments au début du XXI<sup>e</sup> siècle. Dans les alpages, ils existent parfois sous forme mobile.

Part des différents systèmes d'élevage dans la production de lait



Pastoraux : 9 %

Mixtes : 81 %

Industriels : 10 %

Source : Atlas de l'élevage herbivore (2014), d'après données FAO (2010).

#### Les élevages industriels, concentrés en Chine et aux États-Unis

Les systèmes dits « industriels » représentent moins de 10 % des volumes produits dans le monde, et se distinguent par une alimentation qui dépend à 90 % d'achats principalement de concentrés mais aussi de fourrage. Ils sont aussi parfois qualifiés de « hors-sols », car déconnectés de la production des terres de l'exploitation. Développés depuis les années 1960 en réponse à l'augmentation de la demande, ces systèmes sont représentés à l'échelle internationale par les feedlots laitiers des États-Unis ou de Chine, avec plusieurs dizaines de milliers de vaches, et les systèmes laitiers israéliens très intensifs en termes de production par animal (15 000 L/an) mais avec des effectifs plus faibles. « En Europe, reprend →

**Les systèmes d'élevage mixtes peuvent être considérés comme la norme mondiale.**

Jean-Louis Peyraud, *ils restent une exception, la production des fourrages étant plus rentable que sa délocalisation, en raison de frais de transport supplémentaires.*»

**Et l'Europe dans tout ça ?**

De par le monde, la production de lait se développe au travers des trois types de système qui, au regard des contraintes et opportunités géographiques, climatiques et politiques ont tous prouvé leur capacité à être rentables. « Cette diversité se retrouve au sein de l'Union européenne (UE-27), premier producteur de lait devant les États-Unis et l'Inde, avec 151,5 milliards de litres par an en 2018 », note Vincent Chatellier. La quasitotalité des 438 000 fermes européennes spécialisées dans la production laitière bovine s'appuie ainsi sur des élevages mixtes familiaux.

« La taille des troupeaux diffère selon les pays. Certains grands pays laitiers, la France, l'Irlande et les Pays-Bas ont fait le choix de troupeaux de taille moyenne, qui avoisinent les 60 à 80 vaches, précise Jean-Louis Peyraud. D'autres ont opté pour des cheptels plus importants. Au Danemark, les troupeaux sont supérieurs à 150-200 vaches en moyenne, et en Allemagne ils peuvent dépasser le millier de têtes. » Selon les pays, la productivité varie de 3 200 L/vache (Roumanie) à 9 500 L/vache (Danemark).

Et si les surfaces agricoles des pays membres se maintiennent, voire augmentent, la pratique du pâturage est en recul au profit de l'alimentation à base de fourrages conservés, produits le plus souvent sur l'exploitation. ●

**En Europe, la pratique du pâturage est en recul au profit de l'alimentation à base de fourrages conservés.**

**FOCUS**

**Une ferme laitière en France en 2021**

**RACE**

66 % Holstein	18 % Montbéliarde	8 % Normande	8 % Autres
------------------	----------------------	-----------------	---------------

**TAILLE DES TROUPEAUX**

**60 à 80 têtes en moyenne, 200 pour les plus gros**

**TEMPS DE PÂTURAGE**

**Très variable selon les régions, de 0 à plus de 290 jours**

**SURFACE MOYENNE DE L'EXPLOITATION**

**56 ha d'herbe, dont 19 ha de prairies semées**

**FOURRAGE ET**

**TYPLOGIE DE PRAIRIES**

**Permanentes en montagne et en plaine (plus de 5 ans), temporaires en plaine (1 à 5 ans)**

**ÂGE MOYEN DU 1<sup>ER</sup> VÊLAGE**

**36 MOIS**

**FONCTIONNEMENT DU PÂTURAGE**

**Rotation d'1 ou 2 jours**

**DURÉE MOYENNE DE PRODUCTION DE LAIT PAR AN (LACTATION)**

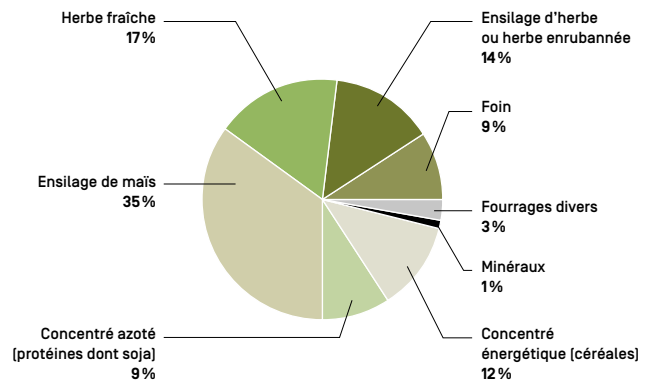
**10 mois**

**RENDEMENT MOYEN/TÊTE.AN**

**7 060 L**

Sources : CNIEL (Le pâturage des vaches laitières françaises - 2019), Résultats contrôle laitier - 2019, Économie laitière 2020, Donnée Res'alim®)

**CARACTÉRISTIQUES DE LA RATION DES VACHES LAITIÈRES**





© Bertrand Nicolas / INRAE

↑  
L'hiver, les vaches à l'étable peuvent continuer d'être nourries à l'herbe sous forme de foin, d'ensilage ou d'herbe enrubannée.

#### VOCABULAIRE

## Intensif ou extensif ? Des termes à préciser

**Que qualifie-t-on quand on parle d'« intensif » : la production de lait par animal ou par hectare de ressources exploitées ? Ceci peut faire toute la différence en termes d'évaluation des impacts environnementaux et de bien-être animal.**

« L'élevage dit « intensif » peut se traduire par un objectif de production très élevé par vache (plus de 12 000 L par an) avec des troupeaux de grande taille et nourris en bâtiment fermé sans accès au pâturage », explique Jean-Louis Peyraud, chargé de mission à la Direction scientifique agriculture d'INRAE. Toutefois,

certains systèmes basés sur le pâturage peuvent aussi être considérés comme intensifs. C'est par exemple le cas de la Nouvelle-Zélande, dont les troupeaux avoisinant les 400 à 1 000 têtes (source : *IFCN Dairy report 2020*), nécessitent des prairies fortement irriguées pour pâturer, « même si la production de lait reste modérée par vache, de l'ordre de 6 000 L/an », reprend Jean-Louis Peyraud. A contrario, les élevages dits « extensifs » sont caractérisés par un objectif d'économie d'intrants (fioul, fourrages, aliments...) et de gestion de la densité des troupeaux en fonction du potentiel de production des pâtures. La ration d'herbe peut être fauchée et distribuée sous forme de fourrage à l'intérieur, comme on peut l'observer dans certaines fermes labellisées « Agriculture biologique » au Danemark. Définir ces statuts par un rapport d'équilibre ou de déséquilibre entre capacités du milieu d'élevage (hectares de pâture, de fourrage, d'épandage, diversité des écosystèmes) et chargement animal par unité de surface, offrirait une vision plus intégrée pour comparer les systèmes. ●



# RÉPONDRE À LA DEMANDE SANS AUGMENTER LES IMPACTS

L'élevage laitier mondial doit faire face à une augmentation régulière de la demande, de l'ordre de 15 à 18 milliards de litres chaque année, tout en atténuant ses impacts sur l'environnement. Il doit également répondre aux attentes croissantes des sociétés, notamment en Occident, en matière de bien-être animal. Face à ces défis, il s'agit de concilier compétitivité et durabilité.

L'alimentation des vaches représente dans le monde environ 65% du coût de production du lait, peut-on lire dans le rapport *World mapping of animal feeding system in the dairy sector* (FAO, IDF, IFCN, 2014). Dès lors, la dépendance de certaines exploitations à l'achat d'intrants aux prix fluctuants, particulièrement les aliments concentrés, entraîne une variation du prix de revient du lait produit. Or, le prix payé aux éleveurs dépend de contrats. Fixé par les industries de collecte et de transformation, il est le résultat du jeu de l'offre et de la demande sur un marché mondial très concurrentiel, même si seulement 9% de la production mondiale du lait est commercialisée en import/export, selon le Centre national interprofessionnel de l'économie laitière (CNIEL).

## Une rentabilité soumise aux lois du marché mondial

Ainsi, dans un marché de près de 50 milliards d'euros de chiffre d'affaires annuel pour les industries laitières, les revenus et les bénéfices sont très variables pour les éleveurs laitiers. « *Le phénomène est accentué au sein de l'Union européenne: en l'absence de taxes douanières, les éleveurs de chaque pays sont en concurrence directe et c'est le plus grand*

### Consommation de produits laitiers



Monde

113 L

USA & UE

270-290 L



Chine

35-45 L



France

290-305 L



Inde

105-115 L

Moyenne totale  
(équivalent lait /  
habitant.an)

*exportateur qui fixe les prix*», explique Vincent Chatellier, économiste au laboratoire d'étude et de recherche en Économie sur les structures et marchés agricoles, ressources, territoires (centre INRAE Bretagne-Normandie). L'abandon, le 1<sup>er</sup> avril 2015, des « quotas laitiers », outils de la politique agricole commune (PAC) qui limitaient la production de chaque État-membre, marque la fin d'un prix d'achat garanti pour les producteurs. Certains d'entre eux comme l'Irlande, l'Allemagne ou encore les Pays-Bas ont profité de la fin des quotas pour produire davantage pour l'export, ce qui s'est traduit par une surproduction et une baisse des prix. « *La France, quant à elle, a fait le choix de conserver la diversité des modes et des territoires de production, mais cela a conduit à une diminution de ses parts de marché en Europe* », précise Vincent Chatellier. Malgré sa position de 2<sup>e</sup> producteur européen avec un volume stable, estimé à 25,1 milliards de litres par le CNIEL en 2020, la rentabilité des élevages laitiers français est très inégale. Le secteur conventionnel est particulièrement soumis aux variations brusques du prix du marché et vend parfois à perte, tandis que les élevages avec un cahier des charges certifié (fromage AOP, lait AB), ou ceux possédant une démarcation com-



© Aliaksandr Kazlou, Fond AbbeStock

merciale (« C'est qui le Patron », « Lait de montagne », « Lait de foin », « Lait de nos régions... ») s'en sortent souvent mieux.

### Des impacts environnementaux contrastés

L'intensification de l'élevage laitier a conduit à une dépendance forte aux intrants (fioul, fertilisants, aliments achetés) qui peuvent exacerber ses impacts sur l'environnement. La production laitière européenne représentait en 2010 l'équivalent de 176 à 241 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, soit 0,05 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES<sup>1</sup>; CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>), notamment liées à la fermentation entérique, aux engrais pétrochimiques, à la production des aliments et à la consommation énergétique des fermes... L'élevage contribue, *via* les importations de tourteaux de soja, nécessaires pour équilibrer en protéines les rations à base d'ensilage de maïs, à des changements d'usage des terres dommageables pour la biodiversité et les écosystèmes. Dans certains territoires où la densité animale est importante par unité de surface, l'élevage laitier peut contribuer, par une mauvaise gestion du pâturage et par l'épandage trop fréquent de lisier, à une sur-fertilisation des sols en azote et phosphore res-

↑  
Reconnus pour leur savoir-faire, gage de qualité, les Français remportent la palme des produits laitiers exportés grâce à leurs fromages, avec plus de 2,5 milliards d'euros de recette en 2019.

1. Émissions directes et indirectes, pourcentage calculé d'après les données de l'expertise « Rôles, impacts et services issus des élevages en Europe », 2016.

ponsable de la pollution des rivières et nappes phréatiques, et ceci en dépit des réglementations, notamment la directive européenne « nitrates » de 1991, dont le bilan reste mitigé. Mais dans les zones où il est encore pratiqué, le pâturage des ruminants garantit la conservation de prairies permanentes ou semées. Or, outre l'intérêt paysager de cette pratique qui contribue à l'attractivité des territoires, les prairies présentent de multiples bénéfices : limitation de l'érosion des sols, régulation des flux d'eaux, épuration des polluants minéraux et organiques... « Elles améliorent aussi le bilan des émissions de GES de l'élevage par une séquestration du carbone dans les sols presque aussi efficace que celle d'une forêt », précise Luc Delaby, zootechnicien dans l'unité mixte de recherche →

**Les prairies améliorent le bilan GES de l'élevage *via* la séquestration du carbone dans le sol.**



↑  
**Services et impacts d'un élevage laitier à l'herbe**  
 S'il reste émetteur de GES, le système à l'herbe réduit l'usage d'intrants pétrochimiques, polluants et coûteux en énergie. Il préserve les écosystèmes et contribue aux identités culturelles régionales (gastronomie, savoir-faire, paysages). Bien réglementée par les acteurs publics et bien gérée par les acteurs privés locaux, l'activité s'avère rémunératrice pour l'agriculture et le tourisme.

Physiologie, environnement et génétique pour l'animal et les systèmes d'élevage (PEGASE) du centre INRAE Bretagne-Normandie. Les haies, talus enherbés et bocages associés préservent la biodiversité d'un territoire en fournissant des habitats pour la faune et la flore sauvages et les micro-organismes, qui jouent un rôle dans les différents cycles écologiques, tout en contribuant aussi à la résilience des territoires face au changement climatique.

**La question du bien-être animal**

Sur le plan scientifique, la sensibilité des animaux d'élevage est démontrée<sup>1</sup> et les législations françaises et européennes reconnaissent l'animal comme être sensible (code rural, code civil, traité d'Amsterdam). Cette sensibilité des animaux dépend de leurs capacités sensorielles (vue, ouïe, odorat, goût, toucher) et émotionnelles en réponse à leur perception de l'environnement. Cette sensibilité est propre à chaque espèce et à chaque individu. Le bien-être animal est souvent traduit par le « principe des 5 libertés » : physiologique, environnementale, sanitaire, comportementale et mentale. Mais ces libertés sont énoncées en termes de résultats et non de moyens. Ainsi, les

vaches ne doivent pas souffrir d'un manque d'eau ou de nourriture prolongé. Elles doivent également disposer d'éléments protecteurs (bâtiment aéré, ombre...) face à une température trop élevée : au-dessus de 25°C, les vaches sont en stress thermique. La possibilité de se mouvoir et d'avoir l'espace adéquat pour se déplacer et se coucher, doit être prise en compte dans l'aménagement de l'environnement extérieur et intérieur. Ces éléments de bientraitance sont quantifiables et donc faciles à caractériser. Aujourd'hui, les exigences de la société en matière de bien-être se renforcent : en 2019, 94 % des Européens estimaient le bien-être animal important et déclaraient prendre ce critère en compte dans leur acte d'achat (source : Eurobaromètre). « La pratique du pâturage bénéficie d'une image positive auprès de la société. Elle est associée à une production naturelle et perçue comme favorable en termes de bien-être animal », appuie Luc Delaby. Mais cette notion est à analyser selon le point de vue de l'animal et non pas selon un référentiel anthropomorphique. Scientifiques et acteurs des filières cherchent ainsi à développer des environnements et des situations qui permettent à l'animal d'exprimer des comportements positifs conformes à son espèce :



sociabilité, choix alimentaire, éducation des jeunes... De la parcelle à l'échelle globale, l'équation est difficile à résoudre entre rentabilité, impact environnemental et bien-être des animaux.

### Raisonner en bouquet de services

Pour avancer, les scientifiques proposent de raisonner en bouquet de services, en distinguant les impacts positifs et négatifs *via* le concept « La Grange », qui représente de manière synthétique la façon dont les élevages d'un territoire interagissent avec le marché (global ou *via* les circuits courts), génèrent des emplois directs ou indirects, nécessitent des intrants provenant d'autres territoires, et fournissent des services environnementaux et culturels. « *L'élevage est alors évalué pour l'ensemble des services qu'il génère et non plus du point de vue du seul objectif de production quantitative, permettant ainsi d'adapter les stratégies agricoles aux ressources et contraintes du territoire et de la planète* », conclut Bertrand Dumont, zootechnicien au sein de l'unité mixte de recherche sur les herbivores du centre INRAE de Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes. ●

1. INRAE, 2009, « Douleurs animales : les identifier, les comprendre, les limiter chez les animaux d'élevage ». INRAE, 2017, « La conscience animale ».

### ENJEU

## Antibiotiques et antiparasitaires : comment réduire la dose ?

Assurer la bonne santé des animaux, une de leur liberté essentielle, se traduit souvent par l'utilisation d'antibiotiques et d'antiparasitaires. Mais leur sur- ou sous-dosage peut conduire à l'émergence de bactéries ou de parasites résistants et à une pollution de l'environnement. Aussi, le plan Écoantibio I (2012-2017) en France incitait les acteurs à agir de manière préventive et non curative avec, en particulier, des mesures d'hygiène et des bonnes pratiques d'élevage :

amélioration de la salubrité des bâtiments, isolement et traitement de l'animal malade plutôt que de l'ensemble du troupeau, vaccins... Il a permis une baisse de 37% de leurs usages. Mais cette préoccupation n'est pas partagée par tous les pays, notamment ceux où les antibiotiques sont utilisés comme « promoteurs de croissance », une pratique interdite au sein de l'UE depuis 2006 mais autorisée sur le continent américain et en Chine.

### ÉCONOMIE

## La production de lait de vache

#### MONDE

##### TOP 3 DES PRODUCTEURS DE LAIT DANS LE MONDE



L'Union européenne exporte sur les marchés mondiaux 12% de sa production de lait de vache, principalement vers l'Asie et un peu vers l'Afrique.

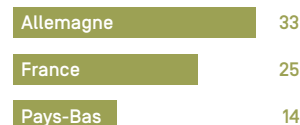
##### VOLUME DE LAIT PRODUIT (UE-27- 2018)

**151,3 Mds de litres**

soit 20% de la production mondiale

#### EUROPE

##### TOP 3 DES PRODUCTEURS DANS L'UE (en milliards de L)



##### TOP 3 DES EXPORTATEURS DE PRODUITS LAITIERS (en milliards d'€)



[source : Cniel - Économie Laitière 2020]

# L'ÉLEVAGE À L'HERBE, LES CONDITIONS DE LA RÉUSSITE

En Europe, dont la France, certains systèmes pastoraux et mixtes développent une production « 100 % à l'herbe » dans un objectif de rentabilité et/ou d'amélioration des pratiques en faveur de l'environnement. Mais face aux aléas climatiques, l'élevage à l'herbe est-il un bon pari ?



Les scientifiques le confirment, l'herbe pâturée représente une ration complète équilibrée en énergie et en protéines pour la vache, et à moindre coût pour l'éleveur. De plus, *« l'herbe fraîche comble 90 % des besoins en eau des vaches. Ainsi, une vache s'abreuve seulement 10 L/jour lorsqu'elle pâture et 60 L/jour lorsqu'elle consomme de l'ensilage de maïs »*, précise Jean-Louis Peyraud, chargé de mission à la Direction scientifique agriculture d'INRAE.

Sous ses formes conservées (foin, ensilage d'herbe, enrubannée), l'herbe perd en qualité nutritionnelle et nécessite d'être complétée avec des aliments concentrés, surtout des céréales pour maintenir la production laitière des vaches. Elle perd alors de son intérêt économique, d'autant que la récolte et la conservation sont plus délicates à réussir que pour l'ensilage de maïs. Les systèmes herbagers doivent donc viser la maximisation du pâturage. Par ailleurs, le recours accru aux légumineuses permet de réduire les coûts de fertilisation minérale des sols et, autre intérêt, la prairie ne nécessite pas l'utilisation de produits phytosanitaires. Les systèmes herbagers permettent aussi des économies sur le poste des semences, car les prairies sont semées pour plusieurs années, voire non semées dans le cas des prairies permanentes.

#### **Un potentiel réel de rentabilité économique**

En France, les éleveurs qui intègrent des systèmes herbagers peuvent bénéficier d'un prix du lait plus rémunérateur que les éleveurs conventionnels s'ils intègrent des filières de qualité, qui souvent font appel à l'herbe dans leur cahier des charges. Par exemple, en 2019, mille litres de lait se vendaient en moyenne 434 € en filière AB, contre 372 € en filière conventionnelle.

Il est à noter que diverses initiatives européennes, encore marginales, cherchent à démarquer commercialement le « lait d'herbe » via l'origine et la condition de production (label « lait de foin », « de pâturage »...), remettant le consommateur au centre des décisions et permettant, dans le même temps, d'assurer aux éleveurs une rémunération plus en adéquation avec les coûts réels de production.

#### **Des prairies variées qui fournissent une diversité de services environnementaux**

L'élevage à l'herbe s'appuie sur une diversité floristique plus ou moins importante des prairies. *« Au sein d'une exploitation, trois types de prairie peuvent être utilisés pour le pâturage et/ou pour la fauche des fourrages à conserver (foin, herbe enrubannée, herbe ensilée) »*, explique Luc Delaby, zootechnicien dans l'unité PEGASE. Les prairies de légumineuses sont semées pour une courte durée (1 à 3 ans) avec une ou plusieurs espèces, souvent 90 % de luzerne associée ou non avec du sainfoin, du trèfle... Les prairies temporaires sont semées pour plus longtemps, de 5 à 10 ans, avec une plus grande diversité d'espèces de graminées (ray-grass anglais et italien, fétuque élevée, dactyle...), de légumineuses et de dicotylédones. Les prairies permanentes ne sont pas semées et les éleveurs y exploitent la flore endogène propre aux sols et au climat de chaque territoire. *« Ces prairies permanentes sont souvent caractérisées par une grande diversité d'espèces au sein des parcelles (de 15 à plus de 100) et ont de ce fait une contribution très positive pour l'environnement »*, reprend Luc Delaby.

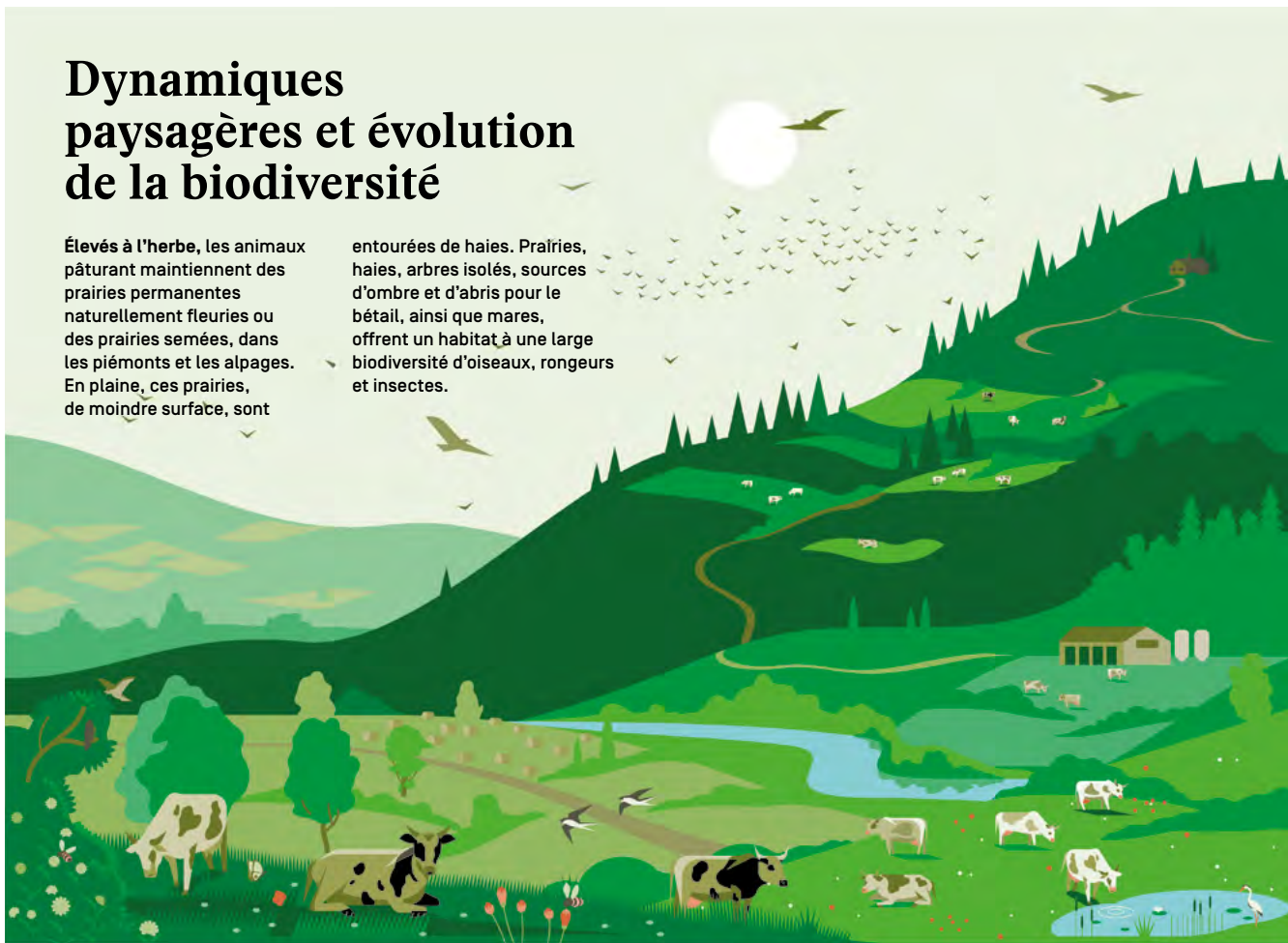
Le bénéfice environnemental de prairies semées (biodiversité, stockage de carbone, épuration de l'eau) est, généralement, d'autant plus important qu'elles restent plus longtemps en place. Pour valoriser ce travail de gestion agroécologique, le concours agricole des « prairies fleuries » récompense, depuis 10 ans, les systèmes d'élevage français qui présentent le meilleur rapport entre diversité des espèces florales des prairies, autonomie fourragère et qualité des produits. En couvrant le sol toute l'année, la prairie contribue aussi à limiter l'érosion des sols. →

**Le bénéfice environnemental de prairies semées est, généralement, d'autant plus important qu'elles restent plus longtemps en place.**

# Dynamiques paysagères et évolution de la biodiversité

Élevés à l'herbe, les animaux pâturant maintiennent des prairies permanentes naturellement fleuries ou des prairies semées, dans les piémonts et les alpages. En plaine, ces prairies, de moindre surface, sont

entourées de haies. Prairies, haies, arbres isolés, sources d'ombre et d'abris pour le bétail, ainsi que mares, offrent un habitat à une large biodiversité d'oiseaux, rongeurs et insectes.



En l'absence d'animaux pâturant, la forêt ou les friches gagnent du terrain en altitude par régénération spontanée ou par plantation de monocultures dédiées à l'exploitation forestière. L'abondante biodiversité animale et floristique, spécifique aux prairies, disparaît au profit de celle associée à la forêt qui peut être sensiblement moins importante.

En campagne, les terres arables sont utilisées pour des monocultures alimentaires ou dédiées à la production de bioénergies. Les haies, arbres et mares s'amenuisent pour faciliter la récolte mécanisée. La faune qu'ils abritent se réduit.



### Des produits laitiers de qualité

Les fourrages consommés par les vaches laitières impactent les caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques des produits laitiers. Ainsi, comme l'explique Bruno Martin, zootechnicien au sein de l'UMRH, « *quel que soit le type de prairie, plus l'herbe pâturée est présente dans la ration, plus le lait est riche en vitamines A et E, en  $\beta$ -carotène et en oméga-3, et pauvre en acides gras saturés par comparaison avec le lait obtenu en utilisant une ration d'ensilage de maïs* ». Dans une moindre proportion, on observe des effets similaires avec l'herbe utilisée sous forme de foin ou d'ensilage. « *Ces différences de composition du lait se retrouvent également dans les produits finaux (beurre, crème, fromage) et influencent leur flaveur, couleur et texture* », reprend Bruno Martin. Toutefois, les effets des régimes à base d'herbe sont modulés par le stade de développement de l'herbe pâturée, la qualité de conservation des fourrages hivernaux (foin ensilage) et la diversité botanique des prairies.

### Un atout pour le bien-être animal

Le pâturage présente aussi des atouts sur le plan du bien-être animal. Il permet aux animaux d'exprimer spontanément leurs comportements naturels et leurs préférences alimentaires. Par ailleurs, certaines plantes pâturées riches en caroténoïdes et en tanins s'avèrent avoir quelques effets bénéfiques sur la santé des animaux : baisse de troubles tel que des mammites ou des métrites. Mais pour tirer au mieux parti de ces avantages de la prairie, il faut des chemins bien aménagés pour faciliter la marche des animaux, et des haies pour assurer l'ombrage.

### Des facteurs limitants qui imposent une gestion fine et adaptée

« *Mettre en œuvre un système laitier qui valorise les prairies permanentes ou celles semées avec des légumineuses pour assurer l'alimentation des animaux exige un suivi précis et anticipé de la croissance de l'herbe et des espèces florales. Il faut également adapter le nombre d'animaux (dit "chargement") à la surface des parcelles, pour que tous les services attendus puissent être fournis* », alerte Luc Delaby. Il est ainsi nécessaire d'apprendre à gérer le volume d'herbe produit qui est très variable selon les conditions météorologiques

(température, pluviométrie). Même si cette difficulté pourrait s'aggraver avec le changement climatique, qui rendra les épisodes de sécheresses extrêmes ou de précipitations de plus en plus fréquents et intenses, elle peut être compensée par le choix de certaines espèces au semis, par exemple des espèces à enracinement plus profond, plus résilientes. « *Du reste, rassure Luc Delaby, contrairement à une culture fourragère annuelle qui ne peut être semée et récoltée qu'une fois par an, l'herbe couvre le sol toute l'année, et produit plus ou moins abondamment selon la météo. L'impact d'une période estivale trop sèche nécessitant d'utiliser les fourrages en réserve (foin, ensilage, mi-fanée) peut être compensé par une production d'herbe tardive à l'automne, voire durant l'hiver, et précoce au printemps suivant. En revanche, le faible rendement d'une culture fourragère lors d'une année de sécheresse obligera l'éleveur à acheter ailleurs l'alimentation de son bétail.* »

Ce retour à l'herbe oriente aussi l'élevage vers un choix de races dites « rustiques » bien adaptées au milieu, plus légères et pouvant se passer de concentrés. Les races très productives comme la Holstein peuvent également valoriser de l'herbe en systèmes peu intensifs, mais avec des performances de reproduction parfois dégradées. En effet, les choix génétiques qui ont été réalisés (taille, production de lait) compliquent pour ces races la combinaison de production de lait et de gestation sans apport de concentrés au moment de la reproduction. À l'exception de certains pays comme l'Irlande et la Nouvelle-Zélande où le pâturage est le système dominant, voire exclusif, les systèmes de polyculture-élevage moins pâturant avec des cultures annuelles (notamment ensilage de maïs) complétées d'apport de concentrés sont devenus la norme dans les plaines en campagne et au pied des massifs montagneux (piémonts) d'Europe. →

**Mettre en œuvre un système laitier qui valorise les prairies exige un suivi précis et anticipé.**



↳ Étudier la croissance de l'herbe pour adapter le pâturage est impératif.



© Luc Delaby / INRAE

Les surfaces des exploitations y augmentent, mais avec des parcelles souvent de plus en plus éloignées de la salle de traite. Cette évolution, souvent corrélée à l'augmentation de la taille des troupeaux, rend difficile la gestion du pâturage.

#### Des contraintes pratiques

De plus, le changement d'usage des terres agricoles au profit du développement urbain ou des voies de communication (routes, voies ferrées) entraîne une perte de terres et la fragmentation des espaces ruraux. L'éloignement des zones de pâture devient incompatible avec la nécessité de traire les vaches une à deux fois par jour, réduisant *de facto* la part d'herbe pâturée dans leur alimentation. L'automatisation de la gestion de la traite par la mise en œuvre d'un robot peut contribuer également à la diminution du pâturage.

En outre, la tendance à utiliser des terres agricoles pour la production de biens non-alimentaires (cultures à vocation énergétique ou pour la chimie verte, par exemple) s'avère parfois un frein au maintien de l'élevage. En effet, ces productions pourraient s'avérer plus rentables dans certains territoires et entraîner une hausse du prix des fourrages menaçant la rentabilité des

élevages. Toutes ces dimensions doivent être intégrées dans l'élaboration et la mise en œuvre des politiques publiques.

#### Un système positif pour l'environnement qui exige l'engagement de tous

Malgré divers points de vigilance, bien gérer le pâturage présente des avantages certains pour les éleveurs laitiers et pour l'environnement. En ce sens, l'UE par les ambitions de son Pacte Vert – être le 1<sup>er</sup> continent climatiquement neutre d'ici à 2050 – et les nouvelles orientations de la Politique agricole commune pour 2021-2027 favorise le retour du pâturage en conditionnant les aides directes aux pratiques agroécologiques des éleveurs (diversité des couverts végétaux, diminution du labour et des traitements phytosanitaires). Ceux-ci bénéficieraient d'une rémunération supplémentaire liée aux services rendus en termes d'environnement et de bien-être animal par la prairie et les infrastructures agroécologiques liées. Aux côtés des éleveurs et des pouvoirs publics, le consommateur est également déterminant dans cette économie, en favorisant ou non les systèmes de production herbagers par ses achats. ●

# EXPÉRIMENTATIONS AU PRÉ !

Face à des enjeux variables d'une région à une autre, INRAE expérimente depuis longtemps, sur tout le territoire national, des modèles innovants d'élevages de bovins laitiers herbagers afin d'identifier les leviers et les freins à l'adaptation des pratiques, des systèmes d'élevage et des filières. Arrêt sur image sur sept expérimentations.

## MEMIPAT

Auvergne

### « Optimiser ses prairies par la mixité de pâturage »

Piloté par Frédéric Joly, agroécologue dans l'unité mixte de recherche sur les herbivores (UMRH), centre INRAE Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes.

Historiquement, le pâturage par plusieurs espèces en Europe était majoritairement de type successif: d'abord les vaches, puis les brebis. Pourtant, au sein des grandes étendues herbeuses comme la savane, des espèces sauvages aux tailles et comportements alimentaires différents cohabitent. Transposant ces observations au contexte agricole, le projet MeMiPat s'est intéressé à la mixité de pâturage entre des agnelles et des génisses Holstein. Ces dernières, au comportement tranquille, se prêtent bien au pâturage mixte. L'objectif était



2019 - 2020



Troupeau

10

Vaches

86

Brebis



Pâturage - 13 ha

165 j/an

système continu



Ration

100 %

herbe pâturée

de décrire le comportement alimentaire de chaque espèce et l'impact de la mixité sur les prairies concernées. Les vaches, moins sélectives, broutent les herbes hautes, donnant accès aux agnelles à des herbes rases plus nutritives. Ce système permet de mieux valoriser les pâtures et d'améliorer l'état sanitaire des agnelles. Habituellement confrontées aux strongles, des parasites communs aux ruminants élevés en extérieur, elles sont moins infectées que le groupe témoin et grandissent deux fois plus vite.



© Frédéric Joly / INRAE



2020 - 2025



Troupeau

14

Holstein

14

Montbéliarde



Pâturage - 27 ha

200 j/an

Système tournant  
[1 j]



Ration

100 % herbe,  
pâturée et fauchée



Rendement/tête

5000 L

sur 12 mois



En analysant la diversité florale des prairies des montagnes, les chercheurs peuvent étudier son impact sur la qualité du lait produit.

## COCCINELLE

Prairies d'Auvergne

### « Co-construire un élevage de montagne durable, respectueux du bien-être et pour des produits de qualité »

Coordonné par 6 scientifiques, dont Matthieu Bouchon et Dominique Pomiès, zootechniciens au sein respectivement de l'unité expérimentale Système d'élevage de ruminants de moyenne montagne [Herbipôle] et de l'unité mixte de recherche sur les herbivores [UMRH], centre INRAE Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes.

Développé en concertation avec la filière et des acteurs de l'environnement, ce projet étudie un système laitier écologique de montagne, incluant les attentes citoyennes en termes de qualité des produits, de bien-être animal et de

gestion durable de l'environnement. Il fait suite à 20 années d'expérimentations qui ont démontré l'impact positif du pâturage dans des prairies d'altitude au profil floristique diversifié (30 à 80 espèces) sur la qualité du lait et des fromages, riches en acides gras oméga-3 et pauvres en acides gras saturés. Il s'agit de développer un élevage 100 % herbager, économe en intrants. Le cycle de vie des animaux (reproduction, vêlage, croissance, lactation) s'organise autour de la pousse de l'herbe, pour que la ressource pâturée puisse, seule, couvrir leurs besoins alimentaires estivaux. Les veaux, qui naissent au printemps, sont élevés sous la mère jusqu'au sevrage et bénéficient aussi du pâturage dès leur plus jeune âge. Les prairies permanentes, fauchées plus ou moins tardivement, concilient maximisation de la biodiversité et production de différents types de foin, adaptés aux besoins des animaux lorsqu'ils rentrent à l'étable en hiver. Dans une démarche de recherche participative, l'équipe scientifique sollicite un collectif d'éleveurs locaux pour les futurs choix techniques de l'expérimentation, tels que les croisements de races, l'allongement de la durée des lactations, l'essai de cultures pour l'alimentation hivernale du bétail adaptées au contexte montagnard, etc.



© Christophe Maître / INRAE



© Luc Delaby / INRAE

## TRIPL'XL

Plaines de Normandie

### « Conduire de grands troupeaux au pâturage pour produire du lait à bas coût »

Piloté par Luc Delaby, zootechnicien dans l'unité Physiologie, environnement et génétique pour l'animal et les systèmes d'élevage (UMR PEGASE – centre INRAE Bretagne-Normandie).

Tripl'XL s'inscrit dans la continuité de 30 ans d'expérimentations en production laitière au domaine du Pin-au-Haras (61) qui ont permis d'analyser l'intérêt de l'herbe pâturée, l'influence de ses modes de valorisation et l'adéquation des races laitières aux systèmes

herbagers. Il explore les conditions d'un retour à l'herbe de grands troupeaux en plaine en s'inspirant de travaux menés en collaboration avec l'Irlande, pays de référence en matière de production laitière à bas coût. Ainsi, 150 vaches laitières pâturent dans des prairies de 10 hectares selon un plan ajusté au mieux grâce au logiciel d'aide à la gestion du pâturage Patur'Plan, développé par INRAE et la société ElvUp. En hiver ou en cas de pénuries estivales, les vaches sont nourries avec de l'herbe ensilée et du foin produits sur l'exploitation. La période de reproduction est brève (3 mois) afin de synchroniser la période des vêlages avec la pousse d'herbe au printemps. Afin d'évaluer l'intérêt des concentrés sur la quantité de lait produite et sur son effet positif sur la reproduction, un apport modéré est réalisé à certains moments de la lactation. Durant ce projet, les impacts du pâturage sur la santé et le bien-être des animaux sont étudiés selon une démarche de sciences participatives menée avec des acteurs de la filière et des citoyens dans le cadre du laboratoire d'innovation territorial « Ouest territoires d'élevage » (LIT OUESTEREL).

←  
Le pâturage des grands troupeaux est possible à condition de disposer d'un parcellaire accessible et bien aménagé.



2020 – 2025



Troupeau

50

Holstein

50

Normande

50

Jersiaise



Pâturage - 82 ha

220 j/an

Système tournant (8-12 j)



Ration

100 % herbe pâturée, ensilée, mi-fanée

+

350 kg de concentrés en moyenne/vache/an



Rendement/tête

4 000 à 8 000 L

sur 10 mois

## DYNAMIX

Ariège

### « Polyculture-élevage, une réflexion collaborative à l'échelle d'un territoire »

Jeu sérieux créé par Julie Ryschawy, agronome dans l'unité Agroécologie, innovation et territoires (UMR AGIR, centre INRAE Occitanie-Toulouse).

En Ariège, les exploitations sont généralement réparties spatialement avec l'élevage en zone de piémont et montagne, et les grandes cultures céréalières en plaine. Cette organisation sépare ainsi des exploitations spécialisées qui pourraient redevenir complémentaires en mettant en place des circuits économiques adaptés. Dynamix teste une approche participative pour recréer du lien entre éleveurs et céréaliers. Sous la forme d'un jeu de plateau, les participants doivent concevoir des scénarios d'achat-vente de grains, fourrages et fumiers à l'aide de pions « offre », « demande » et « logistique ». La méthode propose une réflexion collective à l'échelle des parcelles,

des exploitations et jusqu'à l'organisation du territoire. En combinant différents logiciels d'évaluation alimentés par des données réelles, le modèle associé au jeu permet d'évaluer les heures de travail et les coûts évités, selon le scénario retenu. Cette approche multicritère permet de tester des prises de décision crédibles : que va-t-on gagner par scénario ? Quels critères s'améliorent ou se détériorent ? Expérimentée de 2017 à 2020 avec la chambre d'agriculture de l'Ariège, cette approche peut s'adapter à d'autres territoires y compris au-delà de l'Hexagone : l'Écosse, le Danemark, la Californie et le Brésil envisagent de l'adopter.

## MULTISWARD

Europe

### « Des prairies multi-espèces pour l'élevage durable en Europe »

Coordonné par Jean-Louis Peyraud, chargé de mission à la Direction scientifique agriculture d'INRAE et agronome dans l'unité Physiologie, environnement et génétique pour l'animal et les systèmes d'élevage (UMR PEGASE – centre INRAE Bretagne-Normandie).

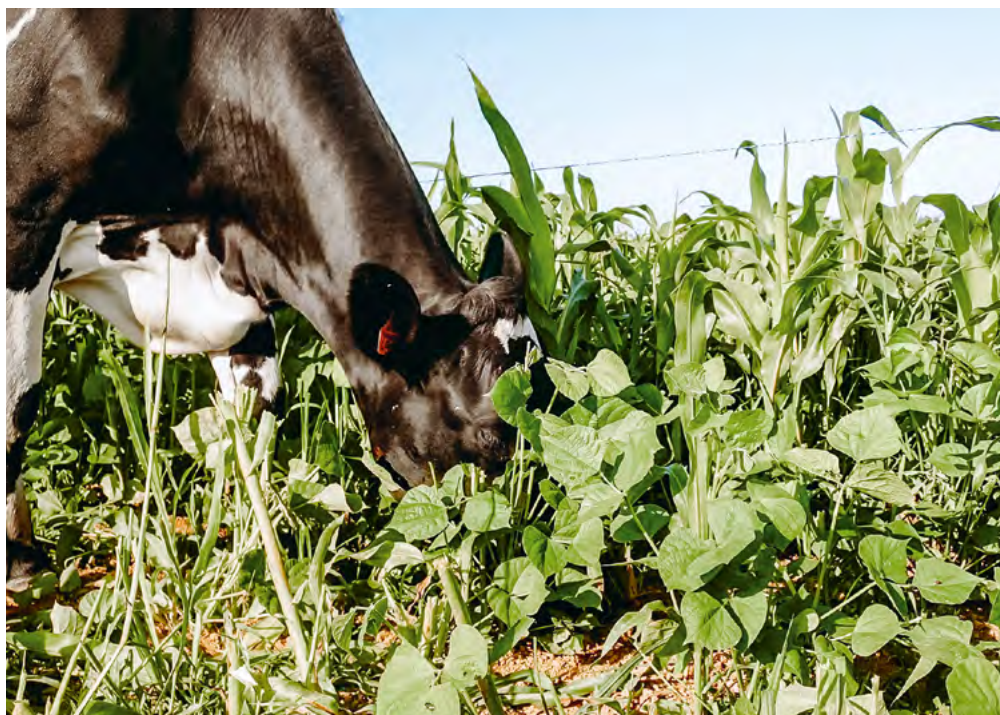
Entre 2010 et 2014, le projet MultiSward a évalué l'utilisation et la gestion de prairies multi-spécifiques à base d'associations de graminées et

de légumineuses dans différents systèmes agricoles européens. Quinze partenaires ont mesuré les performances de couverts végétaux et la production de lait (et de viande) selon des modes de pâturage diversifiés dans dix pays européens aux conditions pédoclimatiques et socio-économiques variées, de la France à la Pologne, de l'Italie à la Norvège. Les résultats démontrent l'intérêt de ces prairies pour

accroître simultanément la productivité des surfaces tout en produisant des bénéfices environnementaux. Ils ont permis de quantifier leurs avantages économiques, agronomiques et nutritionnels, autant d'arguments pour des élevages herbivores durables. Ces résultats ont fait l'objet d'un ouvrage gratuit, afin de favoriser la prise en compte des modèles de production basés sur l'herbe en Europe.



© Christophe Maître / INRAE



© Sandra Novak / INRAE

## OASYS

Plaines poitevines

### « Diversifier ses couverts pour pâturer toute l'année malgré les pénuries estivales »

Piloté par Sandra Novak, agronome dans l'unité expérimentale Fourrages, ruminants et environnement (UE Ferlus - centre INRAE Nouvelle-Aquitaine-Poitiers).

Le projet OasYs développe un système de polyculture-élevage basé sur le pâturage de couverts diversifiés tout au long de l'année, dans l'objectif de produire du lait selon des pratiques économes en eau et en énergie. Sous

un climat océanique à sécheresses estivales marquées qui préfigure celui en 2050 du Grand-Ouest, région responsable de 50 % de la production laitière française, le projet propose de mettre en phase les besoins des animaux avec la production des prairies grâce à une stratégie d'élevage adaptée en termes de reproduction, de croisement de races et d'allongement des lactations.

En période de sécheresse ou en hiver, une partie du troupeau est tarie pour diminuer la pression du cheptel sur les fourrages. Le pâturage de couverts adaptés (millet-trèfles, sorgho, méteil, chicorée et betteraves) vient en complément des fourrages conservés. L'utilisation d'arbres fourragers, source d'ombre et d'aliments, est également testée sur un dispositif agroforestier unique en Europe. Composé de 200 arbres taillés en têtards, 1600 vignes fourragères et 600 arbustes, ce véritable arboretum a permis d'évaluer la valeur nutritive des feuilles de 50 espèces d'arbres pour répondre à la demande des éleveurs.

←  
Vache pâturant sur une parcelle de sorgho (céréale d'Afrique) et de lablab (légumineuse tropicale) pendant une période de sécheresse où la croissance d'herbe est insuffisante pour couvrir tous les besoins de l'animal.



2013 - 2033



Troupeau

72

Holstein croisées Jersiaise et Rouge scandinave



Pâturage 48 ha  
270 j/an  
Système tournant (3-4j)



Ration

50 % couverts pâturés et 50 % fourrages conservés



Rendement/tête

6500 L sur 12 mois



depuis 2016



Troupeau

36

Holstein

36

Montbéliarde

18

Croisées races  
laitières



Pâturage - 170 ha

250 j/an

Système tournant



Ration

100% herbe,  
pâturée et fauchée



Rendement/tête

3900 L

sur 12 à 16 mois



L'utilisation d'une  
salle de traite  
déplaçable permet  
de valoriser les  
prairies trop  
éloignées des  
bâtiments.

# ASTER

Plateau lorrain

## « Du système bovin laitier biologique à la polyculture- polyélevage »

**Piloté par un collectif d'ingénieurs et de techniciens, dont Amandine Durpoix et Laurent Brunet, ingénieurs d'études au sein de l'unité de recherche Agrosystèmes, territoires et ressources (UR Aster – centre INRAE Grand Est-Nancy).**

L'unité Aster expérimente des systèmes de polyculture-élevage autonomes et durables par une méthode de conception « pas à pas », qui s'adapte aux contraintes rencontrées. Entre 2006 et 2015, l'équipe a comparé deux systèmes laitiers en agriculture biologique (AB), l'un tout herbe, l'autre en polyculture-élevage, démontrant la rentabilité économique des

systèmes avec moins d'intrants (0 engrais, 0 concentré, diminution du fioul) et leurs bénéfices pour l'environnement : augmentation de la biodiversité, diminution de l'émission de GES (CH<sub>4</sub> et NO<sub>2</sub>) par litre de lait et de la pollution azotée des sols. L'équipe a renouvelé en 2016 son projet scientifique et agricole en diversifiant, toujours en AB, ses productions par un modèle de polyculture-polyélevage. Les cultures annuelles (70 ha) ont été converties pour l'alimentation humaine (blé meunier, lentilles, tournesols, légumes de plein champ...). Une troupe de 130 brebis et une bande de 30 porcs à l'engraissement, tous élevés en plein air, complètent le troupeau de 90 vaches laitières. Les ruminants, nourris exclusivement à l'herbe, valorisent (parfois en pâturage mixte) les prairies permanentes et temporaires, même éloignées des bâtiments. Originalité du système : les vaches laitières sont traitées une fois par jour, en bâtiment ou dans la parcelle, et les génisses de renouvellement sont élevées par une dizaine de nourrices, ce qui contribue à diminuer leurs problèmes sanitaires et à améliorer leur croissance, leur permettant de vêler dès 24 mois.



© Amandine Durpoix/INRAE

## POUR ALLER PLUS LOIN



### Publications

#### Impacts et services issus des élevages européens

Ouvrage collectif, rédaction coordonnée par C. Donnars (INRAE), B. Dumont (INRAE) et P. Dupraz (INRAE – Agrocampus Ouest). À la demande des ministères en charge de l'Écologie et de l'Agriculture, et de l'ADEME, INRAE a conduit une expertise scientifique collective sur les systèmes d'élevage européens et leurs produits. Leurs rôles, leurs impacts économiques, sociaux et environnementaux, ainsi que les services marchands ou non marchands qu'ils rendent à la société, ont été analysés sur la base d'un important travail de synthèse bibliographique internationale. Les résultats suggèrent des leviers d'action différenciés selon les systèmes d'élevage.

Éditions QUAE, sept. 2019, version papier 29,50 €, ebook gratuit.  
[www.quae.fr](http://www.quae.fr)

#### Revue INRAE

**Productions animales**  
« De grands défis et des solutions pour l'élevage »  
<https://productions-animales.org/issue/archive?special>

#### L'élevage pour l'agroécologie et une alimentation durable

Ouvrage collectif, rédaction coordonnée par M.-P. Elies-Oury (Bordeaux Sciences Agro – INRAE), J.-F. Hocquette (INRAE) et S. Chriki (SARA) Éditions France Agricole, nov. 2020, 39 €. Fruit du travail collégial de 23 scientifiques attachés à des établissements de référence de l'Hexagone, dont INRAE, cet ouvrage donne les clés pour mieux appréhender les enjeux de l'élevage dans nos sociétés post-modernes. À l'heure où le grand public réclame un référendum d'initiative partagée sur les animaux, il dresse, grâce à une argumentation scientifique unique, l'étendue des questionnements actuels, complexes et légitimes, concernant l'élevage des animaux.



#### Expertise

#### GIS « Élevage de demain »

Le Groupement d'intérêt scientifique « Élevages Demain » est dédié aux systèmes de production animale à hautes performances économiques, environnementales et sociétales (ruminants, porcs et volailles).  
<https://gis-elevages-demain.org/>



#### Conférence radiophonique

## De la durabilité de l'élevage

2016

Rencontre avec Jean-Louis Peyraud, chargé de mission à la Direction scientifique Agriculture d'INRAE et chercheur au sein de l'UMR Pegase (INRAE, Agrocampus Ouest) à l'occasion du Salon international des productions animales. Durant cet épisode d'Expert'ease (21 min) proposé par l'université de

Bretagne, J.-L. Peyraud évoque le rôle de la recherche dans l'évolution des pratiques d'élevage, les solutions qui existent et les perspectives de développement qui favoriseront la compétitivité – et serviront les intérêts de chacun.

À écouter en replay sur [franceculture.fr](http://franceculture.fr) - 2016



#### En ligne

## « L'agriculture à la croisée des chemins »

Par C. Huyghe (INRAE)

Boom du bio, expérimentations sur les toits des villes... mais aussi scandales sanitaires, précarité de nombreux agriculteurs, dégradation de l'environnement : sur fond d'aspirations et d'injonctions souvent contradictoires, l'agriculture française semble arrivée à la croisée

des chemins. Dans cet article, Christian Huyghe, directeur scientifique Agriculture d'INRAE, retrace les évolutions agricoles qui ont bouleversé la France et identifie quelques leviers pour sa transition.

[theconversation.com](http://theconversation.com)

#### WWW...

Pour aller plus loin  
→ [www.inrae.fr](http://www.inrae.fr)



## REPLAY

Une sélection d'informations  
qui ont fait l'actualité INRAE  
des mois passés.

14 . 04 . 21

RECHERCHE



Quelle alternative aux produits phytosanitaires ? Plus de prairies pour moins de ravageurs de cultures, c'est ce que montre l'étude du CNRS et d'INRAE publiée en avril dans la revue *Frontiers in Ecology*. Ainsi, une augmentation de 50 % des prairies dans un rayon de 500 mètres des cultures peut accroître la prédation des ravageurs de 38 %.

25 . 06 . 21

RECHERCHE

## Le génome des abricots découvert

Bien que similaires, les abricotiers cultivés aujourd'hui en Europe et en Chine sont issus de populations sauvages distinctes d'Asie centrale et ont connu des chemins de domestication indépendants ! C'est ce que révèlent des chercheurs d'INRAE, de l'université de Bordeaux et du CNRS, grâce à l'analyse du génome entier de plus de 900 abricotiers cultivés et sauvages. Une avancée dans l'identification des sections de gènes importantes pour la sélection des arbres fruitiers : cycle de vie, qualité du fruit, résistance aux maladies...

07 . 06 . 21

RECHERCHE



## Stockage de carbone, des tourbières au rôle historique

Une équipe internationale de recherche, pilotée par INRAE et le CEA, a construit un modèle permettant de simuler le fonctionnement des tourbières, écosystèmes terrestres qui stockent le plus de carbone dans le monde. L'estimation des émissions de carbone mondiales historiques dues à la conversion de tourbières naturelles en terres cultivables a ainsi pu être réalisée. Verdict : entre 850 et 2010 leur conversion a provoqué l'émission de 72 milliards de tonnes de carbone dans l'hémisphère nord, dont seule la moitié a été compensée par l'activité des tourbières préservées.

AVRIL ET SEPTEMBRE

SOCIÉTÉ

# TOUS MOBILISÉS CONTRE LES TIQUES

Dans le cadre du plan national de lutte contre la maladie de Lyme et les maladies transmissibles par les tiques, lancé en 2016, le projet Citique vise à collecter des données sur la répartition géographique des piqûres de tiques et leurs agents pathogènes en France, selon les milieux, la météorologie et les saisons. Ce projet participatif, coordonné par INRAE, associe chercheurs et citoyens, mais également acteurs publics, professionnels de l'éducation et associations pour la collecte et l'analyse des données *via*, en particulier, une application smartphone

et web gratuite « Signalement Tique ». En parallèle de ces travaux, INRAE est partenaire de l'ONF et, depuis septembre, du Centre national de la propriété forestière (CNPFP), pour compléter le dispositif des données de suivis des piqûres de leurs agents, particulièrement exposés. Les données collectées ont déjà permis la réalisation d'une cartographie dynamique des piqûres et des agents pathogènes présents en France. Elles permettront d'élaborer des modèles de risques et d'affiner les politiques de prévention des organismes concernés et nationales.

07 . 05 . 21

SOCIÉTÉ



© Pixabay, Meatte

## Le premier atlas mondial des migrations des ongulés

Essentiels à l'écosystème naturel, les ongulés dépendent de leurs migrations pour se nourrir, se reproduire, se reposer. Fortement perturbés par les activités humaines et le changement climatique, ces tracés migratoires nécessitent une connaissance et un suivi précis afin d'en assurer la protection et la conservation. Ce sera bientôt chose faite grâce à la première cartographie de ces populations, lancée par l'Initiative mondiale sur la migration des ongulés (GIUM), à laquelle INRAE participe.

20.05.21

STRATÉGIE

## PLANTALLIANCE UN CONSORTIUM POUR ACCÉLÉRER L'INNOVATION AGROÉCOLOGIQUE

Vingt-huit acteurs de recherche publics et privés impliqués dans les sciences du végétal, l'amélioration des plantes et les technologies afférentes, créent [PlantAlliance](#). Ce consortium a pour ambition d'accélérer les innovations en génétique, génomique et création

variétale, au cœur du développement de systèmes de culture agroécologiques innovants, moins dépendants des intrants chimiques. Initié et présidé par INRAE pour un premier cycle de 4 ans, il est opérationnel depuis le début de l'année 2021.



21.05.21

INNOVATION



## DES VARIÉTÉS DE VIGNES PLUS RÉSISTANTES

En France, la vigne occupe 3% de la surface agricole et consomme près de 20% des pesticides. Face à ce constat, les chercheurs INRAE, en partenariat avec l'Institut français de la vigne et du vin (IFV) et l'interprofession, ont créé des cépages résistants à partir de croisements naturels. Quatre nouvelles variétés commercialisées en 2018 montrent une qualité œnologique équivalente à celle des cépages traditionnels. Dotées de résistances naturelles au mildiou et à l'oïdium, elles permettent de réduire de 96% l'usage des fongicides en pleins champs.

JUILLET

EXPERTISE

## Anticiper les pénuries d'eau

Face à l'augmentation des températures et à la baisse des précipitations estivales, certains territoires français risquent de souffrir d'un manque d'eau à l'horizon 2100. Afin d'anticiper les pénuries et éviter les conflits d'usage, INRAE et l'Office international de l'eau (OIEau) poursuivent l'étude prospective sur la ressource en eau en France, Explore 2070, avec un nouveau projet. Explore 2, financé par le ministère de la Transition écologique et l'Office français de la biodiversité, a pour objectif, d'ici 2024, d'actualiser les connaissances sur l'impact du changement climatique sur l'hydrologie à partir des dernières publications du GIEC et d'accompagner les acteurs des territoires dans la compréhension et l'utilisation de ces résultats pour adapter leurs stratégies de gestion de la ressource.

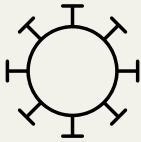
10.05.21 INTERNATIONAL

© INRAE - Christophe Maître



**Une recherche franco-canadienne unie pour une production laitière durable**  
 INRAE fonde avec sept universités et organismes de recherche français et canadiens le réseau Galactinnov. Ce réseau structure et renforce les collaborations pour une production laitière de qualité dans le respect de l'environnement, du bien-être et de la santé des animaux. Il vise à accroître la portée des recherches au niveau international via notamment une approche multidisciplinaire.

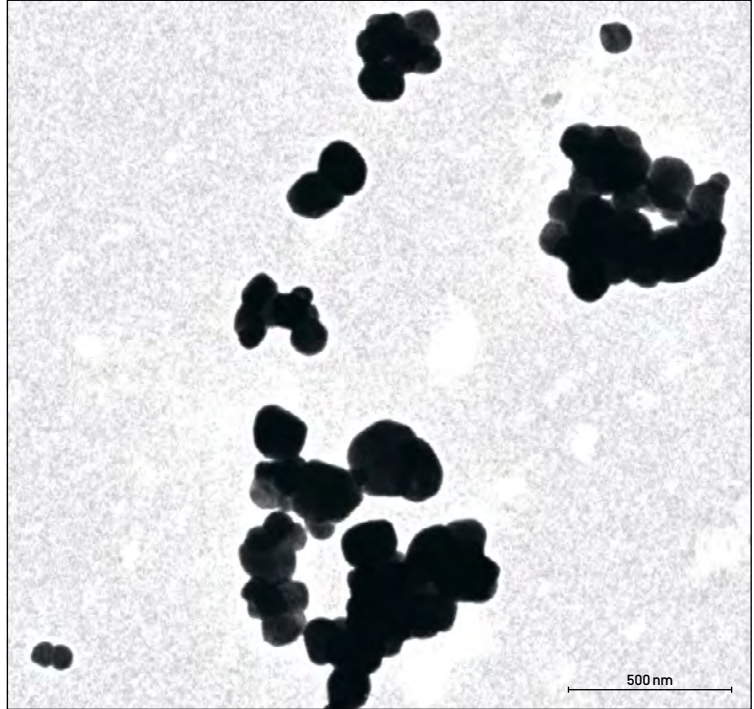
25.06.21 SARS-CoV-2



Dans le but de restreindre ses voies d'accès, une étude sur l'entrée cellulaire du SARS-CoV-2 a été réalisée par INRAE et l'université d'Heidelberg. Deux voies ont été identifiées. L'une dite « rapide », permet au virus d'infecter une cellule en moins de 10 minutes quand celle-ci présente un récepteur à sa surface (la protéase TMPRSS2). L'autre, « lente », d'environ 50 minutes, survient quand le récepteur est absent. Dans ce cas, le virus doit emprunter un chemin impliquant de nombreux mécanismes cellulaires ainsi qu'un milieu acide (pH bas) pour s'activer. Les tests réalisés sur des modèles cellulaires reproduisant poulmon ou reins permettent de comprendre pourquoi certains traitements n'ont pu fonctionner et éclairent ainsi les moyens d'agir sur les mécanismes organiques pour barrer la route au virus. Ces résultats, publiés en juin dernier dans la revue *EMBO Journal*, offrent de nouvelles perspectives pour traiter l'infection au SARS-CoV-2.

06.05.21

APPUI AUX POLITIQUES PUBLIQUES



© INRAE - Toxalim

## E171 DES EFFETS TOXIQUES MIS EN ÉVIDENCE

Le dioxyde de titane est un additif alimentaire (E171) mondialement utilisé pour ses propriétés colorantes et opacifiantes. En France, à la suite de travaux d'INRAE et ses partenaires, son emploi dans les denrées alimentaires a été suspendu depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2020, par principe de précaution. Dès 2017, les scientifiques observent chez l'animal le franchissement de la barrière intestinale par des nanoparticules de titane, causant des troubles du

système immunitaire et un risque de cancer colorectal. En 2021, la même équipe prouve la capacité de ces nanoparticules à atteindre l'environnement foetal chez la femme enceinte. Au vu de ces nouvelles données, le 6 mai dernier, l'Agence européenne de sécurité sanitaire des aliments (EFSA) réévalue son avis et déclare que l'E171 n'est plus sûr en tant qu'additif alimentaire. Une révision qui pourrait faire évoluer la réglementation européenne.

23.04.21

INNOVATION

## SIMA AWARDS

La vitesse d'avancement des distributeurs d'épandage, très variable lors des travaux aux champs, entraîne des écarts de répartition de l'engrais. La technologie *speed control* développée par l'entreprise Sulky à partir d'un brevet issu des expérimentations INRAE et AgroSupDijon, garantit pour la première fois l'homogénéité de l'épandage. Cette technologie a obtenu une médaille d'argent aux derniers *SIMA Innovation Awards*.

30.04.21

RECHERCHE

## La jungle brésilienne émet du CO<sub>2</sub>

Entre 2010 et 2019, la forêt amazonienne brésilienne a rejeté dans l'atmosphère plus de CO<sub>2</sub> qu'elle n'en a absorbé. Si la déforestation est mise en cause, d'autres dégradations dues au changement climatique et aux activités humaines (sécheresse, incendies, coupe ciblée) ont aussi un fort impact. C'est la conclusion d'une étude menée à partir de données satellitaires et de surveillance des forêts par INRAE, le CEA et l'université d'Oklahoma. Ces résultats montrent la nécessité pour les politiques de prendre en compte ces dégradations.

## AGENDA

23 septembre  
Food Systems Summit  
Sommet de l'ONU sur les  
systèmes alimentaires  
[New-York – USA]  
[www.un.org](http://www.un.org)

02 - 11 octobre  
Fête de la science  
[France entière]  
[www.inrae.fr/fete-science-2021](http://www.inrae.fr/fete-science-2021)

8 octobre  
Nouveau sommet  
Afrique-France  
[Montpellier]  
<https://sommetafriquefrance.org>

13 - 15 octobre  
OFE2021 – 1<sup>ère</sup> conférence sur  
l'expérimentation à la ferme  
«centrée utilisateurs»  
[Montpellier]  
[url.inrae.fr/3ql8e60](http://url.inrae.fr/3ql8e60)

16 novembre 2021 -  
16 septembre 2022  
Exposition «Banquet»  
Cité des sciences [Paris]  
<https://www.inrae.fr/evenements/banquet-exposition>

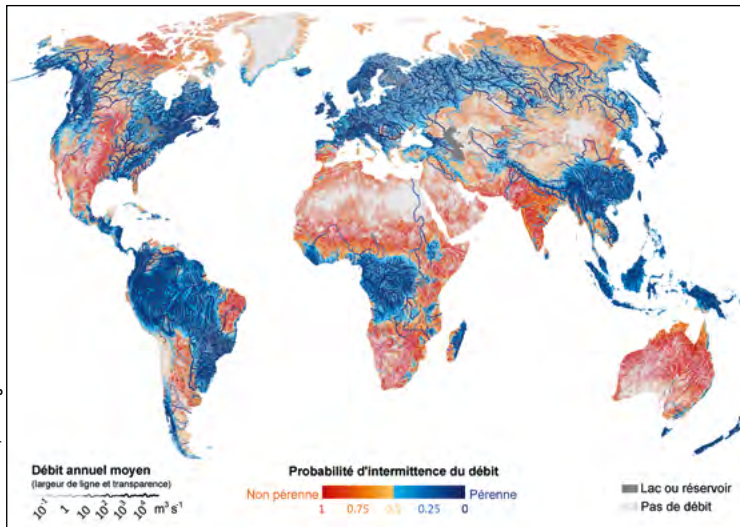
24 - 26 octobre  
World Health Summit [Berlin]  
[www.worldhealthsummit.org/](http://www.worldhealthsummit.org/)

01 - 12 novembre  
COP 26 [Glasgow]  
[www.climate-chance.org](http://www.climate-chance.org)

WWW...  
[www.inrae.fr/evenements](http://www.inrae.fr/evenements)

17.06.21

RECHERCHE



## COURS D'EAU INTERMITTENTS : VERS UNE GESTION DURABLE

Des chercheurs d'INRAE et de l'université McGill publient, dans *Nature*, la première cartographie des cours d'eau intermittents mondiaux.

Elle révèle que 51 à 60% des 64 millions de kilomètres de cours d'eau dans le monde, cessent de couler périodiquement, y compris des sections de fleuves emblématiques tels que le Nil.

Ces eaux intermittentes sont souvent exclues des actions de gestion et des lois de conservation, entraînant leur pollution, voire leur disparition.

Cette étude fournit des informations essentielles pour suivre les évolutions futures et mieux gérer ces rivières et ruisseaux, sources d'eau et de nourriture pour la biodiversité et les humains.

## À LIRE

### La Déforestation

F. Le Tacon (INRAE)  
Éditions Quae, 2021, 19 €.

Le rôle des forêts dans le fonctionnement de l'écosystème Terre est essentiel. Et pourtant, leur rythme de disparition s'intensifie. Quelles sont les causes et les conséquences de cette déforestation ? L'auteur détaille les conséquences du déboisement sur le cycle de l'eau, le climat, les sols ou la biodiversité, et les solutions envisageables : conservation, protection, certification de la gestion forestière, développement et transmission des connaissances...

La solution n'est-elle pas entre les mains de tous et dans la conscience du rôle que nous pouvons jouer en adoptant un comportement plus raisonnable ?



### Le foncier agricole dans une société urbaine - Innovations et enjeux de justice

Ouvrage collectif coordonné par C. Perrin (INRAE) et B. Nougariès (INRAE)  
Éditions Cardère, 2020, 28 €.

Cet ouvrage présente une série d'initiatives locales de gestion publique du foncier et du bâti agricoles, en France méditerranéenne, en Suisse, en Italie et en Algérie. Il combine des regards disciplinaires pluriels, en géographie, sociologie, urbanisme, architecture et économie.

### Covid-19 : une crise organisationnelle

Par : H. Bergeron (CNRS), O. Borraz (CNRS), P. Castel (CNRS), F. Dedieu (INRAE)  
Éditions Presses de Sciences Po, 2020, 14 €.

De mars à mai 2020, les Français ont dû rester confinés chez eux. Comment cette mesure aux effets considérables a-t-elle pu être présentée comme la seule solution face à la pandémie de Covid-19 ? Cette crise révèle la difficulté des décideurs à appréhender des problèmes complexes : pour les auteurs, le réflexe qui

consiste à créer de nouvelles organisations en réponse à l'incertitude a fait la preuve de son inefficacité. Selon eux, les dirigeants devraient, face aux défis de la crise sanitaire en cours, adopter une démarche scientifique plutôt que d'attendre de la science une vérité absolue.



### La revue *Sesame* N°9 – mai 2021

[revue-sesame-inrae.fr](http://revue-sesame-inrae.fr)

- Covid, croyances et récits.
- Alternatives à la viande, de promesses en controverses.
- La forêt, entre espoirs et embûches.
- Travail : l'agriculture à bout de bras.
- Abattages préventifs : et si on rectifiait le tir ?

*Sesame* est réalisée par la Mission Agrobiosciences d'INRAE.



### Les zoonoses, ces maladies qui nous lient aux animaux

G. Vourc'h (INRAE), F. Moutou (Anses), S. Morand (CNRS et Cirad), E. Jourdain (INRAE)  
Éditions Quae - coll. Enjeux Sciences, 2021, 16 € (Ebook gratuit)  
[www.quae.com](http://www.quae.com)

Coronavirus, maladie de Lyme, fièvres jaunes, échinococcose... Qu'est-ce qu'une zoonose ? Qui nous transmet quoi ? Comment se prémunir de ces maladies et vivre avec ?... Nous avons de multiples contacts avec les animaux. Ils sont présents partout autour de nous. Nous partageons le même environnement, la même planète... et nous partageons également des maladies infectieuses ou parasitaires ! Cet ouvrage apporte un éclairage synthétique sur les maladies transmissibles entre les humains et les animaux, appelées zoonoses.

## L'immunité des plantes, pour des cultures résistantes aux maladies

Coordination éditoriale par C. Lannou (INRAE), D. Roby (CNRS), V. Ravigné (Cirad), M. Hannachi (INRAE), B. Moury (INRAE).  
Éditions Quae – coll. Savoir-Faire, 2021, 39 €.

Les concepts fondamentaux et les études de cas de cet ouvrage permettent de réaliser une synthèse très complète des travaux en biologie, en modélisation et en sciences sociales sur ce qu'est l'immunité végétale et sur la manière dont elle pourrait concourir à une agriculture respectueuse de l'environnement.

## Produire et se nourrir : le défi quotidien d'un monde débousolé

Sous la direction de Sébastien Abis et de Matthieu Brun, avec la contribution de Muriel Vayssier Taussat, Nathalie Gontard, Dominique Desbois et Clémentina Sebillotte. Co-édition le Club Demeter et l'IRIS, mars 2021, livre papier 25 € ou accessible sur cairn.

La Sibérie sera-t-elle le futur grenier à blé du

monde ? Comment se joue l'autonomisation de l'Afrique pour son alimentation ? La catastrophe nucléaire au Japon a-t-elle favorisé une évolution bénéfique de l'agriculture japonaise ? À partir de l'analyse d'une série de grandes ruptures et d'enjeux stratégiques, cette 27<sup>e</sup> édition annuelle du Déméter questionne les trajectoires du développement agricole et les conditions de la sécurité alimentaire dans un monde où la résilience, l'adaptation, l'innovation et la coopération demeurent plus que jamais déterminantes pour relever des défis inédits.

### « Nourrir la planète et protéger l'environnement »

Interview de Philippe Mauguin, PDG d'INRAE, pour le podcast de Pascal Boniface « Comprendre le monde ». [www.soundcloud.com](http://www.soundcloud.com)

## Systèmes alimentaires durables – Un manuel pour s'y retrouver.

Coordination Allison Loconto. Rapport de la FAO et INRAE, 2020. Rome. Gratuit.

[www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/CA9917FR.pdf](http://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/CA9917FR.pdf)

Les expériences et conseils, résultant de 7 années de recherche et d'actions

collaboratives avec de nombreux innovateurs de plus de 20 pays en Afrique, Asie, Europe et Amérique latine, ont été rassemblés dans ce manuel de l'innovateur. Retrouvez-y pratiques et astuces d'acteurs du terrain qui innovent !

## Les légumineuses pour des systèmes agricoles alimentaires durables

Coordination par Anne Schneider et Christian Huyghe  
Édition Quae, 2015, 49 € [Ebook gratuit]

Que savons-nous des apports et du potentiel des légumineuses vis-à-vis de la durabilité des systèmes agricoles et alimentaires ? Comment les utiliser pour réduire les dommages et maximiser les bénéfices sur l'environnement, l'agriculture et l'humain ? Soixante experts ont participé à cet ouvrage de référence sur les légumineuses. Outil de réflexion sur les sources protéiques, la gestion de l'azote en France et la relation entre légumineuses et durabilité, il souligne les besoins de connaissances et d'innovations.

## Le goût, une affaire de nez ? 80 clés pour comprendre le goût

Par Loïc Briand.  
Édition Quae, 2020, Livre 19 € [Ebook 12,99 €].

Qu'est-ce que l'effet « madeleine de Proust » ? Pourquoi la moutarde monte-t-elle au nez ? Qu'est-ce que la saveur umami ? Peut-on sentir avec la bouche ? Le blob a-t-il un sens du goût ? Cet ouvrage propose 80 questions, anecdotes et illustrations pour découvrir comment fonctionne le goût.



## Rapport de synthèse de la commission EAT Lancet, 2020.

[eatforum.org](http://eatforum.org)

## LE DICTON DE SAISON

# À la saint Onésiphore, la sève s'endort

Saint Onésiphore est fêté le 6 septembre, l'occasion de se pencher sur la signification biologique de ce dicton avec Guillaume Charrier, éco-physiologiste des plantes à l'INRAE de Clermont-Ferrand<sup>1</sup>.

Contrairement à d'autres dictons qui relèvent de la sentence populaire, sous la forme d'une mise en garde ou d'un conseil légué par des ancêtres lointains, celui-ci est de l'ordre du constat: début septembre, la sève s'endort. Onésiphore n'est ici présent que pour la rime, on l'aura compris. Que se passe-t-il donc début septembre au cœur des végétaux? « À cette période, les plantes annuelles ont terminé leur phase de croissance estivale et chez certains ligneux des milieux tempérés (hêtres, chênes, pommiers, poiriers...), la maturation des fruits s'achève. Le raccourcissement de la durée des jours et la survenue de nuits plus froides déclenchent des processus physiologiques qui permettent aux plantes de se préparer pour l'hiver. »

## Entrée en dormance

Tandis que lors de la belle saison, l'évapotranspiration exerce une réelle force d'attraction hydraulique jusqu'aux racines, entretenant le flux du liquide nourricier dans le végétal, au sortir de l'été, « c'est le flux de sève dans son ensemble qui ralentit, étant moins stimulé par la demande exercée par le déficit hydrique de l'air au niveau des feuilles ». La sève circule plus lentement dans les végétaux et les parties aériennes sont petit à petit mises au



## 1<sup>er</sup> siècle

Onésiphore ?  
Un disciple de saint Paul ayant vécu au cours du 1<sup>er</sup> siècle.

## 06.09

C'est aussi la saint Bertrand, Évelyne, Maeva... des prénoms plus courants qu'Onésiphore, guère plus donnés depuis les années 1930.

1. Unité mixte de recherche PIAF, Physique et physiologie intégrative de l'arbre en environnement fluctuant.

repos. Moins irriguées, les parties ligneuses s'endurcissent et deviennent ainsi moins sensibles au gel, ce qui est fondamental pour préserver ces organes pérennes des gelées hivernales. Cet « endormissement » s'accompagne de la sénescence des feuilles, les plantes recyclent leurs réserves stockées (protéines et amidon) et entrent dans une phase de repos. « On parle d'endo-dormance, une dormance contrôlée par des facteurs endogènes et levée par une exposition suffisante aux frimas hivernaux, phénomène-clé pour l'acclimatation saisonnière, et surtout pour empêcher un réveil trop précoce lors d'automnes doux. »

## Acclimatation

En cas d'été indien, à l'heure du changement climatique, n'y a-t-il justement pas un risque de casser ce cycle? « Le changement climatique joue sur les températures, mais heureusement pas sur la longueur des jours. Pour la mise en dormance, ce facteur apparaît plus important, mais on ne peut pas nier que des températures élevées en septembre influent tout de même sur ce phénomène, au même titre que les levées de dormance peuvent survenir prématurément en cas de vague de chaleur à la sortie de l'hiver. » Plusieurs travaux sont ainsi en cours pour étudier les conséquences d'une entrée en dormance tardive, particulièrement pour les arbres fruitiers. La compréhension des mécanismes contribuera à mieux anticiper l'avenir, notamment pour les sélectionneurs et les producteurs, afin de préserver les cueillettes. Pour en revenir au sens du dicton, qui semble désormais clair, l'expression « la sève s'endort » pourrait être prise également au second degré... en référence à l'activité en plein champ moindre pour les agriculteurs à cette époque de l'année! ●

En couverture  
la peau d'une pomme  
Antarès. Issue d'un pommier  
domestique sélectionné  
par INRAE et les pépiniéristes  
Dalival dans les années 1990,  
elle résiste à la tavelure,  
un champignon responsable  
du pourrissement des fruits.  
Cette variété permet de  
réduire de 50 % à 70 % les  
traitements phytosanitaires  
dans les vergers.



**La population mondiale croît et, avec elle, les besoins en ressources agricoles et alimentaires, ainsi que les impacts sur l'environnement. Pour faire face à ces enjeux, la recherche se mobilise et construit avec ses partenaires des solutions concrètes, notamment pour faciliter l'adoption de régimes à la fois sains et durables.**