



**HAL**  
open science

## **Volailles : les chercheurs veillent au grain**

Michel Jacques M.J. Duclos, Catherine Beaumont, Cécile Berri, Anne Collin,  
Vincent Coustham, Elisabeth Duval, Sandrine Grasteau, Laurence L.A.  
Guilloteau, Michel Lessire, Agnès Narcy, et al.

### ► **To cite this version:**

Michel Jacques M.J. Duclos, Catherine Beaumont, Cécile Berri, Anne Collin, Vincent Coustham, et al.. Volailles : les chercheurs veillent au grain. 2015, pp.27. hal-01607955

**HAL Id: hal-01607955**

**<https://hal.science/hal-01607955>**

Submitted on 5 Jun 2020

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

# VOLAILLES : LES CHERCHEURS VEILLEN AU GRAIN



PRESSE **Dossier**

Membre fondateur de





HISTOIRE DE PLUMES

4

DANS NOTRE ASSIETTE:  
LA QUALITÉ AVANT TOUT !

6

DE L'ŒUF AU POULET

8

CE QUE MANGENT LES VOLAILLES

11

COMME UN COQ EN PÂTE

16

LES CHERCHEURS

AU CHEVET DES VOLAILLES

18

LE POULAILLER DURABLE

23

CONTACTS SCIENTIFIQUES

26

# LA GRANDE AVENTURE DE LA FILIÈRE VOLAILLE

Tout a commencé en Asie du Sud-Est il y a au moins 8 000 ans - disent les archéozoologues - quand les Hommes, devenus sédentaires, apprivoisent un drôle d'oiseau : la poule de jungle. Au fil des siècles et des sélections, l'oiseau se transforme en poule pondeuse ou en poulet de chair. D'autres oiseaux sauvages suivent un parcours similaire. Une fois domestiqués, oies, canards (Pékin, Barbarie et leur croisement : le mulard), dindons et cailles dépendent des hommes et des femmes qui les nourrissent et les protègent des prédateurs et du monde extérieur.

Depuis ces premiers élevages, l'eau a coulé sous les ponts. L'époque moderne se caractérise par la rationalisation et l'industrialisation des élevages. Plus rien n'est laissé au hasard : les races, les aliments, les méthodes d'élevage, les soins ou l'abattage, tout doit être parfaitement contrôlé. Résultat : un bond en avant spectaculaire de la production. Si dans les années 1950, une poule pondait moins de 200 œufs pendant sa carrière, aujourd'hui elle en pond plus de 300. Quant aux poulets de chair des élevages dits standards, ils pesaient en 1950 environ 1,5 kilo à l'âge de 84 jours, alors qu'ils pèsent actuellement plus de 2 kilos à 35 jours. Et pour produire un kilo de poulet, il suffit aujourd'hui de 1,75 kilo d'aliment au lieu de 2,37 en 1950.

La filière avicole française tient une place internationale de premier plan. La France est le premier producteur européen de volailles de chair avec près de 1,8 million de tonnes en 2012. Le secteur emploie 50 000 salariés et compte 15 000 éleveurs. C'est dire si l'aviculture est importante pour l'économie française !

Tout va pour le mieux dans le meilleur des mondes ? Pas forcément. La filière avicole française, qui a atteint un pic remarquable dans les années 1990, stagne depuis une dizaine d'années. Elle perd ses marchés à l'export et son marché intérieur est pénétré par les importations suite à l'évolution de la demande vers des produits découpés ou élaborés. Environ 40 % du poulet consommé par les Français est produit à l'étranger.

Pour la filière avicole française le moment est crucial : elle doit se renouveler et bien identifier les défis qui se présentent à elle. Actuellement, une profonde réflexion sur la durabilité des élevages a lieu en France et en Europe : plus question de produire à tout-va sans se soucier de l'environnement et des demandes de consommateurs et citoyens. L'Inra est partie prenante de cette réflexion. Par ailleurs, ses chercheurs tentent sans relâche d'apporter les innovations permettant de maintenir les performances tout en diminuant l'empreinte environnementale des élevages, et sans négliger le bien-être des animaux. Une équation de durabilité difficile à résoudre.

Recherches sur des aliments alternatifs, sélection de lignées plus résistantes ou produisant moins de déchets, méthodes d'élevage innovantes, travaux sur les émotions, les capacités cognitives des volailles et la santé des animaux : aucun levier qui pourrait permettre à la filière de rebondir n'est oublié.

Voici donc un tour d'horizon de ce que la recherche peut apporter aux éleveurs et à nos amis à plumes.



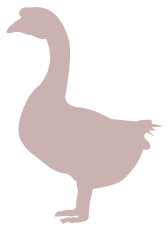
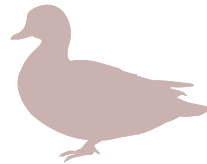
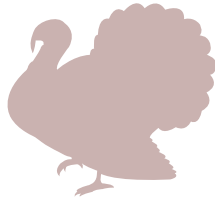
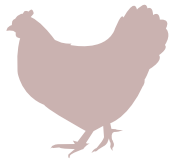
# HISTOIRE DE PLUMES

© Inra - C. Maître

## Un monde de volailles

Que de diversité dans une basse-cour ! Pas étonnant : cela fait plus de huit mille ans que l'Homme cherche à s'entourer de volailles adaptées à l'élevage dans des conditions variées. Une

bonne dizaine d'espèces d'oiseaux sont à classer parmi les volailles d'élevage : poules, dindes, cailles, faisans, pintades, pigeons, oies et canards. Arrivée plus récemment d'Afrique, l'autruche devient familière des élevages et des restaurants. Attention à l'intrus : en cuisine, on classe traditionnellement le lapin parmi les volailles alors qu'il s'agit d'un mammifère !



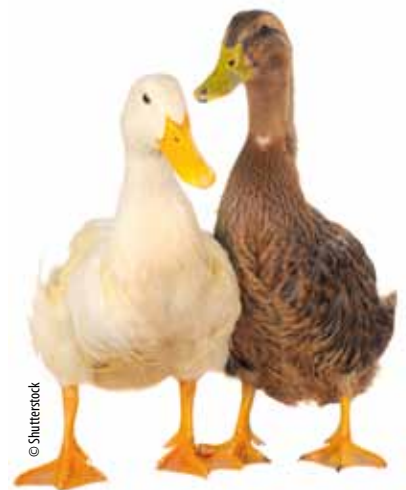
© Shutterstock

## Chair ou œufs : bien choisir l'animal

Poulets de chair ou poules pondeuses : l'espèce est la même (*Gallus gallus*) mais les races sont différentes. Les poules pondeuses sont légères. Une bonne poule élevée en conditions commerciales peut pondre plus de 300 œufs dans sa vie productive. Chez les poulets de chair, on trouve des races légères et des races lourdes. On ne choisira pas la même race selon que l'on veuille des carcasses ou des filets. Autre différence : tandis que les élevages en bâtiment sont peuplés de poulets à croissance rapide, que l'on abat au bout de 35 ou 40 jours, dans les élevages en plein air, on ne trouve que des poulets à croissance lente qu'on laisse courir 81 jours au minimum en production Label Rouge.

## Le canard décrypté

Mission accomplie ! Grâce aux efforts de 19 laboratoires de 10 pays dont l'Inra, le séquençage du génome du canard mulard est terminé. Publié dans la revue *Nature Genomics* en juillet 2013, le résultat de ce travail révèle un patrimoine génétique riche de 15 000 à 17 000 gènes. Les chercheurs pourront désormais identifier plus facilement leur fonction et repérer les régions du génome impliquées dans des caractères d'intérêt. Ce séquençage permettra en outre de faciliter la sélection des animaux les plus performants. L'impact économique est indéniable : la France est le 2<sup>e</sup> pays éleveur mondial de canards après la Chine et le premier pour la production de foie gras.



© Shutterstock

## Quand recherche rime avec conservation

La protection de la biodiversité, ce n'est pas que pour les tigres, condors, pandas et autres bêtes sauvages ! Les animaux domestiques présentent aussi une richesse génétique inestimable pour laquelle l'Inra se mobilise. Dans le cas des volailles, il existe des dizaines de races de poules, canards, dindons et pintades, fruit de la domestication et de siècles de sélection que la standardisation des méthodes de production menace d'éteindre. Depuis 2012, le Centre de ressources biologiques pour les animaux domestiques (CRB-Anim) a pour ambition de préserver et valoriser la diversité génétique d'animaux d'élevage (volailles, porcs, bovins, abeilles...) et d'animaux de compagnie comme le chien. Comment ? En conservant des échantillons d'ADN, des semences ou des embryons d'autant de races que possible. Ce réseau qui associe organismes publics (dont l'Inra) et privés constitue une sorte de filet de sauvetage pour ces ressources génétiques en péril. Merci aux éleveurs amateurs de races rares qui fournissent au CRB-Anim des échantillons génétiques et des semences de leurs précieux animaux ! En contrepartie, le centre fournit aux éleveurs qui le lui demandent des semences pour faire revivre ces races ou pour augmenter la variabilité génétique de troupeaux mis en danger par la consanguinité. Par ailleurs, CRB-Anim est un partenaire indispensable pour les chercheurs qui s'intéressent à des caractères et des gènes spécifiques. La structure réalise aussi ses propres recherches sur la conservation par le froid des échantillons de cellules destinées à la reproduction.



© Inra - C. Maître

Cryoconservation de sperme de coq dans des paillettes.

### Cryobanque aviaire : sous un froid protecteur

La cryobanque aviaire française vient de souffler ses dix bougies. Cette structure, dont l'Inra est l'un des principaux partenaires et qui fait partie de CRB-Anim, se charge de conserver à  $-196^{\circ}\text{C}$  des échantillons de sperme et de cellules reproductives de races de volailles locales. Une vraie gageure technique : pour chaque espèce, de nouvelles difficultés doivent être résolues pour congeler et décongeler des semences sans qu'elles perdent leur fertilité. Actuellement, la cryobanque, l'une des plus riches au monde, protège le patrimoine génétique de 53 races de poules, 7 canards de Barbarie, 4 canards de Pékin et une oie, la belle oie grise des Landes. À présent, c'est sur la conservation du sperme de pintades que les chercheurs planchent.

## Sauvegarder les races régionales

Une fête chez vous ? Surprenez vos amis : offrez-leur une authentique poule noire du Berry ou une magnifique oie de Touraine ! Publicité mise à part, la protection des races anciennes passe d'abord par leur valorisation et la création d'un marché durable. C'est là l'origine du projet ValBioDi, lancé en 2012 par la Région Centre, une collaboration entre l'Inra, le SYSAAF (Syndicat des sélectionneurs avicoles et aquacoles français) et l'Union de ressources génétiques de la région Centre. Celui-ci s'efforce d'accompagner et de dynamiser un marché de niche pour ces volailles dites « festives » et de convaincre les éleveurs de se joindre à cette initiative. Par ailleurs, il cherche à mieux caractériser les races, à les conserver sous forme de gamètes ou embryons congelés grâce



© Inra - C. Maître

Dindons noirs de Sologne.

à la « cryobanque aviaire » et enfin, à éviter la consanguinité de ces animaux devenus rares. Le projet s'est focalisé sur quatre races : la poule noire du Berry, l'oie de Touraine, le dindon de Sologne et la pintade Perle Noire. Les résultats commencent à se voir : la poule noire du Berry constitue un marché d'environ 13 000 animaux par an où la demande est bien supérieure à l'offre. De son côté, le dindon de Sologne, dont il ne restait qu'une dizaine d'individus, commence à ressurgir petit à petit.



# DANS NOTRE ASSIETTE: LA QUALITÉ AVANT TOUT!

© Inra - C. Maître

## Les consommateurs ne sont plus ce qu'ils étaient

Depuis une quinzaine d'années, les spécialistes ont remarqué une nette évolution de la consommation de poulets. En 1998, 52 % étaient des poulets entiers contre 31 % aujourd'hui. Une dégringolade ! En revanche, le poulet découpé en cuisses et escalopes est passé de 33 à 42 % sur la même période. L'augmentation la plus spectaculaire concerne les produits élaborés, jambons, saucisses et autres nuggets. Leur part est passée de 15 à 26 % en quinze ans. Eh oui, le mode de vie moderne change nos habitudes et nous pousse vers des plats vite préparés, vite dévorés. Pourtant, cette tendance est modeste par rapport aux États-Unis où la part des poulets entiers n'est que de 10 %. Ouf, la cuisine de grand'maman résiste encore dans les villages gaulois !

## La viande : ce n'est pas qu'une question de goût



Test de dégustation de viande de volaille.

© Inra - C. Maître

Mesure de la couleur de la viande avec un colorimètre.



© Inra - C. Maître

### Viande jaune ou viande blanche : c'est au choix

Contrôler la couleur de la viande de volaille, ce n'est pas si compliqué. À présent, les chercheurs de l'Inra connaissent un gène qui contrôle l'accumulation des pigments caroténoïdes qui colorent en jaune la chair des poulets. Appelé BCMO1, celui-ci code pour une enzyme qui dégrade ces pigments. Ces résultats pourraient permettre de sélectionner des poulets plus homogènes quant à la couleur de la chair, ou encore, d'adapter la quantité de caroténoïdes présents dans l'alimentation selon la couleur de la viande attendue par le consommateur.

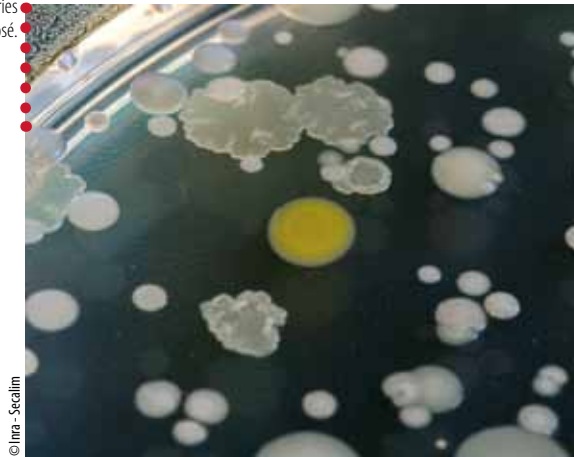
Que demander à une bonne escalope de poulet ? Qu'elle soit tendre et savoureuse, qu'elle ne perde pas toute son eau à la cuisson, que son aspect visuel soit agréable et homogène. Voilà des attributs qu'il n'est pas toujours aisé de mesurer. Un critère beaucoup plus facile à mesurer est le pH de la viande. En effet, un filet acide est un filet qui se dessèche, devient dur à la cuisson et présente une couleur trop pâle pour être honnête. Comment contrôler cette acidité ? Pour répondre à cette question, les chercheurs de l'Inra ont réalisé une sélection divergente produisant deux lignées de poulets. La première offre une chair de grande qualité tandis que la seconde, une chair plutôt médiocre. L'objectif : comprendre, à partir des différences physiologiques et génétiques de ces deux lignées, les déterminants de la qualité de la viande. Actuellement en cours, ces travaux visent à trouver les gènes et les mutations responsables des variations de pH, mais aussi à comprendre l'interaction entre ces gènes et les conditions d'élevage ou bien l'alimentation que reçoivent les oiseaux. L'idée à terme : aider les sélectionneurs à développer de meilleures lignées de poulets, proposer des aménagements aux conditions d'élevage, ou encore mettre au point des biomarqueurs permettant de prévoir facilement, sur des poulets vivants, la qualité de leur chair.

## L'abattage : une question de qualité

Actifs ou dociles, le comportement des poulets juste avant abattage joue sur la qualité de la viande. Un poulet qui s'agite donne une viande de moindre qualité. Les raisons : d'une part, la glycolyse (voie métabolique de transformation du glucose en énergie) accélérée due à l'activité augmente l'acidité de la viande. D'autre part, le sang afflue vers les muscles, ce qui peut changer la coloration de la chair. Les chercheurs ont montré que tous les poulets ne se comportent pas de la même façon. Il existe des caractéristiques génétiques qui déterminent l'activité au moment de l'abattage. Par ailleurs, les poulets de type label s'agitent plus que les poulets d'élevage standard. Ces travaux suggèrent de s'intéresser aux manipulations de l'animal avant son étourdissement afin de diminuer les réactions des animaux.

## Sur les traces de *Campylobacter*...

Colonies de bactéries sur un milieu gélosé et glucosé.



© Inra - Scallim

## Une durée d'élevage à ne pas dépasser

Depuis une quinzaine d'années, la consommation de poulets découpés et de plats préparés à base de poulet augmente très nettement. Ceci a pour conséquence de développer l'élevage de poulets lourds. Des poulets à croissance rapide, classiquement élevés jusqu'à l'âge de 33 jours pour atteindre un poids de 2 kilos sont élevés jusqu'à 63 jours et atteignent ou dépassent le poids de 4 kilos. Cette pratique, qui permet d'obtenir des quantités importantes de blancs de poulet, peut aussi avoir des conséquences négatives à plusieurs niveaux. Ces longues périodes d'élevage conduisent à une diminution de l'efficacité alimentaire et à une augmentation des rejets azotés et phosphorés, avec des effets négatifs sur l'environnement, mais aussi sur la santé des poulets. On observe l'apparition de pathologies qui dégradent leur qualité de vie : pododermatites, boiteries, difficultés respiratoires... et augmentent la mortalité, si l'élevage dépasse 60 jours.

### > Mesure de l'âge optimum

Voilà pourquoi les chercheurs de l'Inra ont voulu trouver l'âge optimum pour l'abattage de ces poulets lourds en tenant compte de critères économiques autant que de durabilité des élevages. Leur verdict, après avoir intégré toutes les données dans un modèle : les poulets « lourds » devraient être abattus autour de 42 jours d'élevage lorsqu'ils pèsent 2,6 kilos. Les poulets sont déjà bien en chair et leur santé ne pose pas encore de problème particulier, l'empreinte environnementale de leur production reste raisonnable et l'éleveur assure un rendement économique optimal.

Responsable de la maladie bactérienne d'origine alimentaire la plus fréquente au monde, *Campylobacter* fait l'objet de toutes les attentions à l'Inra. Silencieusement nichée dans le tube digestif des volailles, cette bactérie peut se révéler néfaste pour l'homme en cas de consommation d'aliments contaminés mal cuits et provoquer des diarrhées (heureusement le plus souvent bénignes). Comment améliorer la qualité et la sécurité sanitaire de la viande de volaille ? Comment améliorer les processus de transformation et de conservation de la viande ? Pour ajuster judicieusement la composition des gaz d'emballage, les chercheurs décryptent le

comportement de *Campylobacter* au contact de l'oxygène. Ils étudient également sa capacité à adhérer aux surfaces inertes (planches à découper, lames de couteau) et à former des biofilms. Autre exemple : un traitement alternatif de conservation innovant consiste en une mise sous pression des bactéries pour permettre de prolonger la durée de vie de saucisses de volailles de sept jours. Tout au long de la chaîne alimentaire, les scientifiques de l'Inra décortiquent les facteurs qui modifient les équilibres microbiens des viandes, entre flore d'altération et flore positive. Ils ont notamment caractérisé la biodiversité de l'écosystème microbien de la viande de poulet. Par ailleurs, leurs travaux ont mis en évidence une souche bactérienne de *Lactobacillus salivarius*, aux propriétés probiotiques et anti-*Campylobacter*, qui permettrait de limiter l'implantation de *Campylobacter* dans le tube digestif des volailles. Autant de perspectives d'une meilleure garantie de la santé par l'assiette !

## Le bon foie gras sous toutes les coutures

Le premier critère objectif de la qualité d'un foie gras est... la fonte à la cuisson. Si une trop grosse proportion de lipides est exsudée lors de cette dernière étape avant la dégustation, alors que tous les

efforts ont été faits en amont pour optimiser la qualité, ce produit délicat n'est pas à la hauteur attendue au niveau de l'aspect et il ne le sera pas non plus au niveau du goût ou de l'onctuosité. Des travaux de recherche ont montré que de nombreux facteurs interviennent dans la construction de cette qualité du produit : l'âge des animaux, la durée et l'intensité du gavage, les conditions de transport des animaux et de traitement du foie gras. Les équipes de l'Inra ont aussi montré l'implication de changements physiologiques au niveau cellulaire. Ainsi, à la fin de la période de gavage, certains foies peuvent déclencher des mesures naturelles de protection contre le stress oxydatif et l'intégrité des protéines cellulaires pourrait être réduite. Ceci pourrait ainsi augmenter le taux de fonte à la cuisson. Les chercheurs voudraient trouver le moyen de connaître le moment exact de cette transition afin d'arrêter le gavage avant la mise en place des ces phénomènes. Cela augmenterait la qualité de ce produit et la durabilité de sa production.



© Shutterstock



# DE L'ŒUF AU POULET

## Petit poussin deviendra grand

Qu'est-ce qui est venu d'abord, l'œuf ou la poule ? Bien malin qui y répondra. Pour parcourir les étapes de l'élevage de poulets de chair, commençons par l'œuf. Celui-ci est pondu par des poules reproductrices élevées par des entreprises spécialisées. Les œufs sont récoltés et pris en charge par des accoueurs qui les placent à 38°C pour que 21 jours plus tard, ils éclosent. Les poussins d'un jour sont triés, vaccinés et transportés chez l'éleveur qui en prend soin et leur apporte une alimentation spécifique selon leur âge. Pour les poulets standards, en France, leur séjour chez l'éleveur dure environ 34 jours. Les poulets label, élevés en plein air, peuvent courir jusqu'à 12 semaines en plein air.



© Inra - C. Maître

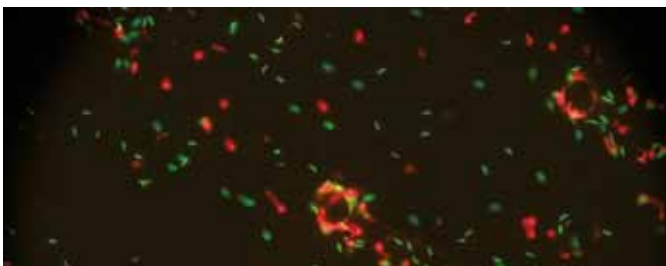
Tri des œufs par pedigree avant mise en incubateur.

## Comment identifier un bon reproducteur ?

Qu'est-ce qu'une bonne semence ? Pour les spécialistes des volailles, c'est une semence dont la plupart des spermatozoïdes sont aptes à la reproduction. Mais voilà : comment déterminer facilement la fertilité d'un « père » ?

C'est la question que se posent les chercheurs qui s'intéressent à la conservation des races de volailles. Pour y répondre, les chercheurs de l'Inra étudient les protéines du spermatozoïde. Ils sont en train de démontrer que les « bons » spermatozoïdes présenteraient un profil protéique caractéristique permettant d'identifier les semences les plus fertiles. Les chercheurs s'intéressent aussi à cet instant crucial où le spermatozoïde et l'ovule fusionnent. L'étude du démarrage de ce processus (la réaction acrosomique) a révélé que la capacité

du spermatozoïde à réaliser cette opération est un bon indicateur de capacité fécondante.



© Inra - C. Maître

Spermatozoïdes de coq au microscope.



Mesure de la vitesse et de la trajectoire de déplacement des spermatozoïdes de coq.

## Éclosion : bien démarrer dans la vie

Dur dur d'être un poussin nouveau-né ! Une fois éclos, bien souvent, il doit patienter un jour ou deux avant d'être nourri pour la première fois. Transporté vers les élevages dans des conditions qui ne sont pas toujours optimales, il peut subir de grands écarts de température. Voilà qui est parti d'une mauvaise patte dans la vie ! Les chercheurs de l'Inra évaluent l'impact des conditions de démarrage sur les poulets. Pour cela, ils analysent les performances et l'état de santé des animaux après 13 jours de vie et en fin d'élevage, en fonction du stress vécu en début de vie. Les résultats, encore préliminaires, montrent que des poulets ayant connu de mauvaises conditions de démarrage présentent un déficit de croissance qui n'est pas négligeable. D'autres travaux sont en cours pour évaluer l'impact de ces premières heures sur la mortalité et l'incidence des pathologies. Par ailleurs, les chercheurs tentent de trouver des marqueurs permettant d'identifier les animaux ayant connu un stress important en début de vie, et des solutions pour en limiter les effets.



## Poulets résistants à la chaleur

Les éleveurs de volailles connaissent bien les méfaits de la chaleur. Un poulet qui a trop chaud est un poulet qui va mal, perd l'appétit et dont les performances de croissance diminuent. Sous la chaleur l'oiseau halète, cherche le frais contre le sol, tente de s'éventer avec ses ailes. Il y a des jours où l'on aimerait être un pingouin ! Pas de panique, les chercheurs mettent au point des stratégies pour que les poulets n'aient plus trop chaud. Deux voies sont à l'étude :

### > Coups de chaud pour être plus frais

Lorsque des œufs ont subi des hausses cycliques de température durant l'incubation, les poulets résistent mieux aux fortes températures en élevage : c'est l'étonnant constat fait par des chercheurs de l'Inra. Ces augmentations de température réalisées très précocement induisent des modifications profondes et durables dans l'organisme de l'oiseau. Résultat : sa température corporelle est inférieure à celle de ses congénères couvés à température constante. Mieux : il est capable de s'adapter plus facilement à une hausse de la température ambiante. On obtient ainsi un poulet pimpant, plus à l'aise dans des conditions qui feraient haleter ses congénères. Voilà qui devrait intéresser pas mal d'éleveurs de par le monde à l'heure du réchauffement climatique !



La thermographie permet de mesurer les différences de température à la surface de la poule.

### > Les poulets se dénudent

Un poulet, animal musclé par nature, produit beaucoup de chaleur. Problème : son manteau de plumes ne lui permet pas de l'évacuer facilement. Ce qui serait bien utile en hiver dans une ferme rustique, l'est beaucoup moins dans un élevage moderne en bâtiment, en plein été ou dans tous les pays du monde où le soleil brille toute l'année ! D'où cette idée rafraîchissante : et si l'on sélectionnait des poulets avec moins de plumes ? Les chercheurs de l'Inra étudient deux gènes appelés « cou nu » et « frisé » qui affectent le niveau et la qualité de l'emplumement. Le premier gène dénude le cou des poulets. Leur aspect n'est peut-être pas des plus esthétiques, mais il leur permet de mieux résister à la chaleur. Le deuxième, le gène frisé, offre aux poulets des plumes recourbées qui favorisent la circulation de l'air. Attention : il ne s'agit pas là de manipulation génétique puisque ces gènes existent dans la nature.

## Cette volaille me plaît, je la choisis

Au vingtième siècle, les procédés de sélection sont devenus scientifiques et ont permis des gains de productivité inédits. Seulement voilà : ne sommes-nous pas allés trop loin ? À force de sélectionner uniquement sur des critères de productivité, on obtient à terme des animaux qui, par exemple, à force de grandir très vite connaissent des problèmes de santé. Ceci est en train de changer : désormais, on ne cherche plus à faire plus lourd et plus rapide, mais à sélectionner des animaux équilibrés, résistants et bien adaptés à chaque type d'élevage.



© Shutterstock

## Une nouveauté, la sélection génomique

Une vraie révolution dans la sélection des volailles se prépare : celles-ci ne seront plus uniquement choisies en fonction de leurs caractéristiques et de leurs performances, mais en fonction de leur génotype. L'idée de la sélection génomique est la suivante : généralement, les caractères d'intérêt avicole sont contrôlés par de nombreux gènes en interaction, localisés sur différentes régions du génome. Aujourd'hui, les évolutions technologiques permettent d'identifier ces régions. Dès lors, par simple génotypage, on peut dire dès la naissance si un individu et sa descendance auront des performances favorables pour les caractères étudiés. De là, on peut décider de le sélectionner. Cette méthode, qui donne déjà d'excellents résultats chez les bovins, est en train d'être mise au point pour la volaille.



© Shutterstock

## Épigénétique : nouvelle frontière pour la sélection animale ?

L'épigénétique est une discipline scientifique en plein essor qui permettrait d'expliquer comment l'environnement façonne les phénotypes en modifiant l'expression des gènes sans modification directe de la séquence d'ADN. Une meilleure compréhension des mécanismes de ces modifications épigénétiques, qui persistent parfois dans la descendance, pourrait améliorer l'efficacité de la sélection et expliquer une partie de la variabilité des caractères observée sur des lignées de volailles. Les chercheurs de l'Inra tentent d'évaluer l'importance de l'épigénétique chez les poulets, cailles et canards. Ils explorent notamment la piste d'un mécanisme épigénétique pour tenter d'expliquer comment une modification du régime alimentaire des canes permettrait d'obtenir une descendance mâle dont le poids du foie est plus important. Intéressant pour les producteurs de foie gras.



© Fotolia



# CE QUE MANGENT LES VOLAILLES

© Inra - C. Maître



© Inra - C. Maître

Moulin expérimental de l'Inra à Nouzilly : fabrication des aliments pour la volaille.

## Le régime des volailles en questions

L'alimentation représente entre 50 et 65 % des coûts de production d'un élevage de volailles. De ce fait, dire que la moindre économie sur ce poste se traduit en avantages compétitifs est presque une lapalissade. Voici l'un des problèmes majeurs que connaît la filière avicole française : pour nourrir de façon équilibrée des volailles, il faut satisfaire deux besoins principaux ; l'énergie et les protéines. L'énergie provient principalement des céréales produites en France. Pour les protéines, ça se complique : produit en Amérique du Sud et du Nord, c'est le soja qui est roi avec sa teneur en protéines de 48 %. Cela rend la filière dépendante des importations de soja, notamment sud-américain et la rend sensible aux aléas du marché global. Peut-on réduire cette dépendance et favoriser des aliments cultivés localement ? « C'est possible ! » répondent les chercheurs qui travaillent d'arrache-pied à concocter de nouveaux menus à nos chers volatiles. Voici quelques-unes des pistes envisagées.

## Des mouches dans la mangeoire



C'est un fait : les volailles adorent picorer des insectes et des vers. Pourquoi ne pas leur donner raison ? Un projet est en cours pour évaluer le potentiel des farines d'insectes pour l'alimentation des volailles et des poissons. Celles-ci présentent une bonne digestibilité et la même teneur en protéines que le soja. Parmi les espèces qui pourraient faire leur entrée dans l'alimentation des volailles, on trouve le ver de farine et la mouche. D'ici peu, les poulets consommeront à nouveau les friandises que leurs ancêtres trouvaient dans la nature.

## Les drêches de blé : conjuguer biocarburants et alimentation animale

Les drêches de blé résultent de la fabrication du bioéthanol. Une fois l'amidon extrait pour en faire du carburant, on obtient un produit riche en protéines, fibres, matières grasses et minéraux (dans des concentrations environ trois fois plus élevées que dans le blé). Les aliments pour bovins, porcs ou volailles en contiennent une proportion pouvant aller jusqu'à 5 %. Pourquoi ne pas augmenter ce chiffre ? Avant cela, il faut caractériser et améliorer la digestibilité de ces drêches en particulier celle de la lysine, un acide aminé indispensable. Un autre indicateur, encore plus simple, est la couleur des drêches : plus elles sont claires, meilleure est leur digestibilité. Or, comme l'ont montré les chercheurs en étudiant les drêches provenant de sept usines différentes, les taux de lysine digestibles et les couleurs des drêches sont très variables selon les modes de production. Autrement dit, certaines sont plus adaptées que d'autres à la consommation animale.

● Composition d'une ration  
● alimentaire pour volailles.



© Inra - C. Maître

Service de presse | 01 42 75 91 86 | [presse@inra.fr](mailto:presse@inra.fr)

## Tourteaux, pois et autres nourritures du terroir

Les tourteaux d'oléagineux, comme le colza ou le tournesol, sont la fraction solide obtenue après extraction de l'huile de la graine. Ils font déjà partie du régime des volailles, mais pour augmenter leur part dans l'alimentation, on doit en éliminer les éléments (comme la cellulose), qui ne sont pas digestibles. On pourrait ainsi offrir aux volailles des aliments composés jusqu'à 20 ou 30 % de ces tourteaux. C'est ce défi qu'ont relevé les chercheurs de l'Inra. L'usage des pois, fèves et autres protéagineux, réduirait également la dépendance au soja sud-américain grâce à leur haute densité en protéines. Cependant, en 20 ans, la production de pois est passée de 3 millions de tonnes à seulement 500 mille tonnes.



© Inra - C. Maître

## Bizarre cette nouvelle nourriture ?

Eh oui, les poules et les dindes peuvent s'effrayer d'un rien. Un petit changement de consistance ou de couleur de l'aliment et voilà que les oiseaux refusent de manger. Non, c'est non ! Ce comportement, appelé néophobie alimentaire, constitue un réel problème pour les éleveurs. En effet, une dinde ou un poulet qui ne mange pas, ne grandit pas. Parfois les volailles compensent en buvant plus d'eau, ce qui peut leur provoquer des diarrhées. Alors que faire pour ces bécasses exigeantes ? Tout d'abord comprendre l'une des causes profondes de la néophobie alimentaire. Dans les conditions d'élevage standard, les animaux sont dans des milieux peu diversifiés. Rien ne vient bousculer leur routine quotidienne. Ceci a une conséquence : un manque chronique d'expérience qui les conduit à angoisser au moindre petit changement. Un aliment légèrement différent, elles en font tout un plat ! Effrayées par la nouveauté, les volailles s'arrêtent de manger. Des travaux menés par des chercheurs de l'Institut Technique de l'Aviculture (Itavi) et de l'Inra ouvrent des pistes pour résoudre cette difficulté. Ils ont montré que, si l'on nourrit de jeunes dindes en alternant deux nourritures d'aspect différent (des granulés verts et rouges par exemple), plus tard, elles ne refuseront pas un granulé bleu qu'elles n'ont encore jamais vu. Autrement dit, il suffirait de faire entrer un peu de variété dans la vie des volailles pour qu'elles se comportent de façon moins rigide. Du point de vue inverse, ces recherches pourraient inciter les producteurs à maintenir constant l'aspect et la consistance de la nourriture.

## Deux aliments valent mieux qu'un

L'alimentation alternée : voilà un concept innovant qui pourrait apporter d'importants bénéfices à la filière avicole. L'idée est simple, mais elle a donné pas mal de travail aux chercheurs de l'Inra et de l'Itavi. Au lieu de fournir aux volailles un seul aliment complet, on leur fournit de façon séquentielle deux aliments différenciés. Par exemple, un premier aliment riche en protéines, puis un second apportant l'énergie. Les avantages de ce système qui, *a priori*, semble compliquer la donne, sont multiples. Pour la filière avicole, il permettrait de faciliter l'utilisation de matières premières locales. En effet, pour fabriquer un aliment complet, le soja riche en énergie et en protéines, semble actuellement incontournable. En revanche, si on leur fournissait deux menus différents, on pourrait, dans un cas privilégié les céréales comme le blé et dans l'autre, les protéagineux.

- Moulin expérimental de l'Inra à Nouzilly :
- préparation des aliments pour les volailles.



© Inra - C. Maître



## Bon pour la volaille, bon pour la filière

Pour les volailles, l'alimentation alternée permet de mieux s'approcher des exigences des animaux qui n'ont pas les mêmes besoins en début qu'en fin de journée. C'est peut-être pour cela que cette alimentation à deux phases améliore l'indice de consommation chez la poule pondeuse. Autrement dit, elle a besoin de moins de nourriture pour produire la même quantité d'œufs. De plus, ce type d'alimentation augmente l'activité des poulets : lorsqu'un poulet ne reçoit pas une ration assez énergétique, il se met à la recherche de quelque chose d'autre à se mettre sous le bec. Ses muscles et son squelette en sont renforcés d'autant. Voilà de quoi appâter les éleveurs !

## La joie d'avoir un bon transit

Les avantages d'une bonne digestion sont nets. Un poulet qui digère bien est un poulet qui a besoin de moins manger pour grandir au même rythme. De plus, il peut manger une gamme plus large d'aliments, libérant ainsi des céréales et des protéines pour nourrir les hommes. À l'inverse, un poulet qui digère mal est un poulet qui génère plus de déchets dont il est toujours difficile de se débarrasser et qui constituent un vrai problème environnemental. D'ailleurs, l'un des indices permettant d'évaluer la durabilité d'un élevage est la maîtrise des déchets. Voilà pourquoi la digestion est un sujet majeur de recherche pour l'Inra.

● Gros plan sur des granulés d'alimentation animale.



● Ferme de Poule Rousse  
● Charguelon, 63520 Domaize.

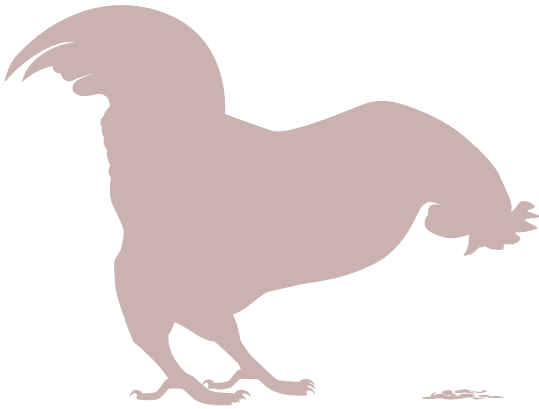


© Inra - S. Tullion

## Une bonne digestion, c'est aussi dans les gènes que ça se passe

Au sein d'une lignée commerciale de poulets, il existe une grande variabilité dans les performances de digestion des individus. C'est donc que la génétique a son mot à dire. Pour y voir plus clair, les chercheurs de l'Inra ont réalisé une sélection divergente sur l'efficacité digestive. Ils ont obtenu deux lignées d'animaux : l'une, très performante D+, et l'autre très peu performante D-. Entre les deux, il y a un écart de 40 % dans l'aptitude à la digestion au bout de huit générations. En terme de réduction des rejets, les différences sont étonnantes : la lignée D+ produit moins de la moitié des rejets par rapport à la lignée D-. Cette lignée super-efficace produit entre 10 et 33 % de déchets en moins que la lignée standard dont elle est issue. Qu'est-ce qui fait la différence dans les performances des deux lignées ? Les chercheurs ont remarqué que le gésier et l'estomac sont plus développés chez les poulets D+ que chez les D-. Les chercheurs ont désormais lancé un programme pour, d'une part, déterminer les régions du génome qui diffèrent entre les lignées, et d'autre part, pour étudier la fonctionnalité des gènes qui contrôlent le caractère. Une fois bien compris les mécanismes qui font des poulets D+ des champions de la digestion, ce sont sans doute les sélectionneurs de lignées commerciales qui prendront le relais des chercheurs.





## Picorer le sol mais pas n'importe lequel !

Il existe une large gamme de polluants organiques partout dans notre environnement. Leur présence dans notre alimentation est un sujet de préoccupation et de recherches. Pas de panique, en France, la fréquence de détection de ces composés dans les produits animaux est faible. Les chercheurs ont montré que dans les élevages en plein air, l'ingestion de sol, comportement naturel chez les volailles, est l'une des sources de contamination et qu'une alimentation équilibrée diminuait sensiblement cette ingestion de sol. Actuellement, les méthodes de mesure des polluants sont extrêmement lourdes et coûteuses. Il est difficile dans ces conditions de faire de la veille sanitaire. Cependant, les chercheurs de l'Inra sont en train de tester une nouvelle approche pour mesurer l'exposition des animaux, en détectant les métabolites produits en réponse à ces polluants. Ceci permettrait d'identifier rapidement les échantillons à risque avant d'utiliser une méthode de référence pour mesurer précisément le taux de polluants.

## Foie gras au sorgho

Pour produire du foie gras, il faut du maïs, beaucoup de maïs : au cours des trois semaines de gavage que subit une oie, on lui fait ingérer entre 12 et 20 kilos d'aliments. Or, la compétition pour cette matière première précieuse est rude et il arrive que les prix s'envolent. Par ailleurs, la production de cette céréale consomme de grandes quantités d'eau. Les chercheurs de l'Inra se sont donc demandé si le maïs ne pouvait pas être remplacé avantageusement par du sorgho. Cette céréale possède des caractéristiques nutritionnelles très proches du maïs mais sa culture est beaucoup moins gourmande en eau. Le résultat est positif : les oies et les canards acceptent très bien cet aliment et les économies en eau peuvent atteindre 62 %. De quoi diminuer substantiellement l'empreinte écologique de la production de foie gras.



© Shutterstock

### Une mangeoire intelligente



© Inra - C. Maître

La mangeoire automatique du Pôle d'expérimentation avicole de Tours (Inra).

Plus question de manger sans compter ! À l'Inra, des chercheurs et ingénieurs mettent au point la mangeoire intelligente qui permettra de mesurer la quantité d'aliments ingérée par les poulets de manière individuelle. Auparavant, on ne pouvait pas réaliser cette mesure dans des conditions réelles d'élevage. En effet, il fallait isoler l'animal de ses congénères. Demain, le poulet pourra rester avec ses copains : l'enregistreur possède une jauge de pesée et un système permettant d'identifier l'animal porteur d'une puce électronique et de calculer la différence de poids de la mangeoire entre le moment où il est arrivé et le moment où il en est parti. De quoi rendre plus facile la vie des chercheurs et des professionnels de la sélection qui s'intéressent à la nutrition, la croissance ou la génétique des volailles !



© Shutterstock

## Un geste pour la nature : réduire les apports de phosphore

Pas d'êtres vivants sans phosphore. Cet élément est essentiel au fonctionnement de l'organisme et indispensable à la construction des os. Les matières premières qui composent les aliments des animaux en contiennent naturellement. Seulement voilà : il est majoritairement piégé dans des molécules organiques. Du coup, son assimilation ne se fait pas toujours correctement, il faut donc apporter du phosphate dans la ration. Mais là, il y a deux autres problèmes. D'abord, les phosphates sont chers et les réserves mondiales devraient se tarir d'ici un demi-siècle. De plus, les rejets de phosphate provenant des élevages peuvent être une source de pollution non négligeable et contribuer au développement anarchique d'algues dans les écosystèmes aquatiques.

### > **Phosphore et calcium : un jeu d'équilibriste**

Que faire donc pour limiter les apports en phosphates ? Les chercheurs ont montré depuis longtemps que le calcium, un autre élément essentiel à la vie et à la croissance du squelette, réduisait grandement l'assimilation du phosphore dans l'intestin. Tout est question d'équilibre : il faut trouver le bon rapport calcium/phosphore. Pour cela, les chercheurs de l'Inra sont en train de construire un modèle de prédiction pour déterminer un optimum calcium/phosphore qui favorise la croissance des volailles et la solidité des os tout en respectant l'environnement. Autre stratégie étudiée par les chercheurs : miser sur l'adaptation des poulets. En effet, les chercheurs ont remarqué que des animaux soumis à un régime pauvre en calcium et phosphore lors de leurs premières semaines de vie, deviennent plus tard extrêmement performants dans l'assimilation de ces éléments.



# COMME UN COO EN PÂTE

## Le bien-être animal : un droit fondamental

Il fut un temps où l'on voyait les animaux comme des machines biologiques. Tant qu'il fonctionne, pas la peine de s'inquiéter pour un organisme qui finalement n'est qu'une série de réflexes bien conditionnés. Cette vision est aujourd'hui dépassée et le bien-être animal est devenu un vrai sujet de préoccupation. Les images dérangeantes de poules pondeuses en cage n'ayant même pas la place d'étirer leurs ailes sont actuellement derrière nous, en tout cas en Europe. Dans chaque consommateur se cache un citoyen qui veille et qui n'est pas prêt à accepter toute pratique agro-industrielle. De leur côté, les autorités ont mis en place une législation qui garantit des conditions acceptables de vie aux animaux d'élevage. D'ailleurs, le bien-être animal est l'un des enjeux pour le développement durable de la filière avicole. Dans cette évolution, la recherche scientifique est à la pointe. Elle s'attache à évaluer le bien-être de l'animal, ses émotions et ses besoins. Le tout, en évitant l'anthropomorphisme, car ce qui est désirable pour nous, ne l'est pas forcément pour un dindon !

## La recherche européenne se mobilise

Le citoyen demande légitimement des élevages où le bien-être des animaux soit respecté. Seulement, cette exigence n'est pas facile à mettre en place. En effet, qu'est-ce que le bien-être animal au juste ? Comment le mesurer ? Comment peut-il se traduire en réglementations claires ? Pour répondre à ces questions, la recherche européenne s'est mobilisée dans le cadre d'un grand projet de recherche baptisé *Welfare Quality*. Entre 2004 et 2009, 44 instituts de recherche de 13 pays européens ont développé de nouvelles méthodes pour améliorer et mieux évaluer les conditions de vie des animaux. Autre objectif : sensibiliser les politiques afin de mettre en accord législation, demandes citoyennes et exigences de production. Les chercheurs de l'Inra se sont bien sûr engagés dans cet effort. Ils ont notamment participé au développement d'une grille d'évaluation, à partir d'une cinquantaine de mesures sur l'alimentation, le logement, la santé et le comportement, qui permet d'évaluer le bien-être des animaux dans une ferme donnée.





## À l'école des cailles

Les oiseaux ne sont pas si différents de nous malgré leur petit cerveau. Des recherches sur la façon dont le stress et la stimulation modulent les capacités d'apprentissage des cailles montrent des résultats tout à fait comparables à ce qui se passe chez un humain ! Afin de mesurer leurs aptitudes et leurs stratégies de mémorisation, les chercheurs de l'Inra ont placé des cailles dans une arène contenant plusieurs pots. L'un des pots contient de la nourriture, un ver de farine. Pour le retrouver rapidement, les cailles doivent prendre des repères et les mémoriser. Quelles sont les cailles les plus performantes ? Ce ne sont pas les cailles qui sont élevées dans un environnement pauvre. En revanche, celles qui jouissent d'un environnement plus stimulant qui les maintient alertes, s'avèrent très douées pour retrouver le bon pot. Mais si les stimulations se multiplient et se transforment en stress, alors leur capacité décroît notablement. Les cailles stressées utilisent d'ailleurs des stratégies d'apprentissage moins élaborées. Ces travaux tentent également de mieux connaître les structures et fonctions du cerveau des oiseaux et de mettre en relation leur comportement avec des aspects neurobiologiques. Ceci, afin de comparer le cerveau aviaire au cerveau mammifère, et trouver les points de correspondance et de divergence.



● Cailleteaux.



© Inra - C. Maître

## Casaniers ou explorateurs

Ah, la belle vie à la campagne, l'air pur, les vertes prairies, le contact avec dame Nature ! Ce qui semble un idéal de vie pour un humain l'est-il aussi pour un poulet ? Révent-ils eux aussi de disposer de grands espaces extérieurs pour courir, ou est-ce là une projection anthropomorphique ? La réponse est : ça dépend du poulet ! Les chercheurs de l'Inra ont identifié deux profils de poulets. Il y a le poulet casanier qui préfère rester dans le bâtiment et ne trouve aucune bonne raison pour sortir. Dehors, il peut y avoir du vent, faire trop chaud ou trop froid, et surtout, il y a toutes sortes de dangers, qui peuvent être réels (buses, corneilles) ou imaginaires (un avion qui passe, un nuage, un bruit de tracteur). En revanche, à l'intérieur il fait bon, on est en bonne compagnie et c'est là que la nourriture est servie. À quoi bon s'exposer ! Il y a aussi le poulet explorateur qui, lui, ne tient pas en place. Tant de choses curieuses à découvrir hors des murs du bâtiment ! Et puis on y trouve des tas de petites douceurs à se mettre sous le bec et qui changent de l'ordinaire : un ver de terre, un escargot, des herbes et des feuilles. On aurait tort de s'en priver ! En chiffres, un poulet explorateur passe 40 % plus de temps à l'extérieur qu'un casanier. D'après les chercheurs, il semble exister un déterminisme génétique expliquant cette variabilité.

### Des poulets qui se soignent tout seuls

Il n'y a pas que des avantages à la vie en plein air. C'est dans les parcours en extérieur que les poulets sont susceptibles d'attraper des parasites. Ceux-ci sont présents dans les fientes ou infestent les escargots et les limaces dont les poulets raffolent. Ces parasites, souvent des vers intestinaux tels qu'ascaris ou hétérakis, n'augmentent pas sensiblement la mortalité dans les élevages. En revanche, ils peuvent diminuer les performances des poulets ou augmenter leur sensibilité à d'autres infections. Pour contrer ce problème, les chercheurs de l'Inra testent une idée originale : doter les parcours de plantes reconnues pour leurs vertus antiparasitaires. Est-ce que les poulets pourraient ainsi se débarrasser tout seuls de leurs parasites ? Pour tester cette idée, les chercheurs ont placé sur les parcours des poulets de petits carrés potagers semés de fenugrec, tanaïs, thym et ail. Premier résultat obtenu : les poulets ont des préférences bien marquées. Le fenugrec n'a pas fait long feu tandis que l'ail et la tanaïs ont été picorés de façon variable. Le thym, lui, a été totalement ignoré. Quant à l'efficacité de cette médecine naturelle, les chercheurs manquent encore de résultats qui devraient tomber au fil des prochaines expériences.

# LES CHERCHEURS AU CHEVET DES VOLAILLES

## La santé de nos poulets

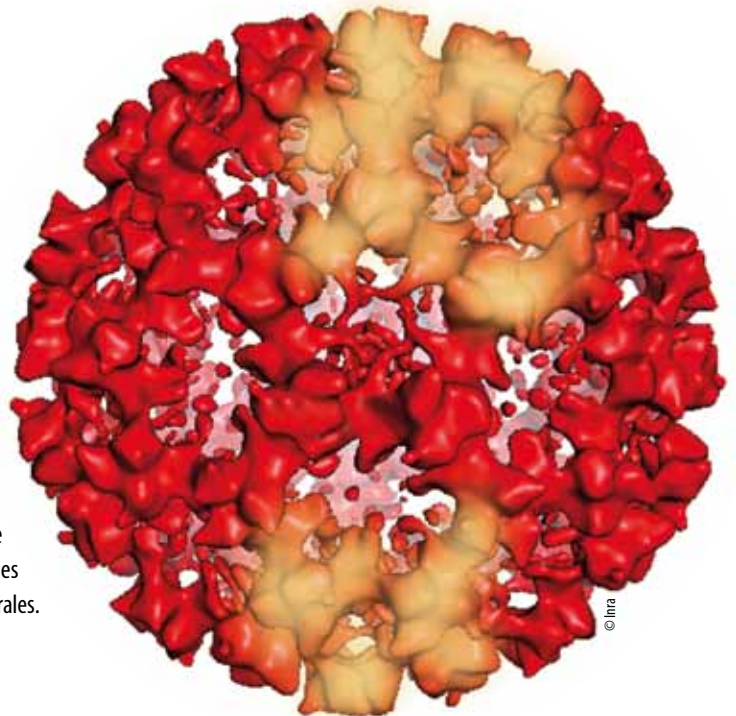
Des poulets en forme et en bonne santé ! Comme tous leurs congénères, nos volailles doivent faire face aux agressions de bactéries, virus ou autres parasites... et à l'Inra, les chercheurs s'attèlent à mieux connaître et soigner ces maladies qui touchent nos amis à plumes ! Une précision de taille : si les animaux sont malades, la plupart du temps, ça ne nous affecte en rien nous les Hommes. Bien sûr, il existe certains cas où la vigilance est de mise. C'est pourquoi veille sanitaire et hygiène alimentaire figurent en tête des priorités de l'Inra. Plongée dans l'étude de ces pathogènes et des stratégies déployées pour les contrer...

## Chasseurs de virus

La chasse aux virus des volailles est ouverte ! Bronchite infectieuse, maladie de Newcastle et surtout grippe aviaire : on en connaît déjà quelques dizaines qui s'attaquent aux volailles. Les progrès dans le séquençage des génomes permettent actuellement de dénicher et d'identifier plus facilement ces agents pathogènes. Cette année, les chercheurs de l'Inra de Toulouse ont trouvé le responsable de la maladie foudroyante de la pintade, un coronavirus jusqu'alors inconnu. Mais les scientifiques s'attachent aussi à bien identifier les espèces qui servent de réservoir pour chaque virus, leur évolution et leurs mécanismes d'infection. Le diagnostic des maladies virales et l'évaluation des vaccins figurent aussi à l'agenda de nos chasseurs de virus.

## Quand l'influenza change d'air

Les palmipèdes (cygnes, canards, oies) constituent le réservoir naturel des virus influenza responsables de la grippe aviaire. Ces oiseaux aquatiques développent peu ou pas de symptômes. Mais lorsque ces virus infectent les poules, les dindons voire les mammifères (porcs, chevaux, humains), le comportement du virus peut changer et provoquer une grippe, grave ou bénigne selon les facteurs de virulence du virus. Actuellement, les chercheurs tentent d'identifier les mécanismes moléculaires et les mutations qui permettent au virus de quitter son réservoir et de s'adapter aux volailles domestiques. Ils essaient aussi de mettre en lumière les mécanismes de défense mis en œuvre par le système immunitaire des volailles, ainsi que les stratégies contre-offensives mises en place par le virus. Ces recherches pourraient aboutir à de nouveaux vaccins et à de nouvelles molécules antivirales.





## Et la grippe aviaire ?

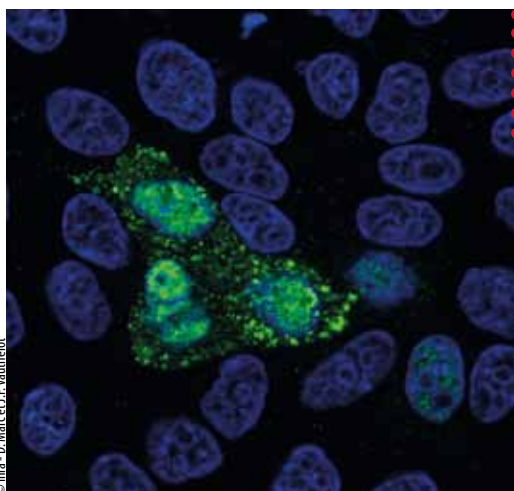
Petit rappel des faits : au début des années 2000, les virus influenza H5N1, extrêmement virulents, se répandent en Asie du Sud-Est, tuant poulets, canards et mammifères. Des foyers sont identifiés en Europe en 2006-2007. Cette souche H5N1 est transmissible à l'homme : sur la période 2003-mars 2015, près de 800 personnes ont été infectées et 430 en sont mortes. On se souvient de la grippe espagnole qui, au tournant de la Première Guerre mondiale, a fait des millions de morts en Europe. Partout, on traque les foyers d'infection. Pour endiguer la propagation du virus et détruire ses foyers de multiplication, des centaines de millions de volailles sont abattues. Drastique mais efficace : l'épidémie est contenue, bien qu'on observe encore des foyers sporadiques de virus influenza H5N1 en Asie du Sud-Est ou en Afrique et que la souche soit surveillée de très près. D'autres souches peuvent aussi surgir au hasard des mutations et des échanges de gènes. Ainsi, en 2013, un virus H7N9 est apparu en Chine et inquiète à présent les spécialistes. Très difficile à déceler car ne provoquant pas de symptômes chez les volailles, ce virus a infecté jusqu'à présent 602 personnes dont 227 sont décédées (*chiffres OMS, mars 2015*). La vigilance doit donc rester de rigueur. Grâce aux contrôles internationaux, aucune infection n'a été signalée en Europe depuis 2010 et pourtant une nouvelle souche vient d'entrer en Europe. Aux mois de novembre-décembre 2014, un virus H5N8, hautement pathogène pour les oiseaux - mais pas pour l'homme - a fait son apparition dans quatre pays européens (Pays-Bas, Royaume-Uni, Allemagne et Italie). Depuis, les autorités sanitaires se mobilisent pour éviter une éventuelle épidémie.

**À noter :** la France interdit de vacciner les volailles contre les virus de la grippe aviaire car un vaccin rendrait silencieuse l'avancée d'une épidémie. Dans ce cas très spécial où le virus est une menace potentielle pour l'humain, on préfère pouvoir identifier très rapidement l'apparition des premiers foyers et les détruire au plus vite, par l'abattage des troupeaux infectés.



© Inra - D. Marc

Inoculation artificielle d'œufs embryonnés par le virus influenza aviaire.



Cellules de poulets infectées par le virus influenza H6N2 dont la protéine NS1 est révélée par un anticorps fluorescent (vert). Les noyaux cellulaires apparaissent en bleu.

## Petit poussin reçoit ses vaccins

De tous les animaux d'élevage, les poulets sont les mieux vaccinés. Pas étonnant, vu le jeune âge auquel ils rencontrent massivement leurs congénères. Bronchite infectieuse, maladie de Gumboro ou maladie de Marek ont chacune leur vaccin. Ceux-ci diffèrent selon le destin du poussin : un poulet élevé pour sa viande qui va vivre quelques semaines n'a pas les mêmes besoins qu'une poule élevée pour ses œufs qui va vivre plusieurs mois. Ainsi, pour certains virus, les recherches se poursuivent pour identifier des vaccins plus efficaces en prévision de l'émergence de souches plus virulentes. Un objectif de ces nouveaux vaccins vise non seulement à bloquer l'apparition de la maladie mais aussi l'excrétion des virus pathogènes dans l'environnement. À l'Inra, les travaux actuels portent également sur le développement de systèmes cellulaires permettant la production de vaccins moins chers et mieux contrôlés.

## La médecine douce entre dans la basse-cour

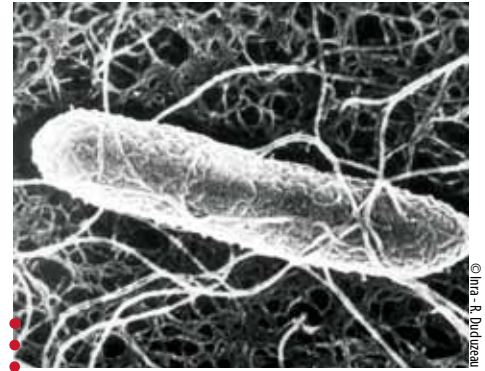
L'une des règles du label bio est de limiter l'usage des médicaments de synthèse. Quant aux antibiotiques, ce sont tous les élevages qui devraient s'efforcer d'y faire appel le moins possible. Voilà pourquoi les chercheurs s'intéressent aux traitements alternatifs, et notamment aux produits naturels qui pourraient avoir un effet préventif contre les maladies des volailles. Parmi ces produits, citons d'abord les huiles essentielles issues de plantes aromatiques. Ces composés ont un effet antimicrobien, anti-inflammatoire et antioxydant et peuvent stimuler les défenses de l'animal. Reste à savoir si les huiles essentielles ont un réel effet préventif vis-à-vis des problèmes de santé des volailles et s'ils peuvent contribuer à mieux gérer les états de stress vécus par les animaux. Autre piste suivie par les chercheurs : les probiotiques. Ces microorganismes peuvent avoir un effet bénéfique sur la flore intestinale de laquelle dépend une bonne partie de la santé des volailles. Le lien entre flore intestinale et défenses immunitaires est d'ailleurs connu. « *Que ton aliment soit ton seul médicament* », disait Hippocrate. Le conseil vaut peut-être aussi pour les volailles !

© Inra - D. Marc et J.F. Vaubert



## Microbes : la contre-attaque est lancée

Un nom qui donne des sueurs froides aux éleveurs de poulets : *Escherichia coli*. Cette bactérie, qui colonise aussi bien notre intestin que celui des poulets, vit en temps normal en bonne intelligence avec son hôte. Le problème survient, chez les volailles, lorsqu'une souche pathogène se développe et migre de son réservoir traditionnel, l'intestin, vers d'autres organes. C'est alors qu'une colibacillose se déclare. Pour les éleveurs, cette pathologie représente une diminution des œufs pondus et des œufs éclos, une baisse de la croissance chez les poulets, des carcasses qui ne peuvent être valorisées, des dépenses supplémentaires pour les traitements et enfin, une mortalité accrue dans leurs troupeaux. Un vrai problème qui constitue un défi pour les chercheurs de l'Inra.



● Bactérie *Escherichia coli* vue au microscope électronique.

## Prochain objectif : améliorer le diagnostic

*Escherichia coli* se caractérise par une variété de souches tout à fait étonnante. Heureusement toutes ne sont pas pathogènes. Pour prédire le risque sanitaire dans un élevage et mieux adapter la réponse thérapeutique à une infection, il est crucial de savoir à quelle souche on a affaire lorsqu'une colibacillose se déclare. Or, les méthodes commerciales d'identification ne reconnaissent que peu de souches, ce qui est loin d'être satisfaisant. Les chercheurs de l'Inra ont développé une nouvelle méthode pour les identifier à partir de leur ADN. Cette méthode permet de reconnaître 75 % des souches pathogènes présentes dans les élevages européens.



© Shutterstock

## Comprendre la résistance aux antibiotiques

Il suffit qu'un laboratoire mette sur le marché un nouvel antibiotique plus puissant et efficace que ses prédécesseurs, pour qu'au bout de quelques années, les bactéries trouvent la parade. Pis : les bactéries se transmettent leurs gènes de résistance généreusement et sans frais. Résultat : les médecins et vétérinaires voient leurs choix d'antibiotiques se réduire. Les chercheurs de l'Inra s'intéressent à cette capacité de réponse des bactéries. Ils analysent les facteurs de résistance qui circulent dans les différentes populations de microbes et tentent de comprendre comment ces gènes de résistance s'échangent et se diffusent.

## Combattre les pathogènes

Et si pour limiter l'emploi d'antibiotiques, on se tournait vers le système immunitaire des animaux ? C'est l'idée des chercheurs de l'Inra qui s'intéressent aux défensines. Ces petites molécules, présentes dans le système immunitaire de très nombreux vertébrés et invertébrés, sont une arme puissante contre les bactéries, les champignons et autres pathogènes. Elles désorganisent la membrane cellulaire des agresseurs jusqu'à les faire littéralement exploser. L'un de leurs grands avantages par rapport aux antibiotiques est leur action non spécifique sur les agents pathogènes. Ainsi diminue le risque que ces pathogènes trouvent une parade comme ils le font pour les antibiotiques qui, eux, s'attaquent spécifiquement à certaines molécules. En 2009, les chercheurs de l'Inra ont isolé pour la première fois trois de ces défensines à partir de la moelle osseuse du poulet. À présent, ils cherchent à identifier tous les pathogènes sensibles à ces molécules. Ensuite ils testeront leur efficacité thérapeutique sur l'animal pour, à terme, les employer comme traitements antimicrobiens.

## Coccidioses : nouveaux traitements, vaccins ou poulets plus résistants



© Inra - J. Weber

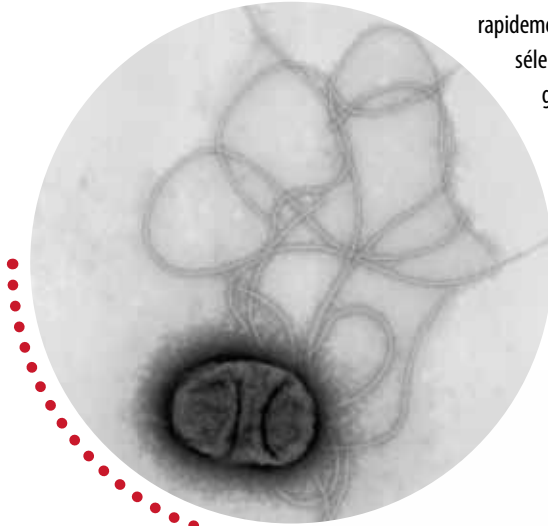
Coq et poule de la race Fayoumi.

La coccidiose, l'une des maladies les plus fréquentes dans les élevages aviaires, est due à un parasite, *Eimeria*. Lutter contre la coccidiose n'est pas chose aisée. Afin d'élargir l'arsenal contre la maladie, les chercheurs développent de nouveaux anticoccidiens dont ils étudient le mode d'action. Ils ont déjà identifié deux molécules prometteuses. La première empêche le pathogène d'entrer dans les cellules. La deuxième bloque sa multiplication à l'intérieur de la cellule. Pour l'instant, biologistes et chimistes essaient d'accroître l'activité des molécules. Ensuite, ils se lanceront dans l'expérimentation à grande échelle sur des modèles animaux. Autre stratégie étudiée à l'Inra : le développement de nouveaux vaccins qui, au lieu d'utiliser le parasite entier, n'emploient que certains des antigènes d'*Eimeria* capables d'induire une forte réaction du système immunitaire.

Par ailleurs, pour limiter le recours au traitement par des anticoccidiens, chercheurs et sélectionneurs commerciaux tentent d'obtenir des populations plus résistantes à la maladie. Or, une race de poule est très résistante à la coccidiose : la Fayoumi. Les scientifiques ont identifié certaines régions du génome impliquées spécifiquement dans cette résistance. Ils ont aussi montré qu'il existait, au sein d'une même population commerciale de poulets de chair, une grande variabilité dans la réponse face à la maladie. Les chercheurs espèrent aider les sélectionneurs à mettre sur le marché des animaux plus robustes contre la coccidiose mais aussi contre d'autres maladies, une piste dont il faut évaluer la faisabilité. En effet, si la plus grande part des ressources énergétiques de l'animal est dévolue à la croissance ou à la ponte, il est possible que la réponse immunitaire face aux maladies en soit amoindrie. Une piste qui mérite d'être creusée pour trouver le meilleur compromis entre productivité et robustesse des poulets.

## Des poulets qui se rient de la salmonelle

La salmonelle n'a pas bonne réputation. Et pour cause, cette bactérie est à l'origine de la moitié des toxi-infections alimentaires collectives chez l'humain, qui, dans bien des cas, ont pour origine des œufs ou de la viande de poulet. Généralement, les poulets à l'origine de ces infections sont des porteurs sains de salmonelles, ce qui rend la maladie difficile à détecter. Néanmoins, les méthodes de lutte contre ce germe ont énormément fait reculer le problème. Mais les chercheurs de l'Inra veulent aller plus loin et sélectionner des poulets capables d'éliminer la salmonelle rapidement. Entre poulets, on observe des variations quant à la résistance aux salmonelles. En sélectionnant les plus résistants, les chercheurs identifient les régions du génome et les gènes qui renforcent les mécanismes d'élimination des salmonelles. Ils s'efforcent aussi de mieux comprendre les mécanismes d'infection et de propagation du pathogène. En intégrant le tout dans un modèle mathématique, ils parviennent à mieux appréhender le problème : est-ce que le poulet va se débarrasser de la salmonelle ? La bactérie va-t-elle traverser la barrière digestive ? Le poulet va-t-il infecter ses congénères et le germe se propager dans l'élevage ? Quelle sera la vitesse de propagation ? C'est ainsi que la salmonelle devient, peu à peu, un problème microscopique !



Observation en microscopie électronique à transmission des flagelles de *Salmonella enteritidis*. © Inra - P. Velge



© Shutterstock

### Une poule modèle pour comprendre des pathologies génétiques humaines



© Inra - F. Pihel

L'épilepsie photosensible est un syndrome très handicapant chez l'humain. Les crises peuvent se déclencher à tout moment par des stimuli assez inattendus : un stroboscope, l'alternance d'ombre et de lumière sur une route bordée de peupliers, un épisode des Pokémon... Si les causes génétiques de cette maladie ne sont pas encore bien élucidées, la poule Fayoumi a permis de faire un grand pas. En effet, certains individus d'une lignée issue de cette race égyptienne sont épileptiques. Un simple stroboscope permet de déclencher chez eux une crise de convulsions. Grâce à cette lignée de poules épileptiques issue de la race Fayoumi, les chercheurs de l'Inra sont parvenus à identifier en 2012 le gène et la mutation responsables de la maladie chez la poule. Appelé SV2A, le gène code pour une protéine impliquée notamment dans la communication entre les neurones. Est-ce le même gène qui est à l'origine d'une partie des épilepsies photosensibles chez l'homme ? Pour l'instant, cela reste à démontrer. Mais la piste est sérieuse : d'autres études ont montré que l'un des médicaments antiépileptiques chez l'homme interagit effectivement avec la protéine SV2A. La poule ne sert pas qu'à nourrir l'humanité, elle l'aide aussi à comprendre le mécanisme de certaines pathologies humaines.



# LE POULAILLER DURABLE

## Une filière qui dure

Le développement durable d'une filière doit répondre aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs, nécessitant la prise en compte conjointe des aspects économiques, sociétaux et environnementaux. La durabilité des élevages avicoles est un objectif qui fédère l'ensemble de la recherche menée à l'Inra. Le volet économique regroupe des préoccupations relatives à la performance et à la compétitivité de la filière, à sa dépendance vis-à-vis de ressources importées. Le volet environnemental s'intéresse notamment à la baisse des rejets et des émissions de gaz à effet de serre, aux économies en eau et en ressources non renouvelables, ou encore, à l'intégration paysagère des élevages. Enfin, le volet social aborde des questions comme le bien-être animal, la qualité des produits et leur acceptabilité par le consommateur, mais aussi l'emploi et la qualité du travail. Une réflexion sur ce thème ainsi qu'une évaluation de la filière avicole européenne ont été menées dans le cadre de collaborations entre l'Inra et l'Institut technique de l'aviculture. À présent, dans le but d'approfondir la réflexion, les chercheurs construisent un modèle appelé Ovali pour Outil d'évaluation multicritère pour concevoir des systèmes de production avicole innovants. Celui-ci permet de mesurer, sur des critères objectifs, la durabilité des élevages et d'identifier les marges de progrès des différents modes de production.

### BIRD : en synergie avec l'ITAVI

Créée en 2006, l'unité mixte technologique (UMT) BIRD pour Biologie et innovation pour la recherche et le développement en aviculture, associe des personnels de l'Inra et de l'Institut technique de l'aviculture (Itavi) afin de mutualiser des moyens et des savoir-faire autour des questions liées à la durabilité des systèmes d'élevage de volailles.

## Un foie gras engraisé sans gavage, est-ce possible ?

La pratique du gavage a beau être de mieux en mieux maîtrisée, elle continue de faire polémique, comme le montre l'interdiction du foie gras français décrétée par l'État de Californie en 2012. Est-il possible de trouver une alternative à cette pratique comme le suggère une recommandation européenne ? Pour répondre à cette question, les chercheurs de l'Inra ont tenté de produire chez des oies, une stéatose hépatique, c'est-à-dire une augmentation du poids du foie par accumulation de lipides, sans leur faire ingérer de force l'aliment. Comment ? En profitant de leur instinct sauvage ! Les oies et les canards migrateurs, avant de prendre leur envol, deviennent naturellement boulimiques et stockent des réserves dans leur foie sous forme de lipides. Il est possible de reproduire ce phénomène en élevage en alternant une phase de restriction alimentaire avec une distribution de maïs à volonté conjuguée avec des températures relativement basses et un éclairage qui mime celui de la fin de l'automne. Les oies mangent alors frénétiquement et leur foie grossit. Résultat : un foie engraisé obtenu sans gavage. Cette méthode n'est pas encore à même de remplacer le gavage traditionnel. En effet, elle requiert plus de temps et plus d'aliments pour n'obtenir que des foies gras de moindre poids. De plus, la variabilité entre individus est trop grande pour l'industrie. Les chercheurs tentent d'améliorer ce système, mais par ailleurs, ces nouvelles données pourraient aussi permettre d'améliorer la préparation des animaux au gavage.



Oie de Toulouse.

## Labels : la *french touch* de la volaille

Les volailles sous signe de qualité connaissent un succès remarquable en France : les trois quarts des poulets vendus entiers proviennent de l'un de ces modes de production alternatifs, au cahier des charges strict et bien fourni. Le Label Rouge tient le haut du tableau et le Bio se développe. Il existe aussi des produits de « luxe » comme le poulet de Bresse AOC. Quant à la production d'œufs, les labels jouent coude-à-coude avec la production standard : 37 % des œufs vendus proviennent de ces signes de qualité, ce qui, en valeur,

représente 52 % de la consommation. Points communs des poulets sous signe de qualité pour la production de viande : les poulets sont élevés en plein air et appartiennent à des races à croissance lente. L'âge minimal d'abattage est de 81 jours (112 jours pour le poulet de Bresse), contre seulement 35 jours dans les conditions standard. Ceci garantit au consommateur une chair plus savoureuse et ferme. Ils se différencient entre eux par leur mode de production (race, âge, conduite d'élevage), leur alimentation (issue de l'agriculture conventionnelle ou biologique) ou par leur aire de production restreinte dans le cas de l'AOC poulet de Bresse.

Un point de discussion néanmoins : l'empreinte environnementale de ces élevages est supérieure à celle des poulets standards si elle est calculée au kilo de viande produite, en revanche l'impact local est en général moindre car ces élevages sont de taille plus réduite.



### Le poulet de chair label : une filière faiblement utilisatrice d'antibiotiques

La filière poulet de chair label utilise peu d'antibiotiques pour soigner ses animaux. Et cette filière de qualité représente 40 % de la consommation de poulets prêts à cuire, des ménages français. Dans un contexte où la réduction de l'usage des antibiotiques en élevage constitue un enjeu majeur, ce poulet de chair label est donc un modèle intéressant pour étudier différentes formes d'organisation des filières en lien avec un faible usage en intrants médicamenteux. Quels sont les déterminants techniques, économiques et sociaux des usages de médicaments vétérinaires ? Quelles sont les spécificités organisationnelles de la gestion sanitaire au sein de cette filière de qualité ? Les chercheurs s'attendent à trouver des réponses pour raisonner et maîtriser l'utilisation des antibiotiques en élevage.



© Shutterstock

### AlterAvi : améliorer l'élevage en plein air

6 000 poulets bio, 8 bâtiments avec des parcours arborés ou en prairie : voilà l'infrastructure Inra AlterAvi, inaugurée en 2009 dans le but d'améliorer la durabilité des élevages et notamment le bien-être des animaux, de limiter le parasitisme et d'augmenter les rendements de la production. Un millier d'animaux peuvent être équipés de puces RFID qui, toutes les dix secondes émettent un signal capté par des antennes placées autour du parcours. Ainsi, les chercheurs peuvent suivre chaque poulet à la trace et mieux comprendre ses habitudes et ses préférences. La plateforme permet de mesurer de nombreux paramètres : les performances des animaux, la qualité de leur chair, leur taux d'infestation par des parasites, l'impact environnemental... Ainsi, à chaque paramètre modifié, les chercheurs peuvent en évaluer l'impact dans l'ensemble de l'élevage.



## Sortir ou ne pas sortir, telle est la question

Grâce à la plateforme Inra AlterAvi, les chercheurs savent maintenant quels éléments doivent être présents sur les parcours pour que les poulets daignent sortir. L'essentiel, c'est la présence d'arbres qui protègent du vent, de la pluie et du soleil. Les arbres sont des abris naturels contre les prédateurs ailés comme les buses ou les corneilles. La précaution n'est pas superflue : dans les élevages d'AlterAvi, l'essentiel des 2% de mortalité observée est à mettre sur le compte de ces oiseaux, fins amateurs de poulet label. Lorsqu'un parcours sans arbre leur est proposé, les poulets sortent peu, et s'ils le font, ils restent tout près de la trappe afin de pouvoir s'abriter rapidement en cas d'alerte. Problème : si vous concentrez tous les poulets à l'entrée du bâtiment, ils pataugent bien vite dans leurs propres déjections, conduisant à une augmentation du risque de parasitisme et de maladies. En revanche, un parcours équilibré et arboré permet aux poulets de s'éparpiller et d'explorer l'ensemble de l'espace. Les résultats en termes de productivité d'un parcours bien conçu sont nets : un poids plus élevé et une amélioration significative de l'indice de consommation.



© Fotolia

## Un poulet sachant chasser

Tant de bonnes choses à grignoter à l'extérieur, lorsqu'on est un poulet label ! Un ver de terre par-ci, un escargot croustillant par-là, des insectes, des plantes... Un petit complément en protéines n'est jamais malvenu ! Pourrait-on, grâce aux ressources qu'un poulet trouve sur les parcours, diminuer le taux de protéines de son aliment ? Pour tester l'hypothèse, les chercheurs de l'Inra ont diminué de 2% le taux de protéines du régime des poulets. Une diminution bien modeste, pourrait-on penser à tort. Il s'agit d'une très grande différence : les poulets, animaux très optimisés lors de la sélection, ont des besoins alimentaires très stricts. Les chercheurs ont ensuite observé leur activité sur les parcours et mesuré le poids des animaux au moment de l'abattage. Résultat : le régime n'affecte en rien leurs performances de croissance et la qualité de leur viande. Par ailleurs, ces poulets sortent plus souvent à l'extérieur, sans doute à la recherche de protéines manquantes.

## Alors, le poulet « durable », c'est quoi ?

Un poulet qui répond aux attentes du consommateur sans froisser les convictions du citoyen : un poulet qui préserve son environnement et s'intègre dans son terroir, valorisant des matières premières agricoles produites de manière raisonnée dans sa région et enfin qui assure un revenu correct et un travail de qualité à tous les acteurs de la chaîne de production, de l'éleveur au commerce de détail. L'équation peut paraître complexe, mais regardez bien, les éléments sont déjà là devant vous !



## CONTACTS SCIENTIFIQUES

### UNITÉ RECHERCHES AVICOLES [INRA VAL DE LOIRE]

**DIRECTEUR DE L'UNITÉ, ANIMATEUR DU GROUPE FILIÈRE AVICOLE À L'INRA : Michel Duclos**

T. 02 47 42 78 43 - michel.duclos@tours.inra.fr

**Catherine Beaumont**

(résistance génétique et système d'élevage)  
T. 02 47 42 78 44 - catherine.beaumont@tours.inra.fr

**Cécile Berri** (qualité de la viande, texture, goût)

T. 02 47 42 76 88 - cecile.berri@tours.inra.fr

**Anne Collin** (impact des conditions d'élevage sur l'utilisation de l'énergie et l'acclimatation embryonnaire)

T. 02 47 42 79 29 - anne.collin@tours.inra.fr

**Vincent Coustham** (épigénétique et plasticité phénotypique)

T. 02 47 42 79 23 - vincent.coustham@tours.inra.fr

**Elisabeth Le Bihan-Duval**

(contrôle génétique de la qualité de la viande)  
T. 02 47 42 78 50 - elisabeth.duval@tours.inra.fr

**Sandrine Grasteau** (amélioration de l'efficacité digestive par la sélection génétique, réduire les apports de phosphore)

T. 02 47 42 76 91 - sandrine.grasteau@tours.inra.fr

**Laurence Guilloteau**

(utilisation huiles essentielles et probiotiques)  
T. 02 47 42 72 87 - laurence.guilloteau@tours.inra.fr

**Michel Lessire**

(sources alternatives de protéines pour les volailles)  
T. 02 47 42 78 34 - michel.lessire@tours.inra.fr

**Agnès Nancy** (alimentation plus économe en phosphore)

T. 02 47 42 76 93 - agnes.nancy@tours.inra.fr

### UNITÉ PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION ET DES COMPORTEMENTS

[INRA VAL DE LOIRE, CNRS, UNIVERSITÉ FRANÇOIS-RABELAIS DE TOURS, IFCE]

**Elisabeth Blesbois** (programme de conservation, indicateurs de la qualité de la reproduction)

T. 02 47 42 78 22 - elisabeth.blesbois@tours.inra.fr

**Ludovic Calandreau** (apprentissage chez les cailles)

T. 02 47 42 75 71 - ludovic.calandreau@tours.inra.fr

**Pascal Froment** (fertilité mâle)

T. 02 47 42 78 24 - pascal.froment@tours.inra.fr

**Marina Govoroun** (cellules souches de reproduction)

T. 02 47 42 75 48 - marina.govoroun@tours.inra.fr

**Christine Leterrier** (comportement, bien-être, apprentissage et émotions chez les oiseaux)

T. 02 47 42 79 97 - christine.leterrier@tours.inra.fr

### UNITÉ INFECTIOLOGIE ET SANTÉ PUBLIQUE

[INRA VAL DE LOIRE, UNIVERSITÉ FRANÇOIS-RABELAIS DE TOURS]

**Caroline Denesvre** (virus aviaires)

T. 02 47 42 76 19 - caroline.denesvre@tours.inra.fr

**Benoit Doublet** (antibiorésistance)

T. 02 47 42 72 95 - benoit.doublet@tours.inra.fr

**Anne-Christine Lalmanach**

(composés antimicrobiens dans l'os de poulet : défenses)  
T. 02 47 42 75 47 - anne-christine.lalmanach@tours.inra.fr

**Daniel Marc** (influenza)

T. 02 47 42 79 85 - daniel.marc@tours.inra.fr

**Catherine Schouler** (colibacillose)

T. 02 47 42 72 96 - catherine.schouler@tours.inra.fr

**Anne Silvestre** (coccidiose)

T. 02 47 42 76 21 - anne.silvestre@tours.inra.fr

### PÔLE D'EXPÉRIMENTATION AVICOLE DE TOURS [INRA VAL DE LOIRE]

**DIRECTRICE DE L'UNITÉ EXPÉRIMENTALE : Céleste Le Bourhis**

T. 02 47 42 79 77 - celeste.lebourhis@tours.inra.fr

### UNITÉ GÉNÉTIQUE PHYSIOLOGIE ET SYSTÈMES D'ÉLEVAGE

[INRA TOULOUSE MIDI-PYRÉNÉES]

**Xavier Fernandez** (conception et évaluation d'un système innovant de production de foie gras)

T. 05 61 28 55 38 - xavier.fernandez@toulouse.inra.fr

**Frédérique Pitel** (caille, oiseau modèle pour l'épigénétique)

T. 05 61 28 54 35 - frederique.pitel@toulouse.inra.fr

**Alain Vignal** (séquençage du génome du canard)

T. 05 61 28 53 17 - alain.vignal@toulouse.inra.fr

### UNITÉ GÉNÉTIQUE ANIMALE ET BIOLOGIE INTÉGRATIVE

[INRA JOUY-EN-JOSAS, AGROPARISTECH]

**Bertrand Bed'Hom** (coccidioses)

T. 01 34 65 27 20 - bertrand.bedhom@jouy.inra.fr

**Marie-Hélène Pinard** (coccidioses)

T. 01 34 65 21 84 - marie-helene.pinard@jouy.inra.fr

**Michèle Tixier-Boichard**

(CRB-ANIM, étude et conservation de la diversité génétique)  
T. 01 34 65 21 78 - michele.boichard@jouy.inra.fr

**Tatiana Zerjal** (gènes cou nu et frisé, adaptation à la chaleur)

T. 01 34 65 22 61 - tatiana.zerjal@jouy.inra.fr

### UNITÉ PHYSIOLOGIE, ENVIRONNEMENT ET GÉNÉTIQUE POUR L'ANIMAL ET LES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE [INRA RENNES, AGROCAMPUS]

**Pascale Le Roy** (sélection génétique)

T. 02 23 48 59 61 - pascale.leroy@rennes.inra.fr

### UNITÉ EXPÉRIMENTALE ÉLEVAGE ALTERNATIF ET SANTÉ DES MONOGASTRIQUES

AU MAGNERAUD [INRA POITOU-CHARENTES]

**Karine Germain**

(aménagement de parcours, plateforme AlterAvi)  
T. 05 46 68 31 41 - karine.germain@magneraud.inra.fr

## UNITÉ INTERACTIONS HÔTES-AGENTS PATHOGÈNES [INRA TOULOUSE MIDI-PYRÉNÉES]

**Jean-Luc Guérin** (virus aviaire, influenza)  
T. 05 61 19 38 77 - [jl.guerin@envt.fr](mailto:jl.guerin@envt.fr)

**Mathilde Paul** (épidémiologiste, usage des antibiotiques)  
T. 05 61 19 39 20 - [m.paul@envt.fr](mailto:m.paul@envt.fr)

## UNITÉ QUALITÉ DES PRODUITS ANIMAUX [INRA AUVERGNE-RHÔNE-ALPES]

**Erwan Engel**  
(techniques omiques pour tracer les contaminants,  
dosage des métabolites)  
T. 04 73 62 45 89 - [erwan.engel@clermont.inra.fr](mailto:erwan.engel@clermont.inra.fr)

## UNITÉ ANIMAL ET FONCTIONNALITÉS DES PRODUITS ANIMAUX [INRA NANCY-LORRAINE, UNIVERSITÉ DE LORRAINE]

**Catherine Jondreville** (ingestion des polluants par le poulet)  
T. 03 83 59 61 98 - [catherine.jondreville@univ-lorraine.fr](mailto:catherine.jondreville@univ-lorraine.fr)

## UNITÉ SÉCURITÉ DES ALIMENTS ET MICROBIOLOGIE [INRA ANGERS-NANTES, ONIRIS]

**Catherine Magras**  
(*campylobacter*, sécurité sanitaire dans la filière volaille)  
T. 02 40 68 77 89 - [catherine.magras@oniris-nantes.fr](mailto:catherine.magras@oniris-nantes.fr)

**Sandrine Guillou** (correspondante communication de l'unité)  
T. 02 40 68 77 69 - [sandrine.guillou@oniris-nantes.fr](mailto:sandrine.guillou@oniris-nantes.fr)

## UNITÉ RISQUES TRAVAIL MARCHÉ ETAT [INRA VERSAILLES-GRIGNON]

**Nicolas Fortané** (organisation des filières  
en lien avec un faible usage en intrants médicamenteux)  
T. 01 49 59 69 44 - [nicolas.fortane@ivry.inra.fr](mailto:nicolas.fortane@ivry.inra.fr)

## UNITÉ BIOLOGIE, EPIDÉMIOLOGIE ET ANALYSE DU RISQUE [INRA ANGERS-NANTES, ONIRIS]

**Xavier Malher**  
(co-animateur du Groupe filière avicole de l'Inra)  
T. 02 40 68 76 48 - [xavier.malher@oniris-nantes.fr](mailto:xavier.malher@oniris-nantes.fr)

## ITAVI

**Isabelle Bouvarel** (nutrition, zootechnie,  
durabilité des systèmes d'élevage avicoles)  
T. 02 47 42 79 36 - [bouvarel.itavi@tours.inra.fr](mailto:bouvarel.itavi@tours.inra.fr)





147 rue de l'Université  
75338 Paris - Cedex 07  
France

Tél. : +33(0)1 42 75 91 86  
[inra.fr](http://inra.fr)



Mars 2015

