


## Avant-propos

Les filières animales sont inextricablement liées à la vitalité des territoires dans de très nombreuses régions françaises et européennes et l'élevage est l'une des activités agricoles les plus fortement créatrices de valeur ajoutée et d'emploi, tant au niveau de la production et des services qu'elle utilise, que des filières de transformation des produits animaux. L'élevage représente ainsi 39% de la production agricole européenne (hors primes) et en France plus de 800 000 emplois (3,2% de la population active en France, données GIS Elevage Demain, 2016), dépendent directement ou indirectement de l'élevage. Pour autant, le passé récent a mis en avant les limites d'un développement continu des productions animales. L'élevage est aujourd'hui confronté à des enjeux environnementaux et sociétaux forts qui nécessitent des évolutions importantes dans les modes de production. Les méthodes d'élevage sont contestées vis-à-vis des atteintes à l'environnement, des émissions de GES (gaz à effet de serre), de l'utilisation inefficace des ressources, la dépendance de l'élevage européen aux importations de soja, du respect du bien-être animal et de l'usage des anti-infectieux avec la crainte d'impacts environnementaux par rejet de molécules bioactives de bactéries et de gènes de résistance aux antibiotiques dans les milieux et *in fine* de développement de multi-résistance aux antibiotiques. L'idée selon laquelle des régimes alimentaires moins riches en produits animaux seraient meilleurs pour la santé et pour l'environnement se répand. Dans le même temps, l'élevage doit aussi faire face à des enjeux d'autre nature. Le changement climatique peut affecter la disponibilité des ressources, la santé des animaux et le risque de développement de zoonoses. Il faut aussi relever le défi de la compétitivité dans des marchés ouverts et s'adapter à la volatilité des prix, des marchés et des revenus, les filières françaises paraissant d'ailleurs ici plus fragilisées que celles d'autres bassins de production européens.

Produire mieux et à coût contenu doit contribuer à répondre aux attentes des consommateurs et des filières européennes en termes de modes de production plus respectueux de l'animal, de l'environnement et des éleveurs et de diversification des produits et des marchés. L'Europe a ici une responsabilité toute particulière car si elle ne peut pas nourrir le monde, il est de sa responsabilité, en tant que région où la demande sociale est aujourd'hui la plus élevée, de montrer comment concilier production, environnement et bien-être global des sociétés. Les travaux conduits dans les Unités et Installations Expérimentales de l'Inra contribuent à la recherche de solutions pour relever tous ces défis, notamment :

- la génétique et la physiologie animale qui doivent permettre de disposer d'animaux moins sensibles aux aléas, plus faciles à élever dans une large gamme de conditions d'élevage et plus efficaces, produisant moins de déjections et de GES (notamment de méthane pour les ruminants) et valorisant au mieux des ressources alimentaires nouvelles non directement concurrentes de matières premières aussi utilisées pour l'alimentation de l'homme ;
- la conduite de l'élevage et de l'alimentation pour une efficacité accrue de conversion de la biomasse utilisée pour l'alimentation animale en produits animaux et la simplification du travail. L'accroissement de l'efficacité de l'élevage doit aussi permettre de limiter les rejets des animaux et notamment abaisser l'empreinte carbone des produits animaux ;
- la maîtrise de la santé animale et la réduction de l'usage des anti-infectieux sont des priorités majeures. La meilleure compréhension des interactions entre l'hôte et le pathogène et le développement d'approches intégrées de gestion de la santé animale doivent permettre de réduire les usages de produits médicamenteux en élevage et donc leurs possibles effets contraires tout en maintenant un niveau équivalent de protection de la santé des animaux ;
- le développement de systèmes d'élevage mobilisant les principes de l'agro-écologie pour réduire les émissions de GES, boucler les cycles des éléments, tirer parti des complémentarités entre production



- 
- animales et végétales, accroître la résilience face aux changements globaux et produire des services écosystémiques, notamment contribuer au stockage de carbone dans les sols et à entretenir la biodiversité ;
- l'élevage de précision qui repose sur l'utilisation d'informations acquises via des technologies valorisant les avancées de la micro-électronique et des télécommunications doit permettre à l'éleveur d'utiliser avec une précision accrue les différents facteurs de production et ainsi d'accroître leur efficacité d'utilisation à condition de disposer de système d'information et d'outils d'aide à la décision (OAD) performants aptes à valoriser au mieux la masse de données disponible pour renseigner sur l'état physiologique des animaux, produire des alertes ou proposer des actions adaptées.

Nombre de ces travaux pose la question de l'élaboration des phénotypes et du phénotypage à haut débit des caractères d'intérêt chez les animaux. La connaissance de l'élaboration des phénotypes et le phénotypage sont ainsi l'un des principaux défis que doit relever les recherches en production animale. Face au développement spectaculaire des connaissances sur le génome, il y a un manque criant de connaissances sur l'expression des phénotypes, pour une double finalité :

- une sélection éclairée pour améliorer l'efficacité de la production et la robustesse des génotypes. Les progrès réalisés par la sélection génomique permettent aujourd'hui de repenser les critères de sélection et de les diversifier tout en raccourcissant les délais entre la définition des objectifs et l'amélioration effective des cheptels. Cette sélection entraîne de nouveaux besoins de phénotypage car elle nécessite la caractérisation d'une population de référence ;
- un élevage de précision qui valorise au mieux la variabilité individuelle des animaux pour gagner en efficacité et en résilience à l'échelle du troupeau ou pour améliorer la conduite des animaux d'un génotype donné. La connaissance plus fine de l'animal associée aux technologies du numérique en émergence permettra de mieux piloter la conduite d'élevage par une approche individuelle à l'animal, ainsi que par la production d'alertes à destination de l'éleveur pour un diagnostic précoce des troubles, voire permettre demain d'anticiper les ajustements requis.

Deux types de phénotypage doivent être envisagés :

- le phénotypage de caractères d'intérêt socio-économique qui constituent la finalité recherchée. Ils résultent de mécanismes faisant appel à des régulations complexes. Ces phénotypes sont d'autant plus onéreux à mesurer qu'il s'agit de critères zootechniques qui doivent souvent être observés sur des pas de temps longs et sur un nombre conséquent d'individus. Les capteurs (au sens le plus large : puces RFID, radio-identification, caméras, micros, accéléromètres, automates d'analyse, etc.) sont de plus en plus efficaces et de moins en moins coûteux pour accéder à ces phénotypes ou à des proxys. Ils permettent d'avoir accès à haut débit et à moindre coût à des caractères d'importance mais non disponibles sans ces technologies. À titre d'exemple, on citera les pesées automatisées journalières des animaux, la mesure des quantités ingérées individuelles d'eau et d'aliment, les développements de l'analyse d'image qui permettent d'informer sur l'état corporel des animaux, la présence de boiteries ou plus généralement le comportement des animaux, l'analyse des vocalises pour la détection d'infections respiratoires et plus généralement de tout système permettant l'identification et la mise en œuvre d'indicateurs de bien-être basés sur des mesures sur animaux, etc.
- le phénotypage de caractères plus élémentaires et plus proches du mécanisme causal qui rend plus facile l'identification des gènes responsables. Ce phénotypage fin implique de réaliser des mesures particulièrement approfondies et à des échelles élémentaires (au niveau moléculaire, cellulaire, tissulaire...) des caractéristiques biologiques de l'animal qui expliquent un phénotype complexe observé à l'échelle de l'animal.

Le phénotypage à haut débit signifie qu'une méthode de mesure des phénotypes fiable, automatisable et rapide est établie de sorte que le processus de mesure permette de générer un grand nombre de données dans un laps de temps raisonnablement court. Le haut débit peut s'appliquer au phénotypage fin tout

comme à celui des caractères d'intérêt zootechnique. L'intégration des données du monde des « omiques » (génomique, transcriptomique, protéomique, métabolomique, etc.) et des données de capteurs (et logiciels associés) qui fournissent des informations sur les phénotypes d'intérêt zootechniques, aujourd'hui deux mondes distincts, permettra de renouveler la biologie prédictive, d'améliorer, via la sélection génomique, de nombreux caractères d'intérêt rendus accessibles par les technologies de l'élevage de précision, et d'augmenter la précision du phénotypage.

L'enjeu pour les recherches Inra, conduites dans les Unités et Installations Expérimentales, est de fournir des connaissances pour tirer au mieux parti de ces promesses. Cet enjeu repose sur l'acquisition à haut débit et la gestion de données issues de différentes origines ce qui met aussi en avant la nécessité impérieuse de disposer d'un système d'information performant et cohérent permettant l'interopérabilité entre les bases de données et l'accès facilité aux données mises à disposition des collectifs de recherche. Le Cati Sicpa (animé par B. Urban et E. Ricard) a un rôle central pour ces nouveaux enjeux de recherche. Il a pour mission d'organiser, faciliter et fiabiliser la collecte de données depuis des sources de plus en plus variées, leur stockage au sein de bases de données et leur mise à disposition pour répondre aux besoins des chercheurs et aussi pour fournir une information aisément utilisable par les personnels en charge de la conduite de l'expérimentation et de la gestion des troupeaux pour les aider dans leur prise de décision au quotidien.

*J.L. Peyraud*  
*Directeur Scientifique Adjoint Agriculture*



