



Phénotypage des animaux d'élevage

LIPH4SAS : une infrastructure nationale de recherche pour le phénotypage des animaux d'élevage.

Mots clés : phénotypage, recherche, élevage, échantillonnage, génétique

Auteurs : Jean-Pierre BIDANEL (1, 2), Yvon BILLON (2), Mouna LOUCIF (1), Stéphane INGRAND (3)

(1) GABI, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78350 Jouy-en-Josas

(2) INRAE, département Génétique Animale, 31326 Castanet-Tolosan

(3) Département Physiologie Animale et Systèmes d'élevage, 63122 Saint-Genès-Champanelle

Coordonnées de l'auteur correspondant : jean-pierre.bidanel@inrae.fr

Présentation de l'infrastructure de recherche LIPH4SAS (« Livestock Phenotyping for Sustainable Agroecological Systems »), dédiée au phénotypage animal des caractères pour la transition agroécologique des systèmes d'élevage. Cet article a fait l'objet d'une présentation sous la forme d'une poster aux 57^{es} journées de la recherche porcine (St Malo, France, 4-5 février 2025) »

Résumé

L'infrastructure de recherche LIPH4SAS (« Livestock Phenotyping for Sustainable Agroecological Systems ») est dédiée au phénotypage animal, en vue de promouvoir la transition vers des systèmes agricoles et alimentaires plus durables, basés sur des principes agroécologiques. LIPH4SAS se compose de huit unités expérimentales (quatre pour les ruminants, deux pour les porcs et deux pour les truites). Il comprend également une plateforme pour l'étude approfondie de la physiologie animale et un groupe d'ingénieurs chargés de la gestion des données et du développement d'outils de phénotypage. LIPH4SAS comprend des compétences et des outils pour un phénotypage détaillé et multi-échelle (par exemple, chirurgie, imagerie *in vivo* et *ex vivo*, chambres respiratoires) et un phénotypage horizontal de grands groupes d'animaux (par exemple, abattoirs ; équipement pour mesurer la croissance, l'ingestion d'aliments, l'efficacité de l'utilisation des aliments, la composition corporelle, le comportement, la santé, la qualité des produits et les émissions de gaz à effet de serre). LIPH4SAS vise à fournir un service global qui favorise l'interaction entre les communautés scientifiques, harmonise les pratiques afin de garantir les plus hauts niveaux d'expertise et d'éthique possibles en matière d'expérimentation animale et de bien-être, encourage l'innovation dans le domaine de la science animale et facilite l'accès et l'utilisation des données (principes FAIR).

Abstract: LIPH4SAS: a French national research infrastructure for phenotyping livestock

The LIPH4SAS ("Livestock Phenotyping for Sustainable Agroecological Systems") research infrastructure is dedicated to phenotyping livestock and enables experiments, phenotyping and biological sampling for the animal-research community, with a view to promote the transition to more sustainable agricultural and food systems based on agroecological principles. LIPH4SAS consists of eight experimental units (four for ruminants, two for pigs and two for trout). It also includes a platform for studying livestock physiology in depth and a group of engineers responsible for managing data and developing phenotyping tools. It provides skills and tools for detailed and multi-scale phenotyping (e.g., surgery, *in vivo* and *ex vivo* imaging, respiration chambers) and horizontal phenotyping of large groups of animals (e.g., slaughterhouses; equipment for measuring growth, feed intake, feed-use efficiency, body composition, behaviour, health, product quality, and greenhouse gas emissions). LIPH4SAS aims to provide a global service that promotes interaction between scientific communities, harmonizes practices to ensure the highest levels of expertise and ethics possible in animal experimentation and welfare, encourages innovation in animal science and facilitates accessibility to the findability, accessibility, interoperability and reuse (FAIR) of data.

INTRODUCTION

Une infrastructure de recherche (IR) désigne l'ensemble des installations, équipements, ressources et services essentiels et d'envergure nationale, voire européenne. LIPH4SAS, acronyme anglais de "Phénotypage animal pour des systèmes agroécologiques durables" est une IR créée par INRAE en 2021, afin de favoriser les recherches sur la transition agroécologique de l'élevage (voir <https://liph4sas.fr>). Inscrite sur la feuille de route nationale des IR (Anonyme, 2022), LIPH4SAS est dédiée au phénotypage des animaux d'élevage, domaine en évolution rapide avec le développement de capteurs et autres objets embarqués, des technologies "omiques", de l'analyse d'images ou de sons... qui permettent d'obtenir de façon peu ou pas invasive des mesures automatisées.

Ces nouveaux équipements permettent d'obtenir des mesures répétées, voire en continu, offrant ainsi la possibilité d'étudier la dynamique des fonctions biologiques. Ils rendent également possible l'obtention de données sur des caractères jusqu'à présent difficilement mesurables (santé, comportement,...) ou de revisiter la mesure de phénotypes standards (Pairault et al., 2024). Leur développement est fortement lié à l'explosion du numérique, qui constitue un outil majeur pour la recherche et un levier potentiel, sous certaines conditions, pour favoriser la transition agroécologique de l'agriculture et de l'élevage. L'objectif de cet article est de présenter l'IR LIPH4SAS, les différents services qu'elle propose et ses perspectives d'évolution.

I. PRESENTATION DE LIPH4SAS

LIPH4SAS est une IR distribuée (composée de plusieurs entités), dont l'objectif est de conduire des expérimentations, de fournir des échantillons biologiques et de collecter des données sur les animaux (phénotypes) et leur environnement d'élevage pour les communautés scientifiques en sciences animales et leurs partenaires. Les recherches menées dans le cadre de cette IR ont pour objectif principal de faciliter la transition agroécologique de l'élevage.

Elle est constituée de 10 entités (Tableau 1), dont huit unités (UE, avec une direction propre) ou installations (IE, dépendant d'une unité de recherche) expérimentales (trois d'entre elles hébergent des bovins, trois des porcins, trois des ovins, une des caprins, une des équins et deux des truites), une plateforme d'exploration fonctionnelle dédiée aux animaux d'élevage et un collectif d'informaticiens et

automaticiens (Cati SICPA), qui développent des outils de phénotypage et gèrent les données produites par les 10 UE/IE. Elles sont réparties sur une grande partie du territoire (Figure 1), ce qui permet à LIPH4SAS d'offrir une variété de milieux d'élevage (bocage normand vs moyenne montagne, plaines du centre vs Causses du Larzac) et de systèmes d'élevage (biologique vs conventionnel) qui permet d'étudier les interactions génotype x milieu.

LIPH4SAS héberge également une grande diversité de ressources génétiques qui constituent des modèles d'étude extrêmement précieux : races ou populations commerciales, populations originales, lignées divergentes sélectionnées sur différents critères (consommation résiduelle, résistance aux mammites, longévité fonctionnelle, composition du microbiote...).

Tableau 1 : Les 10 entités composant LIPH4SAS

Acronyme	Nom (espèces)
Herbipôle	UE ¹ Herbipôle (bovins, ovins) / https://herbipole.clermont.hub.inrae.fr
UEP	UE du Pin-au-Haras (bovins laitiers) / https://uep.isc.inrae.fr
GenESI	UE Systèmes porcins innovants (porcins) / https://genesi.isc.inrae.fr
UE3P	UE Physiologie et Phénotypage des Porcs (porcins) / https://ue-3p.isc.inrae.fr/
PEIMA	UE Systèmes d'élevage aquacoles (truites) https://infrastructures-recherche.inrae.fr/liste-des-infrastructures/iscs/peima
NUMEA	IE ² Nutrition et métabolisme de la truite (truites) / https://aquapole.bordeaux-aquitaine.hub.inrae.fr/umr-numea/installations-experimentales
P3R	UE Phénotypage de Petits Ruminants (caprins, ovins) / https://p3r.isc.inrae.fr
PAO	UE Physiologie Animale de l'Orfraise (bovins, ovins, porcins, équins) / https://uepao.val-de-loire.hub.inrae.fr
PIXANIM	Plateforme de Phénotypage par Imagerie <i>in/ex vivo</i> de l'animal à la molécule (chirurgie, imagerie, « omiques ») / https://pixanim.val-de-loire.hub.inrae.fr
SICPA	Systèmes d'information et de calcul pour le phénotypage animal (collecte/gestion des données) / https://germinal.toulouse.inra.fr/wiki/doku.php

¹UE : unité expérimentale ; ²IE : installation expérimentale

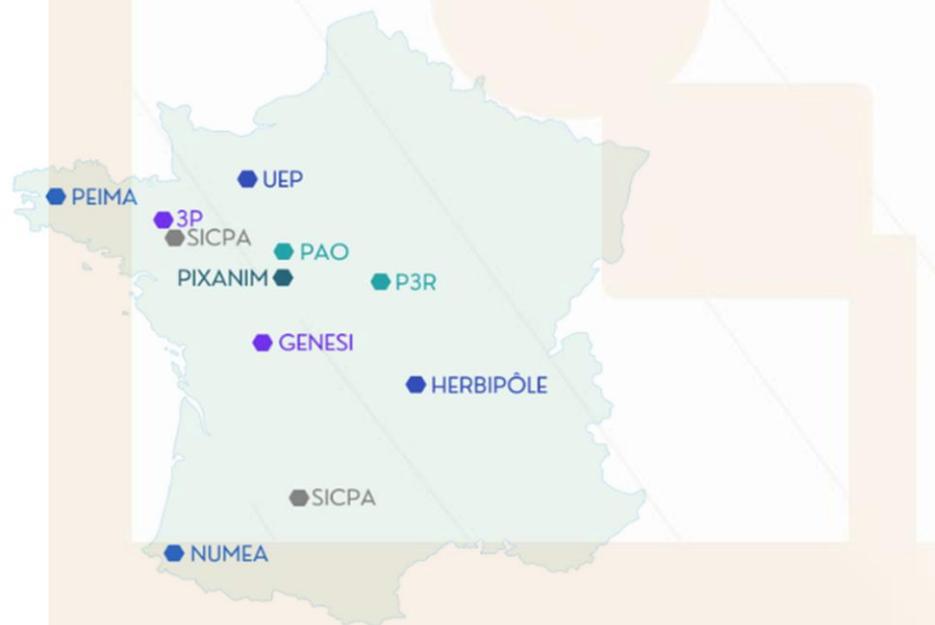
II. PLUS VALUES DE L'IR

L'IR permet à la fois de phénotyper des grandes cohortes d'animaux pour de nombreux caractères dans des conditions de milieu maîtrisées (phénotypage horizontal), nécessaire pour les recherches en génétique ou sur les systèmes d'élevage, et du phénotypage plus approfondi, jusqu'à l'exploration fonctionnelle, sur des lots d'animaux plus réduits (phénotypage vertical). La reconnaissance comme IR nationale a permis d'obtenir des financements pour l'acquisition de nouveaux outils de phénotypage : dispositifs de mesure de la consommation d'aliments concentrés, de fourrages, d'eau ou de lait, mesure de la digestibilité, accéléromètres, caméras pour l'étude des comportements à l'aide de méthodes d'intelligence

artificielle, dispositifs de mesure des gaz à effets de serre, etc. Plusieurs de ces technologies ont été développées en interne (SICPA). L'ensemble des équipements et leurs caractéristiques sont disponibles dans une base de données dédiée (Phenotool ; Loucif et al., 2024).

L'harmonisation des pratiques et des approches, notamment en termes de qualité, d'éthique et de déontologie, et de respect des réglementations, particulièrement celle relative à l'expérimentation animale, bénéficie d'un appui institutionnel fort d'INRAE. Il s'appuie également sur de nombreux travaux de recherche visant à améliorer le bien-être animal et à promouvoir les alternatives à l'expérimentation animale.

Figure 1 – Répartition géographique des entités de LIPH4SAS



La qualité et l'ouverture des données produites au sein de LIPH4SAS s'appuient sur des systèmes d'information (SI) interopérables développés à la fois par espèce (données spécifiques) et par fonction (sanitaire, alimentation, parcellaire...) (Journaux et al., 2018 ; Lagant et al., 2018). Ces SI assurent à chaque fois que possible une collecte et une gestion automatisées des données et sont dotés de nombreux contrôles de cohérence qui garantissent

la qualité des données. Des développements sont en cours, dans le cadre notamment du projet Patasel (ANR-22-PEAE-0013), pour aller jusqu'à des données "FAIR" (acronyme anglais pour "Trouvable, Accessible, Interopérable et Réutilisable") et permettre leur ouverture aux communautés scientifiques (Muñoz-Tamayo et al., 2022).

CONCLUSION

L'IR LIPH4SAS s'inscrit dans une stratégie de structuration des infrastructures scientifiques, afin de leur permettre de se situer au meilleur niveau international dans leur domaine d'activité et de fournir aux équipes de

recherche le meilleur niveau de service possible pour répondre aux enjeux majeurs auxquels sont confrontés l'agriculture, l'élevage et la transition agroécologique.

Références bibliographiques

- Anonyme, 2022. Feuille de route nationale des infrastructures de recherche 2021. www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/la-feuille-de-route-nationale-des-infrastructures-de-recherche-2021-84056.

- Journaux A., Reichstadt M., Salin G., Fève K., Chalier P., Meslier F., Dubreuil D., Gaudron Y., Furstoss V., Espinasse C., NoteP., Valancogne A., 2018. Les systèmes d'informations transversaux multi espèces. Cahier des Techniques de l'INRA, N° Spécial : Phénotypage animal : de la donnée brute à sa valorisation,68-77. (hal-02625964).
- Lagant H., Allain C., Bailly J., Barbey S., Barrieu J., Batut M.C., Baumard Y., Caillat H., Colette S., Jaccaz D., Debrusse. A.M., Laperruque F., Normant S. Patinote A., Ravon L., Reigner F., Savoie J., 2018. Les systèmes d'informations de phénotypage des animaux à l'Inra. Cahier des Techniques de l'INRA, N° Spécial : Phénotypage animal : de la donnée brute à sa valorisation (hal-02626578).
- Loucif M., Pairault G., Billon Y., Ingrand S., Bidanel J.P., 2024. PHENOTOOL: An information-sharing platform for livestock phenotyping methods and tools. 75th Annual Meeting of the EAAP, September 1-5, 2024, Florence, Italy, Poster 28-15, p. 405 (hal-04722797).
- Muñoz-Tamayo, R., Nielsen, B. L., Gagaoua, M., Gondret, F., Krause, E. T., Morgavi, D. P., Olsson I.A.S., Pastell M., Taghipoor M., Tedeschi L., Veissier I., Nawroth, C. (2022). Seven steps to enhance Open Science practices in animal science. PNAS Nexus, 1(3) (hal-035444902v2).
- Pairault G., Allain C., Baumont R., Billon Y. et al., 2024. Phenotyping tools and data collection for the agroecological transition. 75th Annual Meeting of the EAAP, September 1-5, 2024, Florence, Italy, Poster 43-24, p. 539 (hal-04722802).