

Les Systèmes d'Informations de phénotypage des animaux à l'Inra

Hervé Lagant¹, Charlotte Allain¹, Jean Bailly², Sarah Barbey³, Josette Barrieu⁴, Marie-Christine Batut¹, Yannick Baumard⁵, Hugues Caillat⁶, Ségolène Colette³, Déborah Crespin⁷, Anne-Marie Debrusse⁸, François Laperruque¹, Sophie Normant¹, Amélie Patinote⁹, Laure Ravon², Fabrice Reigner⁷, Jonathan Savoie⁷

Résumé. Les systèmes d'informations (SI) de phénotypage des animaux, appelés Sicpa suivi du nom de l'espèce (Bovins, Caprins et Ovins, Porcins, Lapins, Volailles, Poissons et Equins), sont des outils informatiques d'acquisition de données et de gestion des élevages. Ces projets sont développés dans le cadre du Cati Sicpa, par des informaticiens des Départements GA (Génétique Animale) et Phase (Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage). Ils permettent de mettre à disposition des agents d'élevage des outils assurant la fiabilisation des saisies, de centraliser les informations dans des bases de données structurées et sécurisées, et de restituer simplement aux scientifiques des jeux de données aussi propres que possible. Ces SI ont été mis en place progressivement depuis le début des années 1990 et sont en perpétuelle évolution, répondant aux nouveaux besoins demandés, d'une part par les scientifiques pilotant des expérimentations, et d'autre part par les nouvelles méthodes de collectes des informations de terrain (adaptation des logiciels aux chantiers, automatismes...). Ces SI sont, depuis quelques années, des actifs stratégiques du Département GA. En 2017, ils sont utilisés dans 36 élevages (et 13 élevages en phase de transition) dans les huit espèces.

Mots clés : système d'informations, base de données, phénotypage, expérimentation, mesures, animaux, animalerie, bovins, caprins, équins, lapins, ovins, poissons, porcins, volailles

Introduction et contexte

Les expérimentations menées dans les Départements de Recherche concernés par les animaux de rente, sont réalisées, pour partie, dans des troupeaux élevés dans les Unités et Installations Expérimentales (UE/IE). La gestion de ces animaux nécessite de collecter de grands volumes d'informations de qualité en temps réel. Depuis de nombreuses années, les Départements GA et Phase ont développé des bases de données, des logiciels et des automatismes en conséquence. Au début des années 2010, la plupart des systèmes d'informations ont démarré une mutualisation dans ces deux Départements. Les forces de développement sont d'environ 3,2 ETP pour l'ensemble des SI. Cet article ne présentera que les SI liés à la gestion des informations phénotypiques des élevages expérimentaux, et ce, pour les espèces bovines, les caprins et ovins (petits ruminants), les porcins, les volailles, les poissons, les lapins, les animaux de laboratoire et les équins.

Architecture générale

L'ensemble des SI cités ci-dessus (sauf celui des équins, à ce jour) ont la même architecture informatique (**Figure 1**). Elles sont de type client-serveur, composées d'une base de données centralisée, d'applications clientes « lourdes » (PC et mobile), et de périphériques communiquant avec les applications par réseau, USB, Wi-Fi ou Bluetooth. Côté scientifique, les accès se font principalement depuis les outils SAS (statistical analysis system) et R, disponibles sur les serveurs de calcul du CTIG (Centre de Traitement de l'Information Génétique, 78352 Jouy-en-Josas), en connexion directe (lecture seule) sur la base de données.

1 UMR GenPhySE, Inra, 24 chemin de Borde-Rouge, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

2 UE GenESI, Inra, Domaine du Magneraud, 17700 Surgères, France

3 UE Domaine Expérimental de Borculo, Inra, 61310 Le Pin-Au-Haras, France

4 UE Palmipèdes à Foie Gras, Domaine d'Artiguères, Inra, 40280 Benquet, France

5 UE Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours, Inra, 37380 Nouzilly, France

6 UE FERLUS, Inra, Les Verrines, 86600 Lusignan, France

7 UE Physiologie Animale de l'Orfrasière, Inra, 37380 Nouzilly, France

8 UE PECTOUL, 24 chemin de Borde-Rouge, Inra, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

9 UR Laboratoire de Physiologie et Génétique des Poissons, Inra, 35042 Rennes, France

herve.lagant@inra.fr

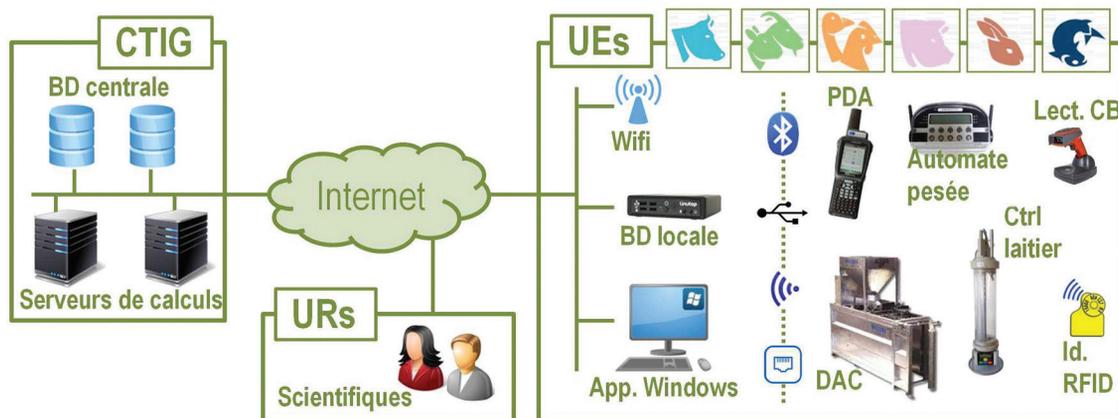


Figure 1. Schéma général des ressources des SI de phénotypage.

Les outils proposés sont, en premier lieu, étudiés et développés de manière à faciliter les collectes d'informations et, permettre leurs restitutions pour faciliter les prises de décisions sur les lieux d'élevage. Une des contraintes tout aussi forte est de rester « maître » des outils pour les faire évoluer à volonté, au gré des nouveaux matériels ou recherches.

Les bases de données

Les bases de données sont centralisées

Le choix des gestionnaires de données est d'abord « historique » puisque depuis les années 90, le système Oracle, aujourd'hui en version 11 g, héberge les bases des bovins, des petits ruminants, des porcins et des volailles. Afin de favoriser les produits du « monde libre », et de prévenir une éventuelle charge financière qu'aurait pu représenter le coût du serveur Oracle, un second serveur, MySQL, a été mis en place dans les années 2000. Une évolution de ce dernier vers MariaDB garantit la pérennité et l'ouverture de la solution. Il permet, aujourd'hui, d'accueillir, entre autres, les bases de données (BD) des lapins et des poissons.

Ces deux serveurs sont hébergés par le CTIG, Unité de Service du Département de Génétique Animale. L'équipe système du CTIG a la charge de l'ensemble de la gestion des serveurs Oracle et MariaDB (installation, maintenance, évolutions), respectivement sur des systèmes d'exploitation IBM Aix et Linux Redhat. Les bases de données sont, quant à elles, administrées par les responsables informatiques de chaque SI.

La sécurité des bases de données est principalement assurée sur trois plans :

- ✓ les bases sont sauvegardées toutes les nuits par un serveur Tivoli (IBM). Les trois dernières versions des backups sont gardées ;
- ✓ les serveurs qui hébergent ces bases sont intégrés dans un plan de reprise d'activité (PRA) afin de parer un incident majeur au niveau du CTIG ;
- ✓ l'accès à chacune des BD est filtré par le firewall du CTIG sur les adresses IP des postes s'y connectant.

Une base de données locale sur les élevages

Pour des besoins spécifiques, un petit serveur de type « Linutop » peut être installé dans les locaux des élevages. Il a pour rôle de fournir une base de données locale MySQL, qui envoie les données dans la base

centrale de manière programmée. Les PDA (personal digital assistant) appareils mobiles de saisie de terrain peuvent se connecter à cette base grâce au Wi-Fi, et y lire ou y écrire en temps réel des informations, réduisant ainsi les délais de transmissions, et donnant la possibilité à ces appareils de travailler sur des jeux de données simultanément.

Une base de données pour la mobilité

Les appareils mobiles utilisés pour la saisie d'informations sur le terrain peuvent aussi héberger une base de données utilisée par une application spécifique du SI, qui est alors totalement autonome vis à vis d'un réseau Wi-Fi. Les choix se sont portés sur SQL Server Compact 3.5, des jeux de fichiers textes ou XML. Ces données pourront être « synchronisées » avec la base centrale au moyen de l'application PC ou envoyées à la base centrale par une connexion Wi-Fi lorsque celle-ci est accessible.

Les applications métiers

Dédiées à l'élevage

Chacun des SI possède ses propres logiciels clients, adaptés au mieux au type de production et au besoin auquel il est attaché. Dans la plupart des SI, au moins deux types d'applications, sur les plateformes Windows pour PC et Windows mobile, se complètent :

- ✓ la première, sur plateforme Windows pour PC, a pour but principal de pouvoir à la fois faire de la saisie et consulter les données, de réaliser des éditions (listes, résultats techniques, bilans...) et extraire des jeux de données. C'est l'outil de gestion de l'élevage dans le bureau ;
- ✓ la seconde, sur plateforme Windows Mobile pour PDA, est dédiée au terrain et a été conçue principalement pour faire une saisie adaptée aux chantiers d'élevage. Celle-ci a la possibilité de connecter des périphériques de lecture : lecteur RFID (radio frequency identification) pour les boucles électroniques des animaux, douchette de lecture des codes à barres, automate de pesée ;
- ✓ des applications sur client web commencent à naître. Si aucune n'est en production à ce jour pour les SI proposés, des développements ont commencé notamment pour Sicpa Porcins. Ces outils disponibles aux utilisateurs habituels viseront les scientifiques en particulier. Ils permettront d'afficher des disponibilités d'animaux sur l'élevage, de faire des extractions de données, d'avoir des résultats techniques, etc.

Les développements

Depuis le milieu des années 2000, une homogénéisation des outils de développements s'est effectuée par l'utilisation de Microsoft Visual Studio, et plus particulièrement l'adoption du langage C#. Ce choix a principalement été dicté par la souplesse et la richesse du langage et de son framework. Conforté par une communauté internationale très importante, la portabilité de ce langage est possible sur des plateformes diverses telles que Windows PC, Windows Mobile et Raspberry / Linux / Mono. Toutes les applications « clients lourds » sont maintenant développées en C#.

Au-delà de l'atelier de développement, d'autres pratiques et outils communs se sont imposés afin de favoriser cette homogénéisation dans la production des logiciels et de leur maintenance (Journaux et al., 2018a). Une Forge du Département GA a été lancée en 2011, où tous les projets sont maintenant gérés. Les versions des codes sources sont déposées, et la communication avec les utilisateurs est facilitée et tracée. Plus récemment, une charte ergonomique a été mise en place afin, là encore, d'homogénéiser les aspects visuels et fonctionnels des applications. Un framework personnalisé hérité du .NET Framework est utilisé pour le



développement des projets les plus récents. Des bibliothèques dynamiques ont été développées afin de favoriser la réutilisation du code source (authentification LDAP [lightweight directory access protocol], gestion de la mise à jour des applications...).

Les échanges entre SI

Si les SI présentés dans cet article n'ont aucune raison d'échanger des informations entre eux, ils sont à même de produire et de recevoir des informations en relation avec d'autres SI « transversaux » et multi-espèces (Sicpa Sanitaire et Alimentation, Sicpa Parcelle, Sicpa Expérimentations, eSIToul BarCode). La technologie retenue est celle des webservices décrite dans l'article de Journaux et al., 2018a.

Pour exemple, chaque SI « espèce » est capable de fournir aux SI « transversaux » une liste des animaux présents sur l'élevage à un instant donné, afin que ce dernier puisse enregistrer ses propres informations rattachées aux animaux correspondants. Cette liste comporte des attributs liés aux animaux, tels que le sexe, la date de naissance, la localisation, divers autres lots, la date de sortie d'élevage (facultative), etc.

Inversement, les SI transversaux peuvent aussi fournir des informations intéressant les SI liés aux espèces pour des raisons décisionnelles : délais d'attente dus à des traitements sanitaires avant de pouvoir commercialiser les animaux aux abattoirs, par exemple.

L'utilisation des SI et perspectives

Au moment de l'écriture de cet article, les SI bovins, lapins, porcins, ovins/caprins et volailles sont en production depuis de nombreuses années (**Tableau 1**). Sicpa Poissons est en version test. Un nouveau SI équins va être proposé dans les prochains mois sur la base de Sicpa Bovins. Une étude est en cours pour gérer les animaleries à partir de Sicpa Lapins.

Tableau 1. Les SI « espèces » en quelques chiffres

	Sicpa Bovins	Sicpa Lapins	Sicpa Ovins / Caprins	Sicpa Porcins	Sicpa Volailles
Année de mise en service	2003	1992	2003	2012	2008
Année de la donnée la plus ancienne	1967	1993	1980	1973	1985
Nombre de tables et vues	166 + 53	106	110	136 + 20	136
Nombre de variables / champs	1 445			970	
Poids de la BD en Go	8	0,2	2,2	11	1,2
Nombre total d'enregistrements	> 6 000 000	2 800 000	> 9 000 000	> 17 000 000	> 4 000 000
Par an - Poids en Go	0,5		0,3	0,5	0,2
Par an - Nb d'enregistrements	> 400 000	20 000	> 600 000	> 500 000	> 400 000
Par an - Nb de connexions	> 3 800		> 6 500	> 8 500	> 2 800
Nb élevages (actuels + archivés + en cours d'intégration)	7 + 2 + 5	2 + 0 + 1	14 + 3 + 2	7 + 1 + 0	6 + 0 + 1
Nb total d'utilisateurs déclarés (/ connectés)	43	14	160	64	124

Ces SI sont devenus rapidement des outils indispensables au quotidien des utilisateurs sur les élevages. L'utilisation étant de plus en plus pointue et les recherches se diversifiant, les besoins en termes d'évolutions sont permanents quel que soit le système d'informations. Aussi, l'utilisation de plus en plus soutenue des applications mobiles sur le terrain, car répondant au mieux aux chantiers de mesures et d'observations, génère des demandes de nouveaux modules, favorisant la qualité, l'efficacité et la sécurité de l'enregistrement des données.

La gestion de la production laitière dans Sicpa Bovins

Les modules de gestion du lait de Sicpa Bovins ont été mis en place au Domaine Expérimental du Pin début 2010, puis étendus aux autres élevages bovins laitiers. Ils permettent d'intégrer automatiquement les données de traite et d'analyse du lait, de les valider et de les valoriser.

Intégration et validation des traites

L'intégration des données issues de la salle de traite se fait via un raccourci installé sur le bureau de l'ordinateur dédié. Ce raccourci déclenche la récupération des données (date, heure de traite, production laitière, faisceau de traite, débits, durée, conductivité) pouvant provenir de divers automates de traite (« Boumatic » au Pin-Au-Haras et Ferlus, « Alpro » à l'Herbipôle et Méjusseaume, « Manus » à Nouzilly), puis l'intégration automatique de celles-ci dans la base de données. En routine les animaliers effectuent cette opération à la fin de chaque traite. Si pour une raison quelconque, la base de données est inaccessible (coupure Internet, par exemple), ce même module peut être lancé manuellement, *a posteriori*, dans l'application Sicpa Bovins.

Les résultats d'analyse du lait sont envoyés toutes les semaines par les laboratoires spécialisés sous forme de fichier informatisé. Celui-ci est lu dans un module d'importation spécifique qui permet de visualiser les informations et ainsi de détecter des erreurs, puis d'enregistrer les données. Des spectres MIR (moyenne infra-rouge) peuvent être intégrés sur le même principe.

À chaque ouverture de l'application Sicpa Bovins, une fenêtre « Journal des récupérations » indique lorsque des dates de début (pour les vêlages) et fin (pour les tarissements) de lactation sont à confirmer.

Un module vérification des traites permet de valider les données de production laitière. Il se présente sous la forme d'un tableau dans lequel une ligne correspond à un animal et les colonnes correspondent aux traites de la semaine (matin, soir, total). Un code couleur permet de faire ressortir les valeurs manquantes ou les fortes variations : différences par rapport à la traite précédente et à la moyenne des 7 derniers jours. Les valeurs de différences sont paramétrables. Chaque valeur de traite peut être corrigée avant d'être validée. Un clic droit sur une vache permet de visualiser la courbe de lactation.

Exportation et éditions

Les données de traite et d'analyse du lait peuvent être extraites de deux manières : soit via des « listes simples », qui est un module de « requêtage », soit via des éditions prédéfinies exportables pour la plupart sous Excel. Les principales éditions sont les suivantes :

- ✓ récapitulatif des traites : différents tableaux reprennent quelques statistiques simples des traites du matin, du soir et de la journée. Ceux-ci peuvent être édités selon différents critères choisis : rang de lactation, localisation, race, lot expérimental...
- ✓ bilan de lactation : c'est une synthèse des performances d'une vache, avec par ligne la moyenne hebdomadaire du lait, des taux, des cellules somatiques, du poids et de la NEC (note d'état corporel), ainsi qu'une courbe de lactation ;



- ✓ bilan par semaine ou jour : exporte dans un fichier Excel, chaque variable (quantité et compositions du lait, composantes morphologiques) représentée sur un onglet, les données des vaches par jour ou semaine, en calendrier ou à partir du jour du vêlage ;
- ✓ extraction des lactations par vache : édite un fichier Excel, par vache, chacune des lactations dans un onglet. Pour chaque jour de traite, apparaissent la quantité et les compositions du lait ainsi que les composantes morphologiques (poids, notes d'état) de la vache.

La gestion de la reproduction dans Sicpa Ovins/Caprins

Le SI Sicpa Ovins/Caprins est utilisé comme son nom l'indique sur les deux espèces ovine et caprine et pour deux types de production (viande et lait). Il est en fonction dans 10 UE/IE des Départements GA et Phase.

La reproduction des petits ruminants est saisonnée et peut être réalisée de différentes manières : soit par insémination artificielle (IA) soit par monte naturelle. L'IA consiste à prélever la semence des mâles dans les centres d'IA, de la stocker dans des paillettes et de la déposer dans les voies génitales des femelles. La monte naturelle peut-être de différentes formes :

- ✓ lutte en main : chaque femelle est présentée à un mâle connu,
- ✓ lutte en lot : un lot constitué de femelles et de plusieurs mâles identifiés ou non.

Le SI Sicpa Ovins/Caprins s'est adapté à la reproduction particulière et variée des petits ruminants.

Pour une même campagne (ou année), l'utilisateur peut créer une ou plusieurs saisons de reproduction. Les femelles sont, ensuite, affectées à des lots de lutte, soit de façon manuelle, soit à partir d'un chantier de pesée. La synchronisation des chaleurs est renseignée par l'enregistrement de la pose et du retrait des éponges et du complément hormonal. Les béliers/boucs sont, quant à eux, choisis suivant leurs index génétiques. Pour l'IA, la collecte des paillettes est renseignée sur le SI. Pour la lutte en main ou l'IA, le plan d'accouplement est préparé par la personne pivot qui va choisir pour chaque femelle le mâle adéquat suivant le protocole et le coefficient de parenté entre les deux individus afin de limiter la consanguinité. Ce plan sera importé dans le SI. Nous avons choisi de noter dans le plan d'accouplement, un seul mâle titulaire et plusieurs remplaçants par femelle. Pour ceux qui travaillent avec seulement des mâles interdits, le plan d'accouplement n'est pas préparé au préalable, le choix se fera sur le terrain au cas par cas.

Une application spécifique permet de visualiser le plan d'accouplement sur le chantier de reproduction. Le plan est chargé dans une base de données locale sur un appareil mobile de type PDA. Sur le chantier de reproduction, l'animalier lit la boucle électronique de la femelle et l'application terrain affiche le numéro du mâle titulaire attribué ou la couleur de la paillette (**Figure 2**). L'animalier peut ainsi valider ce choix ou choisir un autre mâle dans la liste des mâles remplaçants.

Brebis	250016286820238	
Lire		0/233
Lot	21	Lignée CCS+
Paillette	1 - MASTIC	
IPG	16057803528	
Lignée	CCS+	Ok Non

Figure 2. Écran de saisie d'une insémination artificielle sur PDA.

En fin de chantier, l'animalier n'a plus qu'à décharger les données du PDA dans le SI Sicpa Ovins/Caprins. Les saillies sont ainsi enregistrées automatiquement dans le SI. Les animaliers n'utilisent donc plus de feuilles papier sur le terrain, ils n'ont plus à saisir manuellement les données dans le SI ; ce qui réduit les risques d'erreur.

Pour augmenter la fertilité des brebis/chèvres, il est parfois utile de faire une « repasse », c'est-à-dire de mettre un ou plusieurs mâles avec les femelles. Ces dernières sont, ensuite, contrôlées par échographie pour savoir si elles sont gestantes ou non. Après la mise-bas, les animaliers peuvent calculer facilement les résultats de reproduction en fonction de nombreux critères disponibles dans l'application.

Le SI Sicpa ovins/caprins, déployé depuis 2003, a été conçu avec l'aide des généticiens soucieux de la partie reproduction. Les Unités de Phase se sont facilement adaptées à ce fonctionnement.

Témoignage d'Hugues Caillat sur Sicpa Ovins/Caprins : un appui indispensable au suivi du troupeau

Un déploiement progressif

Le SI Sicpa Ovins/Caprins a été déployé dans l'élevage caprin des Verrines à partir de 2008 sous l'impulsion de Philippe Guillouet, alors Directeur de l'Unité Expérimentale. En 2012, la mise en place de l'expérimentation-système Patuchev a amplifié le recueil et le stockage de données dans ce système d'informations, en raison d'une collecte plus régulière (contrôles laitiers hebdomadaires, pesées et notes d'état corporels mensuels par exemple). Cependant, cette évolution du rythme de collecte n'a pu se faire sans le déploiement en parallèle, avec l'appui des informaticiens du Cati Sicpa et du Centre, d'appareils de saisie déportée et d'un réseau de connexion par Wi-Fi.

Aujourd'hui, les techniciens de l'élevage utilisent presque quotidiennement cet outil pour enregistrer des données relevant de la conduite de l'élevage mais, également liées à l'expérimentation-système ou d'autres expérimentations factorielles menées en parallèle. L'interface proposée et la facilité d'utilisation ont permis une bonne appropriation de l'outil par l'équipe expérimentale. Les techniciens sont force de proposition dans la co-construction et les évolutions à apporter au SI.

Une source d'informations utiles au pilotage

Grâce à l'utilisation de Sicpa Ovins/Caprins, il nous est désormais possible d'extraire aisément les informations généalogiques d'un individu, les modalités et performances durant sa période de croissance, les actions réalisées et résultats au cours de ses campagnes de reproduction et de lactation successives, ainsi que les causes concernant sa sortie de l'élevage. Pour automatiser des extractions ciblées, nous avons la possibilité de nous appuyer sur les modules proposés directement dans le SI, auxquels sont associées des procédures pour réaliser rapidement des statistiques descriptives. Il est possible également de programmer des procédures en langage SQL (structured query language) sur le serveur de calcul au CTIG afin d'interroger directement les tables Sicpa Ovins/Caprins. Cette seconde solution est très intéressante car elle permet de traiter et analyser directement les données avec le logiciel SAS, assurant ainsi la traçabilité et la qualité des données ensuite diffusées. Avec cette organisation, il nous est aisé d'obtenir des bilans sous forme de tableaux (format html, par exemple) pour le pilotage du dispositif et être réactif en cas de dérive dans la conduite, de disposer des bilans annuels de campagnes ou réaliser des analyses sur le long terme, très utiles dans le cadre des expérimentations-systèmes, tout particulièrement.

Des possibilités d'analyses à de multiples échelles

Un SI commun aux Unités Expérimentales sur les petits ruminants nous permet de mobiliser facilement des données stockées sous un format identique, quel que soit le site, et de les traiter dans le cadre d'une méta-analyse. La complémentarité actuelle de nos sites expérimentaux de l'Inra nous permet aujourd'hui d'envisager, par exemple, des études sur l'évolution des notes d'état corporel des chèvres avec des systèmes d'élevage différents ou sur les dynamiques de productions laitières individuelles. Toutefois, selon les données valorisées, il est indispensable de s'assurer de disposer d'appareils de mesure communs aux différents sites (automates de contrôle laitier, par exemple). Une des limites à la version actuelle est l'absence des modules sur l'alimentation et sur la gestion des parcelles qui sont en cours de développement et qui sont traités en « multi espèce » comme Sicpa Sanitaire et Sicpa Expérimentations.



Le carnet de mise bas au cœur du système Sicpa Porcins

Les élevages porcins, sont conduits traditionnellement en bandes, à raison d'une toutes les trois semaines, et génèrent un grand nombre de données autour de la naissance des porcelets, en maternité. C'est pourquoi le carnet de mise bas, une fonctionnalité de Sicpa Porcins, est au cœur du système d'informations.

Développé pour enregistrer les naissances ainsi que toutes les observations réalisées à cette occasion, ce carnet informatisé est accessible depuis le logiciel présent sur PC ou sur les appareils de saisie mobile (PDA). Tous les élevages utilisent le carnet de mise bas sur le PDA, car il permet un enregistrement rapide, en temps réel, évitant ainsi les erreurs de recopie. Il améliore ainsi grandement la fiabilité des données.

Outils et fonctionnalités du carnet de mise bas

Le carnet de mise bas sur appareil mobile a été conçu pour s'adapter au chantier d'identification des porcelets à leur naissance, où de nombreuses informations sont collectées : numéro d'identification unique, le sexe, le poids, le comptage des tétines, la mise en expérimentation, une éventuelle mortalité, l'adoption, le prélèvement d'un échantillon... Les caractéristiques d'une portée : effectifs, poids de portée, du point de vue de la truie sont compilées à partir de ces données.

Des puces RFID sont posées dès la naissance à l'oreille des porcelets et permettent d'identifier les animaux de manière unique tout au long de leur vie. Elles sont lues automatiquement au moyen d'une antenne intégrée au PDA. La cohérence entre le numéro de la boucle et l'identifiant proposé par l'application est vérifiée. Les autres informations peuvent alors être enregistrées. Le poids est collecté automatiquement depuis un automate de pesée (Baléa, Téo) en liaison Bluetooth. Chaque prélèvement sur l'animal (sang, tissus divers, etc.) est identifié avec un code barre (CB) afin de pouvoir garantir son suivi dans le temps et dans l'espace. Une douchette de lecture CB, elle aussi connectée en Bluetooth au PDA, permet l'affectation de l'identifiant du prélèvement lors de la collecte. A chaque étape de l'élevage des porcelets dans la maternité, l'application permet d'enregistrer l'information, que ce soit un mouvement (adoption par une nourrice), une mortalité précoce, ou plus classiquement, une mesure ou une observation.

L'application Sicpa Porcins sur PC permet de retrouver toutes ces informations après une « synchronisation » de l'appareil mobile. Capable de réaliser les mêmes enregistrements que l'application mobile, son rôle est davantage lié à une gestion plus globale des informations ; il permet aussi l'édition des fiches d'aide à la gestion de l'élevage : fiche carrière des truies, fiche « portée », résultats techniques, mais également des fiches terrain comme le « panneau des loges » résumant la carrière de la truie, très important pour le suivi de sa mise bas.

Bilan d'utilisation

Le logiciel Sicpa Porcins a été développé selon des exigences expérimentales en tenant compte du confort de saisie et des contraintes de terrain. Il est convivial, permet la consultation et la mise à disposition des données pour les scientifiques. C'est un système évolutif qui s'adapte en permanence aux nouvelles demandes, comme le suivi sanitaire, mais également aux nouveaux automatismes.

La perspective du phénotypage haut débit est le prochain défi, pour lequel le SI est un outil précieux. Il permettra d'enregistrer et transmettre un nombre encore plus important d'informations tout en limitant le temps passé à leur saisie.

Témoignage de Laure Ravon sur Sicpa Porcins

Dans un contexte de pérennisation et de rentabilisation des élevages, les structures expérimentales deviennent des élevages de précision dans lesquels le phénotypage fin prend une place considérable. En tant que responsable d'équipe au sein de l'élevage expérimental du Magneraud, je travaille sur l'obtention de ces informations phénotypiques et Sicpa Porcins m'est incontournable dans le recueil des données.

Sicpa Porcins, un allié du quotidien

Le système d'informations Sicpa Porcins que nous utilisons permet cette collecte quotidienne. Plus que quotidienne, l'utilisation de l'outil est quasi-permanente au sein de l'élevage porcin du Magneraud. En effet, son utilisation « en temps réel » au contact des animaux à l'aide d'appareils mobiles, permet une collecte rapide et continue des données et ainsi une meilleure efficacité de travail. L'usage du papier est ainsi très limité, il n'y a donc plus de recopie et les sources d'erreurs sont rares. L'élevage tout entier est enregistré dans ce logiciel. Il nous permet de suivre les animaux depuis des années, et d'avoir un historique très précis du cheptel et de ses performances. Impossible donc de perdre un animal !

Sicpa Porcins, un outil de travail

Si l'interface graphique en fait un logiciel convivial et facile d'utilisation, la possibilité de faire des extractions sous Excel est un véritable atout car la reprise des données est très facile. Grâce à un requêteur, il permet de faire des extractions multicritères par animal, par bande, par période, par secteur d'activité... Toute extraction se fait au cas par cas, à la demande de l'utilisateur, cela permet de bien cibler l'extraction et d'éviter d'avoir des données inutiles. D'autre part, cet outil peut faire des liens avec d'autres outils ou logiciels que nous utilisons tels que eSI-Toul BarCode pour le suivi des échantillons, ou Sicpa Sanitaire, permettant un gain de temps important (Journaux et al., 2018b). Un autre avantage est d'avoir un suivi technique fiable de l'élevage ou d'un secteur particulier très rapidement. Cela nous sert notamment pour alimenter nos visites vétérinaires trimestrielles.

Sicpa Porcins, un outil personnalisé

Ma carrière professionnelle n'est pas encore bien longue, mais pour avoir eu l'occasion d'utiliser de nombreux logiciels « commerciaux », Sicpa Porcins a un avantage certain : son utilisation très personnalisée et personnalisable qui évolue en même temps que les demandes des scientifiques évoluent. Aspect non négligeable qui permet d'être à la fois au plus près de la réalité de l'élevage du Magneraud (et des autres élevages), et aussi beaucoup plus réactif aux diverses demandes.

Les données enregistrées peuvent être simples comme les pesées, les carnets de mises-bas, la reproduction, la mortalité, les adoptions, les castrations, mais aussi spécifiques comme le comptage des tétines, l'alimentation, la température, les épaisseurs de lard dorsal... Sa flexibilité permet d'intégrer « facilement » de nouvelles données lorsque cela est nécessaire.

Sicpa Porcins, un avis unanime

Sicpa Porcins est aujourd'hui utilisé par l'ensemble des agents travaillant sur le site. Si l'utilisation est différente entre les agents, il est validé et apprécié de tous. Il s'agit selon eux, d'un outil de travail « simple et agréable d'utilisation », « pratique à utiliser sur le terrain », « convivial », « indispensable », « évolutif » ... Enfin, grâce à Sicpa Porcins, l'automatisation de la saisie des données évite beaucoup de saisie papier et réduit les sources d'erreur.



Gestion des données de la ponte à l'éclosion dans Sicpa Volailles

Les oiseaux, par leur mode de reproduction avec un stockage des œufs sur plusieurs jours, peuvent avoir un nombre important de descendants à la même date. La nature des suivis, tant génétiques que zootechniques des volailles, nécessite des effectifs importants et l'enregistrement de nombreuses mesures. Sicpa Volailles a été construit dans ce sens pour permettre le suivi et la fiabilisation d'un grand nombre de données. Grâce à ce logiciel, le principe de suivi des troupeaux est aujourd'hui identique pour les palmipèdes sur L'UEPFG (Unité Expérimentale Palmipèdes à Foie Gras) et pour les gallus, cailles ou dindes sur PEAT (Pôle Expérimental Avicole de Tours). Nous avons choisi dans cet article de ne parler que des données allant de la ponte des reproducteurs jusqu'à l'éclosion des descendants en généalogie connue. Bien d'autres données sont gérées par le SI comme la pesée des animaux, les données d'abattage, d'alimentation, et de traitements divers.

Au premier œuf, commence l'enregistrement quotidien, individuel ou collectif, de la ponte sur PDA. L'application terrain permet de saisir pour chaque femelle ou groupe de femelles les performances de ponte qui sont enregistrées directement dans la base de données locale. Pour ces mesures zootechniques, il est important de connaître, en plus de la ponte : son horaire, la qualité et l'état de l'œuf ainsi que sa destination. On entend par qualité de l'œuf, la nature, simple ou double jaunes, la texture de la coquille, qu'elle soit molle ou cassée, la forme et éventuellement la taille. Ces critères sont enregistrés à l'aide de neuf codes de saisie ; il est possible aussi de compléter l'information par la couleur et le poids individuel des œufs.

Lors de la période de **reproduction** des volailles, la destination des œufs est enregistrée sur l'appareil de saisie portable par un code spécifique qui indique s'ils vont être incubés. Pour le suivi des généalogies, chaque œuf est identifié sur la coquille par le numéro de compartiment d'où il provient et éventuellement la date de ponte. En parallèle, les prélèvements spermatiques sont enregistrés dans la base de données afin d'établir un plan d'accouplement et d'effectuer les inséminations. Durant la période d'insémination, différents critères peuvent être enregistrés comme la qualité de l'érection, la dose de semence déposée, la concentration du sperme et sa qualité ainsi que les femelles inséminées. Toutes ces données rentrent en compte lors de l'analyse des résultats de fertilité et d'éclosion. La durée de la période de collecte varie selon les protocoles et a un lien direct avec le nombre de descendants par mère. Pour une continuité de suivi généalogique, les œufs sont stockés avec l'identifiant des compartiments en chambre tempérée et incubés ensemble le même jour.

Les performances d'**incubation** sont enregistrées en temps réel sur Sicpa Volailles, ce qui permet de suivre et d'analyser l'évolution des résultats. Les deux mirages effectués pendant la durée d'incubation vont impacter les effectifs initiaux par le retrait des œufs clairs et des mortalités embryonnaires. Une fois les résultats enregistrés dans la base de données, le logiciel calculera les pourcentages de fertilité et de mortalité embryonnaire en lien avec le nombre d'œufs incubés. Dans les derniers jours de la période d'incubation, les œufs classés par mère sont placés dans les paniers compartimentés de l'éclosoir. Le jour de l'**éclosion**, la saisie se fait directement par mère en enregistrant directement l'identification, le sexe et la destination des poussins ou des canetons dans la base de données. Dans le même temps, est aussi consigné l'ensemble des autres données liées à l'éclosion comme les non-éclos et les œufs bêchés.

Grâce à la base de données Sicpa Volailles, les scientifiques ont à leur disposition toutes les données générées par les Unités Expérimentales. Ces données sont fiabilisées par cet outil et sont consultables à distance ce qui permet aux chercheurs des Unités de Recherche d'y avoir un accès immédiat et en temps réel. Sicpa Volailles est très utilisé par les agents des deux UE pour la saisie, mais également pour visualiser les données, calculer des performances et suivre les effectifs du cheptel. Un comité de pilotage composé de l'informaticien concepteur et des utilisateurs travaille régulièrement pour une constante amélioration de l'outil. Il peut s'agir d'une meilleure facilité d'utilisation, de création de nouveaux codes de saisies pour affiner les données, et toutes propositions qui peuvent améliorer le travail et enrichir la base.

L'alimentation au sein du Sicpa Poissons

Chaque espèce de poissons possède un régime alimentaire et un optimal thermique qui lui sont spécifiques. La truite présente l'avantage d'accepter l'aliment sec, ce qui est idéal en élevage, car cela nous permet d'automatiser la distribution des aliments et d'accéder à des tables de rationnement.

Aujourd'hui, pour calculer les rations des lots de truites, nous utilisons un tableur et notre table de rationnement papier. La granulométrie de l'aliment distribué est fonction du poids des individus présents dans le lot. Le calcul de la ration est obtenu à partir du taux de rationnement (fonction de la granulométrie) appliqué au poids de la biomasse présente dans le bassin. Une semaine sur deux nous utilisons, pour ce calcul, un poids réel et la semaine suivante un poids moyen, calculé à partir du modèle de croissance (Muller-Feuga, 1990), qui intègre la température de l'eau. Nous calculons la ration chaque semaine en routine dans notre pisciculture. Nous rentrons manuellement les poids réels ou calculés des lots de poissons et les informations issues de la table de rationnement. Nous obtenons ainsi la quantité d'aliment à distribuer pour chaque lot de poissons.

Le logiciel Sicpa Poissons, en cours de développement, a pour vocation de réaliser toutes ces opérations de façon automatique. Pour le calcul des rations journalières, le logiciel va extraire les données d'élevage du suivi de lot saisies au quotidien : températures, effectifs, pesées. Nous n'aurons plus de double saisie à effectuer. Seules les conditions d'alimentation (jours de jeûne, coefficients d'alimentation) seront à indiquer avant chaque calcul si elles diffèrent de la fois précédente (**Figure 3**). Le logiciel proposera automatiquement la granulométrie qui correspond au poids des poissons. La prise en compte de la température dans le modèle de croissance permettra d'affiner le calcul de la ration. Le résultat sera imprimable sous forme d'état et mentionnera la quantité d'aliment à distribuer par bassin en fonction de sa population.

Propriétés lot Lot aaa

Général Paramètres de croissance Conditions d'alimentation Alimentation en eau

Conditions d'alimentation

Date	Aliment	Granul
01/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
02/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
03/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
04/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
05/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
06/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
07/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
08/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
09/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
10/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
11/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5
12/01/2018	ANBD_Bio-optimal start 72...	0,5

Date début : 01/01/2018
Date fin : 14/01/2018
Nb jour sélectionnés : 14
Jour de jeûne régulier : L M Me J
 V S D
Nb jour alimentation : 12
Coeff : 1
Aliment : ANBD_Bio-optimal start 72 0,5
Granulométrie : 0,5

Générer

Enregistrer Enregistrer et Nouveau Annuler

Figure 3. Maquette du formulaire de saisie des conditions d'alimentation d'un lot de poissons.



Le modèle d'alimentation de la truite est le plus complexe de ceux utilisés à l'Inra, mais l'application Sicpa Poissons a pour vocation de répondre à l'ensemble des espèces piscicoles présentes dans nos installations. Sicpa Poissons permet déjà la saisie des informations indispensables au calcul de la ration des truites (effectifs, pesées, températures des sources d'alimentation et des bassins), la partie calcul à proprement parlé est, quant à elle, en cours de développement.

Sicpa Lapins : une configuration d'élevage atypique...

Les élevages de lapins ont été les premiers, à l'Inra, à profiter d'une gestion sur micro-ordinateur et d'une saisie terrain, via des appareils durcis (automates développés en interne). Sicpa Lapins est actuellement en production sur trois sites Inra (deux à Toulouse et un au Magneraud) ainsi que dans une coopérative de sélectionneurs privés. Une nouvelle version de l'application est en cours de finalisation et pourrait être aussi utilisée pour gérer des animaleries. Cette possibilité sera étudiée en 2018. Nous allons vous décrire la structure de Sicpa Lapins et mettre en lumière certaines de ses fonctionnalités.

Dans un élevage : des cellules, des cages

Pour chacun des élevages définis dans la base, plusieurs cellules, correspondant à chaque salle d'élevage, sont créées et configurées. La configuration d'une cellule consiste à :

- ✓ lister et identifier par des séquences de numéros les cages présentes ;
- ✓ définir le type de cage : maternité, mâle, engraissement, pré-cheptel ;
- ✓ déterminer le nombre maximum d'animaux par cage.

Chacune des configurations créées a un numéro d'ordre et peut être mise en service ou hors service par les techniciens d'élevage. Ensuite, il est nécessaire de paramétrer les cellules de reproducteurs ; ainsi, nous pouvons définir des seuils minimum et maximum en jours après certaines opérations d'élevage (par exemple 28 à 40 jours entre mise bas et sevrage). Ces bornes servent à planifier les opérations d'élevage (planification du sevrage à partir de J+28 sur les automates) et à générer des alertes (femelle pas encore sevrée à partir de J+41). Il est nécessaire de renseigner dans la base les différents génotypes et croisements présents ou à venir.

Une fois cette organisation définie, les animaux sont placés en cages individuelles ou collectives.

Un élevage... des cellules, des cages, des animaux, des données

Les chantiers de reproduction ou de pesées croissance sont ainsi définis à la cellule. Lorsque nous chargeons ces chantiers sur un automate, nous accédons à la saisie sur l'animal en choisissant la cellule, puis les cages une à une ; le système nous propose alors l'animal présent dans la cage et son tatouage. Le module « sevrage » nous permet de définir la cellule de destination des lapereaux sevrés ; le mouvement de ces animaux dans la base se fait ainsi de façon automatique. Le module « mouvements d'animaux » nous permet, que ce soit par lot ou individuellement, de changer les animaux de cellule et de cage et de sortir les animaux de l'élevage. Le module « identification » nous permet de visualiser à tout moment la « carte d'identité » de l'animal ou la « fiche femelle » qui reprend toute la carrière d'un animal.

De même, la recherche des données se fait par un module de listes ; par exemple : « liste des sevrés de la cellule xx entre date 1 et date 2 ».

Un élevage... des cellules, des cages, des animaux, des données, par et pour des personnes

Du fait d'un intervalle court entre cycles de reproduction (42 jours) et d'un nombre important d'animaux, le nombre de données recueillies annuellement est très élevé (1 821 632) ; cette application nous permet de gérer en routine toutes les opérations classiques d'élevage : reproduction avec suivi génétique et croissance. Les enregistrements se font le plus souvent sur automate, mais aussi au clavier, directement dans la base, grâce à une Interface Homme-Machine. Les données, ainsi enregistrées, sont consultables par l'ensemble des personnes concernées : techniciens d'élevage ou scientifiques.

Vers un SI Sicpa pour les animaleries

À l'UEPAO (Unité Expérimentale de Physiologie Animale de l'Orfrasière) de l'Inra de Nouzilly, nous disposons d'une animalerie de rongeurs, rats et souris, avec une vingtaine de lignées de souris transgéniques.

Actuellement nous n'avons pas de logiciel qui nous permette de gérer notre élevage de rongeurs, seulement des fichiers informatiques sous format Excel. Ce système comporte au moins deux inconvénients majeurs. Le premier se rapporte à la difficulté d'extraction et ensuite au traitement des données. Le second concerne l'absence d'un logiciel capable de s'adapter à notre matériel de terrain comme le lecteur de puce d'identification. Nous procédons donc, actuellement, à une saisie de tous les événements terrain sur papier, ce qui entraîne une redondance dans l'enregistrement des données du fait de la multitude de fichiers.

Lors d'un échange avec le Cati Sicpa, j'ai participé à l'état des lieux des systèmes de gestion de données et de saisie utilisés dans notre élevage et mis en évidence nos besoins. Cela nous a permis d'observer qu'un logiciel existant dans l'élevage lapin, Sicpa Lapins pouvait s'adapter à nos besoins.

Il existe en effet de grandes similitudes entre les fonctionnalités de ce logiciel et nos besoins, notamment sur :

- ✓ l'interface utilisateurs permettant un accès protégé des données par équipe de recherche,
- ✓ la demande formalisée des utilisateurs afin d'avoir des demandes standardisées ainsi qu'une traçabilité,
- ✓ le suivi des animaux par protocole en coordination avec l'outil Sicpa Expérimentations,
- ✓ la gestion de la reproduction avec une possibilité d'avoir un historique des accouplements,
- ✓ le suivi de la génétique des animaux,
- ✓ la base unique par événement,
- ✓ la traçabilité des animaux par zone d'élevage, du devenir de celui-ci de sa naissance à sa mort,
- ✓ la possibilité d'adaptation avec du matériel de terrain (lecteur de puce d'identification).

Nous souhaitons mettre en place ce logiciel pour notre élevage de rongeurs afin de tracer l'ensemble des informations récoltées dans notre élevage dans une base unique ; cela nous permettrait d'exploiter facilement nos données mais également de connecter ce logiciel avec notre matériel de terrain. Les avantages pour notre installation seraient innombrables, en particulier la rapidité d'exécution, la suppression des supports papiers et une meilleure traçabilité et fiabilité des données.

Aujourd'hui ce projet est dans une phase de réflexion ; nous avons prévu de mener une phase de test du logiciel Sicpa Lapins à l'animalerie rongeurs, courant 2018. Une autre animalerie du Centre serait également intéressée par ce logiciel. Il pourrait ainsi s'étendre à d'autres animaleries Inra ce qui permettrait de partager nos connaissances et nos différentes pratiques sur la gestion d'élevage.

Dans l'avenir nous aimerions adapter ce logiciel pour y inclure la facturation des coûts expérimentaux de nos animaux afin d'avoir un logiciel complet qui recouvre l'ensemble des besoins liés à notre élevage.



Vers un SI Sicpa Equins

Depuis 1974, nous avons créé et fait évoluer les différents documents de gestion d'élevage et de suivi de protocoles en utilisant plusieurs fichiers Excel comme micro-bases de données. Ces fichiers sont sauvegardés sur les espaces de stockage du Centre afin de sécuriser les données en cas d'incident majeur sur nos installations. Cette sauvegarde est aussi réalisée sur un poste informatique de l'Unité équine pour pallier les pannes du réseau.

Aujourd'hui 15 fichiers Excel différents avec de l'information redondante et des supports papier sont utilisés pour assurer la traçabilité de nos interventions sur le troupeau ; parmi ces fichiers on peut notamment citer :

- ✓ un fichier « traitements » mis en place en 1994 qui représente un registre des traitements, des interventions réalisées en élevage ou en expérimentation et nos stocks de médicaments. Pour répondre à la démarche qualité comme à la charte sanitaire de l'Inra, nous avons travaillé ces derniers mois à la mise en forme de ce fichier pour l'intégrer à Sicpa Sanitaire que nous utilisons depuis septembre 2017 ;
- ✓ un fichier « échographies », informatisé en 2002, répertorie l'historique des suivis folliculaires réalisés depuis 1974. Il nous permet d'établir la liste des animaux à revoir en gynécologie, le motif des examens échographiques, le lieu d'hébergement des animaux, leurs traitements, leur fertilité ;
- ✓ un fichier « poids », informatisé en 2008, nous permet d'assurer le suivi de l'état de forme de nos ponettes, l'ajustement des rations et la détermination des doses de molécules à injecter pour certaines.

La pose d'un transpondeur électronique chez les équidés domestiques, qui permet de les identifier, est un élément obligatoire en France. Nous profitons aujourd'hui de cette identification pour réaliser des pesées automatisées sur l'ensemble de notre troupeau. Pour cela, nous utilisons le logiciel Sicpa Expérimentations, qui nous permet de fiabiliser nos données directement acquises au format informatique.

Bientôt un Sicpa Equins ?

La situation actuelle de gestion des informations équines a beaucoup de limites, comme par exemple la redondance des informations dans les différents fichiers Excel. Ce travail chronophage en main d'œuvre et en temps ne permet pas de fiabiliser nos données sans une multitude de vérifications. L'utilisation d'un SI nous permettrait d'ordonner nos données, et de les sécuriser de manière optimale. Une fois en place, cet outil nous permettra de suivre les résultats de notre troupeau, de consulter simplement des événements sanitaires, ou encore de valoriser au mieux les informations saisies, telles que les indicateurs zootechniques de performance. Nous pourrions alors répondre aux demandes des scientifiques sur l'acquisition de nouvelles données et mesures, grâce notamment à l'intégration d'automates dont nous prévoyons l'installation. Nous sommes en particulier intéressés par l'enregistrement des données d'ingestion, que propose Sicpa Alimentation. Le SI nous permettrait enfin, d'analyser les données de reproduction et de constituer des fiches de suivi pour chaque animal. Il faciliterait également notre suivi sanitaire à l'aide des plans de traitements et des alertes sanitaires (traitements du jour, rappels de vaccins, etc.). Les événements saisis sur le terrain seront disponibles en temps réel dans la base de données grâce aux terminaux portables reliés par Wi-Fi.

Perspectives

Le caractère unique de notre élevage équin est une force mais aussi une faiblesse. En effet, le développement informatique d'un SI Equins n'a pas été une priorité pour les Départements Phase ou GA. Cependant, des discussions avec le Cati Sicpa ont permis d'envisager la possibilité d'adapter Sicpa Bovins aux besoins de notre élevage d'équidés, avec un prototype probablement au cours du second semestre 2018.

Références bibliographiques

Journaux A, Heirman T, Reichstadt M, Coudert T, Robelin D, Chalier P (2018a) Méthodes et outils informatiques du Cati Sicpa. *Le Cahier des Techniques de l'INRA*, N° Spécial phénotypage animal, pp. 27-36.

Journaux A, Reichstadt M, Salin G, Fève K, Chalier P, Meslier F, Dubreuil D, Gaudron Y, Furstoss V, Espinasse C, Note P, Valancogne A (2018b) Les systèmes d'informations transversaux multi-espèces. *Le Cahier des Techniques de l'INRA*, N° Spécial phénotypage animal, pp. 68-77.

Muller-Feuga A (1990) La modélisation de la croissance des poissons d'élevage. Rapports scientifiques et techniques de l'Ifremer N°21.

