ECOLE SUPERIEURE
D'AGRICULTURE
55, rue Rabelais – B.P. 748
49007 ANGERS CEDEX 01

CHAMBRE D'AGRICULTURE
DES PAYS DE LA LOIRE
9 rue André-Brouard
C.S. 70510
49105 ANGERS Cedex 02

Maitre d'apprentissage :
BORDEAUX Célia

Développement d'un outil d'aide à la formulation destiné aux éleveurs avicoles en agriculture biologique fabriquant leurs aliments à la ferme

- CONFIDENTIEL -

Mémoire de Fin d'Etudes
Promotion 2008-2013

Septembre 2013

DELASSUS Anne-Sophie
Elève-Ingénieur ESA

Patron de mémoire :
COUVREUR Sébastien

Résumé

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

AUTEUR : DELASSUS Anne-Sophie

Promotion : 2008-2013 **Patron de mémoire** : COUVREUR Sébastien

Signalement du rapport : Développement d'un outil d'aide à la formulation destiné aux éleveurs avicoles en agriculture biologique fabriquant leurs aliments à la ferme, 37 pages, 10 tableaux, 26 figures, 58 références bibliographiques, 29 annexes.

Mots-clés : Alimentation animale - Logiciel de formulation – Fabrication d'aliments la ferme - Aviculture - Volailles - Agriculture Biologique

	RESUMÉ D'AUTEUR
PLAN INDICATIF	Ce mémoire traite du développement d'un outil d'aide à la formulation pour les éleveurs avicoles en agriculture biologique fabriquant leurs aliments à la ferme. Dans un premier temps, l'analyse de la demande permettant de construire le cahier des charges du projet est présentée. Elle se compose d'une synthèse bibliographique, de l'analyse des résultats d'une enquête réalisée auprès d'éleveurs et de l'analyse des outils de formulation déjà existants. Une seconde partie est consacrée au développement de l'outil. Elle est suivie par la présentation d'exemples concrets d'utilisation de l'outil. Enfin, une dernière partie propose en discussion les atouts, les limites et les perspectives envisagées pour ce projet.
BUTS DE L'ETUDE	L'objectif de cette étude est de proposer un outil pour accompagner les éleveurs avicoles en agriculture biologique fabriquant leurs aliments à la ferme dans la formulation d'aliments.
METHODES & TECHNIQUES	Un outil d'aide à la formulation a été développé en 6 modules inter-reliés ayant chacun ses objectifs et ses fonctionnalités propres. Chaque module a été programmé sur Microsoft Excel (en Visual Basic for Applications). Le contenu des modules a entre autres été élaboré à partir de données bibliographiques, de résultats d'une enquête réalisée auprès d'éleveurs et de connaissances d'experts, le tout suivi par un groupe de travail multi-compétences. En outre, l'outil a été validé lors d'une phase de test auprès d'éleveurs et de techniciens avicoles.
RESULTATS	L'outil « AviFAF Bio », ergonomique et intuitif, permet de créer des formules équilibrées à moindre coût et/ou de vérifier les apports nutritionnels d'une formule connue. Des données indicatives sur les valeurs nutritionnelles des matières premières et les besoins nutritionnels des volailles y sont incluses. L'éleveur peut ainsi facilement optimiser ses formules d'un point de vue technico-économique.
CONCLUSIONS	AviFAF Bio représente un réel vecteur de sécurisation et d'amélioration des performances technico-économiques des élevages avicoles biologiques pratiquant la fabrique d'aliments à la ferme. Toutefois, pour mener à bien cette mission, des données incluses dans l'outil sont à valider via une phase d'expérimentation.

Abstract

BIBLIOGRAPHIC NOTE

AUTHOR : DELASSUS Anne-Sophie

Promotion : 2008-2013 **Report supervisor** : COUVREUR Sébastien

Report description: Development of feed formulation software for poultry breeders in organic agriculture manufacturing poultry diets on their farm, 34 pages, 10 tables, 26 figures, 58 bibliographical reference, 29 appendixes.

Key Word : Animal Feed – Feed formulation software - Poultry – Chickens – Organic agriculture

	AUTHOR'S ABSTRACT
INDICATIVE OUTLINE	This report summarizes the development of feed formulation software for poultry breeders in organic agriculture manufacturing poultry diets on their farm. Firstly, the analysis of the demand is presented. It consists of a literature review, an analysis of results of a survey of breeders and an analysis of tools existing. This first part concludes with the specifications of the project. A second part talks about the development of the tool. It is followed by concrete examples of usage of the tool. Finally, the last part of this report talks about the advantages, the limits and the perspectives of this project.
AIMS OF THE STUDY	The aim of the study is to propose a tool to assist poultry breeders in organic agriculture manufacturing poultry diets on their farm in formulation.
MEANS AND METHODS	Feed formulation software was developed in six interconnected modules, each with its objectives and its functions. All modules have been programmed in Microsoft Excel (with the programming language Visual Basic for Applications). The contents of modules have been developed using, among others, bibliographical data, results of survey of breeders and expert knowledge, all followed by multi-skilled group of work. Besides, to validate the tool, several breeders and poultry technicians have tested it.
RESULTS	The created tool « AviFAF Bio », ergonomic and intuitive, allows breeders to find the least-cost feeds that satisfy the nutritional requirements and/or to verify the nutritional inputs of a formula. Indicative data on the nutritional values of raw materials and the poultry nutritional requirement are included in the tool. Using the tool, the breeder can easily optimize his formulas from a techno-economic point of view.
CONCLUSIONS	AviFAF Bio represents a real vector of reassurance and improvement of technical and economic performance for poultry breeders in organic agriculture manufacturing poultry diets on their farm. However, to complete successfully this mission, a part of data included in the tool must be validated by means of experimentations.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma maitre d'apprentissage **Célia BORDEAUX**, coordinatrice régionale du programme de recherche en agriculture biologique du pôle Bio des Chambres d'Agriculture des Pays de la Loire, pour sa supervision, son soutien et la confiance qu'elle m'a accordée. Je la remercie également de m'avoir fait profiter de son expérience et de ses méthodes de travail tout au long de mes 3 années d'apprentissage à ses côtés.

Je remercie également :

- mon co-encadrant pour ce projet **Fabrice MORINIERE**, conseiller avicole à la Chambre d'Agriculture de Vendée, pour son temps passé et ses conseils dans le développement de cet outil;

- mon patron de mémoire **Sébastien COUVREUR**, enseignant-chercheur en productions animales à l'ESA, pour le suivi et les conseils qu'il m'a apportés pendant mes 3 années d'apprentissage et plus particulièrement lors de la réalisation de ce mémoire de fin d'études ;

- les membres du groupe de travail de ce projet pour leur participation active aux comités de pilotage et le temps qu'ils ont consacré au projet : **Dominique ANTOINE** (Expert), **Julien CESBRON** (Eleveur), **Alain CHAZERAULT** (Eleveur), **Hervé JUIN** (INRA du Magneraud), **Christel NAYET** (Chambre d'Agriculture de la Drôme), **Christèle PINEAU** (Chambre d'Agriculture de la Sarthe), **Antoine ROINSARD** (ITAB) et **Anne UZUREAU** (CAB) ;

- **Abderrahmane FADIL**, enseignant en informatique à l'ESA, pour ses conseils vis-à-vis du développement informatique de ce projet ;

- l'ensemble des personnes qui ont rendu agréable et qui ont enrichis ces 3 années d'apprentissage et plus particulièrement **Anna BORDES, Florence MAUPERTUIS, les partenaires du projet AVIALIM BIO et mes collègues de la Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire ;**

- mes proches et amis qui, indirectement, m'ont toujours soutenu durant mes études dont ce rapport représente l'aboutissement et plus particulièrement mes parents, Paul, Amandine, Marine et Cécile.

Table des matières

Résumé – Abstract
Remerciements
Sigles et abréviations
Avant-propos

Introduction générale ---------- 1

PARTIE I. ANALYSE DE LA DEMANDE ---------- 3
I.1. Synthèse bibliographique ---------- 3
I.1.1. Les spécificités zootechniques de l'élevage avicole en AB ---------- 3
I.1.1.1. Souche des animaux ---------- 3
I.1.1.2. Origine des animaux et âge d'abattage des poulets de chair ---------- 3
I.1.1.3. Alimentation ---------- 3
I.1.2. La formulation d'aliments ---------- 4
I.2. Les pratiques et attentes exprimées par les Fafeurs ---------- 5
I.2.1. Des souches et des pratiques d'âge et poids d'abattage diversifiées ---------- 5
I.2.2. Des pratiques d'alimentation plurielles ---------- 6
I.2.3. Attentes exprimées des éleveurs vis-à-vis d'un outil d'aide à la formulation ---------- 6
I.2.3.1. Maitrise de l'outil informatique par les éleveurs ---------- 6
I.2.3.2. Type d'outil désiré par les éleveurs ---------- 7
I.2.3.3. Indicateurs souhaités par les éleveurs dans l'outil ---------- 7
I.2.3.4. Attentes en termes d'accompagnement ---------- 7
I.3. Analyse des outils de formulation pour monogastriques existants ---------- 8
I.3.1. Les fonctionnalités, atouts et contraintes des outils existants ---------- 8
I.3.2. Confrontation des outils existants avec les fonctionnalités souhaitées ---------- 9
I.4. Reformulation de la demande et cahier des charges du projet ---------- 10

PARTIE II. DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL D'AIDE À LA FORMULATION ---------- 12
II.1. Dimension informatique de l'outil ---------- 12
II.1.1. Choix du logiciel support ---------- 12
II.1.2. Interface et ergonomie ---------- 12
II.2. Dimension technique de l'outil ---------- 13
II.2.1. Module 1 « Matières Premières » ---------- 13
II.2.1.1. Elaboration d'une base de données de MP de référence ---------- 13
II.2.1.2. Fonctionnalités du module ---------- 14
II.2.2. Module 2 « Besoins nutritionnels » ---------- 15
II.2.2.1. Elaboration des programmes pour le poulet de chair ---------- 15
II.2.2.2. Programmes présents pour la poule pondeuse et la poulette ---------- 18
II.2.2.3. Les fonctionnalités ---------- 18
II.2.3. Module 3 « Création d'une formule » ---------- 19

II.2.3.1. La formulation à moindre coût ---------- 19
II.2.3.2. Les autres fonctionnalités ---------- 20
II.2.4. Module 4 « Evaluation d'une formule » ---------- 20
II.2.5. Module 5 « Indicateurs technico-économiques » ---------- 21
II.2.5.1. Indicateurs techniques intégrés ---------- 21
II.2.5.2. Indicateurs économiques intégrés ---------- 21
II.2.6. Module 6 « Autres indicateurs » ---------- 22
II.3. Test et validation de l'outil ---------- 23
II.3.1. Par le groupe de travail ---------- 23
II.3.2. Sur le terrain ---------- 23
II.4. Notice d'utilisation et module de formation ---------- 24

PARTIE III. EXEMPLES CONCRETS D'UTILISATION DE L'OUTIL ---------- 25
III.1. Exemples concrets d'utilisation chez des éleveurs « testeurs » ---------- 25
III.1.1. Eleveur n°1 : « une formule limitant le recours au soja » ---------- 25
III.1.1.1. Présentation succincte de l'élevage ---------- 25
III.1.1.2. Choix des matières premières et des besoins nutritionnels ---------- 25
III.1.1.3. Formulation d'un aliment finition ---------- 26
III.1.2. Eleveur n°2 : « des formules avec les MP dont je dispose» ---------- 27
III.1.2.1. Présentation succincte de l'élevage ---------- 27
III.1.2.2. Choix des matières premières et des besoins nutritionnels ---------- 27
III.1.2.3. Formulation des aliments poulets de chair ---------- 27
III.2. Formulation pour le programme de recherche ICOPP ---------- 28
III.2.1. Présentation succincte de l'essai ---------- 28
III.2.2. Choix des matières premières et des besoins nutritionnels ---------- 28
III.2.3. Formulation des programmes alimentaires ---------- 29

PARTIE IV. DISCUSSION ---------- 30
IV.1. Les originalités de la démarche de travail ---------- 30
IV.2. Les points forts d'AviFAF Bio ---------- 30
IV.2.1. Un contenu riche et original ---------- 30
IV.2.2. Des fonctionnalités plurielles ---------- 31
IV.2.3. Un usage potentiel multiple ---------- 31
IV.3. Les limites d'AviFAF Bio ---------- 32
IV.3.1. Seule prise en compte de la pratique d'alimentation ---------- 32
IV.3.2. Compétence de l'utilisateur de l'outil ---------- 33
IV.3.3. Fiabilité des données pré-enregistrées ---------- 33
IV.3.4. Maintenance de l'outil ---------- 33
IV.4. Perspectives du projet ---------- 34
IV.4.1. Diffusion de l'outil via un module de formation complet ---------- 34
IV.4.2. Actualisation et enrichissement des données pré-enregistrées ---------- 34
IV.4.2.1. La base de données MP ---------- 34
IV.4.2.2. Les programmes de besoins nutritionnels ---------- 34

IV.4.3. Validation des besoins nutritionnels présents dans l'outil ----------35

Conclusion générale ----------37

Bibliographie

Table des Figures et Tableaux

Annexes

Sigles et abréviations

AB : Agriculture Biologique

AFZ : Association Française de Zootechnie

AMAP : Associations pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne

APCA : Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture

Ca : Calcium

CAB : Coordination Agrobiologique des Pays de la Loire

CASDAR : Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural

CB : Cellulose Brute

CDA : Chambre Départementale d'Agriculture

CEE : Communauté Economique et Européenne

CETIOM : Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains

CEZ : Centre d'Enseignement Zootechnique

CIRAD: Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CRA : Chambre Régionale d'Agriculture

EB : Energie Brute

EMAn : Energie Métabolisable Apparente à bilan azoté nul

ESA : Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers

ETP : Equivalent Temps Pleins

FAB : Fabricant d'Aliments du Bétail

FAF : Fabrication d'Aliments à la Ferme

Fafeurs : Eleveurs pratiquant la Fabrication d'Aliments à la Ferme

FAO: Food and Agriculture Organization (« Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture »)

FNAB : Fédération Nationale d'Agriculture Biologique

GMQ : Gain Moyen Quotidien

IC : Indice de Consommation

ICOPP : Improved Contribution of local feed to support 100% Organic feed supply to Pigs and Poultry (Projet de recherche européen visant l'amélioration de la contribution des matières premières locales dans l'alimentation 100% biologique des porcs et des volailles)

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

ITAB : Institut Technique de l'Agriculture Biologique

ITAVI : Institut Technique de l'AVIculture

ITP : Institut Technique du Porc

LR : Label Rouge

MAT : Matière Azotée Totale

MG : Matière Grasse

MP : Matière Première

MS : Matière Sèche

Na : Sodium

NRC: National Research Council

OGM: Organisme Génétiquement Modifié

P disp. : Phosphore disponible

PAC : Prêt-à-Cuire

PdL : Pays de la Loire

PV : Poids Vif

SASSO : Sélection Avicole de Sarthe et du Sud-Ouest

SAU : Surface Agricole Utile

SYNALAF : SYndicat NAtional des Labels Avicoles de France

VBA : Visual Basic For Applications

WUFFDA : Windows User-Friendly Feed Formulation («Formulation d'aliments d'usage facile, sous Windows »)

Avant-propos

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet CASDAR AVIALIM BIO : « *Proposer des solutions et outils techniques pour accompagner le passage à une alimentation 100 % bio en élevage avicole biologique* », déposé en 2011 par le pôle Bio des Chambres d'Agriculture des Pays de la Loire et ses partenaires.

1. Le pôle Bio des Chambres d'Agriculture des Pays de la Loire

Les Chambres d'Agriculture sont des établissements publics pilotés par la profession agricole au service des agriculteurs. Il existe trois échelons territoriaux : les Chambres Départementales, les Chambres Régionales et l'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA) au niveau national. La région des Pays de la Loire dispose de cinq Chambres départementales et d'une Chambre régionale qui sont des entités juridiques différenciées et indépendantes.

Le pôle Bio des Chambres d'Agriculture des Pays de la Loire consiste en la mutualisation des ressources (humaines et financières) consacrées à l'agriculture biologique (AB) des 6 Chambres d'Agriculture de la région. Le pôle est actuellement constitué (1) d'une commission professionnelle régionale composée d'élus qui oriente les programmes de recherche en AB et décide du programme d'actions et (2) d'une organisation technique équivalente à 22 ETP composée d'un chef de pôle, d'un animateur AB généraliste par département, d'un coordinateur régional du programme de recherche en AB et de ressources techniques spécialisés consacrés tout ou partie de leur temps à l'AB. Les finalités du pôle sont d'accroitre le nombre de producteurs et les volumes de production en AB et de pérenniser les exploitations biologiques en place. Pour cela, les différentes actions du pôle s'articulent autour de (1) l'accompagnement juridique et technique des producteurs dans la conversion ou l'installation en AB, (2) l'accompagnement technique des agriculteurs en place, (3) le pilotage et la mise en œuvre de programmes de recherche en AB (dont AVIALIM BIO), (4) la communication de références technico-économiques et (5) l'accompagnement de la structuration de filières pour assurer les débouchés.

2. Organisation et importance de la filière avicole biologique française

Avec plus de 7,6 millions de poulets de chair et 2,9 millions de poules pondeuses certifiés en AB en 2011, la France est le 1er producteur européen de poulets de chair biologiques et, conjointement avec l'Allemagne, le 1er producteur d'œufs biologiques. Depuis 2008, la dynamique de développement de ces filières en France est importante. Entre 2010 et 2011, le nombre de poulets certifiés en AB a progressé de 8% et le nombre de poules pondeuses de 31% (AGENCE BIO, 2012).

La production française biologique et conventionnelle de volailles de chair et d'œufs s'inscrit actuellement selon deux organisations de filière. Il existe une filière dite « courte » où l'éleveur commercialise lui-même sa production (modèle historique) et une filière dite longue appelée aussi « filière organisée », apparue dans les années 70. En filière organisée, il y a contractualisation de

la production entre l'éleveur et un groupement ou une coopérative. Les éleveurs se procurent leurs poussins et leurs aliments auprès de leur groupement et leur vendent leurs productions. Les contrats garantissent bien souvent aux éleveurs une protection contre la volatilité du prix des matières premières (MP) puisqu'ils comportent une clause d'indexation du prix de vente de leur production sur les prix d'achat des aliments et des poussins. De plus, le groupement ou la coopérative assure l'encadrement technique des éleveurs (MENARD et al., 2012). En AB, la filière organisée, qui s'est fortement développée dans les années 90, représente actuellement plus de 80% de la production de poulets et 2/3 de la production d'œufs (MAGDELAINE et RIFFARD, 2010). Par conséquent, la filière courte, bien qu'elle soit le modèle historique, ne représente actuellement qu'une faible part de la production avicole biologique, mais tend de nouveau à se développer (GUEMENE et al., 2009).

3. Le programme de recherche AVIALIM BIO

A partir du 1er janvier 2015, la filière avicole biologique va être confrontée à un défi technique et économique d'envergure. En effet, la réglementation européenne de l'AB (CEE 889/2008 - article 43) exigera que 100% des MP d'origine agricole soient issues de l'AB en alimentation des monogastriques (porcs et volailles). Actuellement, une dérogation autorise que 5% des MP riches en protéines soient issues de l'agriculture conventionnelle (cette proportion était de 10% jusqu'au 1er janvier 2009). Ces 5% de MP conventionnelles sont dans la pratique constituées de gluten de maïs et de protéine de pomme de terre. Or, ces MP n'étant pas disponibles en AB, il sera alors difficile de couvrir les besoins protéiques des animaux tout en restant performant (ANDi, 2010).

Pour faire face à cette prochaine évolution réglementaire et sous l'impulsion des acteurs de la filière avicole du Grand Ouest, le pôle Bio des Chambres d'Agriculture des Pays de la Loire (1ère région productrice, au niveau national, de poulets de chair biologiques et 2ème d'œufs biologiques) et ses partenaires ont déposé en 2011 le projet CASDAR AVIALIM BIO : « *Proposer des solutions et outils techniques pour accompagner le passage à une alimentation 100% bio en élevage avicole biologique* ». Ce projet, d'une durée de 3 ans (2011-2014), est financé par le ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt. Il a été lauréat de l'Appel à Projets 2011 de Développement Agricole et Rural d'Innovation et de partenariat. La Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire est le chef de file de ce projet qui implique de nombreux partenaires dont des Chambres d'Agriculture (APCA, Chambres d'Agriculture de la Drôme, du Gers, de Sarthe et de Vendée), des instituts (INRA, ITAB et ITAVI), des organismes professionnels agricoles (Coop de France, FNAB, CAB et SYNALAF), des supports pédagogiques (CEZ Bergerie Nationale / Exploitation agricole de Rambouillet, Lycées agricoles Nature et des Sicaudières) et des opérateurs économiques de la filière (Bodin, Aliments Mercier, Sud-Ouest Aliment/Maïsadour, Sud-Ouest Volaille/Terre du Sud et Valsoleil). Les ressources humaines dédiées au projet sur les 3 ans sont équivalentes à 4,6 ETP (soit 1,5 ETP par an). Au niveau du budget, le coût total estimé du projet hors salaires publics est de 844 000 € financés par des fonds CASDAR (≈ 60%), de l'autofinancement de la part des différents partenaires (≈ 30%), des aides du conseil Régional des Pays de la Loire et l'appui de l'état aux stations INRA.

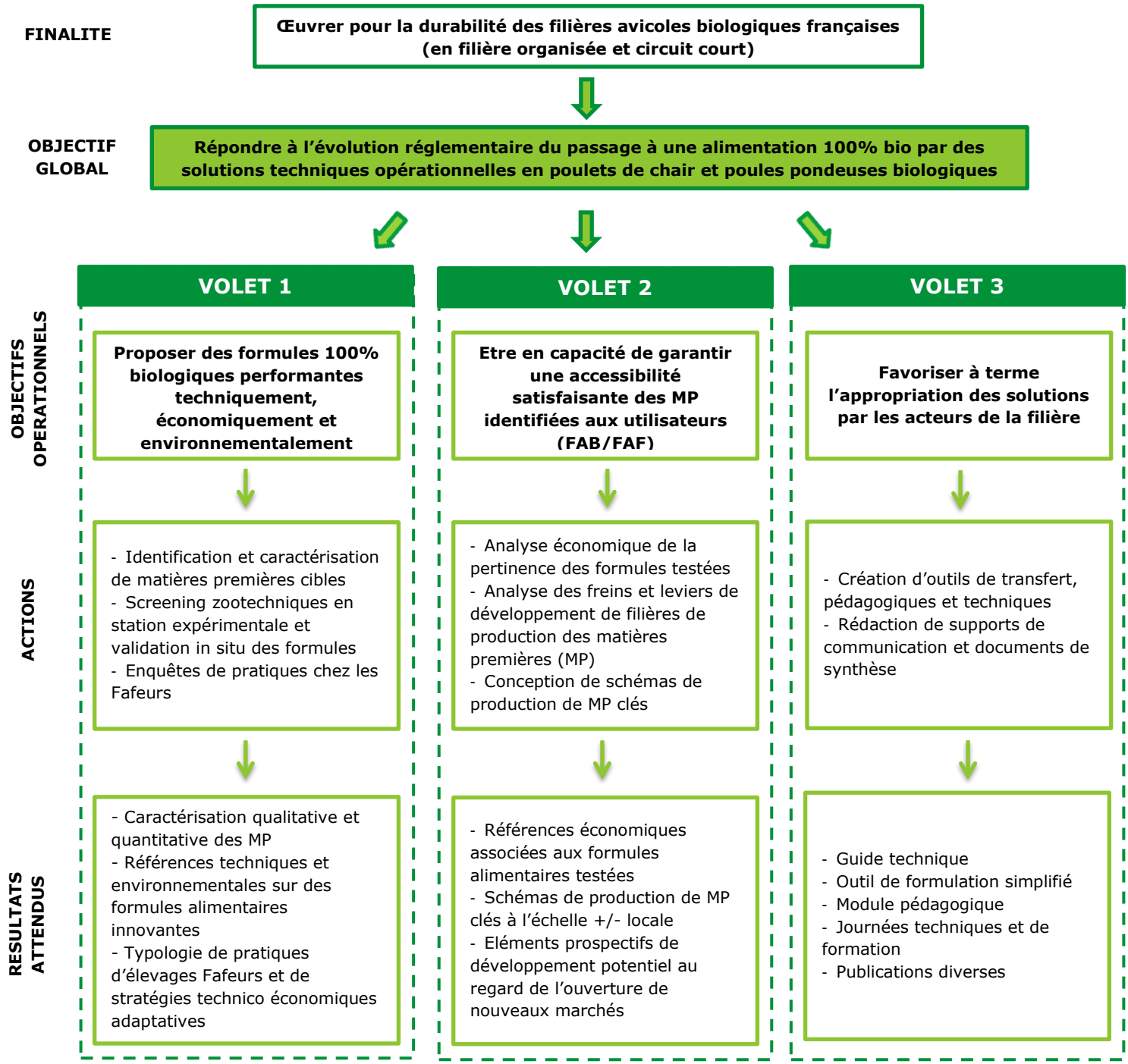


Figure 1 : Présentation schématique du CASDAR AVIALIM BIO

Ce projet se compose de 3 volets (Cf. Figure 1) : un 1er volet vise à identifier et caractériser des MP riches en protéines et évaluer des formules alimentaires innovantes via notamment des essais en station expérimentale et en élevages. Le 2nd volet est consacré à la conception de schémas de production de MP pertinentes (identifiées dans le volet 1). Il s'agira ici d'identifier les freins et leviers de production et de valorisation de ces MP à destination de l'alimentation des volailles, de donner des références économiques sur ces MP et sur les formules qui seraient susceptibles de les incorporer et de concevoir différents schémas de filière pour la production de ces MP à destination des Fabricants d'Aliments du Bétail (FAB) et des éleveurs dits « Fafeurs » [qui ont opté pour la Fabrication d'Aliments à la Ferme (FAF)]. Le dernier volet du projet consiste en la valorisation et la diffusion de l'ensemble des résultats via de multiples supports : guides techniques, journées techniques, journées de formation, outil d'aide à la formulation pour les Fafeurs, etc. A noter que ce projet s'attache à trouver des réponses pertinentes et plurielles, capables aussi bien de répondre aux enjeux des FAB et opérateurs des filières organisées qu'aux Fafeurs. Bien que ces derniers soient minoritaires, il est important pour les Chambres d'Agriculture de les prendre en compte, aussi bien pour remplir une mission régalienne « d'accompagnement de tous les agriculteurs », que pour avoir des réponses techniques à apporter aux porteurs de projets en aviculture biologique de plus en plus nombreux à vouloir s'installer en FAF.

Introduction générale

En filière avicole biologique et conventionnelle courte, une partie des éleveurs achète ses aliments à des fabricants d'aliments du bétail mais on trouve également des éleveurs qui ont opté pour la Fabrication d'Aliments à la Ferme (FAF). On qualifie couramment ces éleveurs de « Fafeurs ». La FAF consiste à reconstituer des aliments complets à la ferme à partir de matières premières autoproduites ou achetées, d'aliments minéraux et parfois d'une base protéique achetée. La FAF est dite totale lorsque que l'éleveur fabrique tous ses aliments à partir de MP et d'aliments minéraux. A l'opposé, lorsqu'il achète des aliments complémentaires ou des aliments complets pour certains stades physiologiques des volailles, la FAF est dite partielle (RIPOCHE, 2011).

Pour toute la filière avicole biologique, on estime qu'en 2011 les fabricants d'aliments du bétail ont fourni 90% de l'aliment poules pondeuses et 84% de l'aliment poulets de chair consommés (y compris aliments complémentaires). Par conséquent, la part d'aliments fabriqués par les éleveurs serait respectivement d'environ 10 et 16% (DUPETIT, 2011 – AGENCE BIO, 2012).

Les Fafeurs font face à de nombreuses difficultés essentiellement liées à des questions de formulation : variabilité de la qualité et du prix des matières premières (MP) qu'il est nécessaire de prendre en compte dans les choix à opérer, accès limité à certaines MP, nombre de MP par formule restreint (limites logistiques et techniques des équipements de la FAF), besoins nutritionnels des animaux non connus (fonction de l'espèce, de l'âge, de l'environnement, des objectifs, etc.), pas ou peu d'accompagnement technique à la formulation, etc. En outre, le passage à une alimentation 100% biologique exigé par la réglementation européenne de l'AB (CEE 889/2008) à partir du 1er janvier 2015 va entrainer des difficultés supplémentaires de formulation. En effet, dans un contexte de moindre disponibilité en MP riches en protéines, il sera alors plus difficile pour toute la filière avicole biologique de couvrir les besoins protéiques des volailles (ANDi, 2010).

Afin de leur proposer un appui technique et de permettre aux éleveurs Fafeurs de raisonner au mieux leurs formules en s'adaptant à un contexte très évolutif de prix, d'accessibilité et de qualité des MP, conseillers et experts avicoles se sont accordés à dire que la priorité était de mettre à disposition un outil d'aide à la formulation. En effet, aucun outil spécifiquement dédié aux éleveurs avicoles Fafeurs n'existerait à ce jour.

Dans ce contexte et dans le cadre du programme de recherche AVIALIM BIO *« Proposer des solutions et outils techniques pour accompagner le passage à une alimentation 100 % bio en élevage avicole biologique »,* la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire et ses partenaires ont souhaité proposer aux éleveurs avicoles Fafeurs en AB un outil d'aide à la formulation dont le développement est l'objet de ce rapport.

Dans un premier temps, une analyse de la demande sera proposée. Celle-ci vise à identifier, en lien avec les spécificités de l'élevage avicole biologique, les besoins des éleveurs Fafeurs avicoles en AB vis-à-vis d'un outil d'aide à la formulation et à analyser l'offre existante en termes d'outils de formulation. Une seconde partie présentera le travail de développement de l'outil. Enfin, avant de conclure, quelques exemples concrets d'utilisation de l'outil seront présentés et les atouts, les limites et les perspectives de ce projet seront abordés en discussion.

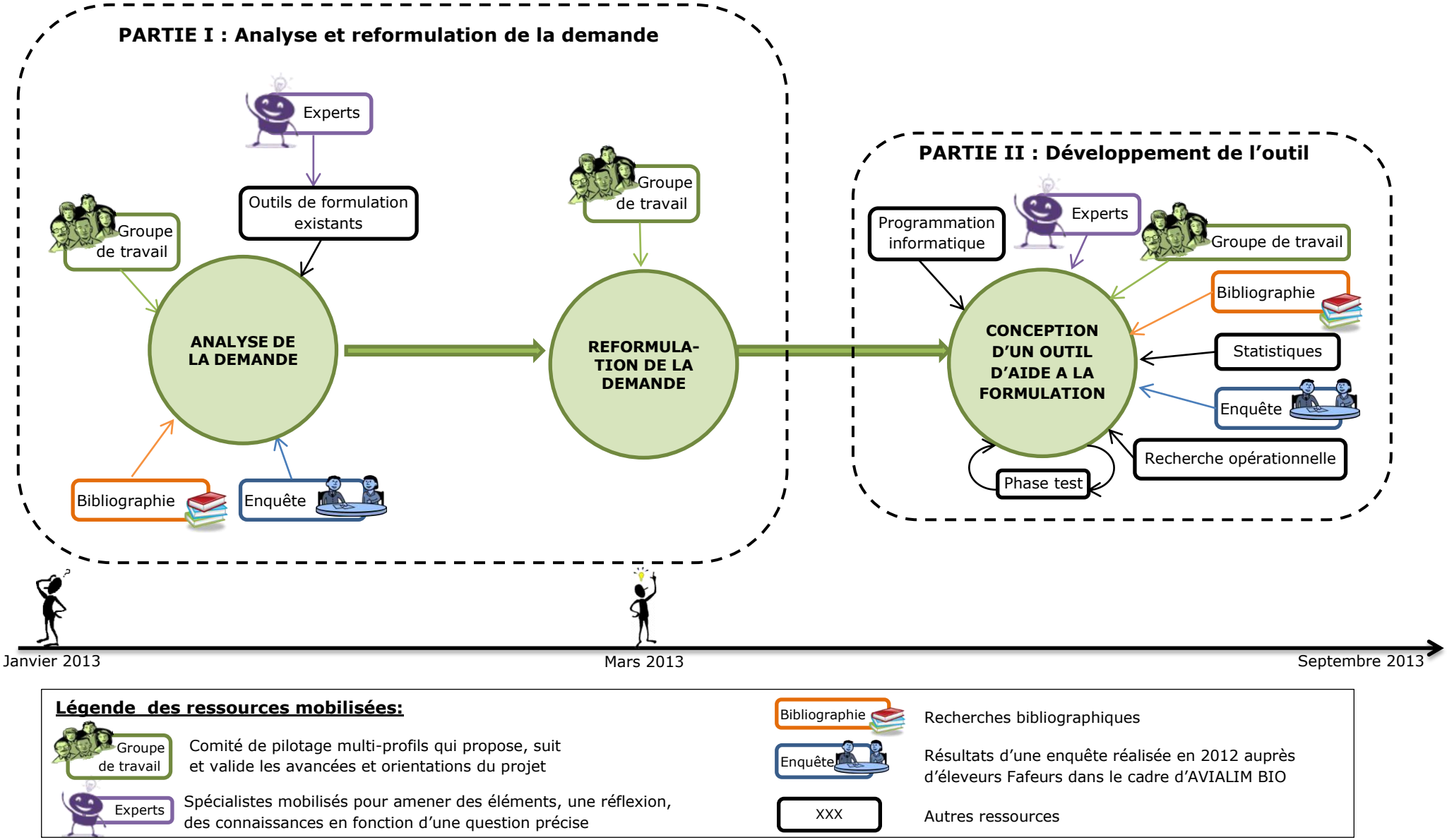


Figure 2 : Représentation schématique de la démarche de travail globale du projet

Pour la conduite de ce projet, la démarche de travail globale ainsi que les types de ressources mobilisées sont présentés sur la Figure 2. Nous pouvons voir qu'un groupe de travail a été constitué pour suivre et valider les avancées et orientations du projet. Celui-ci est intervenu à toutes les étapes du projet. Il s'agit d'un groupe de travail multi-profils composé de 11 personnes :

- Dominique ANTOINE - Expert indépendant ;
- Célia BORDEAUX – Coordinatrice du programme de recherche AB à la CRA PdL et du programme de recherche AVIALIM BIO ;
- Julien CESBRON – Eleveur Fafeur ;
- Alain CHAZERAULT – Eleveur Fafeur;
- Anne-Sophie DELASSUS - Apprentie à la CRA PdL en charge de la conduite de ce projet et coanimatrice du groupe de travail ;
- Hervé JUIN – Chercheur à l'INRA du Magneraud ;
- Fabrice MORINIERE – Conseiller avicole à la CDA 85 et coanimateur du groupe de travail ;
- Christel NAYET – Conseillère spécialisée élevages biologiques à la CDA 26 ;
- Christèle PINEAU – Conseillère avicole à la CDA 72 ;
- Antoine ROINSARD – Animateur commission élevage monogastrique de l'ITAB ;
- Anne UZUREAU - Chargée de mission productions animales à la CAB.

Ce projet comprend deux grandes phases exposées dans les deux parties suivantes de ce rapport :

- **Partie 1 :** Analyse de la demande ;
- **Partie 2 :** Conception d'un outil d'aide à la formulation.

En introduction de chacune de ces parties, un schéma plus détaillé de la démarche de travail déployée sera présenté.

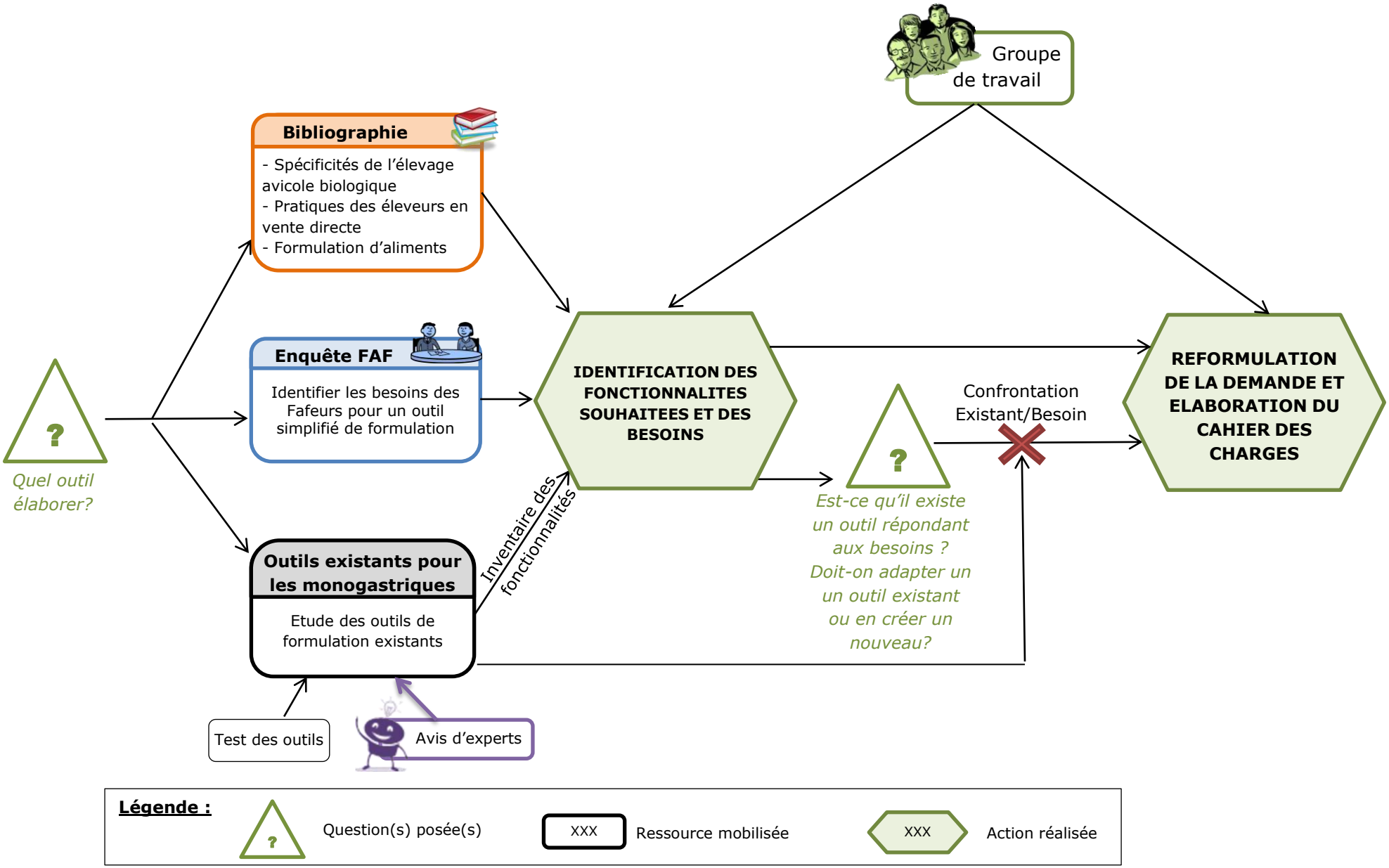


Figure 3 : Représentation schématique de la démarche de travail dans la partie I

PARTIE I. ANALYSE DE LA DEMANDE

Afin d'analyser précisément la demande et les possibles, différentes ressources ont été utilisées : bibliographie, résultats d'une enquête réalisée en 2012 auprès d'éleveurs avicoles Fafeurs, outils de formulation pour monogastriques existants et groupe de travail (Cf. Figure 3).

I.1. Synthèse bibliographique

La synthèse bibliographique avait pour objectif d'apporter les éléments nécessaires à la construction du cahier des charges de l'outil. Ainsi, des données sur les pratiques d'élevage des Fafeurs, sur leurs attentes vis-à-vis d'un outil de formulation, sur les fonctionnalités et indicateurs présents dans un outil de formulation étaient notamment recherchées.

I.1.1. Les spécificités zootechniques de l'élevage avicole en AB

Les données présentées ci-dessous sont issues (hors indication contraire) du règlement CEE n°889/2008 et de son guide de lecture en application au 31/03/2013.

I.1.1.1. Souche des animaux

Afin d'éviter des conduites d'élevage intensives, le règlement de l'AB exige pour les volailles de chair l'utilisation de souches à croissance lente ou, s'il n'y a pas usage de souches à croissance lente, autorise l'usage d'autres souches mais avec un âge minimal d'abattage fixé. Celui-ci est de 81 jours pour le poulet de chair. Chaque état membre est libre de donner une définition ou d'établir une liste de « souches à croissance lente ». Ainsi, la France spécifie que les souches à croissance lente sont des croisements pour lesquels le gain moyen quotidien (GMQ) est inférieur ou égal à 35 g et qui sont issus d'une des 9 souches parentales femelles listées dans le guide de lecture. Concernant les poules pondeuses, on utilise en AB les mêmes lignées de type plein air qu'en production label (CHAPUIS, 2010).

I.1.1.2. Origine des animaux et âge d'abattage des poulets de chair

L'âge minimal d'abattage sera naturellement limité par le GMQ si le poussin de souche à croissance lente est issu d'un élevage de reproducteurs certifiés en AB (nécessité d'atteindre un poids commercialisable en ne dépassant pas un GMQ de 35 g). Par contre, si le poussin n'est pas issu de l'AB (ce qui est le cas en France puisqu'il n'existe pas d'accouvoir en AB), il est au minimum nécessaire de respecter la période de conversion de dix semaines (âge minimal à l'abattage de 70 jours et ce quelle que soit la souche). Pour les souches qui ne sont pas à croissance lente, l'âge minimal d'abattage est fixé à 81 jours. Dans la pratique, l'âge moyen d'abattage des poulets biologiques est d'environ 90 jours en filière organisée dans le Grand-Ouest (DEZAT, 2011) alors que celui-ci est plutôt compris entre 112 et 140 jours en filière courte (NAYET, 2011).

I.1.1.3. Alimentation

Les volailles certifiées en AB doivent être nourris avec des aliments issus de l'AB et de préférence provenant de l'exploitation elle-même. L'utilisation de 5% de MP riches en protéines d'origine agricole conventionnelles est autorisée à titre dérogatoire jusqu'au 1er janvier 2015. Au-delà de cette date, 100 % des MP agricoles des aliments devront être issues de l'AB. Les aliments

composés d'OGM et de leurs produits dérivés sont exclus ainsi que les acides aminés de synthèse. Les volailles doivent avoir accès à des fourrages grossiers frais ou sec. Cela passe notamment via l'obligation d'accès à un parcours couvert de végétation sur au minimum la moitié de la vie de l'animal. De plus, il est spécifié que les aliments doivent répondre aux besoins nutritionnels des animaux aux différents stades de leur développement. A noter qu'il existe une forte variabilité des besoins des animaux qui est fonction de leur souche, de leur sexe, de leur environnement et de leur type de production. Il est donc important de prendre en compte, dans l'alimentation des animaux, les pratiques d'élevage en AB telles que les densités d'élevages (10 ou 16 poulets max/m² selon le type de bâtiment et 6 poules pondeuses max /m² en AB), l'accès à un parcours extérieur ou non, le type de souche utilisée, etc.

A titre informatif, des repères sur les cycles de production en AB des poulets de chair en filière organisée et des poules pondeuses sont présentés en Annexe 1.

I.1.2. La formulation d'aliments (LARBIER et LECLERCQ, 1992)

La formulation consiste à calculer les proportions de chaque matière première (MP) à utiliser pour obtenir un mélange satisfaisant les besoins nutritionnels de l'espèce considérée tout en minimisant le coût de ce mélange. L'objectif est de mélanger des MP de qualités nutritionnelles différentes afin d'obtenir un aliment équilibré pour l'espèce (apports nutritionnels de l'aliment correspondant aux besoins de l'animal). Afin de minimiser le coût de l'aliment, on utilise la méthode « à moindre coût » qui permet d'obtenir un aliment équilibré tout en sélectionnant les MP les plus intéressantes économiquement (vis-à-vis de leur coût).

Parmi les différentes méthodes d'optimisation existantes, la programmation linéaire est la plus utilisée pour résoudre un problème de formulation « à moindre coût ». Le programme linéaire à résoudre est le suivant :

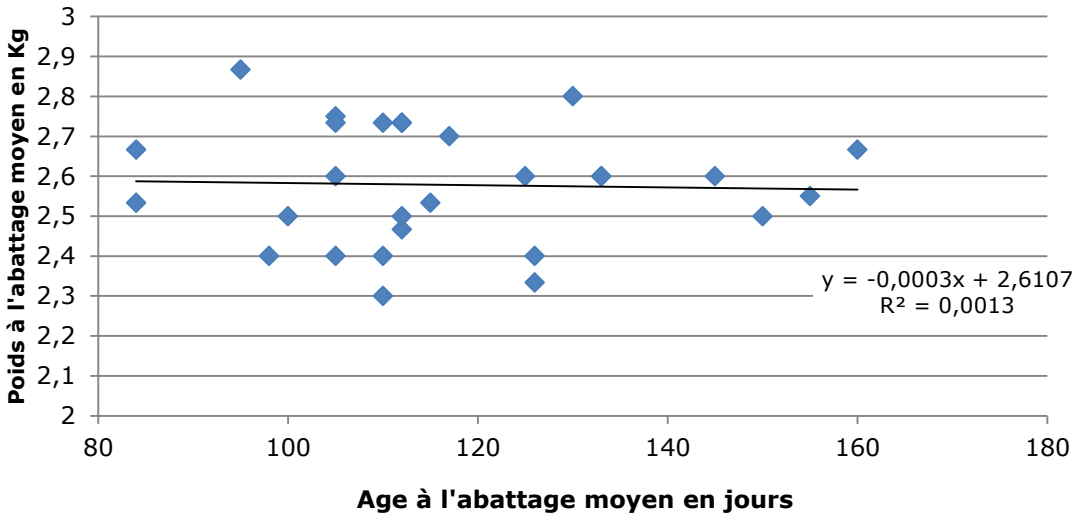
Soit: $\mathbf{MP_1, MP_2, MP_3, ..., MP_i, ... MP_n}$ une liste de n matières premières ; $\mathbf{C_1, C_2, C_3, ..., C_i, ... C_n}$ le coût de ces MP par unité de poids ; $\mathbf{X_1, X_2, X_3, ..., X_i, ... X_n}$ le taux d'incorporation de chaque MP dans le mélange ; $\mathbf{Smin_i}$ et $\mathbf{Smax_i}$ le taux d'incorporation minimal et maximal de la MP i ; $\mathbf{Nut_1, Nut_2, Nut_3, ..., Nut_j, ..., Nut_m}$ une liste de m nutriments ; $\mathbf{A_{ij}}$ la quantité de nutriment j présente dans la MP i ; $\mathbf{Amin_j}$ et $\mathbf{Amax_j}$ les besoins nutritionnels minimal et maximal en un nutriment j

L'objectif est de minimiser le coût du mélange **C(x)** en déterminant le taux d'incorporation $\mathbf{X_i}$ de chaque MP :

$$\text{Min } C(x) = \sum_{i=1}^{i=n} c_j \cdot x_i$$

Sous contraintes que :

- La somme des taux d'incorporation des MP fasse 100 : $\mathbf{X_1+X_2+X_3+ ...+ X_n = 100}$ **;**
- L'apport de la formule en chaque nutriment soit compris entre les besoins nutritionnels minimal et maximal de l'animal : $\mathbf{Aminj \leq (X_1*A_{1j} + X_2*A_{2j} + X_3*A_{3j} + ... + X_n*A_{nj}) \leq Amaxj}$ **;**
- Le taux d'incorporation de chaque MP soit compris entre les taux d'incorporation minimal et maximal : $\mathbf{Tmin_i \leq X_i \leq Tmax_i}$**.**



<u>Figure 4</u> : Poids à l'abattage moyen (en kg) en fonction de l'âge à l'abattage moyen (en jours) pratiqués par les Fafeurs

La formulation est donc basée sur le paramétrage des valeurs nutritionnelles et contraintes d'incorporation (mini et maxi) des MP, des besoins nutritionnels des animaux et des coûts des MP (ITAVI, 2013).

La revue de la littérature a permis de mette en évidence les principales spécificités de l'aviculture biologique (en lien avec le cahier des charges européen) et le principe de la formulation d'aliments. Cependant, aucune donnée n'a été trouvée concernant les pratiques d'élevage des Fafeurs, leurs attentes vis-à-vis d'un outil de formulation, les fonctionnalités et indicateurs d'un tel outil. Ainsi, afin de construire le cahier des charges de l'outil, le seul recours à des données bibliographiques n'était pas suffisant et il a été nécessaire de se tourner vers d'autres ressources.

I.2. Les pratiques d'élevage et attentes exprimées des Fafeurs

Dans le cadre du programme de recherche AVIALIM BIO, une enquête a été réalisée en 2012 auprès de 28 éleveurs avicoles Fafeurs en AB. Des parties de cette enquête étaient exclusivement consacrées à l'analyse des attentes et des besoins des Fafeurs en lien avec la conception d'un outil d'aide à la formulation. Ainsi, pour la construction du cahier des charges du projet, les résultats de ce travail d'enquête (non publiés) ont été analysés. L'enquête et l'échantillon enquêté sont présentés en Annexes 2 et 3.

I.2.1. Des souches et des pratiques d'âge et poids d'abattage diversifiées

Les résultats détaillés sur les souches utilisées par les Fafeurs et leurs pratiques d'âge et poids d'abattage sont présentés en Annexe 4.

D'une manière générale, il apparait que les **souches de poulets de chair utilisées par les Fafeurs sont très diverses**. En effet, même si une majorité des éleveurs enquêtés utilise des souches à croissance lente (type label), près d'un tiers élève une souche à croissance intermédiaire (type médium/lourd). On retrouve aussi un éleveur qui utilise une souche à croissance rapide (type standard) et un Fafeurs qui élève une race ancienne (Coucou de Rennes).

De plus, vis-à-vis des pratiques d'élevage, la question a été posé aux éleveurs de savoir quelles étaient les fourchettes de poids et d'âge d'abattage pratiquées. Globalement (nous aurons l'occasion de revenir plus en détail sur ces résultats dans la partie II), **il en ressort une très grande diversité des pratiques des éleveurs sur ce point**. En effet, le poids vif minimum d'abattage cité par les éleveurs varie entre 1,6 et 2,7 kg (moyenne : 2,1 kg) et le poids vif maximum entre 2,4 et 6,8 kg (moyenne : 3,2 kg). Comme nous pouvons le constater, le poids vif minimum d'abattage de certains éleveurs est supérieur au poids vif maximum pratiqué par d'autres éleveurs. De la même manière, l'âge d'abattage minimal varie entre 81 et 140 jours (moyenne : 107 jours) et l'âge d'abattage maximal entre 100 et 180 jours (moyenne : 136 jours). A noter qu'il n'y a **aucune corrélation entre le poids et l'âge d'abattage pratiqués**. En effet, quel que soit l'âge d'abattage, le poids moyen d'abattage vif des poulets est de 2,6 kg (Cf. Figure 4). De plus, il n'y a **pas de lien entre le type de souche utilisée et les pratiques d'âge et poids d'abattage des Fafeurs**. Ainsi, même si les souches médiums/lourdes ont un potentiel de

Tableau 1 : Origine de l'aliment par type d'aliment chez les Fafeurs enquêtés

Type d'aliment	Origine de l'aliment			TOTAL
	Acheté	100% FAF	FAF partielle	
Démarrage	**15**	6	3	24
Croissance	-	5	**11**	16
Croissance/Finition	-	**6**	2	8
Finition 1	-	7	**9**	16
Finition 2	-	**4**	1	5

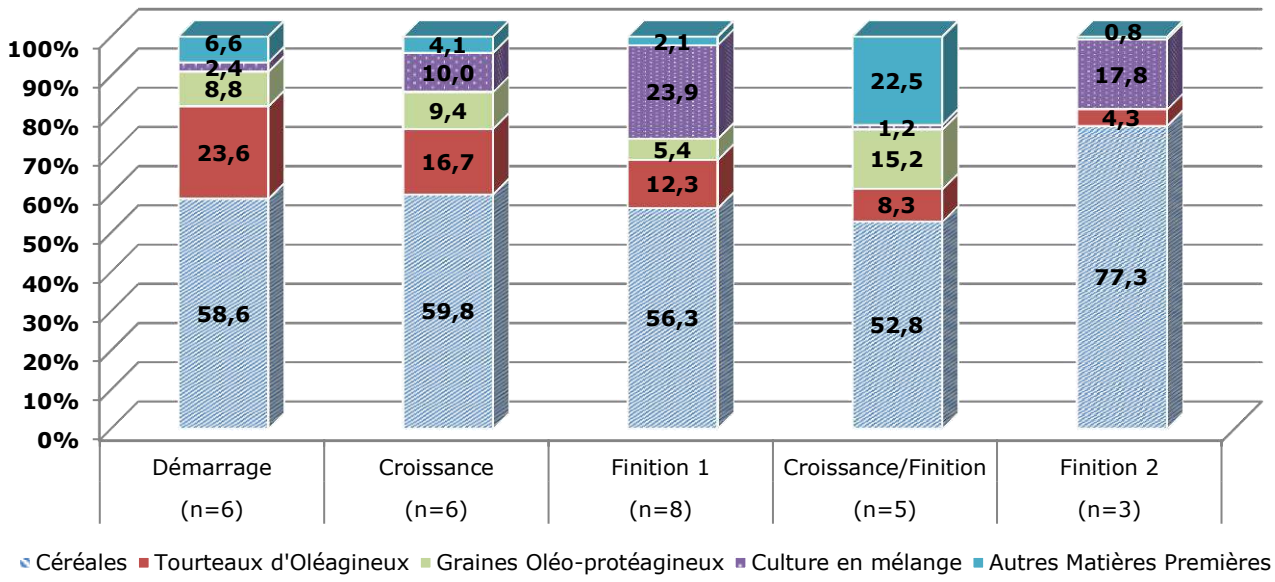


Figure 5 : Composition moyenne informée des enquêtés des formules 100% FAF par grandes familles de matières premières

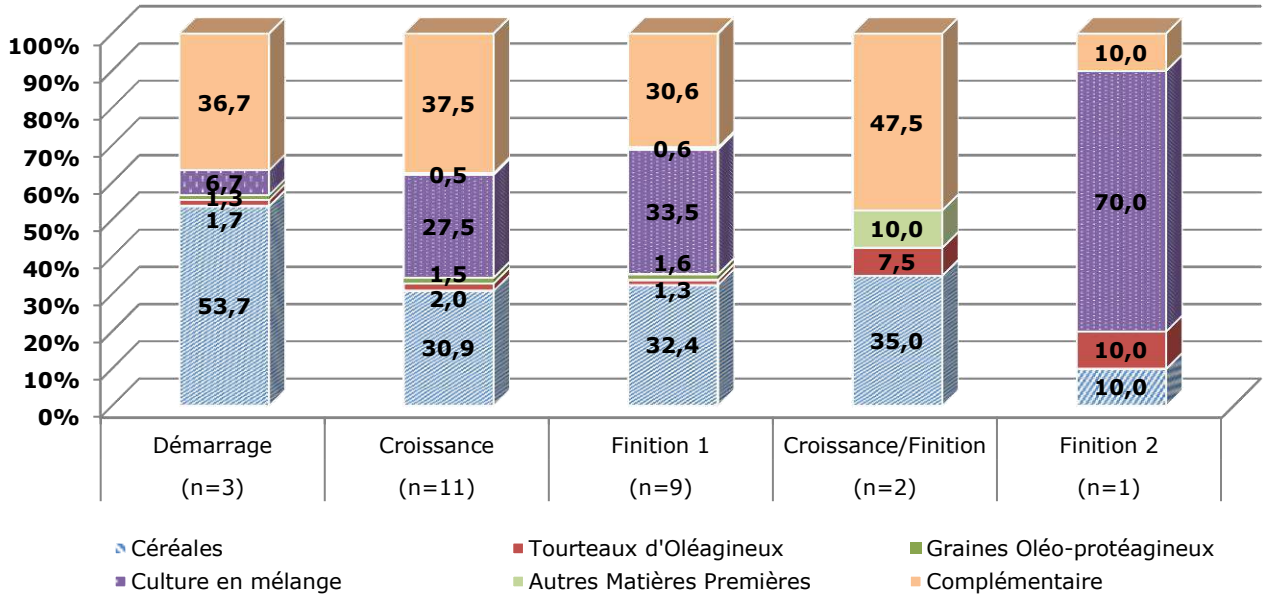


Figure 6 : Composition moyenne informée des enquêtés des formules mixtes par grandes familles de matières premières

croissance supérieur (GMQ de 35/40 g vs 26 g pour les labels), il n'y a pas de différence de GMQ entre les souches labels et les souches médiums/lourdes élevées par les Fafeurs enquêtés.

I.2.2. Des pratiques d'alimentation plurielles

Pour l'alimentation de leurs volailles, les Fafeurs enquêtés **favorisent l'utilisation des MP qu'ils produisent sur leur exploitation**. Parmi les difficultés de formulation mises en avant par les Fafeurs, on retrouve le manque de connaissances sur les besoins nutritionnels des volailles et les valeurs nutritionnelles des MP. De plus, ils précisent aussi que la variabilité des valeurs nutritionnelles des MP est difficile à gérer alors même qu'ils sont très peu à réaliser des analyses de leurs MP (6 éleveurs sur 28).

Au niveau des formules, il y a environ l**a moitié des éleveurs enquêtés qui font varier leurs formules** régulièrement en fonction des performances observées et de la qualité et disponibilité des MP. A l'inverse, l'autre moitié des éleveurs affirme avoir des formules stables dans le temps. Le nombre de formules utilisées dans les programmes alimentaires des poulets de chair est variable (2 à 4 aliments différents) et n'est pas forcement lié à la durée d'élevage de l'animal. L'aliment démarrage est majoritairement acheté par les Fafeurs et nombreux sont ceux à utiliser un complémentaire acheté dans leurs différentes formules. Ainsi, **la majorité des Fafeurs enquêtés pratique la FAF partielle** (Cf. Tableau 1).

En ce qui concerne la composition des formules, les Figures 5 et 6 représentent la composition moyenne informée par grandes familles de MP des formules 100% fabriquées à la ferme (100% FAF) ou comprenant un complémentaire acheté (formules mixtes). Le profil des formules est très différent fonction que l'éleveur pratique la FAF totale ou la FAF partielle. Ainsi, les formules mixtes sont essentiellement composées de céréales, mélanges de MP et complémentaires alors que les formules 100% FAF comprennent une proportion non négligeable de tourteaux d'oléagineux et de protéagineux. A noter que **l'incorporation de mélanges de MP est relativement importante dans les formules des Fafeurs.**

Pour finir, il y a une **très grande variabilité des valeurs nutritionnelles des formules** 100 % fabriquées à la ferme renseignées par les éleveurs avec par exemple des écart-type supérieurs à 2 points pour la teneur en MAT. De plus, il ne semble pas y avoir de lien entre les apports nutritionnels des formules et la croissance des animaux. On peut donc supposer **qu'au-delà des valeurs nutritionnelles des formules, l'influence des conditions d'élevage sur les performances des animaux est importante.** L'analyse détaillée des résultats concernant les pratiques d'alimentation des Fafeurs est présentée en Annexe 5.

I.2.3. Attentes exprimées des Fafeurs vis-à-vis d'un outil d'aide à la formulation

I.2.3.1. Maitrise de l'outil informatique par les éleveurs

Sur les 28 éleveurs Fafeurs enquêtés, 24 (86%) affirment avoir déjà utilisé des logiciels de calcul tels que le logiciel Microsoft Office Excel. Sur ces 24 éleveurs, un peu moins de la moitié (11 ; 46%) affirme maîtriser son utilisation alors que 6 éleveurs (25%) se disent « débutants » et 7 éleveurs (29%) estiment qu'ils font de la « bidouille ». **Globalement, un peu plus de la moitié**

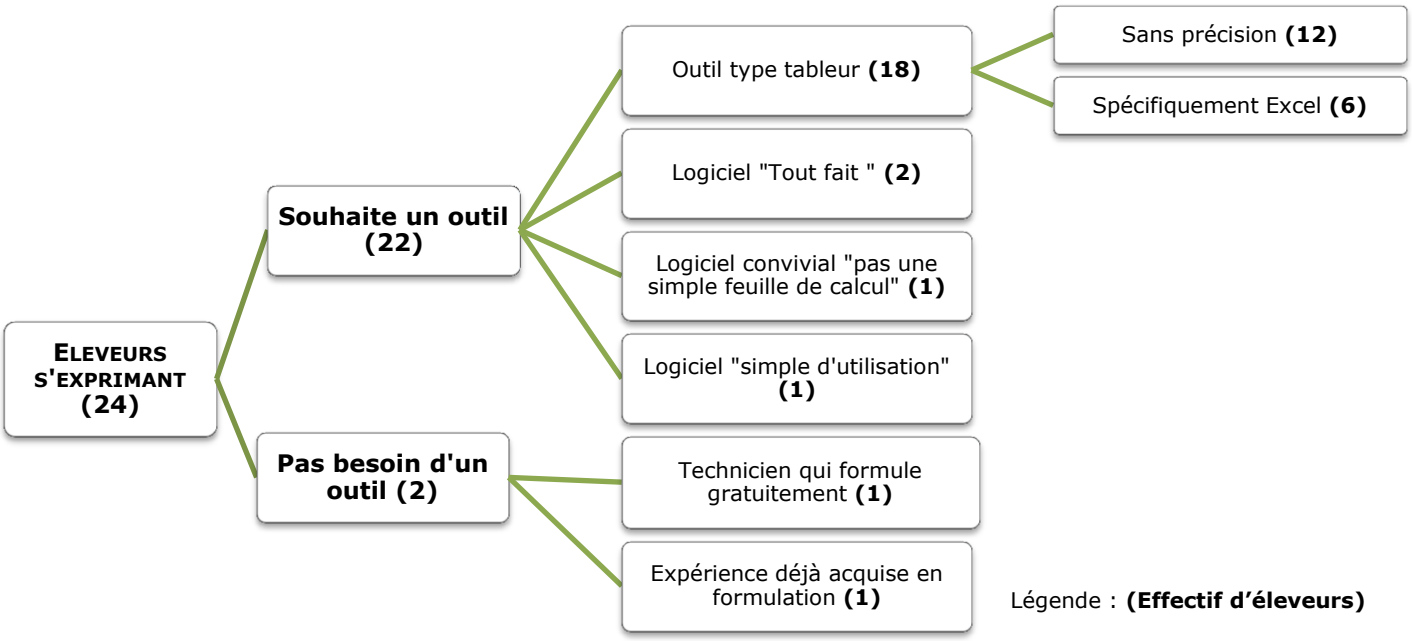


Figure 7 : Effectif des éleveurs enquêtés en fonction du type d'outil de formulation souhaité (n=24)

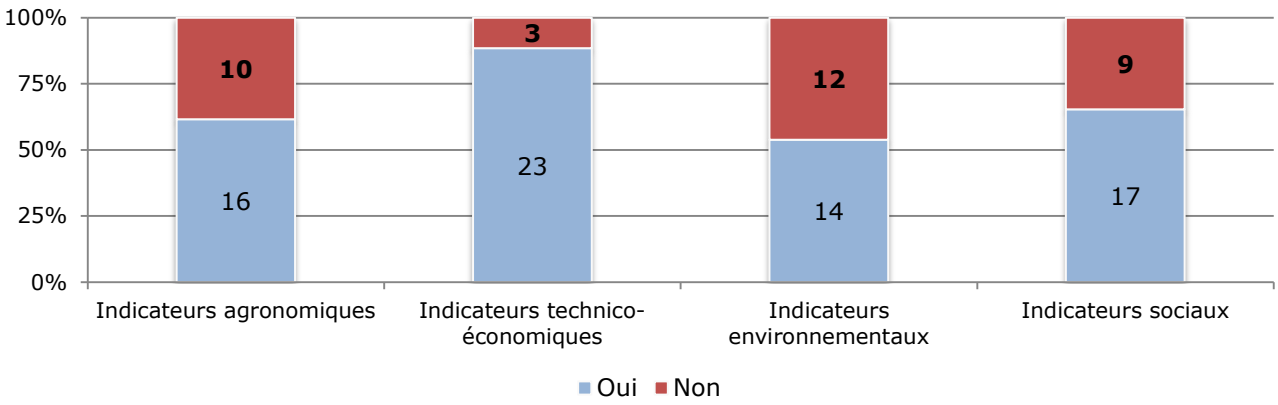


Figure 8 : Répartition des éleveurs selon leur souhait de trouver (oui ou non) différents types d'indicateurs dans l'outil (n=26)

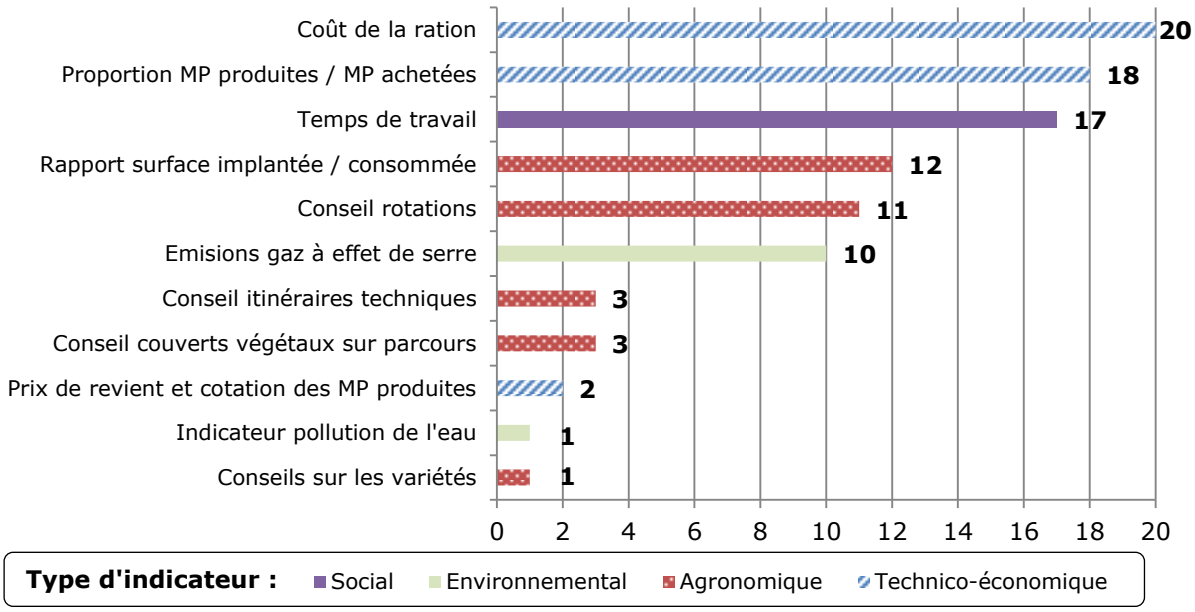


Figure 9 : Effectif des éleveurs en fonction de leur souhait de trouver certains indicateurs dans l'outil par type d'indicateurs (n=26)

des éleveurs enquêtés possède un faible niveau de maitrise des logiciels de calcul tels que Microsoft Office Excel.

I.2.3.2. Type d'outil désiré par les éleveurs

Parmi les 24 éleveurs enquêtés s'étant exprimés, 2 disent ne pas avoir besoin d'un outil d'aide à la formulation, l'un parce qu'il a un technicien qui formule gratuitement pour lui, l'autre parce qu'il a déjà acquis une certaine expérience dans la formulation et qu'il juge ne plus avoir besoin de ce type d'outil maintenant. **Une large majorité** (18) **souhaite un logiciel sous forme de tableur dont 12 précisent spécifiquement un logiciel sous Microsoft Office Excel**. Parmi les 4 éleveurs restants, 2 attendent un logiciel *« tout fait »*, 1 souhaite un logiciel convivial *« pas une simple feuille de calcul »* et le dernier souhaite un logiciel *« très simple d'utilisation »* (Cf. Figure 7). De la même manière que l'éleveur l'ayant exprimé en souhait, 3 autres éleveurs ajoutent en remarque qu'il faut que ce soit *« un outil (très) simple d'utilisation ».* Au niveau des fonctionnalités, 5 éleveurs souhaitent **un outil de vérification de formules déjà utilisées** (au-delà d'un outil d'aide à la formulation). Pour finir, 6 éleveurs indiquent qu'il faut que l'outil soit gratuit ou peu cher.

I.2.3.3. Indicateurs souhaités par les éleveurs dans l'outil

La question a été posée aux éleveurs de savoir quels étaient les types d'indicateurs qu'ils souhaitaient retrouver dans l'outil. Comme nous pouvons le voir sur la Figure 8, **la plus grande attente des éleveurs concerne la présence d'indicateurs technico-économiques**. A l'inverse, l'intérêt de la présence d'indicateurs environnementaux est la plus discutée avec près de la moitié des éleveurs qui ne porte pas d'intérêt à ce type d'indicateurs. Des indicateurs agronomiques et sociaux (temps de travail) sont souhaités par respectivement 16 et 17 éleveurs sur 26.

Les indicateurs précis souhaités par les éleveurs sont présentées sur la Figure 9. A l'instar du type d'indicateurs souhaité, les propositions concernant les indicateurs technico-économiques (coût de la ration et proportions de MP produites et MP achetées dans la ration) sont les plus citées. A noter que tous les indicateurs cités par plus de 3 éleveurs correspondent à ceux proposés dans le questionnaire. En effet, les éleveurs montrent un intérêt à trouver dans l'outil tout ce qu'on leur a proposé dans l'enquête (indicateurs environnementaux, sociaux, etc.) sans pour autant faire de nouvelles propositions ou préciser leurs souhaits. Ainsi, l'enquête telle qu'elle a été réalisée ne permet pas d'identifier clairement quels sont les indicateurs importants aux yeux des éleveurs (ceux-ci ayant eu tendance à dire oui à tout ce qui était proposé). Or, le fait d'introduire dans le logiciel un grand nombre d'indicateurs va à l'encontre du souhait exprimé d'avoir un logiciel simple d'utilisation (en lien certainement avec leur niveau de maitrise de l'outil informatique). Il a donc s'agit, comme nous le verrons ultérieurement, de faire des choix cohérents.

I.2.3.4. Attentes en termes d'accompagnement

Sur les 26 éleveurs désirant un outil, 23 souhaitent avoir un accompagnement avec celui-ci. Ainsi, 17 éleveurs sont intéressés par un accompagnement sous forme de formation, 16 éleveurs sous forme de conseils, 16 éleveurs via des groupes d'échange et 1 éleveur via de la littérature.

Tableau 2 : Principales caractéristiques des outils existants multi-espèces

Type	Nom logiciel (Developpeur)	Cible / Utilisateurs	Especes	Conditions techniques d'utilisation	Conditions financieres d'utilisation	Description succincte	Principaux atouts	Principaux inconvenients
LOGICIEL	**Porfal** *(IFIP)*	- Nutritionniste - Fabricant d'aliments - Technicien en alimentation animale - Eleveur	- Porcins	- Possession d'une licence	Acquisition du logiciel : - 650 € pour un éleveur - 1300€ pour un technicien	Logiciel d'optimisation technique et économique de formules et de rations alimentaires pour les porcs	- Réel outil de formulation à moindre coût - Adaptable en volailles	- Prix - Ergonomie du logiciel - Nécessite création matrice pour utilisation en volailles
LOGICIEL	**InraPorc** *(INRA)*	- Nutritionniste du secteur de l'alimentation animale - L'enseignement de la nutrition du porc	- Porcins	- Possession d'une licence	Licence de 500 €	Outil de détermination des besoins nutritionnels des truies et de simulation des performances des truies et porcs en croissance en fonction des stratégies alimentaires	- Calcul des besoins des animaux très précis - Regard de l'impact des formules sur performances des animaux	- Pas adapté aux volailles **- Pas un outil de formulation / juste vérification de formules**
LOGICIEL	**Feedsoft** *(Feedsoft Corporation)*	Selon version du logiciel : - *Standard :* éleveurs et entreprises de la nutrition de petite taille - *Professionnel :* entreprise de taille moyenne, l'enseignement et la recherche - Entreprise : entreprise de grande taille	- Possibilité toutes espèces mais une seule au choix dans les 2 premières versions	- Possession d'une licence	Acquisition du logiciel, prix selon version : - *Standard :* 1 495 $ US ~ 1 150 € (au 15/02/2013) - *Professionnel :* 2 495 $ US - *Entreprise :* 3 495 $ US	Logiciel d'optimisation économique et technique de formules pour animaux	- Toutes espèces - Simple d'utilisation - Ergonomie très travaillée	- Prix - Logiciel en anglais **- Pas de données sur les besoins nutritionnelles des animaux** (A renseigner par l'utilisateur)
LOGICIEL	**Perfagro** *(Céréopa)*	- Institut technique (Céréopa, Arvalis) - Firmes services (Primex, Cybelia, …) -Centre de gestion (Cogédis)	- Bovins lait - Bovins viande - Porcins	- Nécessite Access et Excel - Complexité d'utilisation (nécessité d'être expert)	Entre 1000 et 2000 € pour une simulation par un conseiller Céréopa	Outil d'aide à la décision stratégique se basant sur un modèle d'optimisation économique d'un système d'exploitation de type polyculture-élevage. Ce modèle propose, entre autres, des orientations vis-à-vis de l'assolement et de l'alimentation des animaux. Le calcul des rations s'appuie sur la couverture des besoins nutritionnels des animaux et la minimisation du coût alimentaire (via l'autoconsommation de matières premières produites sur l'exploitation)	- Prise en compte de l'exploitation dans sa globalité (lien cultures/ ateliers animaux) - Regard sur les cultures (assolement, etc.)	- Prix - Pas adapté aux volailles - Logiciel d'aide à la décision stratégique à court/moyen terme et non à la décision technique - Complexité d'utilisation / Nécessite un expert - Partie formulation peu précise
LOGICIEL	**NutrAnim** *(Nutranim)*	- Nutritionniste - Fabricant d'aliments - Technicien en alimentation animale - Eleveur	- Toutes espèces	- Possession d'une licence - Accès à internet (version en ligne)	Acquisition du logiciel : 2 500 $ CAD ~ 1 850 € (au 15/02/2013)	Logiciel de formulation et de vérification des valeurs nutritionnelles de formules pour animaux	- Outil de formulation à moindre coût et de vérification de formules alimentaires - Toutes espèces - Module de gestion des stocks de matières premières - Possibilité de groupes d'échange (entre utilisateurs)	**-** Logiciel payant - Ergonomie limitée **- Pas de données sur les besoins nutritionnelles des animaux** (A renseigner par l'utilisateur)
LOGICIEL	**PorAlim** *(IFIP)*	- Eleveur - Technicien - Vétérinaire - Enseignant	- Porcins	- Accès à internet	Gratuit	Logiciel d'évaluation des caractéristiques nutritionnelles des formules pour les porcs	- Gratuit - Présence base de données matières premières	- Pas adapté aux volailles **- Pas un outil de formulation / juste vérification de formules**
LOGICIEL	**Feedopti** *(HARRAU O.)*	- Eleveur - Nutritionniste - Professionnel de la nutrition	- Toutes espèces : volailles, porcs, bovins, équins, lapins, pet food et aquaculture	- Accès à internet - Abonnement annuel requis	Offre de 25 à 500 € par an	Logiciel d'optimisation économique et technique de formules pour animaux	- Toutes espèces - Possibilité de groupes d'échange (entre utilisateurs)	- Service payant - Absence de base de données matières premières préenregistrées **- Pas de données sur les besoins nutritionnelles des animaux** (A renseigner par l'utilisateur) - Utilisation complexe
CLASSEUR EXCEL	**Excel « WUFFDA »** *(version lapin adaptée par GIDENNE T. et LEBAS F. (2010)* et *version volailles adapté par LECLERCQ B. (2002) d'après PESTI G. et THOMSON E.)*	- L'enseignement et la recherche	- Lapins (Version lapins) - Volailles: poulets, canards, pintades, oies (version volailles)	- Nécessite Excel et l'option Solveur installée	Gratuit	Outil (d'usage facile) de formulation d'aliment pour les lapins ou les volailles par optimisation économique et technique	- Gratuit - Adaptable - Existence d'une version volailles - Réel outil de formulation à moindre coût	- Simple d'utilisation mais ergonomie limitée - Sauvegarde seulement la dernière formule calculée / Pratique si peu de formules à calculer - Nécessite Excel - Accès à l'outil (version volailles) limité
CLASSEUR EXCEL / OUTIL PERSONNEL ⚠	**Outil Excel Volailles** *(ANTOINE D., expert)*	-Eleveur (logiciel distribué lors de formations sur l'alimentation des volailles)	- Volailles : poulets et canards	- Participation à une formation de D. ANTOINE - Nécessite Excel	- Distribué gratuitement lors de la formation	Outil de vérification des caractéristiques nutritionnelles des formules pour les volailles	- Simple d'utilisation	- Accès à l'outil limité - Nécessite Excel **- Pas un outil de formulation / juste vérification de formules** - Fiabilité de cet outil personnel ?
CLASSEUR EXCEL / OUTIL PERSONNEL ⚠	**Outil Excel Volailles de MARY D.** *(MARY D., DM Nutrition)*	-Eleveur (logiciel distribué lors de formations sur l'alimentation des volailles)	- Volailles	- Participation à une formation de D. MARY (DM Nutrition) - Nécessite Excel	- Distribué gratuitement lors de la formation	Outil de calcul des apports nutritionnels d'une ration	- Simple d'utilisation	- Accès à l'outil limité **- Pas un outil de formulation / juste vérification de formules** **- Pas de données sur les besoins nutritionnelles des animaux** - Fiabilité de cet outil personnel ?

I.3. Analyse des outils de formulation pour monogastriques existants

L'analyse des outils de formulation pour monogastriques existants avait deux grands objectifs : (1) construire de façon précise le cahier des charges du projet et (2) voir s'il était nécessaire de construire un nouvel outil ou s'il était plus pertinent d'adapter un outil existant. Pour cela, une analyse descriptive des outils existants a été effectuée. En parallèle, une analyse comparative entre les outils existants et le cahier des charges (alors en cours d'élaboration) du projet a été réalisée.

I.3.1. Les fonctionnalités, atouts et contraintes des outils existants

L'analyse descriptive des outils existants avait pour principal objectif d'incrémenter la liste des fonctionnalités souhaitées dans l'outil. L'idée était de s'inspirer de l'existant pour la création de l'outil en répondant entres autres aux questions suivantes : *Quelles sont les fonctionnalités proposées dans les outils existants ? Comment les fonctionnalités sont-elles organisées entre-elles ? Quels sont les indicateurs présents dans ces outils ? Comment ces indicateurs sont-ils présentés ?*

Ainsi, les outils de formulation pour monogastriques existants et accessibles ont été répertoriés et analysés sur : leurs fonctionnalités, leur organisation, leur contenu, leurs atouts, leurs inconvénients, leurs conditions techniques d'utilisation et leurs conditions financières d'accès. Lorsque cela était nécessaire et possible, les outils ont été testés.

Afin d'enrichir cette analyse, un réseau de conseillers multi-profils (toutes productions AB ou non) et d'experts a été sollicité par mail pour donner leur avis (atouts/contraintes) sur les outils identifiés ainsi qu'alimenter cette liste d'outils (Cf. Annexe 6). Au total, 37 personnes ont été sollicitées dont des partenaires du projet AVALIM BIO, les membres du groupe de travail de l'enquête Fafeurs précédemment présentée et les membres du groupe de travail de ce projet (listing présenté en Annexe 7). A noter que seules 12 personnes ont répondu à cette sollicitation car la formulation est bien souvent loin du domaine d'expertise des personnes mobilisées.

Au total, 11 outils ont été répertoriés et analysés dont 7 logiciels (3 accessibles en ligne) et 4 classeurs sous Microsoft Office Excel. Les outils sont destinés à différentes espèces. On retrouve :

- 3 logiciels destinés aux porcs : Porfal, InraPorc et PorAlim
- 4 logiciels multi-espèces : Feedsoft, Perfagro, NutrAnim et FeedOpti
- 1 outil destiné aux lapins : Excel « WUFFDA » version lapin
- 3 outils destinés aux volailles : Excel « WUFFDA » version volailles, Excel de D. ANTOINE et Excel de D. MARY, les deux derniers étant des outils « personnels », conçus par des formateurs, à usage et diffusion limités.

Une synthèse de l'analyse descriptive des outils existants est présentée dans le Tableau 2.

Cette première phase d'analyse a permis d'identifier les fonctionnalités souhaitées dans l'outil qu'il est possible d'organiser, à l'instar de la majorité des outils existants, en plusieurs modules. Cela s'est traduit par la construction d'une ébauche au cahier des charges du projet présentée dans les 3 premières colonnes du Tableau 3.

Tableau 3 : Comparaison des outils existants à la proposition de cahier des charges de l'outil à construire

FONCTIONNALITES SOUHAITEES DANS L'OUTIL			*LOGICIEL*							*CLASSEUR EXCEL*			
MODULE ET OBJECTIF		**CONTENU/ FONCTIONNALITES SOUHAITEES**	**PORFAL**	**INRAPORC**	**FEEDSOFT**	**PERFAGRO**	**NUTRANIM** (POSSIBILITE LOGICIEL EN LIGNE)	**PORALIM** (LOGICIEL EN LIGNE)	**FEEDOPTI** (LOGICIEL EN LIGNE)	**EXCEL « WUFFDA » LAPIN**	**EXCEL « WUFFDA » VOLAILLE**	**EXCEL "D. ANTOINE"**	**EXCEL "D. MARY"**
1 : Matières premières	*Proposer une base de données reprenant les valeurs nutritionnelles de matières premières (MP) que l'utilisateur pourra visionner et incrémenter*	Module présent	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		MP "types" pré-enregistrées	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓
		MP rangées par grandes familles	✓	-	✓	✓	-	✓ (complexe)	-	-	-	-	✓
		Création MP possible	✓	✓	✓	✓	✓	✓ (complexe)	✓	✓	✓	✓ (complexe)	-
		Création de MP par duplication possible	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓ (complexe)	-
		Sauvegarde MP enregistrées	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
		Nb maximal de MP enregistrées	Illimité	Illimité	100 dans version standard	Illimité	Illimité	Illimité	De 10 à 500 (30 dans formule médium)	Illimité	Illimité	✓ (complexe)	-
2 : Besoins nutritionnels	*Calculer les besoins nutritionnels des animaux en fonction des stratégies des éleveurs*	Module présent	✓	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	-
		Données pour poulets de chair	-	-	-	-	-	-	-	-	✓(croissance rapide)	✓(croissance rapide)	-
		Données pour poules pondeuses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Données pour d'autres espèces avicoles	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-
		Prise en compte souche	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Prise en compte sexe	-	✓		✓		-		-	-	-	
		Prise en compte stade physiologique	✓	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	-
		Prise en compte objectifs performance	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Prise en compte autre(s) critère(s)	Type aliment (soupe/sec) et gamme de concentration protéique	Conditions de logement et mode de rationnement	-	-	-	-	-	Rythme intensif/semi-intensif pour reproducteurs	-	-	-
3: Formulation	*Calculer à partir d'une liste de MP spécifiées, la formule la plus économique répondant aux besoins nutritionnels calculés des animaux*	Module présent	✓	-	✓ (/!\Besoins nutritionnels à renseigner)	✓	✓ (/!\Besoins nutritionnels à renseigner)	-	✓ (/!\Besoins nutritionnels à renseigner)	✓	✓	-	-
		Sélection MP possible	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-
		Prise en compte MP en mélange	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Nb maximal de MP sélectionnées	Illimité	-	100 dans version standard	Illimité	Illimité	-	De 10 à 500 (30 dans formule médium)	25	25	-	-
		Intégration d'un mini/maxi d'incorporation	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		
		Aide calcul du maxi d'incorporation en fonction des quantités disponibles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Optimisation économique de la formule	✓	-	✓	Niveau global de l'exploitation	✓	-	✓	✓	✓	-	-
		Sauvegarde formules	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	-
		Nb maximal de formules sauvegardées	Illimité	-	50 dans version standard	-	Illimité	-	De 0 à 50 (3 dans formule médium)	-	-	-	-
4 : Evaluation formule	*Calculer les apports nutritionnels d'une formule spécifiée par l'utilisateur*	Module présent	✓	✓	✓ (/!\Besoins nutritionnels à renseigner)	-	✓ (/!\Besoins nutritionnels à renseigner)	✓	✓ (/!\Besoins nutritionnels à renseigner)	✓	✓	✓	✓(/!\Besoins nutritionnels à renseigner)
		Calcul des apports d'une formule	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Sauvegarde formules	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-	-	-
		Nb maximal de formules sauvegardées	Illimité	Illimité	50 dans version standard	-	Illimité	Illimité	De 0 à 50 (3 dans formule médium)	-	-	-	-
		Comparaison apports avec besoins calculés dans logiciel	✓	✓	-	-	-	✓	-	✓	✓	✓	-
5 : Indicateurs technico-éco	*Proposer à l'éleveur une liste d'indicateurs lui permettant de juger la pertinence de la formule proposée*	Indicateurs techniques présents	✓	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-
		% couvertures des besoins	✓	✓	-	-	-	✓	-	✓	✓	-	-
		Explications incidences excès/carences	-	Impacts sur performances chiffrés	-	-	-	✓	-	-	-	-	-
		Contribution MP	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-		
		Indicateurs économiques présents	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
		Coût de la formule	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
		Prix d'intérêt	✓	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-
		Plage d'invariance	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-
6 : Autres indicateurs	*Proposer des indicateurs utiles pour la gestion de sa fabrique d'aliment, de son assolement, etc.*	Calcul besoins MP par lot de fabrication	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	-	-
		Calcul besoins MP par lot d'animaux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Calcul besoins MP par année	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-
		Calcul assolement nécessaire par formule	-		-	✓	-		-	-	-		
		Calcul assolement par lot d'animaux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Calcul assolement pour l'atelier avicole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Conseils rotation	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-

I.3.2. Confrontation des outils existants avec les fonctionnalités souhaitées

En parallèle de l'analyse des fonctionnalités, qui permettait d'enrichir la liste des fonctions attendues pour l'outil à créer, une grille de comparaison entre les différents outils de formulation existants et le cahier des charges (alors en cours d'élaboration – processus itératif) a été construite. Ce travail permettait de voir si l'existant comprenait les fonctionnalités souhaitées et d'identifier les écarts. L'objectif était ici d'étudier les potentialités d'adaptation d'un outil existant. Une synthèse de cette analyse comparative est présentée dans le Tableau 3.

Le premier constat est qu'il n'existe aucun logiciel et peu d'outils (par ailleurs peu voire pas diffusés) destinés aux volailles et aucun outil comportant des données sur les besoins nutritionnels des volailles à croissance lente. De plus, à partir de cette analyse comparative, ces outils ont été classés en 3 groupes :

- **Groupe 1 « Les outils qui ne formulent pas »** : InraPorc, PorAlim, Excel D. Antoine et Excel D. Mary. Ces outils proposent de vérifier une formule connue mais n'ont pas la fonctionnalité de formuler à moindre coût. La formulation étant la fonctionnalité principale souhaitée dans l'outil à créer, les outils classés dans ce groupe sont non adaptables.

- **Groupe 2 « les outils présentant un coût jugé rédhibitoire »** : Porfal, Perfagro, Nutranim, Feedsoft et InraPorc. Il est ressorti de l'enquête réalisée chez les Fafeurs que l'outil proposé devait être peu cher (voire gratuit). Le coût de ces logiciels est rédhibitoire pour envisager une adaptation, ce qui a été validé par le groupe de travail du projet.

- **Groupe 3 « Les outils sans données sur les besoins des animaux »** : Feedsoft, NutriAnim et FeedOpti. Ces outils multi-espèces (sous licence) n'intègrent aucune donnée sur les besoins nutritionnels des animaux. La possibilité de créer un module complémentaire calculant les besoins des animaux à réintégrer dans l'outil est trop complexe d'utilisation par rapport au niveau informatique des éleveurs (sans oublier que tous ces logiciels sont payants). Vis-à-vis de ces éléments, ces outils ont aussi été jugés non adaptables.

Seul l'outil **Excel « WUFFDA » - version volailles** n'intègre aucun de ces 3 groupes. Cet outil gratuit (mais difficile à obtenir) propose les principales fonctionnalités recherchées (vérification de formule et formulation). Par contre son ergonomie est très limitée (d'où une utilisation pouvant être assez complexe), certaines fonctionnalités ne sont pas présentes (prise en compte des mélange de MP, sauvegarde des formules, etc.) et les besoins nutritionnels intégrés concernent les volailles à croissance rapide. Les adaptations à apporter à cet outil (avec au préalable accord des développeurs) seraient très importantes et le temps à passer pour adapter cet outil semble aussi important que le temps pour en développer un nouveau. A noter que cet outil a mis en évidence l'existence de la **fonction Solveur d'Excel,** qui est un outil de résolution de programmes linéaires indispensables pour créer un outil de formulation à moindre coût.

Même s'ils n'ont pas été retenus pour être adaptés, tous ces outils ont amené une réflexion pertinente permettant de concevoir notre outil et d'alimenter son cahier des charges. On citera notamment, pour leur forte contribution à la conception de notre outil, les logiciels suivants :

- Porfal pour son organisation et ses indicateurs tels que les prix d'invariance et les plages d'intérêt ;
- Nutranim pour son organisation (par module) et ses fonctionnalités concernant la gestion des stocks de MP ;
- InraPorc pour ses nombreux indicateurs et leur visuel notamment les courbes de croissance.
- Perfagro pour le lien qu'il propose entre les formules et l'assolement de l'exploitation ;

Globalement, l'étude des outils existants a permis (1) d'élaborer une ébauche du cahier des charges de l'outil via la découverte de nombreuses fonctionnalités dans chacun des outils testés ; (2) de mettre en évidence qu'il n'était pas pertinent d'adapter un outil existant et (3) de découvrir la fonction Solveur d'Excel.

I.4. Reformulation de la demande et cahier des charges du projet

Pour rappel, l'objectif de ce projet était de proposer aux éleveurs avicoles biologiques Fafeurs un outil d'aide à la formulation. Comme nous l'avons vu à travers la synthèse bibliographique et l'analyse des résultats de l'enquête réalisée auprès de Fafeurs, l'outil d'aide à la formulation devait être **adapté aux spécificités de l'élevage avicole biologique** et plus précisément aux spécificités des Fafeurs (pratiques d'âge et poids d'abattage, pratiques d'alimentation, etc.). En outre, les résultats de l'enquête ont fait ressortir l'existence d'une très grande hétérogénéité au sein des pratiques d'élevage des Fafeurs et notamment des pratiques d'alimentation. L'outil devait prendre en considération cette hétérogénéité en étant **capable d'intégrer différentes stratégies d'élevage**. De plus, il ressortait globalement de cette enquête le besoin des éleveurs que cet outil soit **simple d'utilisation** (en lien avec leur niveau de maitrise de l'informatique) et **peu coûteux** (voire gratuit). En plus d'aider à la formulation, l'outil devait être capable de **vérifier les caractéristiques nutritionnelles de formules déjà pratiquées par les éleveurs** et il devait être accompagné d'un **module de formation**. L'étude descriptive des outils de formulation existants pour monogastriques a permis d'incrémenter la liste des fonctionnalités souhaitées dans l'outil. L'étude comparative des outils existants aux fonctionnalités souhaitées a mis en évidence qu'il était **préférable de créer un nouvel outil** plutôt que d'en adapter un existant, ce qui a été validé par le groupe de travail du projet lors du 1er comité de pilotage du 6 mars 2013 (Cf. diaporama de présentation et compte-rendu en Annexes 8 et 9). De plus, au regard des différents éléments précédemment cités, une proposition de cahier des charges de l'outil d'aide à la formulation a été soumise au groupe de travail qui l'a complété et validé. Le cahier des charges présenté ci-dessous reprend dans les détails ce qui était attendu de ce projet.

L'objectif était donc de créer un outil d'aide à la formulation fonctionnel, performant et simple d'utilisation adapté aux éleveurs avicoles Fafeurs en AB. Outre l'outil lui-même, étaient attendus en livrables : **la notice d'utilisation** de l'outil et **un module de formation à l'outil**.

Tableau 4 : Cahier des charges de l'outil par module

	Objectif du module	Contenu / fonctionnalités souhaités
MODULE 1 Matières premières	**Proposer une base de données reprenant les valeurs nutritionnelles de matières premières que l'utilisateur pourra visionner et incrémenter**	→ Listing initial figé de matières premières (MP) biologiques et non biologiques (mais autorisées en AB) le plus complet possible avec précision de la source → Inclusion à minima des valeurs nutritionnelles nécessaires pour la formulation d'aliments pour volailles → MP organisées par grandes familles : céréales, coproduits de céréales, protéagineux, graines oléagineux, tourteaux, huiles végétales, etc. → Possibilité d'intégrer des nouvelles MP par création → Possibilité d'intégrer des nouvelles MP par duplication d'une MP existante → Possibilité de modifier les valeurs nutritionnelles des MP créées par l'éleveur → Sauvegarde des nouvelles MP enregistrées → Préambule conseillant aux éleveurs d'utiliser les valeurs nutritionnelles de leurs propres MP et mettant en garde des différences sur les valeurs des MP bio et non bio
MODULE 2 Besoins nutritionnels	**Calculer les besoins nutritionnels des animaux en fonction des stratégies des éleveurs**	→ Calcul prioritairement pour les poulets de chair et les poules pondeuses → Prise en compte de différents facteurs influençant les apports recommandés (facteurs renseignées par l'utilisateur) notamment (1) la souche, (2) le sexe des animaux, (3) le stade physiologique des animaux (démarrage, croissance, finition pour poulets de chair, stade de ponte pour les poules pondeuses) et (4) les objectifs de performances (objectif âge et poids à l'abattage, taux de ponte, etc.) → Pour le poulet, calcul par fourchette de 3 semaines d'âge à l'abattage : 80-100 jours, 100-120 jours (fourchette prioritaire) et 120-140 jours. → Possibilité de saisie directe des besoins par l'utilisateur (ex : pour une autre espèce) → Présence d'une courbe de croissance indicative (avec mini/ maxi) permettant de juger l'évolution du lot d'animaux → Présence de données pour la pintade (dans un second temps – non prioritaire)
MODULE 3 Formulation	**Calculer à partir d'une liste de MP spécifiées, la formule la plus économique répondant aux besoins nutritionnels calculés pour les animaux**	→ Possibilité de sélectionner dans la base de données MP une liste de 20 MP utilisables → Possibilité d'intégrer un mini / maxi de taux d'incorporation de chaque MP → Sous-module optionnel pour l'utilisateur de calcul du maximum incorporable par rapport aux quantités disponibles (en stock) de matières premières → Optimisation économique de la formule à partir des coûts d'achat (MP achetées), de marché ou de production (MP produites) indiqués par l'utilisateur → Si l'optimisation économique n'est pas recherchée par l'utilisateur (ex : recherche d'une autonomie maximale quel que soit le coût), possibilité d'indiquer un coût égal à zéro pour quelques ou toutes les MP (démarche à expliquer) → Optimisation technique de la formule (fonction besoins nutritionnels) → Possibilité de sauvegarde des formules
MODULE 4 Evaluation formule	**Calculer les apports nutritionnels d'une formule spécifiée par l'utilisateur pour évaluation**	→ Sélection d'une liste de 20 MP à partir de la base de données MP → Saisie par l'utilisateur de la formule (% de chaque matière première) → Calcul des apports nutritionnels de la ration → Comparaison apports de la formule avec les besoins nutritionnels sélectionnés, fonction des pratiques et des objectifs
MODULE 5 Indicateurs technico-éco	**Proposer à l'éleveur une liste d'indicateurs lui permettant de juger la pertinence de la formule proposée**	→ Présence d'indicateurs techniques : ▪ % de couverture des besoins nutritionnels avec fiches explicatives des incidences en cas de carences / excès ▪ Contribution de chaque MP pour la couverture des besoins nutritionnels → Présence d'indicateurs économiques : ▪ Coût de la formule (indicateur prioritaire) Pour formules issues du module 3 « formulation » (indicateurs optionnels): ▪ Prix d'intérêt pour chaque MP sélectionnée et non retenue dans la formule ▪ Plage d'invariance pour chaque MP retenue dans la formule
MODULE 6 Autres indicateurs	**Proposer à l'éleveur, en lien avec les besoins de son atelier volaille, des indicateurs utiles pour la gestion de sa fabrique d'aliment, de son assolement, etc.**	→ Calcul des quantités nécessaires de matières premières par : ▪ Lot de fabrication (fonction capacité mélangeuse) ▪ Lot d'animaux ▪ Année → Calcul de l'assolement nécessaire (nombre d'ha par MP produite) pour : ▪ une formule ▪ un lot d'animaux (plusieurs formules différentes) ▪ l'atelier avicole (possibilités plusieurs espèces)

L'outil devait être développé sur la base d'un programme informatique de type tableur (Microsoft Office Excel ou Open Office). La conception de l'outil a été réfléchie en **6 modules inter-reliés** permettant de répondre à 2 profils d'utilisation.

Ainsi, il y a **2 modules d'action** qui correspondent chacun à un profil d'utilisation :

- **Création d'une nouvelle formule**: il s'agissait, sur la base des MP qui leurs sont accessibles, à partir de valeurs nutritionnelles pré-enregistrées ou de valeurs qu'ils pourront eux-mêmes renseigner, en leur permettant d'intégrer des éléments de leurs stratégies personnelles (durée d'élevage, poids recherché, etc.), de permettre aux Fafeurs de calculer une formule équilibrée qui constituerait dans leur cas particulier le meilleur compromis technico-économique.
- **Vérification des valeurs nutritionnelles d'une formule connue** : il s'agissait de vérifier, en lien avec leurs stratégies personnelles, la pertinence de formules alimentaires utilisées par les Fafeurs.

Enfin, il y a les 4 modules s'articulant autour des 2 modules d'action qui sont :

- **2 modules d'entrée** : « Matières Premières » et « Besoins nutritionnels » ;
- **2 modules de sortie** : « Indicateurs technico-économiques » et « Autres indicateurs ».

Ces 4 modules ont un contenu identique pour les deux profils d'utilisation mais l'articulation entre les différents modules est différente (Cf. Figure 10 ci-dessous).

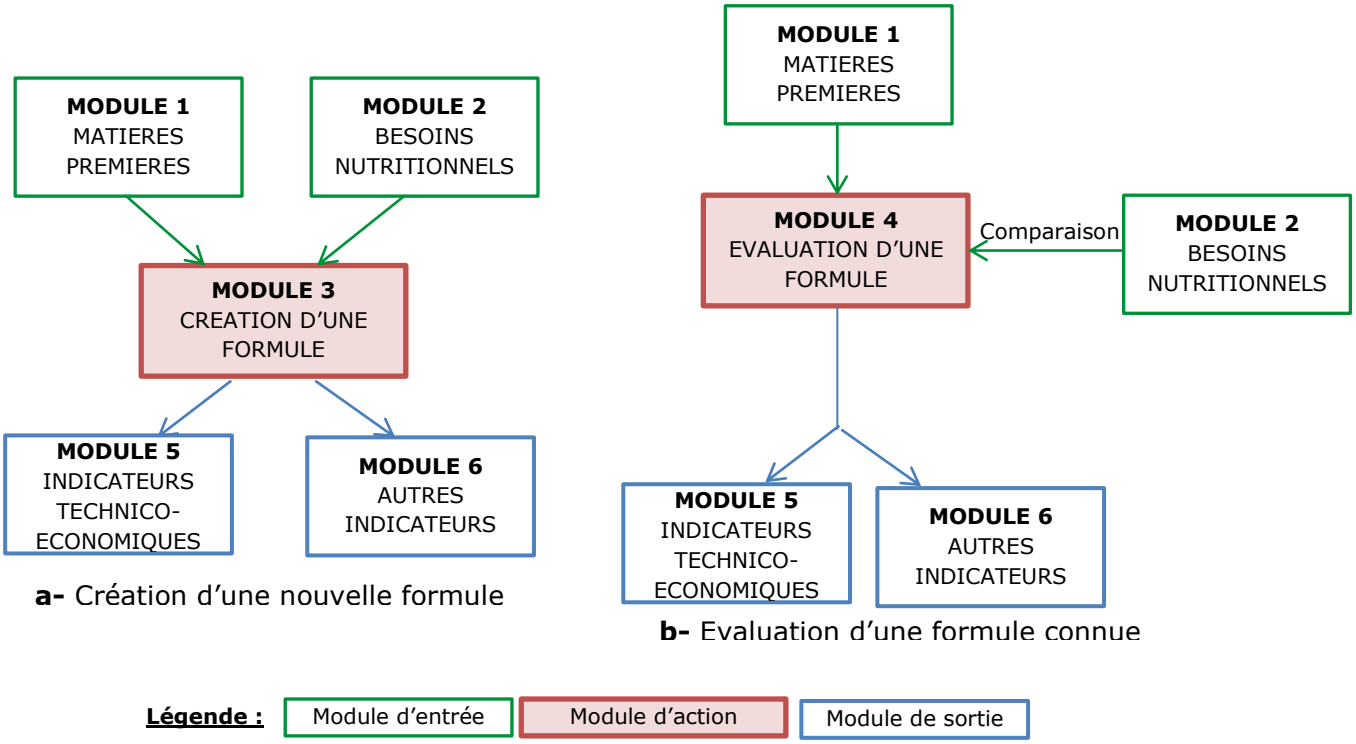


Figure 10 : Articulation des différents modules de développement de l'outil d'aide à la formulation en fonction du profil d'utilisation

Les objectifs de chaque module ainsi que les fonctionnalités souhaitées sont détaillés dans le Tableau 4.

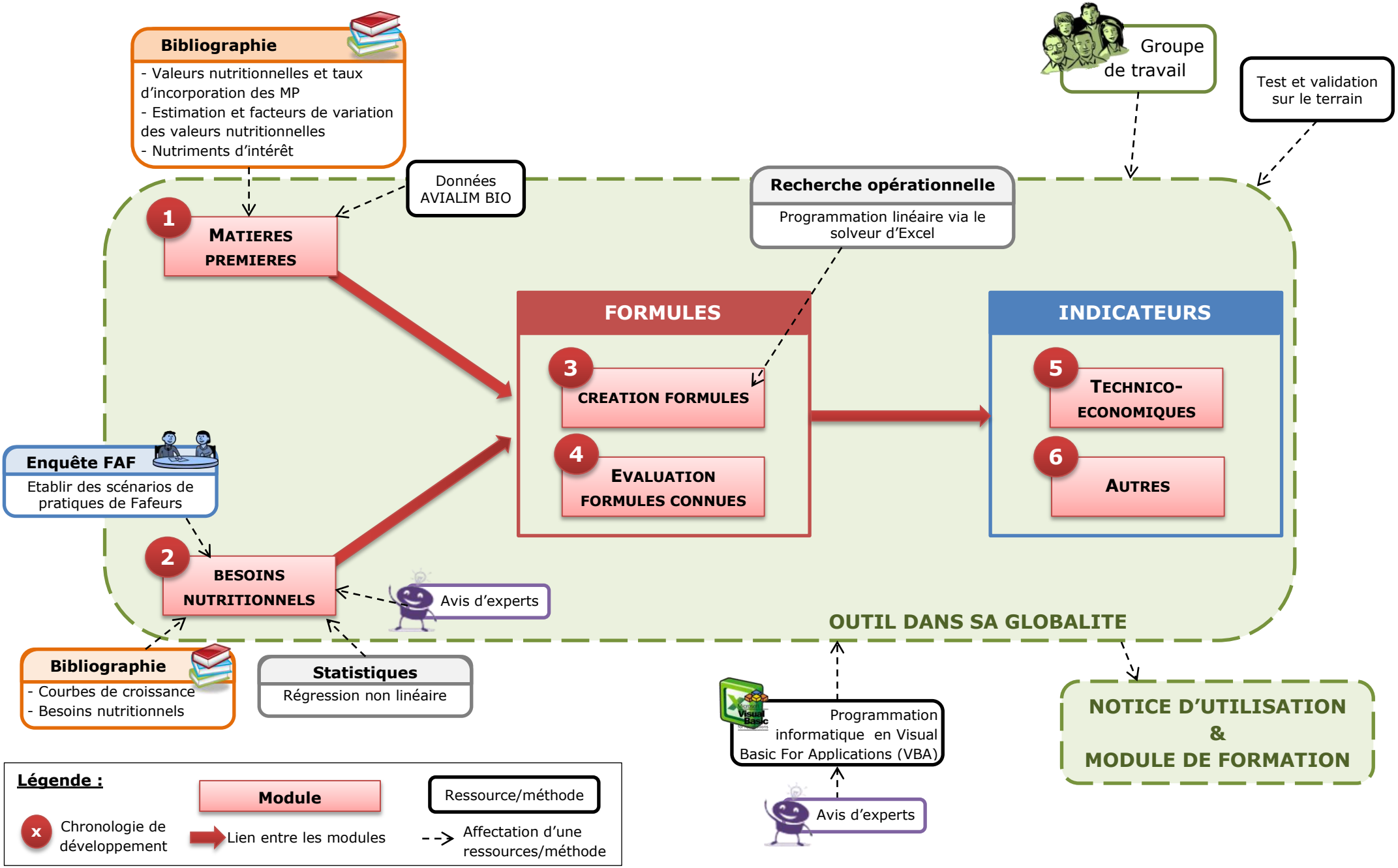


Figure 11 : Représentation schématique de la démarche de travail dans la partie II

PARTIE II. DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL D'AIDE À LA FORMULATION

L'outil de formulation a été réfléchi en 6 modules inter-reliés, chacun ayant ses objectifs et fonctionnalités propres (Cf. Partie I). Le développement de cet outil comprend une dimension informatique avec entre autres la programmation informatique en Visual Basic for Application (VBA) et une dimension technique avec le développement du contenu des différents modules, faisant chacun appel à des ressources spécifiques (Cf. Figure 11). En outre, l'outil a été testé sur le terrain et une notice d'utilisation ainsi qu'un module de formation à l'outil ont été conçus. Afin d'être facilement identifiable, l'outil a été baptisé par le groupe de travail du projet « **AviFAF Bio »**. Son nom, en concordance avec le programme de recherche AVIALIM BIO, a une signification précise : « Avi » pour Aviculture, « FAF » pour Fabrication d'Aliments à la Ferme et « Bio » pour Agriculture Biologique.

II.1. Dimension informatique de l'outil

II.1.1. Choix du logiciel support

Pour le support de l'outil, plusieurs possibilités ont été étudiées : Microsoft Office Excel, Open Office Calc et Libre Office Calc. Sur avis du groupe de travail et les conseils d'Abderrahmane FADIL, enseignant en informatique à l'ESA qui a été consulté à ce sujet (Cf. support d'échange en Annexe 10), **le logiciel Microsoft Office Excel et son langage de programmation VBA ont été privilégiés**. En effet, malgré son coût (environ 80€ pour une licence), ce logiciel est préférable vis-à-vis de (1) sa maintenance, (2) sa facilité d'usage, (3) ses performances et plus spécifiquement sa fonction Solveur puissante et rapide et (4) sa présence dans de nombreux foyers. De plus, l'apprentie en charge du développement de cet outil possédait une meilleure connaissance de ce langage informatique. A noter qu'il existe un problème de compatibilité entre les différents logiciels. Ainsi, les fonctionnalités de l'outil créé sous Excel ne seront pas compatibles avec les logiciels libres précédemment cités.

Le développement de tous les modules a nécessité le recours à du codage informatique (VBA)**.** Cette partie programmation, conséquente dans le projet, n'est pas présentée en détail (hors extrait de code présentée pour le module 3).

II.1.2. Interface et ergonomie

Un important travail de programmation informatique a été réalisé sur l'outil afin de faciliter au maximum son utilisation. Ainsi, l'interface de l'outil se soustrait entièrement de celle d'Excel pour constituer une application intuitive. Cette recherche de simplicité passe notamment par : de nombreux messages d'aide et d'erreur, des listes déroulantes, des formulaires de saisie rapide, des boutons d'action, etc. L'outil comporte 7 onglets correspondant chacun à une page spécifique accessible par une barre de navigation (Cf. Figure 12 p. 13) : « Accueil », « Mes matières premières », « Mes besoins nutritionnels », « Créer une nouvelle formule », « Evaluer une formule connue », « Mes formules enregistrées » et « Mélangeuse & Assolement » (= autres indicateurs). Comme nous pouvons le voir, à l'exception du module « Indicateurs technico-économiques », tous les autres modules constituent un onglet de l'outil. Le module « Indicateurs technico-

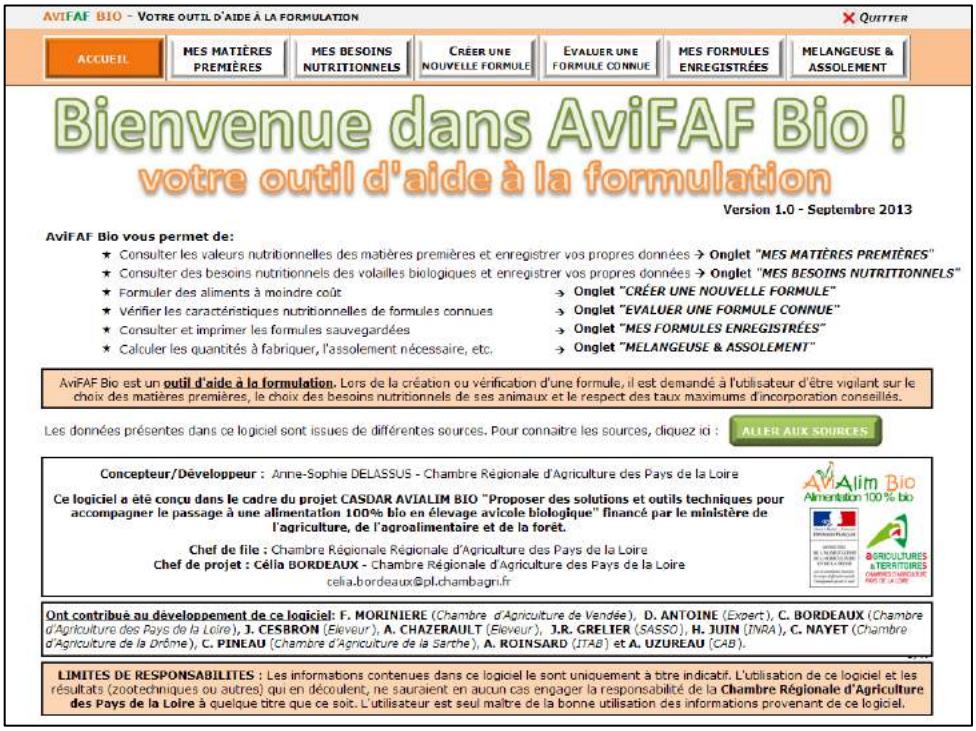
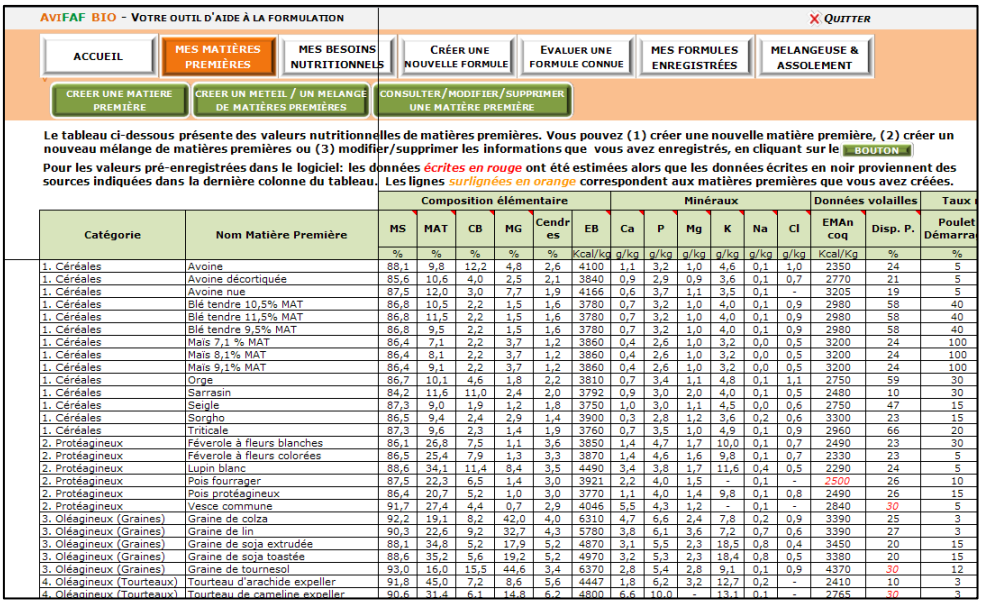


Figure 12 : Copie d'écran de la page d'accueil de l'outil AviFAF Bio



		Composition élémentaire						Minéraux						Données volailles		Taux
Catégorie	Nom Matière Première	MS	MAT	CB	MG	Cendres	EB	Ca	P	Mg	K	Na	Cl	EMAn coq	Disp. P.	Poulet Démarra
		%	%	%	%	%	Kcal/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	Kcal/Kg	%	%
1. Céréales	Avoine	88,1	9,8	12,2	4,8	2,6	4100	1,1	3,2	1,0	4,6	0,1	1,0	2350	24	5
1. Céréales	Avoine décortiquée	85,6	10,6	4,0	2,5	2,1	3840	0,9	2,9	0,9	3,6	0,1	0,7	2770	21	5
1. Céréales	Avoine nue	87,5	12,0	3,0	7,7	1,9	4166	0,6	3,7	1,1	3,5	0,1	-	3205	19	5
1. Céréales	Blé tendre 10,5% MAT	86,8	10,5	2,2	1,5	1,6	3780	0,7	3,2	1,0	4,0	0,1	0,9	2980	58	40
1. Céréales	Blé tendre 11,5% MAT	86,8	11,5	2,2	1,5	1,6	3780	0,7	3,2	1,0	4,0	0,1	0,9	2980	58	40
1. Céréales	Blé tendre 9,5% MAT	86,8	9,5	2,2	1,5	1,6	3780	0,7	3,2	1,0	4,0	0,1	0,9	2980	58	40
1. Céréales	Maïs 7,1 % MAT	86,4	7,1	2,2	3,7	1,2	3860	0,4	2,6	1,0	3,2	0,0	0,5	3200	24	100
1. Céréales	Maïs 8,1% MAT	86,4	8,1	2,2	3,7	1,2	3860	0,4	2,6	1,0	3,2	0,0	0,5	3200	24	100
1. Céréales	Maïs 9,1% MAT	86,4	9,1	2,2	3,7	1,2	3860	0,4	2,6	1,0	3,2	0,0	0,5	3200	24	100
1. Céréales	Orge	86,7	10,1	4,6	1,8	2,2	3810	0,7	3,4	1,1	4,8	0,1	1,1	2750	59	30
1. Céréales	Sarrasin	84,2	11,6	11,0	2,4	2,0	3792	0,9	3,0	2,0	4,0	0,1	0,5	2480	10	30
1. Céréales	Seigle	87,3	9,0	1,9	1,2	1,8	3750	1,0	3,0	1,1	4,5	0,0	0,6	2750	47	15
1. Céréales	Sorgho	86,5	9,4	2,4	2,9	1,4	3900	0,3	2,8	1,2	3,6	0,2	0,6	3300	23	15
1. Céréales	Triticale	87,3	9,6	2,3	1,4	1,9	3760	0,7	3,5	1,0	4,9	0,1	0,9	2960	66	20
2. Protéagineux	Féverole à fleurs blanches	86,1	26,8	7,5	1,1	3,6	3850	1,4	4,7	1,7	10,0	0,1	0,7	2490	23	30
2. Protéagineux	Féverole à fleurs colorées	86,5	25,4	7,9	1,3	3,3	3870	1,4	4,6	1,6	9,8	0,1	0,7	2330	23	5
2. Protéagineux	Lupin blanc	88,6	34,1	11,4	8,4	3,5	4490	3,4	3,8	1,7	11,6	0,4	0,5	2290	24	5
2. Protéagineux	Pois fourrager	87,5	22,3	6,5	1,4	3,0	3921	2,2	4,0	1,5	-	0,1	-	2500	26	10
2. Protéagineux	Pois protéagineux	86,4	20,7	5,2	1,0	3,0	3770	1,1	4,0	1,4	9,8	0,1	0,8	2490	26	15
2. Protéagineux	Vesce commune	91,7	27,4	4,4	0,7	2,9	4046	5,5	4,3	1,2	-	0,1	-	2840	30	5
3. Oléagineux (Graines)	Graine de colza	92,2	19,1	8,2	42,0	4,0	6310	4,7	6,6	2,4	7,8	0,2	0,9	3390	25	3
3. Oléagineux (Graines)	Graine de lin	90,3	22,6	9,2	32,7	4,3	5780	3,8	6,1	3,6	7,2	0,7	0,6	3390	27	3
3. Oléagineux (Graines)	Graine de soja extrudée	88,1	34,8	5,2	17,9	5,2	4870	3,1	5,5	2,3	18,5	0,8	0,4	3450	20	15
3. Oléagineux (Graines)	Graine de soja toastée	88,6	35,2	5,6	19,2	5,2	4970	3,2	5,3	2,3	18,4	0,8	0,5	3380	20	15
3. Oléagineux (Graines)	Graine de tournesol	93,0	16,0	15,5	44,6	3,4	6370	2,8	5,4	2,8	9,1	0,1	0,9	4370	30	12
4. Oléagineux (Tourteaux)	Tourteau d'arachide expeller	91,8	45,0	7,2	8,6	5,6	4447	1,8	6,2	3,2	12,7	0,2	-	2410	10	3
4. Oléagineux (Tourteaux)	Tourteau de cameline expeller	90,6	31,4	6,1	14,8	6,2	4800	6,6	10,0	-	13,1	0,1	-	2765	30	3

Figure 13 : Copie d'écran de l'interface de l'onglet « Mes Matières Premières » d'AviFAF Bio

économiques » correspond aussi à une page spécifique mais, toujours pour des raisons de simplicité d'utilisation, celle-ci est accessible via un bouton dans les onglets « Créer une nouvelle formule » et « Evaluer une formule connue ». Un aperçu des interfaces de l'outil est disponible dans la présentation du développement de sa dimension technique ci-dessous.

II.2. Dimension technique de l'outil

Le développement successif du contenu des 6 modules de l'outil constitue sa dimension technique. Les choix réalisés pour les contenus sont explicités ci-dessous par module. A noter que la nature du contenu d'un module diffère selon que ce soit un module d'entrée, un module d'action ou module de sortie. Ainsi, est explicité pour :

- ***les 2 modules d'entrée*** : l'origine, le mode d'obtention et les choix réalisés pour les données intégrées dans l'outil ;
- ***les 2 modules d'action*** : le cheminement conçu pour effectuer l'action ;
- ***les 2 modules de sortie*** : les indicateurs proposés dans l'outil et leurs intérêts.

II.2.1. Module 1 « Matières Premières »

II.2.1.1. Elaboration d'une base de données de MP de référence

L'une des difficultés de la formulation est de connaitre les valeurs nutritionnelles des MP dont on dispose. Pour cela, il est souhaitable de réaliser des analyses des MP mais cela (1) peut être coûteux (surtout si les éléments à analyser sont nombreux) ; (2) n'est pas réalisable pour certains nutriments pourtant indispensables (exemples : énergie métabolisable, acides aminés digestibles) à l'échelle d'un lot de MP d'une exploitation et (3) n'est pas dans les habitudes de tous les Fafeurs [parmi les 28 Fafeurs enquêtés, seuls 6 réalisent des analyses de leurs MP (principalement teneur en protéines)]. Il est donc nécessaire d'estimer les valeurs nutritionnelles des MP les plus couramment utilisées. Pour un outil opérationnel, une base de données de valeurs nutritionnelles indicatives de MP (provenant de la littérature) a donc été construite et incluse dans l'outil (Cf. Figure 13).

a. Choix des matières premières intégrées dans la base de données : Dans la base de données, seules les MP autorisées en AB ont été intégrées. Pour exemple, on ne retrouve pas dans l'outil de références sur les acides aminés de synthèse, les tourteaux issus d'une extraction à l'hexane ou encore les MP d'origine animale testées dans AVIALIM BIO (interdits en AB). Cependant, les valeurs nutritionnelles de référence proviennent principalement d'analyses effectuées sur des MP conventionnelles car :

- les données sur les valeurs nutritionnelles des MP biologiques sont rares et souvent incomplètes (exemple des teneurs en acides aminés digestibles pour les volailles).
- le nombre d'échantillons analysés pour les valeurs conventionnelles est plus important (meilleure prise en compte de la variabilité).
- les valeurs nutritionnelles des MP biologiques sont proches de celles de leur homologue (issu d'un même process) conventionnel (Cf. Annexe 11 : Comparaison des valeurs nutritionnelles de MP biologiques et conventionnelles) et du fait de la forte variabilité des valeurs, les données moyennes des MP conventionnelles représentent une des valeurs pouvant être prise par la même MP biologique. **Au total, la base de données comporte 54 MP différentes (Cf. listing et sources utilisées en Annexe 12).**

Tableau 5 : Informations renseignées pour les matières premières de la base de données

CATEGORIE	INFORMATIONS CONTENUES
Composition élémentaire	Matière Sèche (MS), ***Matières Azotées totales* (MAT)***, ***Cellulose Brute (CB)**** ***Matières Grasses (MG)****, Cendres brutes et Energie Brute (EB)
Minéraux	***Calcium* (Ca)***, ***Phosphore* (P)***, ***Sodium* (Na),*** Magnésium (Mg), Potassium (K) et Clore (Cl)
Données spécifiques aux volailles	***Energie Métabolisable à bilan azoté nul pour le coq* (EMAn)*** ***Disponibilité en phosphore**** ***Taux d'incorporation maximums recommandés**** (pour poulet démarrage, poulet > 28 jours et poules pondeuses)
Acides aminés	Teneur en acide aminé totale, Pourcentage de l'acide aminé dans la protéine, Digestibilité vraie pour volailles et ***teneur en acide aminé digestible**** pour les acides aminés suivants : ***Lysine, Thréonine, Méthionine, Cystine et Tryptophane***
Autres	Catégorie Nombre d'échantillons considérés dans la référence Origine des échantillons analysés : Agriculture Biologique ou non Sources des données

**** Informations utilisées pour la formulation***

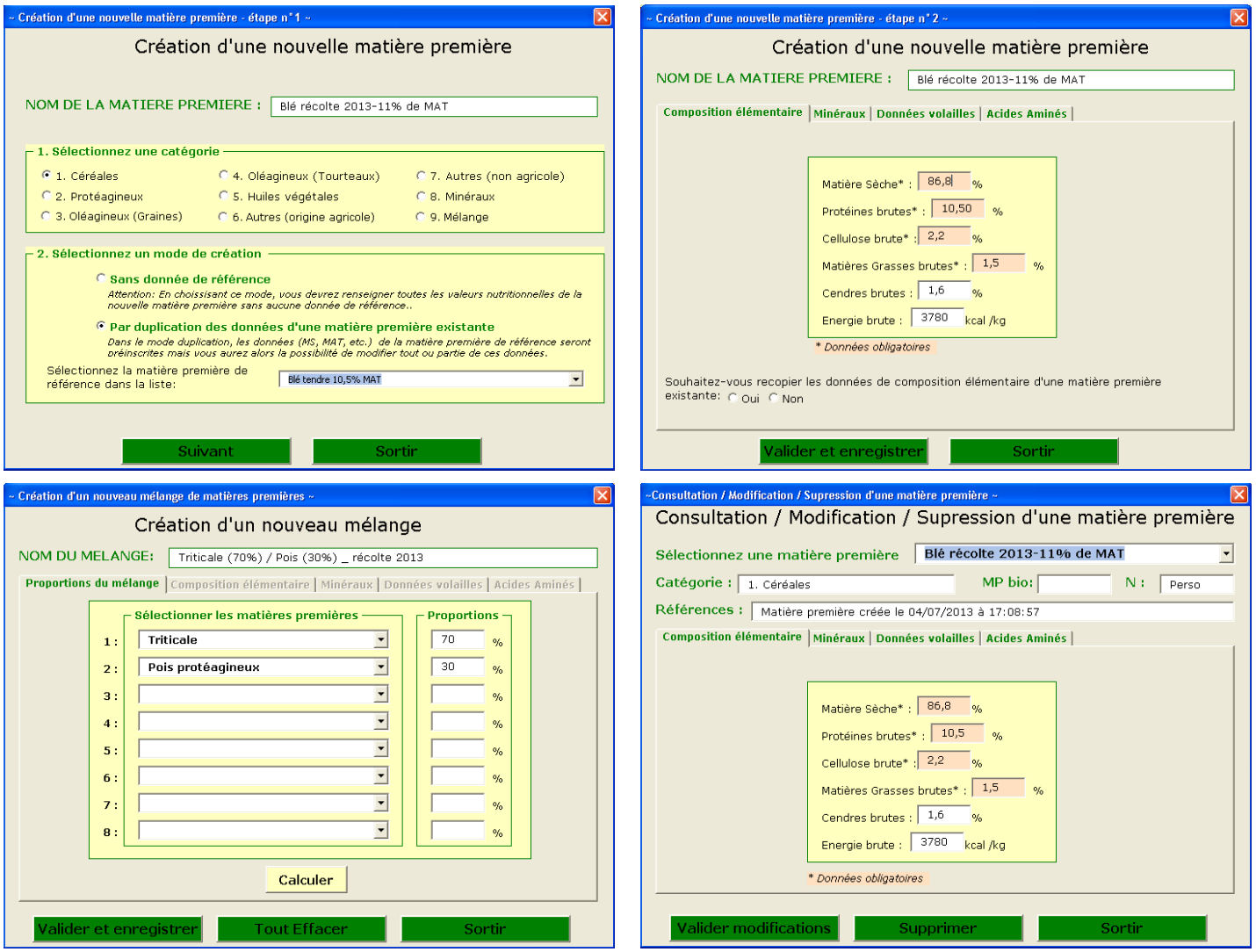


Figure 14 : Copies d'écran des interfaces de création d'une matière première, création d'un mélange et modification/suppression d'une matière première (via formulaires de saisie rapide)

b. Choix des informations intégrées dans la base de données : Dans la base de données, les MP sont triées en 9 catégories : céréales, protéagineux, oléagineux (graines), oléagineux (tourteaux), huiles végétales, autres (origine agricole), autres (non agricole), minéraux et méteil/mélange. Les informations (dont nutriments) renseignées pour chaque MP sont présentées dans le Tableau 5. Comme nous pouvons le voir, une partie de ces informations correspond à celles utilisées pour la formulation et l'évaluation de formules (module 3 et 4 de l'outil). Les nutriments utilisés dans la formulation ont été sélectionnés vis-à-vis de la physiologie des volailles (Cf. synthèse bibliographique en Annexe 13) et à dires d'experts. Il s'agit des nutriments couramment utilisés en formulation d'aliments pour volailles. Ainsi nous avons entre autres pour :

- l'alimentation énergétique : l'Energie Métabolisable à bilan azoté nul (EMAn) ;
- l'alimentation azotée : la Matière Azotée Totale (MAT) et les teneurs en les principaux acides aminés digestibles;
- l'alimentation minérale : le Phosphore (P) disponible, le Calcium (Ca) et le Sodium (Na).

Les informations présentes non prises en compte dans les modules 3 et 4 sont intégrées à titre informatif et peuvent ne pas être renseignées lorsqu'aucune donnée bibliographique n'en fait mention. A l'inverse, les données utilisées en formulation sont obligatoirement renseignées. Dans de rares cas d'absence de références bibliographiques, celles-ci ont donc été approximées. Ainsi, avec validation du groupe de travail :

- lorsque la disponibilité en phosphore d'une MP n'était pas connue : elle a été fixée à 30% (norme controversée autrefois admise pour toutes les MP – LARBIER et LECLERCQ, 1992).
- lorsque la digestibilité des acides aminés d'une MP n'était pas connue : la valeur de digestibilité de la protéine a été attribuée à chaque acide aminé.

A noter que, sous décision du groupe de travail et dans un souci de simplification, l'alimentation vitaminique n'est pas prise en compte dans l'outil.

II.2.1.2. Fonctionnalités du module

Comme nous l'avons vu, les valeurs nutritionnelles des MP sont variables et il est souhaitable pour avoir plus de précision que l'éleveur réalise des analyses des MP dont il dispose pour formuler. Si l'utilisateur le souhaite, il est possible d'incrémenter facilement la base de données des MP avec ses propres valeurs nutritionnelles de MP et/ou mélanges de MP via des formulaires (Cf. Figure 14).

a. Création d'une MP : Deux modes de création sont possibles : sans données de référence ou par duplication des données d'une MP existante. Dans le mode « par duplication », les données de la MP de référence sélectionnée sont automatiquement recopiées pour la MP à créer et l'utilisateur peut changer tout ou partie des données. Dans un souci d'améliorer la précision des valeurs nutritionnelles des MP créées, il est proposé à l'utilisateur :

- *en cas de modification de la teneur en MS de référence :* une mise à jour automatique des autres valeurs renseignées impactées par simple règle de 3 (exemple : nouvelle teneur en MAT = (ancienne teneur en MAT * nouvelle teneur en MS) / ancienne teneur en MAT).
- *en cas de modification de la teneur en MAT de référence :* une mise à jour automatique des teneurs en acides aminés par simple règle de 3.

▪ *pour certaines espèces végétales, si l'utilisateur souhaite plus de précision que la règle de 3 :* la possibilité de calculer automatiquement les teneurs en acides aminés de la MP en fonction de la teneur en MAT d'après des équations de prédictions existantes. Ces équations (détaillées en Annexe 14) reflètent le fait que l'équilibre des acides aminés entre eux n'est pas identique lorsque la teneur en MAT varie (existence d'une relation linéaire entre la teneur en MAT et la teneur en chaque acide aminé).

Ainsi, avec la seule connaissance des teneurs en MS et MAT d'une MP, il est possible d'estimer avec plus de précision les autres critères.

b. Création d'un mélange de MP : Les mélanges de MP sont très couramment utilisés par les Fafeurs avicoles en AB. Un module de calcul des valeurs nutritionnelles d'un mélange a donc été inclus dans l'outil. Sur le terrain, pour connaitre les valeurs nutritionnelles d'un mélange, il est nécessaire de (1) mesurer avec précision la proportion de chaque MP dans le mélange, (2) analyser séparément chaque MP et (3) calculer les valeurs nutritives du mélange au prorata de la proportion de chaque MP (COUTARD, 2009). En indiquant les proportions de chaque MP du mélange (enregistrées individuellement dans l'outil), l'outil calcule automatiquement les valeurs de ce mélange (y compris le taux d'incorporation maximal du mélange dans l'aliment en fonction du taux d'incorporation maximal de chaque MP et de leur proportion dans le mélange).

Les MP et mélanges de MP créés par l'utilisateur sont enregistrés dans l'outil. Il est ensuite possible de les modifier ou de les supprimer. A noter que les MP pré-enregistrées dans l'outil sont non modifiables et non supprimables.

II.2.2. Module 2 « Besoins nutritionnels »

Pour formuler, il est nécessaire de connaitre les besoins nutritionnels des animaux. Dans ce module, l'objectif était de proposer aux Fafeurs des besoins nutritionnels de référence prenant en compte la diversité des stratégies d'élevage.

II.2.2.1. Elaboration des programmes pour le poulet de chair

Pour pallier à la quasi inexistence de données bibliographiques sur les besoins nutritionnels des poulets de chair abattus à plus de 100 jours, une méthodologie a été déployée pour élaborer des programmes de référence. Nous appelons « programme de besoins nutritionnels », l'ensemble des fourchettes (mini/maxi) de besoins en chaque nutriment pour chaque aliment de toute la durée d'élevage de l'animal (potentiellement plusieurs aliments), en fonction des objectifs de production de l'éleveur.

a. *Construction de scénarios d'âge et poids d'abattage :* A partir des résultats de l'enquête réalisée en 2012 auprès des 28 Fafeurs, des scénarios d'âge et poids d'abattage associés à un type de souche d'animaux ont été construits. Globalement, il ressort de cette enquête (Cf. résultats détaillés en Annexe 4) que les **souches utilisées et les pratiques d'élevages des Fafeurs sont très diversifiées** avec de potentielles spécificités régionales (exemple de la surreprésentation des souches médiums/lourdes dans la région Rhône-Alpes). De plus, **certaines pratiques sont incohérentes avec le potentiel génétique** des souches de poulets utilisées. Par exemple, alors que le potentiel génétique des souches médiums est de 2,2 kg à 63 jour (GMQ de 35 g), des Fafeurs abattent ce type de souche à 2,6 kg à 130 jours (GMQ de 20 g). Nous précisons qu'il s'agit ici de pratiques d'éleveurs et que nous ne savons pas si celles-ci sont voulues ou subies.

Tableau 6 : Scénarios d'âge et poids d'abattage construits

	POIDS RECHERCHE	ÂGE RECHERCHE	GMQ MOYEN	RECOMMANDATION SOUCHE ASSOCIEE
1	2,6 kg vif	98 jours ± 7 jours	26,5 g	Médium / Lourde
2	2,6 kg vif	112 jours ± 7 jours	23,2 g	Label
3	2,6 kg vif	126 jours ± 7 jours	20,1 g	Label (plutôt race ancienne / peu améliorée génétiquement)
4	2,6 kg vif	140 jours ± 7 jours	18,6 g	Race ancienne

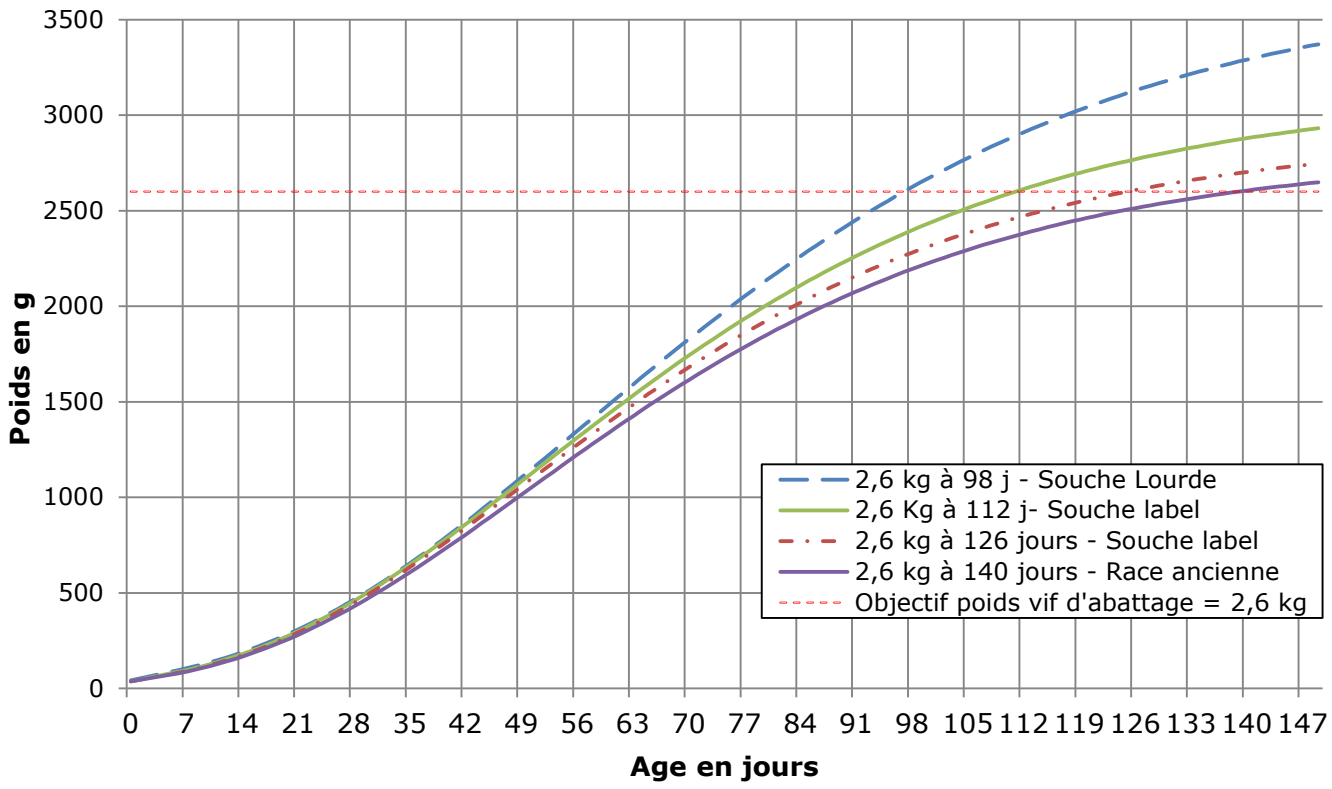


Figure 15 : Courbes de croissance théoriques construites pour les différents scénarios

Tableau 7 : GMQ théoriques (en g) des poulets de chair par scénario et par stade physiologique

	SCENARIO			
	2,6 kg à 98 j	**2,6 kg à 112 j**	**2,6 kg à 126 j**	**2,6 kg à 140 j**
Démarrage de 1 à 28 jours	14	14	14	13
Croissance de 28 à 63 jours	32	31	29	28
Finition de 63 à l'abattage	30	22	18	16
Toute la vie de l'animal	**26**	**23**	**20**	**18**

L'objectif de l'outil était de proposer des programmes de besoins nutritionnels permettant de répondre à des stratégies bien déterminées d'éleveurs (âge/poids voulus à l'abattage), en évitant toute carence nutritionnelle (bien-être animale). Or les pratiques actuelles des éleveurs ne semblent pas correspondre à leurs objectifs. Il s'agissait donc de proposer des scénarios cohérents en lien avec les stratégies des Fafeurs et non avec leurs pratiques actuelles.

Ainsi, les scénarios ont été déterminés pour répondre aux critères suivants :

- Des scénarios **complémentaires et représentatifs** de la diversité des objectifs d'élevage ;
- Des scénarios assez **discriminants** pour y associer des besoins nutritionnels différents ;
- Des scénarios **cohérents d'un point de vue zootechnique** c'est-à-dire cohérent avec le potentiel génétique de l'animal et l'utilisation d'un aliment biologique.

En croisant les pratiques actuelles à l'analyse de conseillers avicoles et d'experts, **4 scénarios d'âge et poids d'abattage ont été construits.** Afin de sensibiliser les Fafeurs au choix d'une génétique, un type de souche est associé à chaque scénario (Cf. Tableau 6).

b. Création d'une courbe de croissance théorique par scénario : Pour connaitre la croissance théorique des animaux et élaborer des recommandations sur les besoins nutritionnels par stade physiologique, une courbe de croissance théorique par scénario a été construite. Parmi les nombreuses fonctions mathématiques utilisées pour décrire la croissance des volailles, **la fonction de Gompertz a été retenue pour la construction des courbes théoriques** car (1) elle présente un bon ajustement à la croissance des espèces avicoles, (2) ses paramètres ont une signification biologique simple et (3) il s'agit de la courbe la plus souvent utilisée pour modéliser la croissance des espèces avicoles (MIGNON-GRASTEAU et BEAUMONT, 2000). Le modèle de Gompertz détermine le poids vif (PV en g) à un âge donnée (en jours) d'après l'équation suivante (LARBIER et LECLERCQ, 1992) : **PV(âge) = A * exp (-exp(-B*(âge-K))**

Où : A = Poids asymptotique (quand âge tend vers infini) en g ; K = Âge au maximum de croissance en jours et $B = \frac{1}{K} * \ln(\ln(\frac{P_0}{A}))$ avec P_0 = poids initial en g.

Pour chaque scénario, **les paramètres de la courbe de croissance théorique (A, K et B) ont été estimés par régression non linéaire**. Cette méthode consiste en la minimisation de la somme des carrés des écarts entre les poids prédits par la fonction mathématique et les poids observés (MIGNON-GRASTEAU et BEAUMONT, 2000). Les poids observés étaient constitués :

- de l'objectifs poids et âge d'abattage de chaque scénario (Cf. Tableau 6) ;
- des relevés de poids intermédiaires de souches SASSO : souche lourde XL451 pour le scénario 98 jours, souches labels T451N pour le scénario 112 jours et GC51Noire pour le scénario 126 jours.

En l'absence de données pour des races anciennes, la courbe de croissance du scénario 140 jours a été construite par transposition des données de la souche GC51Noire. Les poids vifs moyens hebdomadaires des souches ont été transmis par la SASSO et sont issus de mesures réalisées dans leur station (avec aliment label) ou de résultats de lots de leurs clients en AB (Cf. Annexe 15).

De plus, les courbes de croissance ont été construites de sorte à avoir une croissance identique sur la phase démarrage entre les différents scénarios. En effet, sur cette phase, la croissance concerne principalement le développement des tissus nerveux et osseux qui ne doit pas être restreint. Les courbes de croissance théoriques construites sont présentées sur la Figure 15 et les GMQ associés par stade dans le Tableau 7. Nous pouvons remarquer que la différence de croissance entre les scénarios est nettement plus marquée sur la finition des animaux (> 63 jours d'âge).

Tableau 8 : Fourchettes (mini-maxi) de besoins nutritionnels des programmes pré-enregistrés dans AviFAF Bio

	Durée de distribution en jours ou semaines	Energie métabolisable (Kcal/Kg)	Protéines brutes (%)	Lysine digestible (%)	Méthionine digestible (%)	Mét + Cys digestible (%)	Thréonine digestible (%)	Tryptophane digestible (%)	Matières grasses (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore disponible (%)	Sodium (%)
POULET DE CHAIR - 2,6 kg à 98 jours - 3 aliments													
Démarrage	0-28 j	2750 - 2900	0 - 21	0,9 - 1	0,35 - 0,45	0,68 - 0,78	0,6 - 0,8	0,15 - 0,25	2,2 - 5,5	0 - 5	1,05 - 1,15	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
Croissance	28-63 j	2800 - 2900	0 - 19	0,82 - 0,92	0,32 - 0,42	0,6 - 0,7	0,54 - 0,64	0,18 - 0,28	2 - 7	0 - 7	0,9 - 1	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
Finition	63-98 j	2850 - 2950	0 - 17	0,65 - 0,75	0,28 - 0,38	0,52 - 0,62	0,41 - 0,62	0,14 - 0,24	2 - 7	0 - 7	0,7 - 0,9	0,3 - 0,35	0,15 - 0,18
POULET DE CHAIR - 2,6 kg à 98 jours - 2 aliments													
Démarrage	0-28 j	2750 - 2900	0 - 21	0,9 - 1	0,35 - 0,45	0,68 - 0,78	0,6 - 0,8	0,15 - 0,25	2,2 - 5,5	0 - 5	1,05 - 1,15	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
Croissance /Finition	28-98 j	2800 - 2900	0 - 19	0,74 - 0,84	0,3 - 0,4	0,56 - 0,66	0,5 - 0,6	0,16 - 0,26	2 - 7	0 - 7	0,9 - 1	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
POULET DE CHAIR - 2,6 kg à 112 jours - 3 aliments													
Démarrage	0-28 j	2750 - 2900	0 - 21	0,9 - 1	0,35 - 0,45	0,68 - 0,78	0,6 - 0,8	0,15 - 0,25	2,2 - 5,5	0 - 5	1,05 - 1,15	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
Croissance	28-63 j	2800 - 2900	0 - 19	0,74 - 0,84	0,3 - 0,4	0,56 - 0,66	0,5 - 0,6	0,16 - 0,26	2 - 7	0 - 7	0,9 - 1	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
Finition	63-112 j	2700 - 2800	0 - 16	0,65 - 0,75	0,25 - 0,35	0,49 - 0,59	0,49 - 0,69	0,12 - 0,22	2 - 7	0 - 7	0,7 - 0,8	0,3 - 0,35	0,15 - 0,18
POULET DE CHAIR - 2,6 kg à 126 jours - 3 aliments													
Démarrage	0-28 j	2750 - 2900	0 - 21	0,9 - 1	0,35 - 0,45	0,68 - 0,78	0,6 - 0,8	0,15 - 0,25	2,2 - 5,5	0 - 5	1,05 - 1,15	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
Croissance	28-63 j	2800 - 2900	0 - 19	0,74 - 0,84	0,3 - 0,4	0,56 - 0,66	0,5 - 0,6	0,16 - 0,26	2 - 7	0 - 7	0,9 - 1	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
Finition	63-126 j	2600 - 2800	0 - 16	0,62 - 0,72	0,23 - 0,33	0,47 - 0,57	0,44 - 0,54	0,11 - 0,21	2 - 7	0 - 7	0,7 - 0,8	0,3 - 0,35	0,15 - 0,18
POULET DE CHAIR - 2,6 kg à 126 jours - 4 aliments													
Démarrage	0-28 j	2750 - 2900	0 - 21	0,9 - 1	0,35 - 0,45	0,68 - 0,78	0,6 - 0,8	0,15 - 0,25	2,2 - 5,5	0 - 5	1,05 - 1,15	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
Croissance	28-63 j	2800 - 2900	0 - 19	0,74 - 0,84	0,3 - 0,4	0,56 - 0,66	0,5 - 0,6	0,16 - 0,26	2 - 7	0 - 7	0,9 - 1	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
Finition 1	63-112 j	2700 - 2800	0 - 16	0,65 - 0,75	0,25 - 0,35	0,49 - 0,59	0,49 - 0,69	0,12 - 0,22	2 - 7	0 - 7	0,7 - 0,8	0,3 - 0,35	0,15 - 0,18
Finition 2	98-126 j	2500 - 2800	0 - 16	0,6 - 0,7	0,22 - 0,32	0,45 - 0,55	0,39 - 0,59	0,1 - 0,2	2 - 7	0 - 8	0,7 - 0,8	0,3 - 0,35	0,15 - 0,18
POULE PONDEUSE - Potentiel élevé - 2 aliments													
Entrée ponte	<42 sem.	2700 - 2900	15 - 20	0,65 - 0,75	0,3 - /	0,61 - /	0,45 - /	0,14 - 0,15	4 - 7	0 - 7	3,5 - /	0,31 - /	0,13 - /
Ponte	>42 sem.	2650 - 2750	15 - 19	0,61 - 0,71	0,29 - /	0,57 - /	0,42 - /	0,13 -	4 - 7	0 - 7	3,5 - /	0,31 - /	0,13 - /
POULE PONDEUSE - Potentiel moyen - 2 aliments													
Entrée ponte	<42 sem.	2700 - 2900	15 - 18	0,6 - 0,7	0,28 - /	0,56 - /	0,42 - /	0,14 - 0,15	4 - 7	0 - 7	3,5 - /	0,31 - /	0,13 - /
Ponte	>42 sem.	2650 - 2750	15 - 18	0,62 - 0,72	0,25 - /	0,5 - /	0,42 - /	0,13 - /	4 - 7	0 - 7	3,5 - /	0,31 - /	0,13 - /
POULETTE - 2 aliments													
Démarrage	0-6 sem.	2750 - 2850	0 - 21	0,85 - 0,95	0,32 - 0,42	0,64 - 0,74	0,6 - 0,7	0,15 - 0,25	2 - 5	0 - 5	1 - 1,1	0,4 - 0,45	0,15 - 0,18
Croissance	7-20/23 sem.	2600 - 2800	0 - 18	0,62 - 0,72	0,24 - 0,34	0,47 - 0,57	0,44 - 0,54	0,11 - 0,21	2 - 7	0 - 7	1 - 1,1	0,35 - 0,45	0,12 - 0,22

c. Validation des scénarios et des courbes de croissance : La pertinence des scénarios construits et des courbes de croissance théoriques associées a été validée par :

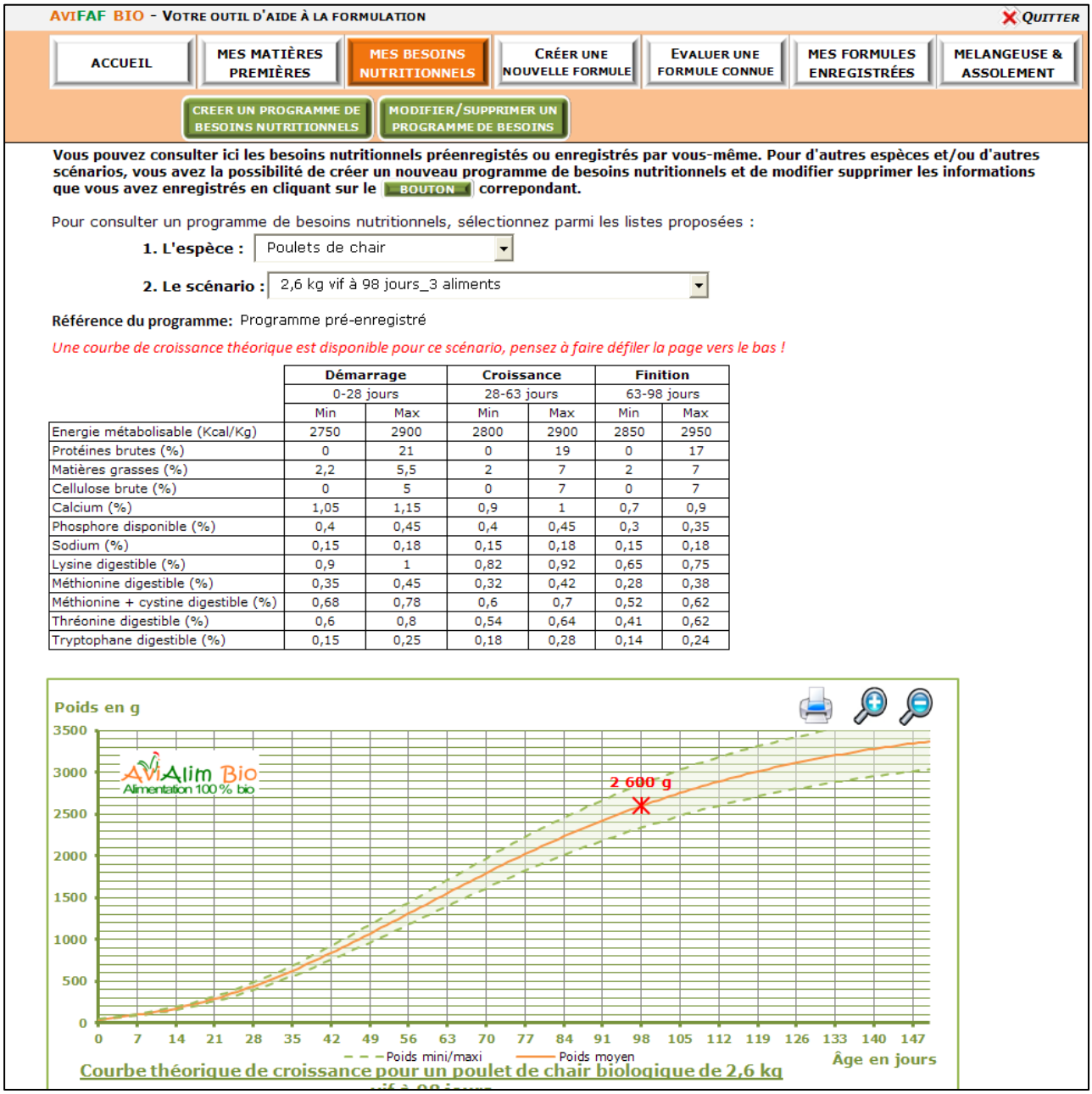
- **Jean-René GRELIER** de la société de sélection avicole SASSO - Sélection Avicole de la Sarthe et du Sud-Ouest (Cf. Compte-rendu de la rencontre avec M. GRELIER en Annexe 15).
- **Dominique ANTOINE** – expert indépendant spécialiste de l'alimentation biologique des volailles (Cf. Compte-rendu de la réunion de travail avec D. ANTOINE en Annexe 16).

Cependant, ces experts ont remis en question le scénario 4 (2,6 kg vif à 140 jours). Ce dernier scénario n'a pas été retenu car il semblait peu prioritaire vis-à-vis du nombre d'éleveurs concernés et qu'il n'existait aucune référence pour construire le programme de besoins nutritionnels pour ce scénario. Dans l'enquête réalisée auprès des Fafeurs, un seul éleveur utilisait une race ancienne (Coucou de Rennes) à côté d'une autre souche label et sa conduite alimentaire ne différait pas entre les deux types de souche. Cette décision, qui est issue de l'échange avec D. ANTOINE (Cf. Annexe 16), a été validée en groupe de travail n°2 (Cf. Compte-rendu en Annexe 22).

d. *Etablissement des programmes de besoins nutritionnels par scénario :* Vis-à-vis des objectifs de croissance par stade physiologique, des programmes de besoins nutritionnels ont été élaborés pour les 3 premiers scénarios (Cf. Tableau 6) à partir :

- des recommandations et de l'expertise de **Dominique ANTOINE** (Cf. Annexe 16) ;
- des références sur la protéine idéale du poulet de chair (Cf. Annexe 16) ;
- de l'analyse des pratiques d'alimentation des Fafeurs issue de l'enquête FAF (Cf. Annexe 5) : à noter que cette analyse met en évidence de grandes aberrations dans les pratiques d'alimentation des Fafeurs;
- des recommandations transmises par le sélectionneur SASSO pour le poulet Label élevé jusqu'à 81 jours (Cf. Annexe 17) ;
- de formules biologiques types proposées par un nutritionniste en collaboration avec la SASSO (Cf. Annexe 18) ;
- d'une publication sur la Géline de Touraine élevée pendant 120 jours (BAEZA et al., 2009) ;
- des recommandations du guide d'élevage Hubbard pour le poulet Label élevé jusqu'à 84 jours (HUBARD, 2013).

Grâce à ces données, un 1er programme de besoins nutritionnels a été élaboré pour le scénario 2,6 kg vifs à 98 jours. Les références sur les besoins nutritionnels pour ce scénario étaient les plus abondantes car il correspond à l'allongement de la durée d'élevage d'un poulet (label ou biologique) en filière organisée (objectif de 2,2 kg à 84 jours). Pour les autres scénarios, les programmes de besoins nutritionnels ont été élaborés par déclinaison du 1er scénario (fonction de l'écart de GMQ entre les scénarios). Du fait d'une croissance théorique semblable, les besoins nutritionnels au stade démarrage sont identiques pour les 3 scénarios (Cf. Tableau 8). De plus, pour répondre à la diversité des pratiques des éleveurs en termes de nombre d'aliments utilisés (Cf. Annexe 5), deux programmes alimentaires différents par scénario ont été construits lorsque cela était pertinent d'un point de vue technico-économique. A noter qu'il ne serait pertinent d'utiliser 2 aliments qu'en deçà d'une durée d'élevage de 100 jours. Au-delà, il est nécessaire



	Démarrage		Croissance		Finition	
	0-28 jours		28-63 jours		63-98 jours	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Energie métabolisable (Kcal/Kg)	2750	2900	2800	2900	2850	2950
Protéines brutes (%)	0	21	0	19	0	17
Matières grasses (%)	2,2	5,5	2	7	2	7
Cellulose brute (%)	0	5	0	7	0	7
Calcium (%)	1,05	1,15	0,9	1	0,7	0,9
Phosphore disponible (%)	0,4	0,45	0,4	0,45	0,3	0,35
Sodium (%)	0,15	0,18	0,15	0,18	0,15	0,18
Lysine digestible (%)	0,9	1	0,82	0,92	0,65	0,75
Méthionine digestible (%)	0,35	0,45	0,32	0,42	0,28	0,38
Méthionine + cystine digestible (%)	0,68	0,78	0,6	0,7	0,52	0,62
Thréonine digestible (%)	0,6	0,8	0,54	0,64	0,41	0,62
Tryptophane digestible (%)	0,15	0,25	0,18	0,28	0,14	0,24

Figure 16 : Copie d'écran (non intégrale) de l'interface de l'onglet « Mes Besoins nutritionnels » d'AviFAF Bio

d'utiliser 3 voire 4 aliments pour correspondre au mieux aux besoins des animaux, la multiplication des aliments représentant toujours une complexité logistique pour les Fafeurs.

Ainsi, les programmes proposés dans l'outil sont :

- pour le scénario 2,6 kg à 98 jours : 2 ou 3 aliments différents;
- pour le scénario 2,6 kg à 112 jours : 3 aliments différents ;
- pour le scénario 2,6 kg à 126 jours : 3 ou 4 aliments différents.

II.2.2.2. Programmes présents pour la poule pondeuse et la poulette

Les programmes de besoins nutritionnels pour la poule pondeuse et la poulette intégrés dans l'outil sont issus des recommandations de **Dominique ANTOINE** (ANTOINE, 2010). Pour les besoins des poules pondeuses, on distingue deux programmes fonction du potentiel des animaux:

- les souches à potentiel élevé (type ISABROWN Plein Air) produisant 250 à 300 œufs par an ;
- les souches à potentiel moyen (type MARANS) produisant 170 à 180 œufs par an.

Les programmes de besoins nutritionnels pré-enregistrés dans l'outil d'aide à la formulation sont présentés dans le Tableau 8.

II.2.2.3. Les fonctionnalités

A l'instar du 1er module « Matières premières », l'utilisateur peut dans ce second module (1) consulter les différents programmes de besoins nutritionnels pré-enregistrés, (2) créer un nouveau programme de besoins nutritionnels (par duplication d'un programme existant ou non) et (3) modifier et/ou supprimer un programme précédemment créé (Cf. Figures 16 et 17). Concernant les poulets de chair, les courbes de croissance théoriques construites sont incluses dans l'outil. Ainsi, lorsque l'utilisateur consulte un programme de besoins nutritionnels pré-enregistré, il peut consulter et imprimer la courbe de croissance théorique associée. Cela donne la possibilité à l'éleveur de suivre, via une mesure rapide et simple (pesée des animaux), l'évolution de son lot et de mettre en place si nécessaire des actions correctives. A noter que ces courbes se composent du poids moyen théorique recherché et des poids moyens mini et maxi acceptables (marge +/- 10% autour du poids moyen théorique).

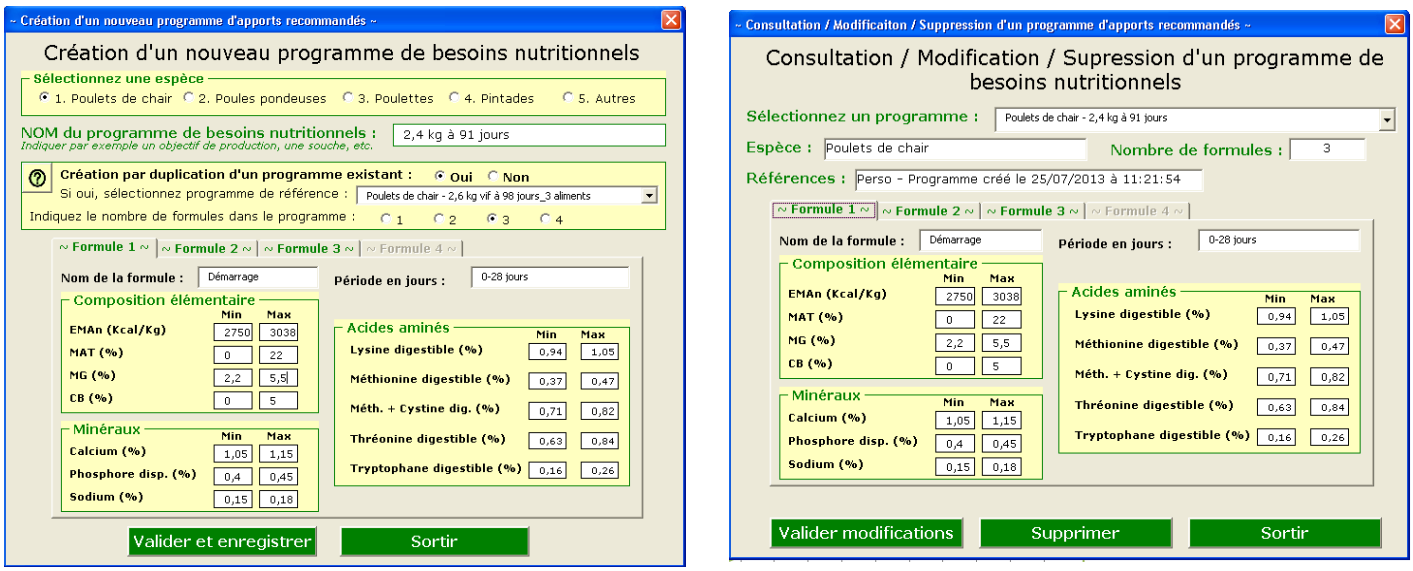


Figure 17 : Copies d'écran des interfaces de création d'un nouveau programme de besoins nutritionnels et modification/suppression d'un programme (via formulaires de saisie rapide)

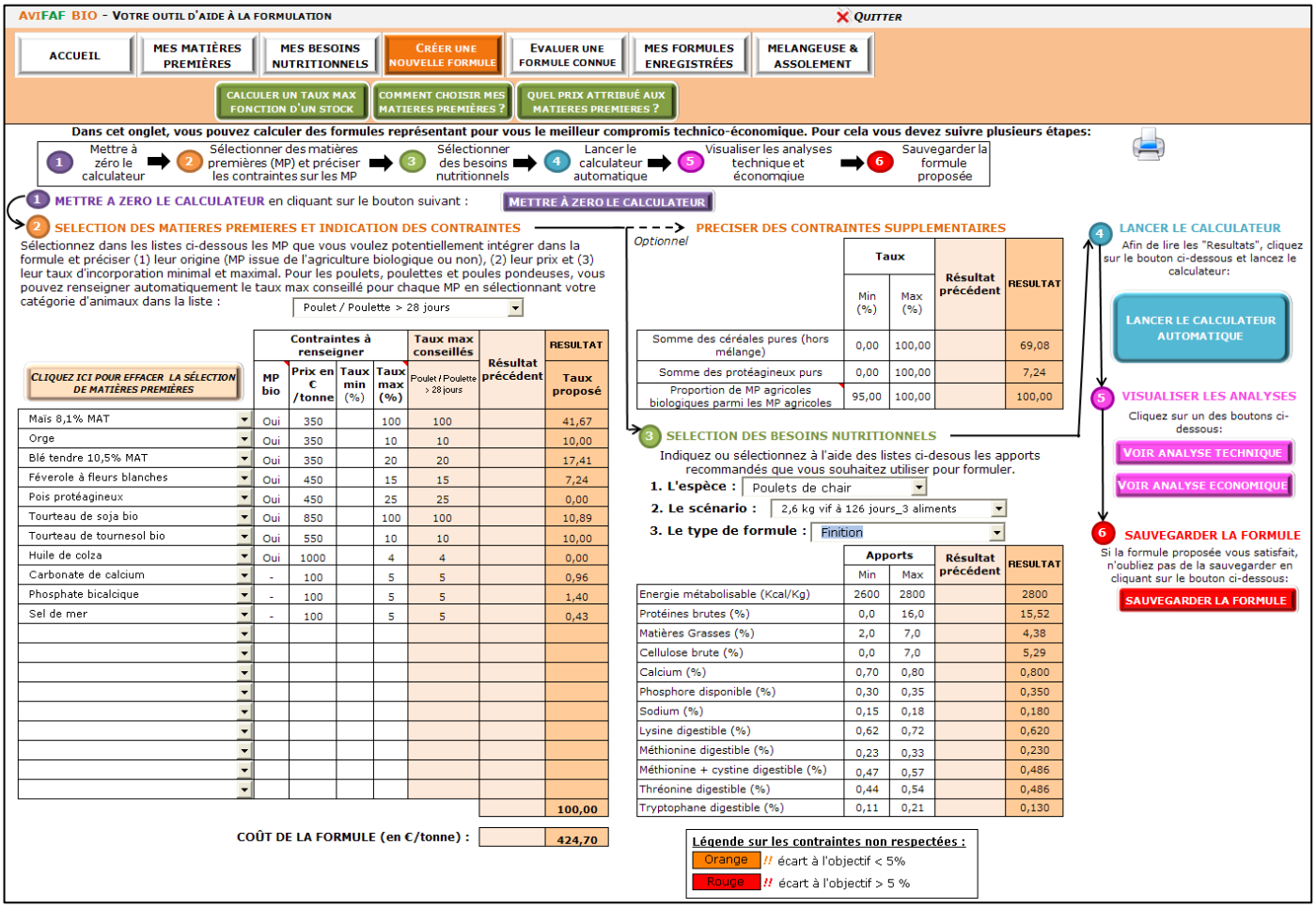


Figure 18 : Copie d'écran de l'interface de l'onglet « Créer une nouvelle formule » d'AviFAF Bio

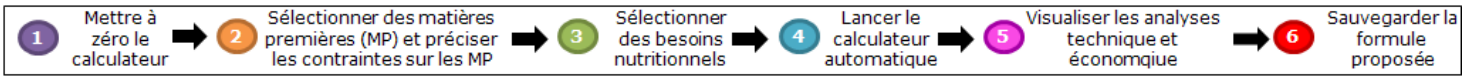
Tableau 9 : Contraintes intégrées dans le programme linéaire

Contrainte inferieure	Type de contrainte	Contrainte superieure	Nombre contraintes
99,9999 <	**Somme des proportions des MP**	<100,0001	2
Taux mini d'incorporation (défini par l'utilisateur) <	**Taux d'incorporation de chaque MP** *(maximum 20 MP ≠)*	< Taux maxi d'incorporation (défini par l'utilisateur)	40
Besoin nutritionnel mini <	**Apports nutritionnels** *(12 nutriments différents)*	< Besoin nutritionnel maxi	24
Taux mini d'incorporation (défini par l'utilisateur) <	**Autres contraintes :** - **Taux total céréales** - **Taux total protéagineux** - **Taux MP agricole biologique**	< Taux maxi d'incorporation (défini par l'utilisateur)	6
		TOTAL	**72**

II.2.3. Module 3 « Création d'une formule »

II.2.3.1. La formulation à moindre coût

La fonctionnalité principale de ce module est de calculer, à partir d'une liste de MP spécifiées, la formule la plus économique répondant aux besoins nutritionnels des animaux. Le développement de ce module a principalement nécessité un travail de conception de l'interface et de programmation informatique en VBA. Dans l'interface (Cf. Figure 18), l'utilisateur est orienté vers 6 étapes successives :



a. *ETAPE 1 - Mettre à zéro le calculateur :* A l'ouverture de l'outil, la dernière formule calculée est toujours affichée. Il est possible de « mettre à zéro le calculateur» en cliquant sur un bouton (la dernière formule calculée est alors toujours visible dans « résultat précédent »).

b. *ETAPE 2 - Sélectionner des MP et préciser les contraintes sur les MP :* L'utilisateur peut ici sélectionner jusqu'à 20 MP différentes issues de la base de données du module d'entrée « Matières Première » pour lesquelles il précise le prix, le taux minimum et le taux maximum d'incorporation. A noter que le taux maximum d'incorporation est pré-complété avec le taux maximum conseillé pour l'espèce considérée (donnée issue de la base de données du module 1). Il est aussi possible pour l'utilisateur de renseigner 3 autres contraintes : taux d'incorporation des céréales (notamment pour les éleveurs qui ont un cahier des charges spécifique), taux d'incorporation des protéagineux et taux de MP agricoles biologiques parmi les MP agricoles. Cette dernière contrainte, en lien avec le futur passage à une alimentation 100 % biologique, laisse par exemple la possibilité aux utilisateurs de formuler avec 5 % de MP agricoles conventionnelles (ce que la réglementation autorise à titre dérogatoire jusqu'au 1er janvier 2015).

c. *ETAPE 3 - Sélectionner les besoins nutritionnels :* l'utilisateur sélectionne ici des besoins nutritionnels issus du module d'entrée « Besoins nutritionnels ».

d. *ETAPE 4 - Lancer le calculateur automatique :* en cliquant sur un bouton, l'outil calcule automatiquement – si cela est possible - la formule la plus économique répondant aux contraintes précédemment renseignées. La méthode utilisée dans l'outil pour calculer des formules à moindre coût est **la programmation linéaire** (méthode d'optimisation la plus utilisée pour ce type de problème). Le programme linéaire type à résoudre, qu'il a été nécessaire d'adapter pour répondre au cahier des charges de l'outil, est présenté en partie 1 (Paragraphe I.1.2.). Au total, 72 contraintes sont renseignées dans le programme linéaire intégré dans l'outil (Cf. Tableau 9). La résolution automatique du programme linéaire a été codée en VBA avec notamment le recours à la fonction Solveur. Cette fonction, identifiée dans le logiciel WUFFDA (Cf. Analyse des outils existants en partie I), permet de résoudre divers problèmes d'optimisation dont des problèmes linéaire (via l'algorithme du Simplex). Un extrait du code VBA (« une macro ») où est paramétré le programme linéaire est présenté en Annexe 19.

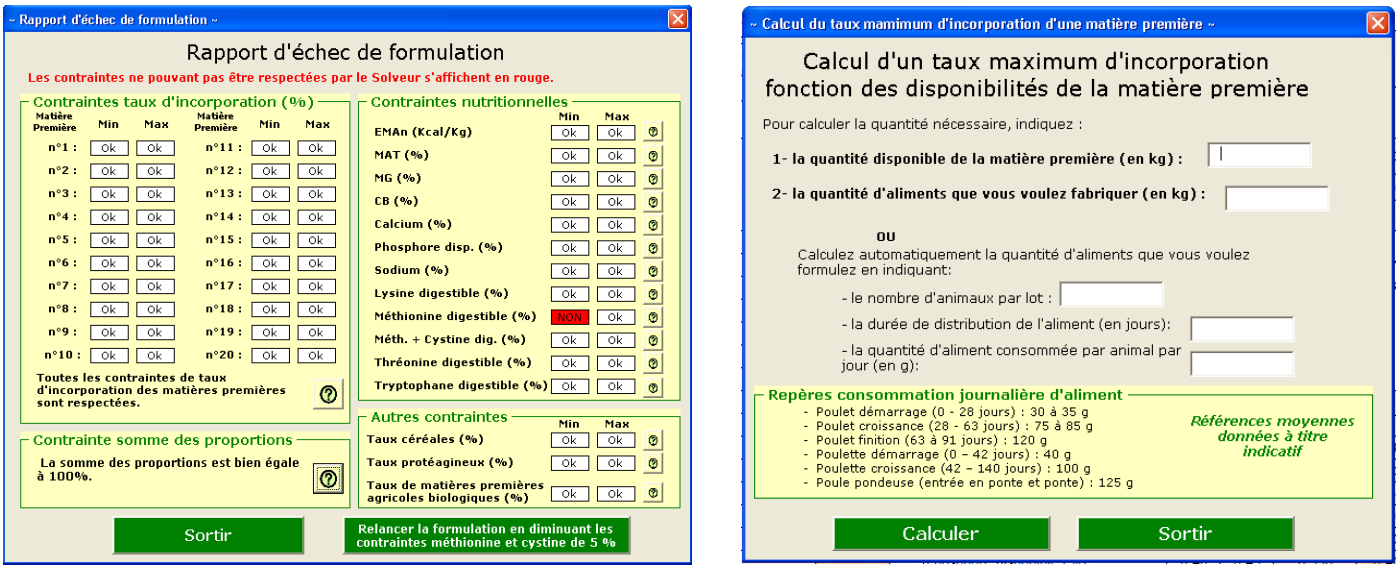


Figure 19 : Copies d'écran des interfaces du rapport d'échec de formulation et de l'aide au calcul d'un taux maximum d'incorporation

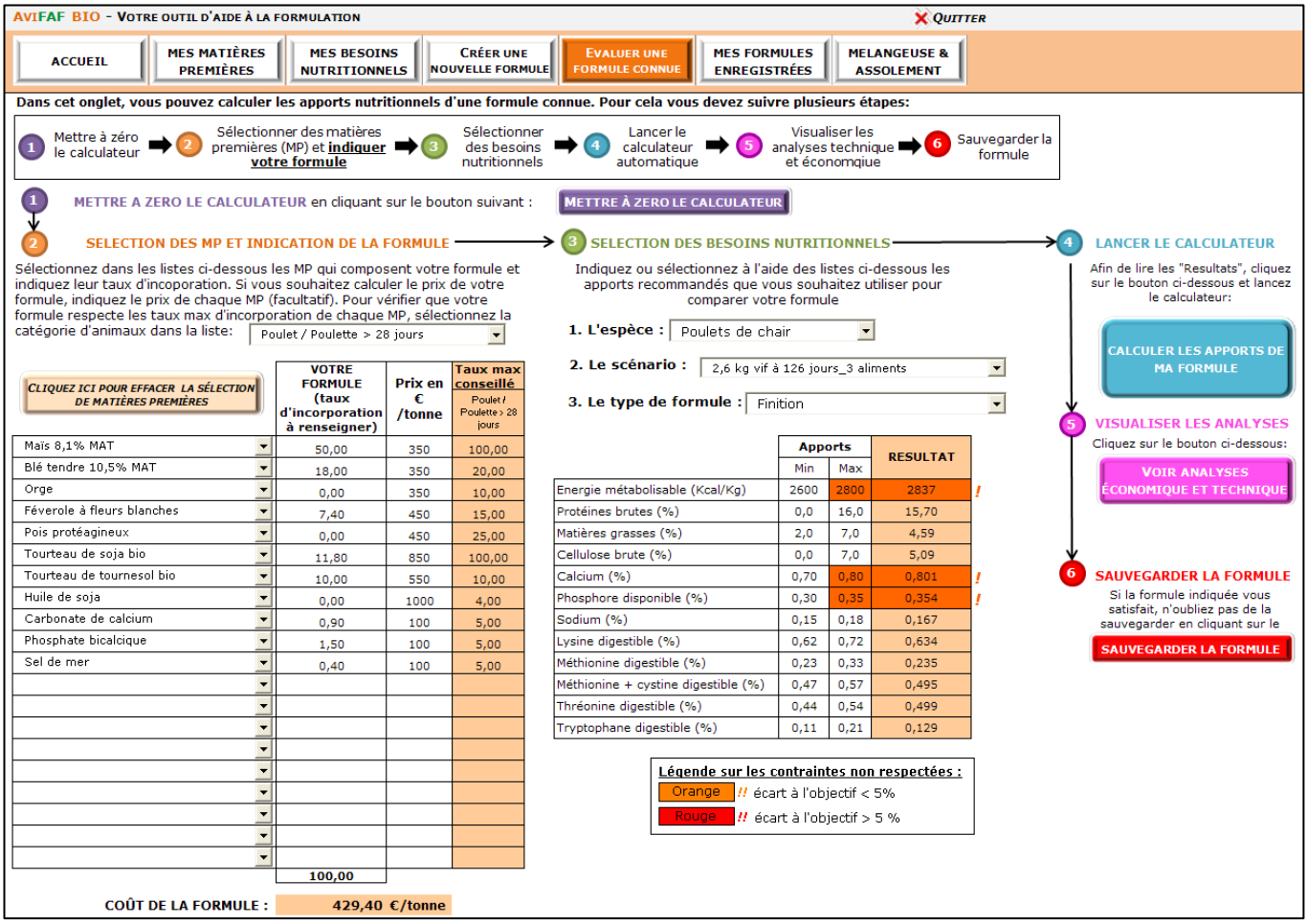


Figure 20 : Copie d'écran de l'interface de l'onglet « Evaluer une formule connue » d'AviFAF Bio

Lorsque l'utilisateur lance le calculateur automatique, il y a deux issues possibles :

- « Formule calculée avec succès » : l'outil a trouvé une solution réalisable au programme linéaire qu'il propose à l'utilisateur en tant que résultat (Cf. Figure 18 p. 19).
- « Echec de formulation » : il n'existe pas de solution réalisable au programme linéaire. Cela signifie que quel que soit le coût, il n'existe pas de formule répondant aux différentes contraintes fixées. Il est alors possible pour l'utilisateur de consulter un rapport d'échec de formulation (Cf. Figure 19) lui présentant (1) les contraintes non respectées par la moins mauvaises des solutions trouvée par l'outil et (2) des indications pour pallier à ces contraintes non respectées et recommencer la formulation. En cas d'échec de formulation sur les contraintes de teneur minimale en méthionine et/ou cystine (contraintes les plus difficiles à respecter dans le cadre d'une alimentation biologique des volailles), l'utilisateur a la possibilité de relancer la formulation en diminuant ces contraintes de 5, 10 puis 15%, ce qui risque d'impacter, mais en conscience, les performances zootechniques des animaux.

e. ETAPE 5 - Visualiser les analyses technique et économique : cette étape permet de visualiser les indicateurs technico-économiques en lien avec la formule calculée (Cf. présentation du module 5 « Indicateurs technico-économiques » en II.2.5).

f. ETAPE 6 - Sauvegarder la formule proposée : si la formule proposée par l'outil convient à l'utilisateur, il peut l'enregistrer dans l'outil (dans la limite des possibilités d'Excel). Celle-ci sera alors consultable à n'importe quel moment dans l'onglet « Mes formules enregistrées ».

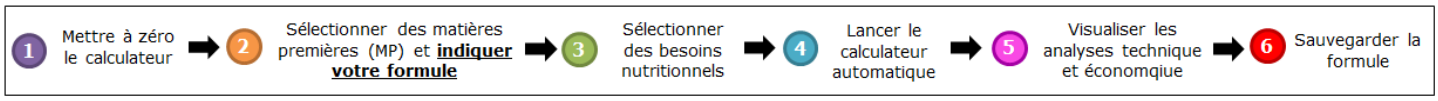
II.2.3.2. Les autres fonctionnalités

Dans ce module, une fonctionnalité propose aux utilisateurs de calculer le taux maximum d'incorporation d'une MP dans une formule fonction d'une quantité disponible de cette MP (Cf. Figure 19). Cela est utile si par exemple un éleveur veut utiliser un stock délimité d'une MP.

De plus, deux fenêtres d'aide sont accessibles à partir de ce module: aide au choix des MP pour formuler et aide à l'attribution d'un prix aux MP (Cf. Annexe 20).

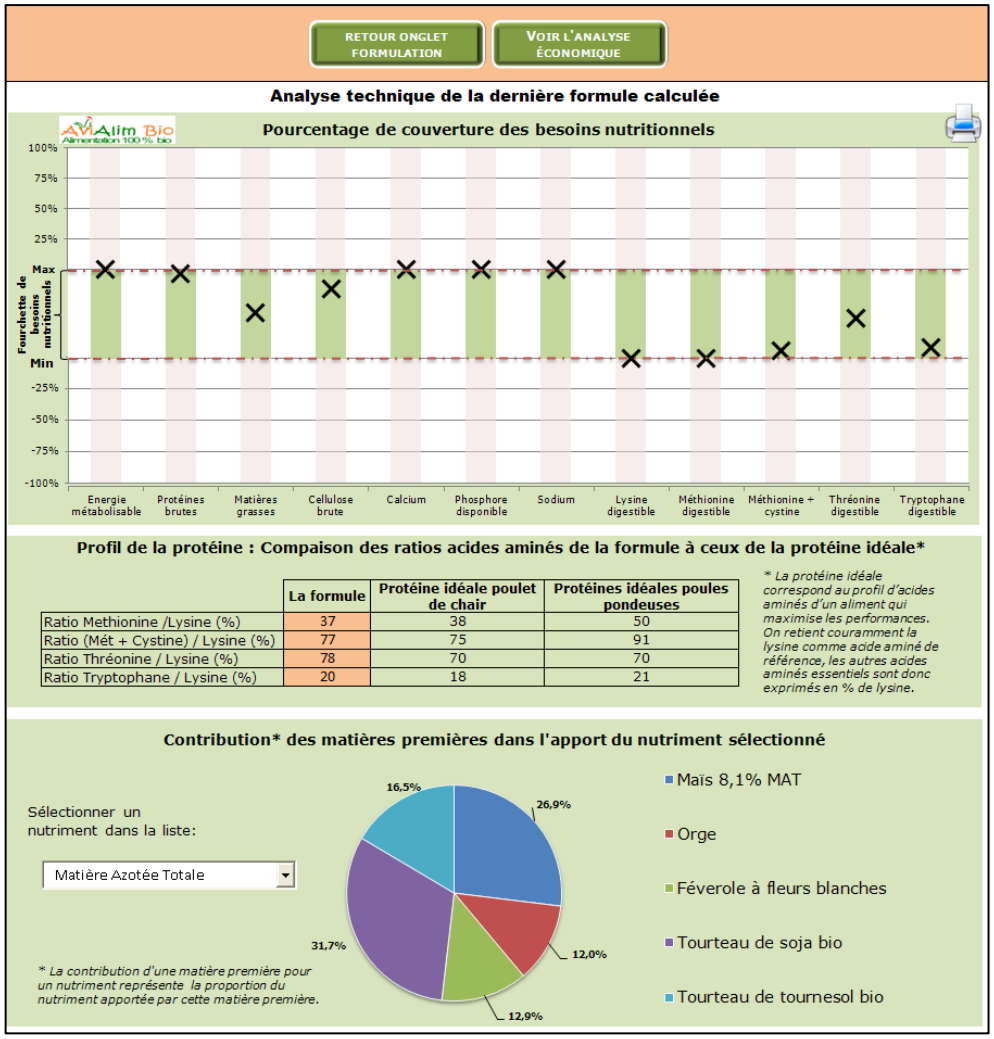
II.2.4. Module 4 « Evaluation d'une formule »

Ce module a pour objectif d'évaluer une formule connue par comparaison entre ses apports et les besoins des animaux. Son développement a principalement fait appel à de la programmation informatique. Son interface, construite de la même manière que le module précédent, oriente l'utilisateur vers 6 étapes successives (Cf. Figure 20) :



Les étapes 1, 3, 5 et 6 sont semblables au module précédent alors que les étapes 2 et 4 sont différentes :

a. *ETAPE 2 - Sélectionner des MP et indiquer votre formule :* l'utilisateur doit ici sélectionner les MP qui composent sa formule (issues de la base de données du module d'entrée « Matières Premières » qu'il aura préalablement enrichi si nécessaire) et préciser le



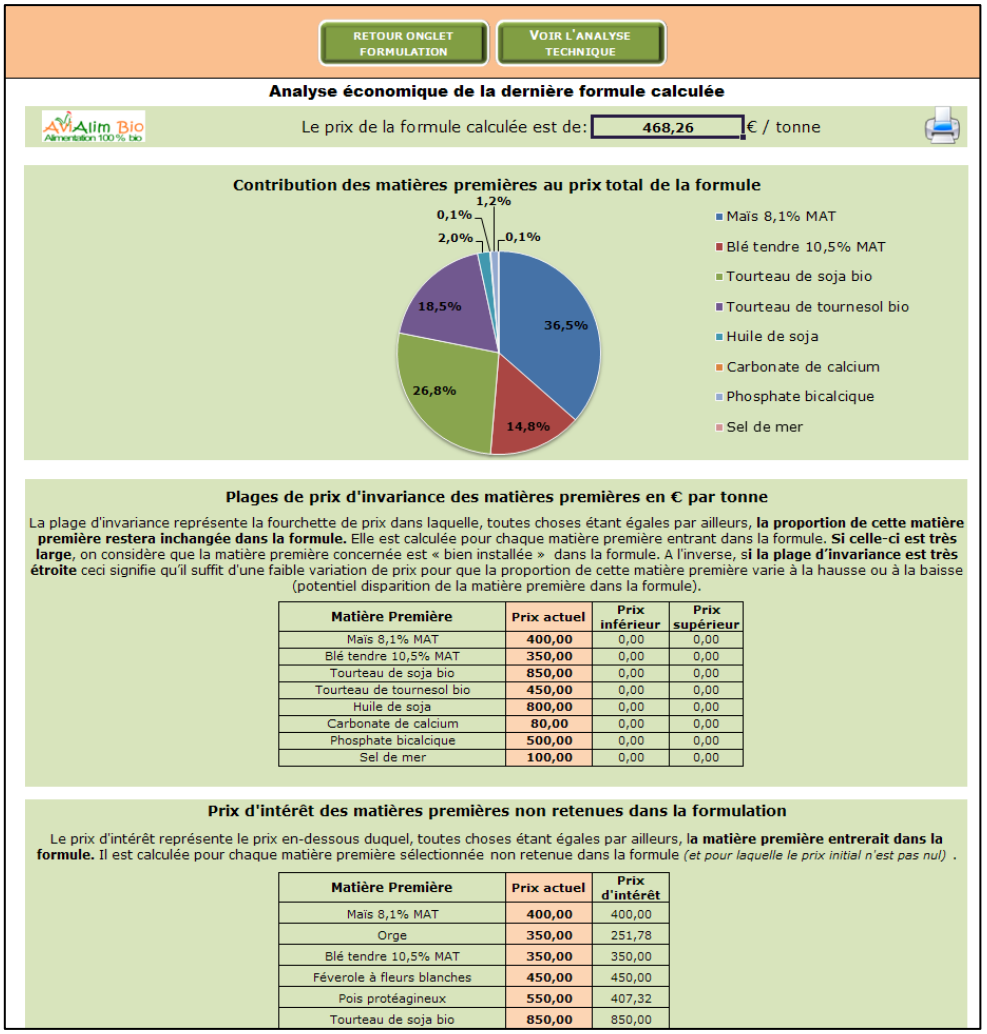


Figure 21 : Copies d'écran des interfaces du module « Indicateurs technico-économiques » d'AviFAF Bio

taux d'incorporation de chaque MP dans la formule qu'il utilise et qu'il souhaite évaluer. S'il le désire, l'utilisateur peut vérifier facilement si les taux d'incorporation des MP dans sa formule ne dépassent pas les taux d'incorporation maximums conseillés pour ses animaux.

b. *ETAPE 4 - Lancer le calculateur automatique* : en cliquant sur un bouton, l'outil calcul automatiquement les apports de la formule en chaque nutriment et les compare aux besoins nutritionnels selon le scenario de production sélectionné par l'utilisateur.

II.2.5. Module 5 « Indicateurs technico-économiques »

L'objectif de ce module était de proposer aux utilisateurs des indicateurs technico-économiques sur leurs formules pour qu'ils puissent en évaluer la pertinence. Comme nous l'avons vu, ces indicateurs sont disponibles aussi bien pour les formules calculées par l'outil via le module « Création d'une nouvelle formule » que pour les formules renseignées par l'utilisateur via le module « Evaluation d'une formule ». Le choix des indicateurs retenus a était inspiré de l'étude des outils de formulation existants. L'aspect visuel et la facilité d'interprétation ont été fortement privilégiés dans les indicateurs.

II.2.5.1. Indicateurs techniques intégrés (Cf. Figure 21)

Il y a 3 indicateurs techniques intégrés dans l'outil essentiellement informatifs et à vocation de « sensibilisation » :

- Un graphique illustrant le **pourcentage de couverture des besoins nutritionnels par nutriment:** celui-ci permet de voir rapidement où se situe les apports nutritionnels de la formule par rapport aux besoins des animaux (et de juger des éventuels écarts). A noter qu'une formule calculée avec succès aura forcément toutes les valeurs comprises dans la fourchette mini/maxi de chaque nutriment.
- Un tableau de **comparaison des ratios d'acides aminés de la formule à ceux de la protéine idéale** : cet indicateur permet de juger, au-delà de l'apport en chaque acide aminé, l'équilibre du profil en acides aminés de la formule.
- Un graphique illustrant la **contribution des MP dans l'apport d'un nutriment sélectionné** : il permet d'identifier par exemple quelles sont les MP prédominantes dans l'apport d'un nutriment.

II.2.5.2. Indicateurs économiques intégrés (Cf. Figure 21)

Pour les formules calculées par l'outil ou renseignées par l'utilisateur, on retrouve deux indicateurs économiques :

- **Le coût de la formule** : indicateur primordial pour les éleveurs enquêtés.
- Un graphique illustrant **la contribution des MP au coût total de la formule** : permet de connaitre le poids de chaque MP dans le coût de la formule.

Pour les formules calculées (via le module « Créer une nouvelle formule »), on retrouve 2 indicateurs économiques supplémentaires :

- **Les plages d'invariance de prix des MP retenues dans la formule** : il s'agit de la fourchette de prix dans laquelle, toutes choses étant égales par ailleurs, la proportion de cette MP restera inchangée dans la formule. Si celle-ci est très large, on considère que la MP

AVIFAF BIO - VOTRE OUTIL D'AIDE À LA FORMULATION

QUITTER

ACCUEIL | MES MATIÈRES PREMIÈRES | MES BESOINS NUTRITIONNELS | CRÉER UNE NOUVELLE FORMULE | EVALUER UNE FORMULE CONNUE | MES FORMULES ENREGISTRÉES | MELANGEUSE & ASSOLEMENT

Aide au calcul de la quantité nécessaire

Pour calculer les quantités nécessaires de chaque matière première pour une formule: (1) sélectionnez votre formule dans la liste déroulante et (2) indiquez la quantité désirée d'aliment. Vous pouvez ainsi calculer les quantités de matières premières nécessaire pour une formule (fonction de la capacité de votre mélangeuse par exemple), par lot d'animaux (plusieurs formules * 1 lots d'animaux) et par année (plusieurs formules * quantité pour un lot * nombre de lots réalisés par an). Vous pouvez réaliser ces calculs pour 10 formules différentes en simultané. **Pour calculer la quantités désirée, un module d'aide au calcul est disponible en cliquant sur le** BOUTON **en dessous de la barre de navigation.**

	Formule 1		Formule 2		Formule 3		Formule 4		Form
Nom de la formule A sélectionner	PC_126 jours_Finition		PC_126 jours_Croissance						
Type formule	Finition		Croissance						
Espèce	Poulets de chair		Poulets de chair						
Quantité désirée (kg) A renseigner	7500		12000						
Matières premières	Proportions (%)	Quantités (kg)	Proportions (%)	Quantités (kg)	Proportions (%)	Quantités (kg)	Proportions (%)	Quantités (kg)	Proportions (%)
Blé tendre 10,5% MAT	17,41	1306							
Maïs 8,1% MAT	41,67	3125	63,32	7599					
Orge	10,00	750							
Féverole à fleurs blanches	7,24	543							
Tourteau de soja bio	10,89	817	23,56	2827					
Tourteau de tournesol bio	10,00	750	10,00	1200					
Carbonate de calcium	0,96	72	0,88	106					
Phosphate bicalcique	1,40	105	1,88	226					
Sel de mer	0,43	32	0,35	42					
Total	**100%**	**7500**	**100%**	**12000**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**

Le tableau ci-dessous présente la somme des quantités nécessaires par matière première pour l'ensemble des formules renseignées ci-dessus. Pour connaitre l'assolement nécessaire en une matière première, indiquer votre rendement moyen par hectare (en quintaux).

	Quantité nécessaire totale (tonnes)	Votre rendement (quintaux/ha) A renseigner	Nombre d'ha
Blé tendre 10,5% MAT	1,306	40,00	0,33
Maïs 8,1% MAT	10,724	55,00	1,95
Orge	0,750	30,00	0,03
Féverole à fleurs blanches	0,543		
Tourteau de soja bio	3,643		
Tourteau de tournesol bio	1,950		

Figure 22 : Copie d'écran (non intégrale) de l'interface de l'onglet « Mélangeuse & Assolement » d'AviFAF Bio

~ Aide au calcul des quantités nécessaires ~

Calcul d'une quantité nécessaire d'aliments pour une formule

Pour calculer la quantité nécessire, indiquez :

1- le nombre d'animaux par lot :

ou

la quantité d'aliment consommée par jour par le lot d'animaux (en kg):

2- la quantité d'aliment consommée par animal par jour (en g):

Repères consommation journalière d'aliment

- Poulet démarrage (0 - 28 jours) : 30 à 35 g
- Poulet croissance (28 - 63 jours) : 75 à 85 g
- Poulet finition (63 à 91 jours) : 120 g
- Poulette démarrage (0 – 42 jours) : 40 g
- Poulette croissance (42 – 140 jours) : 100 g
- Poule pondeuse (entrée en ponte et ponte) : 125 g

Références moyennes données à titre indicatif

3- la durée de distribution de cet aliment (en jours):

4- le nombre de lots réalisés par an :

(Par défaut 1, si vous calculez la quantité nécessaire pour un seul lot)

Calculer

Pour affecter la quantité calculée à une formule, sélectionnez la formule dans la liste :

Affecter la valeur

Sortir

Figure 23 : Copie d'écran de l'interface de l'aide au calcul des quantités nécessaires

concernée est « bien installée » dans la formule. A l'inverse, si la plage d'invariance est très étroite ou si le prix est proche d'un seuil ceci signifie qu'il suffit d'une faible variation de prix pour que la proportion de cette MP varie à la hausse ou à la baisse (y compris potentielle disparition de la MP dans la formule).

- **Les prix d'intérêt des MP sélectionnées par l'utilisateur mais non retenues dans la formule** : il s'agit du prix en-dessous duquel, toutes choses étant égales par ailleurs, la MP entrerait dans la formule.

Ces deux derniers indicateurs économiques peuvent être de réels outils d'aide à la décision d'achat et/ou de production de MP. Ceux-ci sont calculés à partir des informations de l'analyse de sensibilité (analyse post-optimale) proposée par le Solveur d'Excel lorsqu'une solution au programme linéaire est trouvée.

II.2.6. Module 6 « Autres indicateurs »

L'objectif de ce module était de proposer à l'éleveur, en lien avec les besoins de son atelier avicole, des indicateurs utiles pour la gestion de sa fabrique d'aliments et de son assolement. Ce dernier module a aussi nécessité principalement un travail de programmation informatique pour rendre facile et rapide des calculs simples. Ainsi, dans ce module, l'éleveur peut facilement **connaitre les quantités nécessaires de chaque MP pour une quantité donnée d'un ou plusieurs aliments** (maximum 10 aliments différents en même temps).
La quantité d'aliment à fabriquer est à renseigner par l'utilisateur (Cf. Figure 22). Elle peut correspondre par exemple à la capacité de la mélangeuse, à la quantité nécessaire pour un ou plusieurs lots d'animaux, à la capacité de stockage, etc. Une aide au calcul de la quantité nécessaire d'un aliment est disponible dans l'outil (Cf. Figure 23). Cette aide permet de calculer la quantité d'aliment désirée d'après : le nombre d'animaux par lot, la quantité consommée par animal par jour en grammes (des repères sur cette donnée sont intégrés dans l'outil), la durée de distribution de l'aliment en jours et le nombre de lots d'animaux réalisés et utilisant ce même aliment.

De plus, lorsque l'éleveur renseigne son rendement moyen en une MP, **le nombre d'hectares nécessaires pour autoproduire la quantité d'une MP donnée est directement calculé**. Ainsi, l'éleveur peut - s'il le souhaite - connaitre l'assolement nécessaire pour une formule d'aliment, un lot d'animaux (plusieurs formules), plusieurs lots d'animaux, son atelier avicole dans sa globalité, etc. Ces indicateurs représentent aussi, à l'instar de certains indicateurs économiques, des outils d'aide à la décision pour l'achat et/ou la production de MP. En effet, les éleveurs peuvent par exemple estimer les tonnages de MP qu'ils doivent acheter sur l'année, l'assolement qu'ils doivent implanter pour satisfaire tout ou partie des besoins de leur atelier avicole, etc.

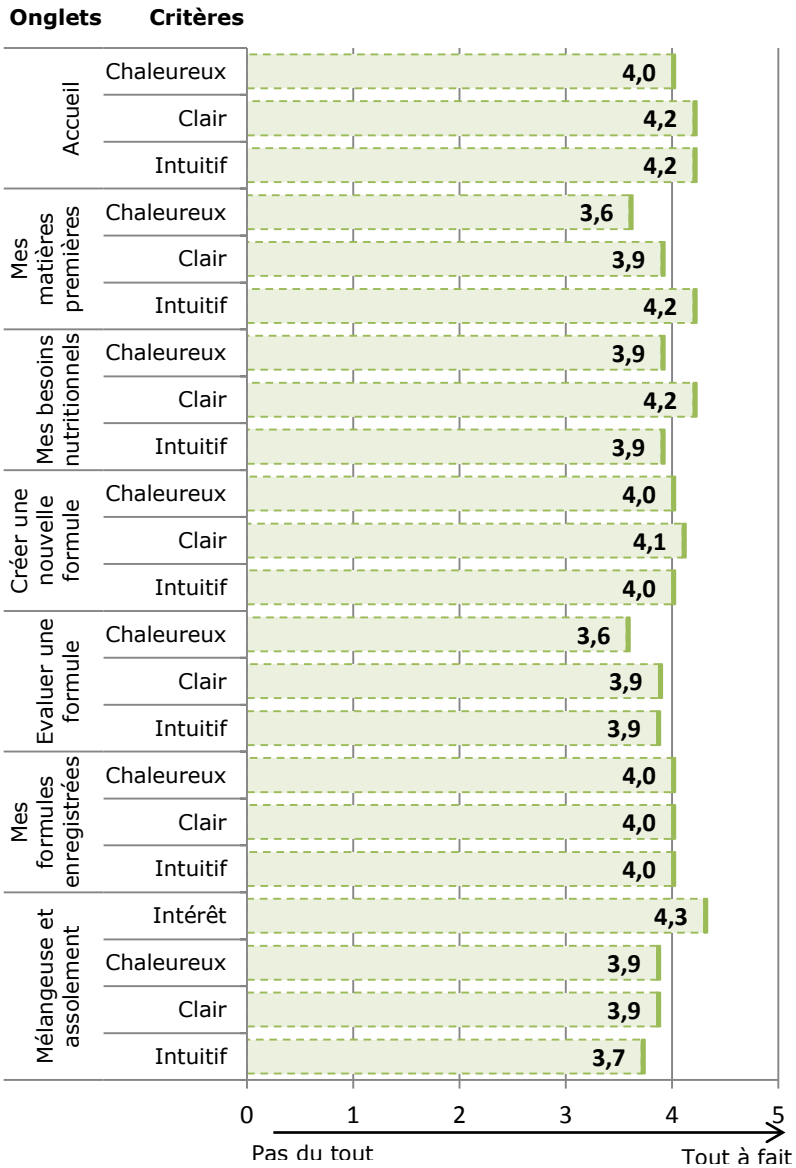


Figure 24 : Notes moyennes (sur 5) attribuées aux onglets de l'outil vis-à-vis d'un critère (n=10)

II.3. Test et validation de l'outil

La phase de test et de validation de l'outil, indispensable avant finalisation et diffusion, a eu lieu en 2 parties :

- auprès du groupe de travail en suivi de ce projet ;
- sur le terrain, en usage direct par des éleveurs et techniciens.

Leurs regards a permis de faire évoluer l'outil. La précédente présentation du développement du contenu de chaque module tient compte des évolutions apportées.

II.3.1. Par le groupe de travail

Un prototype de l'outil AviFAF Bio a été présenté au groupe de travail lors du comité de pilotage n°2 du 11 juin 2013 (Cf. diaporama de présentation en Annexe 21). Globalement, les retours du groupe de travail sur le prototype de l'outil, en lien avec le cahier des charges à respecter, ont été très positifs. Pour chaque module, des propositions d'amélioration de ce prototype ont été émises (Cf. Compte-rendu en Annexe 22) et prises en compte avant la phase de test sur le terrain.

II.3.2. Sur le terrain

L'outil d'aide à la formulation a été testé et évalué auprès de 5 éleveurs et de 5 techniciens des régions Rhône-Alpes et Pays de la Loire que nous nommerons ici « testeurs ». Lors des tests, le logiciel a tout d'abord été présenté individuellement aux différents testeurs avec la réalisation d'exemples. A la suite de cette présentation, les testeurs ont pu librement essayer le logiciel. Ceux-ci ont mis en évidence plusieurs pistes d'amélioration de l'outil (Cf. listing en Annexe 23). De plus, à la fin du test, les testeurs ont complété une grille d'évaluation de l'outil (Cf. Annexe 24).
A noter que le profil des testeurs est très varié vis-à-vis du niveau de compétence en informatique et qu'ils estiment avoir un niveau moyen (voire faible) de connaissances en formulation. Globalement, l'évaluation de l'outil par les testeurs a été très positive (Cf. Résultats détaillés en Annexe 25). En moyenne**, ils attribuent une note de 17 sur 20 à l'outil dans sa globalité** et des notes comprises entre 3,6 et 4,3 sur 5 aux différents modules (Cf. Figure 24) vis-à-vis des critères suivants :

- **Intuitif** = Simple d'utilisation ;
- **Clair** = Vocabulaire et fonctionnalités compréhensibles ;
- **Chaleureux** = Interface visuelle agréable.

De plus, **100 % des testeurs ont exprimé l'envie d'utiliser AviFAF bio** suite à la présentation qu'ils en ont eue et pensent qu'il s'agit d'**un réel outil d'accompagnement et de sensibilisation à la formulation**. Vis-à-vis de la diffusion de l'outil, la moitié des testeurs estime qu'une formation est indispensable pour une meilleure prise en main de l'outil et surtout éviter les erreurs de manipulation. A l'inverse, 4 testeurs estiment que l'outil peut être diffusé avec sa seule notice d'utilisation (Cf. II.4).

II.4. Notice d'utilisation et module de formation

Pour faciliter l'usage de l'outil, une notice d'utilisation a été construite. Celle-ci explique en détail les étapes à suivre pour utiliser les différentes fonctionnalités de l'outil (Cf. Annexe 26). En outre, dans le cadre d'AVIALIM BIO, la réalisation de formations à l'outil est prévue au niveau national pour des éleveurs et techniciens (en 2014) et d'autres formations pourront avoir lieu une fois le programme de recherche terminé. Pour guider les formateurs, les supports d'une formation à l'outil ont été élaborés. Un support power point est tout d'abord proposé comme trame de formation (Cf. Annexe 27). De plus, l'énoncé d'un exercice pratique (Cf. Annexe 28) et sa correction (Cf. Annexe 29) sont proposés afin de permettre aux formateurs de suivre les éleveurs/techniciens qui se forment sur un cas pratique.

PARTIE III. EXEMPLES CONCRETS D'UTILISATION DE L'OUTIL

Au-delà de l'outil lui-même, il est intéressant d'avoir un regard sur les « sorties » de celui-ci (c'est à dire les propositions de formules) et réflexions des éleveurs qui peuvent en découler. En effet, celles-ci font aussi parties des résultats du projet. Ainsi, quelques exemples concrets d'utilisation de l'outil sont présentés ci-dessous.

III.1. Exemples concrets d'utilisation chez des éleveurs « testeurs »

Comme nous l'avons vu, l'outil a été testé auprès de 5 éleveurs. Durant le test, les éleveurs ont eu l'occasion d'utiliser librement l'outil pour créer de nouvelles formules et/ou vérifier leurs formules. Un extrait de la manipulation de l'outil est repris ci-dessous pour deux des éleveurs testeurs. Ces éleveurs ont été choisis sur l'intérêt de leur démarche de réflexion dans des contextes de choix stratégiques différents.

III.1.1. Eleveur n°1 : « une formule limitant le recours au soja »

III.1.1.1. Présentation succincte de l'élevage

L'éleveur n°1, de la région Pays de la Loire, possède 3 bâtiments mobiles de 40 m² (cabanes en bois) accueillant chacun 600 poulets (soit 15 poulets / m²) et attenant à un parcours herbeux (4 m² par poulet). Il vend la totalité de sa production en vente directe, ce qui représente environ 4 000 poulets par an. Pour l'alimentation de ses poulets, l'éleveur n°1 pratique la FAF depuis 2002 avec autoconsommation de céréales produits sur l'exploitation (SAU de 19 ha). Seul l'aliment démarrage est acheté pour des raisons de présentation et de richesse de cet aliment. Les poulets « cous nus » de souche à croissance lente sont abattus entre 15 et 19 semaines pour un poids vif moyen compris entre 2,6 et 2,7 kg.

III.1.1.2. Choix des matières premières et des besoins nutritionnels

L'éleveur n°1 ne réalise aucune analyse des valeurs nutritionnelles de ses MP (achetées ou produites). Pour formuler, il fait donc le choix d'utiliser les valeurs pré-enregistrées dans l'outil AviFAF Bio pour les MP qu'il a en sa possession : blé tendre, maïs, tourteau de soja, tourteau de sésame, tourteau de tournesol et tourteau de cameline. Dans le but de minimiser l'utilisation du soja, l'éleveur dispose d'une grande diversité de tourteaux qu'il achète à des petites huileries locales. En outre, l'éleveur n°1 cultive des associations céréales/protéagineux à destination de son atelier avicole. Il a donc enregistré deux nouveaux mélanges dans l'outil : 70 % orge / 30 % pois protéagineux et 75 % triticale / 25 % pois protéagineux.

Vis-à-vis des besoins nutritionnels, l'éleveur a trouvé un scénario pré-enregistré qui correspond à ses pratiques : 2,6 kg vif à 112 jours avec 3 aliments différents.

AviAlim Bio — Alimentation 100 % bio

AviFAF BIO
Version 1.0

Nom de la formule : Eleveur A _ Soja illimité **Type :** Finition

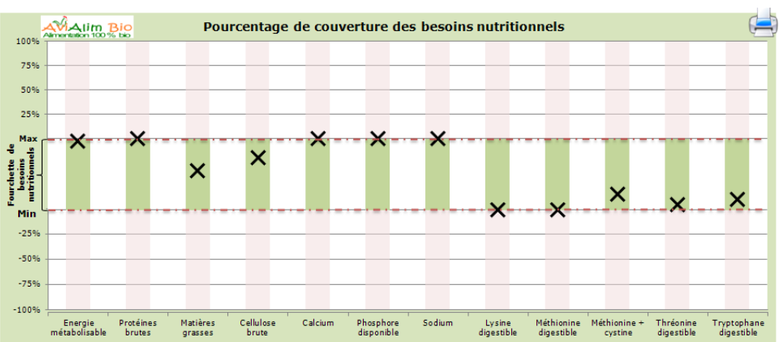
Besoins nutritionnels associés : Poulets de chair - 2,6 kg vif à 112 jours - 3 aliments

Date création : Formule créée le 11/07/2013 à 16:25:39

Coût calculé de la formule : 419,49 €/tonne

MATIERES PREMIERES		
Maïs 8,1% MAT	40,83	%
Tourteau de sésame	1,25	%
Tourteau de soja bio	11,21	%
Tourteau de tournesol bio	10,00	%
Concentré protéique de luzerne	0,00	%
Carbonate de calcium	0,94	%
Phosphate bicalcique	1,29	%
Sel de mer	0,43	%
Tourteau de cameline expeller	2,00	%
Eleveur A_70% orge/30% pois protéagineux	5,04	%
Eleveur A_75% triticale/25 % pois protéagineux	27,00	%
TOTAL	**100,00**	**%**

CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES		
Energie métabolisable	2797	Kcal/kg
Protéines brutes	16,0	%
Matières grasses	4,8	%
Cellulose brute	5,2	%
Calcium	0,800	%
Phosphore disponible	0,350	%
Sodium	0,180	%
Lysine digestible	0,650	%
Méthionine digestible	0,249	%
Méthionine + cystine digestible	0,512	%
Thréonine digestible	0,504	%
Tryptophane digestible	0,135	%



a. Formule sans contrainte maximale sur soja

AviAlim Bio — Alimentation 100 % bio

AviFAF BIO
Version 1.0

Nom de la formule : Eleveur A _ Soja 5% **Type :** Finition

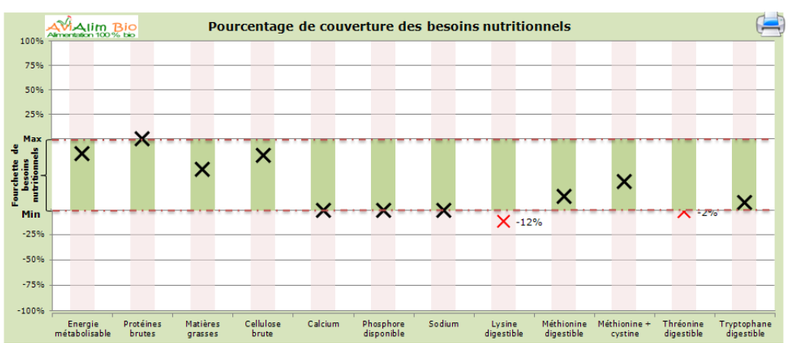
Besoins nutritionnels associés : Poulets de chair - 2,6 kg vif à 112 jours - 3 aliments

Date création : Formule créée le 11/07/2013 à 16:34:41

Coût calculé de la formule : 402,56 €/tonne

MATIERES PREMIERES		
Maïs 8,1% MAT	33,87	%
Tourteau de sésame	6,17	%
Tourteau de soja bio	5,00	%
Tourteau de tournesol bio	10,00	%
Concentré protéique de luzerne	0,00	%
Carbonate de calcium	0,83	%
Phosphate bicalcique	0,77	%
Sel de mer	0,36	%
Tourteau de cameline expeller	2,00	%
Eleveur A_70% orge/30% pois protéagineux	14,00	%
Eleveur A_75% triticale/25 % pois protéagineux	27,00	%
TOTAL	**100,00**	**%**

CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES		
Energie métabolisable	2780	Kcal/kg
Protéines brutes	16,0	%
Matières grasses	4,9	%
Cellulose brute	5,4	%
Calcium	0,700	%
Phosphore disponible	0,300	%
Sodium	0,150	%
Lysine digestible	0,569	%
Méthionine digestible	0,269	%
Méthionine + cystine digestible	0,531	%
Thréonine digestible	0,479	%
Tryptophane digestible	0,132	%



b. Formule avec 5% maximum de soja

AviAlim Bio — Alimentation 100 % bio

AviFAF BIO
Version 1.0

Nom de la formule : Eleveur A _ Soja 5%+luzerne **Type :** Finition

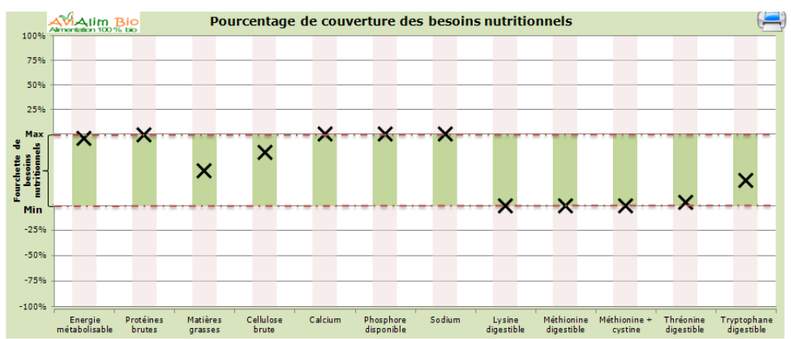
Besoins nutritionnels associés : Poulets de chair - 2,6 kg vif à 112 jours - 3 aliments

Date création : Formule créée le 11/07/2013 à 16:46:31

Coût calculé de la formule : 416,23 €/tonne

MATIERES PREMIERES		
Maïs 8,1% MAT	34,74	%
Tourteau de sésame	0,63	%
Tourteau de soja bio	5,00	%
Tourteau de tournesol bio	10,00	%
Concentré protéique de luzerne	4,36	%
Carbonate de calcium	0,71	%
Phosphate bicalcique	1,13	%
Sel de mer	0,43	%
Tourteau de cameline expeller	2,00	%
Eleveur A_70% orge/30% pois protéagineux	14,00	%
Eleveur A_75% triticale/25 % pois protéagineux	27,00	%
TOTAL	**100,00**	**%**

CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES		
Energie métabolisable	2794	Kcal/kg
Protéines brutes	15,9	%
Matières grasses	4,5	%
Cellulose brute	5,2	%
Calcium	0,800	%
Phosphore disponible	0,350	%
Sodium	0,180	%
Lysine digestible	0,650	%
Méthionine digestible	0,250	%
Méthionine + cystine digestible	0,491	%
Thréonine digestible	0,500	%
Tryptophane digestible	0,156	%



c. Formule avec 5% maximum de soja + concentré protéique de luzerne

Figure 25 : Différentes formules finition proposées par l'outil à l'éleveur n°1

III.1.1.3. Formulation d'un aliment finition

L'éleveur n°1 a pour objectif d'être moins dépendant au marché du tourteau de soja biologique. Pour cela, il cherche à minimiser l'utilisation du soja dans ses formules. Il a donc choisi de manipuler l'outil AviFAF pour créer une formule finition limitant l'utilisation du soja. Pour formuler, l'éleveur impose un taux d'incorporation du tourteau de cameline à 2 % afin d'utiliser le stock qu'il a acheté sans prendre trop de risque avec cette MP peu connue. De plus, il fait le choix d'utiliser pour chaque MP le taux maximum théorique conseillé pour les poulets de plus de 28 jours comme taux maximum d'incorporation. Il a lancé une première fois le calculateur automatique de l'outil sans indiquer de contrainte maximale sur le tourteau de soja. La solution proposée par l'outil, contenant 11,21% de tourteau de soja, est présentée sur la Figure 25.a. La large plage de prix d'invariance du soja (entre 595 et 1329 € pour un prix actuel fixé à de 850 €/tonne) montre que celui-ci est « bien installé » dans la formule.

Dans un second temps, l'éleveur choisit de relancer le calculateur avec une contrainte maximale de taux d'incorporation du soja à 5%. Il se produit alors un échec de formulation. La meilleure solution trouvée par l'outil, déficiente en lysine et thréonine, est présentée sur la Figure 25.b. En lisant les conseils du rapport d'échec, l'éleveur décide de regarder de plus près les valeurs nutritionnelles des MP qu'il propose dans la formulation (dans la base de données de l'onglet « Mes matières premières »). Il remarque que les tourteaux qu'il propose en substitution du soja présentent une déficience en lysine et identifie alors le concentré protéique de luzerne comme source relativement importante de lysine digestible.

L'éleveur relance donc une troisième fois la formulation en proposant une MP supplémentaire : le concentré protéique de luzerne. L'outil trouve alors une formule répondant aux besoins nutritionnels fixés et contenant 5% de tourteau de soja et 4,36 % de concentré protéique de luzerne (Cf. Figure 25.c). L'éleveur est satisfait de cette dernière solution car :

- le coût de la formule est quasi inchangé (-3,26 €/ tonne) ;
- l'incorporation du tourteau de soja baisse de plus de 50% ;
- l'incorporation des mélanges (céréales/protéagineux) qu'il peut facilement cultiver augmente au détriment du maïs qu'il doit acheter ;
- il préfère acheter du concentré protéique de luzerne (MP française) plutôt que du soja (souvent importé).

AviFAF BIO
Version 1.0

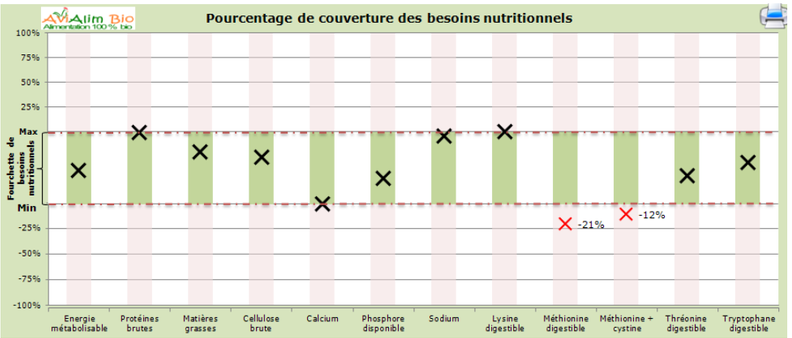
Nom de la formule : Eleveur 2 **Type :** Démarrage

Besoins nutritionnels associés : Poulets de chair - 2,6 kg vif à 126 jours - 3 aliments

Date création : Formule créée le 10/07/2013 à 15:11:08

Coût calculé de la formule : 610,23 €/tonne

MATIERES PREMIERES		
Blé tendre 10,5% MAT	20,00	%
Eleveur 2_Maïs 7,4 % MAT	40,96	%
Eleveur 2_50% triticale/50 % pois	0,00	%
Tourteau de soja bio	35,22	%
Eleveur 2_Minéral acheté	3,82	%
TOTAL	**100,00**	**%**



a. Formule démarrage initiale

AviFAF BIO
Version 1.0

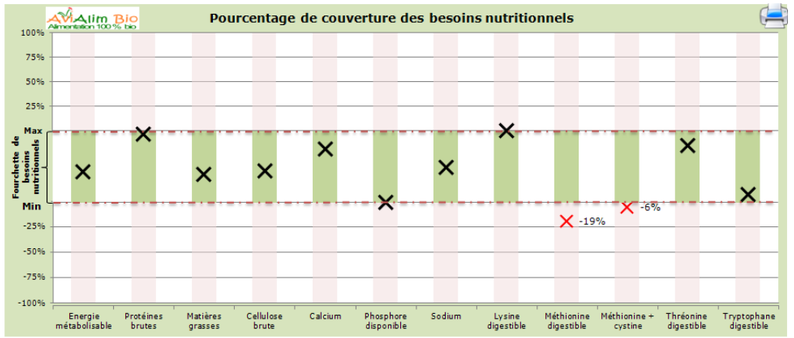
Nom de la formule : Eleveur 2 **Type :** Croissance

Besoins nutritionnels associés : Poulets de chair - 2,6 kg vif à 126 jours - 3 aliments

Date création : Formule créée le 10/07/2013 à 14:58:56

Coût calculé de la formule : 545,53 €/tonne

MATIERES PREMIERES		
Blé tendre 10,5% MAT	20,00	%
Eleveur 2_Maïs 7,4 % MAT	41,14	%
Eleveur 2_50% triticale/50 % pois	10,00	%
Tourteau de soja bio	25,32	%
Eleveur 2_Minéral acheté	3,54	%
TOTAL	**100,00**	**%**



b. Formule croissance initiale

AviFAF BIO
Version 1.0

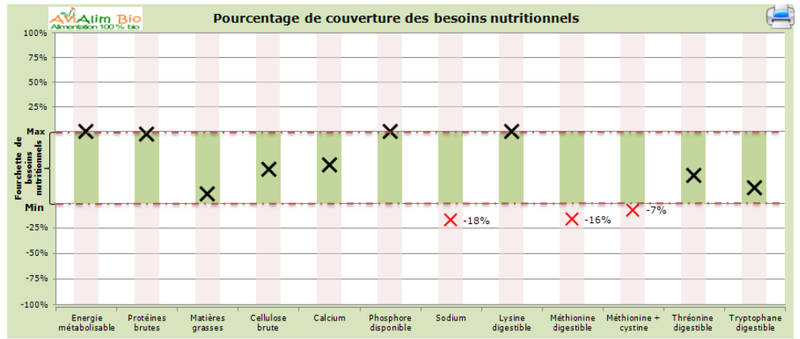
Nom de la formule : Eleveur 2 **Type :** Finition

Besoins nutritionnels associés : Poulets de chair - 2,6 kg vif à 126 jours - 3 aliments

Date création : Formule créée le 10/07/2013 à 15:16:31

Coût calculé de la formule : 416,23 €/tonne

MATIERES PREMIERES		
Blé tendre 10,5% MAT	20,00	%
Eleveur 2_Maïs 7,4 % MAT	25,42	%
Eleveur 2_50% triticale/50 % pois	40,00	%
Tourteau de soja bio	11,51	%
Eleveur 2_Minéral acheté	2,63	%
TOTAL	**99,56**	**%**



c. Formule finition initiale

AviFAF BIO
Version 1.0

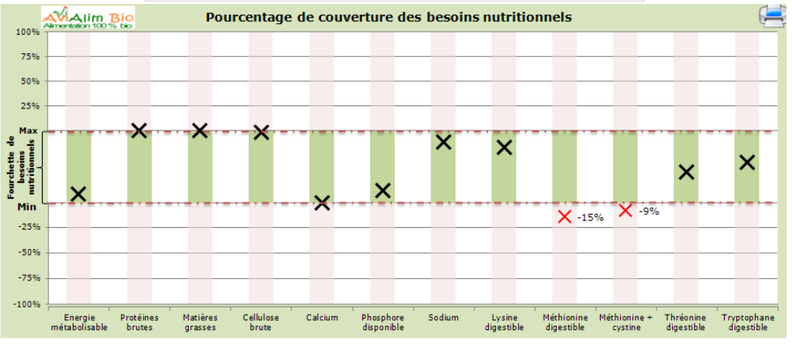
Nom de la formule : Eleveur 2bis **Type :** Démarrage

Besoins nutritionnels associés : Poulets de chair - 2,6 kg vif à 126 jours - 3 aliments

Date création : Formule créée le 10/07/2013 à 15:36:10

Coût calculé de la formule : 600,27 €/tonne

MATIERES PREMIERES		
Blé tendre 10,5% MAT	12,32	%
Eleveur 2_Maïs 7,4 % MAT	43,47	%
Eleveur 2_50% triticale/50 % pois	0,00	%
Tourteau de soja bio	32,46	%
Eleveur 2_Minéral acheté	3,76	%
Tourteau de tournesol	8,00	%
TOTAL	**100,00**	**%**



d. Formule démarrage avec tournesol

AviFAF BIO
Version 1.0

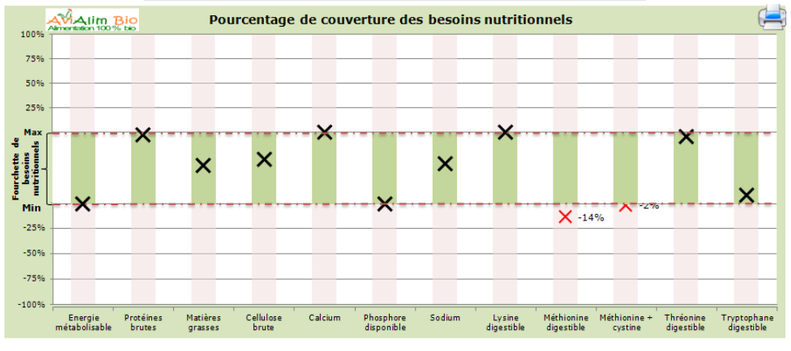
Nom de la formule : Eleveur 2bis **Type :** Croissance

Besoins nutritionnels associés : Poulets de chair - 2,6 kg vif à 126 jours - 3 aliments

Date création : Formule créée le 10/07/2013 à 15:46:08

Coût calculé de la formule : 543,24 €/tonne

MATIERES PREMIERES		
Blé tendre 10,5% MAT	12,76	%
Eleveur 2_Maïs 7,4 % MAT	43,73	%
Eleveur 2_50% triticale/50 % pois	10,00	%
Tourteau de soja bio	24,11	%
Eleveur 2_Minéral acheté	3,61	%
Tourteau de tournesol	5,79	%
TOTAL	**100,00**	**%**



e. Formule croissance avec tournesol

AviFAF BIO
Version 1.0

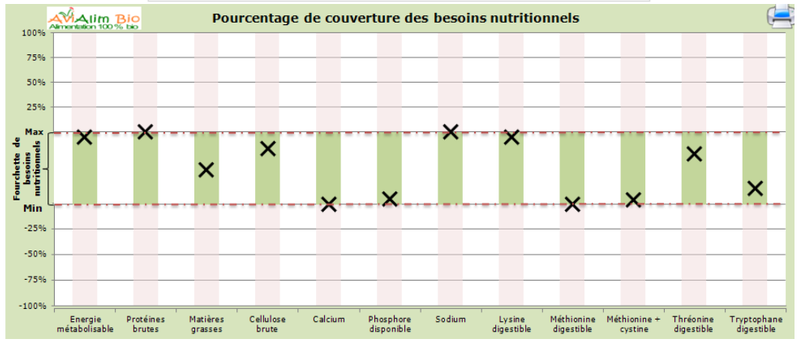
Nom de la formule : Eleveur 2bis **Type :** Finition

Besoins nutritionnels associés : Poulets de chair - 2,6 kg vif à 126 jours - 3 aliments

Date création : Formule créée le 10/07/2013 à 16:01:42

Coût calculé de la formule : 450,32 €/tonne

MATIERES PREMIERES		
Blé tendre 10,5% MAT	0,00	%
Eleveur 2_Maïs 7,4 % MAT	42,93	%
Eleveur 2_50% triticale/50 % pois	33,42	%
Tourteau de soja bio	11,13	%
Eleveur 2_Minéral acheté	2,35	%
Tourteau de tournesol	10,00	%
Sel de mer	0,18	%
TOTAL	**100,00**	**%**



f. Formule finition avec tournesol

Figure 26 : Différentes formules poulets de chair proposées par l'outil à l'éleveur n°2

III.1.2. Eleveur n°2 : « des formules avec les MP dont je dispose»

A la différence de l'éleveur n°1, qui, novice en formulation, préférait suivre les préconisations de l'outil, ce second éleveur – de niveau ingénieur – se faisait davantage confiance et acceptait de diminuer certaines contraintes.

III.1.2.1. Présentation succincte de l'élevage

L'éleveur n°2, de la région Rhône-Alpes, possède 4 bâtiments poulets de chair mobiles de 60 m² accueillant chacun 600 poulets (soit 10 poulets / m²). Il possède aussi un bâtiment poules pondeuses de 50 m² accueillant 250 poules Grises du Vercors mais l'exemple présenté ci-dessous se focalisera sur les poulets de chair. Il vend la totalité de sa production en vente directe. Pour l'alimentation de ses volailles, l'éleveur n°2 pratique la FAF totale (y compris pour l'aliment démarrage) avec autoconsommation des céréales et du soja produits sur l'exploitation (SAU de 25 ha). Les poulets « cous nus » de souche lourde sont abattus entre 15 et 23 semaines pour un poids vif moyen compris entre 1,9 et 3,3 kg (moyenne 2,6 kg vif à 19 semaines).

III.1.2.2. Choix des matières premières et des besoins nutritionnels

L'éleveur n°2 réalise des analyses des teneurs en MS et MAT de ses MP. Il décide donc de créer par duplication de nouvelles MP dans l'outil en ne modifiant que les teneurs en MS et MAT et acceptant l'actualisation automatique des autres données. De plus, il dispose d'un mélange triticale/pois fourrager produit et d'un minéral acheté (composé de 24,5% de Calcium, 9% de Phosphore totale, 4,3% de Sodium et 0,3% de Potassium) qu'il enregistre aussi dans l'outil.

Vis-à-vis des besoins nutritionnels, le scénario poulet de chair 2,6 kg vif à 126 jours avec 3 aliments différents correspond à l'objectif de l'éleveur.

III.1.2.3. Formulation des aliments poulets de chair

L'éleveur n°2 souhaite créer des formules équilibrées pour ses poulets de chair avec les seules MP dont il dispose à l'heure du test : blé, maïs (pauvre en MAT), mélange triticale/pois fourrager, tourteau de soja et un minéral acheté. Il fait donc le choix de lancer le calculateur automatique avec cettte liste de MP pour les besoins des animaux en démarrage, croissance puis finition. Pour cela, il indique comme taux maximum d'incorporation, le taux maximum théorique conseillé pour le stade de l'animal et, afin d'utiliser son mélange de MP qu'il produit, il impose 10% minimum d'incorporation de celui-ci à partir du stade croissance. Il fait alors le constat que les meilleures formules proposées par l'outil sont toutes déficientes en méthionine et cystine. De plus, pour la formule finition, du fait du déséquilibre du minéral acheté par rapport aux besoins de l'animal, l'outil n'a pas trouvé de solution avec 100 % de MP (Cf. Figure 26 a. b. et c.). L'éleveur choisit dès à présent d'accepter une baisse des apports nutritionnels de ses formules (risque qu'il accepte de prendre) mais il recherche quand même un moyen d'améliorer facilement ses formules. A noter que l'éleveur fait face a de grandes difficultés d'approvisionnement en MP et ne peut se permettre, vis-à-vis de son équipement FAF, de multiplier le nombre de MP. En étudiant dans la base de données les MP qui apportent plus de méthionine et cystine au prorata de la teneur en protéines et de la teneur en lysine (par rapport au tourteau de soja), il identifie le tourteau de

tournesol comme MP intéressante et d'après lui potentiellement disponible dans sa région. C'est donc la disponibilité des MP qui régit principalement l'intérêt et le choix de cet éleveur. Il relance donc le calculateur automatique en proposant cette MP supplémentaire pour les 3 stades et ajoute aussi du sel de mer (facile à acheter et à stocker en sac) pour la formule finition. Les nouvelles formules calculées par l'outil sont présentées sur la Figure 26 (d. e. et f.). La déficience en méthionine et cystine est réduite (et ne dépasse pas 15%) avec l'introduction du tourteau de tournesol qui trouve sa place dans toutes les formules. La formule finition est même calculée avec succès et ne présente aucune déficience. Même s'il n'est toujours pas optimale, l'équilibre en acides aminés des formules est amélioré. Globalement, l'éleveur accepte une baisse des apports nutritionnels de ses formules (donc certainement des performances par rapport à l'objectif visé) mais il est malgré tout satisfait car il a trouvé un moyen d'améliorer facilement ses formules avec l'incorporation d'une MP accessible.

III.2. Formulation pour le programme de recherche ICOPP

Courant juillet 2013, AviFAF Bio a été utilisé pour créer des formules pour des essais du programme de recherche européen ICOPP. L'élaboration des formules (et par conséquent la manipulation de l'outil) a été pris en charge par Antoine ROINSARD de l'ITAB sous la supervision de Hervé JUIN de l'INRA du Magneraud.

III.2.1. Présentation succincte de l'essai

Dans le cadre du projet ICOPP, des essais alimentation sont menés à la plateforme AlterAvi de l'INRA du Magneraud. Ceux-ci visent à déterminer les impacts de conduites alimentaires 100% biologiques (plus ou moins intensives) et de types génétiques (croissance plus ou moins lente) sur les performances des animaux, l'utilisation du parcours, le coût alimentaire, le bien-être animale, etc. Ainsi :

- deux souches de poulets de chair présentant un potentiel de croissance différents sont utilisées pour les essais : une souche label classique ayant un potentiel de 2,2 kg à 81 jours et une souche expérimentale ayant un potentiel de 2,2 kg à 98 jours.
- deux programmes alimentaires aux apports nutritionnels signifiativement différents (hors démarrage) ont été élaborés à l'aide d'AviFAF Bio : le premier programme alimentaire dit « témoin » devait permettre d'atteindre l'objectif de 2,2 kg à 81 jours alors que l'objetif du second programme dit « expérimental « est d'atteindre les 2,2 kg à 98 jours.

III.2.2. Choix des matières premières et des besoins nutritionnels

Pour formuler, les valeurs des MP pré-enregistrées dans l'outil AviFAF Bio ont majoritairement été utilisées. Lorsque des analyses avaient été effectuées, de nouvelles MP ont été créés par duplication (ajustement de la teneur en MS et en MAT).

Vis-à-vis des besoins nutritionnels, le scénario poulet de chair 2,6 kg vif à 98 jours a été utilisé pour l'objectif de 2,2 kg à 81 jours et le scénario 2,6 kg vif à 126 jours pour l'objectif de 2,2 kg à 98 jours. A noter qu'en l'absence de références bibliographiques, la

Tableau 10 : Formules calculées par AviFAF Bio pour le programme de recherche ICOPP

MATIERES PREMIERES (%)	Démarrage commun	Croissance Témoin	Croissance Expérimental	Finition Témoin	Finition Expérimental
Maïs 8,1% MAT	35,34	32,44	23,33	37,99	31,50
Blé 10,5% MAT	20,00	24,85	31,29	20,01	26,18
Tourteau de soja bio	30,94	20,85	11,88	15,00	5,00
Tourteau de tournesol bio	8,62	12,20	13,14	15,34	17,00
Graines de soja extrudées	1,14	5,00	5,00	2,00	2,00
Pois protéagineux	0,00	0,00	10,00	5,00	15,10
Huile de soja	0,00	1,11	1,82	1,46	0,00
Carbonate de calcium	1,36	0,97	1,00	0,79	0,80
Phosphate bicalcique	1,71	1,69	1,65	1,43	1,44
Sel de mer	0,34	0,34	0,34	0,43	0,43
Bétaïne	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Prémix	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
TOTAL	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**
CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES					
Energie métabolisable (Kcal/kg)	2750	2850	2850	2850	2720
Protéines brutes (%)	21,0	19,0	17,2	17,0	15,1
Matières grasses (%)	5,50	7,00	7,00	7,00	5,00
Cellulose brute (%)	5,00	5,60	5,80	6,10	6,50
Calcium (%)	1,050	0,900	0,900	0,770	0,770
Phosphore disponible (%)	0,400	0,400	0,400	0,350	0,360
Sodium (%)	0,150	0,150	0,150	0,180	0,180
Lysine digestible (%)	0,970	0,830	0,740	0,710	0,610
Méthionine digestible (%)	0,297	0,283	0,251	0,263	0,234
Méthionine + cystine digestible (%)	0,619	0,582	0,519	0,533	0,473
Thréonine digestible (%)	0,679	0,609	0,540	0,541	0,469
Tryptophane digestible (%)	0,208	0,180	0,154	0,156	0,127
Coût (€/tonne)	**551,05**	**518,99**	**479,27**	**487,06**	**445,23**

présence dans l'outil de données sur les besoins nutritionnels des poulets de chair abattus plus tardivement a fortement motivé le choix d'utiliser AviFAF Bio dans le cadre de ces essais.

III.2.3. Formulation des programmes alimentaires

Au total, 5 formules différentes ont été créées : une formule démarrage (commune aux deux programmes alimentaires), deux formules croissance et deux formules finition. A l'aide d'AviFAF Bio, plusieurs propositions ont été réalisées pour chaque formule. Celles-ci présentaient des différences sur leur teneur en protéines, leur taux d'incorporation du tourteau de soja et leur coût. Pour réaliser ces différentes propositions, le calculateur de l'outil a été lancé plusieurs fois avec des limites d'incorporation sur certaines MP variables. Par exemple, pour les formules expérimentales, des taux maximums de tourteau de soja et minimums de pois protéagineux ont été fixés. Dans chaque formule, la bétaïne (donneur du groupe méthyle permettant la formation de méthionine à partir d'homocystéine), a été insérée à 0,05 %. Le choix a été fait ici d'utiliser la bétaïne pour sécuriser les formules et laisser de la souplesse en cas d'échec de formulation (acceptation d'un léger déficit en méthionine des formules). Ainsi, aucune valeur nutritionnelle n'a été attribuée à la bétaïne et les besoins des animaux n'ont pas été diminués avec l'introduction de celle-ci (ce qui est généralement fait par les formulateurs). Les formules retenues pour les essais sont présentées dans le Tableau 10. Globalement, l'outil a permis d'intégrer une dimension économique aux essais en calculant les formules représentant le meilleur compromis technico-économique. La dimension économique était très importante ici car, avec l'hypothèse d'une augmentation de l'indice de consommation, les formules expérimentales n'étaient pertinentes que si leur coût était inférieur d'environ 10% à celui des formules témoin. A l'heure de l'écriture de ce mémoire, ces essais sont en cours.

PARTIE IV. DISCUSSION

IV.1. Les originalités de la démarche de travail

De nombreux acteurs se sont mobilisés autour du développement d'AviFAF Bio : membres du groupe de travail, experts, éleveurs, etc. Cela représente la force de la démarche de travail telle qu'elle a été déployée. En effet, la validation et les connaissances de ces acteurs ont été indispensables pour le développement de l'outil.

Dans le projet, l'analyse de la demande est basée sur une démarche peu banale qui a nécessité :

- Un travail itératif (entre description et comparaison) dans l'élaboration du cahier des charges ;
- La mobilisation de nombreuses ressources et une forte énergie consacrée, au-delà de la bibliographie, à l'analyse de résultats d'enquête et d'outils existants.

De plus, la méthodologie entreprise pour élaborer les programmes de besoins nutritionnels est, du fait d'un manque de connaissances sur le sujet, complexe et originale. En effet, il a été nécessaire de passer par l'élaboration de scénarios d'âge et poids d'abattage puis de construire les courbes de croissance théoriques (pour les différents scénarios) afin d'élaborer les recommandations. La mobilisation des experts dans cette phase de développement de l'outil a été fondamentale. A noter que de cette originalité découle aussi l'une des limites de l'outil (Cf. IV.3.3).

Pour finir, la phase de test de l'outil auprès d'éleveurs et de techniciens des régions Rhône-Alpes et Pays de la Loire représente un point fort de ce projet, d'autant plus que l'outil a été accueilli avec grand enthousiasme. Grâce à ces tests, de nombreuses modifications ont pu être apportées à l'outil afin qu'il corresponde au mieux aux besoins du terrain.

IV.2. Les points forts d'AviFAF Bio

L'intérêt de ce projet réside dans la conception d'un **outil jusque-là inexistant**, **utile** et d'un **contenu pertinent** aux yeux des utilisateurs testeurs.

IV.2.1. Un contenu riche et original

AviFAF Bio contient de nombreuses données pré-enregistrées que l'éleveur peut choisir de mobiliser ou non. Son contenu se démarque des outils existants notamment par la présence :

- d'une base de données pré-enregistrées de valeurs nutritionnelles de multiples MP :
  - seules des MP autorisées en AB y sont répertoriées ;
  - des données issues du programme de recherche AVIALIM BIO y sont partiellement incluses ;
  - les taux maximums d'incorporation conseillés des MP pour les volailles à différents stades y sont renseignés ;
- de données pré-enregistrées sur les besoins nutritionnels des volailles :
  - différents besoins nutritionnels sont proposés pour le poulet à croissance lente en fonction de l'objectif d'âge et poids d'abattage de l'éleveur ;

- présence de courbes de croissance indicatives pour les poulets de chair fonction des objectifs des éleveurs;
- présence de données pour la poule pondeuse et la poulette ;

▪ de nombreux indicateurs technico-économiques.

IV.2.2. Des fonctionnalités plurielles

Au-delà de son contenu, AviFAF Bio propose aux éleveurs de nombreuses fonctionnalités qui le démarquent aussi des outils existants. Ainsi, il est entre autres possible pour les éleveurs :

▪ de **créer de nouvelles formules et de valider des formules existantes** (ces deux fonctionnalités ne sont pas présentes dans tous les outils existants analysés) ;

▪ de **personnaliser facilement l'outil** avec leurs propres données sur les valeurs nutritionnelles de MP et/ou les besoins nutritionnels des animaux ;

▪ de **calculer facilement les valeurs nutritionnelles d'un mélange de MP** puis de les insérer dans la base de données MP ;

▪ de **calculer, en lien avec les formules utilisées, l'assolement** nécessaire pour l'atelier avicole.

IV.2.3. Un usage potentiel multiple

Le développement de l'outil d'aide à la formulation a été décidé lors de la construction du projet AVIALIM BIO car les conseillers avicoles avaient fait le constat que les Fafeurs en AB :

▪ étaient peu accompagnés techniquement et très demandeurs d'appui technique pour raisonner l'alimentation de leurs volailles ;

▪ n'avaient pas d'outil d'aide à la formulation qui leur soit dédié ;

▪ que vis-à-vis de la prochaine évolution réglementaire (passage au 100% bio), pour rester viable et le plus autonome possible, il deviendrait fondamental pour eux de mieux raisonner leurs formules, notamment en lien avec les prix des MP ainsi qu'avec leur assolement et capacité à autoproduire.

De plus, il ressort de l'enquête réalisée en 2012 auprès de Fafeurs un manque d'optimisation et de maitrise technique des formules (croissance très éloignée du potentiel génétique des animaux, formules déséquilibrées, etc.). Les marges de progrès en formulation sont donc très importantes pour les Fafeurs qui n'avaient jusqu'à ce jour aucun outil pour les accompagner.

Dans ce contexte, AviFAF Bio représente **un réel vecteur de progrès pour les Fafeurs** à travers ses différents usages potentiels :

▪ **Pour les éleveurs (et l'expérimentation) en « usage direct »** : Grâce aux fonctionnalités d'AviFAF Bio, les éleveurs pourront optimiser leurs formules d'un point de vue technico-économique. Au minimum, l'outil pourra être utilisé pour sécuriser les apports des formules déjà utilisées et identifier les carences et/ou excès en un nutriment. Dans une utilisation plus poussée, les éleveurs pourront étudier plusieurs scénarios à travers l'outil pour par exemple

essayer de minimiser l'utilisation du tourteau de soja, maximiser l'utilisation des MP produites sur la ferme, etc. Comme nous l'avons vu dans les exemples concrets d'utilisation (Cf. Partie III), AviFAF Bio est un réel outil de réflexion plus ou moins poussée pour l'éleveur. Lors du test de l'outil, 100 % des éleveurs ont affirmé qu'AviFAF Bio pourrait les aider **à améliorer ou à sécuriser les performances techniques et économiques de leur atelier avicole**. De plus, les indicateurs présents dans AviFAF Bio pourront **aider les Fafeurs dans leurs choix** des MP à produire (assolement nécessaire), à acheter (à partir de quel prix), etc.

- **Pour la formation :** AviFAF Bio pourra être utilisé comme support (1) de formation à l'alimentation des volailles en AB et (2) de sensibilisation sur de nombreux thèmes liés aux pratiques d'élevage (impact du choix des souches, cohérence entre pratiques et objectifs, impact économique de différentes stratégies, etc.), auprès de tout public en formation agricole initiale ou continue.

- **Pour l'appui technique et le conseil** : AviFAF Bio pourra être utilisé comme support d'échange par les techniciens (Chambre d'Agriculture ou autres structures). Jusqu'aujourd'hui, les techniciens avicoles (hors firmes privées) ne disposaient d'aucun outil pour accompagner les Fafeurs dans la formulation.

Tout cela sans oublier que l'usage d'AviFAF Bio sera facilité par son utilisation intuitive et sa gratuité.

IV.3. Les limites d'AviFAF Bio

Comme nous venons de le voir, AviFAF Bio possède de nombreux avantages et représente un vecteur de progrès pour les Fafeurs. Cependant, certaines limites du logiciel, en partie en lien avec la façon dont il a été développé, sont à prendre en considération.

IV.3.1. Seule prise en compte de la pratique d'alimentation

Tout d'abord, il est important de garder en tête, dans l'usage d'AviFAF Bio, que si l'alimentation (représentant près de 80% des charges opérationnelles d'un atelier avicole) est un facteur essentiel dans les pratiques et les performances d'élevage, **il n'est pas unique**. Afin d'avoir des performances technico-économiques correctes et outre une alimentation équilibrée, il est important de respecter les bonnes pratiques d'élevage des volailles (en termes de ventilation des bâtiments par exemple). Sans oublier que l'outil ne prend pas en compte l'un des aspects de l'alimentation des volailles : l'alimentation vitaminique. Ces autres facteurs d'élevage doivent être rappelés aux éleveurs dans le cadre de formations.

En outre, au niveau de la formulation d'aliments, AviFAF Bio ne compense pas les problèmes d'approvisionnement en MP rencontrés par les Fafeurs et l'impossibilité de formuler un aliment démarrage 100% biologique.

Au-delà de l'élevage, AviFAF Bio n'avait pas pour objet de prendre en compte les incidences sociales (temps de travail et pénibilité) et environnementales (émissions gaz à effet de serre, excrétions azotés, etc.) des formules. Cette réflexion pourrait avoir lieu avec un technicien, en parallèle de l'usage de l'outil, dans le cadre d'un accompagnement technique.

De plus, au niveau agronomique, le projet initial se voulait d'approfondir dans l'outil le lien entre formules alimentaires et rotations pertinentes sur l'exploitation. Or, (1) les experts consultés ont mis en évidence l'impossibilité de répondre à cela via un outil (spécificités de chaque parcelle fonction du sol, du microclimat, etc.) et (2) les éleveurs n'étaient finalement pas en attente de cette formalisation. Une fois encore, cette réflexion pourra avoir lieu en lien avec AviFAF Bio dans le cadre d'un accompagnement technique.

IV.3.2. Compétence de l'utilisateur de l'outil

L'outil représente une aide à la formulation et les formules qu'il proposera dépendront directement des choix faits par son utilisateur (diminution d'une contrainte, ajout d'une nouvelle MP, etc.). Ainsi, pour par exemple juger de la pertinence d'une formule ou accepter une déficience en un ou plusieurs nutriments, il est indispensable d'avoir un minimum de connaissances sur l'alimentation des volailles et la formulation d'aliments. Or, le niveau de connaissances des Fafeurs dans ce domaine semble relativement faible (Cf. Enquête FAF et test de l'outil). A noter que l'éleveur est le seul garant de la bonne utilisation de l'outil.

IV.3.3. Fiabilité des données pré-enregistrées

En ce qui concerne les données pré-enregistrées dans l'outil, celles-ci ne sont qu'indicatives et non exhaustives. Ainsi, il est possible que les éleveurs ne trouvent pas les MP dont ils disposent et/ou les besoins nutritionnels qui correspondent à leurs volailles (exemples : pintades, poulets de race ancienne abattus à 160 jours, etc.). A noter qu'ils ont alors la possibilité d'enregistrer eux-mêmes les données nécessaires. En outre, vis-à-vis notamment de la portée nationale de l'outil, les valeurs nutritionnelles des MP pré-enregistrées ne prennent pas en compte les variabilités régionale, annuelle, variétale qui peuvent exister.

En outre, la plus grande limite actuelle de l'outil concerne les programmes de besoins nutritionnels pré-enregistrés. Ceux-ci ont été construits à partir de courbes de croissance théoriques et par extrapolation des faibles références existantes sur les besoins des volailles en AB. Aucune donnée ne permet de valider la pertinence des courbes de croissance et des besoins nutritionnels insérés dans l'outil. A noter que la mobilisation d'experts à ce stade de développement de l'outil conforte un minimum ces données. Cependant, ces derniers déplorent aussi un manque de retours des éleveurs sur les préconisations qu'ils font. Ainsi, vis-à-vis de la méthode d'obtention de ces données, leur degré de fiabilité est mis en question.

IV.3.4. Maintenance de l'outil

La maintenance de l'outil risque de poser problème aux niveaux (1) des compétences et (2) des moyens. En effet, toutes les compétences sur cet outil sont aux mains de l'apprentie en charge de sa conception et terminant sa mission à la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire en septembre 2013. De plus, la gratuité de l'outil ne permettra pas de dégager des moyens pour réaliser sa maintenance et d'autres solutions de financement seront à envisager.

IV.4. Les perspectives du projet

IV.4.1. Diffusion de l'outil via un module de formation complet

Afin de compléter les connaissances des éleveurs sur l'alimentation des volailles et la formulation d'aliments, la diffusion de l'outil via un module de formation complet est prévue. Il s'agira, en supplément et en amont de la formation à l'outil AviFAF Bio, de transmettre aux éleveurs toutes les connaissances nécessaires sur l'alimentation des volailles et la formulation. Ces connaissances doivent permettre à l'éleveur d'utiliser sans difficulté et correctement l'outil. Le contenu de cette formation a déjà été discuté et validé par le groupe de travail du projet. Elle devrait contenir 6 grandes thématiques réparties sur 2 jours de formation :

- Rappels sur la physiologie digestive des volailles ;
- Besoins nutritionnels des volailles en AB ;
- Les matières premières utilisées en AB ;
- Les étapes et conditions de réussite de la FAF ;
- La formulation d'aliments : principe et vocabulaire ;
- Formation à l'outil AviFAF Bio.

La partie formation à l'outil AviFAF Bio correspond à celle présentée (avec l'exercice pratique) dans le cadre du développement de l'outil (Cf. partie II et Annexes 27, 28 et 29). La finalisation du module complet de formation est prévue pour la fin d'année 2013.

IV.4.2. Actualisation et enrichissement des données pré-enregistrées

IV.4.2.1. La base de données MP

En perspectives de ce projet, il serait pertinent de continuer à agrémenter la base de données des valeurs nutritionnelles des MP (nouvelles MP ou actualisation des valeurs d'une MP existante fonction de nouvelles références bibliographiques). Ces données pourraient être directement enregistrées dans de nouvelles versions de l'outil. Pour les éleveurs qui souhaitent garder leur version de l'outil (comprenant les données qu'ils ont déjà enregistrées), il serait possible d'envoyer des « fiches MP » reprenant toutes les données sur la MP qu'ils entreront eux-mêmes dans l'outil. Pour cela, il est indispensable de mettre en place un suivi des éleveurs qui possèdent l'outil.

De plus, afin de préciser les données au niveau d'une région, la création d'une base de données régionale des valeurs nutritionnelles des MP serait souhaitable. Cela nécessite la mise en place d'une dynamique de collecte et d'analyse d'échantillons de MP au niveau d'une région. A noter que les éleveurs Fafeurs du groupe de travail du projet ont montré un intérêt pour réfléchir aux moyens de motiver les éleveurs Fafeurs à l'analyse de leurs MP.

IV.4.2.2. Les programmes de besoins nutritionnels

Pour enrichir l'outil, il serait possible d'y ajouter de nouveaux programmes pré-enregistrés de besoins nutritionnels. Cela est envisageable pour :

- les espèces qui n'ont pas de programme de besoins nutritionnels intégré dans cette 1ère version de l'outil comme par exemple la pintade.
- de nouveaux scénarios pour le poulet de chair avec par exemple un abattage plus tardif pour des races anciennes ;
- de nouveaux scénarios pour la poule pondeuse avec par exemple l'utilisation d'un seul aliment pour les poules à potentiel moyen.

IV.4.3. Validation des besoins nutritionnels présents dans l'outil

Durant le développement de l'outil, un manque de connaissances a été mis en avant concernant les courbes de croissance et les besoins nutritionnels des poulets à croissance lente abattus à plus de 100 jours et les besoins nutritionnels des poules pondeuses à potentiel moyen. Des courbes de croissance et des programmes de besoins nutritionnels théoriques ont quand même été élaborés (à partir de connaissances d'experts, de données sur les poulets labels, etc.) et insérés dans AviFAF Bio. La validation de ces données via des essais (en station expérimentale et/ou chez les Fafeurs) semble indispensable. Ces essais permettraient de répondre, pour chaque scénario, aux questions de recherche suivante :

- Est-ce que la croissance moyenne réelle des animaux suit la courbe de croissance théorique construite (pour un objectif poids et âge d'abattage donné) ?

- S'ils répondent aux besoins nutritionnels théoriques, les apports des formules permettent-ils aux animaux d'atteindre l'objectif de ponte et/ou de poids à un âge fixé ?

La question de la validation des données a déjà été discutée par le groupe de travail du projet et plusieurs possibilités (en station expérimentale et/ou chez les Fafeurs) ont été évoquées (Cf. Compte-rendu en Annexe 22).

Pour valider les données présentes dans le logiciel, les essais en stations expérimentales ne semblent pas, dans un premier temps, les plus appropriés. En effet, étant donné l'effet souche et les conditions d'élevage très contrôlées des essais en station (non représentatives de la diversité des facteurs en interactions en élevages), le risque est d'aboutir à des résultats non représentatifs du terrain. A noter cependant qu'en station expérimentale, il serait possible de réaliser des mesures plus fines et plus précises qu'en élevages : pesée des animaux plus fréquente et précise, données sur le comportement de l'animal (piquage), le comportement exploratoire sur parcours, etc.

Dans un premier temps, il semblerait plus approprié et moins couteux de réaliser des observations et mesures chez les Fafeurs, sans modifier leurs pratiques. Il s'agirait donc de mettre en place un système de remontées des informations des éleveurs (chez plusieurs éleveurs et pour plusieurs de leurs lots de volailles) afin de recueillir notamment : leurs formulations ouvertes, leurs poids d'abattage, des échantillons de leurs aliments et des résultats de pesées intermédiaires. Tout cela nécessiterait un engagement et un investissement en temps de la part des éleveurs. Les

résultats d'analyse de leurs aliments pourraient représenter une contrepartie à cet investissement, ceci nourrissant par la même occasion la base de données régionale. Ces données permettraient d'obtenir, à moindre coût, des références et de conforter (ou non) les courbes de croissance théoriques et préconisations faites en termes de besoins nutritionnels dans AviFAF Bio. Ce premier travail permettrait de répondre à nos questions de recherche mais n'apporterait aucun élément sur les besoins nutritionnels optimums des animaux.

Dans un second temps, en fonction des retours d'élevage, il pourrait donc être envisagé de travailler plus précisément sur les besoins nutritionnels des animaux (baisse des exigences) et les courbes de croissance en lien avec la recherche des souches les plus adaptées aux pratiques des Fafeurs. Ce travail pourrait s'ouvrir à toutes les volailles en vente directe abattues à plus de 100 jours (en AB ou non) car la problématique est identique.

CONCLUSION GENERALE

Lors de cette étude, inscrite dans le programme de recherche AVIALIM BIO, l'objectif annoncé a été atteint. En effet, un outil d'aide à la formulation destiné aux éleveurs avicoles en agriculture biologique fabriquant leurs aliments à la ferme a été construit et est opérationnelle. Il contient entre autres des données indicatives sur les valeurs nutritionnelles de matières premières et les besoins nutritionnels de volailles, de souche à croissance lente, fonction de différents objectifs.

Cet outil « AviFAF Bio » possède un fort potentiel pour accompagner techniquement les éleveurs dans l'alimentation de leurs volailles. Il propose de créer de nouvelles formules à moindre coût et de vérifier les caractéristiques nutritionnelles de formules connues, tout en prenant en compte des éléments de la stratégie personnelle des éleveurs. Ainsi, grâce à l'outil, les éleveurs pourront sécuriser ou améliorer les performances technico-économiques de leur atelier avicole. L'outil peut aussi servir (1) d'aide à la décision dans l'achat et la production de matières premières, (2) de support d'accompagnement par un technicien et/ou (3) de support de formation et de sensibilisation.

Cependant, pour qu'AviFAF Bio puisse être utilisé correctement, il sera nécessaire de le diffuser dans de bonnes conditions. Un minimum de connaissances dans l'alimentation des volailles et en formulation est requis pour utiliser correctement tout le potentiel du logiciel. Un travail sur les modalités de diffusion de l'outil via un module de formation est en cours de réalisation.

En outre, à court terme, la validation sur le terrain de données incluses dans AviFAF Bio sera indispensable pour confirmer la pertinence de ce dernier. En effet, des données concernant la croissance et les besoins nutritionnels des volailles (notamment des poulets de chair abattus à plus de 100 jours) sont proposées à titre indicatif dans l'outil mais n'ont pas pu être vérifiée, faute de références. Des ajustements seront donc peut-être nécessaires à l'avenir.

De plus, pour qu'AviFAF Bio garde dans le temps tout son attrait et sa pertinence, il sera nécessaire de réaliser des mises à jour de celui-ci. Cela peut notamment concerner la réévaluation des besoins nutritionnels des volailles, l'actualisation des valeurs nutritionnelles d'une matière première, l'insertion d'une nouvelle matière première disponible, etc. Il sera donc nécessaire de réfléchir au suivi et à la maintenance de cet outil dans le temps.

Ce travail, et plus précisément l'outil AviFAF Bio créé, ne représente donc pas un aboutissement, mais plutôt les prémices ou l'une des pierres à l'édifice de la tâche complexe que représente l'accompagnement des éleveurs Fafeurs dans l'alimentation biologique de leurs volailles.

Bibliographie

- AFZ, 2013. io - La Banque de données de l'Alimentation Animale / French feed database. Association Française de Zootechnie. **[en ligne]**. Disponible sur www.feedbase.com. Consulté de janvier à mars 2013

- AGENCE BIO, 2012. L'agriculture biologique – Chiffres clés. Edition 2012. 258 p.

- ALBAR J., 2006. Etude comparative des caractéristiques de composition des matières premières biologiques et conventionnelles. Etude ACTA 2002-2005, pilotée par l'ITP. Associés : ITAVI, ARVALIS, ITAB, CETIOM

- ANDi, 2010. Mission d'appui technique en vue de la structuration et du développement des filières grandes cultures en agriculture biologique avec un focus sur l'alimentation animale à l'horizon 2012. ANDi pour Agence Bio, 75 p.

- ANTOINE D., 2009.Optimiser son système d'alimentation. In Cahier Technique : Produire du poulet de chair en AB, Techn'ITAB, ITAB, pp.12-13

- ANTOINE D., 2010. Equilibrer l'alimentation. In Cahier Technique : Produire des œufs biologiques, Techn'ITAB, ITAB, pp.15-21

- AVIALIM BIO, 2013. Proposer des solutions et outils techniques pour accompagner le passage à une alimentation 100% bio en élevage avicole biologique. Programme de recherche (CASDAR) en cours, résultats d'essais non publiés

- AZIZA A.E., QUEZASA N. et CHERIAN G., 2010. Feeding Camelina sativa meal to meat-type chickens : Effect on production performance and tissue fatty acid composition. J. Appl. Poult. Res. Juin 2010, vol. 19, pp. 2 157-168

- BAEZA E., CHARTRIN P., BORDEAU T., LE BIHAN-DUVAL E., LESSIRE M., BESNARD J. et BERRI C., 2009. Quelles sont les caractéristiques de carcasse spécifiques de la Géline de Touraine ? Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 25 et 26 mars 2009, pp. 502-506

- BAKER D.H et HAN Y., 1994. Ideal amino acid profile for broiler chicks during the first three weeks posthatching. Poult Sci., 73, 1441-1447

- BAKER D.H., BATAL A.B., PARR T. M., AUGSPURGER N.R. et PARSONS C.M., 2002. Ideal ratio (relative to lysine) of Tryptophan, Threonine, Isoleucine and Valine for chicks during the second and third weeks posthatch. Poultry Science 81:485-494

- BENZONI G., COULMIER D. et GUYONVARCHE A., 2011. Actualisation des données nutritionnelles sur les concentrés protéique de luzerne. 9ème Journées de la Recherche Avicole. Tours, 29 et 30 mars 2011, pp. 369-373

- BERTHELOT M. et DUBOIS A., 2004. Valorisation des matières premières brutes dans l'alimentation des porcs conduits en agriculture biologique. Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, Novembre 2004, 4 p.

- BLUM J.C., LECLERCQ B., HENRY Y., PEREZ J.M., LARBIER M., SAUVEUR B., SEVE B., LEBAS F., STEVENS P., BOURDON D., FEVRIER C., LESSIRE M., PLOUZEAU M., LAURY V. et CABRERA SAADOUN M.C., 1989. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. Paris : Ed. INRA. 2ème édition, 282 p.

- BRANCKAERT R., VALLERAND F., 1970. Utilisation des drêches de brasserie desséchées dans l'alimentation animale en régions équatoriales et tropicales. II - La Poule pondeuse. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 23, 249-255.

- CARRE B. et ROZO E., 1990. La prédiction de la valeur énergétique des matières premières destinées à l'aviculture. INRA Prod. Anim., 1990, 3(3), 163-169

- CHAPUIS H., 2010. Adapter ses choix génétiques, in Techn'ITAB : Produire des œufs biologiques, juin 2010, pp. 13-14

- CHERRIERE K. et BARRIER-GUILLOT B., 2002. Teneur en acides aminés du pois : réactualisation des équations de prédiction. Perspectives agricoles n° 281, Juillet-Août 2002, p. 18

- COUTARD J.P., 2009. Valeur nutritive des matières premières cultivées en agriculture biologiques et utilisées par les ruminants. Techn'ITAB, Septembre 2009, 16p.

- CREVIEU-GABRIEL I., 1999. Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des protéines de pois. INRA Prod. Anim., 1999, 12(2), pp. 147-161

- DEZAT E., 2011. Résultats de l'enquête avicole 2010/2011 – Enquête réalisée auprès des aviculteurs du Grand-Ouest. Pôle porc-aviculture des Chambres d'Agriculture de Bretagne, Novembre 2011, pp. 37 et 42

- DUPETIT C., 2011. Etat des lieux des besoins des filières animales monogastriques biologiques et potentialités de production en légumineuses à graines biologiques en vue du passage à une alimentation issue à 100% de l'Agriculture biologique. Rennes : Agro Campus Ouest, Mémoire de Fin d'Etude d'Ingénieur Agronome

- FARRAN M.T., BARBOUR G.W., UWAYJAN M.G. et ASHKARIAN V.M., 2001. Metabolizable Energy Values and Amino Acid Availability of Vetch (Vicia sativa) and Ervil (Vicia ervilia) Seeds Soaked in Water and Acetic Acid.2001 Poultry Science 80:931–936

- FEEDIPEDIA, 2013. Feedipedia - Animal Feed Resources Information System – INRA, CIRAD, AFZ et FAO © 2012. **[en ligne]**. Disponible sur www.feedipedia.org. Consulté de janvier à mars 2013

- GADOUD D., JOSEPH M.M., JUSSIAU R., LISBERNEY M.J., MANGEOL B., MONTMEAS L. et TARRIT A., 1992. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Paris : Ed. Foucher, 1ère édition, 286 p.

- GUEMENE D., GERMAIN K., AUBERT C., BOUVAREL I., CABARET J. , CHAPUIS H., CORSON M., JONDREVILLE C., JUIN H., LESSIRE M., LUBAC S., MAGDELAINE P. et LEROYER J., 2009. Les productions avicoles biologiques en France : état des lieux, verrous, atouts et perspectives, Inra Prod. Anim., 2009, 22(3), 161-178.

- HUBBARD, 2013. Guide d'élevage du poulet de chair. **[en ligne]**. Disponible sur http://www.hubbardbreeders.com/managementguides/Hubbard%20Guide%20d'+%C2%AElevage%20Poulet%20de%20Chair.pdf. Consulté en avril 2013

- JEAN-BLAIN C., 2002. Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Paris : Ed. Tec&Doc, 424 p.

- ITAVI, 2010. L'indice « coût matières premières » dans l'aliment des volailles et lapin : Principe et modalités de calcul. **[en ligne]**. Disponible sur http://www.itavi.asso.fr/economie/conjoncture/NoteIndiceCMP_ITAVI.pdf. Consulté le 13.02.2013

- ITP, 2002. Tables d'alimentation pour les porcs. **[collectif]**. Paris : Ed. ITP, 13ème édition, 40 p.

- KONSNUO G.O., KNRRN M.O. et BELL J.M., 1978. A comparison of the nutritional value of crambe and camelina seed meals with egg and casein. J. Anim. Sci. 58: 493-499

- LARBIER M. et LECLERCQ B., 1992. Nutrition et alimentation des volailles. Paris: Ed. INRA, 1992, 339 p.

- LEMME A., RAVINDRAN V. et BRYDEN W.L., 2004. Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. World's Poultry Science Journal, Vol. 60, December 2004, pp.423-438

- LLOPIS J., BOZA J., GONZALES-MOLES A. et LUQUE J.A., 1981. Etude des possibilités d'emploi de la drêche de brasserie dans l'alimentation des monogastriques. I – Expérience chez des rats et des poulets, concernant la qualité nutritive de la protéine de deux fractions de la drêche de brasserie. Ann. Zootch., 30 (1), 77-85

- MACK S., BERCOVICI D., DE GROOTE G., LECLERCQ B., LIPPENS M., PACK M., SCHUTTE J.B. et VAN CAUWENBERGHE S., 1999. Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. Br. Poult. Sci., 40, 257-265

- MAGDELAIN P. et RIFFARD C., 2011. Analyse comparée des dynamiques des filières avicoles biologiques au sein de l'Union Européenne. Juin 2010, 43 p.

- MARTINEZ-PARA M.C., FIDANZA F. et TORIJA-ISASA M.E., 1980. La ortiga en la alimentacion.V. Estudio de la proteina. Anal. Bromatol. 32 (1980) 309–314.

- MENARD J.N., NIL A. et TEXIER P., 2012. Rapport : Bilan diagnostic des bassins de production de volailles de chair. Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux, mars 2012, 55 p.

- MIGNON-GRASTEAU S. et BEAUMONT C., 2000. Les courbes de croissance chez les oiseaux. INRA Prod. Anim., 2000,13 (5), pp. 337-348

- MILLER R.W, VAN ETTEN C.H., McGREW C., WOLFF I.A. et JONES Q., 1962. Amino acid composition of seed meals from forty-one species of Cruciferae. J. Agric. FoodChem. 10:426-430

- MOSSE J., 1990. Acides Aminés de 16 céréales et protéagineux : variations et clés du calcul de la composition en fonction du taux d'azote des grain(e)s. Conséquences nutritionnelles. INRA Prod. Anim., 1990, 3(2), 103-119

- NAYET C., 2011. Produire des volailles de chair en bio. Fiche technique. Chambre d'Agriculture du Rhône-Alpes. 12 p.
- NOVUS, 1994. Raw material comprendium : A compilation of Worldwide data sources. Seconde édition. Novus international. 541 p.
- NRC (National Research Council), 1994. Nutrient Requirement of Poultry. 9th rev, National Academic Press, Washington, D.C., USA
- RAVINDRAN G., RAVINDRAN V., BRYDEN W., 2006. Total and ileal digestible tryptophan contents of feedstuffs for broiler chickens. Journal of the science of food and agriculture A. 2006, vol. 86, n° 7, pp. 1132-1137
- Règlement (CEE) n°834/2007 du conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques
- Règlement (CEE) n°889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 portant sur les modalités d'application du règlement (CEE) n°834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles
- RELANDEAU C. et LE BELLEGO L., 2005. Besoin en acides aminés du poulet de chair : revue sur la Lysine, la Thréonine et les autres acides aminés. Ajinomoto Eurolysine Information n° 27, Janvier 2005, 36 p.
- RIPOCHE F., 2011. Autonomie, traçabilité, maitrise des coûts : les atouts de la Faf. Biofil, n°78, septembre/octobre 2011, pp. 29-36
- RYHÄNEN E.L., PERTTILA S., TUPASELA T., VALAJA J., ERIKSSON C. et LARKKA K., 2007. Effect of Camelina sativa expeller cake on performance and meat quality of broilers. J Sci Food Agric 87:1489–1494 (2007)
- ROTH F.X., GRUBER K. et KIRCHGESSNER M., 2001. The ideal dietary amino acid pattern for broiler-chicks of age 7 to 28 days. Archiv für Geflügelkunde 5:199-206
- SADEGHI G.H., TABEIDIAN S. A. et TOGHYANI M., 2011. Effect of processing on the nutritional value of common vetch (Vicia sativa) seed as a feed ingredient for broilers. J. Appl. Poult. Res. 20 :498–505
- SAUVEUR B., 1989. Phosphore phytique et phytases dans l'alimentation des volailles. INRA Prod. Anim., 1989, 2(5), 343-351
- SILVERSIDES F.G. ; LEFRANCOIS M.R., 2005. The effect of feeding hemp seed meal to laying hens. Br. Poult. Sci., 46 (2): 231-235
- SOLTNER D., 1999. Alimentation des animaux domestiques. Tome 1 – Les principes de l'alimentation de toutes les espèces. Collection sciences et techniques agricoles. 21ème édition, 180 p.

- Tables INRA 2007 : BAUMONT R., DULPHY J.P., SAUVANT D., TRAN G., MESCHY F., AUFRERE J., PEYRAUD J.P. et CHAMPCIAUX P., 2007. « Les tables de la valeur des aliments », Alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris : Ed. Quæ, 2007, p. 181-276

- Tables INRA 2002 : SAUVANT D., PEREZ J.M. et TRAN D., 2002. Tables de composition et de valeurs nutritives des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Paris: Ed. INRA, 2002, 301 p.

- WILHELM N., 1998. Botanique générale. Traduction de la 10ème édition allemande par MIESCH R. et SELL Y., Ed. De Boeck, 602 p.

Table des Figures et Tableaux

FIGURES

Figure 1 : Présentation schématique du CASDAR AVIALIM BIO ---------- Avant-propos

Figure 2 : Représentation schématique de la démarche de travail globale du projet ---------- 2

Figure 3 : Représentation schématique de la démarche de travail dans la partie I ---------- 3

Figure 4 : Poids à l'abattage moyen (en kg) en fonction de l'âge à l'abattage moyen (en jours) pratiqués par les Fafeurs---------- 5

Figure 5 : Composition moyenne informée des enquêtés des formules 100% FAF par grandes familles de matières premières ---------- 6

Figure 6 : Composition moyenne informée des enquêtés des formules mixtes par grandes familles de matières premières ---------- 6

Figure 7 : Effectif des éleveurs enquêtés en fonction du type d'outil de formulation souhaité ---- 7

Figure 8 : Répartition des éleveurs selon leur souhait de trouver (oui ou non) différents types d'indicateurs dans l'outil ---------- 7

Figure 9 : Effectif des éleveurs en fonction de leur souhait de trouver certains indicateurs dans l'outil par type d'indicateurs ---------- 7

Figure 10 : Articulation des différents modules de développement de l'outil d'aide à la formulation en fonction du profil d'utilisation ---------- 11

Figure 11 : Représentation schématique de la démarche de travail dans la partie II ---------- 12

Figure 12 : Copie d'écran de la page d'accueil de l'outil AviFAF Bio ---------- 13

Figure 13 : Copie d'écran de l'interface de l'onglet « Mes Matières Premières » d'AviFAF Bio ----- 13

Figure 14 : Copies d'écran des interfaces de création d'une matière première, création d'un mélange et modification/suppression d'une matière première ---------- 14

Figure 15 : Courbes de croissance théoriques construites pour les différents scénarios ---------- 16

Figure 16 : Copie d'écran (non intégrale) de l'interface de l'onglet « Mes Besoins nutritionnels » d'AviFAF Bio ---------- 18

Figure 17 : Copies d'écran des interfaces de création d'un nouveau programme de besoins nutritionnels et modification/suppression d'un programme (via formulaires de saisie rapide) ------ 18

Figure 18 : Copie d'écran de l'interface de l'onglet « Créer une nouvelle formule » ---------- 19

Figure 19 : Copies d'écran des interfaces du rapport d'échec de formulation et de l'aide au calcul d'un taux maximum d'incorporation ---------- 20

Figure 20 : Copie d'écran de l'interface de l'onglet « Evaluer une formule connue » ---------- 20

Figure 21 : Copies d'écran des interfaces du module « Indicateurs technico-économiques » ------ 21

Figure 22 : Copie d'écran (non intégrale) de l'interface de l'onglet « Mélangeuse & Assolement » d'AviFAF Bio ---------- 22

Figure 23 : Copie d'écran de l'interface de l'aide au calcul des quantités nécessaires ---------- 22

Figure 24 : Notes moyennes (sur 5) attribuées aux onglets de l'outil vis-à-vis d'un critère ------- 23

Figure 25 : Différentes formules finition proposées par l'outil à l'éleveur n°1 ---------- 26

Figure 26 : Différentes formules proposées par l'outil à l'éleveur n°2 ---------- 27

TABLEAUX

Tableau 1 : Origine de l'aliment par type d'aliment chez les Fafeurs enquêtés ---------- 6

Tableau 2 : Principales caractéristiques des outils existants multi-espèces ---------- 8

Tableau 3 : Comparaison des outils existants à la proposition de cahier des charges de l'outil à construire ---------- 9

Tableau 4 : Cahier des charges de l'outil par module ---------- 11

Tableau 5 : Informations renseignées pour les matières premières de la base de données -------- 14

Tableau 6 : Scénarios d'âge et poids d'abattage construits ---------- 16

Tableau 7 : GMQ théoriques des poulets de chair par scénario et par stade physiologique -------- 16

Tableau 8 : Fourchettes (mini-maxi) de besoins nutritionnels des programmes pré-enregistrés dans AviFAF Bio ---------- 17

Tableau 9 : Contraintes intégrées dans le programme linéaire ---------- 19

Tableau 10 : Formules calculées par AviFAF Bio pour le programme de recherche ICOPP --------- 29

Annexes

Annexe 1 : Repères de la production en AB de poulets de chair et de poules pondeuses --------- 1

Annexe 2 : Présentation de l'enquête réalisée auprès des Fafeurs ---------- 2

Annexe 3 : Questionnaire de l'enquête réalisée auprès des Fafeurs ---------- 4

Annexe 4 : Résultats de l'enquête Fafeurs : Souche utilisées, âge et poids d'abattage des poulets de chair biologiques---------- 21

Annexe 5 : Résultats de l'enquête Fafeurs : Gestion de l'alimentation pour les poulets de chair biologiques ---------- 26

Annexe 6 : Mail de sollicitation pour l'analyse descriptive des outils existants ---------- 33

Annexe 7 : Listing des personnes sollicitées pour l'analyse descriptive des outils existants ------ 35

Annexe 8 : Diaporama de présentation du comité de pilotage n°1 du groupe de travail du projet du 6 mars 2013 ---------- 36

Annexe 9 : Compte-rendu du comité de pilotage n°1 du groupe de travail du projet du 6 mars 2013 ---------- 43

Annexe 10 : Diaporama de support de l'échange avec Abderrahmane FADIL du 25 mars 2013 ---------- 48

Annexe 11 : Comparaison des valeurs nutritionnelles de matières premières biologiques et conventionnelles ---------- 50

Annexe 12 : Liste des matières premières pré-enregistrées dans l'outil avec les sources des valeurs nutritionnelles renseignées ---------- 54

Annexe 13 : Synthèse bibliographique sur la physiologie des volailles ---------- 55

Annexe 14 : Equations de prédiction des teneurs en acides aminés d'une matière première en fonction de la teneur en matière azotée totale---------- 60

Annexe 15 : Compte-rendu rencontre J.R. GRELIER de la SASSO le 30 avril 2013---------- 61

Annexe 16 : Compte-rendu réunion de travail D. ANTOINE le 15 mai 2013 ---------- 67

Annexe 17 : Apports alimentaires recommandés pour le poulet Label transmis par J.R. GRELIER de la SASSO ---------- 73

Annexe 18 : Formules biologiques type proposées par un nutritionniste en collaboration avec la SASSO ---------- 74

Annexe 19 : Extrait du code VBA de l'outil : macro permettant de formuler via la programmation linéaire---------- 76

Annexe 20 : Copies d'écran des interfaces des modules d'aide aux choix des matières premières et à l'attribution d'un prix aux matières premières ---------- 79

Annexe 21 : Diaporama de présentation du comité de pilotage n°2 du groupe de travail du projet du 11 juin 2013 ---------- 81

Annexe 22 : Compte-rendu du comité de pilotage n°2 du groupe de travail du projet du 11 juin 2013 ---------- 89

Annexe 23 : Modifications apportées au logiciel AviFAF Bio suite à la phase test sur le terrain --- 93

Annexe 24 : Grille d'évaluation du logiciel AviFAF Bio lors de la phase test ---------- 95

Annexe 25 : Résultat de l'évaluation du logiciel AviFAF Bio ---------- 98

Annexe 26 : Notice d'utilisation d'AviFAF Bio ----------102

Annexe 27 : Support proposé pour la formation à l'outil AviFAF Bio----------133

Annexe 28 : Enoncé de l'exercice pratique du module de formation à AviFAF Bio ----------138

Annexe 29 : Correction de l'exercice pratique du module de formation à AviFAF Bio ----------141