

Analyse de l'utilisation des modèles dans l'enseignement agricole en vue de la conception de ressources pédagogiques

Auteur : Agathe Lapeyre

Document diffusable issu du mémoire d'étude de 2013 d'**Agathe LAPEYRE** en Master 2 Enseignement et Formation pour l'enseignement Agricole et le développement rural (EnFa), Délivré par **l'Ecole Nationale de Formation Agronomique (ENFA)**. Option : Ingénierie de Formation. Travail encadré par Laurent BEDOUSSAC (ENFA), François BRUN (ACTA) et M. Yvan ABERNOT (ENFA).

Travail soutenu le 12 septembre 2013 devant un jury composé de Mme. Anne PUJOS, Enseignante en agronomie et Mme Blanche BOUSQUET, Maître de conférences en agronomie et les encadrants.

Travail mené et financé dans le cadre du
RMT Modélisation et Agriculture
www.modelia.org

Pour plus d'information sur ce travail et ses suites :

francois.brun@acta.asso.fr et laurent.bedoussac@toulouse.inra.fr

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier tout particulièrement mes deux maîtres de stage : Laurent Bédoussac et François Brun qui ont fait preuve de patience et qui m'ont accordés leur attention quand j'en avais besoin. Ils m'ont guidé et suivi tout au long du stage durant ces 6 mois. Je remercie également Mr Abernot pour m'avoir aidé lors de l'élaboration du plan de mon mémoire et pour m'avoir guidé pour la partie relevant des sciences de l'éducation.

Je remercie l'ensemble des enseignants pour avoir pris le temps de répondre au questionnaire d'enquête et je remercie les inspecteurs qui nous ont aidés à le diffuser sur les conférences techniques.

Je remercie le personnel de l'Association de Coordination Technique Agricole (ACTA) pour m'avoir accompagnée durant le stage de 6 mois.

Je tiens à remercier également l'ensemble des personnes de l'Unité Mixte de Recherche (UMR) AGIR qui m'ont apporté leur aide dans la construction de ce mémoire de fin d'études, en particulier, Mr J.N. Aubertot pour m'avoir guidée dans la conception des ressources sur les modèles pour l'enseignement agricole.

Aussi, je tiens à remercier tout particulièrement mes collègues stagiaires pour m'avoir accordé un peu de leur temps pour répondre à certaines de mes questions.

Enfin, je souligne tout le plaisir que j'ai eu à participer au RMT Modélisation et Agriculture pendant ces 6 mois de stage.

Résumé

Un Réseau Mixte Technologique (RMT) a pour vocation à favoriser l'innovation et les relations entre les agents de la recherche, du développement et de la formation. Le RMT Modélisation et Agriculture étudie les modèles agronomiques en favorisant le partage des connaissances, d'expériences et de fonctionnement de ces outils avec ses partenaires dans l'objectif de développer leurs utilisations dans la recherche et le développement. Il doit également produire des ressources sur les modèles pour l'enseignement agricole, en collaboration avec l'ENFA (Ecole Nationale de Formation Agronomique), école unique détenant un rôle primordial dans la formation des enseignants.

Le modèle est « *une représentation concrète exprimée dans un langage donné d'un point de vue subjectif et finalisé sur un sujet d'études (...) le modèle est une représentation dépositaire d'une signification, un moyen d'échanger et de partager des connaissances* » de G. CAPLAT, 2008, Inspecteur de l'Éducation nationale. Cet outil est autant utilisé dans les sciences formelles et de la nature que dans les sciences humaines et sociales. Les modèles peuvent également être appliqués à l'agronomie avec des domaines d'applications multiples. Il existe un grand nombre de modèles utilisés en agronomie comme par exemple la méthode COMIFER (N, P, K), le bilan hydrique, le bilan humique, Stics, Azofert, Inration ... mais dont l'utilisation n'est pas toujours évidente en dehors du concepteur et des chercheurs, ingénieurs de la recherche et du développement et donc peu utilisable par les enseignants.

Néanmoins, les modèles peuvent être à destination de l'enseignement agricole du moment qu'ils sont pédagogiques et adaptés au public visé. L'objectif de notre travail est donc de concevoir une ressource utilisant des modèles et destinée à des enseignants de lycées agricoles où la pédagogie et la didactique sont des notions fondamentales et changeantes. Pour ce faire notre démarche sur la conception d'une ressource se base sur les sciences de

l'éducation et pourrait être illustrée par le concept de transposition didactique qui nous renseigne également sur le travail de l'enseignant lorsqu'il élabore ses cours avec l'aide des référentiels.

Dans l'objectif de construction d'une ressource pédagogique sur les modèles, il est important d'analyser la place de la modélisation dans l'enseignement agricole. Pour cela nous avons analysé le nombre d'occurrences en lien avec les modèles (analyse du contexte dans lequel les termes sont employés) dans les référentiels et nous avons conclu qu'ils étaient mentionnés à plusieurs reprises et qu'ils augmentaient avec le niveau de diplôme. De plus, nous avons mené une enquête en ligne auprès des enseignants en lycée agricole pour connaître leurs pratiques et leurs besoins vis-à-vis des modèles. Nous avons vu que les modèles étaient connus mais pas toujours utilisés. Sur 40 enseignants, la moitié en utilise mais rencontre occasionnellement des difficultés techniques ou pédagogiques pour maîtriser ces outils ou trouve que les modèles ne sont pas facilement disponibles (privatisation, payants). Cependant nous avons pu constater une certaine motivation de l'ensemble des enseignants pour en connaître davantage sur les modèles autant les utilisateurs que les non utilisateurs (pas de réticence aux modèles). Nous avons pu constater qu'ils souhaitaient bénéficier de ressources pédagogiques pour les aider à l'utilisation de ces outils.

Suite à ces résultats, nous avons élaboré une ressource pédagogique qui s'inspire de wheatpest, un modèle simulant les risques et les impacts des bioagresseurs sur le blé. Le modèle est constitué de quatre boîtes (sous-modèles) : un modèle sur les stades de développement du blé en fonction des températures, un modèle sur l'accumulation de biomasse totale en fonction du rayonnement (basé sur le modèle de Monteith), un modèle sur la répartition de la biomasse dans les organes (feuilles, tiges, épis, racines) et un dernier sur les bioagresseurs du blé (influence sur plusieurs variables) et l'impact qu'ils vont avoir sur le rendement du blé (individuellement ou associés). Afin d'adapter wheatpest aux enseignants en lycée agricole, nous avons décidé de nous concentrer sur le modèle de production de la biomasse. 1) wheatpest (architecture, fonctionnement, variables d'entrées et de sorties, les 13 bioagresseurs, détail des 4 boîtes), 2) présentation du sous-modèle de production de biomasse (détail modèle de Monteith : équation et paramètres (coefficient d'extinction, indice foliaire, l'efficacité de conversion du rayonnement en biomasse et le rayonnement photosynthétiquement actif)) et 3) étude de la variation d'un paramètre à la fois dans le modèle production de biomasse et observation des conséquences que cela engendre sur les variables de sorties (graphiques, scénarii pédagogiques). Enfin, nous avons également tenté de faire des liens avec les référentiels de diplômés des BTS.

Cette ressource est volumineuse et les concepts agronomiques sont parfois théoriques mais nous avons tenté de privilégier des graphiques, des schémas et des petites expériences pour faciliter la compréhension et l'assimilation par les enseignants et les élèves. D'autre part, nous n'avons pas co-construit cette ressource avec les enseignants et nous l'avons pas testée avec eux, ce sont es prochaines étapes en vue d'une amélioration grâce aux retours des enseignants. Cette ressource est un premier essai, elle n'est pas figée et sera dans l'avenir perfectionnée avec les échanges entre enseignants et membres du RMT Modélisation et agriculture lors de réunions ou d'échanges sur les forums présents sur le site modelia.org.

Abstract

A Mixed Network Technology (RMT) is dedicated to fostering innovation and the relationship between agents of research, development and training. RMT modeling and studying Agriculture agronomic models promoting the sharing of knowledge, experiences and

how these tools with its partners in order to expand their uses in research and development. It must also produce resources models for agricultural education, in collaboration with SITTER (National School of Agricultural Training) , one school holding a key role in the training of teachers.

The model is « *a concrete representation expressed in a given language from a subjective point of view and finalized on a subject of study (...) model is a repository of meaning representation , a way to exchange and share knowledge* » of G. CAPLAT , 2008 , Inspector of Education . This tool is much used in formal science and nature in the humanities and social sciences. The models can also be applied to agricultural fields with multiple applications. There are many models used in agronomy such as COMIFER method (N, P, K), water balance, the humus balance, Stics, Azofert, INRAtion ... but whose use is not always evident outside the designer and researchers, engineers research and development and therefore not usable by teachers.

However, models can be to agricultural education as long as they are educational and appropriate to the audience. The objective of our work is to develop a resource using models and for teachers of agricultural schools where teaching and learning are fundamental and evolving concepts. For this our approach on the design of a resource based on the science of education and may be illustrated by the concept of didactic transposition , which also provides information on the work of the teacher when developing courses with using repositories .

With the aim of building an educational resource on the models, it is important to analyze the role of modeling in agricultural education. For this we analyzed the number of occurrences related models (analysis of the context in which the words are used) in the reference and we concluded that they were mentioned on several occasions and they increased with the level of graduation. In addition, we conducted an online survey of agricultural school teachers to know their practices and needs models. We have seen that the models were known but not always used. Of 40 teachers , half used, but occasionally encounter technical difficulties or learning to master these tools and find that the models are not readily available (privatization fee). However, we found some motivation for all teachers to know more about the models both users and non-users (no reluctance models). We could see they wanted to take advantage of educational resources to help them use these tools.

Following these results, we have developed an educational resource that draws wheatpest, a model simulating the risks and impacts of pests on wheat. The model consists of four boxes (sub-models) : a model of the stages of development of wheat in relation to temperature , a model on the accumulation of total biomass as a function of radiation (based on the model of Monteith) , a model on the distribution of biomass in the organs (leaves , stems, cobs , roots) and last on pests of wheat (influence on many variables) and the impact they will have on the yield of wheat (individually or associates) . To adapt wheatpest teachers in agricultural school, we decided to focus on the model of biomass production. wheatpest (architecture, operation, variable inputs and outputs , the 13 pathogens , details of four boxes), 2) presentation of the sub-model for biomass production (detail Monteith model : equation parameters (extinction coefficient leaf area index , the efficiency of conversion of radiation into biomass and photosynthetically active radiation)) and 3) study of the variation of a parameter in both the model production of biomass and observation of the consequences that this entails the variables output (graphics , educational scenarios) . Finally, we also tried to make connections with the standards of degrees of BTSA.

This resource is large and agronomic concepts are sometimes theoretical, but we tried to focus on graphs, diagrams and small experiments to facilitate understanding and assimilation by teachers and students. On the other hand, we do not have this resource co-constructed with teachers and we have not tested them, they are next steps are to improve through feedback from teachers. This resource is a first attempt, it is not fixed and will be in the future with improved interaction between teachers and members of the RMT modeling and agriculture meetings or exchanges on forums modelia.org present on the site.

Sommaire

Analyse de l'utilisation des modèles dans l'enseignement agricole en vue de la conception de ressources pédagogiques	1
Remerciements	2
Résumé	2
Abstract	3
Sommaire	5
Introduction	6
1 Contexte de l'étude	8
1.1 Le Réseaux Mixtes Technologiques Modélisation et Agriculture : un réseau dynamique	8
1.1.1 Histoire et partenaires	8
1.1.2 Objectifs généraux et actions du réseau.....	10
1.1.3 Fonctionnement	11
1.2 L'ENFA : une structure unique	12
1.2.1 Histoire, missions et ancrage au territoire.....	12
1.2.2 Organisation et diplômes proposés	12
1.2.3 L'ENFA un acteur central de la formation des enseignants	14
1.2.4 Un acteur privilégié pour faire le lien entre formation et innovation.....	15
1.3 Le RMT Modélia et l'ENFA pour la production de ressource sur les modèles à destination des enseignants.....	16
2 Phase heuristique : modèles et modélisation.....	18
2.1 Un cadre théorique sur le développement des modèles	18
2.1.1 Le modèle dans les sciences formelles et de la nature : un concept davantage basé sur les mathématiques.....	18
2.1.2 Le modèle dans les sciences humaines et sociales : le modèle un concept polysémique	20
2.1.3 Synthèse	21
2.2 Des modèles au service de l'agronomie	22
2.2.1 Diversité des modèles dans le champ agronomique.....	22
2.2.2 Structure et fonctionnement d'un modèle appliqué à l'agronomie.....	26
2.2.3 Des modèles agronomiques conçus pour la recherche et le développement	29
2.3 Des modèles pour former et enseigner.....	31
2.3.1 Des modèles pédagogiques : des abaques aux logiciels.....	31
2.3.2 La pédagogie, une méthodologie essentielle dans l'apprentissage	32
2.3.3 La transposition didactique, une étape essentielle pour enseigner	35
3 Objet et problématique	38
4 Dispositif méthodologique : outils pour la collecte des données	39
4.1 La place de la modélisation dans les référentiels	40

4.1.1	Méthodologie pour analyser la fréquence des occurrences dans les référentiels	40
4.1.2	Traitement des données.....	41
	Nous avons décidé d'illustrer nos résultats graphiquement, pour faciliter la lecture de nos figures nous avons aussi classé notre liste de termes en cinq groupes :	41
4.2	Le questionnaire d'enquête : une approche quantitative.....	44
4.2.1	Etape 1: Elaboration du questionnaire.....	44
4.2.2	Etape 2 : Test « grandeur nature » auprès d'enseignants	49
4.2.3	Etape 3: Diffusion du questionnaire.....	51
4.2.4	Méthodologie des résultats.....	51
5	Résultats de l'enquête.....	53
5.1.1	Typologie des enseignants ayant répondu au questionnaire	53
5.1.2	Questions pour les utilisateurs de modèles	57
5.1.3	Questions pour les non utilisateurs de modèles	68
6	Phase praxéologique : élaboration d'une ressource pédagogique.....	73
6.1	Ingénierie pédagogique : une ressource sur les modèles pour les enseignants	73
6.1.1	Méthodologie utilisée pour l'élaboration d'une ressource à partir de Wheatpest	73
6.1.2	Architecture du modèle wheatpest	75
6.2	Evaluation de la ressource	76
	Conclusion	77
	Webographie.....	82
	Annexe 3 : Questionnaire d'enquête.....	84

Introduction

L'enseignement agricole, la recherche et le développement sont trois pôles essentiels qui vont contribuer à l'innovation et aider aux changements dans le milieu agricole. Ils vont participer à l'élaboration de nouvelles connaissances pour relever les nouveaux défis de l'agriculture. Seulement les acteurs de ces trois pôles n'interagissent pas suffisamment entre eux et le ministère de l'agriculture (MA) a décidé de mettre en place un nouveau dispositif de partenariat: les Réseaux Mixtes Technologiques (RMT) et les Unités Mixtes Technologiques (UMT), sous forme d'appels d'offres. Un Réseau Mixte Technologique (RMT) a donc pour vocation de favoriser l'innovation et les relations entre les agents de la recherche, du développement et de la formation.

Le RMT Modélisation et agriculture (*Modélisation et logiciels d'intérêt commun appliqués à l'agriculture*) travaille sur les modèles agronomiques (partages de connaissances, d'expériences et fonctionnement) pour la recherche et le développement dans le but d'accroître leurs utilisations. Il doit également produire des ressources sur les modèles pour l'enseignement agricole, en collaboration avec l'ENFA (Ecole Nationale de Formation Agronomique) qui est une école unique détenant un rôle primordial dans la formation des enseignants. Dans le cadre du RMT Modélisation et agriculture, l'objectif de mon stage était

de participer à la conception de ressources sur les modèles agricoles en identifiant les freins et les leviers à l'utilisation des modèles dans l'enseignement agricole.

Nous avons dans un premier temps cherché à comprendre ce qui se cache derrière la notion de modèle dans un ensemble de champs scientifiques. Nous avons commencé par étudier la définition de ce concept à travers les sciences formelles et sciences de la nature puis dans les sciences humaines et sociales. Puis nous avons cherché à l'appliquer au champ agronomique qui est notre spécialité, dans cette partie nous avons expliqué le fonctionnement et les étapes de conception d'un modèle agronomique, puis catalogué la diversité des modèles, les usages qui peuvent en être faits et les freins qui apparaissent à l'utilisation de ces outils par d'autres personnes que leur concepteur et les agents de la recherche et du développement. Lorsqu'il s'agit de construire une ressource pédagogique pour les enseignants il est important de définir ce que l'on entend par « pédagogie » et de faire un état des pratiques actuelles utilisées par les enseignants pour qu'elle réponde à leurs exigences et qu'elle soit utilisée. Nous avons pensé qu'il serait pertinent d'illustrer notre démarche pour l'élaboration de la ressource à travers le concept de transposition didactique, en science de l'éducation. Ce concept va nous éclairer pour analyser le travail effectué par l'enseignant lors de l'élaboration de ces cours notamment à travers le triangle pédagogique qui explique les relations entre le savoir, l'enseignant et l'étudiant. Ce cadre théorique sur les modèles nous a conduit à la problématique : **comment adapter et développer l'utilisation de modèles agronomiques pour l'enseignement agricole ?**

Afin de répondre à cette question, nous avons analysé la place de la modélisation dans les référentiels agricoles, documents officiels sur lesquels s'appuient les enseignants pour élaborer leurs cours. Ensuite nous avons mené une enquête auprès des enseignants en lycée agricole (via un questionnaire en ligne) pour réaliser un état des pratiques et identifier les besoins des enseignants vis-à-vis de la modélisation en agronomie.

Les résultats de ce questionnaire seront communiqués et interprétés avant de présenter dans une dernière partie, la ressource pédagogique sur les modèles que nous avons élaborée à l'aide du modèle wheatpest. Cet outil simule les risques et les impacts des bioagresseurs sur le blé, il a été conçu à l'origine pour des ingénieurs, chercheurs des instituts mais également pour des élèves de master, il est actuellement disponible en anglais sur un site internet. Nous avons tenté d'élaborer une ressource pédagogique adaptée à notre public, à savoir les enseignants de lycées agricoles spécialisés en agronomie

1 Contexte de l'étude

L'Enseignement agricole supérieur (EAS) dans lequel se situe l'ENFA (Ecole Nationale de Formation Agronomique) se distingue de l'enseignement agricole, (lycées, CFA, CFPPA) par des missions divergentes qui sont au nombre de six : « **dispense des formations** (en matière de production agricole, forestière, aquacole et des produits de la mer, de transformation et de commercialisation de ces productions, d'industrie agroalimentaire et d'alimentation...) ; **participe à la politique de développement scientifique** par des activités de recherche fondamentale, appliquée et clinique ; **conduit des actions de recherche, d'innovation et d'ingénierie** dans les domaines de l'éducation et de la formation ; **contribue**, en collaboration avec les organismes compétents, à la veille scientifique et technique, **à l'innovation technologique et au développement** ainsi qu'à la valorisation des résultats de la recherche ; Participe à la diffusion de l'information scientifique et technique et **concourt à la mise en œuvre de la coopération scientifique**, technique et pédagogique internationale »¹.

Afin de remplir ses missions, l'EAS va être amené à travailler avec les acteurs de la recherche et du développement. Comme nous l'avons dit, le ministère de l'agriculture (MA) a créé en 2006, les RMT dont le rôle est de développer les interactions entre acteurs de la recherche, du développement et de la formation.

Le RMT Modélia (Modélisation et logiciels d'intérêt commun appliqués à l'agriculture) travaille sur les modèles agronomiques (partages de connaissances, d'expériences et fonctionnement) pour la recherche et le développement dans le but d'accroître leurs utilisations. Il doit également produire des ressources sur les modèles pour l'enseignement agricole, en collaboration avec l'ENFA (Ecole Nationale de Formation Agronomique) qui est une école unique détenant un rôle primordial dans la formation des enseignants.

Dans un premier temps, nous présenterons l'historique qui a conduit à la création des RMT, les objectifs généraux et règles de fonctionnement qu'ils doivent respecter. Ces éléments nous permettront d'introduire le RMT Modélia, en précisant son histoire, ses missions, ses partenaires et les productions scientifiques conçues. Dans une deuxième partie nous nous concentrerons sur l'ENFA, partenaire du RMT Modélia, nous évoquerons son histoire, ses missions, son organisation interne et les liens qu'elle entretient avec son territoire et ses partenaires.

1.1 *Le Réseaux Mixtes Technologiques Modélisation et Agriculture : un réseau dynamique*

1.1.1 Histoire et partenaires

Le RMT Modélisation et Agriculture a un certain historique que nous allons observer à travers une frise chronologique qui relate les principaux événements qui ont conditionné son évolution :

¹ <http://www.chlorofil.fr/systeme-educatif-agricole/organisation-orientations-et-evolution-de-lea/missions-de-lenseignement-agricole.html>. Consulté le 29/04/2013.



Figure 1 : Principaux évènements historiques du RMT Modélisation et Agriculture

En 2003, l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), l'ACTA et neuf instituts techniques agricole (ANITTA, ARVALIS - Institut du végétal, CETIOM, ITAVI, ITB, ITL, ITP, ITV France, UNIP) ont vu la nécessité « de mieux organiser leurs efforts dans le domaine de la modélisation appliquée à l'agriculture » et ont signé une convention partenariale afin de mettre en commun des ressources. Dans ce but, les partenaires ont décidé de constituer une plateforme nationale opérationnelle et un club modélisation afin de qui ont pour mission commune.

- La plateforme transmet des conseils et supports concernant les projets (gestion, conduite), le génie logiciel et les technologies informatiques. Elle permet également de diffuser des informations (rapports, fiches techniques...) sur le site internet « modelia.org ».
- Le club concentre ses activités dans la création de séminaires, de formations comme par exemple « Introduction à la modélisation »². Ce club cible un public mixte constitué de chercheurs de l'INRA et d'ingénieurs d'ITA (Instituts Techniques Agricoles) intéressés.

En fin d'année 2003, les travaux réalisés par le groupe sont évalués par un comité ad hoc constitué de personnalités scientifiques qui conseillent de poursuivre les activités sur la modélisation et d'étendre l'utilisation des modèles dans les organismes professionnels agricoles (conseil agricole...), en réalisant un contrat de partenariat entre les membres.

Un projet de réseau est fait en réponse à l'appel d'offre. Ce projet est porté par Arvalis avec comme partenaires l'INRA, l'ACTA, CETIOM (Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains), ITB (Institut Technique de la Betterave), CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et des Légumes), IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin), Institut de l'élevage, IFIP (Institut de la Filière Porcine) et le LEGTA d'Auzeville comme établissement scolaire agricole³. La demande de labellisation a été acceptée et le RMT est soutenu financièrement par le MA depuis septembre 2007.

Le RMT Modélisation et Agriculture a pour mission de développer l'usage des modèles en agriculture dans les domaines de la recherche, du développement et de la formation. Il s'agit plus précisément de modèles agronomiques basés sur le fonctionnement ou la structure du système.

Les activités du RMT sont centrées en particulier sur l'animation grâce au soutien financier du MA pour cette action. Pour cela il a créé un site internet (<http://www.modelia.org>)

² Formation « Introduction à la modélisation ». 3 sessions différentes de 4-5 jours entre 2005 et 2007.

³ Dossier de demande d'agrément d'un Réseau Mixte Technologique (RMT). F.BRUN, 27/04/2007. Document de présentation (ppt.) au CS ACTA.

qui prend la forme d'une plateforme (moodle ®) interactive qui relate l'ensemble des travaux de recherche et de développement effectués par le RMT depuis sa création en 2007.

Le site internet est un outil essentiel du réseau et possède trois fonctions principales :

- Communication, échanges entre acteurs
- Carnet de bord des actions (séminaires, travaux de recherches, formations (dates, compte rendus power point avec fichiers audio) et fiches techniques),
- Publications scientifiques et lettres d'informations, menées par le RMT

De plus, il indique les offres de stages, d'emplois et affiche un calendrier avec les dates clés des séminaires ⁴ ou des réunions et le sujet sur lesquels ils porteront. L'essentiel du site est mis en accès publique afin de favoriser la diffusion des travaux du réseau. Les ressources conçues sont destinées principalement aux partenaires du RMT afin qu'ils soient informés de manière précise des actions menées.

1.1.2 Objectifs généraux et actions du réseau

Les RMT de manière générale, doivent atteindre les objectifs suivants :

- « **Organiser et mettre en réseau les ressources humaines et matérielles** détenues par des organismes de recherche, de développement ou de transfert pour constituer des groupements de compétences visibles, reconnus et mobilisables par les organisations professionnelles et économiques comme par les pouvoirs publics
- **Développer les synergies entre les acteurs du RMT** pour apporter une valeur ajoutée à leurs propres travaux et pour répondre de manière plus globale aux besoins des opérateurs économiques et aux attentes de la société
- **Favoriser**, par ce mode d'organisation, **la coopération avec les organismes de recherche et les établissements d'enseignement technique et supérieur**, notamment assurer la liaison avec les pôles de compétence de l'enseignement agricole et les pôles de compétitivité
- **Acquérir ou partager des équipements, des laboratoires et des plates-formes expérimentales** ».⁵

Concernant les actions propres au RMT Modélisation et agriculture, au départ (2007-2010) elles étaient surtout orientées sur la création et l'utilisation de modèles informatiques en développant les compétences de l'ensemble des membres.

Pour la dernière période (2011-2013), les actions du RMT sont présentées sous forme de cinq volets (*Cf. Schéma des objectifs du RMT, ci-dessous*). Ainsi, le réseau a décidé d'approfondir deux questions transversales l'évaluation des modèles (*volets 1*) et les synergies entre modélisation et observations (*volet 2*), d'investir dans les actions de formation (*volets 3*) et d'appui dans des projets particuliers (*volet 4*).

Nous avons catalogué les productions réalisées au cours des premières années de vie du réseau dans un second tableau (*Cf. Annexe 1 : Tableau des travaux produits par le RMT Modélisation et Agriculture*). De plus, le détail des futurs projets ou produits des cinq volets est synthétisé dans un tableau en annexe (*Cf. Annexe 2 : Détail des futurs projets/produits du RMT Modélisation et Agriculture*).

⁴ Les séminaires ont pour objectifs : échanges entre acteurs et identification des sujets à approfondir

⁵ INRA, (2009). Mission, coordination avec les partenaires agricoles, Paris. Consulté le 03/05/2013.

En particulier, le réseau a investi une part conséquente de ses moyens dans la formation (volet 3). Il s'agit notamment de renforcer les compétences en modélisation des partenaires afin que leurs agents puissent s'approprier un certain nombre de méthodes. Il s'agit aussi de mener une réflexion sur la place de l'utilisation de la modélisation comme outil pédagogique dans le cadre de l'enseignement agricole et de chercher les moyens de promouvoir cet usage par les enseignements des lycées agricoles. Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans cette action.

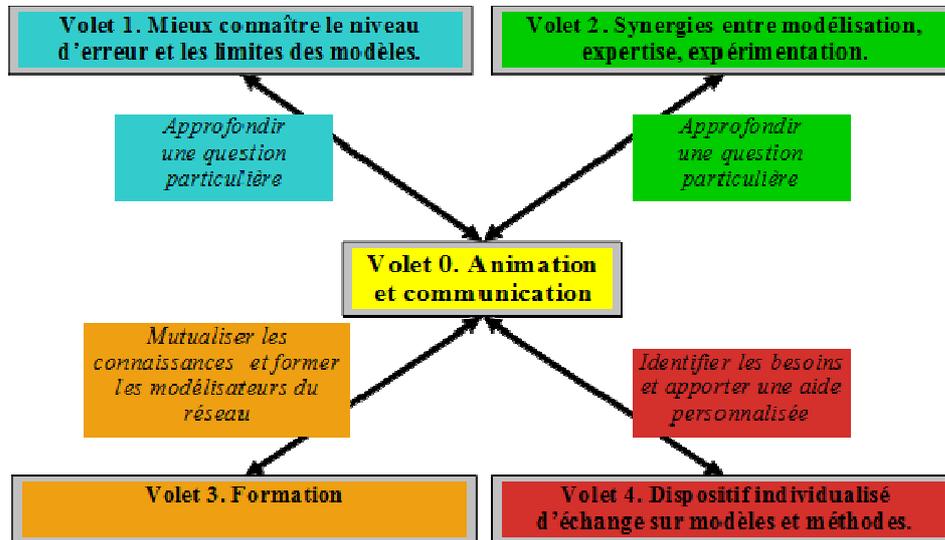


Figure 2 : Objectifs du RMT Modélisation et Agriculture : les cinq volets

1.1.3 Fonctionnement

Le réseau est animé par trois animateurs : François Brun (ACTA), David Makowski (INRA) et François Piraux (Arvalis – institut du végétal). Sa gouvernance consiste en un comité de pilotage et un bureau.

➤ Le comité de pilotage (ou comité stratégique) :

- **Composition** : représentants des divers organismes partenaires des pôles recherche, développement et formation, les trois animateurs et un représentant du ministère en charge de l'agriculture.
- **Rôles** : 1) lieu de concertations où les orientations et les décisions sont prises (avec suggestions du bureau), 2) suivi du déroulement des projets, de l'avancement des travaux, des thèmes traités, des rapports d'activités annuels, 3) approuve le budget annuel 4) décide de la politique de propagation et de valorisation des résultats, avec l'appui du bureau.
- **Fonctionnement** : réunion au moins une fois dans l'année, prise de décisions sous forme d'un consensus entre les membres et à défaut à la majorité des acteurs présents.

➤ Le bureau :

- **Composition** : Les trois animateurs et si besoin un représentant de l'ACTA et de l'INRA ou d'autres experts (facultatif).
- **Rôles** : 1) élaboration et organisation des décisions (fonctionnement, gestion des relations, suivi des appels à projet, suivi des projets) du RMT, 2) dresse le programme de travail (budget, moyens, objectifs...), le plan de communication et de diffusion des travaux, 3) doit rendre compte de tout cela au comité de pilotage.

1.2 L'ENFA : une structure unique

1.2.1 Histoire, missions et ancrage au territoire

Créée en 1963 l'ENFA est basée à Auzeville Tolosane (sud-est de Toulouse) depuis 1968. Située sur le complexe agricole, regroupant un lycée agricole (LEGTA D'Auzeville) un CFA/ CFPPA et une exploitation agricole, elle est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche du MA⁶.

L'ENFA a pour vocation à former les enseignants de l'enseignement agricole technique public ou privé, dans toute discipline.

L'ENFA a su établir des relations avec le territoire dans lequel elle est insérée par le biais de nombreux partenaires avec qui elle collabore. Elle fait partie des quatorze⁷ établissements d'enseignement supérieur, membres du **Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur (PRES)** « Université Toulouse » qui valorise les publications scientifiques des divers membres. Il a également pour mission de gérer les projets de grande envergure des divers établissements membres. Elle est également un des cinq membres⁸ fondateurs de **Toulouse Agri-campus**, un pôle de compétences qui a pour objectif de regrouper plusieurs organismes travaillant sur la formation, la recherche, le transfert des connaissances et le savoir-faire. Cette coopération (ENFA/ Toulouse Agri-campus) a permis entre autre la création du master « The Agrofood Chain » en anglais qui accueille de nombreux étudiants étrangers.

Ainsi, l'ENFA est membre de la **Conférence des Grandes écoles**, association garantissant un label de qualité concernant la concordance entre les programmes et les offres du travail et dont les rôles sont de développer :

- La solidarité
- L'entraide entre les membres
- Promouvoir les écoles
- Faire évoluer les formations, la recherche
- Tisser des liens avec les pouvoirs publics

1.2.2 Organisation et diplômes proposés

L'ENFA délivre des diplômes de Licence et de Master (*Cf. Figure 2*) autour de trois grands domaines :

⁶ <http://www.enfa.fr/lenfa/lenfa-en-bref/>. Consulté le 21/02/2013.

⁷ Université Toulouse 1 Capitole, université Toulouse 2 Le Mirail, université Toulouse 3 Paul Sabatier, Institut national des Sciences Appliquées, Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace, Institut National de polytechnique Toulouse regroupe 7 écoles (*Ecole Nationale Supérieure Agronomique Toulouse, École Nationale Supérieure d'Électrotechnique d'Électronique d'Informatique d'Hydraulique et des Télécommunications, École Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques, École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes, École Nationale de Météorologie, École d'Ingénieurs de PURPAN, École Nationale Vétérinaire de Toulouse*), Centre Universitaire de Formation et de Recherche Jean-François Champollion, École nationale supérieure des Mines d'Albi-Carmaux, École Nationale de l'Aviation Civile, École Nationale de Formation Agronomique, École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse, Groupe École Supérieure de Commerce de Toulouse, Sciences Po Toulouse, Institut Catholique d'Arts et Métiers.

⁸ L'Ecole Nationale de Formation Agronomique, l'Ecole d'Ingénieur de PURPAN, l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse, l'Institut National Polytechnique (Ecole Nationale Supérieure Agronomique Toulouse, l'Ecole Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts chimiques et Technologiques de Toulouse), l'Institut National de la Recherche Agronomique : <http://www.toulouseagricampus.fr/presentation-de-toulouse-agri-campus/un-peu-dhistoire.html>; consulté le 12/05/2013.

Agriculture , développement des territoires ruraux	<ul style="list-style-type: none"> • Trois licences • Deux masters
Agro-alimentaire, biotechnologies : qualité, sécurité, environnement	<ul style="list-style-type: none"> • Deux licences • Un master
Education , formation	<ul style="list-style-type: none"> • Un master

Figure 3 : Diplômes de l'ENFA

L'ENFA regroupe deux grands champs de compétences :

- Sciences de l'éducation au sens le plus large (didactique et sciences cognitives, processus d'apprentissage, système éducatifs)⁹
- Sciences de la matière et du vivant, sciences de l'environnement, sciences des territoires

⁹ <http://www.enfa.fr/recherche/laboratoires/>. Consulté le 01/05/2013.

Ces deux champs de compétences vont conditionner la recherche à l'ENFA qui s'oriente autour de trois pôles thématiques schématisés ci-contre (Cf. Figure 3).

Les chercheurs de l'école sont répartis dans six laboratoires de recherche :

- Dynamiques rurales
- Evolution et diversité biologique (UMR 5174)
- Etudes et recherches sur l'économie, les politiques et les systèmes sociaux (LREPS)
- Sciences de l'éducation (UMR EFTS)
- Agrosystèmes et développement territorial (UMR AGIR : INRA)
- Pharmacologie toxicologie (INRA : UPR66)

Les trois pôles travaillent sur des sujets de recherche diversifiés dont quelques exemples sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Exemples de thématiques traitées dans les trois pôles de recherche à l'ENFA

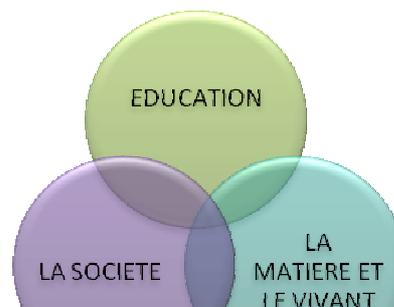


Figure 4 : Les trois pôles de recherche de l'ENFA

L'éducation	La matière et le vivant	La société
Les savoirs professionnels, scientifiques et socio-économiques ; l'innovation technologique et la formation professionnelle ; le travail des enseignants, des acteurs de l'enseignement agricole et les formes collectives de travail... ¹⁰	Les relations prédateurs-proies sur le modèle pucerons-coccinelles (lutte biologique), les signaux biologiques et métabolites secondaires impliqués dans la communication au sein des communautés de plantes et animaux, écophysiologie et biologie moléculaire appliquées à la Violette de Toulouse.	L'évolution contemporaine des espaces ruraux, dynamiques spatiales des sociétés rurales et forme de territorialité ; les transformations agricoles, environnementales et développement durable : évolution des politiques publiques et gouvernance territoriale ; observation des dynamiques d'évolutions contemporaines des paysages dans les territoires ruraux, montagnards et périurbains ; économie et politiques agricoles et environnementales...

1.2.3 L'ENFA un acteur central de la formation des enseignants

L'ENFA est l'unique école nationale qui détient la responsabilité de former les futurs enseignants par deux voies possibles : initiale et continue, pour toute personne se dirigeant vers l'enseignement agricole et les prépare aux concours du MA (internes, externes, liste d'aptitude...). Ces concours permettent la titularisation des enseignants. De plus, elle est une référence pour les enseignants agricoles car elle offre des formations sur diverses thématiques en fonction des disciplines de chacun en les guidant en termes de pédagogie mais également en termes de didactique de la discipline enseignée (agronomie, économie, écologie, zootechnie...).

¹⁰ <http://www.enfa.fr/recherche/laboratoires/>. Consulté le 23/05/2013.

Elle est également chargée d'assurer la formation professionnelle des futurs enseignants (enseignements techniques, professeurs de lycées professionnels) post-concours (Cf. Figure 4).

De plus l'ENFA détient une fonction importante, confiée par la DGER qui est d'examiner et d'accompagner les rénovations et les évolutions de l'enseignement agricole technique et professionnel. De ce fait, elle connaît les référentiels et peut guider les enseignants qui rencontrent des difficultés à l'interpréter par exemple.

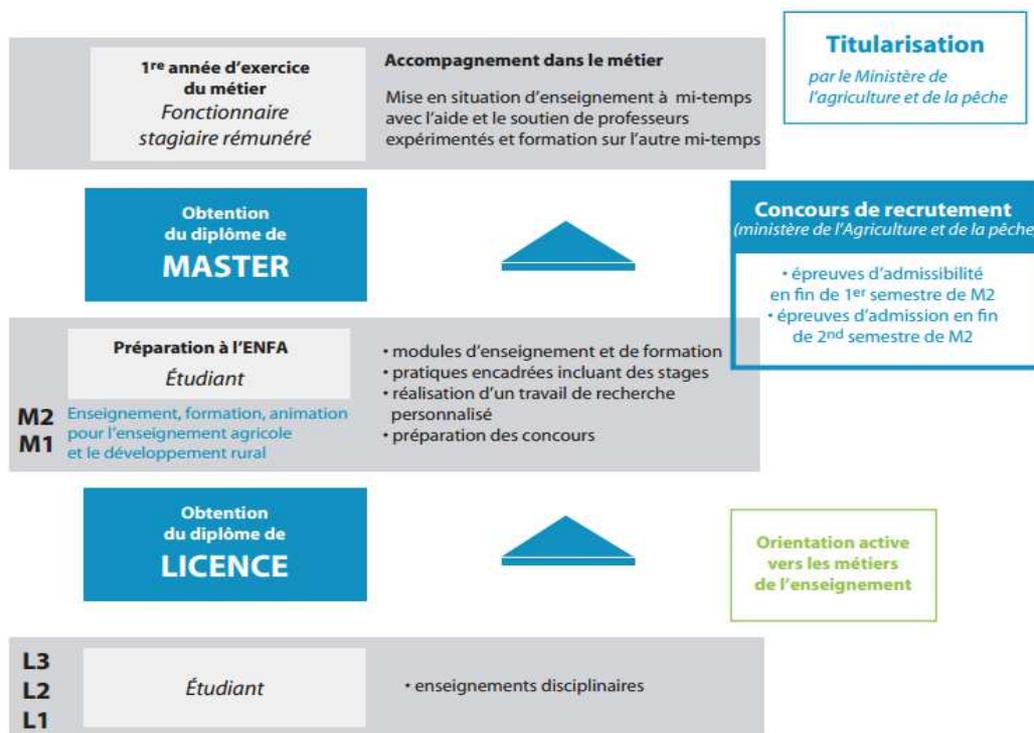


Figure 5 : Schéma de formation pour devenir enseignant¹¹

1.2.4 Un acteur privilégié pour faire le lien entre formation et innovation

Le ministre de l'agriculture S.LE FOLL et H.NALLET (ancien ministre de l'agriculture), président de l'ONEA¹², proposent un nouveau projet pour l'enseignement agricole qui doit répondre à deux enjeux :

- « Préparer la nouvelle génération d'agriculteurs à être les acteurs de la révolution agroécologique,
- Contribuer à la promotion sociale de tous les jeunes et leur permettre une bonne insertion scolaire et professionnelle »¹³

Ceux-ci doivent appuyer la mise en place d'une loi dont l'objectif est d'accorder « un nouveau souffle à l'enseignement agricole »¹⁴. Ce dessein sera mené autour de quatre thématiques : « la promotion sociale et la réussite scolaire », « enseigner autrement »,

¹¹ http://www.enfa.fr/fr/wp-content/uploads/2009/05/Plaqueette_masterenfa.pdf. Consulté le 12/05/2013.

¹² ONEA : Observatoire National de l'Enseignement Agricole

¹³ <http://agriculture.gouv.fr/Nouveau-projet-pour-l-enseignement>. Consulté le 12/05/2013.

¹⁴ <http://agriculture.gouv.fr/Nouveau-projet-pour-l-enseignement>. Consulté le 12/05/2013.

« l'ouverture internationale, l'Europe et la mobilité des jeunes » et « la formation aux enseignants »¹⁵.

L'ENFA étant l'unique école responsable de la formation des enseignants de l'enseignement agricole, elle est donc directement concernée par ce projet de loi. Comme nous l'avons évoqué dans les parties précédentes, elle regroupe quatre laboratoires de recherches dont un qui est chargé d'étudier et d'analyser les sciences de l'éducation. Grâce à ce pôle de compétence, l'école développe des « recherches sur les questions de l'éducation, de formation, de vécu et de mise en œuvre du travail, d'organisation et de diffusion des savoirs »¹⁶ sur l'enseignement technique agricole et l'enseignement supérieur agricole.

Les recherches effectuées sur ces thématiques vont la rendre compétente pour former les enseignants aux dernières innovations en matière de pédagogie comme par exemple la pédagogie active qui place l'élève au cœur de ses apprentissages. Il est important que l'ENFA guide les enseignants à travers ces changements conséquents en termes de théorie mais également en termes de pratique.

1.3 *Le RMT Modélia et l'ENFA pour la production de ressource sur les modèles à destination des enseignants*

A l'origine le RMT Modélisation comptait sur le partenariat avec le LEGTA d'Auzeville afin d'échanger sur la modélisation et d'envisager la conception de ressources à visée pédagogique destinées pour les enseignants. Différents échanges se sont créés entre l'animateur de l'ACTA et le directeur adjoint du lycée plus particulièrement. Ainsi une visite du LEGTA (2007) a été organisée avec des échanges avec le directeur adjoint et un ingénieur du lycée en charge des enseignements informatiques. Afin d'aller plus loin, une rencontre entre animateurs RMT et enseignants été prévue en 2008, mais n'a pas eu lieu. Il a été proposé, sans succès, au lycée de participer à une réunion générale du RMT À Paris (2009) afin de mieux comprendre les actions du réseau. Une seconde réunion sur la question de la modélisation pour l'enseignement a été proposée, sans se concrétiser. Les animateurs ont aussi proposé des actions plus ciblées comme l'organisation d'une demi-journée ou d'une journée de sensibilisation aux intérêts des modèles utilisés en agronomie pour l'enseignement au niveau des lycées agricoles. Mais cela n'a pas trouvé d'échos auprès des enseignants. Un projet de lettre de mission précisant le rôle et les missions d'un enseignant dans le cadre du réseau a même été rédigé par les animateurs et le directeur du lycée, mais aucun interlocuteur enseignant n'a pu être précisé.

En analysant les échanges (courriers électroniques interview d'un animateur) qu'il y a eu entre les deux partenaires, nous pouvons observer qu'ils ont été relativement faibles et peu constructifs malgré de multiples tentatives de la part de l'équipe d'animation. Nous avons imaginé quelques hypothèses qui pourraient être à l'origine du manque d'investissement du lycée dans les activités du RMT.

Plusieurs hypothèses peuvent alors émerger, le directeur adjoint est une personne qui a de nombreuses responsabilités et par manque de temps il n'a peut-être pas pu s'investir davantage dans le RMT. Il devait en effet trouver un enseignant volontaire qui se serait investi concrètement dans le réseau, ce qui ne s'est pas fait, faute de volontaires.

Enfin, une dernière hypothèse qui semble plutôt vraisemblable serait que les enseignants n'aient pas suffisamment de temps ou peu d'intérêts pour le projet. De ce fait, le directeur adjoint, seul n'a probablement pas souhaité continuer par manque de temps et par manque de soutien de la part de ses collègues enseignants, sur qui il pensait s'appuyer. Il aurait été intéressant d'approfondir cette question et pour cela, nous avons tenté de contacter

15 <http://agriculture.gouv.fr/Nouveau-projet-pour-l-enseignement>. Consulté le 12/05/2013.

16 <http://www.enfa.fr/recherche/laboratoires/sciencesdeleducation-umrefts/>. Consulté le 15/05/2013.

le directeur adjoint mais nous n'y sommes pas parvenus. Un rendez-vous avec cet acteur aurait permis de comprendre les raisons du dysfonctionnement concernant le partenariat.

Suite à ces relations peu fructueuses, le RMT a souhaité poursuivre le travail sur les modèles pour l'EA et lors de sa prolongation en 2010, il a désiré intégrer l'ENFA pour mener ces activités.

Elle est au courant des dernières avancées en matière d'éducation dans les domaines de la pédagogie et de la didactique d'une discipline enseignée. De plus, elle offre habituellement des formations sur diverses thématiques pour faire part de ses recherches ou tenter de répondre à des problématiques rencontrées régulièrement par les enseignants. Pour cela l'ENFA a proposé une « revue » en ligne (*sur le site : <http://www.enfa.fr>*) répertoriant l'ensemble des formations, leur thématique, le nombre de jours (...).

Les deux partenaires ont commencé à lancer quelques idées de projet, selon eux les modèles pourraient avoir une double utilisation dans l'enseignement agricole :

- « Utilisation de modèles comme support d'enseignements thématiques (ex. : la gestion des troupeaux ou la gestion d'une culture sous serre). Dans ce cas, le ou les modèle(s) utilisés doivent offrir une description simplifiée du système étudié pour permettre d'illustrer certains processus ainsi que leurs interactions (ex. : interactions eau et azote, maladie, interactions dans un peuplement) »¹⁷.
- « Présentation de la modélisation comme un outil pédagogique pour sensibiliser les élèves mais aussi et surtout les futurs enseignants aux intérêts de son utilisation en enseignement ». En effet, les deux partenaires souhaitaient présenter ces ressources aux professeurs stagiaires de l'ENFA (lauréats des concours de l'enseignement agricole) afin qu'ils se les approprient et puissent les intégrer dans leur boîte à outils en tant que futurs enseignants.

Le RMT et l'ENFA avaient réparti ce projet en deux tâches : 1) l'analyse de l'offre et de la demande concernant les outils pédagogiques sur la modélisation en identifiant et en analysant les ressources pédagogiques existantes sur les modèles, en organisant une démonstration d'un outil existant auprès des enseignants de l'ENFA (ex : TOMGRO, PATUR'IN), en recueillant et en analysant les besoins des enseignants après démonstration de l'outil. La deuxième tâche consistait à la conception d'une nouvelle ressource pédagogique sur la modélisation, en préparant un cahier des charges sur la ressource pédagogique à partir des concertations entre enseignants, agronomes et modélisateurs. Il fallait pour cela penser au choix d'un logiciel de modélisation existant, à la construction de la documentation et des travaux pratiques et à la description des améliorations du logiciel à apporter notamment sur l'ergonomie.

Nous venons de décrire les idées provenant du RMT Modélisation et Agriculture et de l'ENFA mais en réalité ceci ne s'est pas déroulé comme tel, il y a eu quelques modifications qui ont participé à la concrétisation du projet. Dans un premier temps, nous avons analysé les freins et les leviers à l'adoption de la modélisation dans l'enseignement agricole en effectuant des recherches bibliographiques sur le sujet et en élaborant un questionnaire pour les enseignants. Puis nous avons conçu une ressource pédagogique sur les modèles en prenant en compte les besoins et les difficultés des enseignants identifiés via l'enquête.

¹⁷ Dossier « RMT modélisation : enseignement », RMT Modélia, 20/07/2010.

2 Phase heuristique : modèles et modélisation

2.1 *Un cadre théorique sur le développement des modèles*

Dans cette partie nous allons tout d'abord étudier la notion de modèle qui renvoie à des définitions très diverses. Ce terme est polysémique et peut être employé dans une grande diversité de champs scientifiques tels que les sciences du vivant (physique, chimie, biologie) ou encore les sciences formelles (mathématique, informatique) et les sciences humaines et sociales (sociologie, histoire, psychologie, sociologie, anthropologie, économie et linguistique). C'est ce que nous allons voir en premier lieu à travers plusieurs exemples.

Nous expliquerons ensuite, la signification du modèle dans le champ agronomique, en cherchant à montrer la diversité des domaines d'applications qui sera illustrée d'exemples de modèles. Puis nous avons expliqué la structure et le fonctionnement de ces outils et identifié les freins à l'utilisation des modèles par d'autres personnes que leur concepteur ou la recherche et le développement.

Lorsqu'il s'agit d'élaborer une ressource pédagogique pour les enseignants il est important de se renseigner sur les pratiques appliquées actuellement dans l'enseignement en termes de pédagogie et de didactique. Nous tâcherons dans cette partie, de définir ces termes complexes en donnant quelques exemples des pédagogies utilisées par les enseignants. Nous avons pensé qu'il serait également intéressant d'expliquer les étapes de notre démarche pour la construction d'une ressource pédagogique à travers le concept de transposition didactique. Ce concept va nous aider à comprendre le travail effectué par l'enseignant lors de l'élaboration de ces cours et le triangle pédagogique expliquera les relations entre le savoir, l'enseignant et l'étudiant.

2.1.1 **Le modèle dans les sciences formelles et de la nature : un concept davantage basé sur les mathématiques**

Réaliser une typologie des modèles existants dans l'ensemble des disciplines n'est pas l'objet de ce mémoire. Il s'agit d'analyser les définitions du modèle afin de rendre compte des similitudes ou des divergences en fonction des domaines d'applications. Nous allons commencer par étudier le modèle dans une science formelle (mathématiques) et dans les sciences du vivant (sciences et vie de la terre et biologie). Afin d'illustrer les définitions du « modèle », nous détaillerons quelques exemples d'utilisations qui peuvent en être fait (en fonction du champ scientifique).

Nous allons nous inspirer de nombreux auteurs de spécialités différentes pour caractériser le modèle. Plusieurs définitions seront décrites par huit scientifiques de références : R. Boudon (membre de l'Académie des sciences morales et politiques, professeur à l'université de Paris-IV-Sorbonne), H. Damisch (directeur d'études à l'École pratique des hautes études), J. Goguel (ingénieur général des Mines, ancien directeur du service de la carte géologique de France), S. Guinand (maître de recherche au C.N.R.S.), B. Jaulin (membre de l'Académie des sciences), N. Mouloud (professeur à l'université des sciences humaines, lettres et arts de Lille), JF. Richard (professeur de psychologie à l'université de Paris-VIII), B. Victorri (directeur de recherche au C.N.R.S.).

Le modèle mathématique : « *Le mot « modèle », en mathématique, est défini sans ambiguïté à partir de la notion de valeur d'une formule du calcul des prédicats du premier ordre dans une réalisation d'un langage, notions que l'on peut expliciter en théorie formelle des ensembles (cf. théorie des MODÈLES) »...B. Jaulin . A travers cet article, les auteurs affirment que les modèles mathématiques sont des problèmes à résoudre pour les mathématiciens, ils sont en grand nombre et ne sont pas toujours résolus. Les modèles mathématiques sont exploités dans divers domaines comme les sciences formelles telles que*

la physique, la chimie ou l'astronomie ou encore d'autres domaines comme la biologie, la génétique, la botanique. Ils sont manipulés pour la recherche fondamentale en physique par exemple afin de démontrer ou d'appuyer des théories.

Le modèle en sciences de la Terre : On entend par « sciences de la Terre » l'étude du globe terrestre et des éléments qui le compose (Géologie, Sciences du vivant, Géomorphologie, Sciences météorologiques, Géophysique...) mais aussi de ce qui l'entoure : l'univers. Nous allons donner quelques exemples de modèles utilisés dans cette discipline et montrer la diversité d'applications réalisable avec ces outils.

- **Géologie :** « *Étude des constituants de la Terre, visant à en comprendre la nature, la distribution, l'histoire et la genèse* » Larousse. Les scientifiques vont être amenés à utiliser quelques modèles, par exemple : « *Lorsqu'un pétrographe considère la proportion et la nature des éléments détritiques dans une roche sédimentaire, il se réfère implicitement à un modèle de la mer dans laquelle s'est fait le dépôt ; il ne tirera tout le bénéfice possible de la comparaison avec les mers actuelles que s'il précise suffisamment le modèle, pour pouvoir lui appliquer ce que l'on sait des mécanismes de transport* » [J. Goguel].
- **Géophysique :** « *Ensemble de disciplines (géothermie, magnétisme, sismologie, sismique, volcanisme, etc.) qui ont pour objectif de préciser la structure, les propriétés et le comportement dynamique de la terre* » <http://www.cnrtl.fr>. Les modèles sont employés « *dès lors que l'on envisage une grandeur physique mesurable, telle que le temps de parcours d'une onde sismique, un champ magnétique (...), dont la valeur dépend de la distribution de certaines propriétés dans un espace étendu, on est conduit à construire un modèle, c'est-à-dire à imaginer un corps jouissant de celles des propriétés de la Terre qui sont bien connues (forme extérieure, vitesse de rotation, etc.) et pour lequel des hypothèses précises définissent la distribution des propriétés intéressées, d'une manière telle qu'il soit possible d'en déduire par le calcul les grandeurs qui, pour la Terre, sont susceptibles d'être mesurées* » [J. Goguel]

Le modèle en biologie : « *le modèle est une représentation schématique d'un objet ou d'un processus qui permet de substituer un système plus simple au système naturel. Cette définition conduit à considérer deux aspects du modèle : 1) le modèle concret, construit à partir des données expérimentales, qui rend compte aussi fidèlement que possible de certaines des propriétés, géométriques ou fonctionnelles, de l'objet et des lois auxquelles il est soumis ; 2) le modèle théorique, qui permet d'élaborer, à partir du modèle de l'objet, une théorie qui ramène le phénomène étudié à un phénomène plus général, en accord avec l'expérience et confronté avec elle, ce concept faisant une plus grande part à l'hypothèse* » [S. Guinand].

Au départ la biologie consistait principalement à décrire, observer, comparer et classer. Afin de démontrer ou d'expliquer les observations réalisées, les biologistes vont utiliser les modèles. Par exemple, « *la comparaison entre le cœur et la pompe n'est pas une simple image ; elle a permis à Harvey de prouver que la circulation du sang relevait des lois de l'hydraulique* » S. Guinand. Un autre exemple en biologie, les modèles permettent de simuler l'évolution (taille de la population, répartition de la population...) d'une espèce en fonction de ses caractéristiques, de ses fonctions, de son comportement et du milieu dans lequel elle vit.

Après avoir vu quelques exemples d'utilisations du modèle dans les sciences formelles et sciences du vivant, le modèle est vu comme une représentation ou un objet théorique basé principalement sur des calculs mathématiques mais qu'en est-il des sciences sociales, humaines et de l'art ?

2.1.2 Le modèle dans les sciences humaines et sociales : le modèle un concept polysémique

Le modèle en sciences humaines et sociales peut avoir plusieurs significations. Nous allons illustrer nos propos en nous appuyant sur deux définitions en particulier puis nous poursuivrons en nous inspirant d'exemples d'usages du modèle dans ces disciplines.

« Il est entendu que le modèle désignait, entre autres sujets, la personne dont le peintre faisait le portrait ou le paysage qui été représenté » [P. Laforgue, 1997].

« Un modèle est une représentation logique de tout savoir à priori ou théorique. C'est une représentation idéalisée de la réalité afin de faire apparaître certaines de ses propriétés » [P. Haggett, 1973], professeur émérite en géographie urbaine et régionale à l'Ecole des Sciences géographiques de l'Université de Bristol.

Le modèle en sciences sociales : ce sont des modèles mathématiques qui sont exploités afin d'appuyer et de démontrer les observations, cependant leur utilisation est variée en fonction de la discipline. Par exemple : *« les travaux de Lévi-Strauss en ethnologie illustrent bien ce point : les systèmes de parenté des sociétés dites archaïques apparaissent étranges à l'observateur qui s'efforce de les comprendre à l'aide de méthodes intuitives ; en revanche, la curiosité et l'arbitraire apparents des règles de parenté disparaissent lorsqu'on analyse ces dernières comme des systèmes d'éléments s'impliquant réciproquement. Cela n'est possible que par le recours au langage mathématique »*. [R. Boudon]

Le modèle en psychologie : cette discipline crée des représentations simplifiées de ce qui est pratiqué dans la réalité. Les données sont basées sur le comportement d'une personne dans des situations dont les caractéristiques sont connues. *« On réserve le nom de modèles aux cas où le système est formé de propositions énoncées dans le langage mathématique : alors, la déduction devient purement automatique, qu'elle utilise l'analyse mathématique ou la simulation sur ordinateur ; elle permet ainsi de tirer des propositions initiales un ensemble de conséquences infiniment plus riche »* [JF. Richard]. En psychologie, les modèles sont utilisés en partie pour déduire le comportement d'un sujet dans une classe de situations données. Il est important pour ces modèles de caractériser les situations en étant le plus exhaustif possible afin d'en obtenir une description formalisée. Les modèles permettent de déduire le comportement du sujet par un ensemble d'hypothèses qui représentent les caractéristiques internes (les états) de la personne. Comme d'autres domaines, les modèles en psychologie appuient et démontrent des théories intuitives. Il peut également conclure que deux théories opposées peuvent en fait être similaires.

Le modèle en linguistique : *« Comme dans toutes les disciplines qui traitent de données empiriques, les modèles en linguistique cherchent à rendre compte de phénomènes observables : il s'agit de mettre en place un dispositif dont la conception est régie par la théorie linguistique que l'on veut illustrer et dont le fonctionnement produit des résultats comparables aux données observées. La modélisation est donc une manière de mettre en œuvre une théorie, qui permet de mesurer son adéquation aux faits que prétend expliquer cette même théorie »* [B. Victorri]. Concernant l'utilisation des modèles en linguistique, elle est la même que d'autres disciplines, à savoir la vérification de théories et les modèles sont essentiellement mathématiques. Par exemple, il existe des modèles dits « syntaxiques » qui sont chargés de développer en particulier les grammaires d'unification.

Le modèle en art : *« ...le mot « modèle » s'entend en plusieurs sens, soit qu'il renvoie à une structure historiquement définie ou à un type d'historicité spécifique, soit qu'il intervienne dans le discours sur l'art au double titre de figure descriptive ou de notion productive »* [H. Damisch].

« La notion de modèle est impliquée d'entrée de jeu dans la définition de la mimésis, de l'imitation : affirmer que l'art imite la nature (Aristote) revient à signifier qu'il la prend pour modèle, dans ses objets et plus encore dans ses opérations, sinon dans son principe même. Si la perspective sert à démontrer la peinture (idée sur laquelle insistera Léonard de Vinci), c'est dans la mesure où elle se présente moins comme un cours de recettes ou de procédures d'illusion que comme un code régulateur (« frein et gouvernail de la peinture »), comme un modèle essentiellement théorique, destiné à rendre raison, en termes spéculaires, de la duplication qui est au principe du système de la représentation » [H. Damisch]. En art, nous pouvons ajouter qu'un modèle peut prendre le sens de « chefs d'œuvre » notamment à travers l'histoire de l'art. Pour donner quelques exemples dans divers domaines artistiques : en peinture : La Joconde (16^{ième} siècle) par L. de Vinci en peinture, en littérature : V. Hugo (19^{ième} siècle), un grand poète (« Soleils couchants », « 1^{er} Janvier »...), cinéma : Titanic, film américain de J. Cameron (1997)...

Les artistes parlent également de modèle architectural : « (...) toute structure bâtie, outre qu'elle ne satisfait pas seulement à des fonctions constructives mais sert de support à des développements proprement signifiants, est susceptible de valoir à son tour comme « modèle » à la fois formel et expérimental pour des productions ultérieures. Si même elle n'a pas de fonction mécanique réelle, l'ossature gothique aura fonctionné comme une construction théorique au regard non seulement des archéologues mais des architectes eux-mêmes (...) » [H. Damisch].

Enfin, dans l'Art nous pouvons également considérer que le modèle peut être également un objet ou une personne que l'artiste va essayer de reproduire à travers son tableau (Dessin, peinture, sculpture...).

Les modèles peuvent servir à démontrer des théories scientifiques en économie, ou encore à garantir la solidité d'un ouvrage en sociologie. Ils ont tendance comme pour les sciences dures à se baser notamment sur des équations mathématiques. En sciences humaines et sociales le modèle est également employé pour vérifier ou appuyer des théories tout comme pour les « sciences dures ».

2.1.3 Synthèse

Si nous observons la définition du modèle dans sa globalité, nous retrouvons divers traits communs à l'ensemble de ces définitions. En premier lieu, nous voyons par exemple que quel que soit le champ scientifique du modèle, il est souvent traduit en langage mathématique. De plus, en ayant présenté le modèle dans la science (sociales, humaines et sciences de la nature) selon M. Armatte¹⁸ qui s'est inspiré des dictionnaires contemporains, il est possible de regrouper ce dernier en cinq classes de signification: « le modèle comme référent ou prototype à reproduire (le modèle du peintre), le modèle comme maquette d'un dispositif réel (chez le fondeur, l'architecte), le modèle comme type idéal dégagé d'une population homogène (un modèle de sainteté, de candeur, de beauté...), le modèle comme icône ou dispositif mécanique représentant une idée abstraite (le modèle hydraulique de la circulation monétaire chez Irving Fisher par exemple), le formalisme logico-mathématique qui représente un système ».

Les modèles sont développés dans de nombreux champs scientifiques afin de répondre aux besoins des utilisateurs (chercheurs, ingénieurs...) par exemple en tentant de trouver des solutions, dans le but de démontrer ou d'expliquer un fait réel, d'appuyer et/ou de vérifier des théories scientifiques, de prédire l'évolution d'un ou plusieurs paramètres (climat).

¹⁸ M.Armatte, 2005. *La notion de modèle dans les sciences sociales : anciennes et nouvelles significations.*

Le modèle est en fait une abstraction de la réalité aidant à raisonner, à comprendre et à prédire. Il peut s'exprimer verbalement, graphiquement, mathématiquement et par simulation. Ils sont considérés comme des outils importants pour la science, ils peuvent se compléter, se transiter et participent de ce fait aux échanges de savoirs entre les sciences. Cependant, l'emploi des modèles peut tendre vers des vérités réelles et il est donc important de ne pas confondre modèle avec fiction. Une définition de Badiou, philosophe¹⁹ illustre ce principe : « *Le modèle n'est pas la réalité, il est l'instrument d'étude de la réalité. Même quand cet instrument consiste en une simulation de la réalité, il ne doit à aucun moment être confondu avec la réalité. Il y a d'ailleurs là une impossibilité logique. Si un modèle représentait totalement la réalité, il ne saurait s'en distinguer et il n'y aurait plus sujet ni recherche définis* ».

Après avoir découvert le concept de modèle dans un grand nombre de champs scientifiques, nous allons nous explorer quelques définitions dans le domaine agronomique.

2.2 Des modèles au service de l'agronomie

2.2.1 Diversité des modèles dans le champ agronomique

Dans le domaine agronomique, les modèles sont apparus au milieu du 20^{ème} siècle et pris leur essor avec les travaux de différents chercheurs comme par exemple Witt (1978). Plusieurs auteurs ont tenté de définir le modèle :

[BONHOMME, 1997] : « *un ensemble de relations mathématiques* » se composant de « *variables d'entrée, de paramètres relatifs aux différents processus et de variables de sortie* ».

[BOULEAU, 1999] : « *les modèles sont une représentation simplifiée, orientée par une certaine finalité, et issue d'un certain point de vue, de la réalité* ».

[VILAIN, 2012] : « *un modèle est une représentation simplifiée d'un phénomène, d'un système, trop complexe pour être appréhendé comme tel. Il peut prendre différentes formes : une représentation graphique tel un organigramme, une représentation concrète comme l'usage d'un milieu plus simple, un ensemble de relations mathématiques* »...

Nous pouvons voir que les définitions proposées par des agronomes sont similaires à celles présentées précédemment. Elles insistent à nouveau sur le fait qu'un modèle, cette fois agronomique, peut-être constitué d'un ensemble de relations mathématiques mais pas seulement, le modèle peut être formulé également en langage courant (français). De plus, il s'agit d'une représentation d'un morceau de la réalité et ils n'ont pas pour objet d'explicitier la complexité totale des objets étudiés et des processus d'interactions et de fonctionnement de ces objets [M.H. Jeuffroy et al., 2008].

Dans ce champ scientifique, de nombreux modèles ont été développés sur des thématiques parfois très distinctes. En effet, il faut savoir que l'agronomie « *est l'ensemble des sciences nécessaires à la compréhension de l'agriculture et des techniques utiles à sa pratique* »²⁰, elle est donc pluridisciplinaire par nature et elle regroupe des travaux concernant divers thèmes tels que la biologie végétale, la physiologie végétale, la pédologie, la climatologie, la physique, la chimie, les statistiques.

Pour chaque thème, de nombreux modèles existent. Ils ont des objectifs différents : « *1) ils peuvent présenter et ordonner des hypothèses sur le fonctionnement d'un système complexe dans des modèles conceptuels, 2) synthétiser des connaissances acquises et identifier les incohérences ou les lacunes de ces connaissances, 3) prédire les évolutions des objets modélisés sous différentes hypothèses d'évolution de leur environnement ou d'action humaine (aide à la décision) et 4) favoriser les apprentissages individuels et collectifs (outil d'aide à la concertation)* » [M.H. Jeuffroy et al., 2008]. Ils se présentent sous une forme

19 http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2004.varenne_f&part=197207. Consulté le 15/05/2013.

20 Larousse agricole « Le monde paysan au 21^{ème} siècle »

informatique (logiciels) ou sous forme d'abaques. Nous entendons par « abaque » des modèles non informatisés, qui apparaissent souvent sous forme de tableaux. En agronomie, il est difficile d'établir une typologie consensuelle des modèles existants. Une proposition qui peut engendrer des débats, est de parler de **modèles mécanistes** et de **modèles empiriques**²¹. A une échelle donnée, un modèle sera dit plus mécaniste, s'il cherche à expliciter ou à représenter le processus sous-jacent. Au contraire, s'il formalise la relation entre deux variables à cette échelle selon une relation statistique, il sera dit plus empirique.

Afin d'illustrer nos propos sur les deux types de modèles répertoriés, nous allons nous appuyer sur un article de M. van Oijen²² et F. Ewert²³ qui ont étudié les effets des variations climatiques en Europe. Pour cela, les deux chercheurs ont tenté de comparer deux modèles de simulation de croissance LINTULCC et AFRCWHEAT2-O3 qui simulent les rendements de blé par rapport aux variations de CO₂ et de O₃. AFRCWHEAT2-O3 est basé sur un précédent modèle de simulation du blé [PORTER, 1993], il simule à la fois les processus phénologiques et physiologiques de manière plus précise que LINTULCC, le modèle AFRCWHEAT2-O3 est donc plus mécaniste. Pour autant, cela ne signifie pas forcément que le modèle mécaniste sera plus fiable.

Pour avoir une idée de la diversité des modèles en agronomie, nous allons tout d'abord donner des exemples de modèles sous forme d'abaques puis d'autres qui sont informatiques. Dans cette partie, nous avons mentionné les modèles qui sont employés régulièrement dans le milieu agricole pour comprendre le raisonnement et les prises de décisions des professionnels. Ces modèles servent également d'appui technique et d'outils d'aide à la décision. Nous pouvons citer des modèles sous forme d'abaques qui sont conçus soit par thématique, par exemple la fertilisation (bilan azoté, bilan humique...) ou élaborés pour une culture.

Tableau 2 : Exemples de modèles sous forme d'abaques

Nom du modèle	Date de création	Principaux partenaires	Description du modèle
Méthode COMIFER	1996 (révisée en 2012)	Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée	Outil d'aide à la décision (OAD) pour raisonner la fertilisation azotée et adaptable sur tout système de production (raisonné, biologique, intégré...) et sur toute culture (prairie, blé, tournesol...) ²⁴
Méthode Joret-Hébert et Dyer	1955	Joret.G. et Hebert. J.	Méthode employée pour raisonner la fertilisation en phosphore et en potassium . Elle est adaptée pour des sols à pH basiques et Dyer est un outil similaire, ajusté pour des sols à pH acides. ²⁵

²¹ http://129.175.106.17/ese/IMG/pdf/dif_modeles_mod_20092010.pdf

²² Chercheur de l'Université agricole de Wageningen, Département d'écologie théorique de production, PO Box 430, 6700 AK Wageningen, Pays-Bas

²³ Chercheur à l'Université Royal vétérinaire et agriculture, Département des sciences de l'agriculture, Agrovej 10, 2630 Taastrup, Danemark

²⁴ <http://www.comifer.asso.fr/index.php/bilan-azote/fertilisation-azotee.html>

²⁵ <http://agro-reporter.blogspot.fr/2011/04/lagronome-et-le-phosphore-partie-12.html>

Calcul du Bilan hydrique	–	Chambres d'agriculture d'Aquitaine	Calcul permettant de suivre l'état de la réserve en eau du sol en tenant compte des besoins en eau de la culture et de la pluviométrie (apports annuels par les pluies) et/ou de l'irrigation ²⁶ .
Bilan humique	1945	HENIN-DUPUIS	Modèle permettant d'apprécier et de calculer l'évolution des stocks de matières organiques dans les sols cultivés. (humification, minéralisation) ²⁷
Table calcul des rations	2007	INRA	Méthode permettant de calculer la proportion de fourrages et de compléments à donner pour des bovins (allaitants, laitiers), des ovins (allaitants, laitiers) et des caprins. ²⁸
Réglette colza	1995	CETIOM	OAD pour raisonner la fertilisation azotée sur la culture de colza afin de réaliser les apports azotés aux moments stratégiques. ²⁹
Heliotest	2002	CETIOM	OAD pour raisonner la fertilisation azotée sur le tournesol sous forme de plusieurs apports à des moments stratégiques ³⁰ .

Nous allons maintenant présenter quelques modèles sous forme informatique qui sont utilisés dans le milieu agricole. Comme dit précédemment certains modèles sont élaborés par thématique (choix variétal, fertilisation...) ou sont seulement adaptés pour une culture ou un système de production :

Tableau 3 : Exemples de modèles sous forme informatiques

Nom du modèle	Date de création	Principaux partenaires	Description du modèle
Oléov@r	–	CETIOM	Logiciel pour choisir les variétés de colza, de tournesol ou de soja ³¹ .
R-sim	–	CETIOM	Simulateur (<i>logiciel qui réalise des prédictions</i>) qui évalue le risque d'apparition d'adventices

26 http://www.gironde.chambagri.fr/fileadmin/documents_CA33/Internet/Irrigation/Mode_emploi_bilan_hydrique.pdf. Consulté le 26/05/2013.

27 C. Schwartz, J.C. Muller, J. Decroux, « Guide de la fertilisation raisonnée : grandes cultures et prairies », 2005.

28 http://www.orne-agri.com/iso_album/tables_inra_version_2.pdf. Consulté le 26/05/2013.

29 <http://www.cetiom.fr/publications/editions-payantes/reglette-azote-colza/>. Consulté le 26/05/2013.

30 http://extranet.prolea.com/fileadmin/cetiom/kiosque/PDF_fiches_regions/reg_heliotest.pdf. Consulté le 26/05/2013.

31 <http://www.cetiom.fr/outils/detail/outils/13/>. Consulté le 26/06/2013.

			résistantes selon les groupes A et B d'herbicides ³² .
STICS	1996	INRA	Logiciel de fonctionnement des cultures, il simule les conséquences des variations du milieu et du système de culture (un ensemble de parcelles cultivées de manière similaire) sur la production d'une parcelle et sur l'environnement ³³
INRation - Prév-Alim	2008	INRA	Logiciel de rationnement pour les ruminants. Il est adapté à de nombreuses espèces : vaches laitières et allaitantes, brebis laitières, chèvres laitières (...). Il élabore des solutions théoriques pour aider au calcul des rations pour un animal déterminé ³⁴ .
Wheatpest	2008	INRA	Logiciel de prédiction des risques et des impacts des bioagresseurs (13) sur la culture du blé ³⁵
IRRIsoja	–	CETIOM	Logiciel (sous forme de tableaux) qui permet de raisonner l'irrigation pour la culture de soja ³⁶ .
Azodyn-Org	2012	INRA	Logiciel utilisé pour le raisonnement de la fertilisation azotée du blé tendre en agriculture biologique ³⁷ .
Mileos	–	ARVALIS	Logiciel pour prédire les risques de propagation du mildiou sur la pomme de terre ³⁸ .
Stadi-LIS	–	ARVALIS	Logiciel qui prédit les stades de développement du blé tendre ou du blé dur, il indique les stades de développement du blé par cartographie (Stadi-LIS carto) ou par parcelle (Stadi-LIS® parcelles) ³⁹ .
EUDEMIS (EVA)	–	Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV)	Simulateur des courbes de vols et des stades larvaires des populations d'Eudémis (<i>ravageur de la vigne</i>) ⁴⁰ .

Nous venons de citer quelques exemples connus pour montrer la diversité qui existe mais cette liste n'est pas exhaustive. Les modèles en agronomie sont utilisés pour divers

32 <http://www.r-sim.fr/>. Consulté le 26/06/2013.

33 [http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/Modelisation-et-agrosystemes/STICS-un-concentre-d-agronomie/\(key\)/0](http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/Modelisation-et-agrosystemes/STICS-un-concentre-d-agronomie/(key)/0). Consulté le 26/06/2013.

34 <http://www.inration.educagri.fr/fr/presentation.php>. Consulté le 26/06/2013.

35 L.Willocquet et al., 2008.

36 <http://www.cetiom.fr/outils/detail/outils/9/>. Consulté le 26/06/2013.

37 http://www.organicagcentre.ca/ResearchDatabase/res_iso_nitro_mgt_f.asp. Consulté le 26/06/2013.

38 <http://www.arvalis-infos.fr/view.jspz?obj=arvoad&id=123&syndtype=null&hasCookie=false&hasRedirected=true>. Consulté le 26/06/2013.

39 <http://www.arvalis-infos.fr/view-118-arvoad.html>. Consulté le 26/06/2013.

40 <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/modeles-prevision.php>. Consulté le 26/06/2013.

systèmes de cultures, systèmes de productions et analysent des caractéristiques primordiales pour développer les techniques culturales par exemple. Celles qui sont le plus étudiées sont le choix de la date de semis, la gestion de l'irrigation et de la fertilisation azotée, en revanche peu de modèles simulant l'impact des maladies, des ravageurs ou des adventices sur les performances des peuplements cultivés [M.H.Jeuffroy et al., 2008]. Nous venons de montrer la diversité des modèles existant dans le champ agronomique maintenant nous allons analyser la démarche de conception et le fonctionnement d'un modèle dans cette discipline.

2.2.2 Structure et fonctionnement d'un modèle appliqué à l'agronomie

Le modèle est « *le raisonnement cognitif qui permet de décrire une partie de la réalité* » L. PROST (2008). L'intérêt d'un modèle demeure dans sa capacité à apporter des réponses « satisfaisantes » aux questions posées concernant l'objet ou le système modélisé. Ceci renvoie directement à l'objectif de départ attribué au modèle qui oriente sa conception et sa construction.

Pour construire un modèle, le concepteur doit passer par six étapes qui peuvent parfois être répétées plusieurs fois dans l'objectif de perfectionner le modèle. Nous allons étudier chaque étape de manière plus précise ci-dessous.

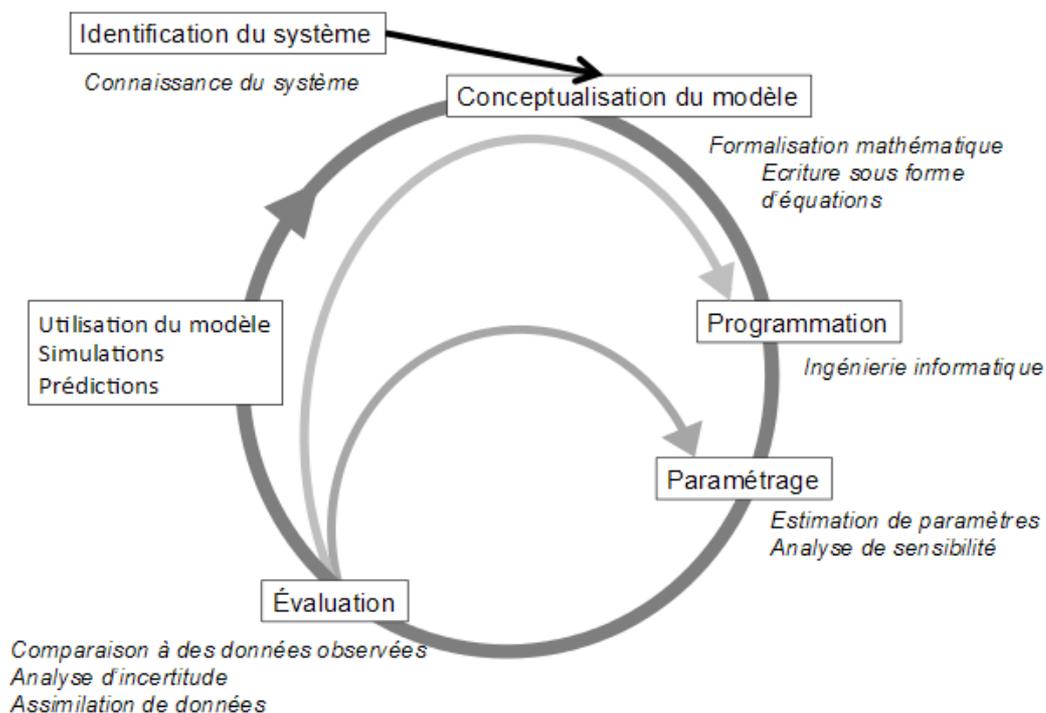


Figure 7 : Etapes

Etape 1 : identification du système

En premier lieu, les auteurs doivent avoir emmagasiné un minimum de connaissances sur le système étudié afin de se fixer l'objectif du projet de modélisation. Pour cela, ils vont devoir s'interroger sur les utilisations et les utilisateurs potentiels du modèle et la suite qui lui sera donnée (évolutions potentielles : couplages, applications...). Cette première étape est valable pour tout type de modèle.

Etape 2 : conception du modèle

La deuxième étape consiste à construire un schéma ou un graphique simplifié pour représenter le système étudié. Un terme technique peut être employé pour décrire cette étape : la modélisation conceptuelle. Puis les concepteurs conviennent de la nature des entrées (input) et des variables de sorties du modèle (output). Les **entrées** peuvent être des

variables (données météorologiques ou caractéristiques du sol) ou des paramètres (coefficient de minéralisation de l'azote dans le sol). Pour un modèle de bilan hydrique, l'objectif est de suivre l'état de la réserve en eau du sol, sachant que le stock va varier en fonction des pluies qui l'alimentent, du rayonnement et du vent qui vont contribuer à l'évaporation de l'eau (vent a souvent un effet séchant). Nous venons de décrire les variables d'entrée qui vont en fait influencer le stock d'eau dans le sol. Les **variables de sortie** traduisent le fonctionnement du système, ce sont les résultats obtenus grâce au modèle. Le stock d'eau dans le sol va également varier en fonction de l'infiltration, du ruissellement, du drainage et de l'évapotranspiration de la plante, ce sont les variables de sortie et elles peuvent être associées aux pertes d'eau dans le sol. De plus ces variables peuvent être aussi appelées variables de flux.

Exemples des diverses variables composant le modèle

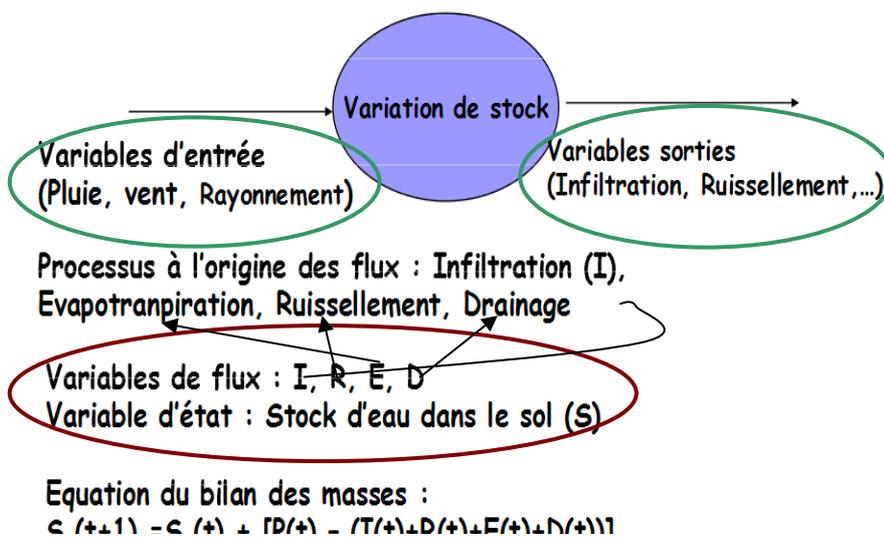


Figure 8 : Schéma d'un modèle simple de bilan hydrique

Nous pouvons voir d'autres variables qui sont propres au système, les **variables de flux** et les variables d'état (Cf. Schéma bilan hydrique et schéma sur la photosynthèse). Les variables de flux (infiltration, ruissellement, évapotranspiration, drainage pour modèle bilan hydrique et croissance de la surface foliaire pour modèle photosynthèse) servent à quantifier les processus d'échanges dans le

système (les interactions entre les « boîtes » du système). Les **variables d'état** (stock d'eau dans le sol pour modèle bilan hydrique et biomasse pour modèle photosynthèse) sont les résultats des processus dans le système.

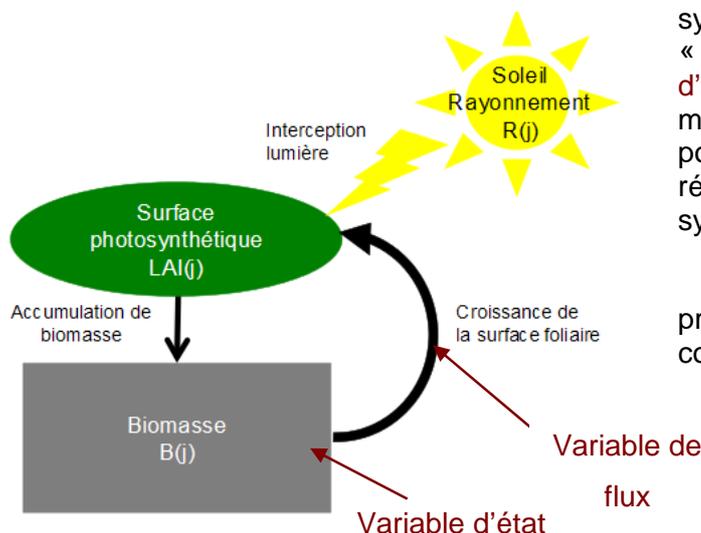


Figure 9 : Schéma d'un modèle simple de la photosynthèse

Après avoir effectué la première étape (modélisation conceptuelle) et définit les variables, l'auteur va formaliser son « schéma » (produit de la première étape) en langage mathématique (équations mathématiques).

Etape 3 : programmation

Après avoir conceptualisé le modèle, l'auteur peut utiliser un **langage de programmation informatique** (R ; C ; Fortran ; Java...) ou une feuille de papier. Dans le

premier cas, il faut que le concepteur est acquis un certain nombre de compétences en informatique. Il peut choisir d'employer des **logiciels de programmation** comme STELLA ou VENSIME qui sont simples à manipuler (pas besoin de compétences informatiques pointues). Ces logiciels permettent de représenter schématiquement le modèle en y insérant les équations mathématiques et ils peuvent être à visée pédagogique (simple d'utilisation).

Etape 4 : paramétrage

Il faut ensuite donner des valeurs aux paramètres. Cette étape consiste à approcher les valeurs des paramètres à partir de données expérimentales et/ ou d'informations issues d'expertise (par exemple : données issues d'expérimentation). Ceci est primordial car les performances d'un modèle dépendent de la méthode employée pour estimer les paramètres (méthodes Bayésiennes, moindres carrés ordinaires, moindres carrés pondérés/généralisés...) ⁴¹. La compréhension du comportement du modèle et de ses paramètres, la cohérence entre le modèle et le système représenté et l'interaction entre ces ensembles se réalise par l'analyse de sensibilité du modèle [Saltelli *et al.*, 1999]. « *En général, une analyse de sensibilité s'effectue en faisant varier certains paramètres d'un modèle autour d'une valeur connue déterminée au laboratoire ou sur le terrain, tout en gardant fixes les autres facteurs au cours de la simulation [Jolicoeur, 2002]. Le but de ce processus est d'arriver à identifier les paramètres d'entrée du modèle les plus sensibles, c'est-à-dire ceux pour lesquels une simple variation peut entraîner des changements considérables dans les sorties du modèle [Saltelli *et al.*, 200]* » [R. Félix et D. Xanthoulis, 2005]. Les intérêts d'analyser la sensibilité du modèle est de pouvoir 1) identifier les paramètres et les variables d'entrée qui vont avoir une forte influence sur les sorties du modèle (très important) et 2) de pouvoir identifier les paramètres et les variables d'entrée qui ont une influence moindre sur les sorties ⁴².

Etape 5 : évaluation

Puis l'auteur va évaluer le modèle, en vérifiant que ce dernier ait assimilé les données et en explorant les différentes combinaisons d'entrées possibles. Il va étudier l'ensemble des scénarii possibles avec le modèle en fonction des données qu'il va entrer et des valeurs attribuées à celles-ci. Il peut par exemple, confronter son modèle à des valeurs issues d'une autre étude. En effet, il s'agit de vérifier si le modèle prédit de façon adéquate le climat futur par exemple à l'aide d'un jeu de données différent (d'autres données sur les températures et/ou sur la pluviométrie par exemple) que celles utilisées (valeurs initiales) dans le modèle. En fait cette première description consiste à réaliser la sous-étape « comparaison à des données observées » qui est une partie de l'évaluation du modèle.

Dans cette étape il s'agit aussi d'évaluer le modèle selon plusieurs critères tels que : la prise en main du logiciel (facilité, praticité, complexité), l'adaptation aux besoins scientifiques (l'objet doit répondre aux besoins du modélisateur en terme de construction et de mise au point du modèle) et l'adaptation aux besoins informatiques (l'objet doit correspondre aux préoccupations informatiques : qualité, évolutivité, interopérabilité ⁴³).

Durant l'évaluation il va falloir valider le modèle, c'est-à-dire que les auteurs doivent analyser les incertitudes du modèle (deuxième sous-étape de l'évaluation) pour mesurer le biais et la précision de l'outil. En effet, le concepteur va veiller au bon fonctionnement de son modèle (pas de bug, pas de données absurdes). D'après [R. Félix et D. Xanthoulis, 2005], les

41 D. Makowski, 26/01/2007. Séminaire sur Estimation des paramètres des modèles « *principes généraux* », La Rochelle. (cf. RMT Modélia.org.)

42 D. Makowski, 01/2009. Séminaire sur Analyse d'incertitude, analyse de sensibilité. « *Objectif et principales étapes* ». Giens. (cf. RMT Modélia.org.)

43 Interopérabilité : « est le fait que plusieurs systèmes, qu'ils soient identiques ou radicalement différents, puissent communiquer sans ambiguïté et opérer (travailler) ensemble ». N. ROUSSE, (01/2007). Séminaire « les choix informatiques à faire pour développer un modèle ».

modèles mathématiques se basant sur des faits réels comprennent deux types d'incertitudes : « 1) une liée au modèle lui-même due à la description physico-mathématique inexacte du système et 2) l'autre liée aux paramètres du modèle et due aux erreurs d'estimation et de procédure adoptée dans la collecte des données expérimentales utilisées [Ratto *et al.*, 1996] ». Concernant ce dernier type d'incertitudes (liées aux paramètres du modèle et due à des erreurs concernant les données utilisées), elles peuvent être de plusieurs types comme « 1) incertitudes liées à un manque de connaissance (exemple : température optimale de développement d'un champignon pathogène), 2) erreurs liées aux mesures ou aux échantillonnages (erreur de mesure de la hauteur des plantes dans une parcelle) et 3) variabilité des caractéristiques du système (variabilité de la température moyenne entre années) » [D.Makowski, 2009]. Ce type d'incertitudes provient le plus souvent des paramètres d'entrée du modèle qui détiennent un degré d'incertitude conséquent pouvant nuire au bon fonctionnement du modèle [Ratto *et al.*, 1996]. « Il est impératif pour le concepteur d'un modèle de chercher à savoir comment réagit son modèle par rapport aux facteurs d'entrée [Saltelli *et al.*, 1999]. L'évaluation permet de contrôler le modèle : Cela peut se réaliser en comparant des données observées issues d'expérimentations⁴⁴ par exemple, ou en propageant l'incertitude sur les paramètres et les valeurs d'entrée à travers le modèle.

Etape 6 : utilisation du modèle

Enfin, la dernière étape repose sur l'utilisation de l'outil. Grâce au modèle, de nouvelles données vont être générées (variables de sorties) par exemple la prévision d'un scénario climatique futur. La simulation permet de tester le modèle grâce aux variables qui le compose et ainsi d'ajuster les paramètres si besoin est.

Après avoir évalué le modèle, si les données observées ne sont pas suffisamment conformes aux prédictions du modèle, il est possible de l'affiner. Les modèles sont donc des outils qui évoluent par rapport au développement et au travail. Nous venons de décrire les étapes de conception d'un modèle. Maintenant nous allons voir les utilisations qui peuvent en être faites.

2.2.3 Des modèles agronomiques conçus pour la recherche et le développement

Il existe une grande diversité dans l'usage des modèles. Nous parlerons en premier lieu des modèles à usage heuristique. Dans le domaine de la recherche agronomique, les modèles de simulation se sont développés de manière importante depuis une vingtaine d'années [Whisler *et al.*, 1986 ; Baker, 1996 ; Booteef *et al.*, 1996 ; Meynard, 1997]. Dans ce cadre, les modèles servent à démontrer une théorie scientifique ou à l'appuyer. Le modèle est aussi un moyen de synthétiser des connaissances dans une démarche de recherche. Les modèles communs sont souvent des modèles de culture dynamiques décrivant l'évolution du système de culture en fonction du temps. Il est important de savoir que de nombreux outils générés par des informaticiens et agronomes travaillant dans les instituts sont utilisés par les ingénieurs du développement pour étudier par exemple les techniques culturales comme Irrisoja ou encore Azofert (présentés précédemment).

Deuxièmement, les modèles peuvent avoir un usage diachronique, ils vont pouvoir prédire à court terme (prévision de la teneur en protéines un mois avant récolte), à long terme (contamination d'une exploitation sans OGM (Organisme Génétiquement Modifié) au cours du temps). Par exemple, pour prédire la teneur en protéines d'une récolte de blé, le modèle AZODYN [Jeuffroy, 2002] peut être utilisé. Le modèle GENESYS [Colbach *et al.*] a été employé pour simuler l'évolution du taux de contamination des récoltes de colza d'une ferme non OGM par rapport à son environnement OGM, sur un siècle. De plus, nous pouvons parler

⁴⁴ L'expérimentation est une méthode scientifique qui consiste à tester par des expériences répétées la validité d'une hypothèse et à obtenir des données quantitatives permettant de l'affiner. Elle est pratiquée par des chercheurs ou des techniciens mettant en œuvre des méthodes expérimentales. <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=2890>

de MELODIE, [Faverdin et al, 2011] un simulateur d'une exploitation d'élevage pour étudier les relations entre conduite et risques pour l'environnement. L'usage diachronique peut également être utilisé pour « reconstituer une histoire ». En guise d'exemple un diagnostic a été réalisé par M.H. Jeuffroy (1992) sur l'effet des hautes températures chez le pois protéagineux.⁴⁵

Les modèles permettent l'exploration de scénarios. De ce fait, ils peuvent prédire un phénomène ou un scénario futur. Par exemple, le CETIOM a mis au point un logiciel de prédiction « Simulateur MAE Rotationnelle » qui permet de simuler les assolements de cultures sur cinq années. De plus, il vérifie et teste les assolements⁴⁶ afin qu'ils répondent au cahier des charges des Mesures Agro-environnementales (MAE)⁴⁷. Ce logiciel s'adapte sur l'ensemble des grandes cultures (soja, lin, blé, colza, chanvre...). Cependant, ce modèle s'applique seulement aux départements ouverts à la MAE (69 y ont accès).

Les modèles sont directement liés à l'expérimentation au champ par exemple lors de leur conception ils s'appuient sur des données expérimentales pour expliquer certains formalismes, estimer et ajuster les valeurs des paramètres et pour évaluer le modèle (comme nous avons pu le voir dans la partie précédente). Un modèle validé grâce à des expérimentations au champ peut être a posteriori utilisé comme une référence pour simuler les résultats qu'on aurait obtenus en réalisant une expérimentation dans une autre parcelle ou sur une autre année (expérimentation virtuelle) [M.H. Jeuffroy et al., 2008]. Le modèle permet de diminuer les coûts des expérimentations qui sont souvent conséquents car il peut aider à recentrer les scénarii techniques (modélisation virtuelle avant expérimentation au champ) ayant un plus grand intérêt pour celle-ci [Flénet, 2004]. Les modèles sont une source d'information primordiale dans les cas où l'expérimentation au champ est compliquée voire impossible. Par exemple, pour mener une étude sur l'influence du changement climatique sur les cultures sur cinquante ans : il est possible d'avoir des résultats sur quelques années d'expérimentation au champ et de se servir d'un modèle pour prédire les résultats sur les trente prochaines années, ce qui permet de gagner du temps et d'économiser une part du budget réservé aux expérimentations [M.H. Jeuffroy et al., 2008].

Enfin, le modèle peut servir d'outil d'aide à la décision, le public visé étant notamment les agriculteurs et les conseillers agricoles principalement. Nous entendons par outil d'aide à la décision, un outil (à forme variable : tableaux, logiciels...) qui est capable de diagnostiquer et d'évaluer un risque et/ou d'aider à raisonner pour prendre des décisions. Nous pouvons citer de nombreux exemples comme : INRation - Prév-Alim (2008 : INRA) qui permet d'aider le professionnel à convenir d'une ration théorique pour son troupeau (bovins, ovins, caprins) ; Oléov@r est utilisé pour choisir une variété de culture (tournesol, colza ou soja) adapté à la région dans laquelle se situe l'exploitation agricole de l'utilisateur...

Un même modèle peut avoir différents usages mais souvent les utilisations des modèles restent destinées à leurs concepteurs. Les modèles sont régulièrement utilisés par les professionnels en particulier issus des ITA pour se renseigner sur les adaptations d'une technique à l'état de la parcelle (gestion de la fertilisation azotée, raisonnement de la protection des cultures, choix variétal, pilotage de l'irrigation...) et proviennent le plus couramment des Services de la protection des végétaux [M.H. Jeuffroy et al., 2008].

45 JM. Meynard, 30/01/2007. Séminaire « Introduction à la modélisation », La Rochelle.

46 Assolement : « Répartition des cultures de l'année entre les parcelles d'une exploitation ou entre les quartiers d'un terroir villageois ». Dictionnaire Larousse.

47 « Les mesures agro-environnementales (MAE) sont des contrats signés entre l'Etat et un agriculteur sur 5 ans, afin que celui-ci adopte des pratiques agricoles bonnes pour l'environnement moyennant une rémunération. La société reconnaît les fonctions environnementale et sociale de l'agriculture, sa participation à l'aménagement du territoire et au développement durable de l'économie ». <http://www.corela.org/actions/MesuresAgro-Environnementalesterritorialisees.html>

Après avoir décrit les diverses applications des modèles pour la recherche et le développement principalement, nous allons maintenant observer la place du modèle dans la formation.

2.3 Des modèles pour former et enseigner

2.3.1 Des modèles pédagogiques : des abaques aux logiciels

Nous avons pu remarquer qu'il existe une grande diversité de modèles agronomiques dans les parties précédentes, qu'ils étaient principalement utilisés par leurs concepteurs et par les agents de la recherche et du développement. Parmi eux, nous pouvons citer le bilan humique d'Henin, qui comme nous l'avons vu permet d'apprécier l'évolution de la matière organique dans les sols agricoles. Il a été mis au point en 1945, période où l'agriculture a subi de grands changements avec les réformes de structure et l'aide américaine. L'utilisation des modèles par d'autres personnes (habitues à consulter d'autres types d'informations) que leur concepteur ou la recherche et le développement serait propice lors de changements agricoles importants comme la mise en place de réglementation, les fortes variabilités des prix, les plans d'agriculture durables (écophyto, terre 2020...) [M.H. Jeuffroy et al., 2008].

Parmi les modèles que nous avons présentés précédemment, il en existe certains, comme la méthode COMIFER (1996) qui sont utilisés dans l'enseignement agricole et qui apparaissent dans les référentiels ou document d'accompagnement (document d'accompagnement du BTS Agronomie Productions Végétales (APV), M58 : itinéraire technique). Les modèles sous forme d'abaques ont été souvent utilisés dans l'enseignement agricole en particulier ceux sur la thématique fertilisation (COMIFER, bilan N, P, K...).

De nos jours l'informatique s'est développée et est très utilisée, une étude réalisée par l'INSEE le démontre en 1998, 46% des français déclarent utiliser des micro-ordinateurs. Les adolescents et jeunes adultes ont déclaré savoir utiliser cet outil et avoir les compétences dans 8 cas sur 10⁴⁸. De plus, une enquête anonyme (en ligne) sur l'utilisation pédagogique des ressources numériques avec les élèves a été réalisée auprès des enseignants dans le secondaire (lycées généraux et technologiques, collèges et lycées professionnels) de l'académie de Nantes (6337 réponses) en 2012. Dans cette enquête, 92.2% des enseignants déclarent utiliser des ressources numériques, 83,6% sont des ressources d'ordre personnelles et 66.4% des ressources proviennent de sites disciplinaires en ligne.

Avec l'évolution des progrès technologiques et informatiques il est vrai que dans les référentiels agricoles, certaines ressources pédagogiques numériques sont recommandées comme des modèles informatiques tels que Stics ou Azodyn qui apparaissent dans le référentiel de BTS APV M58. Nous étudierons de manière plus précise la place des modèles dans les référentiels agricoles dans les parties suivantes.

Pour que les modèles soient utilisés par d'autres utilisateurs que les concepteurs ou les agents de la recherche et du développement, notamment les enseignants, il est important qu'ils soient facilement disponibles par exemple sur des sites internet comme nous avons pu le voir dans l'étude effectuée par l'académie de Nantes. De plus les modèles doivent être transparents, notamment les entrées, les sorties et les formalismes pour permettre la compréhension et la manipulation par d'autres personnes. Il est important que les enseignants puissent bénéficier de ces données et qu'elles soient pertinentes [M.H. Jeuffroy et al., 2008].

C'est le cas par exemple dans le modèle wheatpest, un modèle qui évalue les risques et les impacts des bioagresseurs sur le blé. Ce modèle a été conçu par la recherche et le développement mais également pour des élèves de master, il nous servira d'exemple pour illustrer nos propos. Le fonctionnement du modèle a été représenté par un schéma pour

⁴⁸ Enquête permanente, Conditions de vie (EPCV), juin 1998, Insee.

faciliter la compréhension puis les données d'entrée sont accessibles en lignes et modifiables par l'utilisateur. Concernant les variables du climat de Wheatpest, un exemple a été de reprendre les données de Spitters et al., (1989) qui ont réalisé une étude de 1951 à 1980 mais il est possible d'entrer ces propres données à l'aide d'un lien qui renvoie à un fichier Excel où un tableau a été créé avec les températures minimales, maximales et le rayonnement global (à compléter par l'utilisateur). Cette adaptation permet une utilisation plus large du modèle et permet probablement une meilleure compréhension et appropriation du modèle par les utilisateurs. Nous avons évoqué ci-dessus que les données devaient également être pertinentes par exemple dans le cas de wheatpest il est essentiel qu'un modèle épidémiologique prenne en compte le climat et les stades de développement de la culture pour estimer les pertes de rendement. Par contre, il est rare qu'un modèle prenne en compte l'ensemble des facteurs directs et indirects et leurs interactions concernant l'aspect technique [M.H. Jeuffroy et al., 2008], ce qui est regrettable car dans l'enseignement en lycée général et technologique, certaines formations demandent à l'élève d'être « technique » (d'avoir une connaissance approfondie en agronomie par exemple en ayant des fourchettes des densités semées dans la région du Lauragais). Par exemple, dans le modèle wheatpest, il a 13 bioagresseurs représentés ce qui est riche, mais parmi eux il y a par exemple la fusariose qui est une maladie qui se développe en fonction du climat certes mais également en fonction du précédent cultural (maladie favorisée en cas de précédent maïs, sorgho ou blé), ceci n'est pas pris en compte dans le modèle.

Lors de la conception d'un modèle, il est important que les agents de la recherche et du développement travaillent ensemble, d'une part cela permet à l'enseignant d'apprendre et d'assimiler le fonctionnement de l'outil puis cela permet au concepteur de perfectionner et d'adapter son modèle (mise en évidence des problèmes rencontrés lors de l'utilisation par autrui que le concepteur) afin qu'il soit plus largement utilisé.

Nous avons décrit dans cette partie les modèles à visée pédagogique présents en insistant sur le fait qu'ils se sont « informatisés ». En effet à l'époque de l'après guerre, les modèles existants se présentaient sous forme d'abaque, avec le développement de l'informatique fin du 19^{ième} siècle, ce sont les modèles informatiques qui prennent le relais, tout en conservant également les abaques. Comme nous l'avons précisé dans le contexte, dans le cadre du RMT Modélisation et agriculture nous souhaitons élaborer une ressource pédagogique sur les modèles. Nous avons évoqué ci-dessus certains freins à l'utilisation des modèles par d'autres personnes que le concepteur et les agents de la recherche et du développement.

Depuis le début de ce récit, nous parlons d'outil pédagogique mais nous n'avons pas défini ce que recouvre ce terme. D'autre part, dans l'objectif de construction d'une ressource pour les enseignants, il serait intéressant d'observer les pratiques pédagogiques utilisées et analyser les relations qui s'établissent entre l'élève, le savoir et l'enseignant, de manière à ce que la ressource puisse être intégrée et utilisée de manière pertinente lors des apprentissages. Dans un premier temps, nous allons définir le terme de « pédagogie ». Puis nous présenterons le triangle pédagogique afin d'illustrer nos propos sur les relations entre l'apprenant, l'enseignant et le savoir. Enfin, nous terminerons par expliquer le concept de « transposition didactique » qui est directement en lien avec les deux éléments précédents et qui nous permettra de comprendre le travail réalisé par l'enseignant lors de l'élaboration de ses cours.

2.3.2 La pédagogie, une méthodologie essentielle dans l'apprentissage

Nous pouvons considérer que les premiers pédagogues reconnus se situent à l'époque grecque, avec Socrate (V siècles avant J.-C) considéré comme un philosophe mais également comme un éducateur pour J. Houssaye d'après son ouvrage « Premiers pédagogues : de l'Antiquité à la Renaissance », 2002, Paris ESF. Nous allons maintenant présenter quelques auteurs qui ont tenté de définir la pédagogie au sens large durant le 20^{ième} siècle.

[A.S. Makarenko 1938], un des grands éducateurs soviétiques ayant défendu la théorie et la pratique pédagogiques pour qu'elles incluent les idées et les principes démocratiques, définit la pédagogie comme « *la science la plus dialectique, la plus mouvante, la plus diverse. Cette affirmation est le symbole de base de mon credo pédagogique. Si je ne l'affirme pas comme vérité expérimentale, je l'affirme du moins comme hypothèse de travail* ».

[R. Hubert 1949], recteur de l'académie de Strasbourg, explique que la pédagogie « *a pour objet d'élaborer une doctrine de l'éducation à la fois théorique et pratique comme la doctrine de la moralité dont elle est le prolongement et elle n'est exclusivement ni science, ni technique, ni philosophie, ni art mais tout cela ensemble et ordonné selon les articulations logiques* ».

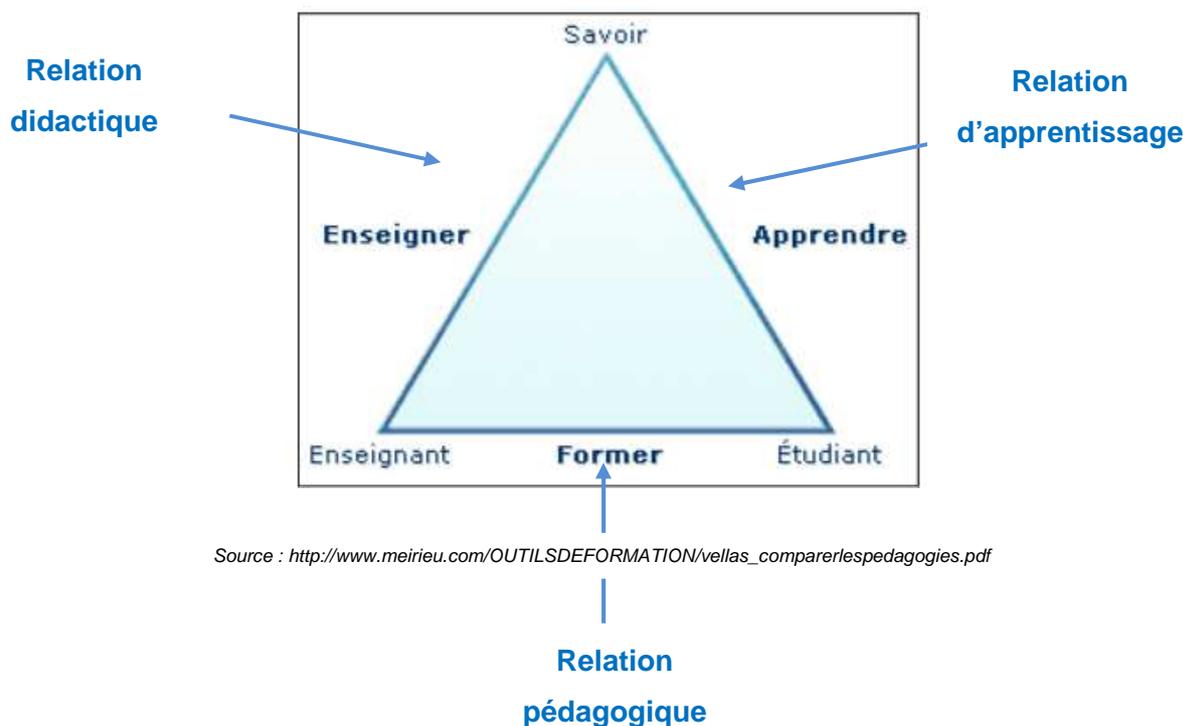
Pour [G. Berger 1962], industriel, philosophe et administrateur français « *la pédagogie est l'ensemble des moyens et des disciplines par lesquels nous nous efforçons de faire passer nos élèves ou nos étudiants de l'enfance à l'âge adulte* ».

G. Lerbet (1971) définit la pédagogie comme « *le véritable objet de la pédagogie est l'ordre de la relation. On peut alors la définir comme une science humaine appliquée qui tend, par enseigner, à maximiser l'épanouissement de la personne en fonction de ses possibilités* ».

La pédagogie est un concept complexe qui détient une place conséquente au sein de l'enseignement. Le profil des chercheurs étant parfois très divers (différents domaines de recherche), elle a fait l'objet de nombreux débats et d'études scientifiques. Certains individus tendent à confondre les termes « pédagogie » et « didactique ». La pédagogie regroupe un ensemble de méthodes (théoriques et pratiques) permettant de guider l'élève dans son apprentissage et par conséquent elle participe au passage de l'enfance vers l'âge adulte. La didactique est l'étude d'une discipline donnée et des savoirs qui la compose. La pédagogie est mobilisée dans tous les champs scientifiques enseignés alors que la didactique est propre à chaque discipline. La didactique selon G. Vergnaud « *n'est réductible ni à la connaissance d'une discipline, ni à la psychologie, ni à la pédagogie, ni à l'histoire, ni à l'épistémologie. Elle suppose tout cela, elle ne s'y réduit pas* ». La didactique s'intéresse « *aux concepts qui fonctionnent dans une discipline donnée : leur histoire, leurs rectifications successives et les modalités de leur introduction dans l'enseignement* » [Touhmi, *La didactique des disciplines*]. En fait, « *la didactique d'une discipline est la science qui étudie, pour un domaine particulier, les phénomènes d'enseignement, les conditions de la transmission de la culture propre à une institution et les conditions de l'acquisition de connaissances par un apprenant* » [Johsua et Dupin, 1989].

Nous pouvons retenir la définition de G. Avanzini qui évoque la différence entre ces deux termes de manière claire : « *la pédagogie désigne seulement la réflexion sur l'éducation de l'enfant. L'étude des méthodes d'enseignement ou de travail scolaire constitue l'objet de la didactique. La pédagogie est le fruit de trois grandes relations qui s'établissent autour de trois éléments : le savoir, l'enseignant et l'étudiant, c'est ce que J.HOUSSAYE a souhaité représenter via ce triangle* ».

A travers la notion de « savoir » nous considérons qu'il est en quelque sorte le fruit d'un processus d'objectivation. L'enseignant a pour objectifs de transférer le savoir, d'accompagner et de guider les étudiants dans leur apprentissage. L'étudiant, acquiert le savoir qui peut se décliner en plusieurs types : savoir-faire, savoir-être, savoir agir...



Source : http://www.meirieu.com/OUTILSDEFORMATION/vellas_comparerlespedagogies.pdf

Figure 10 : Triangle pédagogique J. Houssaye (1988)

E. Vellas, de l'université de Genève a rédigé un article en 2007 « *Comparer les pédagogies : un casse-tête et un défi* », son analyse est très intéressante en particulier sur le triangle pédagogique car les relations établies autour des trois éléments sont décrites et l'auteur tente de classer les diverses pédagogies en fonction de ces axes.

Le premier axe « enseigner » lie les deux éléments savoir et enseignant (relation didactique), cet axe permet de situer la pédagogie « passive » appelée aussi magistrale ou encore traditionnelle. Dans ce cadre, l'enseignant expose son cours aux élèves qui sont dits « passifs » car ils ne sont pas ou peu sollicités par l'enseignant. D'après F.Morandil, professeur à l'Université de Bordeaux, « *la pédagogie traditionnelle peut être considérée comme un système de traitement de l'information, de transmission et de communication scolaires (...) l'action pédagogique s'établit, ou plus exactement est identifiée principalement autour de l'activité du seul acteur reconnu qu'est le professeur ; on considère l'enseignement comme le principal élément réalisateur* ». E.Vellas regroupe également dans cet axe, la pédagogie interactive qui fonctionne sous forme de questions/ réponses».

Le deuxième axe « former » établit la relation entre l'enseignant et l'élève (relation pédagogique), rassemble des pédagogies libertaires. Un des fondateurs est F.Ferrer qui explique que « *toute la valeur de l'éducation réside dans le respect de la volonté physique, intellectuelle et morale de l'enfant. Il n'y a de véritable éducation que si on laisse à l'enfant la direction de son propre effort* ».

Dans ce pôle l'auteur [E. Vellas] recense les pédagogies non directives, pédagogie dans laquelle chaque élève s'implique aux décisions de la classe. D'après G. Longhi proviseur du lycée Lurçat à Paris et professeur associé à l'Université de Paris 10 Nanterre, l'élève doit s'investir « *en exerçant son autonomie et en donnant un sens à des études grâce à un équilibre consenti entre ses obligations et ses libertés individuelles* ». C.ROGERS, psychologue humaniste américain définit le rôle du maître, le maître apporte une aide et une écoute qui doivent permettre à chaque élève de développer sa personnalité à travers les apprentissages ».

Les pédagogies institutionnelles sont classées également dans cet axe. D'après A. Vasquez, psychanalyste et F. Oury, fondateur de cette pédagogie « *la pédagogie institutionnelle est un ensemble de techniques, d'organisations, de méthodes de travail, d'institutions internes, nées de la praxis de classes actives. Elle place enfant et adulte dans des situations nouvelles et variées qui requièrent de chacun engagement personnel, initiative, action, continuité. Ces situations, souvent anxiogènes, débouchent naturellement sur des conflits (...). De là cette nécessité d'utiliser, outre des outils matériels et des techniques pédagogiques, des outils conceptuels et des institutions sociales internes capables de résoudre ces conflits par la facilitation permanente des échanges matériels, affectifs et verbaux* ».

Enfin, le troisième axe « apprendre » concerne uniquement le rapport élève et savoir (relation d'apprentissage). A ce niveau se trouve l'éducation nouvelle dont un des fondateurs est C. Freinet, pédagogue français. Cette pédagogie s'inscrit dans le courant des méthodes dites « actives » où l'apprenant devient acteur et intervient dans la construction de ses propres savoirs. C. Freinet caractérise cette pédagogie, en disant que l'enfant doit construire lui-même ses savoirs à partir du tâtonnement et des expériences. Il va apprendre de ses erreurs et hypothèses auxquelles il doit faire face. L'enfant doit entrer dans une dynamique collective afin de coopérer avec d'autres dans les activités et doit apprendre les règles du savoir-vivre en groupe, ceci à travers la classe en particulier. Dans cette pédagogie, l'objectif est de donner le goût du travail à l'enfant, de développer son individualité et son auto-apprentissage.

Il n'existe pas de pédagogie meilleure qu'une autre cependant l'influence de l'enseignant sur l'apprentissage des élèves a été démontré à plusieurs reprises par exemple dans les années 70 par les recherches de type processus-produit [Barak Rosenshine 1971] et ceux de [Benjamin Bloom 1979] sur le Mastery Learning. Il s'agissait dans ces études d'analyser les relations entre les comportements de l'enseignant (processus) avec l'apprentissage de l'élève (produit). Enfin, les travaux de recherches [Brophy et Good, 1986 ; Rosenshine et Stevens, 1986 ; O'Neill, 1988 ; Gauthier, 1997] ont confirmé que l'effet enseignant avait une grande importance, par le biais de la conduite de la classe et de l'enseignement, et qu'il affectait directement l'apprentissage des élèves.

Il est donc difficile de préférer une pédagogie plutôt qu'une autre, toutefois les modèles sont considérés comme des outils interactifs et la pédagogie dite « passive » ne permettrait peut-être pas une bonne assimilation du fonctionnement et des principes par les élèves. Le but de notre ressource est qu'il y ait un échange régulier entre l'enseignant et l'élève sous forme par exemple de questions réponses, qui prendrait la forme par exemple d'une pédagogie dite interactive. Elle permet de dynamiser les cours et de rendre l'élève acteur de ses apprentissages ce qui est actuellement important en terme de pédagogie dans l'enseignement. Après avoir défini la pédagogie et donné quelques exemples des plus connues, nous allons étudier les étapes réalisées par l'enseignant pour élaborer ses cours.

2.3.3 La transposition didactique, une étape essentielle pour enseigner

Plusieurs chercheurs ont travaillé et défendu le concept de transposition didactique du savoir. Nous entendons par « savoir » : « (...) ce savoir est non seulement celui des connaissances livresques, mais aussi celui des savoir-faire et des démarches associés qui constituent les références »⁴⁹. En clair, le savoir est un objet impersonnel, universel qui est transférable. Ce terme peut être confondu avec « la connaissance » qui représente la face subjective des savoirs, elle est personnelle et contextualisée. L'auteur responsable de sa création est le sociologue M. Verret (1975) qui l'a décrit comme tel : « toute pratique

⁴⁹ Aflandre, 01/07/ 2012. *La didactique, Le savoir enseigné est un savoir reconstruit spécifiquement pour l'enseignement.*

*d'enseignement d'un objet présuppose une transformation préalable de cet objet en objet d'enseignement*⁵⁰».

D'après Verret : cette transformation fait aussi appel à une sélection car la transposition didactique privilégie la réussite, la continuité et la synthèse :

« la réussite, parce que dans le savoir transmis à l'élève, on opère un tri : les recherches « non réussies » ne sont pas présentées. Les errements et les tâtonnements et les échecs de la recherche sont ainsi épargnés aux élèves ».

« la continuité, parce que la transmission didactique ne tient pas compte des interruptions et des empreintes du temps sur les recherches : elle présuppose « la transmission historique des recherches réussies » [Verret⁵¹, 1975].

« la synthèse, parce que, dans la transmission des savoirs aux élèves, les moments forts de la recherche seront retenus de manière à « faire l'économie du détail » [Verret⁵², 1975].

Un autre auteur connu, Y. Chevallard (1985), professeur des universités IUFM d'Aix-Marseille, didactique des Mathématiques, s'est inspiré des travaux de M. Verret. Il définit la transposition didactique comme telle dans son ouvrage : *« un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à prendre place parmi les objets d'enseignement. Le travail qui d'un objet de savoir à enseigner fait un objet d'enseignement est appelé transposition didactique »*⁵³.

⁵⁰ M. Verret, 1975. *Le temps des études*, Paris. (p140)

⁵¹ A. Beitone, M.A. Decugis, C. Dollo, C. Rodrigues, (2004). *Les sciences économiques et sociales, enseignement et apprentissages*. (IUFM CAPES-AGREGATION).

⁵² M. Verret, 1975. *Le temps des études*, Paris. (p141)

⁵³ Y. Chevallard, (1985). *La transposition didactique*. Grenoble, la pensée sauvage (p.39)

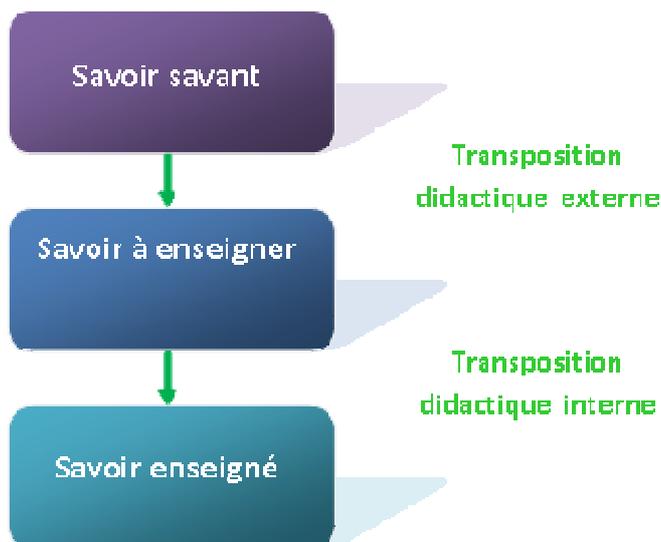


Figure 11 : Schéma de la transposition didactique

Selon Chevallard, la transposition didactique peut se décliner en deux grandes étapes : la transposition didactique externe et la transposition didactique interne.

La première étape consiste à transformer le « savoir savant » en « savoir à enseigner ». Ce rôle est détenu par les membres de la noosphère (« sphère où l'on pense »), terme employé par Chevallard qui désigne l'ensemble des personnes chargées de penser et d'élaborer les contenus d'enseignement. E. Chatel définit cette notion comme : « Cette noosphère regroupe les responsables pédagogiques ou administratifs de l'Éducation nationale, des experts, des professeurs... qui contribuent à l'élaboration des programmes et leurs textes d'application, rédigent les manuels et autres ouvrages méthodologiques destinés aux enseignants de terrain »⁵⁴. En effet, ces personnes (pédagogues, didacticiens, universitaires, inspecteurs de l'éducation, représentants des enseignants...) vont sélectionner les informations à retenir que renferme le savoir savant, aussi connu sous le nom de savoir de référence.

Nous entendons par « savoir savant ou de référence », « un corpus qui s'enrichit sans cesse de connaissances nouvelles, reconnues comme pertinentes et valides par la communauté scientifique spécialisée (...) le savoir savant est essentiellement le produit de chercheurs reconnus par leurs pairs, par l'université. Ce sont eux qui l'évaluent », [J. Le Pellec, V. Marcos Alvarez 1991, p. 40⁵⁵]. En clair, le savoir « savant ou de référence » est le produit de la communauté scientifique, des universitaires. Les « savoirs à enseigner » peuvent se retrouver à travers les textes officiels ou référentiels ou manuels scolaires, ce sont des prescriptions de contenus qui aiguillent l'enseignant. Il est toutefois important de noter que le « savoir savant » doit être suffisamment proche des savoirs à enseigner et des savoirs enseignés afin d'éviter que ces derniers ne soient délaissés. « Pour rétablir la compatibilité, un flux de savoir, en provenance du savoir savant, devient indispensable. Le savoir enseigné est devenu vieux par rapport à la société ; un apport nouveau resserre la distance avec le savoir savant, celui des spécialistes ; et met à distance les parents. Là est l'origine du processus de transposition didactique » [Chevallard, 1985].

Nous allons maintenant nous consacrer à expliquer ce qu'est la transposition didactique interne. C'est le passage du « savoir à enseigner » au « savoir enseigné ». Cette

⁵⁴ E. Chatel. 1995. Réflexions sur le concept de transposition didactique et sur celui de contrat. IEPE-CNRS et INRP.

⁵⁵ J. Le Pellec, V. Marcos Alvarez, 1991. Enseigner l'histoire : un métier qui s'apprend.

étape relève de l'interprétation ou de la transformation faite par l'enseignant des référentiels, textes règlementaires ou manuels scolaires. Il a pour objectif d'imaginer et d'adapter des activités éducatives, des exercices, des devoirs, des cours pour une classe d'élève alors que le chercheur a pour rôle de restituer l'ensemble des résultats de ses recherches.

Un chercheur, M.Tardy a étudié les altérations possibles qui peuvent s'opérer entre le « savoir savant » et le « savoir enseigné »⁵⁶ :

- « *Les termes techniques, généralement réservés aux spécialistes, sont évités au profit des mots de la langue courante. La transposition terminologique consiste donc à parler autrement de la même chose. Avec le risque que l'enseignant ne satisfasse pas à une de ses missions qui est d'enrichir progressivement le vocabulaire de ses élèves...*
- *Le savoir enseigné se borne souvent à présenter le résultat des recherches comme des vérités, ou comme des faits réels et vrais alors que le savoir savant, sur lequel il s'appuie, n'est que le produit précaire et provisoire d'une réflexion sur un problème donné qui pourrait et pourra recevoir d'autres solutions. Le savoir enseigné ne serait donc pas sujet à discussion, alors que le savoir savant fait souvent l'objet de vives querelles...*
- *Le savoir enseigné recourt beaucoup plus fréquemment aux exemples pour illustrer son propos que le savoir savant »*⁵⁷.

La transposition didactique est un concept qui peut largement être contesté dans son fonctionnement par exemple il peut arriver que l'enseignant réalise la transposition entièrement car il bénéficie de l'aide des référentiels ou autres textes officiels mais va probablement chercher des références issues du savoir savant pour construire ses cours. Il ne va pas se concentrer uniquement sur les pistes indiquées et consignées par les référentiels qui laissent souvent une certaine liberté d'actions aux enseignants.

Le concept de transposition didactique externe résume la démarche que nous allons employer pour élaborer la ressource pédagogique à destination des enseignants. En effet, nous allons probablement nous baser sur un modèle agronomique conçu par la recherche et le développement, nous le réapproprié afin de l'adapter à notre public, nous allons en quelque sorte transformer un savoir savant en un objet à enseigner.

3 Objet et problématique

Comme dit précédemment, un Réseau Mixte Technologique a pour vocation de favoriser les relations entre agents de la recherche, du développement et de la formation. Le RMT Modélisation et agriculture a su tisser des liens avec les agents de la recherche et du développement en élaborant de nombreux documents sur diverses thématiques autour de la modélisation mais il n'a pas développé la modélisation pour l'enseignement agricole. En effet, peu de liens ont été établis avec le lycée d'Auzeville, qui était au départ le seul partenaire du pôle formation. En 2010, l'ENFA est devenue membre du RMT et les relations se sont avérées plus dynamiques.

La commande du RMT consistait à remplir deux grands objectifs :

- Analyser les freins et les leviers à l'adoption de la modélisation dans l'enseignement agricole
- Elaborer des ressources pédagogiques sur les modèles

A travers le cadre théorique, nous avons tenté de détailler dans un premier temps le concept de modèle dans divers champs scientifiques, nous avons vu que c'était un outil

56 M. Tardy, 1993. *La transposition didactique* ; issu de J.Houssaye (2ième édition). La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui (p.51-60). Paris, ESF Editeur.

57 J.B.Clerc, P.Minder, G.Roduit, 2006. *La transposition didactique*. <http://lyonelkaufmann.ch/histoire/MHS31Docs/Seance1/TranspositionDidactique.pdf>

polyvalent qui intervenait dans une grande diversité de champs scientifiques. Puis nous avons étudié le modèle appliqué à l'agronomie, en insistant sur la richesse des modèles existants. Nous avons expliqué le fonctionnement de ces outils et détaillé les six étapes nécessaires à la conception d'un modèle, puis nous avons montré les divers domaines d'applications de ces outils dans cette discipline et nous avons identifié quelques freins à leur utilisation.

Le modèle tel que nous l'abordons dans ce mémoire est une ressource à visée pédagogique, il est donc important de rappeler ce que l'on entend par « pédagogie » en se focalisant en particulier sur les méthodes d'apprentissages connues et utilisées par les enseignants. Cette partie est importante pour la construction de la ressource afin qu'elle soit adaptée aux pratiques pédagogiques des enseignants. La transposition didactique est une étape essentielle à travers laquelle un enseignant élabore son cours, il s'inspire souvent d'articles, de livres, de revues, de sites (...) appartenant au « savoir savant » et les transforme en savoir enseigné afin qu'il soit compréhensible et assimilable par les élèves. Lorsque nous allons construire notre ressource nous allons réaliser une partie de la transposition didactique (externe) car nous allons devoir l'adapter à notre public. Enfin, la phase de contextualisation nous a aidé à délimiter la question de recherche et le cadre théorique nous a permis de confirmer l'intérêt porté à la problématique qui est :

Comment adapter et développer l'utilisation de modèles agronomiques pour l'enseignement agricole ?

Cette problématique nous a conduits à soulever de multiples aspects que nous avons tenté de regrouper en sous-questions :

- ❖ Quelle est la place de la modélisation dans les référentiels agricoles et comment sélectionner des modèles agronomiques qui répondent aux exigences de ces textes officiels ?
- ❖ Quels sont les attentes et les besoins des enseignants vis-à-vis de la modélisation dans l'enseignement agricole ?
- ❖ Quelles ressources pédagogiques élaborer pour favoriser l'utilisation de modèles agronomiques par les enseignants afin de les rendre compétents auprès de leurs élèves ? Comment mesurer leurs efficacités ?

De plus nous avons émis des hypothèses concernant l'utilisation ou non des modèles par les enseignants :

- Les modèles sont pas ou peu utilisés par les enseignants en raison de :
 - Leur complexité
 - D'un manque de ressources et de formations sur le sujet
 - D'une faible transparence
 - D'une « réticence » des enseignants vis-à-vis de l'outil informatique
- Le profil des enseignants influence l'utilisation ou non des modèles (l'âge, le cursus scolaire et l'expérience professionnelle, le genre, les années enseignées, le type de structure concernant l'établissement, le niveau des classes enseignées).

Afin de répondre à notre problématique et de vérifier nos hypothèses nous allons commencer par détailler la méthodologie que nous avons empruntée. Cette partie consiste à préciser de manière exhaustive notre démarche avant de traiter les résultats. Puis les résultats nous permettront de justifier l'intérêt d'avoir choisi de produire une ressource pédagogique sur les modèles pour l'enseignement agricole.

4 Dispositif méthodologique : outils pour la collecte des données

Pour élaborer notre ressource pédagogique sur les modèles, nous nous sommes demandé si les modèles avaient une place dans l'enseignement agricole ? Pour cela nous

avons commencé par analyser les référentiels agricoles qui sont des textes officiels rédigés par le ministère de l'agriculture pour guider les enseignants dans l'élaboration de leurs cours. Notre démarche consistait à analyser la présence de termes en lien avec les modèles, la modélisation dans ces documents. La méthodologie et les résultats de cette démarche seront précisés ci-dessous.

Après avoir réalisé cette première étape, nous avons eu besoin de connaître l'état des pratiques des enseignants vis-à-vis des modèles, de la modélisation dans l'enseignement agricole. Pour cela nous avons constitué un questionnaire à diffuser en ligne auprès des enseignants qui avait trois objectifs :

- Analyser les pratiques existantes des enseignants vis-à-vis de la modélisation et des modèles
- Identifier les besoins et les difficultés des enseignants concernant ces « outils »
- Valider ou non les hypothèses théoriques (décrites dans la partie précédente)

Nous allons détailler plus précisément les différentes étapes qui nous ont conduits à l'élaboration de ce questionnaire dans les parties suivantes.

Enfin, cette partie sera clôturée par la méthodologie utilisée pour traiter les résultats avant d'analyser les réponses des enseignants ayant participé au questionnaire.

4.1 La place de la modélisation dans les référentiels

Afin d'analyser la place de la modélisation dans les référentiels, nous avons tout d'abord créé une liste de termes en rapport avec la modélisation : modélisation, modèle, modéliser, logiciel, simulation, simulateur, simuler, outil, bilan. Cette liste nous a permis d'avoir une idée concernant la prise en compte des modèles dans l'enseignement agricole.

4.1.1 Méthodologie pour analyser la fréquence des occurrences dans les référentiels

Pour comptabiliser le nombre de mots en lien avec la modélisation, nous avons utilisé le logiciel PSPad® : [J.FIALA, 2001] qui nous a également servi à vérifier le contexte dans lequel les termes étaient employés puisqu'il indiquait les phrases dans lesquelles ils apparaissaient. Pour chaque référentiel, nous avons cherché le nombre d'occurrences puis nous avons retenu seulement les occurrences ayant un lien avec la modélisation. Nous avons choisi d'étudier l'ensemble des référentiels agricoles (30) qui sont en lien étroit avec le public visé lors de l'élaboration de notre questionnaire, à savoir des enseignants techniques en lycée agricole spécialisés en Agronomie, en Viticulture, en Horticulture et en Zootechnie.

Au départ, nous avons tenté de rechercher des termes composés (exemple : outil d'aide à la décision) mais le logiciel ne les a pas détectés. Nous avons donc décidé d'examiner trente référentiels en indiquant un seul terme à la fois (outil, calcul...), au singulier et au pluriel car le logiciel ne décelait pas la racine du mot.

Nous avons récapitulé l'ensemble des référentiels dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Tableau des référentiels sélectionnés pour l'analyse des occurrences

Diplômes	Spécialités
CAPA (Certificat d'Aptitude Professionnelle Agricole)	« Agriculture des régions chaudes », « Production agricole, utilisation des matériels », « Productions horticoles », « Vigne et vin », « Soigneur d'équidés »
BEPA (Brevet d'Etude Professionnelle Agricole)	« Aide technicien en expérimentation animale », « Cavalier-soigneur », « Travaux horticoles », « Travaux de la vigne et du vin », « Travaux en exploitation d'élevage »
BP (Baccalauréat Professionnel)	« Responsable d'entreprise hippique », « Responsable d'atelier de productions horticoles », « Responsable

	d'exploitation agricole »
BPA (Brevet Professionnel Agricole)	« Travaux de la production animale », « Travaux de la vigne et du vin », « Travaux des productions horticoles »
Seconde Professionnelle	« Productions animales », « Productions végétales, agroéquipement », « Technicien en expérimentation animale »
BAC PRO (Baccalauréat Professionnel)	« Conduite et gestion de l'exploitation agricole », « Conduite et gestion de l'entreprise hippique », « Productions horticoles », « Technicien en expérimentation animale »
BAC TECHNO STAV (Baccalauréat Technologique « Sciences et Technologies de l'Agronomie et du Vivant)	« Agronomie - Alimentation - Environnement - Territoires »
BTSA (Brevet de Technicien Supérieur Agricole)	« Analyse et conduite de systèmes d'exploitation », « Agronomie productions végétales », « Développement de l'agriculture en régions chaudes », « Productions animales », « Production horticole », « Viticulture œnologie »

4.1.2 Traitement des données

Nous avons décidé d'illustrer nos résultats graphiquement, pour faciliter la lecture de nos figures nous avons aussi classé notre liste de termes en cinq groupes :

- « **modèle et syn.**⁵⁸ » (**modélisation, modélisateur, modéliser**)
- « **logiciel** »,
- « **simulateur et syn.** » (simulation, simuler),
- « **outil** » (d'aide à la décision),
- « **bilan** (exemples : fertilisation, hydrique) et **calcul** » (exemples : fertilisation, hydrique).

Seuls les référentiels contenant les termes clés recherchés ont été représentés graphiquement. Nous avons également décidé de regrouper nos graphiques par niveau de classes, nous avons présenté un graphique avec les classes de secondes, un avec les BPA et BEPA, un avec les BAC PRO, STAV et enfin un avec les BTSA. Concernant les diplômes des CAPA aucun graphique n'a été établi en raison de l'inexistence des occurrences dans les textes officiels.

- Occurrences dans les référentiels de diplômes secondes professionnelles :

58 Syn. : synonyme

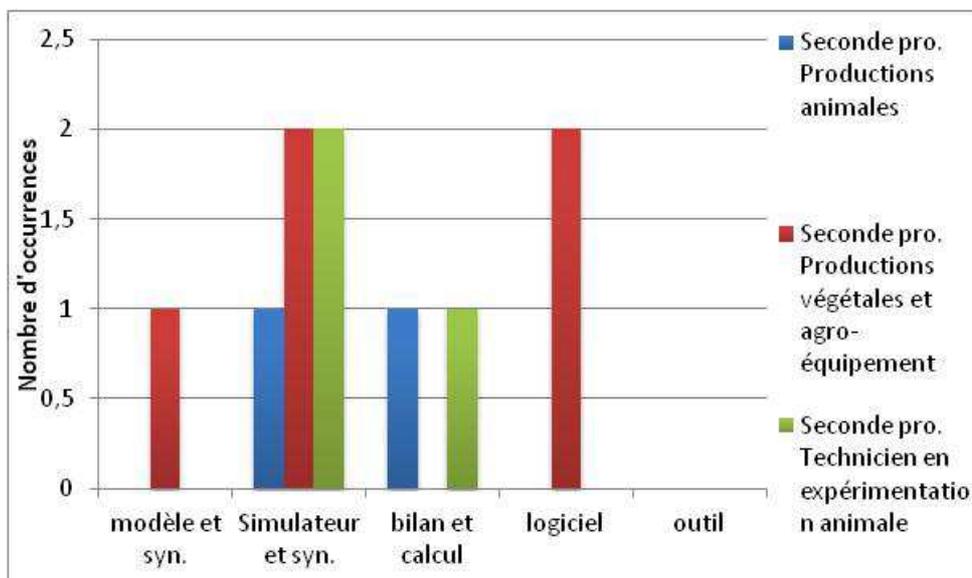


Figure 12 : Analyse des occurrences : « modèle et syn. » (modèle, modélisation, modéliser), « simulateur et syn. » (simulateur, simulation, simuler), bilan et calcul », « logiciel » et « outil » concernant les référentiels de diplômes secondes professionnelles

modélisation. La présence d'occurrences dans les diverses spécialités est irrégulière, par exemple le mot « outil » n'apparaît dans aucun des textes officiels analysés. L'option « Productions végétales et agro-équipement » est le référentiel parmi les trois qui contient le plus grand nombre d'occurrences : 5 en tout (« modèle et syn. » : 1, « simulateur et syn. » : 2, « logiciel » : 2).

➤ Analyse des occurrences dans les référentiels de diplômes BEPA, BP et BPA :

Nous pouvons voir qu'un seul référentiel BEPA (sur 5 analysés) option « Aide technicien en expérimentation animale » renferme les termes « modèle et syn. » qui apparaissent 3 fois dans le texte. Pour les BP, seul le référentiel « Responsable d'exploitation » (sur 3 étudiés) contient principalement le même groupe de mots « calcul et bilan » qui ressort 20 fois. L'ensemble des référentiels BPA, détiennent (parmi les trois analysés) le même groupe clef : « calcul et bilan » mais leur nombre est faible (inférieur ou égal à 5 occurrences).

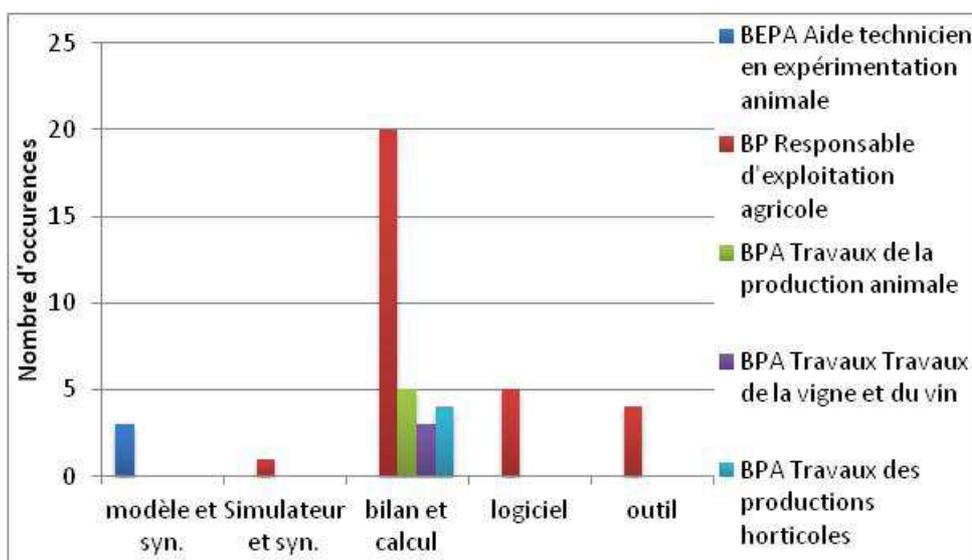


Figure 13 : Analyse des occurrences : « modèle et syn. » (modèle, modélisation, modéliser), « simulateur et syn. » (simulateur, simulation, simuler), bilan et calcul », « logiciel » et « outil » concernant les référentiels de diplômes BEPA, BP et BPA

➤ **Analyse des occurrences dans les référentiels de diplômes BAC PRO et STAV:**

Pour les diplômes de BAC PRO, nous retrouvons l'ensemble des groupes avec une dominance de: « outil » (1 à 6 occurrences), « bilan et calcul » (1 à 2 occurrences) mais leur nombre est réparti irrégulièrement dans les référentiels. Les spécialités : « Conduite et gestion de l'exploitation agricole » et « Technicien en expérimentation animale » renferment une diversité et une quantité importantes de termes clefs. A travers le référentiel BAC TECHNO STAV, nous retrouvons la totalité des termes clefs, avec le groupe « simulateur et syn. » présent en minorité. Les plus abondants sont les ensembles « outil » et « bilan et calcul » comptés plus de 40 fois. Ce diplôme fait partie de ceux qui mentionnent le plus de termes en rapport avec la modélisation en agriculture (« modèle et syn. » : 32 occurrences, « bilan et calcul » : 42 occurrences et « outil » : 42 occurrences).

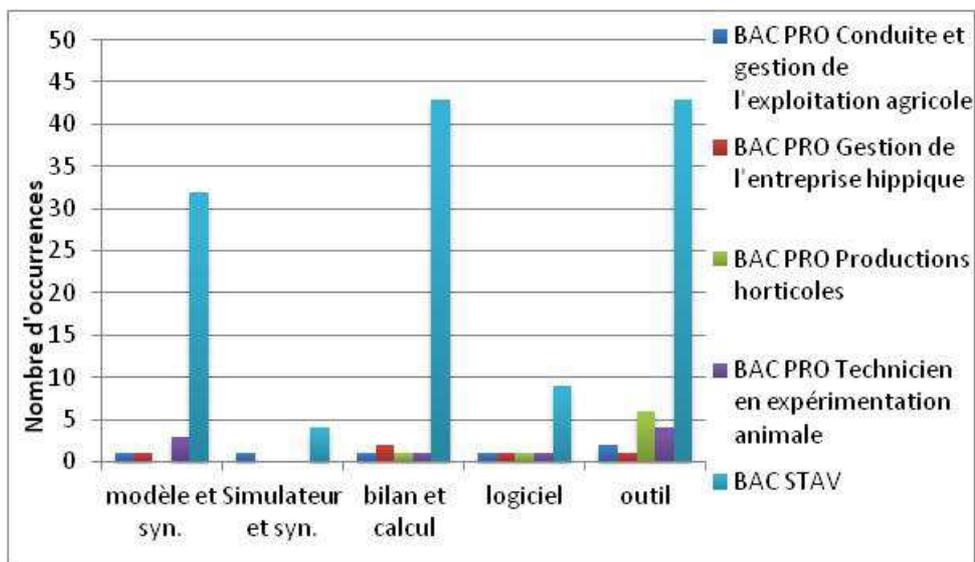


Figure 14 : Analyse des occurrences : « modèle et syn. » (modèle, modélisation, modéliser), « simulateur et syn. » (simulateur, simulation, simuler), bilan et calcul », « logiciel » et « outil » concernant les référentiels de diplômes BAC Pro et STAV

➤ **Analyse des occurrences dans les référentiels de diplômes BTSA :**

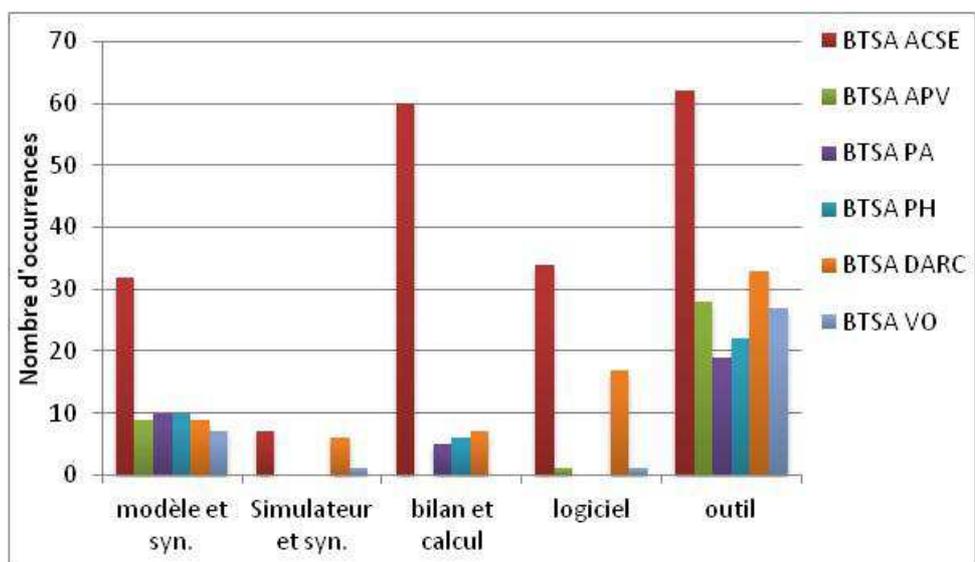


Figure 15 : Analyse des occurrences : « modèle et syn. » (modèle, modélisation, modéliser), « simulateur et syn. » (simulateur, simulation, simuler), bilan et calcul », « logiciel » et « outil » concernant les référentiels de diplômes BTSA

Concernant les référentiels des BTSA, ils englobent également tous les groupes mais nous observons une répartition inégale avec : « simulateur et syn. » et « logiciel » sont présents dans de faibles proportions. A contrario, les plus fréquents sont « modèle et syn. » et « outil » qui sont répartis dans l'ensemble des référentiels. Le BTSA ACSE⁵⁹ est également un des diplômes détenant le plus grand nombre de mots ou d'expressions en lien avec la modélisation en agriculture (« outil » : 62 occurrences, « bilan et calcul » : 59 occurrences, « logiciel » : 34 occurrences).

Pour conclure, nous avons étudié un grand nombre de diplômes et nous avons montré qu'il y avait dans la majorité des référentiels, la présence régulière d'occurrences en rapport avec la modélisation. La fréquence d'apparition des items varie selon les diplômes analysés, le nombre d'occurrences semble augmenter avec le niveau des classes avec un nombre important dans les référentiels de BTSA et aucun pour les CAPA. Cette première analyse nous avons montré que la production de ressources sur les modèles aurait un réel intérêt pour l'enseignement agricole. Toutefois, cette analyse mériterait d'être approfondie en analysant les textes d'accompagnements des référentiels et la liste de mots que nous avons réalisée n'est pas exhaustive. Enfin, le contexte des occurrences est une démarche plutôt subjective mais qui nous a permis de voir que ces termes ne sont pas toujours liés à la modélisation dans les référentiels, ils sont génériques.

4.2 *Le questionnaire d'enquête : une approche quantitative*

Nous avons choisi d'élaborer un questionnaire pour connaître les pratiques des enseignants vis-à-vis des modèles car c'est un outil de collecte d'informations par diffusion électronique. Le choix d'un questionnaire se justifie afin de faciliter le traitement des données en privilégiant les questions de type fermées et pour tenter d'obtenir un grand nombre de réponses. Dans un premier temps, nous allons voir la démarche empruntée pour construire le questionnaire, les outils qui nous ont aidés puis le test réalisé auprès d'un petit échantillon d'enseignants afin de le perfectionner une dernière fois avant la diffusion.

4.2.1 **Etape 1: Elaboration du questionnaire**

Cet outil méthodologique permettant la collecte d'informations auprès d'un échantillon d'individus est composé d'une série de questions visant à structurer l'information afin de faciliter la réponse de la personne.

Il se concentre sur un thème unique : la modélisation dans l'enseignement agricole et nous avons porté notre intérêt sur les enseignants techniques (agronomie, zootechnie, horticulture et viticulture) de l'enseignement agricole issus des lycées. La justification de ce choix est double. Le RMT Modélia possède deux partenaires dont le LEGTA Auzeville afin de travailler sur la modélisation pour l'enseignement agricole. De plus, les enseignants du secondaire bénéficient de référentiels qui les aident à élaborer leurs cours, ce qui n'est pas le cas de l'enseignement supérieur agricole. Grâce à ces textes officiels, nous avons pu montrer l'intérêt des modèles, de la modélisation dans l'enseignement agricole.

Le questionnaire a été élaboré sous le logiciel LIME SURVEY utilisé par l'INRA, qui permet de créer des groupes de questions emboîtées en fonction des conditions fixées au préalable, c'est-à-dire que les questions auxquelles l'enseignant aura accès dépendent des réponses qu'il a sélectionnées dans les questions précédentes. Nous avons choisi de procéder ainsi pour éviter au répondant d'être submergé par le nombre de questions (un trop grand nombre décourage la personne à répondre), pour qu'il n'ait accès qu'aux questions qui le concerne directement et pour faciliter le traitement des informations. De plus, ce logiciel offre l'opportunité de diffuser le questionnaire en ligne en cliquant rapidement et simplement

⁵⁹ BTSA ACSE: « Analyse et Conduite de Systèmes d'Exploitation »

sur un lien qui renvoie à la page d'accueil. Nous avons posé une trentaine de questions en privilégiant le type « fermé » fixant à l'avance les réponses possibles afin de faciliter le traitement des données. Toutefois, nous avons ajouté des commentaires à certaines questions fermées et employé quelques questions ouvertes afin de laisser l'opportunité au répondant de s'exprimer librement.

Le questionnaire est organisé ainsi :

- 1) Les questions sur le profil : informations personnelles sur le répondant (âge, sexe, niveau d'étude, expérience professionnelle, classes enseignées, établissement, coordonnées...)
- 2) La question pivot sur les modèles : « *Avez-vous déjà utilisé des modèles (informatiques ou non) ?* » question fermée de type mono choix
- 3) Deux groupes de questions en fonction de la réponse à la question précédente :
 - ✓ Oui : « questions pour les utilisateurs de modèles »
 - ✓ Non : « questions pour les non utilisateurs de modèles »

Nous avons représenté un premier schéma du questionnaire avec les questions communes à l'ensemble des répondants à travers la figure ci-dessous. On peut voir le corps du questionnaire avec les quatre boîtes : « questions sur le profil », « question pivot », « non utilisateurs » et « utilisateurs », l'enquête débute dans cet ordre là. Nous avons également précisé la nature des questions (fermées ou ouvertes).

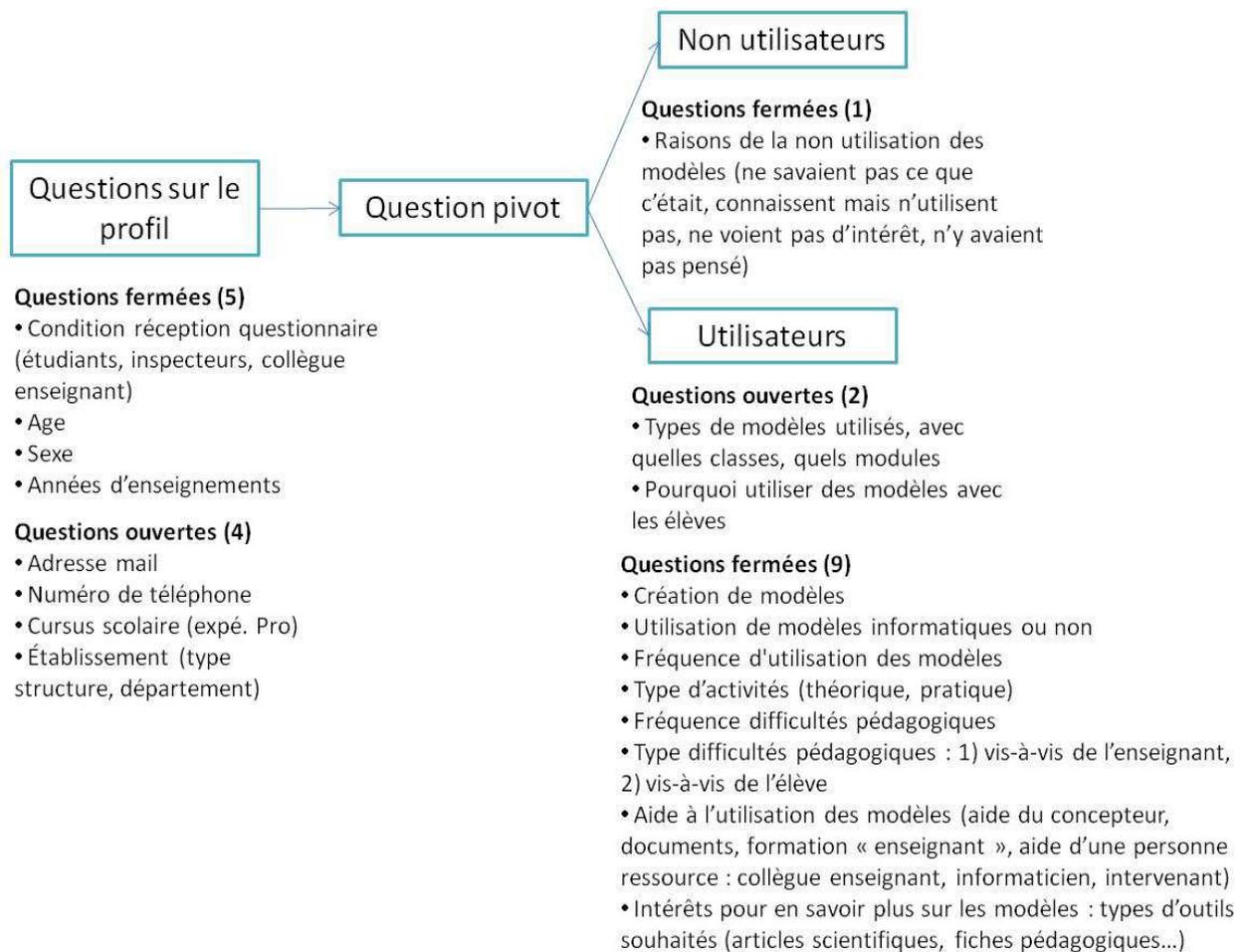


Figure 16 : Architecture du questionnaire commune à l'ensemble des répondants

Ces deux groupes étant constitués de questions emboîtées il était impossible de changer l'ordre d'apparition des questions pour des raisons informatiques (chaque question est conditionnée avec la réponse à la précédente sur le logiciel).

Pour le groupe « **utilisateurs de modèles** », nous avons cherché à caractériser les utilisations que peuvent avoir les enseignants avec les modèles en posant des questions sur : le type d'outils utilisés (informatiques ou non) avec quelles classes, quels modules, la fréquence d'utilisation, le type d'activités (théorique et/ou pratique), les raisons d'utiliser les modèles avec les élèves, les « aides » à l'utilisation (documents, concepteur, personne ressource, formation « enseignant ») et la création éventuelle de modèles par les enseignants. Puis nous avons élaboré des questions concernant les difficultés que pouvaient rencontrer les enseignants en utilisant les modèles :

- difficultés d'ordre pédagogique → fréquence, type : 1) vis-à-vis de l'enseignant (difficulté de compréhension du modèle, problème de scénarisation, difficulté de gestion du temps...), 2) vis-à-vis de l'élève (difficulté à expliquer ce qui se cache derrière le modèle, problème pour expliquer le fonctionnement du modèle, pour faire interpréter les résultats aux élèves...)
- difficultés d'ordre technique → (*uniquement pour les enseignants utilisant des modèles informatiques*) fréquence, type : problème de compatibilité, difficultés d'installation des modèles, pas assez de postes pour les élèves, niveau informatique de l'enseignant insuffisant...)

OU

- les raisons pour lesquelles les enseignants n'utilisent pas les modèles informatiques (*uniquement pour les enseignants n'utilisant pas les modèles informatiques*)

Pour le second groupe « **les non utilisateurs de modèles** », nous avons questionné les enseignants de manière à comprendre les raisons pour lesquelles ils n'employaient pas les modèles (méconnaissance, réticence, connaît l'outil mais ne l'utilise pas, n'y voit pas d'intérêts).

Enfin, dans les deux groupes, nous avons tenté de savoir quels étaient leur besoins concernant les modèles, s'ils souhaiteraient bénéficier d'autres outils et nous leurs avons demandé de préciser la forme et le fond qu'ils prendraient. Nous avons représenté l'architecture complète du questionnaire la figure ci-dessous. Pour avoir davantage de détail sur les questions de l'enquête veuillez vous référer à l'annexe n°3 « *Questionnaire d'enquête* ».

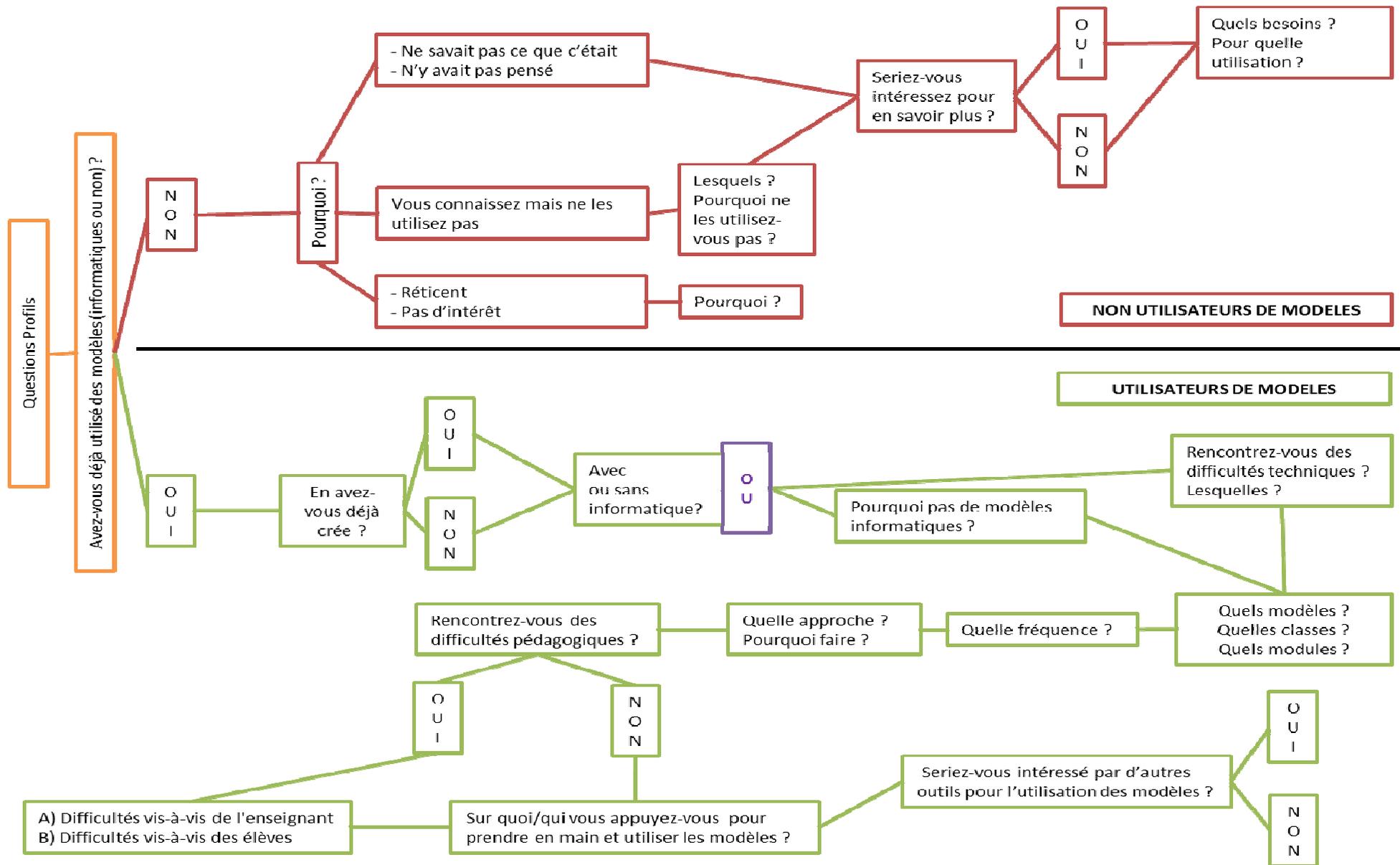


Figure 17 : Architecture complète du questionnaire

LEGENDE

Orange : questions communes aux enseignants

Vert : questions pour les enseignants utilisant les modèles

Rouge : questions pour les enseignants n'utilisant pas les modèles

4.2.2 Etape 2 : Test « grandeur nature » auprès d'enseignants

Avant de diffuser le questionnaire en ligne, nous avons eu la possibilité de le tester en présence d'enseignants en productions horticoles. Cette opportunité s'est présentée lors d'une formation animée par Laurent BEDOUSSAC, sur la conduite de l'horticulture en bio pour une durée de trois jours. A cette formation (21/03/2013), treize enseignants étaient présents, nous leur avons expliqué qu'ils allaient servir de « cobayes » pour répondre au questionnaire. Immédiatement après avoir explicité les consignes, un enseignant a refusé l'exercice et a justifié sa réponse en disant qu'il ne se servait pas de l'outil informatique (seulement pour consulter les mails) et qu'il y était opposé. Les douze restants ont accepté de jouer le jeu. Quelques bugs sur les postes informatiques mis à disposition pour les enseignants sont survenus et plusieurs d'entre eux n'ont pas pu répondre au questionnaire, seuls 9/13 y sont parvenus. En effet, certains ordinateurs mis à disposition dans la salle de classe ont « planté » ou se sont bloqués empêchant les enseignants de répondre à l'enquête. Après avoir recueilli les réponses à l'enquête, nous avons entamé une discussion avec l'ensemble des enseignants (les douze) qui ont pu s'exprimer chacun à leur tour afin de participer aux dernières modifications à apporter à l'enquête. Nous avons tenté de regrouper les remarques générales des enseignants à travers deux tableaux, un concernant la forme et le second, le contenu du questionnaire. Nous avons pris en compte leurs commentaires en apportant des éléments de corrections dans la majorité du possible. Nous avons également ajouté dans ces tableaux, le nombre d'enseignants ayant approuvé la même remarque en fonction du nombre total de participants (12).

Tableau 5 : Remarques des douze enseignants sur la forme du questionnaire

Remarques sur la forme	Modifications apportées
Questionnaire austère et froid : triste, manque de couleurs (11/12)	Changement de modèle de base sur la forme du questionnaire, plus coloré, attractif, vif
Message d'accueil du questionnaire : non visible, manque de mise en forme (12/12)	Agrandissement de la taille de police, plus d'espaces et mise en évidence des mots clefs en gras, « A LIRE » écrit en gras en haut de la page et surligné en rose
Affichage des titres de certains groupes de questions qui n'avaient pas lieu d'être (10/12)	Impossible de supprimer ces titres donc ajout conditionné de « CLIQUEZ SUR SUIVANT » lorsque certains titres ne doivent pas s'afficher
Pas de bouton « précédent » pour revenir sur certaines questions (6 /12)	Ajout de ce bouton
Remarques sur le contenu (formulation et compréhension des questions)	Modifications apportées
« Si c'est le cas, précisez votre cursus professionnel avant de vous diriger vers l'enseignement agricole » (5/12)	Reformulation : « Quel est votre cursus scolaire ? (dernier(s) diplôme(s) obtenu(s)). Veuillez préciser le(s) expérience(s) professionnelle(s) si vous en avez eu avant d'enseigner »
« Pourquoi n'avez-vous jamais utilisé les modèles ? » : question fermée avec quatre propositions de réponses possibles mais aucunes ne convenaient pour (4/12)	Ajout d'une proposition de réponse : « Pourquoi n'avez-vous jamais utilisé de modèles (informatiques ou non) ? Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous : <ul style="list-style-type: none"> • Vous ne saviez pas ce que c'était • Vous n'y avez pas pensé • Vous êtes réticent à l'utilisation des modèles

	<p>(informatiques ou non)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vous n'y voyez pas d'intérêt • Vous connaissez les modèles mais ne les utilisez pas »
<p>Une question rendue obligatoire les a perturbés : le numéro de téléphone (12/12)</p>	<p>Modification du critère « obligatoire » en « facultatif »</p>
<p>La définition du modèle n'est pas claire pour les enseignants : « un modèle est une représentation simplifiée de la réalité composée d'un ensemble d'équations mathématiques. Un modèle peut prendre la forme d'un outil informatique mais peut aussi se présenter sous forme d'abaques par exemple. Un modèle peut entre autre permettre de faire de l'expérimentation virtuelle ou servir d'outil d'aide à la décision (calcul de fertilisation, calcul de rations, calcul de bilans hydriques, calculs économiques...) » (11/12)</p>	<p>Modifications : « Un modèle peut entre autres permettre de réaliser des prédictions pour des nouvelles situations, que cela soit pour servir d'outil d'aide à la décision (calcul de fertilisation, calcul de rations animales, calcul de bilans hydriques, calculs économiques, gestion de paramètres sous serre, outil planification de culture...) ou pour répondre à des questions de recherche. Les modèles peuvent servir également d'outil pédagogique. Au sens large, considéré dans cette étude, un modèle peut prendre la forme : d'un logiciel : STICS, AZOFERT, INRATION, TOMGRO, PATURIN, PRESEPT, MILPV, ordinateur climatique... d'abaques (souvent sous la forme de tableaux de données) : besoins en azote, phosphore, potassium, réglette colza, calculs de rations animales, qualité nutritionnelle des aliments, teneur en azote des effluents... Le modèle est un terme polysémique. Dans le cadre de cette étude, la définition du modèle se limite à une représentation simplifiée d'un système réel (un système agricole dans notre cas) et que l'on peut décrire par un ensemble de relations mathématiques formelles (équations, relations graphiques...). exemple: les prévisions météorologiques à 7 jours sont calculées grâce à un modèle qui prédit l'évolution dans le temps des températures et des précipitations en prenant en compte les conditions météo présentes et le comportement atmosphérique (modélisé sous forme d'équation) »</p>
<p>Evocation d'une question à ajouter : « Avez-vous déjà crée des modèles ? » (2/12)</p>	<p>Ajout de cette question dans la partie « les enseignants utilisant les modèles »</p>

Tableau 6 : Remarques des douze enseignants sur le fond du questionnaire

Durant le tour de table, les enseignants ont également insisté sur certains besoins qu'ils souhaiteraient avoir vis-à-vis des modèles. Globalement ils souhaiteraient avoir un répertoire de modèles qui peuvent être utilisés pour l'enseignement et les avoir disponibles facilement en ligne pour les télécharger. De plus, ils aimeraient bénéficier de ressources claires et simples (pédagogiques) qui décrivent le fonctionnement et les situations dans lesquelles ils peuvent utiliser le modèle. Enfin, la majorité des enseignants enseignaient à des BAC PRO ou CAPA et n'arrivaient pas à trouver des modèles simplifiés ou le simplifier eux-mêmes pour ces niveaux de classes. Les modèles en économie sont rares et un des enseignants était intéressé d'en posséder.

En résumé, les enseignants portent beaucoup d'intérêt sur la forme d'un document, (taille de police, couleurs...) et il est important d'être clair dans la formulation des questions et dans la définition d'un terme complexe. De plus, les enseignants ont insisté pour que les modèles soient facilement disponibles, adaptés à des niveaux de classes qui diffèrent et voudraient bénéficier d'outils pour les aider à les utiliser face aux élèves. Cette expérience avec les enseignants a été très enrichissante et nécessaire pour parfaire notre questionnaire.

4.2.3 Etape 3: Diffusion du questionnaire

Après avoir réalisé le test « grandeur nature », le questionnaire a été diffusé le 05 avril sur les conférences plateformes techniques de la messagerie *educagri* auxquelles ont accès les enseignants (inscriptions volontaires) de l'enseignement agricole pour se tenir informés de sujets en rapport avec l'agriculture et l'enseignement. L'enquête a été diffusée à l'échelle nationale uniquement sur ces plateformes, par le biais des inspecteurs de l'enseignement agricole pour tenter d'obtenir un plus grand nombre de réponses. Nous avons associé un message d'accueil pour présenter rapidement l'objet de cette enquête associé au lien vers le questionnaire⁶⁰.

Nous avons fixé dès le départ, un délai de 15 jours pour récolter les réponses avec quelques relances régulières auprès des inspecteurs. Nous avons également invité les étudiants du master « Enseignement et formation pour l'enseignement agricole et le développement rural » (1^{ère} et 2^{ième} année) pour qu'ils nous aident à propager le questionnaire auprès d'enseignants car la plupart étaient en stage dans les LEGTA. De plus, nous avons sollicité les enseignants avec qui nous entretenons des liens réguliers pour qu'ils répondent à l'enquête.

4.2.4 Méthodologie des résultats

Tout d'abord, il est important de préciser que nous avons décidé de traiter ensemble les réponses des enseignants présents lors de la formation animée par L.Bédoussac et celles obtenues en ligne. Ils seront cependant différenciables (par couleur) car nous avons créé deux groupes :

- Le groupe « réel » qui représente l'ensemble des enseignants ayant répondu en ligne
- Le groupe « test » qui englobe les enseignants présents lors de la formation animée par L.Bédoussac

Ce choix se justifie car peu de questions ont été ajoutées après le test grandeur nature, il s'agissait principalement de reformuler quelques questions et d'améliorer la présentation générale (forme) du questionnaire.

Nous avons obtenu les réponses sous forme de tableaux Excel ® grâce aux sorties du logiciel Lime Survey sous format xls. Nous avons ensuite amélioré la mise en forme des tableaux afin qu'ils soient plus lisibles et nous avons également épuré la base de données. En effet, toute réponse (partielle ou totale) est automatiquement enregistrée dans le logiciel Lime Survey, un tri des données est donc nécessaire. Nous avons au départ 51 réponses, en comptant les enseignants ayant répondu lors de la formation animée par L.Bédoussac et nous en avons supprimé :

60 « Chers collègues,

Dans le cadre du Réseau Mixte Technologique Modélisation et agriculture, nous avons conçu un questionnaire d'enquête (<http://enquetes.inra.fr/index.php?sid=72463&lang=fr>) dont le but est d'étudier les pratiques et les attentes des enseignants concernant la modélisation et les modèles.

Ce questionnaire a été élaboré par Agathe Lapeyre (étudiante en M2 à l'ENFA en ingénierie de la formation) et il constitue un élément essentiel pour son mémoire et nous vous remercions donc par avance de consacrer 10 minutes maximum pour y répondre (<http://enquetes.inra.fr/index.php?sid=72463&lang=fr>).

A noter qu'une loterie sera organisée pour les participants avec à la clé bouteilles de vin, clés USB...

Date limite de réponse au questionnaire : 19 Avril

Merci d'avance pour votre contribution »

- 8 qui étaient incomplètes
- 2 qui étaient incomplètes et en double
- 1 qui a répondu aux deux questionnaires (test et lors de la diffusion)

Nous avons précisé les raisons pour lesquelles nous avons éliminé ces 11 réponses dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : Raisons de la suppression des 11 réponses dans le questionnaire

Nombre d'enseignants	Justification de la suppression de la réponse
2	Absence de réponse groupe 4 Q0 à groupe 5 Q8
6	Absence de réponse groupe 5 Q1 à Q8
2	Double réponse mais dernière réponse incomplète et incohérente avec la première donc suppression des 2
1	Enseignant ayant participé au groupe test donc nous avons gardé que la réponse au questionnaire final

5 Résultats de l'enquête

Les résultats de notre questionnaire sont analysés en trois parties qui sont semblables à :

- Typologie des répondants
- Questions pour les utilisateurs de modèles
- Questions pour les non utilisateurs de modèles

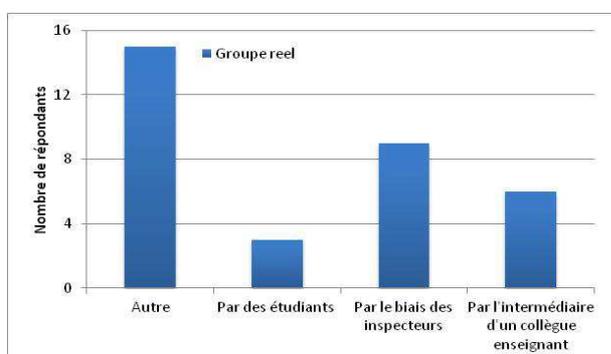
Nous avons conservé l'architecture du questionnaire, présentée dans la partie méthodologie pour le traitement des questions. En première partie nous avons regroupé les questions sur le profil qui va nous permettre de réaliser une typologie des répondants qui permet de caractériser l'échantillon d'enseignants ayant répondu au questionnaire (âge, sexe, années d'enseignement, classes enseignées...). L'ordre des questions que nous allons traiter suit celui du questionnaire.

Ensuite, nous allons décomposer les questions pour les utilisateurs de modèles en deux parties : 1) typologie des diverses utilisations des modèles par les enseignants (type de modèles, classes, fréquence...) et 2) les difficultés des enseignants pour utiliser les modèles : difficultés pédagogiques, difficultés techniques lors d'utilisation de modèles informatiques (*seulement pour les enseignants utilisant des modèles informatiques*) et les raisons pour lesquelles les enseignants n'utilisent pas les modèles informatiques (*seulement pour les enseignants n'utilisant pas de modèles informatiques*). Enfin cette partie sera clôturée par l'analyse des besoins des enseignants utilisant les modèles (type de ressource, forme et fond).

La dernière partie des résultats concernera les questions pour les non utilisateurs de modèles où nous avons cherché tout d'abord à comprendre les raisons de cette non utilisation (réticence ou méconnaissance). Ensuite, nous avons examiné les intérêts et les besoins de ces enseignants vis-à-vis des modèles (s'ils souhaitent en savoir davantage sur le sujet, type de ressource).

Chaque question est traitée individuellement, celles qui sont fermées seront illustrées d'un graphique et pour les questions ouvertes nous tenterons de dresser une typologie des réponses lorsque c'est possible à travers des tableaux.

5.1.1 Typologie des enseignants ayant répondu au questionnaire

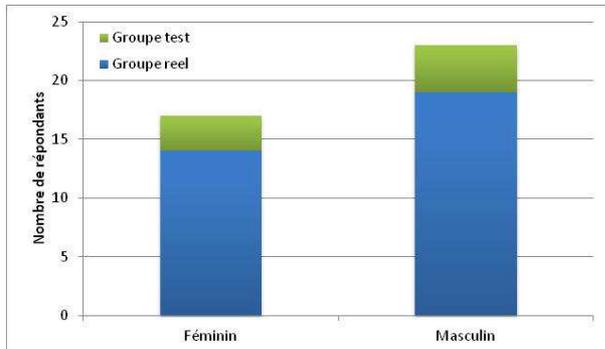


Prise de connaissance du questionnaire

Cette question a été soumise seulement au groupe réel. Il s'agissait de voir la

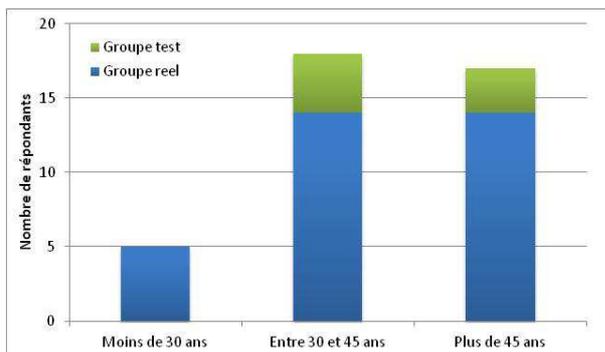
manière dont les enseignants ont pris connaissance du questionnaire, nous voyons que 27% ont eu l'information par le biais des inspecteurs de l'EA. 45% des enseignants ont coché la réponse « autre » en précisant qu'ils avaient été informés par « Conférence et mail direct » ou encore « L.Bédoussac », par un « professeur de IENFA », « conférence éducagri » ou encore par moi-même. Nous supposons que les inspecteurs ainsi que nos multiples relances ont eu un effet important dans la prise de connaissance de l'enquête par les enseignants.

Le genre



Les enseignants ayant complété l'enquête sont un peu plus d'hommes que de femmes (58%).

L'âge

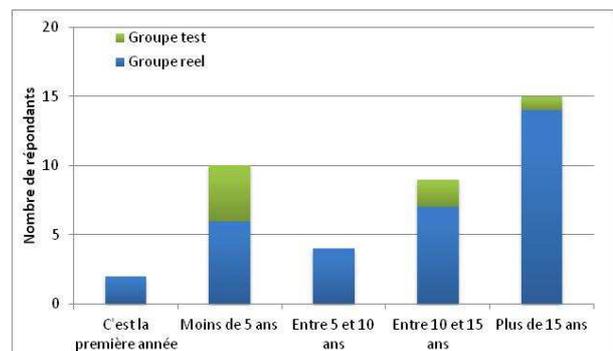


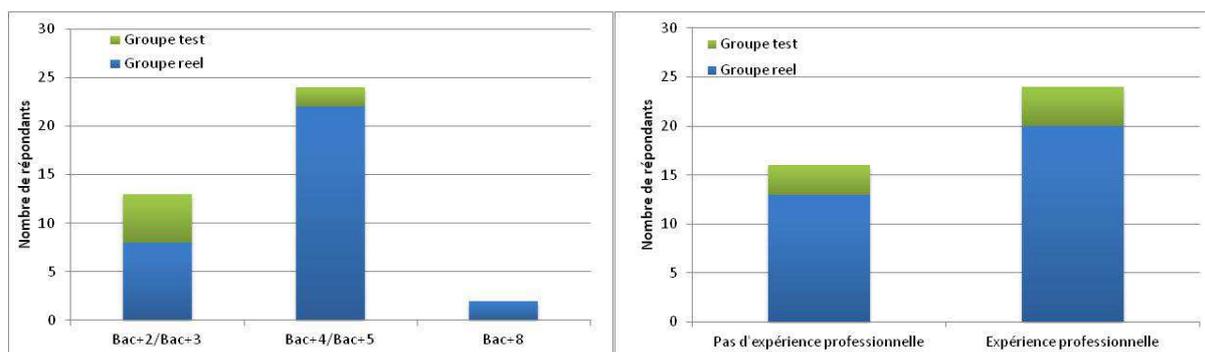
L'âge des enseignants ayant répondu se situe essentiellement au-dessus de 30 ans pour 88% des enseignants contre seulement 12% pour les moins de 30 ans.

Concernant notre échantillon, aucune tendances ne se dégagent réellement. Cependant nous pouvons voir que 38% ont accumulé plus de 15 ans d'enseignement et 30% de l'échantillon a moins d'expérience dans l'enseignement, ce qui est cohérent avec l'âge.

Le niveau d'études des enseignants et leur expérience pro.

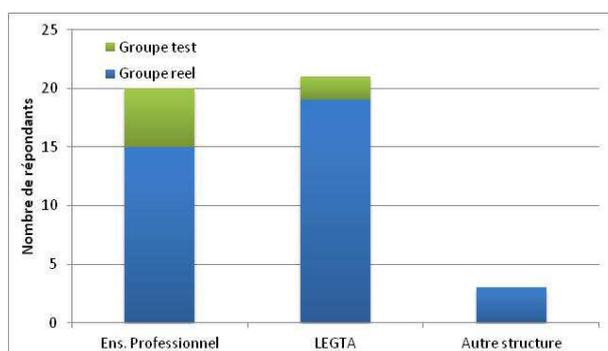
Les années d'enseignements





Nous observons que 60% des enseignants bénéficient d'un diplôme niveau maîtrise ou master ce qui est en lien la réforme de 2008 sur la formation des enseignants consistant à élever le niveau de recrutement de bac+3 à bac+5, dite de « masterisation »⁶¹. De plus, nous observons qu'un enseignant détient un bac+8 ce qui est rare dans l'enseignement agricole. 60% des répondants ont eu une expérience professionnelle avant de se diriger vers l'enseignement ce qui peut expliquer la répartition des âges (majorité au-dessus de 30 ans).

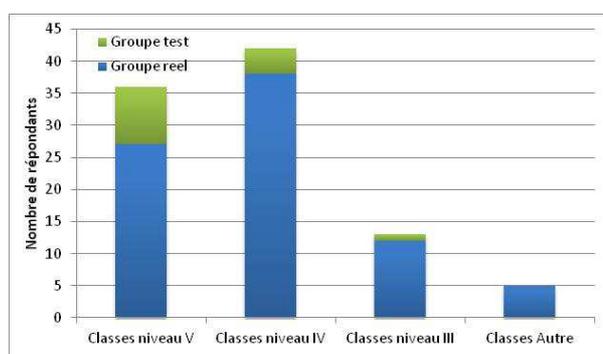
La structure de l'établissement



Notre échantillon est constitué de 40 enseignants or nous voyons qu'il y a 44 réponses cela signifie que 4 d'entre eux sont dans une structure double (question à choix multiple), le reste des enseignants est réparti de manière homogène entre les structures d'enseignement professionnel (LPA⁶², CFA⁶³ et CFPPA⁶⁴) et technique (LEGTA)⁶⁵.

Le niveau des classes

Les enseignants interrogés travaillent avec des plusieurs classes à la fois (80 réponses pour 40 enseignants → question à choix multiple). Les niveaux de classes les plus enseignés sont le niveau IV avec 95% (BP, BAC S, BAC TECHNO et BAC PRO.) et V (CAPA, BPA, BEPA, Seconde PRO. et Seconde GT⁶⁶) qui représente 68%. Les classes de niveau III représentent 30% et 13% des enseignants ont répondu « autre » car ils sont formateurs d'autres enseignants ou ont des classes de 3^{ème} technologiques.



⁶¹ <http://www.letudiant.fr/etudes/presidentielles-2012-bilan-du-quinquennat-sarkozy-pour-les-etudiants-15031/la-reforme-la-formation-des-enseignants-quel-bilan-de-la-masterisation-pour-les-etudiants-17981.html>

⁶² Lycée Professionnel Agricole

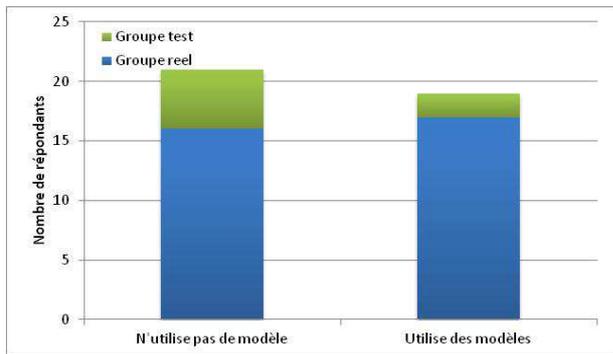
⁶³ Centre de Formation d'Apprentis

⁶⁴ Centre de Formation Professionnelle et de Promotion Agricole

⁶⁵ Lycée d'Enseignement Général et Technologique Agricole

⁶⁶ Seconde Générale et technologique

Question pivot sur l'utilisation des modèles par les enseignants



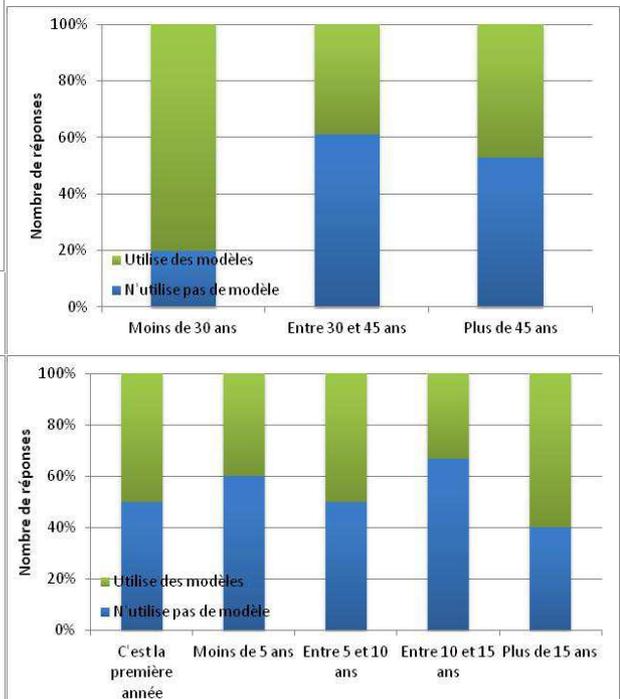
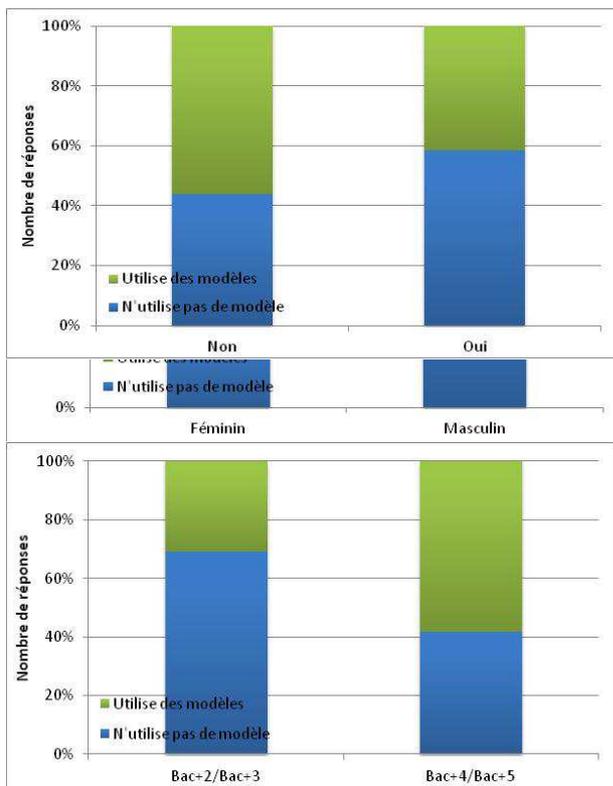
Enfin, nous voyons qu'il y a autant d'enseignants qui n'utilisent pas les modèles (21/40) que d'utilisateurs de modèles (19/40).

ou master ayant des classes de niveau IV et V. Cette typologie est-elle représentative de la population d'enseignants ? Nous ne savons pas car aucune donnée n'est disponible et nous avons eu 40 réponses pour une population estimée à 1700 enseignants en établissement agricole⁶⁷.

Nous pouvons voir une typologie assez disparate qui se dégage mais le profil type des répondants tendrait vers un enseignant détenant un diplôme de maîtrise

Lorsque nous avons présenté notre problématique nous avons émis des hypothèses que nous souhaitons vérifier à travers ce questionnaire, l'une d'entre elles était que le profil des enseignants influence l'utilisation ou non des modèles. Afin de vérifier cette hypothèse nous avons constitué des graphiques combinant plusieurs variables à la fois (l'utilisation des modèles avec le genre, l'utilisation des modèles avec l'âge, l'utilisation des modèles avec le niveau d'études...).

A travers notre échantillon, nous voyons que les femmes semblent utiliser



plus les modèles que les hommes (70% contre 30% chez les hommes). De plus, les enseignants ayant un niveau d'études bac+4, bac+5 s'avèrent utiliser davantage les modèles que les bac+3 (58% via 30%) et les moins de trente ans (80%) utilisent plus de modèles.

⁶⁷ Estimation réalisée par Mr Chasagnes (ENFA)

Cependant, l'effectif des enseignants de moins de trente ans représente seulement 12% des répondants. Concernant les années d'enseignement, aucune tendance ne semble se dégager. Enfin, les enseignants ayant une expérience professionnelle semblent moins utiliser les modèles (56% contre 41%).

En conclusion, nous avons montré que le genre, l'âge, le niveau d'études et l'expérience professionnelle avaient une influence sur l'utilisation des modèles par les enseignants mais notre échantillon est faible en particulier pour l'âge, où les moins de 30 ans semblent employés davantage les modèles mais ne représentent que 5 enseignants sur 40. Concernant le niveau d'années d'enseignement, aucune tendance ne semble se dégager en raison d'une importante diversité dans les réponses. Notre questionnaire ne permet pas la différenciation des expériences professionnelles, ce qui aurait pu être intéressant pour voir si le type de métier aurait eu une incidence sur l'utilisation des modèles. De plus, les hypothèses relatives à la structure d'enseignement et au niveau des classes ne sont pas vérifiables via ce questionnaire car un même enseignant peut travailler avec plusieurs classes à la fois et dans plusieurs établissements (LEGTA et lycées ou centres professionnels) et nous n'avons pas demandé le détail. Il aurait fallu être plus précis en posant certaines questions (comme le type d'expérience professionnelle réalisée, le type de structure dans le détail) et obtenir un échantillon de plus grande taille pour vérifier nos hypothèses. La taille de l'échantillon nous permettrait d'avoir une plus grande diversité en termes de l'âge par exemple (pour vérifier si les moins de trente ans utilisent réellement plus les modèles) et peut-être qu'il nous aurait permis de voir si les années d'enseignement avaient une influence sur l'utilisation des modèles.

En résumé, le profil des enseignants influence l'utilisation des modèles dans certains cas (âge, genre et niveaux d'études) mais pour valider les autres variables (structure, années d'enseignement, niveaux des classes et l'expérience professionnelle) il faudrait avoir un échantillon de plus grande taille et des questions plus ciblées.

Nous venons d'analyser les questions sur le profil et de vérifier notre première hypothèse, nous allons examiner en détail les questions posées aux utilisateurs en dressant une typologie des utilisations des modèles par les enseignants et en étudiant les difficultés qu'ils rencontrent en utilisant ces outils. Puis, nous nous consacrerons à l'analyse des questions pour les non utilisateurs de modèles, en découvrant les raisons pour lesquelles ils n'utilisent pas ces outils et l'intérêt qu'ils ont pour en savoir plus à ce sujet.

5.1.2 Questions pour les utilisateurs de modèles

Voici le schéma récapitulatif des questions posées aux utilisateurs de modèles qui représentent 19 enseignants sur 40.

Nous avons regroupé les questions en deux parties : 1) [Typologie des diverses utilisations des modèles par les enseignants](#) et 2) [Les difficultés rencontrées par les enseignants pour utiliser les modèles](#).

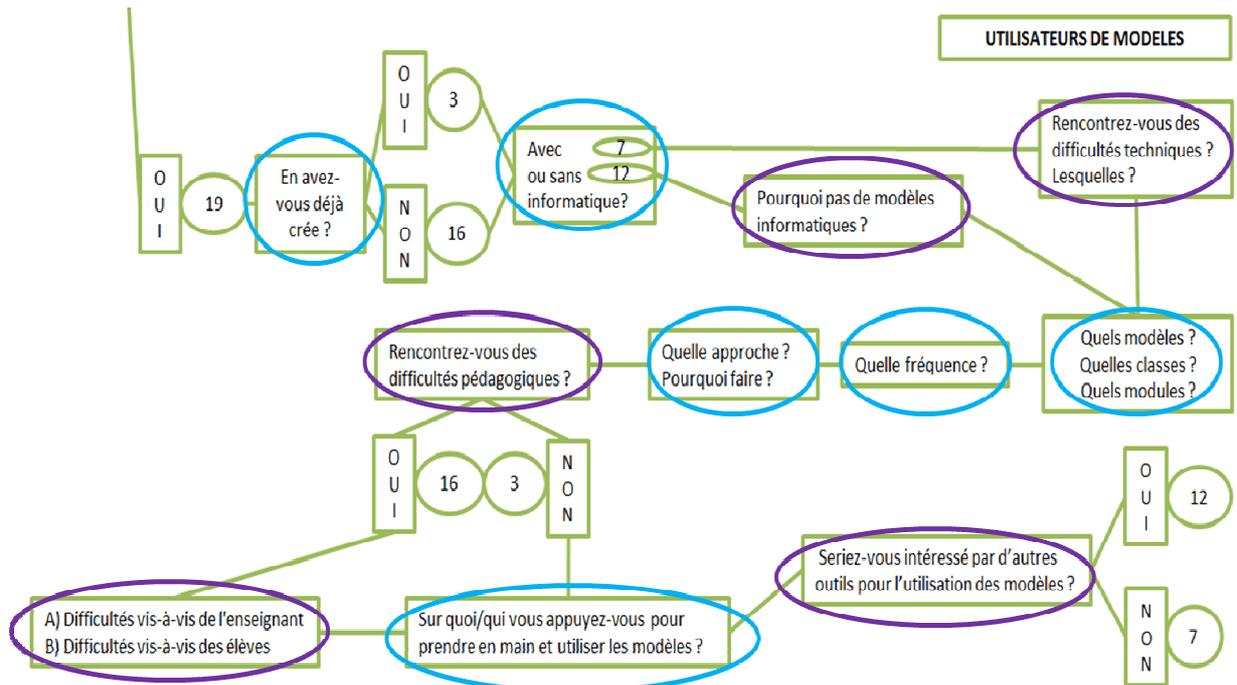


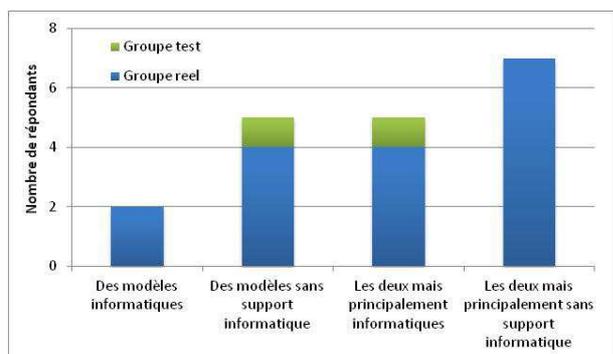
Figure 18 : Schéma récapitulatif des questions posées aux enseignants utilisateurs de modèles



Typologie des diverses utilisations des modèles par les enseignants

Dans cette partie, nous allons analyser le type de modèles utilisés par les enseignants (informatiques ou non), la manière dont ils sont utilisés (classes, fréquence, approche théorique et/ou pratique, nombre d'heures) et les raisons pour lesquelles les enseignants les utilisent avec leurs élèves (outil professionnalisant, pédagogique). Nous verrons également les outils d'aide à la prise en main des modèles utilisés par les enseignants et s'ils ont déjà créé des modèles.

- Le type de modèle utilisé par les enseignants



Les deux types de modèles informatiques ou sans support informatiques sont utilisés avec un emploi dominant de ceux sans support informatiques (58%). Les supports écrits sont peut-être plus facilement disponibles et peut-être plus simples à comprendre que les logiciels.

- Noms des modèles utilisés et classes d'élèves

Tableau 8 : Exemples de modèles utilisés par les

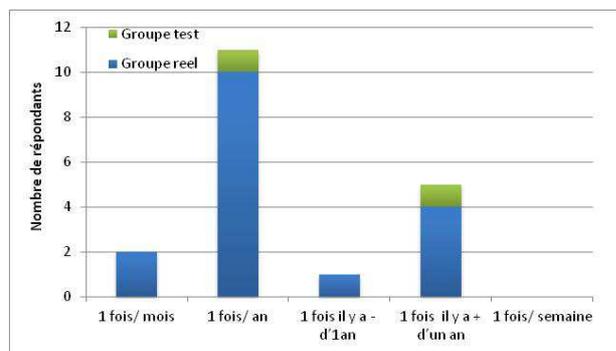
enseignants avec leurs classes d'élèves

Objet	Support	Origine	Classe d'élèves	Nom du modèle
Fertilisation	Abaque	CETIOM	–	Réglette colza
Fertilisation	Abaque	CETIOM	–	Héliotest
Fertilisation	Abaque	COMIFER	BTS, Bac STAV	Bilan N, P, K
Fertilisation	Abaque	HENIN	BTS ACSE, Bac STAV	Bilan humique
Fertilisation	Informatique	Arvalis	BTS ACSE	Méthode des bilans
Fertilisation	–	Chambre d'agriculture de l'AISNE	BTS, Bac STAV	Bilan azoté, calcul de fertilisation, bilan humique
Fertilisation	Informatique	Personnel	BTS ACSE	Bilan humique
Fertilisation	Informatique	Arvalis	–	Document de prévision fertilisation azotée à la parcelle
Fertilisation	–	–	BTS PA	Teneur en N des effluents
Calculs de rations	–	–	BTS ACSE	–
Calculs de rations	Informatique	INRA	BP SDE	Inration
Durabilité	–	INRA	BTS, Bac STAV	IDEA
Durabilité	Informatique	INRA	BTS APV	STICS
Durabilité	–	Solagro	BTS, Bac STAV	Dialecte

Durabilité	Informatique	CORPEN	BTS ACSE	Stephy
Durabilité	–	–	BTS, Bac STAV	RAD
Durabilité	–	–	Bac pro CGEH	TRAME
Calculs IFT	Informatique	Ministère de l'agriculture	BTS ACSE	Calculette IFT
Comptabilité	Informatique	Personnel	BTS ASCE	Calculs de marges semi-nettes
Croissance et développement vigne	Informatique	FASEA, ENESAD	Seconde pro et viticulture vigne	Simulcep
Désherbage betterave	Informatique	ITB	Bac pro	BETSY
Choix variétal blé	Informatique	Arvalis	Bac pro	« mes parcelles »
Itinéraire technique tournesol	Informatique	CETIOM, INRA	BTS APV	SUNFLO

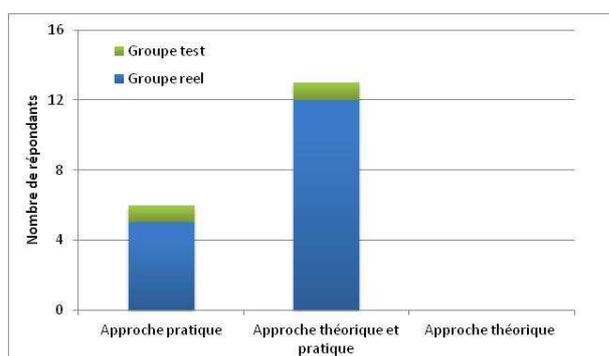
Une vingtaine de modèles sont employés par les enseignants, les plus répandus semblent être avec support informatiques et concernent la fertilisation (bilan humique, calcul NPK, COMIFER, réglette colza, héliotest...) qui représentent 50% des modèles utilisés et ceux sur la durabilité, 30%. D'autres types de modèles sont manipulés comme SUNFLO ou BETSY ou SIMULCEP qui sont peut-être plus spécifique (sur une culture) ou encore des modèles créés par l'enseignant. Ces modèles semblent être utilisés le plus souvent dans les classes de BTSA (42%) et de Bac PRO (26%). Par exemple, un enseignant utilise BETSY (modèle de désherbage de la betterave) avec une classe de BAC Pro dans le cadre du module MP42, un autre emploie le bilan humique, le bilan N, P, K et la calculette IFT avec des classes de BTS ACSE première année dans les modules : D46 et D47. Enfin, certains enseignants pensent que les modèles ne sont pas toujours adaptés à leur situation d'enseignement ou aux classes qu'ils leurs sont confiées (*réponse issue du questionnaire*). Il y a également une méconnaissance des modèles par certains enseignants (*biais dans les réponses*) ils emploient par exemple les bulletins de santé du végétal, les bulletins d'Arvalis, vigicultures, la reconnaissance de la flore adventive, infloweb (*réponses issue du questionnaire*), nous estimons que ce n'en sont. Nous avons vu les limites de cette question.

- Fréquence d'utilisation des modèles par les enseignants



58% des enseignants ont une utilisation annuelle des modèles mais aucun ne les utilisent hebdomadairement.

- Types d'activités dans lesquelles sont utilisés les modèles



Les enseignants utilisant les modèles le font à travers une approche théorique mais également pratique avec les élèves, parfois que pratique mais jamais ils ne réalisent une approche strictement théorique. Peut-être qu'ils ne trouvent pas pertinent de faire de la théorie sur les modèles et préfèrent privilégier l'aspect pratique (formations professionnalisantes). Nous avons demandé aux enseignants qu'ils précisent le nombre d'heures de travail

avec les élèves sur les modèles, il varie d'un enseignant à un autre de : 2h à 10h selon les spécialités et les logiciels utilisés. Il est impossible de réaliser une moyenne étant donné que les enseignants n'utilisent pas les modèles à la même fréquence (*limites de la question*).

Tableau 9 : Nombres d'heures de travail sur les modèles

Nombres d'heures de travail sur les modèles
« 3h en BTSa GPN approche pratique », « simulcep environs 3h parcours vigne 4h Fiches pratiques IFV 8h », « 4h par an pour 16 élèves avec 2 enseignants pour les modèles TRAME et IDEA », « plus de difficultés à concentrer le public. Environ 5 h/an », « approche théorique : 2 heures, approche pratique : 2 heures », « 8 à 10 h de travail avec le calculateur STEPHY, le calculateur de l'IFT et le calcul des marges semi-nettes », « 3h en moyenne », « à chaque fois, une séance de 2 h éventuellement comparaison résultats avec la méthode "papier" »

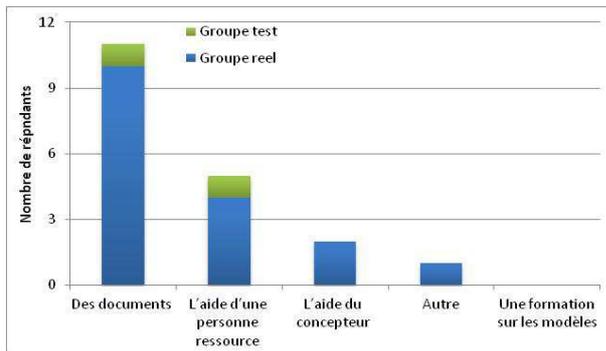
- Raisons de l'utilisation des modèles avec les élèves

Nous avons classé les réponses des enseignants en deux groupes : 1) Le modèle utilisé comme outil professionnalisant, correspondant à 74% des enseignants (14/19) et 2) Le modèle comme outil pédagogique, adopté par 32% (6/19). Ces deux approches permettent de regrouper les multiples raisons qu'ont décrites les enseignants.

Tableau 10 : Raisons de l'utilisation des modèles par les enseignants (outil pédagogique et professionnalisant)

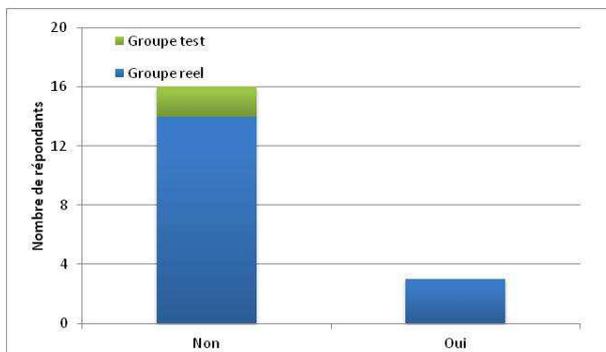
Outil pédagogique	Outil professionnalisant
« Illustration d'un cours théorique », « apprenants acteurs de leur formation », « développer les capacités d'apprentissage des étudiants », « développer un esprit critique des méthodes de vulgarisation- construire un raisonnement », « pour diversifier mon enseignement »	« approche concrète car travail en collaboration avec les professionnels », « approche pragmatique et professionnelle des décisions à prendre », « approche technique », « illustration de situation de terrain pouvant être mobilisés par des enseignants », « permet de montrer les possibilités avec les logiciels », « aspect pratique et ludique avec des données réelles », « présentation d'outils utiles dans la vie professionnelle »

- Outils d'aide à la prise en main des enseignants pour manipuler les modèles



Les principaux outils sur les modèles utilisés par 58% des enseignants sont des documents tels que des sites internet, des livres, des articles... (11/19) L'enseignant ayant répondu « autre », a précisé qu'il utilisait à la fois plusieurs outils (concepteur et documents). Il est important de noter qu'aucun enseignant ne participe à des formations sur les modèles (*question à approfondir*).

- Création éventuelle de modèles par les enseignants



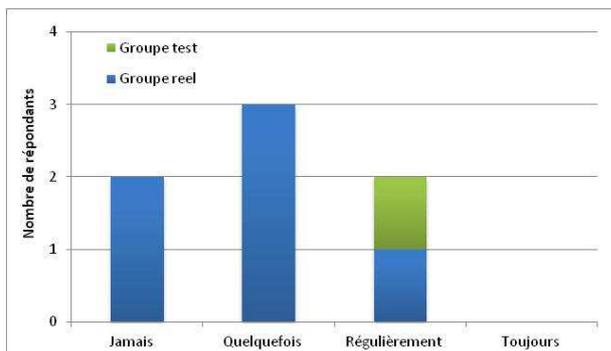
Globalement 15% d'enseignants (3/19) ont déjà créé des modèles. Ils ont conçu par exemple des modèles d'optimisation, de calcul de ration en élevage équin ou encore des feuilles de calcul de bilan azoté, de bilan hydrique, de bilan humique, de marge semi-nette. La non création de modèles peut s'expliquer par un manque de temps et de formation à l'outil (n'ont pas les compétences) comme quelques enseignants l'ont précisé en commentaires.

commentaires.

Après avoir vu les différents types d'utilisations des modèles nous allons voir les difficultés qu'ils peuvent rencontrer en utilisant ces outils.

Les difficultés rencontrées par les enseignants pour utiliser les modèles

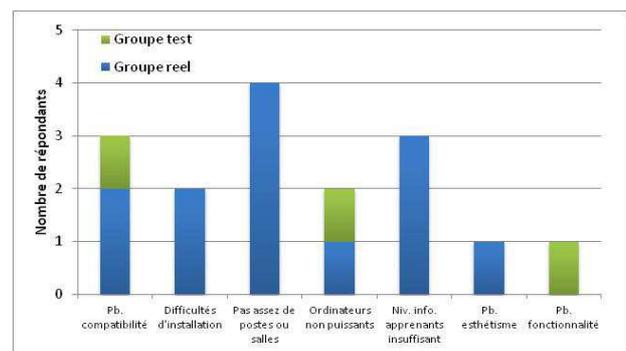
- Fréquence d'apparition des difficultés techniques (modèles informatiques)



L'utilisation des modèles informatiques entraîne des difficultés techniques pour 71% des enseignants sur (5/7.) Elles sont le plus souvent occasionnelles et aucun enseignant n'en rencontre à chaque utilisation (toujours).

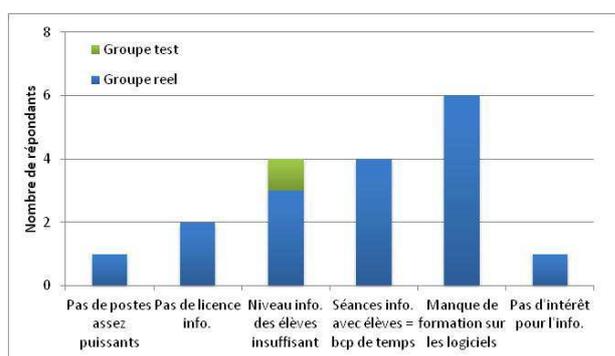
- Natures des difficultés techniques (modèles informatiques)

Les causes des difficultés techniques peuvent s'expliquer dans 57% (4/7) des cas par un manque d'équipement informatique dans les lycées (manque de salles (57%), problèmes de comptabilité (43%), de fonctionnalités (14%), postes non puissants



(29%), difficultés d'installation (29%)). De plus, le niveau informatique des apprenants est souvent jugé insuffisant (43%). Il serait intéressant d'élaborer des outils informatiques légers et simples à installer, fonctionnant sur le web par exemple et des tutoriels pour guider les enseignants lors de l'installation et pour en décrire les fonctionnalités. Ceci renforce le besoin d'outils sur les modèles pour aider les enseignants à s'en servir. Malgré le faible nombre de réponses, nous voyons que l'esthétisme est à prendre en compte pour créer des outils à destination des enseignants, comme nous avons pu le voir lors du test de notre questionnaire (nombreuses remarques sur la forme). Une dernière remarque aucun n'enseignant ne semble avoir des difficultés pour manipuler l'informatique et ils n'ont pas de problèmes pour rentrer et lire les données et résultats du modèle car nous n'avons pas obtenus de réponses à ce sujet.

- Raisons pour lesquelles les modèles informatiques ne sont pas utilisés



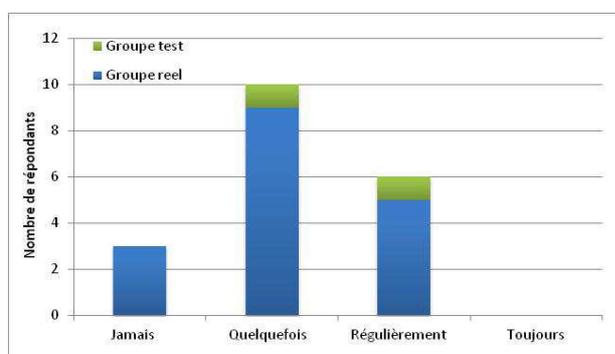
Le manque de formation sur les logiciels est le principal argument empêchant l'utilisation des modèles informatiques par les enseignants (50%). Deux autres problèmes persistent, les séances informatiques avec les élèves prennent beaucoup de temps (33%) ce qui est entre autres lié à leur niveau insuffisant (33%). Afin de remédier à ces difficultés, il serait peut-être judicieux d'augmenter les heures de cours en informatique ou

d'élaborer des scénarios adaptés pour prendre l'outil en main par exemple en passant d'un poste à l'autre (plus de travail individualisé). Les enseignants interrogés ne semblent pas avoir de réticence pour l'informatique étant donné que nous n'avons pas obtenu de réponses sur ces propositions. Il est probable également que les enseignants bénéficient de salles informatiques et de postes pour les élèves car ils n'ont pas évoqué de besoins à ce niveau par contre les postes disponibles ne sont pas toujours assez puissants pour utiliser les modèles. Enfin, certains enseignants ne semblent pas intéressés par l'informatique.

- Manque de formation sur les logiciels : thèmes à aborder

2 enseignants sur 6 (33%) sont intéressés par les logiciels développés par les chambres d'agriculture et souhaiteraient qu'on leur présente de nouveaux modèles. Ils aimeraient également bénéficier d'explications sur des modèles existants comme : bilan azoté pâturage, calculs de fertilisation, bilan humique, modèle d'évaluation multi-critères, multi-enjeux. Peut-être qu'une formation pourrait être organisée à cet effet en présentant et en expliquant le fonctionnement de modèles sur des thématiques diverses.

- Fréquence d'apparition des difficultés pédagogiques



La fréquence d'apparition des difficultés pédagogiques est occasionnelle (53%). Aucun n'en trouve à chaque fois et seul moins 16% n'a aucune difficulté pédagogique à utiliser les modèles. Il ya tout de même 32% des enseignants qui en rencontrent régulièrement.

Voici quelques exemples de commentaires des enseignants sur les difficultés qu'ils rencontrent pour utiliser les modèles :

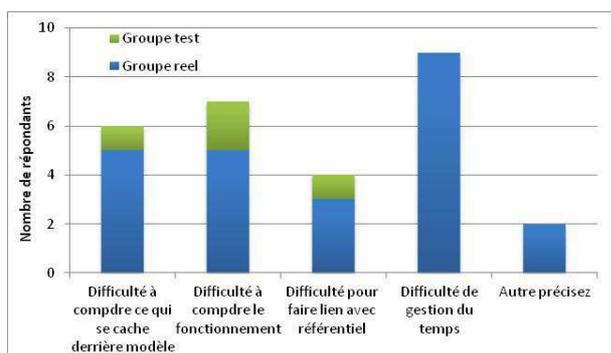
Tableau 11 : Exemples de commentaires des enseignants sur les difficultés rencontrées pour utiliser les modèles

Difficultés informatiques	Difficultés pédagogiques
« Accès compliqué à certains modèles développés par le public et tombés dans le domaine privé (Septo 3D / SeptoLis) »	« les étudiants ont parfois des difficultés sur des calculs basiques, ce qui parasite la compréhension de la démarche »
« Compatibilité des logiciels avec les serveurs de la structure (version des logiciels trop vétuste ce qui crée des phénomènes de "bug") »	« modèles informatiques de chambres d'agriculture : prise en main et compréhension des items »
« Les premières utilisations sont parfois	« limité par la capacité de réflexion des

hasardeuses, il suffit de s'y adapter »	étudiants de BTSA ACSE face à des outils informatiques »
« interface un peu brutale »	–
« Difficile pour pâturin pour maîtriser le logiciel »	–

Plusieurs difficultés ressortent : des difficultés techniques comme des problèmes de comptabilité avec les logiciels, interface brutale, accès complexe à des modèles issus du public et des difficultés pédagogiques : problème de compréhension des élèves sur des calculs basiques, problème de capacité de réflexion des élèves.

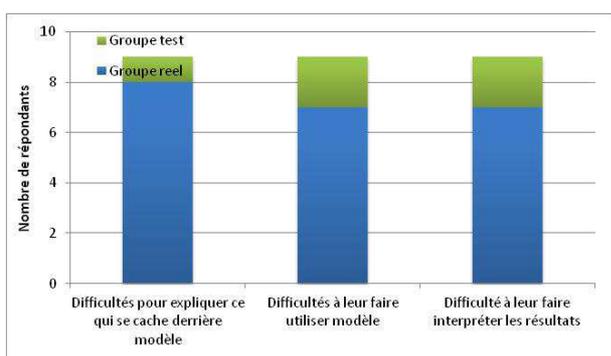
- Nature des difficultés pédagogiques vis-à-vis de l'enseignant



Premièrement, la difficulté de gestion du temps des séances sur les modèles (9/16) avec les élèves explique en grande partie les problèmes pédagogiques (56%). Une fois encore les enseignants ont signalé que les séances sur les modèles semblent prendre beaucoup de temps (*comme à la question concernant les raisons pour lesquelles les modèles informatiques ne sont pas utilisés où ils étaient 33%*). Peut-être parce qu'il n'est pas évident d'organiser des séances informatiques avec les élèves (pas toujours très attentifs, beaucoup de temps pour leurs expliquer les démarches à suivre, pas le niveau informatique requis).

Deuxièmement, des difficultés concernant le modèle en lui-même sont nombreuses comme celles liées à son fonctionnement (44%) ou à comprendre ce qui se cache derrière (38%). De plus après avoir analysé le nombre de réponses par individu, nous remarquons que seulement 31% ont donné une réponse unique. Ainsi 67% des enseignants ont eu 2 à 3 réponses, ce qui montre que les difficultés pédagogiques sont très souvent multiples. Cette question confirme le besoin de ressources sur l'utilisation des modèles.

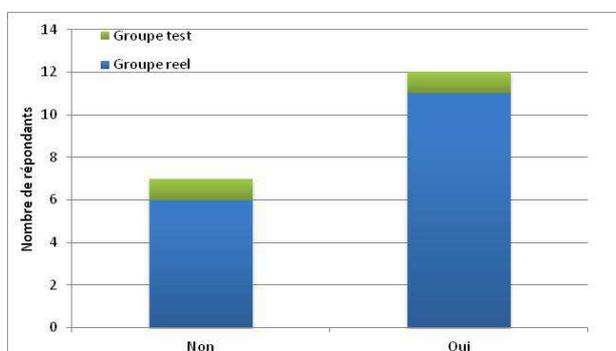
- Nature des difficultés pédagogiques vis-à-vis de l'élève



Les difficultés pédagogiques rencontrées avec les élèves sont souvent multiples, la moitié des enseignants ont coché deux réponses. A cette question, le nombre de réponses est identique, ce qui signifie que les enseignants rencontrent de manière générale, des difficultés à transposer didactiquement les modèles à leurs élèves (expliquer ce qui se cache derrière le modèle, le faire utiliser et faire interpréter les résultats aux élèves.)

L'élaboration de ressources est « indispensable » pour les aider à utiliser et à maîtriser les modèles avec notamment des exemples de scénarii pédagogiques pour les utiliser avec leurs élèves.

- Les besoins des enseignants vis-à-vis des modèles



Enfin, 63% enseignants souhaitent bénéficier d'autres outils sur les modèles et nous ont fait part de leurs suggestions.

Les enseignants (58%) souhaiteraient bénéficier en premier lieu de ressources pédagogiques facilement accessibles (site internet par exemple) qui englobent par exemple une liste de modèles utilisables, des modèles adaptés à divers niveaux de classes, des éléments pour construire les modèles... Puis 25% voudraient être formés sur les modèles et 25% aimeraient avoir l'aide de professionnels (soit lors d'une formation, soit un intervenant en classe, soit des démonstrations en ligne par le concepteur).

Nous avons organisé et trié les réponses en trois thèmes dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12 : Commentaires des enseignants utilisateurs de modèles concernant leurs besoins vis-à-vis de ces outils

Ressource pédagogique	Formation	Professionnel
<p>« Site internet »,</p> <p>« ressource plus souples dans l'utilisation permettant une meilleure adaptation pédagogique pour des niveaux bac pro »,</p> <p>« modèle de simulation de situation complexe qui propose à partir de données sur les pratiques des agriculteurs de proposer une simulation du système de culture et du système de production tout en faisant apparaître assez simplement les grands principes des partis pris pour les calculs : cela peut être un site internet »,</p> <p>« ressources pédagogiques qui présentent les éléments qui sont pris en compte pour construire le modèle et les raisons qui les justifient », « ressources en ligne gratuites », « liste de modèles et doc d'accompagnement », « Tout ce qui est modèle de culture et modèle épidémio »</p>	<p>« formation à l'utilisation des nouvelles ressources », « formation avec des professionnels et des enseignants : permettrait d'étalonner le niveau requis dans nos cours »</p>	<p>« intervenant professionnel », « démo. par le concepteur »</p>

Synthèse et perspectives

Tout d'abord, nous avons vu qu'il y a avait 19 enseignants utilisateurs de modèles avec support informatique principalement et sur le thème de la fertilisation. Ceci peut s'expliquer par le fait que la fertilisation est en général une partie importante des programmes et de nombreux modèles sont disponibles (bilan N, P, K ; bilan humique, réglette colza...). Les enseignants abordent les modèles selon une approche pratique qui pourrait se justifier par des diplômes professionnalisant dans l'EA (*stages réguliers dans les diverses formations avec rapport de stage*). Les raisons de l'utilisation des modèles avec les élèves sont en lien avec l'application réalisée en classe par les enseignants :

- Outil **professionnalisant**, en mettant les élèves en situation concrète, à l'aide d'outils déjà employés dans le monde professionnel agricole qui sont ludiques et pratiques avec des données réelles (outils utilisés sur le terrain)
- Outil **pédagogique**, en rendant vivant un cours, en favorisant l'interaction enseignant/ élèves mais aussi en rendant l'élève acteur de son apprentissage (illustration d'un cours théorique) et en développant de ses capacités d'apprentissage (développement d'un esprit critique des méthodes de vulgarisation- construction d'un raisonnement)

De plus, un enseignant a insisté en disant que les référentiels incluent l'utilisation de moyens d'analyse et il a choisi de traiter les modèles pour répondre à cette exigence. Pour prendre en main les modèles, les enseignants privilégient les documents internet, livres, articles mais ils sont très peu à avoir créés ce type d'outils.

Les enseignants rencontrent des difficultés pour utiliser les modèles mais elles sont occasionnelles. Nous en avons évoqué deux sortes :

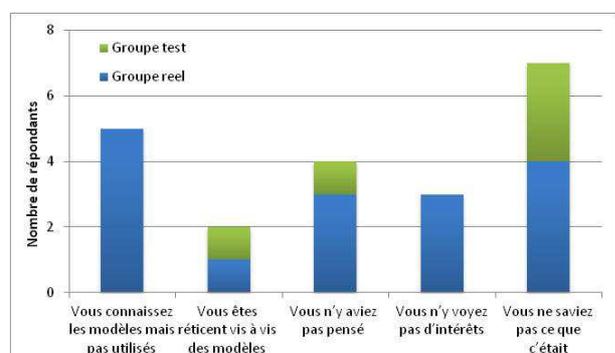
- les difficultés techniques dues majoritairement à un manque d'équipements informatiques dans les structures d'enseignement, à des problèmes de compatibilité ou d'installation des modèles informatiques. Pour remédier à ce dernier problème, nous pensons judicieux de constituer des tutoriels et de développer des logiciels sur une interface libre et évolutive qui guident les enseignants lors de ces opérations avec les modèles. Nous avons analysé les raisons de la non utilisation des logiciels, celle qui apparait le plus souvent est le manque d'outils ce qui confirme le besoin de ressources.
- les difficultés pédagogiques : gestion du temps lors de séances sur les modèles (en particulier en informatique car les élèves ne sont pas toujours attentifs et leur niveau informatique pas toujours suffisant) avec les élèves, problèmes pour se les approprier de manière générale (compréhension, utilisation, application en classe). Pour pallier à ces problèmes, il serait peut-être judicieux d'augmenter les heures de cours en informatique ou d'élaborer des scénarii adaptés pour prendre l'outil en main par exemple en passant d'un poste à l'autre (plus de travail individualisé).

Le besoin de ressources sur les modèles est réel, un exemple de modèle (description d'un modèle, explication de son fonctionnement) illustré de scénarii pédagogiques (exemples d'applications pédagogiques) serait probablement approprié pour apporter de l'aide aux enseignants. Ce choix se justifie car certains enseignants ont signalé, à travers des commentaires, qu'ils ne rencontraient pas toujours des difficultés à utiliser les modèles mais qu'il était compliqué d'y avoir accès. D'autres rencontrent des difficultés pour les utiliser avec leurs élèves ou ne voient pas toujours les intérêts de ces outils qu'ils trouvent complexes.

En résumé, le besoin de ressources se confirme à plusieurs reprises au fil de l'avancement des traitements des résultats. Les enseignants souhaiteraient qu'elle soit facilement disponible sur un site internet par exemple et qu'elle les guide pour utiliser les modèles avec leurs élèves.

Nous avons analysé l'ensemble des questions posées aux utilisateurs de modèles, maintenant nous allons étudier les questions pour les enseignants n'utilisant pas de modèles afin de connaître les raisons pour lesquelles ils n'en utilisent pas et pour savoir s'ils souhaitent en savoir davantage sur ces outils.

5.1.3 Questions pour les non utilisateurs de modèles



Nous avons vu que 21 enseignants sur 40 n'utilisent pas les modèles, nous allons chercher à comprendre quelles en sont les raisons.

Nous observons que la méconnaissance des modèles et de leurs intérêts pédagogiques (76%) y est pour beaucoup dans la non utilisation des modèles par les enseignants. L'hypothèse de départ concernant la réticence à ces outils est rejetée, seulement 24% des

enseignants ne voient pas d'intérêt ou sont réticents à l'informatique.

En fonction des réponses données ci-dessus, les enseignants ont eu accès à des groupes de questions différents que l'on peut voir dans le schéma ci-dessous :

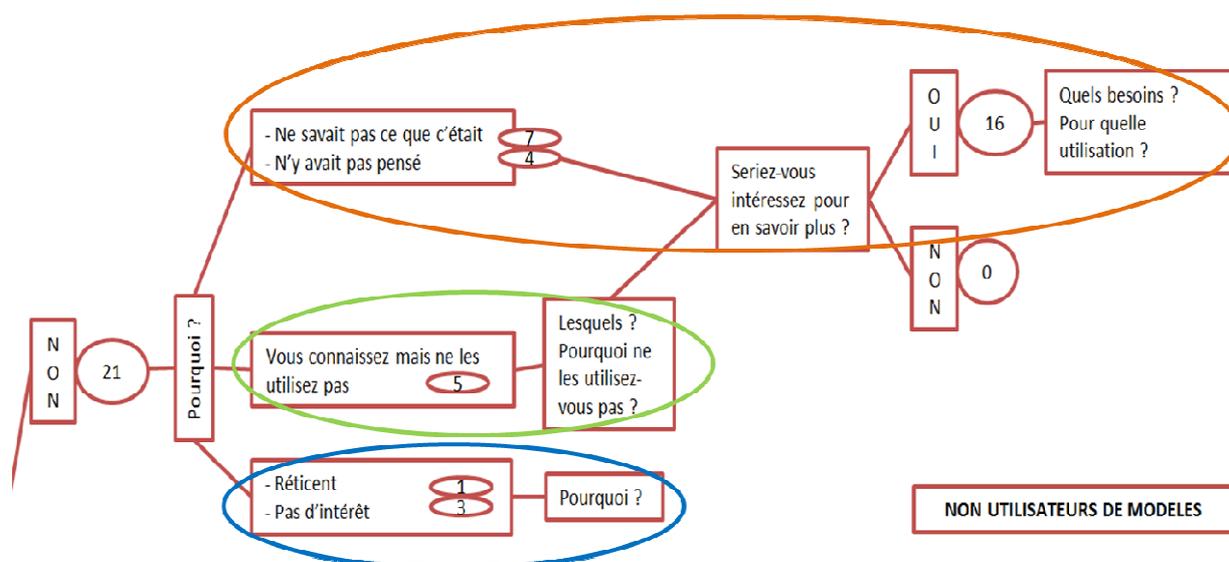
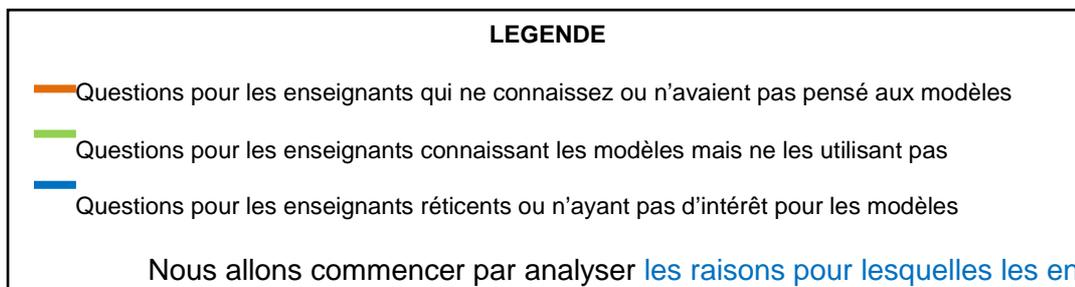
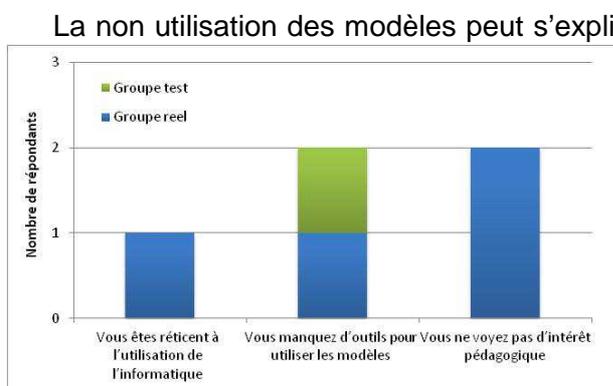


Figure 19 : Synthèse des questions posées aux enseignants non utilisateurs de modèle



Nous allons commencer par analyser les raisons pour lesquelles les enseignants sont réticents ou ne voient pas d'intérêt à l'usage des modèles. Puis, nous étudierons le cas des enseignants connaissant les modèles mais ne les utilisant pas et les raisons de cette non utilisation. Enfin, nous allons examiner l'intérêt, les besoins des enseignants vis-à-vis des modèles et nous verrons les utilisations qu'ils souhaiteraient en faire (cas des enseignants ne connaissant ou n'avaient pas pensé aux modèles et cas de ceux qui connaissaient les modèles mais ne s'en servaient pas).

- Les raisons d'une réticence ou d'un désintérêt vis-à-vis des modèles (cas des enseignants n'ayant pas d'intérêt ou étant réticents aux modèles)



La non utilisation des modèles peut s'expliquer par un manque d'outils (40%) et par une méconnaissance des intérêts pédagogiques (40%). Ceci appuie le fait qu'il faudrait présenter les intérêts des modèles dans notre ressource et montrer que ces outils ne sont pas limités à certains niveaux de classes. Par exemple, un enseignant a commenté : « Je ne pense pas que ce soit nécessaire au niveau bac pro », effectivement ce n'est pas nécessaire d'enseigner les modèles mais c'est intéressant de lui prouver le contraire en

imaginant par exemple un scénario pédagogique simple et adapté à ce niveau d'enseignement.

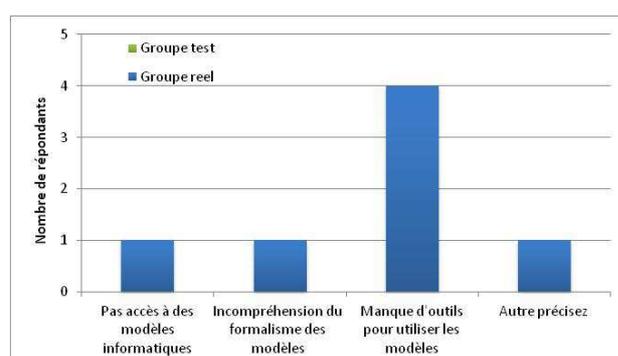
- Les noms de modèles connus et la manière dont ils les ont connus (cas des enseignants connaissant les modèles mais ne les utilisant pas)

Tableau 13 : Noms et origines des modèles connus par enseignants non utilisateurs de modèles

Noms des enseignants	Nature/ nom du modèle	Origine
1	Modélisation des déperditions thermiques d'une serre horticole	Etudes en écoles d'ingénieur
2	Non précisé	Formation en BTSA Tech. productions Horticoles
3	INRATION	Etudes doctorales orientées sur l'alimentation des bovins
4	AZODYN	Presse spécialisée
5	Non précisé	Collègue

La découverte des modèles par les enseignants se réalise lors des études (3/5), pour 60% d'entre eux. Certains ont connu les modèles en discutant avec des collègues enseignants (20%) ou dans des journaux de presse spécialisée (20%).

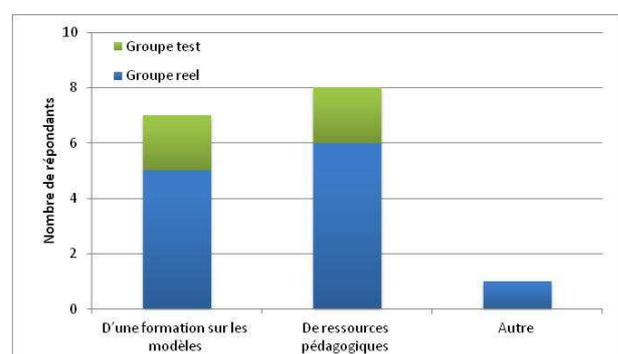
- Les raisons pour lesquelles les modèles ne sont pas employés



Le manque d'outils (80%) est le principal facteur explicatif dans la non utilisation des modèles par les enseignants. Cette question affirme à nouveau le besoin de ressources. Un enseignant a indiqué en commentaire qu'il existait peu de modèles adaptés à l'horticulture. 20% des enseignants n'ont pas accès à des modèles informatiques ou ne comprennent pas le formalisme des modèles.

Intérêts, besoins relatifs aux modèles et à leur utilisation

- Les besoins des enseignants vis-à-vis des modèles



La totalité des enseignants (100%) est intéressé pour en savoir plus sur les modèles. Cette question confirme bien le fait qu'il y a un réel besoin de créer des ressources (50%) et des formations (44%) sur les modèles. Par exemple, un des répondants (Autre) a précisé qu'il souhaiterait avoir « une méthodologie pour appliquer un logiciel en lien avec les tables d'alimentation de l'INRA qui se sont à mon avis complexifiées les rendant plus difficile

de compréhension pour moi-même et a fortiori pour des lycéens ET ressources adaptées à l'horticulture, à l'agronomie ».

- Les intérêts des enseignants pour les modèles

Nous avons présenté quelques réponses des enseignants jugées pertinentes, dans ce tableau afin de rendre compte des trois grands types d'intérêts qui ressortent.

D'après ces réponses, nous pouvons voir que les modèles auraient trois objectifs principaux : 1) pour varier la pédagogie : 38%, 2) pour approfondir les connaissances en agronomie : 25% et 3) comme outil de professionnalisation : 19%.

Tableau 14 : Les intérêts potentiels des enseignants non utilisateurs de modèles

Intérêts pédagogiques	Intérêts pour approfondir des connaissances en agronomie	Intérêts pour la professionnalisation
« Illustration de cours », « animer les séances pédagogiques », « pour répondre au mieux aux questions et attentes de mes élèves »	« complète et affine la connaissance théorique sur les paramètres du sol et du climat et donc mieux comprendre les agrosystèmes locaux », « évolution technique », « représentations intéressantes pour nos élèves. Ils ont ainsi des valeurs réelles pour les aider à interpréter les sols, cela est plus parlant avec des chiffres ou des courbes »	« Pour mettre les élèves en situation active », « pour pouvoir coller à la réalité du terrain », « ...outil de travail »

- Utilisations que feraient les enseignants avec les modèles

Les utilisations que feraient les enseignants des modèles avec leurs élèves sont de deux types : théorique et pratique. Nous avons répertorié dans le tableau ci-dessous, quelques réponses que nous avons jugées intéressantes.

Les enseignants utiliseraient les modèles en suivant une approche théorique et/ ou pratique. L'approche pratique seule est majoritaire, 50% des enseignants par rapport à l'association théorique et pratique qui est abordée par 3 enseignants. A noter que 44% des enseignants n'ont pas répondu à cette question ou ne savaient pas de quelles manières les aborder avec leurs élèves (7/16).

Tableau 15 : Les utilisations potentielles des enseignants non utilisateurs de modèles

Approche	Cas	Classes
Théorique et pratique	« application pratique si cela est possible. Le but étant de comprendre les agrosystèmes pour une meilleure prise de décision » (<i>utilisation progressive en fonction du niveau</i>)	2ndes à la terminale puis BTSA
Pratique	« Cela permettrait d'imager la croissance et le rendement photosynthétique d'une plante sous serre en fonction des paramètres climatiques, de la ferti irrigation et d'un ITK particulier »	Bac Pro
Théorique et pratique	Théorique sur le climat et pratique pour la viticulture	Bac Pro (biologie) Bac Pro (viticulture)
Pratique	« sur les calculs de rendements et les calculs de fertilisation »	Premières et terminales CGEA option PA
Pratique	–	–
Théorique et pratique	Théorique si elle n'est pas trop complexe et envisageable, pratique « plus intéressant, tout outil m'intéresse aussi qui pourrait me faciliter la pédagogie et la rendre plus vivante avec des élèves acteurs plutôt que spectateurs »	Bac Pro
Pratique	« pour aider à interpréter les qualités agronomiques des sols »	Bac
Pratique	« gestion d'une serre »	–
Pratique	« en viticulture-œnologie »	–

Synthèse et perspectives

Nous avons répertorié 21 enseignants non utilisateurs de modèles et les principales raisons semblent être la méconnaissance des modèles et de leurs intérêts pédagogiques et le manque de ressources. Nous avons de ce fait rejeté l'hypothèse que les enseignants étaient réticents aux modèles d'autant plus que tous les enseignants sont intéressés pour en savoir davantage sur ces outils. Certains ont eu l'opportunité de connaître les modèles durant leurs études mais ne les utilisent pas, même s'ils y voient divers intérêts :

- Intérêts pédagogiques : il rend l'élève acteur de sa formation, permet la construction d'un esprit de réflexion chez l'élève, diversifie les pédagogies (illustration de cours)
- Intérêts pour approfondir les connaissances en agronomie : il permet le travail sur des données réelles, outil concret avec aspects techniques
- Intérêts pour la professionnalisation : met l'élève en situation professionnelle, colle à la réalité du terrain

Enfin, les enseignants auraient tendance à privilégier l'approche pratique pour utiliser les modèles avec leurs élèves. Comme dit précédemment ceci peut se justifier par le fait que

les formations de l'EA sont professionnalisantes et ils souhaitent donc privilégier la pratique à la théorie en mettant l'élève en situation concrète avec des outils techniques.

Ils souhaitent tout comme les utilisateurs de modèles, une ressource décrivant les intérêts pédagogiques des modèles et expliquant ce que sont les modèles (définition, exemples, fonctionnement). En clair, les attentes sont similaires à celles évoquées par les enseignants utilisant les modèles, en termes de contenu (description des modèles, intérêts, fonctionnement) et de forme (facilement disponible : site internet). Enfin, il serait pertinent de leur proposer également des exemples de scénarii pédagogiques pour qu'ils puissent intégrer les modèles dans leurs cours.

Ce questionnaire nous a permis d'obtenir un grand nombre d'informations sur la place des modèles dans l'EA, cependant il se base sur des réponses volontaires des enseignants. Ceci peut porter à croire que les enseignants ayant répondu n'étaient pas indifférents vis-à-vis des modèles, ils étaient peut-être déjà intéressés par ces outils. A travers notre questionnaire, certaines questions auraient mérité une hiérarchisation notamment les questions ouvertes qui fournissent des informations mais non structurées et pas évidentes à analyser. Ces questions mériteraient pour la plupart d'être des questions fermées à choix multiple (hiérarchise la question) avec des commentaires (permet à l'enseignant de donner des précisions, de s'exprimer).

Pour répondre aux besoins des enseignants utilisateurs de modèles et aux intérêts des non utilisateurs, nous avons décidé de construire une ressource pédagogique. Cette ressource n'est pas figée et subira probablement des améliorations par la suite mais elle nous permet déjà d'avoir une idée du contenu et des propositions de scénarii pédagogiques appliqués à un modèle, WHEATPEST.

6 Phase praxéologique : élaboration d'une ressource pédagogique

Suite à l'analyse des référentiels et des réponses au questionnaire, nous avons élaboré une ressource pédagogique sur un modèle : WHEATPEST. Nous avons choisi un modèle en particulier pour pouvoir le décrire, expliquer son fonctionnement et guider les enseignants en donnant des exemples de scénarii pédagogiques.

Dans cette partie nous allons tout d'abord étudier la méthodologie que nous avons empruntée pour construire la ressource, ensuite nous vous présenterons le fruit de notre travail. Enfin, nous tenterons d'avoir un esprit critique sur la ressource réalisée et nous verrons les apports qu'elle peut fournir à la recherche.

6.1 Ingénierie pédagogique : une ressource sur les modèles pour les enseignants

6.1.1 Méthodologie utilisée pour l'élaboration d'une ressource à partir de Wheatpest

Après avoir analysé les réponses au questionnaire nous avons réfléchi au type de modèle que nous souhaitions, plutôt un outil sur l'épidémiologie du blé pour répondre à la demande de certains enseignants, des modèles autre que la fertilisation (déjà nombreux). Lors d'une réunion avec mes directeurs de mémoire, nous avons pu discuter avec un chercheur de l'INRA, Mr Aubertot qui avait travaillé sur un modèle décrivant l'impact des bioagresseurs sur le blé : wheatpest [Willocquet L, Aubertot JN, Lebard S, Robert C, Lannou C, Savary S. 2008. Simulating multiple pest damage in varying winter wheat production situations. Field Crops Research, 107 (1), p.12-28.]. Il nous a présenté rapidement le modèle qui est disponible sur un site internet (<http://wheatpest.toulouse.inra.fr/wheatpest/experiment/credits>) mais wheatpest avait été

conçu à l'origine pour être utilisé par des ingénieurs/chercheurs au niveau européen et aussi pour des enseignements à destination d'élèves de master 2. Les textes sont notamment rédigés en anglais et il y a beaucoup d'informations scientifiques.

Ce modèle nous a intéressé car il est accessible sur l'agronomie qui comme nous l'avons précisé auparavant, est notre spécialité. Un deuxième avantage non négligeable est qu'il est disponible en ligne et les données sont déjà créées, il va falloir toutefois le remanier pour l'adapter à un public en lycée agricole.

Grâce à la publication sur le modèle et au site internet, nous avons élaboré notre ressource en commençant par analyser le fonctionnement du modèle et plus particulièrement les « boîtes » du modèle. C'est un modèle pluridisciplinaire, basé principalement sur l'agronomie avec des notions de biologie-écologie car il est composé d'un modèle de croissance d'une plante (biologie-écologie) et il va simuler l'impact des bio-agresseurs sur le blé. Il est composé de quatre boîtes (ou sous modèles) :

- une boîte avec un modèle sur l'accumulation de biomasse totale en fonction du rayonnement basé sur l'équation de Monteith
- une boîte avec un modèle sur les stades de développement du blé en fonction des températures
- une boîte avec un modèle sur la répartition de la biomasse totale dans les organes (feuilles, tiges, épis, racines)
- une boîte avec un modèle sur les bio-agresseurs du blé (influence sur plusieurs variables) et l'impact qu'ils vont avoir sur le rendement du blé (individuellement ou associés)

Pour adapter wheatpest aux enseignants en lycée agricole, nous avons décidé de nous concentrer sur le modèle de production de la biomasse pour constituer notre ressource.

Nous avons pour cela récupéré les équations du modèle et nous les avons codées sous le logiciel Excel qui a l'avantage d'être largement utilisé. Puis, nous avons généré des graphiques pour illustrer les données et nous avons fait en sorte de modifier les paramètres du modèle un à un pour étudier son effet sur les sorties du modèle. Ces graphiques plutôt basés sur des notions théoriques (indice foliaire, efficacité de conversion du rayonnement en biomasse, rayonnement incident journalier...) sont illustrés par des exemples de scénarios pédagogiques faisant appel à des notions plus concrètes pour l'enseignant et ses élèves. Cependant, ce type de ressource est à utiliser principalement avec des classes de BTSA car les notions sont en liens avec certains objectifs répertoriés dans les référentiels de diplômes de BTSA option ACSE et APV.

La ressource que nous avons élaborée fait appel à de nombreuses notions en agronomie, elle est donc volumineuse et de ce fait nous avons décidé de l'organiser en trois grandes parties :

- 1) présentation du modèle wheatpest où nous avons détaillé l'architecture du modèle de manière progressive, puis nous avons expliqué son fonctionnement et présenté les bio-agresseurs présents dans wheatpest et enfin nous terminerons cette partie en étudiant la représentation globale du modèle (4 boîtes).
- 2) l'architecture globale du « sous modèle » de production de biomasse basé selon le modèle de Monteith où nous détaillerons l'équation et ses quatre paramètres (coefficient d'extinction, indice foliaire, l'efficacité de conversion du rayonnement en biomasse et le rayonnement photosynthétiquement actif).
- 3) étude de la variation d'un paramètre à la fois dans le modèle de production de biomasse et observation des conséquences que cela engendre sur les variables de sorties grâce aux graphiques.

La ressource a été générée sous forme de diaporama pour faciliter la navigation et la lecture de l'enseignant, nous avons tenté d'insérer des schémas colorés pour faciliter la compréhension et pour rendre plus agréable la lecture (la forme d'un document est importante pour l'enseignement, comme nous l'avons vu lors du test du questionnaire). Nous tâcherons à chaque partie de faire le lien avec les référentiels des deux diplômes BTSA ACSE et APV où nous avons pu effectuer des liens avec les notions insérées dans la ressource. Pour cela, nous avons inséré des signes distinctifs : ★ BTSA ACSE et ★ BTSA APV pour faire les liens au sein des diapositives. Nous avons différencié les commentaires inclus de la ressource, en notant en *italique* les liens effectués avec les référentiels de diplôme.

6.1.2 Architecture du modèle wheatpest

Cette partie de la ressource entre dans les objectifs du référentiel de diplôme du BTSA ACSE (Analyse et Conduite des Systèmes d'Exploitation), plus précisément dans le cadre du module D4.7 « Conduite d'ateliers dans un système de production » → conduite d'une production céréalière dans un système de cultures :

- *objectif 3. Utiliser les notions d'agrophysiologie pour expliquer l'action des facteurs et conditions de croissance (la « machine végétale » : notion de biologie et de physiologie végétale, fonctionnement du peuplement végétal, élaboration du rendement : schéma, composantes, stades repères)*
- *objectif 5. Conduire une culture : objectif 5.1 Déterminer des itinéraires techniques et les adapter à chaque phase du cycle cultural : (fragilité des itinéraires techniques en fonction des risques agronomiques et du climat disponible, raisonner les différentes interventions (nature, dates...): maîtrise des adventices, protection de la culture, choix des variétés)*

De plus dans le référentiel il est précisé que les étudiants utilisent des logiciels professionnels agricoles. Nous pouvons considérer wheatpest comme un outil d'apprentissage d'avantage que comme un outil professionnel à proprement parlé mais ceci peut leur permettre de découvrir ce qu'est un modèle et son fonctionnement.

Cette première partie va faire appel à certains objectifs du référentiel de diplôme du BTSA APV (Agronomie Productions Végétales) :

- *M 55 : Régulations bioécologiques au sein de l'agroécosystème → 4. Gérer les populations de bioagresseurs dans l'agroécosystème (4.1. Caractériser les principaux types de bioagresseurs et d'auxiliaires)*
- *M 58 : Itinéraires techniques → 2. Mobiliser les connaissances écophysiologiques nécessaires à la conduite d'une culture donnée (2.1. Exposer les principaux éléments concernant le développement : cycle de développement, stades repères, déterminismes climatiques et 2.2. Exposer les principaux éléments concernant la croissance : élaboration et partage des assimilats, composantes du rendement et de la qualité, facteurs et conditions de croissance exigences pédoclimatiques et exigences pédoclimatiques, stress biotiques et abiotiques et leurs impacts)*

Nous avons vu que les modèles étaient des outils utilisés régulièrement dans la recherche et le développement agricoles et qu'ils présentaient de nombreux intérêts en particulier pour l'enseignement agricole. Nous avons tenté ci-dessous d'en lister quelques uns. En premier lieu, nous allons rappeler la définition d'un modèle pour cela nous avons repris celle de Vilain, un ingénieur agronome reconnu et nous montrerons les intérêts des modèles pour l'enseignement agricole.

Pour information : La présentation de la ressource a été retirée de ce document afin de le rendre diffusable. A l'issu du travail, en 2013, il s'agit encore d'un prototype, méritant d'être amélioré avant toute diffusion.

6.2 *Evaluation de la ressource*

Comme nous l'avons précisé dans les parties précédentes les modèles pour la pédagogie doivent être facilement disponibles et suffisamment documentés pour que l'enseignant puisse comprendre l'ensemble des processus représentés. Pour que les enseignants puissent y avoir accès facilement nous avons convenus qu'il serait important à terme, de mettre la ressource en ligne par exemple sur le site du RMT modélisation et agriculture (www.modelia.org). Ensuite concernant la compréhension, nous avons vu que les entrées et les sorties doivent être mobilisables et pertinentes. De plus les formalismes utilisés doivent être entièrement décrits et documentés pour faciliter la compréhension et donc l'utilisation. C'est ce que nous avons tenté de faire en proposant plusieurs schémas du modèle wheatpest en allant du plus simple au plus complexe. Comme nous l'avons dit précédemment, nous avons également recodé les données d'entrées du modèle sous un fichier Excel afin de le rendre disponible à terme, aux enseignants pour qu'ils les comprennent et se les approprient. Les sorties du modèle ont été illustrées par des graphiques afin de les rendre transparentes et plus abordables.

Un gros point faible de notre ressource est que nous n'avons pas pu réaliser de co-construction avec les enseignants ce qui peut limiter son utilisation cependant nous avons utilisé un modèle qui existait déjà et qui était à visée pédagogique, nous avons par contre construit une ressource pour faciliter son utilisation. D'autre part, nous n'avons pas pu tester la ressource en classe avec les enseignants (observer le comportement des élèves par rapport à cette ressource) ce qui pourra justifier le fait qu'elle ne sera peut-être pas entièrement adaptée à leurs exigences, d'autant plus qu'ils ne connaissent pas le modèle et qu'ils n'ont pas appris à le manipuler. Ceci peut nuire à l'utilisation de notre ressource, comme l'a précisé [M.H. Jeuffroy et al., 2008] « *pour que le modèle s'insère dans l'activité des utilisateurs, il apparaît aujourd'hui fructueux que l'implication des futurs utilisateurs démarre dès la phase de conception du modèle. En effet, l'adaptation mutuelle du modèle et de ses usages, pour aboutir à un outil utilisé, est largement favorisée par un travail commun entre les concepteurs (au sens strict) et les utilisateurs, tout au long du processus de développement de l'outil* ».

La ressource est également volumineuse et décrit de nombreuses notions parfois théoriques sur l'agronomie qui ne sont pas évidentes à aborder avec les élèves mais pour tenter de remédier à cela nous avons essayé à chaque fois de proposer des applications concrètes (exemples de scénarii) avec les élèves ou de proposer des petites expériences à réaliser avec eux pour qu'ils comprennent et assimilent ces éléments. Nous avons également favorisé les schémas et les graphiques quand il était possible d'illustrer nos propos de cette manière.

Enfin, cette ressource est un exemple de production réalisée pour les enseignants en lycée agricole, c'est un premier essai. Nous pensons l'améliorer en ajoutant par exemple des graphiques avec variation d'un paramètre parmi les autres concernant le modèle sur les bioagresseurs, comme nous l'avons réalisé pour le modèle de production de biomasse. Il sera certainement pertinent de la tester avec des enseignants ou de réaliser des entretiens avec ceux qui vont l'utiliser pour prendre notes des éléments à perfectionner.

Conclusion

Nous avons vu dans les premières parties ce qu'était un modèle et nous avons pu apprécier la diversité de ces outils dans de nombreux champs scientifiques, en particulier en agronomie où nous avons insisté sur les multiples applications et l'ensemble des domaines que recouvrent ces outils. Un modèle est une présentation simplifiée de la réalité, dans notre ressource wheatpest est un modèle de prédiction sur les risques et les impacts des bioagresseurs sur le blé. Nos recherches nous ont permis d'avoir un état des pratiques des enseignants en termes de didactique et de pédagogie et nous avons étudié les relations qu'ils nouent avec le savoir et l'élève via le triangle pédagogique de Merieu.

En plus d'avoir étudié le travail des enseignants à travers le concept de transposition didactique qui illustre une partie de notre démarche pour élaborer la ressource, nous avons cherché à connaître la place des modèles dans l'enseignement agricole. Pour cela nous avons commencé par analyser les occurrences en lien avec la modélisation dans l'ensemble des référentiels agricoles et nous avons constaté que plus le niveau du diplôme est important plus la présence de termes liés aux modèles augmente. Nous avons conclu suite à cette analyse que la modélisation avait une place importante dans l'enseignement agricole.

De plus, il fallait que nous nous renseignions sur l'état des pratiques des enseignants concernant les modèles, quels étaient leurs exigences ? Quels étaient leurs besoins, leurs attentes ? Est-ce qu'ils avaient des difficultés ? Pour répondre à plusieurs de nos questions nous avons élaboré un questionnaire diffusé en ligne sur les plateformes techniques auxquelles ont accès les enseignants. Nous avons eu 40 réponses à l'enquête et à notre surprise nous avons vu qu'il y avait autant d'enseignants utilisateurs de modèles que de non utilisateurs. Les enseignants n'utilisant pas les modèles ne sont pas réticents à ces outils et voient plusieurs intérêts à leur utilisation comme des intérêts pédagogiques qui permettent à l'élève d'être acteur de ses apprentissages, de lui construire un esprit de réflexion, diversifie les pédagogies. Les modèles permettent d'approfondir les connaissances en agronomie, de travailler sur des données réelles, ce sont des outils concrets avec aspects techniques et les modèles permettent enfin de professionnaliser l'élève en le mettant en situation professionnelle. Les freins à l'utilisation des modèles sont dans le cadre de notre enquête, due principalement à un manque de ressources sur ces outils. Les utilisateurs de modèles considèrent que ces outils sont professionnalisant pour les mêmes raisons citées ci-dessus, ils trouvent que ce sont des outils pédagogiques qui favorisent l'interaction enseignant/élève, qui rendent l'élève acteur et qu'ils permettent le développement de ses capacités d'apprentissage. Les enseignants utilisant les modèles rencontrent plusieurs difficultés d'ordre techniques (due en particulier à un équipement informatique insuffisant dans les lycées) et d'ordre pédagogiques pour comprendre et expliquer de manière générale le fonctionnement (variables entrées, sorties, équations) des modèles auprès de leurs élèves. Ces difficultés s'expliquent par un manque de ressources sur les modèles, souvent il est possible de retrouver quelques modèles mais les clés ne sont pas fournies. L'enquête nous a permis d'emmagasiner un grand nombre d'informations pertinentes qui nous ont guidées pour la conception de notre ressource.

La ressource que nous avons élaborée s'est appuyée sur un modèle simulant les risques et les impacts des bioagresseurs sur le blé, wheatpest. Nous avons choisi ce modèle car il était épidémiologique (certains enseignants souhaitaient avoir des modèles sur ce sujet), qu'il avait été conçu pour les agents de la recherche et du développement mais aussi pour des élèves de master. Dans cette ressource, nous avons favorisé les schémas et graphiques au texte pour faciliter la compréhension par les enseignants et nous avons rassemblé un grand nombre de notions en agronomie qui vont concrétiser les notions parfois théoriques (indice foliaire, coefficient d'extinction...). Pour remédier à ces notions théoriques,

nous avons aussi proposé des petites expériences à réaliser avec les élèves. Seulement nous n'avons malheureusement pas co-construit cette ressource avec les enseignants, hors il est important de procéder ainsi pour favoriser au maximum les échanges entre concepteur et enseignants pour qu'ils voient tous deux les choses de la même manière, qu'ils répondent ensemble à leurs attentes, d'autant plus que ce procédé favorise grandement l'utilisation et la remobilisation du modèle par les enseignants. Nous n'avons pas testé la ressource auprès des enseignants par exemple étudié le comportement des élèves face à ce nouveau dispositif.

Dans un avenir proche, il serait intéressant de réaliser cette dernière proposition pour voir dans un premier temps si les enseignants arrivent à s'approprier la ressource, si elle est pertinente pour eux et effectuer les modifications nécessaires à un meilleur usage en prenant en compte leurs remarques. Cette ressource est un premier essai, elle n'est pas figée et peut-être perfectionnée avec les échanges entre enseignants et membres du RMT Modélisation et agriculture lors de réunions ou d'échanges sur les forums présents sur le site modelia.org. Dans un second temps, il serait pertinent d'observer l'utilisation que va réaliser l'enseignant avec la ressource en classe avec ses élèves et de noter les difficultés s'il en rencontre. Enfin, pour pallier aux problèmes rencontrés (si c'est le cas) une formation sur l'outil peut-être commanditée pour donner quelques exemples d'utilisations, pour reprendre quelques bases sur les modèles par exemple.

Bibliographie

Aflandre, 01/07/2012. *La didactique, Le savoir enseigné est un savoir reconstruit spécifiquement pour l'enseignement.*

Armatte. M, 2005, « *La notion de modèle dans les sciences sociales : anciennes et nouvelles significations* ».

Armatte. M, Dahan Dalmedico. *Modèles et modélisation, 1950-2000 : nouvelles pratiques, nouveaux enjeux.* Revue d'histoire des sciences, 2004. Tome 57 n°2. 243-303 p.

Arvalis, Céliom, 06/2013. *Blé tendre et colza, bien assortir ses variétés à ses parcelles.*

Beitone. A, 10/2002. *Didactique et Sciences Economiques et Sociales.*

Beitone. A, Degugis. MA, Dollo. C, Rodrigues. C, 2004. *Les sciences économiques et sociales, enseignement et apprentissages.* (IUFM CAPES-AGREGATION).

Bissonnette. S. Gauthier. C. Richard. M, 2005. *Echec scolaire et réforme éducative : quand les solutions proposées deviennent la source du problème.* Les presses de l'université Laval.

Bonhomme, R. 1997. *Modélisation du fonctionnement d'une culture: caractérisation de la contrainte hydrique et prise en compte de ses effets.* L'eau dans l'espace rural. C. Riou, R. Bonhomme, P. Chassin, A. Neveu and F. Papy. Paris, INRA: 85-100.

Brun. F, 27/04/2007. Document Dossier de demande d'agrément d'un Réseau Mixte Technologique (RMT). Présentation (ppt.) au CS ACTA.

Caplat G. *Modèles et Metamodèles*, 2008. ISBN: 2-88074-749-7 Editions PPUR. 200 p.
R.Boudon, H. Damisch, J. GOGUEL, S. Guinand, B. Jaulin, N. Mouloud, J.F. Richard, B. Victorri. *Modèle*, (année).

Chatel. E, 1995. *Réflexions sur le concept de transposition didactique et sur celui de contrat.* IEPE-CNRS et INRP.

Chevallard. Y, 1985. *La Transposition didactique*, Grenoble, La Pensée sauvage, 2ème éd., 1991.

Cirad eds, Ministère des affaires étrangères France, 04/2004. *Mémento de l'agronome.*

Clerc. JB, Minder. P, Roduit. G, 2006. *La transposition didactique.*
<http://lyonelkaufmann.ch/histoire/MHS31Docs/Seance1/TranspositionDidactique.pdf>

Dictionnaire Larousse agricole. *Le monde du paysan au 21ème siècle.*

Direction de l'Evaluation, de la Prospective et de la Performance (DEPP) du ministère de l'Education nationale, 2010. *Les technologies de l'information et de la communication (TIC) en classe au collège et au lycée : éléments d'usages et enjeux.* Les Dossiers. Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance- Ministère de l'Éducation nationale. p.80.

Enquête permanente, Conditions de vie (EPCV), juin 1998, Insee.

Fourgous, 24/02/2012. « *Apprendre autrement* » à l'ère du numérique. *Se former, collaborer, innover : un nouveau modèle éducatif pour une égalité des chances.* Député des Yvelines,

rapport de la mission parlementaire sur l'innovation des pratiques pédagogiques par le numérique et la formation des enseignants.

Gauthier. C, Mellouki. M, Simad. D, Bissonnette. S, Richard. M, 01/2005. *Quelles sont les pédagogies efficaces ?* Un état de la recherche. Les Cahiers du débat, Fondation pour l'innovation politique.

Gosse et al., 1986. Dans le livre : *l'agronomie aujourd'hui*. Doré. T, Le bail. M, Martin. P, Ney. B, Estrade. JR. p.107.

INRA, 2009. *Mission, coordination avec les partenaires agricoles*, Paris.

Jeuffroy. MH, Bergez. JE, David. C, Flénet. F, Gate. P, Loyce. C, Maupas. F, Meynard. JM, Reau. R, Surleau-Chambenoit. C, 2008. *Utilisation des modèles pour l'aide à la conception et à l'évaluation d'innovations techniques en production végétale : bilan et perspectives*.

Jones-Duffourg. J, 2011. *Le rapport Norton Online Family signale des risques de 'cyberbaiting' et d'achats en ligne inconsidérés par les enfants*. Paris, La défense.

Ladjili. T, année. *La didactique des disciplines*.

Laforgue.P, 1997. *Naïveté, modèle et idéal dans le Salon de 1846 de Baudelaire*, Numéro 98 p. 65-73.

Laforgue. P, 2000. *Ut pictura poesis: Baudelaire la peinture et le romantisme*. Presses universitaires de Lyon.

Lemaire. G, Nicolardot. B, 19 et 20/11/1996. *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes*. Les colloques n°83, Reims.

Le Maux. B. *La conception d'un questionnaire, statistiques logiciels et enquête*. Diaporama, université de Rennes1.

Lenoir. H, Codello. F, Mercier. L, 03/2008. *Dyoniversité, l'éducation populaire*.

Le Pellec. J, Marcos Alvarez. V, 1991. *Enseigner l'histoire : un métier qui s'apprend*.

Makowski. D, 26/01/2007. Séminaire sur Estimation des paramètres des modèles « *principes généraux* », La Rochelle. (cf. RMT Modélia.org.)

Meynard. J.M, (30/01/2007). Séminaire « *Introduction à la modélisation* », La Rochelle, INRA Département SAD.

Obin. JP (Dir.). *Ethiques et déontologie des métiers de l'enseignement*. Conférence d'ouverture du colloque d'Education et devenir, 2002. (Parue dans Les Cahiers d'Education et devenir n° 2, 2003)

Prost. L. *Modéliser en agronomie et concevoir des outils en interaction avec de futurs utilisateurs : le cas de la modélisation des interactions génotype-environnement et de l'outil DIAGVAR*. Thèse en agronomie. Grignon, Agro-Paris Tech-Paris, 348p.

RMT Modélisation et agriculture, 20/07/2010. Dossier « *RMT modélisation : enseignement* ».

RMT Modélisation et Agriculture. Formation « *Introduction à la modélisation* ». 3 sessions différentes de 4-5 jours entre 2005 et 2007.

Rouquette. C, 04/1999. N° 643. *L'informatique : une technique assimilée par les jeunes générations*. Division Services, Insee.

Schvartz. C, Muller. JC, Decroux. J, 2005. *Guide de la fertilisation raisonnée : grandes cultures et prairies*.

TARDY. M, 1993. *La transposition didactique*, issue de J.HOUSSAYE (2ième édition). La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui (p.51-60). Paris, ESF Editeur.

Toulet. S, 2011/2012. *Exploration et analyse de modèles pour l'agronomie et l'environnement : création d'un package de ressources pédagogiques sous le logiciel R*. Modélisation des systèmes écologiques. Université Paul Sabatier, Toulouse.

Van Oijen. M, Ewert. F, 18/11/1998. *The effects of climatic variation in Europe on the yield response of spring wheat cv. Minaret to elevated CO2 and O3: an analysis of open-top chamber experiments by means of two crop growth simulation models*. European Journal of Agronomy 10 (1999) 249–264.

Vellas. E, 05/2007. *Comparer les pédagogies : un casse-tête et un défi*. Educateur, numéro spécial.

Verret. M, 1975. *Le temps des études.*, Paris. (p140)

Vilain. M, 2012. « *Méthodes expérimentales en agronomie : pratique et analyse* ». Chapitre 14 : « Modèles de prédiction ». Edition Lavoisier ISSN : 0982-2518.

Willoquet L, Aubertot JN, Lebard S, Robert C, Lannou C, Savary S, 2008. *Simulating multiple pest damage in varying winter wheat production situation*. Field Crops Research, 107 (1), p.12-28.

Webographie

http://www4.ac-lille.fr/~ienlens/file/Trousseau/Pedagogie_et_didactique.pdf. Consulté le 02/04/2013.

http://www.scolalor.org/svpalg/IMG/pdf/pedagogie_institutionnelle.pdf. Consulté le 25/04/2013.

<http://www.chlorofil.fr/systeme-educatif-agricole/organisation-orientations-et-evolution-de-lea/missions-de-lenseignement-agricole.html>. Consulté le 29/04/2013.

<http://eduscol.education.fr/bd/competice/superieur/competice/libre/qualification/q3a.php>. Consulté le 30/04/2013

<http://www.letudiant.fr/etudes/presidentielles-2012-bilan-du-quinquennat-sarkozy-pour-les-etudiants-15031/la-reforme-la-formation-des-enseignants-quel-bilan-de-la-masterisation-pour-les-etudiants-17981.html>. Consulté le 05/05/2013.

<http://agriculture.gouv.fr/Les-Outils-d-Aide-a-la-Decision>. Consulté le 06/05/2013.

http://129.175.106.17/ese/IMG/pdf/dif_modeles_mod_20092010.pdf. Consulté le 06/05/2013.

<http://epigeo.voila.net/modeles.htm>. Consulté le 08/05/2013.

<http://pedagogiegenerale.blogspot.fr/2009/04/la-pedagogie-non-directive.html>. Consulté le 12/05/2013.

<http://agriculture.gouv.fr/Nouveau-projet-pour-l-enseignement>. Consulté le 12/05/2013.

<http://www.toulouseagricampus.fr/presentation-de-toulouse-agri-campus/un-peu-dhistoire.html>. Consulté le 12/05/2013.

<http://www.eduquer-respect.fr/pedagogie-et-didactique/>. Consulté le 13/05/2013.

http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2004.varenne_f&part=197207. Consulté le 15/05/2013.

<http://crefoc.tripod.com/Benletaief/fopeda01.htm>. Consulté le 15/05/2013.

<http://cueep.univ-lille1.fr/pedagogie/uc9/vert.htm>. Consulté le 15/04/2013.

<http://www.enfa.fr>. Consulté le 01/05/2013, 21/02/2013, 23/05/2013.

<http://www.cetiom.fr/outils/detail/outils/13/>. Consulté le 26/06/2013.

<http://www.r-sim.fr/>. Consulté le 26/06/2013.

[http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/Modelisation-et-agrosystemes/STICS-un-concentre-d-agronomie/\(key\)/0](http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/Modelisation-et-agrosystemes/STICS-un-concentre-d-agronomie/(key)/0). Consulté le 26/06/2013.

<http://www.inration.educagri.fr/fr/presentation.php>. Consulté le 26/06/2013.

<http://www.cetiom.fr/outils/detail/outils/9/>. Consulté le 26/06/2013.

<http://www.comifer.asso.fr/index.php/bilan-azote/fertilisation-azotee.html>. Consulté le 26/06/2013.

<http://agro-reporter.blogspot.fr/2011/04/lagronome-et-le-phosphore-partie-12.html>. Consulté le 26/06/2013.

http://www.gironde.chambagri.fr/fileadmin/documents_CA33/Internet/Irrigation/Mode_emploi_bilan_hydrique.pdf. Consulté le 26/06/2013.

http://www.orne-agri.com/iso_album/tables_inra_version_2.pdf. Consulté le 26/06/2013.

<http://www.cetiom.fr/publications/editions-payantes/reglette-azote-colza/>. Consulté le 26/06/2013.

http://extranet.prolea.com/fileadmin/cetiom/kiosque/PDF_fiches_regions/reg_heliotest.pdf. Consulté le 26/06/2013.

http://www.organicagcentre.ca/ResearchDatabase/res_iso_nitro_mgt_f.asp. Consulté le 26/06/2013.

<http://www.arvalis-infos.fr/view.jspz?obj=arvoad&id=123&syndtype=null&hasCookie=false&hasRedirected=true>. Consulté le 26/06/2013.

<http://www.arvalis-infos.fr/view-118-arvoad.html>. Consulté le 26/06/2013.

<http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/modeles-prevision.php>. Consulté le 26/06/2013.

http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/fiches_accidents.php?mode=fa&type_cul=1&type_acc=4&id_acc=46. Consulté le 15/07/2013.

<http://www.manche.chambagri.fr>. Consulté le 15/07/2013.

<http://www.syndicat-agricole.com/actualites/maladie-pucerons-sur-cereales-la-vigilance-s-impose:D8EMYZV0.html>. Consulté le 15/07/2013.

http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/fiches_accidents.php?mode=fa&type_cul=1&type_acc=3&id_acc=37. Consulté le 15/07/2013.

<http://www.arvalis-infos.fr/view-10191-arvarticle.html>. Consulté le 15/07/2013.

<http://www.gembloux.ulg.ac.be/pt/pic/Stades.pdf>. Consulté le 17/07/2013.

http://www.arcane-industries.fr/le_rayonnement_photosynthetiquement_actif__rpa__464.htm. Consulté le 18/07/2013.

<http://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/vegetation/caracteristique-vegetation/proprietes.html>. Consulté le 18/07/2013.

Annexe 3 : Questionnaire d'enquête

• Les questions sur le profil des enseignants

Les questions sur le profil sont : condition de réception du questionnaire, coordonnées (mail et téléphone), cursus scolaire (derniers diplômes obtenus et/ou expériences professionnelles, âge, sexe, années d'enseignements, le(s) établissement(s) d'enseignement, les classes de travail, la/ les discipline(s) enseignée(s), le(s) module(s) d'enseignement.

• Les questions pour les enseignants n'utilisant pas les modèles

• **Pourquoi n'avez-vous jamais utilisé les modèles ? question fermée**

Vous ne saviez pas ce que c'était

Vous n'y avez pas pensé

- **Maintenant que nous avons défini ce qu'était un modèle seriez-vous intéressés pour en savoir plus ? question fermée**

Oui

- **Vous êtes intéressé pour en savoir plus et vous souhaiteriez bénéficier : question fermée**
D'une formation sur les modèles
De ressources pédagogiques
Autre, précisez.
- **Vous êtes intéressé pour en savoir plus pourquoi ? question ouverte**
- **Quelles utilisations feriez-vous des modèles avec vos élèves ? (classe d'élèves et type de modèle) question ouverte**

Non

- **Pourquoi n'êtes-vous pas intéressé pour en savoir plus ? question ouverte**

Vous êtes réticent à l'utilisation des modèles

Vous n'y voyez pas d'intérêt

- **Pourquoi êtes-vous réticent ou ne voyez-vous pas d'intérêt à l'utilisation des modèles ? question fermée (liste avec commentaires)**

Vous n'avez pas eu accès à des modèles (informatiques ou non)

Vous ne comprenez pas le formalisme

Vous ne voyez pas d'intérêt pédagogique

Vous trouvez la prise en main des modèles difficile

Vous manquez d'outils pour utiliser les modèles

Vous connaissez les modèles mais ne les utilisez pas

- **Comment avez-vous découvert les modèles ? (citer les noms de modèles que vous connaissez) question ouverte**

- **Pourquoi n'utilisez-vous pas de modèles ? question fermée avec commentaires**

Vous n'avez pas accès à des modèles

Vous ne comprenez pas le formalisme (équations mathématiques)

Vous manquez d'outils pour utiliser les modèles

- **Les questions pour les enseignants utilisant les modèles**
- **Avez-vous déjà créé des modèles ? question fermée**
Oui
Non
- **Quels types de modèles utilisez-vous ? question fermée**
Des modèles informatiques
Des modèles sans et avec support informatique mais principalement avec
 - **Rencontrez-vous des difficultés techniques en rapport avec l'informatique pour utiliser les modèles ? (veuillez préciser le(s) nom(s) des modèle(s) où vous rencontrez des difficultés) question fermée**
Jamais (*saute la question suivante*)
Quelques fois
Régulièrement
Toujours
 - **Ces difficultés sont dues à : question fermée**
Problèmes de compatibilité (Windows, Linux...)
Difficultés d'installation du modèle
Pas suffisamment de postes ou de salles pour les élèves
Ordinateurs pas assez puissants
Niveau informatique des apprenants insuffisant
Niveau informatique de l'enseignant insuffisant
Problèmes d'esthétisme (couleur, mise en page...)
Problèmes de fonctionnalité (navigation, recherche d'information...)
Difficultés pour rentrer les données
Difficultés pour lire les résultats
Autre, précisez.
- Des modèles sans support informatique
Des modèles sans et avec support informatique mais principalement sans
 - **Pourquoi n'utilisez-vous pas de modèles informatiques ? question fermée**
Pas de salle informatique dans l'établissement
Pas suffisamment de postes pour les élèves
Pas de postes assez puissants
Vous n'avez pas de licences (informatiques) adaptées
Vous n'aimez pas l'informatique
 - **Pourquoi ?**
Vous ne maîtrisez pas l'informatique
 - **Pourquoi ?**
Le niveau d'informatique des élèves est insuffisant
Les séances informatiques avec les élèves prennent beaucoup de temps
Par manque de formation sur les logiciels → veuillez préciser les thèmes que vous souhaiteriez aborder lors de la formation
Vous ne voyez pas l'intérêt de l'informatique
Autre, précisez.
- **Quels sont les modèles que vous utilisez avec les élèves ? A) Précisez le(s) nom(s) des modèle(s) (Stics, Azodyn, Inration, Tomgro, Sippom...) B) La (les) classe(s) avec qui vous les utilisez C) Le(s) module(s) concerné(s) question ouverte**
- **Quelle est la fréquence d'utilisation ? question fermée**
Chaque semaine
Chaque mois
Une fois par an
Une fois pour essayer il y a moins d'un an

Une fois pour essayer il y a plus d'un an

- **A travers quel type d'activités utilisez-vous les modèles ? Précisez le nombre d'heures de travail avec les élèves sur les modèles. question fermée avec commentaires**
Approche théorique
Approche pratique
Approche théorique et pratique
- **Pourquoi utilisez-vous les modèles avec les élèves ? question ouverte**
- **Rencontrez-vous des difficultés pédagogiques pour utiliser les modèles en cours ? question fermée avec commentaires**
Jamais
Quelques fois
Régulièrement
Toujours
- **A quoi sont dues ces difficultés pédagogiques vis-à-vis de l'enseignant ? question fermée**
A comprendre ce qui se cache derrière un modèle (équations mathématiques, interprétations des résultats)
Au fonctionnement en lui-même (variables d'entrées, de sorties)
Difficulté de scénarisation
Difficulté pour faire le lien avec les référentiels
Difficulté de gestion du temps
Autre, précisez.
- **A quoi sont dues ces difficultés pédagogiques vis-à-vis de l'élève ? question fermée**
A leurs expliquer ce qui se cache derrière le modèle (équations mathématiques)
A leur faire utiliser les modèles (gestion des données, scénarisation)
A leur faire interpréter les résultats
Autre, précisez.
- **Pour prendre en main et utiliser les modèles sur quoi vous appuyez-vous ? question fermée**
Des documents (internet, livres, articles...)
L'aide du concepteur (chercheur ayant créé le modèle)
L'aide d'une personne ressource (informaticien, collègue enseignant, intervenant...)
Sur une formation « enseignant » prévue à cet effet
Autre, précisez.
- **Seriez-vous intéressés par d'autres outils pour utiliser les modèles ? question fermée**
- **Dans le cas où la réponse est "oui", précisez le contenu et la forme des outils que vous souhaiteriez avoir.**
Oui
Non