

Gérer et organiser les données agricoles et de recherche d'un site expérimental

Réalisation d'une base de données pour l'expérimentation-système en place sur l'installation expérimentale de l'unité ASTER Mirecourt

Jean-Marie Trommenschlager¹, Etienne Gaujour¹, Emilie Fontana¹, Marc Harmand¹,
Damien Foissy¹, Jean Huguet¹, Claude Bazard¹

Résumé : *La mise en place de l'expérimentation-système sur l'installation expérimentale (IE) de l'unité de recherche « ASTER » à l'Inra de Mirecourt a induit l'augmentation du nombre de données recueillies ainsi que la nécessité de retracer les trajectoires des différentes parcelles à partir des activités agricoles passées. Afin de rendre l'ensemble de ces données informatiquement accessibles aux utilisateurs, en saisie et en extraction, nous avons réalisé une base de données orientée Recherche, nommée ASTER-ix (Application pour la Saisie et le Traitement des Évènements Recensés sur l'Installation eXpérimentale). Notre objectif est de décrire dans cet article les données qui sont intégrées aujourd'hui dans la base ainsi que la conception et la réalisation de celle-ci. Nous décrivons brièvement le fonctionnement de la base et son utilisation.*

La base de données ASTER-ix a divers objectifs finalisés : i) réaliser les évaluations des systèmes de production agricole expérimentés ii) poursuivre la gestion agricole et réglementaire de l'IE et iii) proposer une base de données validées avec un recul temporel de plus de 10 ans à des équipes de recherche extérieures. La réalisation de cette base, des interfaces de saisie et d'extraction s'est faite en étroite collaboration avec i) les principaux utilisateurs actuels afin de faire correspondre ces interfaces à leurs besoins et avec ii) les agents qui acquièrent les données et qui connaissent le mieux les réalités du fonctionnement agricole de l'IE. Nous avons permis l'interaction d'ASTER-ix avec d'autres bases de données présentes dans l'unité telle qu'ALADIN, et débuté plusieurs réflexions pour améliorer la base. Cette base de données est aujourd'hui un élément clé du fonctionnement agricole et scientifique de l'IE et de l'unité de recherche de Mirecourt.

Mots clés : Base de données, gestion agricole, requête SQL, accessibilité des données, gestion de données, AQR, sauvegarde de données, gestion de flux, gestion de stocks.

Introduction

Les unités et installations expérimentales (UE et IE respectivement) sont les principaux sites d'acquisitions de données pour la recherche finalisée. La quantité et la diversité de données collectées sont importantes et demandent donc une gestion et un stockage particuliers. Si les zootechniciens se sont penchés depuis longtemps sur cette gestion de grands jeux de données, en développant notamment la base ALADIN², les agronomes ne semblent pas avoir fait de même. Il existe quelques logiciels commerciaux disponibles, tel qu'Isamarge[®], conçus pour des gestions agricoles, économiques et réglementaires des exploitations agricoles

¹ Inra UR55 Agrosystème Territoires Ressources Mirecourt - ASTER Mirecourt - F- 88500 Mirecourt
trommen@mirecourt.inra.fr

² ALADIN : Application de gestion des troupeaux Laitiers et Allaitants des Domaines Inra Nouvelle version.

commerciales. Ils permettent l'enregistrement des pratiques agricoles, des intrants utilisés et des récoltes effectuées. Mais, ces logiciels ne sont pas orientés pour la gestion de données de recherche. Ils ne permettent pas de saisir et de traiter des observations ou des mesures liées à des protocoles expérimentaux et indépendantes de toute pratique agricole. Par exemple, des comptages de densité de plants de céréale en entrée d'hiver ne peuvent pas être stockés et analysés à partir de ces logiciels commerciaux.

La mise en place en 2004 d'une expérimentation-système sur l'IE de l'unité ASTER Mirecourt (Coquil *et al.*, 2009a; Coquil *et al.*, 2009b) s'est accompagnée d'un besoin fort d'acquisitions de données très diversifiées. Cette masse de données s'ajoute à l'ensemble de celles qui étaient déjà disponibles avant la mise en place de l'expérimentation-système mais qui n'étaient ni organisées ni formalisées à l'échelle de l'unité. Il était indispensable d'organiser l'ensemble de ces données afin notamment de réaliser l'évaluation des systèmes de production agricole testés. C'est dans ce but que nous avons créé dans l'unité, un groupe de réflexion constitué d'un chercheur, d'un ingénieur et d'agents qui mettent en œuvre des pratiques agricoles et des protocoles expérimentaux, afin de concevoir et de réaliser la base de données ASTER-ix (Application pour la Saisie et le Traitement des Événements Recensés sur l'Installation eXpérimentale). L'objectif de cette base de données est de rendre accessibles informatiquement les données relatives aux activités (agricoles et de recherche) du dispositif expérimental avec une antériorité jusqu'au 31 juillet 1997. Nous avons réalisé cet objectif en deux étapes majeures : *i*) organiser les données, c'est-à-dire inventorier les données disponibles, les regrouper et les structurer; et *ii*) les rendre accessibles aux utilisateurs en permettant la saisie et les extractions par requêtes SQL³.

Nous avons comme objectif dans cet article de décrire les différents éléments qui nous ont permis de concevoir et de réaliser la base de données ASTER-ix. Cet article décrit tout d'abord les données contenues dans la base en les replaçant dans le programme de recherche lié au dispositif expérimental, puis le choix du matériel et la méthode de travail appliquée pour la réalisation de la base. Ensuite, la partie résultats décrit la conceptualisation, la réalisation et le fonctionnement de la base. Enfin, nous discutons dans la dernière partie les relations établies entre cette base et d'autres sources d'informations disponibles dans l'unité, les valorisations en cours et les améliorations possibles auxquelles nous réfléchissons.

1. Les données organisées dans ASTER-ix : leur contexte d'acquisition et leur diversité

1.1 Le contexte scientifique

L'IE de Mirecourt est foncièrement composée de 237 ha et partagée en plus de 120 parcelles. Elle comprend environ 240 bovins dont une centaine de vaches laitières auxquelles s'ajoutent les génisses assurant le renouvellement du troupeau. L'objectif des recherches menées sur ce dispositif expérimental est de vérifier l'hypothèse selon laquelle des systèmes de production agricole basés sur la disponibilité des ressources du milieu et économes en intrants sont durables au point de vue agro-environnemental (Coquil *et al.*, 2009a ; Coquil *et al.*, 2009b). Pour cela, deux systèmes de production ont été mis en place sur le dispositif expérimental en 2004 sous le cahier des charges de l'agriculture biologique (voir la description de ces systèmes dans Coquil *et al.*, 2009b) : un système herbager et un système de polyculture élevage. Ces systèmes ont plusieurs objectifs : des objectifs environnementaux et des objectifs

³ Structured Query Language ou Langage structuré de requête

agronomiques. Les premiers visent à mobiliser et à pérenniser les ressources du milieu au service des agrosystèmes (qualité de l'eau et de l'air, biodiversité, fertilité des sols et limitation de la consommation d'énergie). Les seconds visent à maintenir des systèmes productifs. Ces objectifs étant fixés, ce sont les moyens d'action (ou règles de décision) mis en œuvre pour les atteindre qui évoluent au cours du temps. Il s'agit donc d'une démarche de prototypage où les systèmes sont évalués et remodelés pas-à-pas pour les améliorer en regard d'objectifs fixés. Ces évaluations multi-objectifs nécessitent la quantification de variables, à l'échelle de l'ensemble du dispositif expérimental, sur une durée longue - plusieurs rotations culturales - et des pas de temps infra-annuels.

L'évaluation des systèmes est déclinée selon 3 niveaux : l'évaluation globale, l'évaluation agronomique et les essais analytiques (Meynard *et al.*, 1996). L'évaluation globale correspond à la quantification de la durabilité agro-environnementale des systèmes testés. Ce niveau d'évaluation est réalisé au travers de : *i*) la fermeture du cycle des éléments C, N, P, K, Ca, Mg, *ii*) le suivi de la fertilité biologique du milieu en suivant les populations de Carabidae et la flore spontanée des parcelles. Pour mener cette évaluation, il est nécessaire de disposer de données se référant à une localisation précise telle que la parcelle, de données quantitatives, et de décomposer les flux de matière en éléments biogéochimiques étudiés. Compte-tenu de l'hétérogénéité du territoire, notamment en termes de type de sol (texture et roche-mère), certaines mesures sont effectuées sur des zones particulières, nommées points de fertilité (PF), homogènes et représentatives de la combinaison de trois facteurs : type de sol, système de culture⁴ en place et système de culture passé. Il s'agit ici d'une simplification de la réalité diminuant le nombre de mesures à réaliser. L'évaluation agronomique s'intéresse aux performances biotechniques des systèmes ainsi qu'à la faisabilité pratique de mise en œuvre des moyens d'action. Les performances biotechniques, qu'elles se rapportent aux troupeaux, aux prairies ou aux cultures, nécessitent également l'acquisition de nombreuses données quantitatives, avec des localisations spatiales précises (parcelle ou point de fertilité). Les moyens d'action quant à eux sont nécessairement basés sur l'entité spatiale qu'est la parcelle et sur les activités agricoles qui s'y déroulent, *e.g.* ITK, pâturage. De plus, l'évolution de ces règles de décision est en partie basée sur l'expérience des décisions passées et donc des itinéraires techniques passés. C'est pourquoi nous avons fait le choix d'organiser également dans la base ASTER-ix les itinéraires techniques et les informations sur le pâturage, antérieurs à la mise en place de l'expérimentation-système. À l'heure actuelle, nous n'envisageons pas d'intégrer les essais analytiques agronomiques réalisés avant l'expérimentation-système.

1.2 Les données organisées dans ASTER-ix

Les données contenues dans la base ASTER-ix sont résumées dans la **figure 1**. La base contient l'ensemble des informations relatives aux itinéraires techniques (ITK). Nous avons distingué parmi ces ITK ceux qui nécessitent des intrants, hors carburant - *i.e.* les semis, la fertilisation et les traitements phytosanitaires - des opérations culturales telles que le labour, les travaux de fenaison qui n'en impliquent pas. La base contient également les consommations de fioul mesurées pour différents ITK mis en œuvre sur le dispositif expérimental.

Nous avons organisé en flux les données sur les effluents d'élevage et les semences. Grâce à la base, il est possible de connaître l'origine des effluents d'élevage (*i.e.* bâtiment et lot(s) d'animaux, système de production), les différents traitements qu'ils ont subis (*e.g.* compostage

⁴ Chacun des deux systèmes de production est subdivisé en systèmes de culture (SdC). Le système herbager est constitué d'une seul SdC alors que le système de polyculture-élevage contient 5 SdC.

ou changement de site de dépôt) et leur lieu d'épandage. Les flux de semences permettent essentiellement de gérer un stock de semences au sein du dispositif expérimental. La base contient toutes les données relatives aux récoltes de fourrages (ensilage, foin, regain, mélange luzerne/dactyle, ...), de paille et de grains. En complément des informations disponibles dans la base ALADIN, la base ASTER-ix contient la localisation de chaque animal au pâturage, à la demi-journée ou selon des tranches horaires si nécessaire, ainsi que les complémentations alimentaires distribuées sur les parcelles pâturées.

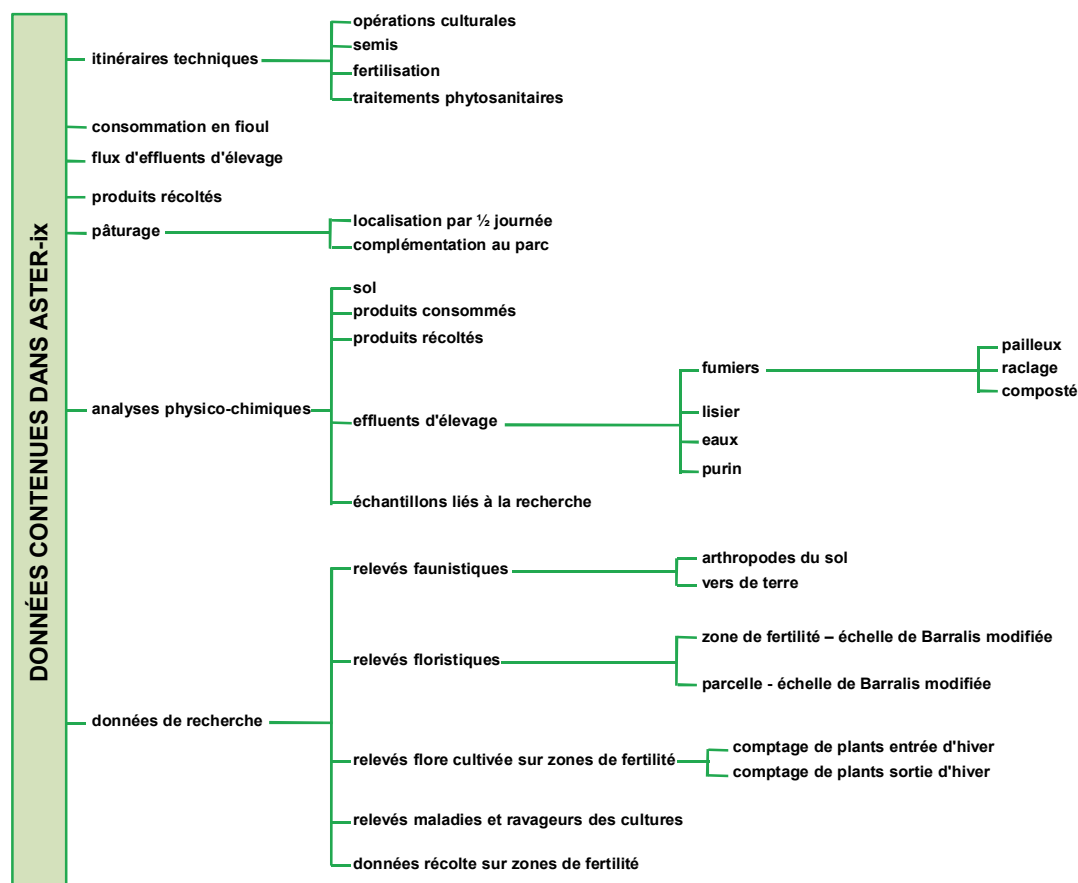


Figure 1 : détails des données organisées dans la base ASTER-ix.

Nous avons ensuite distingué les résultats d'analyses physico-chimiques des données dites de « recherche » (**figure 1**). Cette distinction tient au fait que les données de recherche sont liées à un protocole expérimental particulier, et leur intégration dans la base de données nécessite de les relier à une parcelle, une zone de fertilité ou une quelconque localisation précise. En revanche, les analyses physico-chimiques ne sont pas reliées obligatoirement à une telle localisation, parcellaire ou autre. Ces analyses peuvent être réalisées sur des prélèvements de sol, sur des effluents d'élevage, des produits récoltés (*e.g.* foin, paille, grain, ...) ou encore des produits consommés par les animaux ou des semences. Ces analyses peuvent être faites également sur des échantillons d'éléments relevés dans un protocole particulier, lié aux données de recherche, tel qu'une composition minérale d'adventices relevées dans les parcelles. Les données de recherche traitent des relevés de biodiversité, utilisés dans l'évaluation globale des systèmes. Ces données de recherche contiennent aussi des relevés de végétations cultivées, des maladies ou ravageurs qui les affectent et des rendements de produits récoltés. Ces données sont utilisées pour réaliser l'évaluation agronomique des systèmes, et particulièrement l'évaluation de leurs performances biotechniques.

1.3 Recul temporel des données organisées dans ASTER-ix

Nous avons fait le choix d'intégrer les données antérieures à la mise en place de l'expérimentation-système. Cela doit permettre *i)* d'accompagner l'évolution des règles de décision en regard de l'expérience acquise sur les conséquences des pratiques passées, *ii)* d'aider à la mise en place de dispositifs expérimentaux particuliers, et *iii)* d'expliquer les déterminants des caractéristiques actuelles du milieu. Le choix du recul temporel nous a été dicté par la disponibilité des données d'itinéraires techniques. Avant la réalisation d'ASTER-ix, ces données étaient saisies sous un logiciel commercial dont la version compatible Windows[®] fut installée et mise en service en juillet 1997. Nous avons extrait la majorité des données qui avaient été saisies. Seuls les commentaires n'ont pas pu être récupérés par des moyens informatiques. Ses saisies n'avaient pas d'orientation recherche, mais seulement des objectifs de gestion agricole et règlementaire du dispositif expérimental. Nous avons procédé à une vérification de l'ensemble de cette extraction avant d'intégrer les données dans la base.

Type de données	Date début	Date fin	Volume de données enregistrées	
Entretien parcelle	03/03/1998	02/12/2009	272	} nombre d'opérations recensées
Travail du sol	31/07/1997	30/10/2009	2436	
Chantier récolte	09/05/1998	05/10/2009	7587	
Semis	21/08/1997	20/10/2009	657	
Épandage matières minérale	12/01/1998	15/06/2009	1657	
Épandage matières organiques	08/08/1997	20/11/2009	1154	
Traitements phytosanitaires	20/08/1997	02/09/2004	661	
Consommation de fioul	31/07/2007	05/10/2009	1638	nombre d'ITK renseignés
Flux de matières organiques	01/03/2002	19/11/2009	444	nombre de produits renseignés
Produits récoltés	16/04/2004	12/09/2009	1056	nombre de produits récoltés renseignés à la parcelle
Pâturage	28/03/1997	02/12/2009	3502	nombre de jours de pâturage renseignés
Analyses produits consommés	24/03/2007	05/09/2009	119	} nombre d'analyses élémentaires saisies
Analyses produits récoltés	16/04/2004	23/09/2009	1254	
Analyses produits fertilisants	18/12/2006	13/11/2009	136	
Carabes	09/05/2006	16/06/2009	16773	nombre de lignes = piège × espèce × date échantillonnage
Adventices sur PF*	13/03/2008	26/11/2009	11500	} nombre de lignes = relevé × espèce × date échantillonnage
Adventices sur parcelle	13/03/2008	26/11/2009	14907	
Comptage espèce PF*	23/10/2007	30/04/2008	329	} nombre de lignes = relevé × maladie × date échantillonnage
Notation maladies parcelle	03/06/2009	17/07/2009	140	
Notation maladies PF*	01/07/2008	01/09/2009	151	} nombre de lignes = relevé × ravageur × date échantillonnage
Notation ravageurs parcelle	19/06/2008	17/07/2009	104	
Notation ravageur PF*	24/06/2008	01/09/2009	93	} nombre de récoltes renseignées
Récolte champs cultivés PF*	01/07/2007	13/08/2009	148	
Récolte prairies PF*	21/05/2007	08/09/2008	117	

* PF = point de fertilité

Tableau 1 : *Recul temporel des différentes données intégrées à ASTER-ix et volume de données correspondantes (actualisé au 31/12/2009)*

Cependant, tous les types de données décrits dans la **figure 1** ne sont pas renseignés jusqu'à cette date. Seule une partie de ces données étaient facilement transférables sous ASTER-ix, les autres devant être saisies directement. De plus, une partie de ces données ont été collectées plus récemment. Le **tableau 1** indique notamment les périodes pour lesquelles les types de données sont renseignées dans la base. Le recul temporel pour certains types de données augmentera encore avec leur saisie qui se fera "au fil de l'eau" en parallèle des saisies des données actuelles.

1.4 Objectifs finalisés d'ASTER-ix

L'ensemble de ces données a été organisé sous une seule base afin de satisfaire à trois objectifs finalisés : *i)* évaluer la durabilité agro-environnementale des systèmes conçus et mis en place sur l'IE; *ii)* permettre la gestion agricole et règlementaire de l'IE ; et *iii)* disposer d'une base de données vérifiées et formalisées destinée également à être utilisée par des équipes de recherche extérieures utilisant le dispositif expérimental mis en place à Mirecourt pour alimenter leur(s) propre(s) question(s) de recherche.

Les données acquises depuis la mise en place de l'expérimentation-système ou antérieurement, ont été normalisées et structurées afin d'effectuer les évaluations globales et agronomiques des systèmes de production testés. Grâce à cette structuration, nous pouvons évaluer les systèmes à 4 échelles spatiales : le point de fertilité, la parcelle, le système et le territoire.

Le développement d'ASTER-ix doit également contribuer à la gestion agricole et règlementaire de l'IE. Nous avons développé des sorties sous la nouvelle base fournissant au minimum les mêmes informations que les sorties effectuées par le logiciel commercial précédemment utilisé. En revanche, les interfaces de saisie ont évolué afin de prendre en compte les nouveaux besoins liés à l'orientation recherche de la nouvelle base de données.

Le dispositif expérimental de Mirecourt alimente également les programmes de recherche d'équipes extérieures. La réalisation de la base de données regroupant les informations relatives aux activités du dispositif expérimental depuis 1997 est un atout majeur pour nouer des collaborations qui sont à bénéfices réciproques ; l'unité ASTER Mirecourt propose un dispositif expérimental et ses informations avec une antériorité de plus de 10 ans, et en retour, les équipes extérieures participent à l'évaluation et/ou l'amélioration des systèmes de production, avec l'objectif de durabilité agro-environnementale, en apportant des compétences complémentaires à celles présentes à Mirecourt. Deux collaborations sont déjà établies dans deux co-encadrements de thèses, l'une avec le laboratoire Agronomie-environnement (LAE)⁵ et l'autre avec l'AFSSA⁶. Par exemple, la thèse co-encadrée avec le LAE doit aider à la rédaction de règles de décision en faveur de la préservation de la diversité végétale en place sur le dispositif expérimental. En retour, le dispositif expérimental de Mirecourt permet d'acquérir des données écologiques couplées à l'historique des activités agricoles mises en œuvre sur les parcelles. Ces données seront utilisées par le LAE pour la création d'indicateurs d'impact des pratiques agricoles sur la composante végétale de la biodiversité.

2. Matériel et méthode

2.1 Choix du système de gestion de base de données relationnelles (S.G.B.D.R.)

À partir des connaissances disponibles dans l'unité, les choix de l'environnement informatique (plateforme, système, langage, ...) et de la gestion des données (saisies, accessibilité, formalisation, ...) ont été instruits avec quatre objectifs :

- concevoir une application dans le cadre d'un système de gestion de bases de données relationnelles (S.G.B.D.R.) ;
- intégrer les données anciennes (au moins 10 ans), stockées sur différents supports ;
- mettre à disposition dans un délai court (un an) des interfaces entrée-sortie pour les utilisateurs (responsables des saisies, chercheurs, ...) ;
- être en mesure de maintenir et de faire évoluer l'application en temps réel.

⁵ INRA - UMR1121 Agronomie-Environnement - F-54500 Vandoeuvre lès Nancy.

⁶ AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments, F- 54000 Nancy

Nous avons choisi le logiciel Microsoft Access[®] pour réaliser la base ASTER-ix. Cet environnement informatique est le mieux maîtrisé et le plus disponible dans l'unité. Depuis 1999, la gestion des données zootechniques est effectuée avec l'application ALADIN développée avec ce logiciel. Son utilisation quotidienne et le développement d'applications satellites permettant à chaque unité de recherche de personnaliser les saisies, les transferts et les extractions de données, nous ont permis d'acquérir de bonnes connaissances de cet environnement. L'interfaçage graphique de Microsoft Access[®] à différents niveaux (formulaire, requête, ...) en simplifie son utilisation. De plus, les données et références intégrées dans ALADIN sont indispensables à l'utilisation d'ASTER-ix. La gestion, sous ASTER-ix, des données afférentes au pâturage utilise entre autre l'identification des animaux renseignée sous ALADIN. En outre, la plateforme Windows[®] et ses outils sont largement utilisés dans notre unité, avec une utilisation croissante de Microsoft Access[®] en particulier.

2.2 Conception et réalisation basées sur une démarche participative

La démarche adoptée pour concevoir et réaliser la base de données a été construite par un groupe de réflexion mis en place en février 2007 et composé de six personnes de l'unité ASTER Mirecourt : le responsable de l'IE, deux techniciens impliqués dans l'acquisition et la saisie de données, un doctorant et les deux assistants ingénieurs pour leurs compétences en informatique, en zootechnie et en agronomie. Ce groupe devait déterminer les besoins en termes de saisie, d'intégration de données et d'extraction. La détermination de ces besoins s'est faite selon deux approches menées en parallèle : *i)* interagir avec les futurs utilisateurs identifiés dans l'unité afin d'adapter l'ergonomie des formulaires de saisie ; et *ii)* interagir avec les agents qui acquièrent les données sur le terrain pour développer des référentiels normalisés des informations à renseigner sur l'IE. Par exemple, nous avons défini les noms des matériels disponibles, des parcelles et des lieux de stockage. Nous avons ensuite fourni un document papier détaillant ces référentiels en les illustrant par des photographies. Ce document est maintenant disponible pour tous les agents qui acquièrent des données sur l'IE.

Ces interactions itératives et souvent informelles entre les membres du groupe de réflexion et les agents qui assurent le fonctionnement du dispositif expérimental ont permis de concevoir et de réaliser une base de données adaptée aux réalités de ce fonctionnement. En d'autres termes, le groupe de réflexion n'a pas contraint le fonctionnement du dispositif expérimental pour simplifier la conception de la base de données. Les seules contraintes induites par cette base de données furent la normalisation des éléments à renseigner tels que les noms des outils, des lieux, des parcelles, des produits *etc.* Ces allers-retours entre le groupe de réflexion et les agents qui acquièrent les données, ceux qui les saisissent ou ceux qui les extraient, ont permis de donner de la souplesse à la structure de la base qui, par conséquent, a évolué entre la version initiale et la version actuelle.

Ces interactions fréquentes ont notamment permis d'identifier les besoins par type d'utilisation :

- les saisies effectuées par le responsable de l'IE ou par son adjoint, des données de pratiques agricoles et des flux d'effluents d'élevage ;
- les sorties d'ordre réglementaire et agricole pour des besoins de gestion de l'IE ;
- les saisies des données de pâturage associant le parcellaire, les animaux et éventuellement la complémentation apportée au pâturage ;
- les saisies des données de recherche et des résultats d'analyses ;
- les extractions effectuées pour des besoins de recherche ou de gestion agricole.

3. Résultats

3.1 Conceptualisation et réalisation d'ASTER-ix

Lors de la conceptualisation de la base, nous nous sommes attachés en priorité à faire converger les attendus et les besoins (entrées, sorties) des utilisateurs, au vu des objectifs finalisés de l'expérimentation-système et de sa complexité. La connaissance historique des pratiques mises en œuvre sur le parcellaire est une condition *sine qua non* à la mise en œuvre des évaluations de nos systèmes. C'est donc en formalisant les besoins présents et futurs (évaluations agronomiques, environnementales) que nous avons déterminé le niveau d'intégration des données anciennes. Nous avons également réduit au minimum le temps passé à la création du modèle conceptuel des données (par connaissance experte des entités que nous désirions gérer) pour rendre rapidement opérationnelle l'accessibilité des données.

3.2 Définition du modèle de données de la base ASTER-ix

Nous nous sommes efforcés de formaliser les variables et les attributs des variables d'entrée, et, nous avons harmonisé les formats d'acquisition des données. Ce travail a permis :

- d'identifier de façon pérenne des objets étudiés (parcelles, bâtiments, fertilisants, matériels...)
et de mettre en place des documents garantissant la traçabilité des données (fiches de notation formalisées, documentation d'accompagnement décrivant les références établies...);
- de définir des tables de références de la base de données (nomenclature interne);
- de définir des tables de données, des variables à renseigner et les attributs de ces variables (restrictions, types...).

3.2.a Les tables contenues dans ASTER-ix

Les tables de références

La base contient 44 tables de références constituant le référentiel sur lequel sont basées les saisies et les extractions. Elles couvrent des entités informatiques variées, par exemple :

- les parcelles - **table *N_Parcelles*** : cette table renseigne sur le nom de la parcelle, sa date de création, sa date de destruction dans le cas d'une modification du parcellaire, sa surface, son appartenance à l'un des systèmes de production, à l'un des systèmes de culture *etc.* Cette table est donc reliée aux systèmes de production et aux systèmes de culture définis ;
- les espèces végétales cultivées - **table *N_Espece*** : cette table renseigne l'ensemble des espèces semées telles que l'avoine, le blé *etc.* et par extension la prairie permanente. Elle est liée à une table de références renseignant sur les différentes variétés de chaque espèce ;
- le matériel tracté - **table *N_Materiel*** : cette table renseigne sur le nom normalisé des matériels disponibles, ainsi que leurs caractéristiques techniques telles que la masse, la largeur, ou encore la date d'achat et le fournisseur *etc.* ;
- les opérations techniques - **table *N_Operation*** : cette table renseigne sur le nom des opérations mises en œuvre sur les parcelles tel que le labour ou le semis ou encore le déchaumage et le type de ces opérations tel que le travail du sol ou encore la récolte de produits (grains, paille foin...) *etc.*

Les tables de données

La base contient 33 tables de données. Ces tables contiennent des informations et données saisies. La saisie des données que contiennent ces tables s'effectue au travers des formulaires de l'application client en utilisant le formalisme des tables de références. Elles peuvent être regroupées par grands groupes d'entités opérationnelles centrés sur les parcelles ou sur d'autres objets gérés par la base.

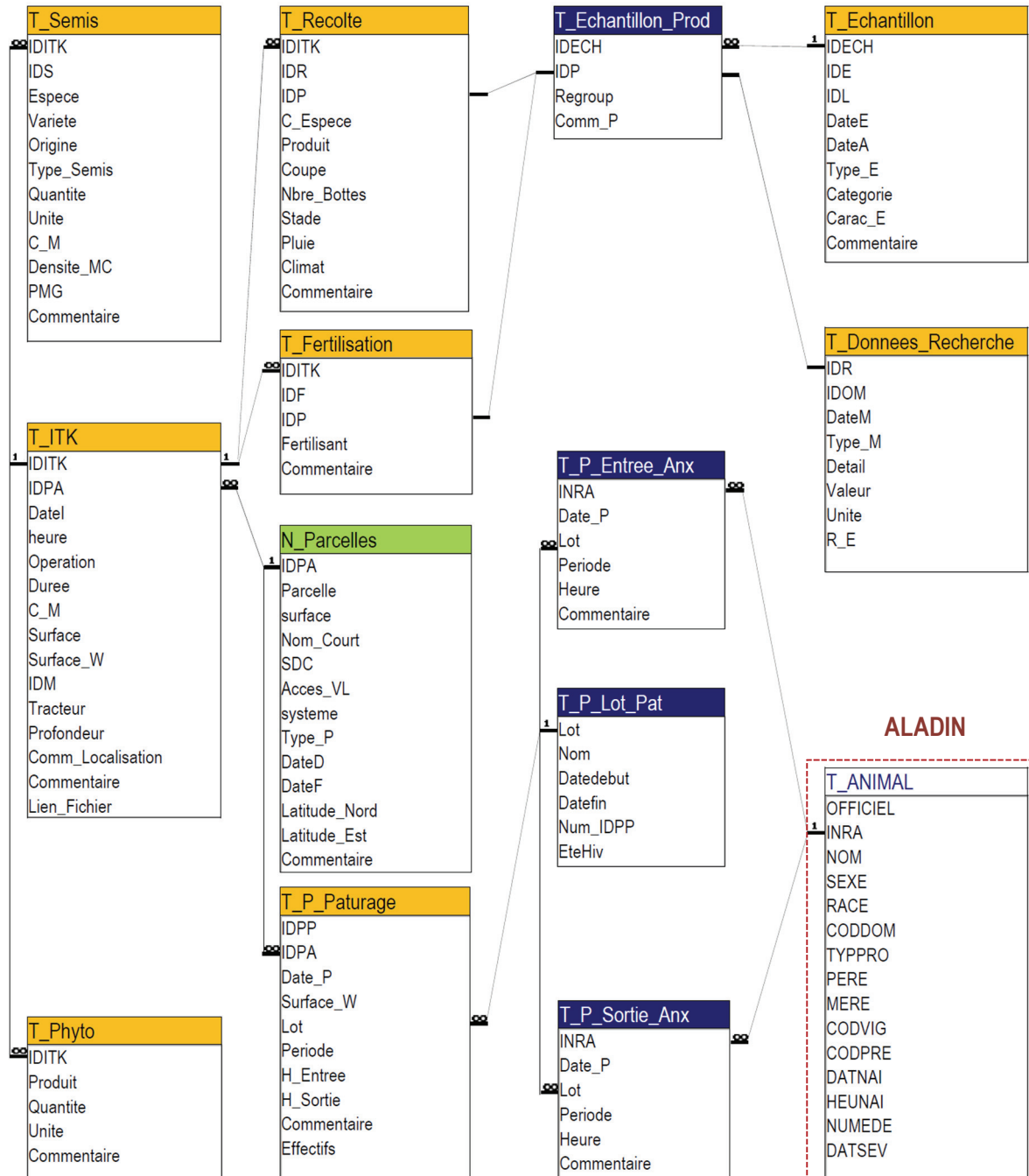


Figure 2. relations entre les tables de données principales (en orange) des groupes d'entités opérationnelles définis ainsi que le lien entre ASTER-ix et ALADIN. Les tables de données secondaires sont en bleu et les tables de références sont en vert.

3.2.b Le modèle relationnel

Afin d'améliorer la lisibilité et la compréhension du contenu de la base nous proposons un découpage en huit groupes d'entités opérationnelles (**figure 2**) du double point de vue informatique et pratique agricole ou expérimentale. Chaque groupe est composé d'une table de données principale, de tables de données secondaires et de tables de références. D'une manière générale, les tables intitulées *N_xxx* sont des tables de références assurant la formalisation des données en saisie et en extraction. Le groupe Itinéraires Techniques, dont la table principale est *T_ITK*, a une importance majeure puisque quatre autres groupes (Fertilisation, Semis, Récolte, Traitements Phytosanitaires) reposent directement sur lui. Ceci implique que toutes les données relatives au groupe ITK doivent être renseignées pour pouvoir valider les saisies dans ces quatre groupes.

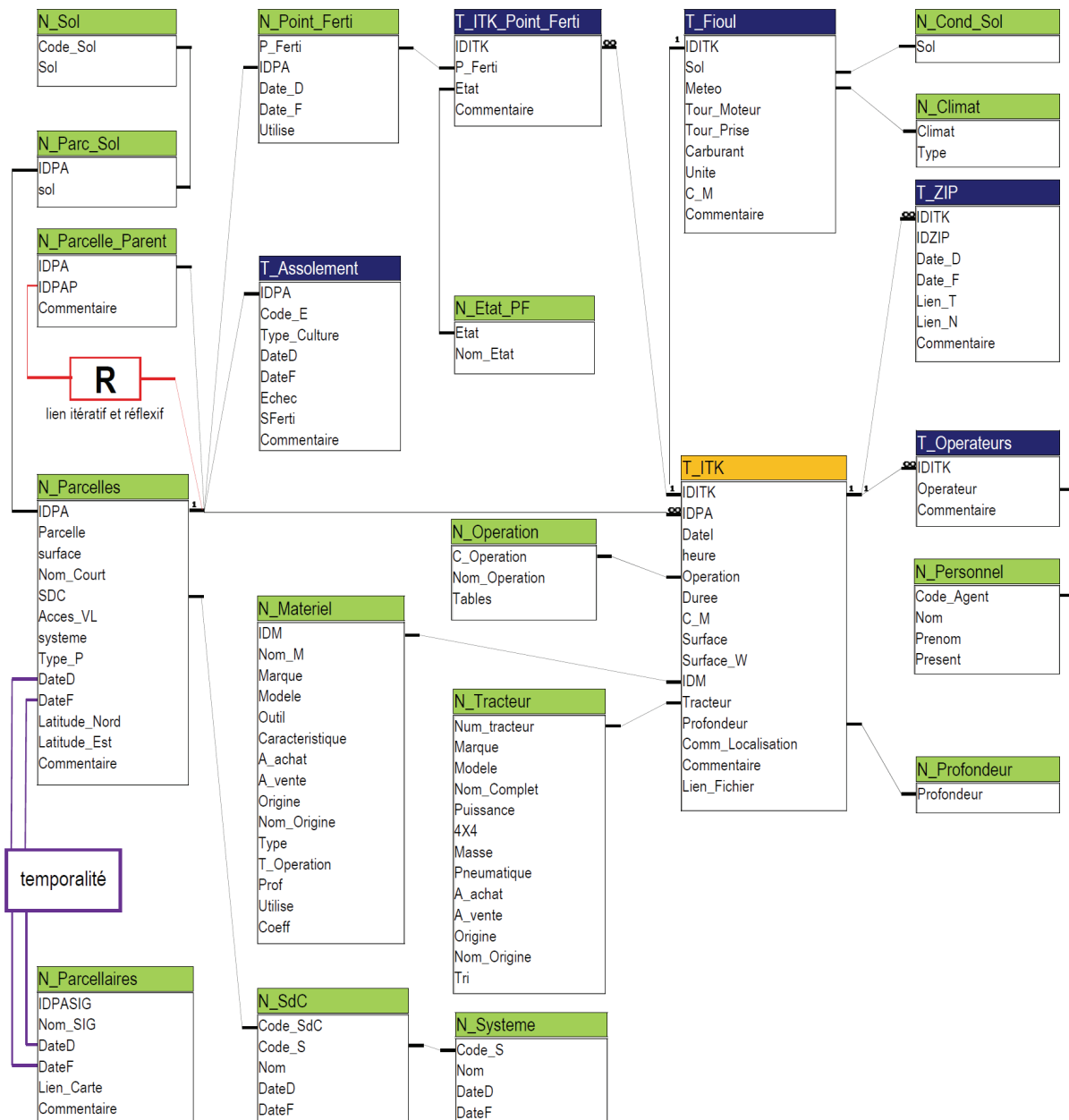


Figure 3 : tables et relations contenues dans le groupe d'entités opérationnelles ITK

- Groupe 1 : Itinéraires Techniques (ITK) - figure 3

Il constitue le cœur des entrées de pratiques agricoles englobant les entités parcelles, matériels (tractant et tracté), opérateurs, assolements, ... La table **T_ITK** permet de saisir chaque opération technique en renseignant la parcelle, la date de l'opération, l'heure de début et la durée, la surface travaillée (en % de la surface de la parcelle), les matériels tractant et tracté utilisés, la profondeur d'utilisation du matériel (si besoin) ainsi que des commentaires sur l'opération et sur la localisation de celle-ci. Cette table permet de stocker des liens hypertextes vers des fichiers renseignant ces opérations (plan, photos...). La parcelle est l'entité spatiale de base de la table **T_ITK**. Le parcellaire pouvant être amené à évoluer, un lien itératif permet de gérer la parenté entre parcelles. Lorsque les opérations nécessitent des intrants (semis, traitement phytosanitaire, fertilisation), des saisies complémentaires sont effectuées dans les groupes correspondant. La table **T_ZIP** renseigne certaines opérations spécifiques (râtelier en pâture, intervention culturale ciblée...) concernant une partie seulement d'une parcelle (appelée Zone Intra Parcelle ou ZIP). Un identifiant permet de lier cette opération à un géoréférencement instruit sur un système d'information géographique (ou SIG). La table **T_ITK_Point_Ferti** précise si le ou les point(s) de fertilité présent(s) sur la parcelle est (sont) concerné(s) par l'opération. La table **T_Operateurs** permet d'identifier les agents ayant mis en œuvre l'opération. La table **T_Fioul** complète les informations sur une opération en fournissant la consommation en carburant et d'autres paramètres tels que le régime moteur ou le régime de prise de force lorsqu'elle est utilisée.

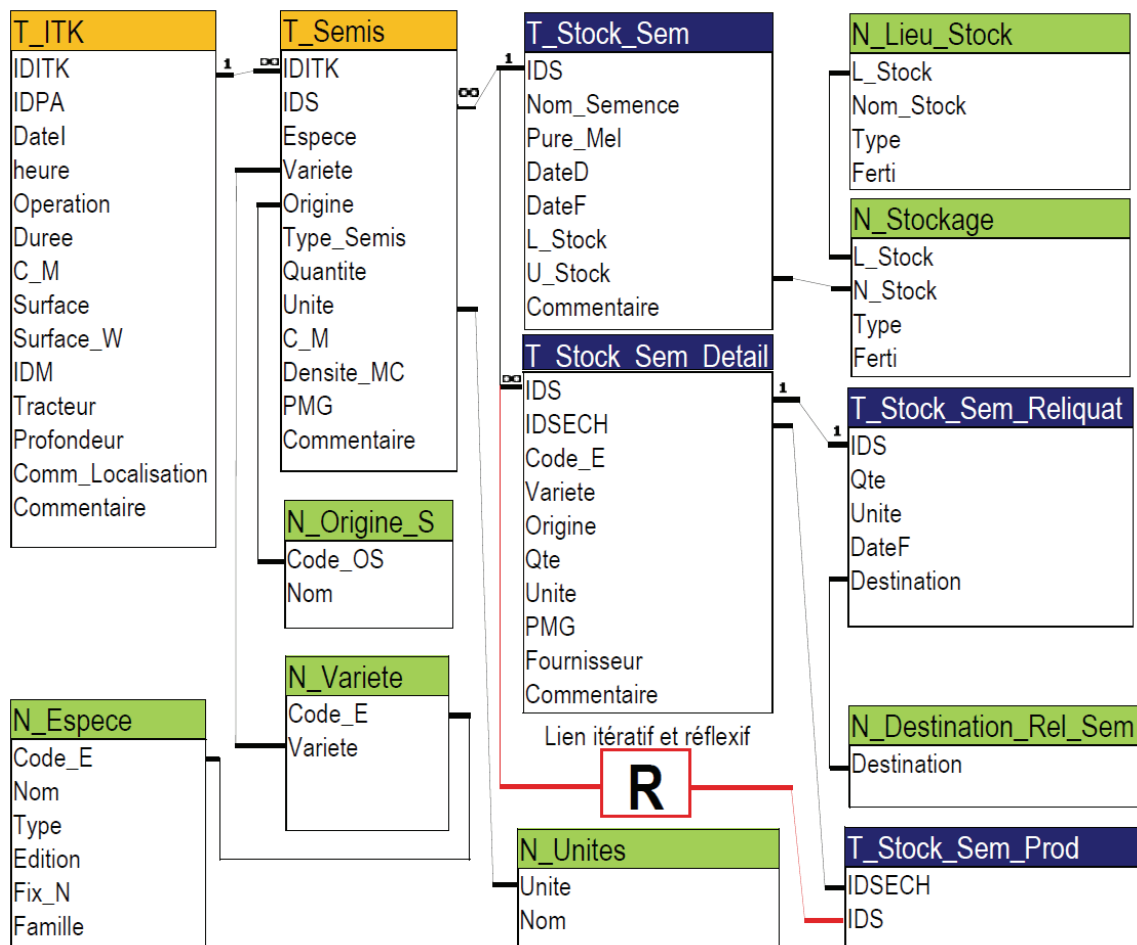


Figure 4 : tables et relations contenues dans le groupe d'entités opérationnelles Semis

Enfin, la table *T_Asolement* liée au parcellaire mais pas aux itinéraires techniques, permet la consultation rapide des assolements mis en place en identifiant en particulier les cultures principales, les cultures en échec et les cultures intermédiaires.

- Groupe 2 : Semis - figure 4

Ce groupe spécifie les intrants et les données relatives aux semis. La table *T_Semis* contient les données relatives aux espèces, variétés et origine des semences (autoproduite, certifiée ...) ainsi que celles liées au type du semis effectué (à la volée, double rang ...), aux quantités, à la densité de semis et au poids de mille grains de la semence. Les tables *T_Stock_Sem*, *T_Stock_Sem_Detail*, *T_Stock_Sem_Reliquat* et *T_Stock_Sem_Prod* permettent la gestion du stock des semences. Lors d'un semi, le responsable des saisies sélectionne un lot de semences (identifié par *IDS*) dans la table *T_Stock_Sem*, dont la composition est indiquée dans la table *T_Stock_Sem_Detail*. La table *T_Stock_Sem_Reliquat* permet de sortir des reliquats de semences évacués du stock pour la destruction ou pour alimenter les animaux ou pour la vente (champ *Destination*). La parenté éventuelle entre semences (lors de réutilisation d'un reste de mélange de semences) est représentée par le lien de réflexivité entre les champs *IDS* des tables *T_Stock_Sem_Detail* et *T_Stock_Sem_Prod*.

- Groupe 3 : Récolte - figure 5

Ce groupe intègre les données relatives aux récoltes de produits (fourrage, grain, paille, ...) et non les pratiques agricoles impliquées dans ces récoltes telles que le pressage ou la moisson. La table *T_Recolte* définit les produits récoltés (*IDP* est l'identifiant unique prenant en

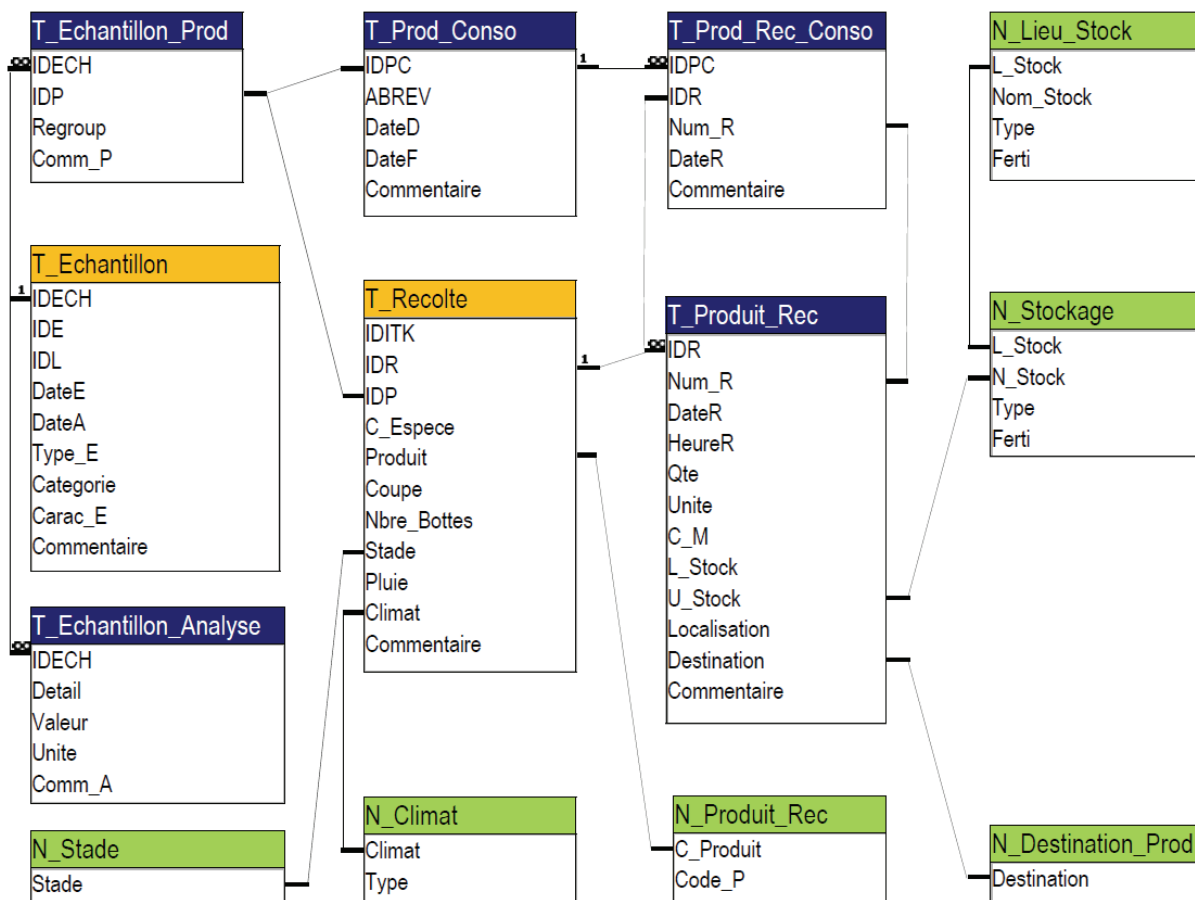


Figure 5 : tables et relations contenues dans le groupe d'entités opérationnelles Récolte.

compte le millésime et la nature du produit récolté), les espèces (ou les mélanges d'espèce), la nature du produit récolté (foin, regain, paille, ...), des informations sur le stade et les conditions de récolte. La table **T_Produit_Rec** précise la date et l'heure de récolte pour chaque localisation de stockage, les quantités récoltées en matière brute et la localisation précise de stockage des produits récoltés. Les valeurs de taux de matière sèche, d'impureté, de poids spécifique des céréales, de taux de protéines pour les céréales *etc.* sont stockées dans la table **T_Echantillon_Analyse**. Cette table est liée à **T_Echantillon_Prod**, elle-même liée par le champ *IDP* à la table **T_Recolte**. Les produits consommés sont liés aux produits récoltés par les tables **T_Prod_Conso** et **T_Prod_Rec_Conso**, cette liaison assure également une concordance de données avec la table des aliments de la base de données ALADIN.

- Groupe 4 : Traitements Phytosanitaires - figure 6

Ce groupe englobe les données spécifiques aux traitements phytosanitaires effectués sur les parcelles. Pour ASTER-ix ce groupe ne concerne actuellement que les données anciennes du fait de la conversion des systèmes de production à l'agriculture biologique. Grâce aux tables de références, il est possible d'extraire les épandages en fonction du nom commercial du produit ou bien du nom des matières actives ou encore de l'action du produit. Ces références proviennent d'une base de données présente dans l'unité ASTER Mirecourt, complétée par des informations recueillies sur la base e-phy du ministère de l'agriculture⁷.

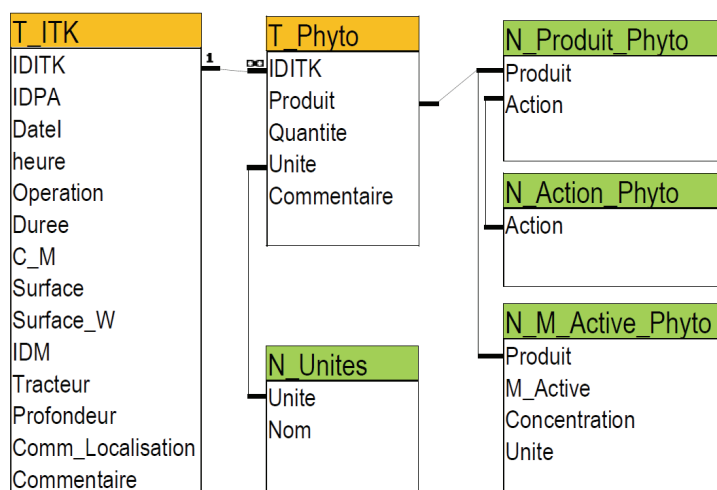


Figure 6 : tables et relations contenues dans le groupe d'entités opérationnelles « traitements phytosanitaires »

- Groupe 5 : Fertilisation - figure 7

Ce groupe est composé d'une partie liée aux épandages des intrants minéraux et d'une autre partie qui englobe la gestion des flux des effluents d'élevage : de la production à l'épandage en passant par des étapes de stockage et de transformation comme le compostage. La table **T_Flux** caractérise les effluents d'élevage manipulés dans nos systèmes. Ils sont identifiés par un numéro de produit (*IDP* est l'identifiant unique prenant en compte le millésime et la nature du produit), le type de fertilisant (Fumier pailleux, Lisier, Purin, ...), le système de production dont ils sont issus, les types d'animaux qui les ont produits, le lieu de stockage ou de

⁷ <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>

production. Ces produits peuvent être en production (dans une fosse, dans un bâtiment ...), en stockage (sur une fumière de dépôt, en bout de champ ...), en traitement (passage d'un état de fumier pailleux à fumier composté, ...) ou en épandage. La table **T_Fert_Trait** permet par réflexivité de connaître le ou les produit(s) constitutifs du produit de la table **T_Flux** par liaison entre les identifiants *IDP* et *IDS*. Cette table **T_Fert_Trait** comporte également les données d'opération sur les fumiers (stockage, traitement compostage ...) et les quantités stockées. La table **T_Fertilisation** est constituée des identifiants des éléments fertilisants épandus. Le champ *IDP* correspond à l'identifiant des produits organiques épandus (issus de la table **T_Flux** caractérisant les produits d'effluent d'élevage recensés dans nos systèmes). Le champ *Fertilisant* correspond au code du produit fertilisant épandu (Fumier composté, Lisier, Superphosphate 46, ...). La table **T_Ferti_Ep** contient les quantités de fertilisant épandues. Les données d'analyses physico-chimiques des effluents d'élevage sont reliées aux différentes tables par l'identifiant produit (*IDP*).

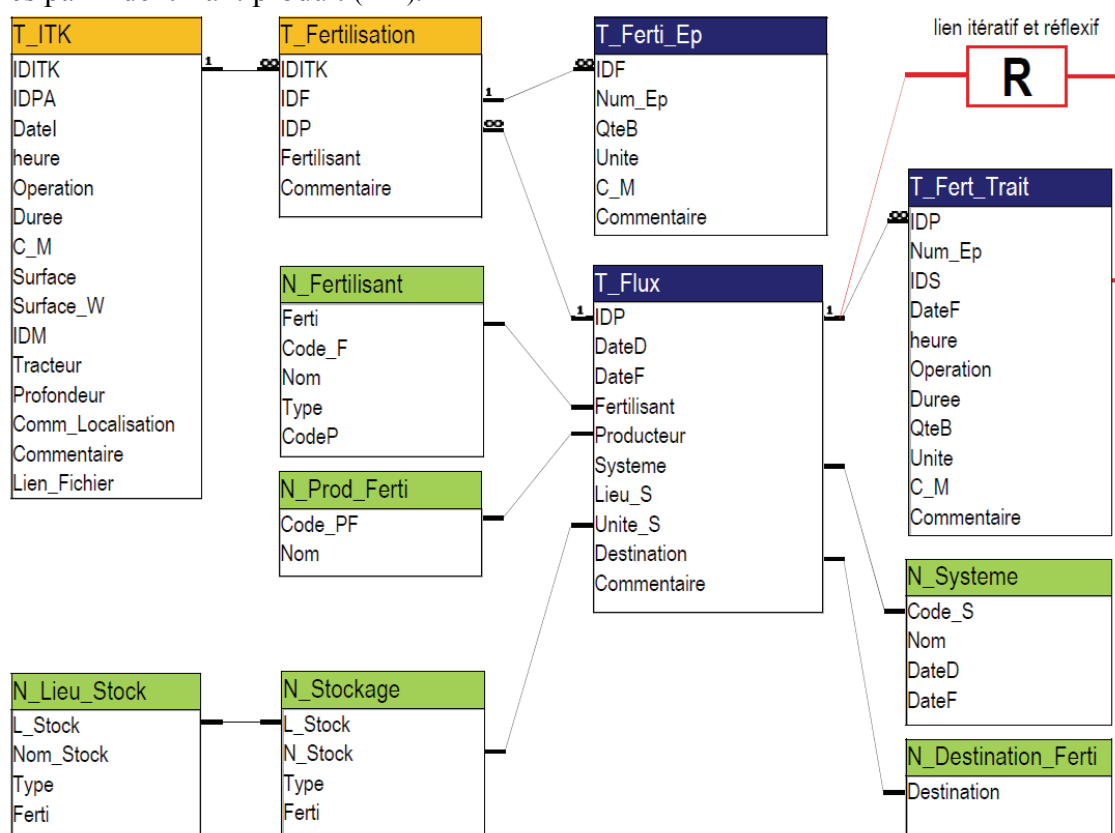


Figure 7 : tables et relations contenues dans le groupe d'entités opérationnelles « Fertilisation »

- Groupe 6 : Pâturage - figure 8

Il est à la fois lié au parcellaire ainsi qu'aux animaux et aliments gérés dans la base de données ALADIN. La table **T_P_Paturage** stocke les données du pâturage, par date et période de pâturage (une période peut être une journée, une demi-journée - jour ou nuit - ou une tranche horaire), pour un lot d'animaux, sur une ou plusieurs parcelle(s). Les variations d'effectif sont enregistrées pour chaque lot (entrée ou sortie matin ou soir) dans les tables **T_P_Entree_Anx** et **T_P_Sortie_Anx**. Ces tables utilisent les numéros d'animaux présents dans la base de données ALADIN. La table **T_P_Lot_Pat** caractérise les lots utilisés. La table **T_P_Complementation** permet de saisir les données relatives à la complémentation au pâturage des lots d'animaux. Elle est liée pour ce qui concerne l'identification des aliments aux tables **T_Prod_Conso** et **T_Prod_Rec_Conso**, elles-mêmes en relation avec la base de

données ALADIN. Par extension nous utilisons les tables du groupe Pâturage pour localiser les animaux dans les bâtiments. C'est le cas en été lorsque les animaux doivent être conduits à l'intérieur (vêlage, soins vétérinaires...) mais également lors de la période hivernale. Dans ces conditions, les bâtiments sont vus comme des parcelles. L'alimentation hivernale, quant à elle, est gérée dans la base de données ALADIN.

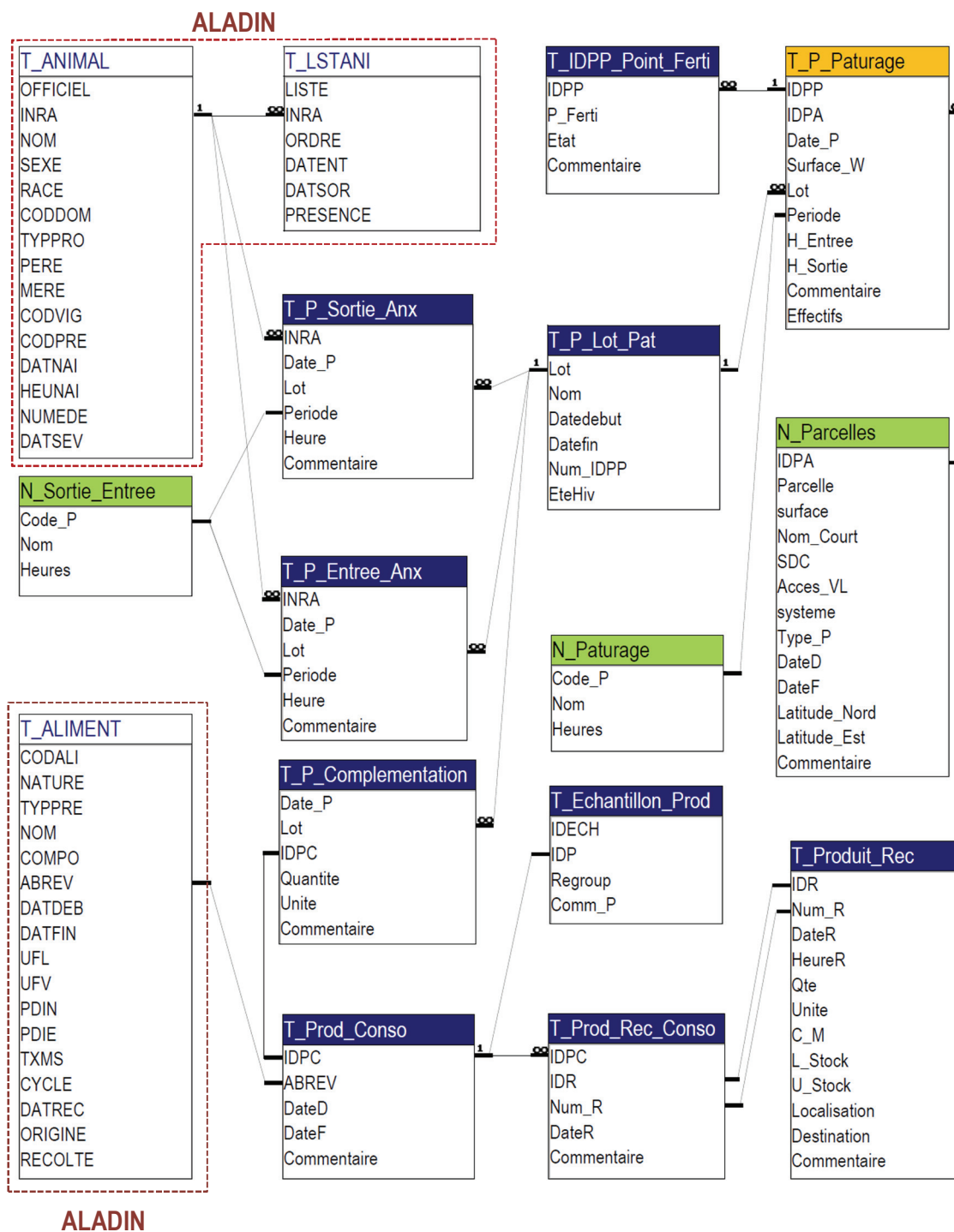


Figure 8 : tables et relations contenues dans le groupe d'entités opérationnelles » Pâturage, et relation avec ALADIN »

- Groupe 7 : Analyses - figure 9

Ce groupe est l'entité permettant de gérer les données d'analyses effectuées sur les végétaux, le sol, l'air, l'eau, les effluents. Des associations sont définies, grâce à la normalisation d'identifiants, avec les lieux concernés par les analyses (points de fertilité, parcelles) et les produits analysés (les produits de récoltes, les flux d'effluent, les données de recherche du Groupe 8). La table **T_Echantillon** caractérise l'échantillon selon la date, le lieu (parcelle, point de fertilité ou tout autre libellé normalisé), le typage (échantillon récolte, produit consommé, sol...), la nature de l'échantillon (foin de prairie permanente, grain...) et le type d'analyse (chimique, physique...). La table **T_Echantillon_Analyse** contient les valeurs d'analyse, le champ *Detail* précisant l'analyse effectuée (N total Méthode Dumas- NF EN 13654-2, Mg total- NF EN ISO 11885 ICP-Radial...). La table **T_Echantillon_Prod** effectue le lien avec les identifiants des produits analysés.

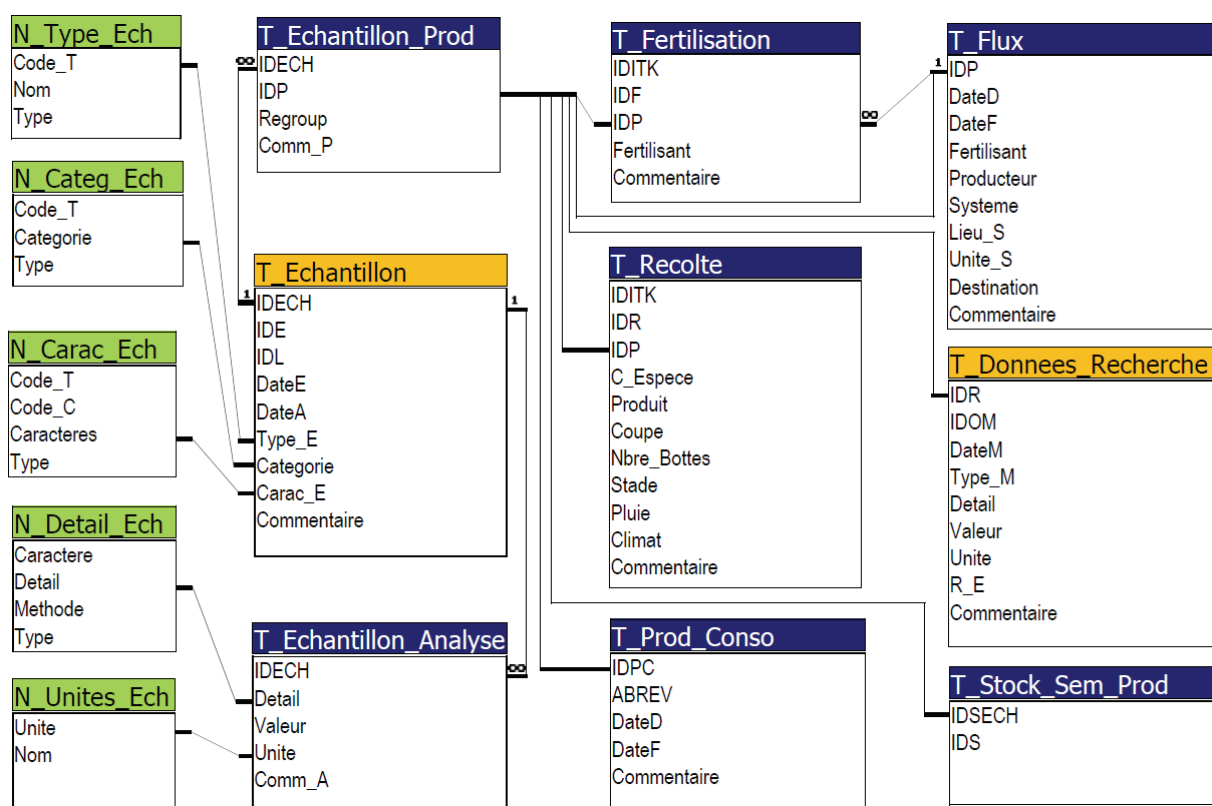


Figure 9 : tables et relations contenues dans le groupe d'entités opérationnelles « analyses »

- Groupe 8 : Données de recherche - figure 10

Ce groupe est l'entité permettant la gestion des données issues de la mise en œuvre de protocoles expérimentaux de recherche. Ceci englobe par exemple des données de diversité végétale et animale, de comptage d'espèces cultivées à la levée, de notations de présence de maladies et de ravageurs des cultures et de données de récolte sur les points de fertilité. Ces données sont enregistrées dans les tables **T_Donnees_Recherche**, **T_LM_DR** et **T_Detail_DR**. Des identifiants permettent également des associations avec les groupes ITK et Analyses.

Ce groupe a été conçu pour des données très diversifiées et avec une certaine généralité d'accès aux données. La table *T_Mod_Op_Recherche* recense les modes opératoires des protocoles fournissant des données saisies sous la base. La table *T_Mod_Op_Detail* permet de caractériser principalement les lieux de mise en œuvre de ces protocoles.

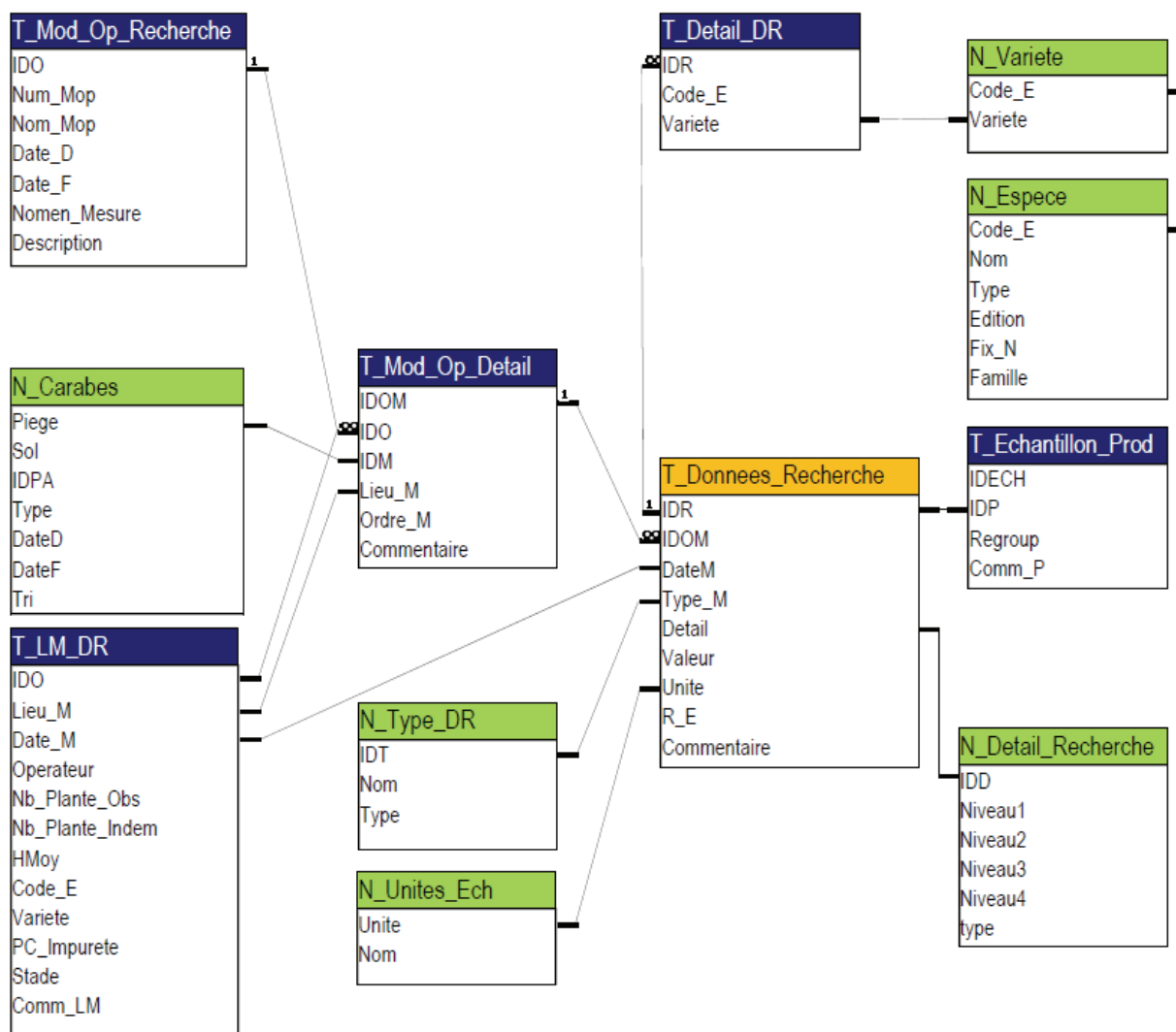


Figure 10 : tables et relations contenues dans le groupe d'entités opérationnelles Données de recherche.

3.3 Développement de la base et intégration des données existantes

3.3.a Développement de la base ASTER-ix

Nous avons choisi de découpler la base contenant les tables de données et de référentiels des bases client contenant les applicatifs de saisie ou d'extraction. Ceci permet des saisies multipostes simultanées et l'intervention sur l'applicatif sans perturbation de ces saisies.

Le développement de la base de données s'est effectué en quatre grandes étapes :

- la création de la base de données, nommée *Donnees_Aster* (**figure 11**). Elle contient les tables de données et les tables de références ainsi que les relations et cardinalités. Cette base de données est installée sur un serveur de l'unité ;
- la création de la base de données application client, nommées *ASTER_ix* (**figure 11**), qui est installée sur les postes des utilisateurs en saisie. Elle est constituée des liaisons avec les tables de données et de références de *Donnees_Aster*, de certaines tables de la base de données ALADIN, de tables de travail propres à l'application, de requêtes *SQL* et des formulaires permettant le fonctionnement de l'applicatif de saisie des itinéraires techniques et des pratiques agricoles. Des états sont également définis afin d'effectuer les sorties définies avec le responsable de l'IE et son adjoint ;
- la création de la partie de l'applicatif permettant de gérer les données de recherches, les données d'analyses et les données du pâturage. La base est composée d'une centaine de formulaires et sous formulaires ;
- la mise en place d'un accès partagé à la copie j-1 des différentes bases de données (*Donnees_Aster* et ALADIN) pour les utilisateurs ayant des besoins d'extraction.

3.3.b Intégration des données existantes

L'intégration des données a nécessité une forte mobilisation de cinq agents. Ce fut l'une des phases les plus longues, avec la réalisation d'ASTER-ix qui elle fut effectuée uniquement par J-M Trommenschlager. L'intégration des données s'est faite soit en saisissant manuellement les données issues le plus souvent de support papier soit par importation d'une source informatique. Quel que soit le moyen d'intégration, les données ont été systématiquement vérifiées et, pour une grande part, validées.

Les groupes ITK, Semis, Traitements Phytosanitaires et Fertilisation contiennent des données issues majoritairement d'une extraction d'Isamarge[®]. Nous avons harmonisé ces données avant d'en valider une grande partie et de les exporter vers ASTER-ix. Les données à partir de 2008 ont été saisies directement sur la base de données grâce aux différents formulaires. L'intégration des données ITK fut complexe car le parcellaire que nous considérons dans ASTER-ix est celui de 2006, or il a subi diverses modifications entre 1997 et 2006. Il a donc fallu redistribuer les ITK antérieurs à 2006 et les intrants qui y sont associés en respectant le dernier découpage parcellaire. La caractérisation des flux et des transformations des effluents d'élevage, qui n'existait pas sous Isamarge[®], ont été établis et enregistrés sur ASTER-ix depuis 2004, début de l'expérimentation-système. Le pâturage depuis avril 1997, détaillé jusqu'à la demi-journée, ainsi que la complémentation effectuée dans les parcelles depuis cette date ont également été saisis sous ASTER-ix par un agent. Enfin, une partie des données de recherche et d'analyses, principalement depuis 2007 sont organisées dans ASTER-ix.

Depuis juillet 2008, les données acquises sont directement saisies sur la base par les utilisateurs concernés. Il reste encore des données anciennes non intégrées à ASTER-ix, tels que des résultats d'analyses physico-chimiques. Cette intégration se fait « au fil de l'eau » par les différents agents concernés.

3.4 Gestion et fonctionnement de la base ASTER-ix

3.4.a Administration et sauvegarde

Nous avons fait le choix de simplifier la sécurité. L'applicatif de saisie est installé sur six postes. Les applicatifs d'extraction, en cours de réalisation, dont les tables de données ne sont pas liées aux bases de données natives mais aux copies à J-1 sont présentes potentiellement

sur tous les postes ayant un environnement Microsoft Access®. Une réflexion est en cours afin d'optimiser la sécurité d'accès aux données. De plus, un dispositif de sauvegarde sur bandes magnétiques des bases de données est défini en mode *full* et incrémentiel sur le serveur (figure 11).

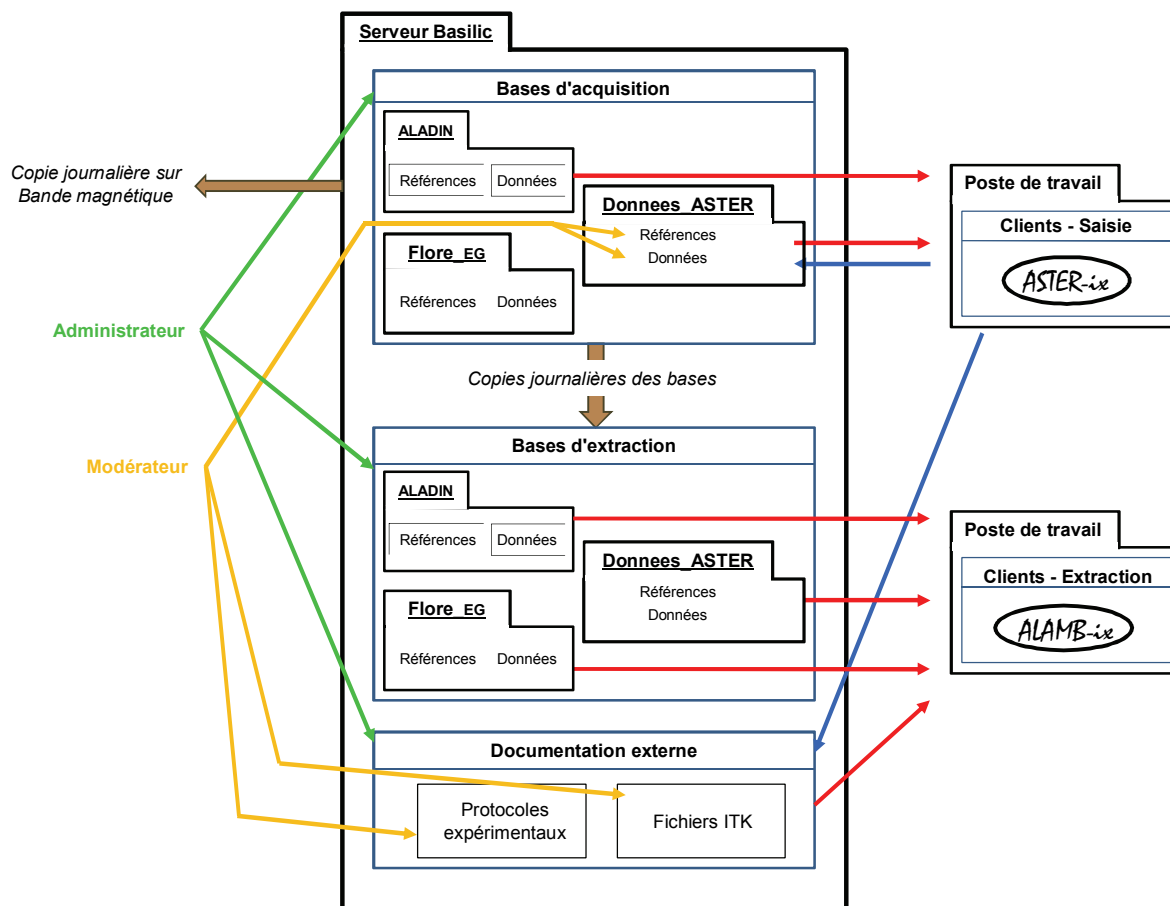


Figure 11. : schématisation du fonctionnement global d'ASTER-ix.

3.4.b Modérateurs

Plusieurs types de modérateurs interviennent sur la base :

- une personne, actuellement la même que l'administrateur, est chargée de la mise à jour des référentiels, de la définition de nouvelles opérations ou achats et donc du codage de nouveaux matériels et des nouvelles espèces semées. Il s'agit également de relever les éventuelles améliorations à effectuer sur les applicatifs, par exemple de nouveaux modes opératoires mettant en œuvre de nouvelles saisies et de nouveaux référentiels ;
- des utilisateurs par discipline sont chargés de la validation des données saisies. Cette validation peut être exhaustive, par cohérence (cohérence entre matériel et opération, suivi des flux d'effluents d'élevage...), par recoupement lors des saisies de données complémentaires (saisie de la consommation de fioul en recoupement avec les temps et matériels saisis dans les itinéraires techniques...).

3.5 Utilisation de la base de données

3.5.a La saisie de données

Plusieurs utilisateurs effectuent les saisies. Le responsable de l'IE et son adjoint instruisent les groupes ITK, Fertilisation - contenant les flux et traitements des effluents d'élevage - Récolte et Semis (et Traitements Phytosanitaires). Une personne gère les données du groupe « Pâturage ». Elle instruit également la localisation des animaux dans les bâtiments (chaque bâtiment étant considéré comme une parcelle particulière affectée à un système de production), la gestion des effectifs, en terme de mouvement, dans les lots d'animaux présents dans les parcelles sur des pas de temps journaliers ou de la demi-journée voire même la tranche horaire si cela est nécessaire. La complémentation en fourrage et concentrés au pâturage est également enregistrée. Un agent saisit les données concernant l'énergie fossile utilisée lors des pratiques agricoles ; et, quatre agents saisissent les données de recherche, (relevés de biodiversité, relevés d'adventices des cultures, comptage d'espèce cultivée, évaluation des maladies et ravageurs, analyses, échantillons...).

3.5.b Extractions

Extractions dites « fermées »

Les extractions dites « fermées » sont intégrées à l'application client ASTER-ix. Elles ont pour but de répondre soit à des besoins réglementaires (état indiquant les intrants sur les parcelles, concordance avec les plans d'épandage...) soit à des besoins de gestion de l'IE (suivi des fertilisations, des récoltes, des itinéraires techniques, des assolements...).

Extractions dites « libres »

Les extractions dites « libres » sont exécutées à partir de l'application client ALAMB-ix installée sur les postes d'utilisateurs. Les tables pointent sur les copies j-1 des bases de données Donnees_Aster et ALADIN. Les interrogations sont principalement effectuées avec des requêtes SQL. Des formulaires d'extraction générique sont également en cours de développement.

4. Discussion

4.1 Les relations externes et liaisons avec ASTER-ix

4.1.a Les relations avec d'autres bases de données

À l'heure actuelle, la base ASTER-ix est reliée à deux autres bases de données qui sont ALADIN et Flore_EG. Les relations entre ASTER-ix et ALADIN sont induites par la gestion des données relatives au pâturage. La base ALADIN fournit en saisie et en consultation les références des données zootechniques (**figure 11**). Il s'agit notamment des identifiants des animaux et des informations sur leur statut (race, sexe, appartenance à un système de production, présence ...) mais également des données sur les aliments distribués en complémentation du pâturage (identifiant, type).

La base de données Flore_EG contient l'ensemble des relevés floristiques réalisés lors de travaux d'une thèse co-encadrée entre l'unité ASTER Mirecourt et le LAE de Nancy. La liaison entre bases est faite grâce à l'identifiant de la parcelle. L'intégration de ces données dans ASTER-ix n'a pas été envisagée puisque la base Flore_EG était déjà existante, opérationnelle et qu'il était simple d'établir une liaison avec ASTER-ix. Cette base illustre le fait que la base ASTER-ix est ouverte à l'introduction de nouvelles données provenant de protocoles propres à d'autres équipes de recherche.

4.1.b Documents en liaison externe à la base ASTER-ix

La base dispose également de liens hypertextes vers divers documents apportant des informations sur les données qu'elle contient. Ces documents sont de trois types :

- un document "lisez-moi" qui explique à l'utilisateur en saisie et surtout en extraction quels ont été les choix opérés lors de la conception de la base, de l'intégration des données existantes. Ce document contient aussi une masse d'informations décrivant exhaustivement l'ensemble des tables contenues dans la base et les liens qui existent entre ces tables. Ce document est disponible également en version papier au sein de l'unité ;
- des éléments liés aux pratiques agricoles pouvant par exemple indiquer la zone dans laquelle une pratique a eu lieu, lorsqu'elle n'a pas affecté toute la parcelle (plans, photographies, feuilles de calcul intermédiaires...) ;
- des modes opératoires ou des protocoles expérimentaux dans le cadre des saisies des Données de Recherche.

4.2 Valorisations actuelles des données organisées dans ASTER-ix

Les données contenues dans la base sont déjà valorisées scientifiquement aux travers de 3 travaux : les deux thèses co-encadrées par l'unité ASTER Mirecourt ainsi que l'évaluation du bouclage des cycles des éléments C, N, P, K, Ca, Mg. L'une des deux thèses a extrait l'ensemble des molécules phytosanitaires qui ont été épandues sur un échantillon de parcelles depuis 1997, ainsi que les doses et les dates d'épandage correspondantes. L'autre thèse a recueilli l'ensemble des ITK mis en œuvre sur un échantillon de parcelles depuis 1997 pour caractériser la trajectoire des parcelles. Enfin, la troisième valorisation actuelle constitue un travail conséquent dont l'objectif est de mettre en place un jeu d'extractions permettant d'évaluer les flux de matières et les flux d'éléments biogéochimiques au niveau des points de fertilité. Ce travail qui participe pleinement à l'évaluation globale des systèmes, sera poursuivi afin d'opérer un changement d'échelle et ainsi effectuer des évaluations à l'échelle des systèmes de production et du territoire.

4.3 Pistes d'améliorations en cours de réflexion

Les améliorations touchent principalement trois points sur lesquels nous avons choisi volontairement de ne pas porter une forte attention en 2007 afin de respecter des délais courts (un an) de conceptualisation et de réalisation de la base de données. Ces délais courts devaient permettre de débiter rapidement l'évaluation des systèmes mis en place.

4.3.a Accessibilité de la base

La base de données ainsi que ses applicatifs-clients ne sont accessibles qu'à partir de l'unité ASTER Mirecourt, et uniquement pour les ordinateurs disposant d'un environnement de travail Windows® et pourvus du logiciel Access®. Deux réflexions sont en cours sur la question de l'accessibilité. La première concerne l'amélioration de la sécurité de l'accès au contenu de la base. L'idée serait de créer des profils différents en fonction des utilisateurs qui accèderaient à la base *via* des identifiants et des mots de passe personnels. La seconde réflexion porte sur l'accessibilité à distance des données. Actuellement, nous ne désirons pas établir un tel accès puisque l'ensemble des données, malgré plusieurs vérifications, n'a pas été totalement validé.

4.3.b Unité informatique gérée : la parcelle telle que définie en 2006

L'unité spatiale de référence dans la base est la parcelle agricole telle qu'elle a été définie dans le parcellaire en 2006. Ceci complique la saisie des ITK qui ne touchent pas la totalité de la parcelle, et surtout la localisation de ces ITK dans la parcelle. Il est important de connaître ces localisations pour deux objectifs majeurs : *i)* pouvoir réaliser un plan d'échantillonnage en ayant connaissance des activités mises en œuvre à l'intérieur d'une parcelle, et *ii)* expliquer l'état du milieu ou des résultats observés en un point précis d'une parcelle.

Pour pallier cette contrainte de localisation, nous avons mis en place à partir de mai 2008, des relevés GPS (Global Positioning System) de ces ITK ne concernant qu'une partie de la parcelle. Ces relevés constituent des zones intra-parcellaires (ZIP) qui sont caractérisées par des attributs (**figure 3**). Les attributs de chacun de ces relevés sont la date et le type de relevé, défini dans un dictionnaire d'attributs préétabli. Actuellement, nous avons défini cinq types de ZIP à partir des conséquences potentielles de ces événements sur les conditions de sol ou sur la végétation :

- fumier (positionnement des tas de fumier en dépôt dans les parcelles, impact visible lors des reprises pour chargement de ces tas) ;
- opérations culturales (travail du sol, désherbage mécanique ou manuel, semis, sur-semis) ;
- alimentation occasionnelle et mobile en pâture (Auges, râteliers, abreuvoirs, pierres à sel) ;
- RePaRes (Récolte exportée, Pâturage, Résidus) ;
- autres dégâts (parc de contention mis en place temporairement, passages répétés d'engins ou d'animaux).

Ces relevés géo-référencés sont enregistrés et complétés d'un identifiant unique par relevé. Cet identifiant est ensuite saisi dans une table de la base de données. Cette saisie s'accompagne de données supplémentaires comme des durées de positionnement (*e.g.* durée durant laquelle un râtelier demeure au même endroit), et de commentaires. Cet identifiant permet d'affecter des données extraites d'ASTER-ix vers une représentation sur des couches spécifiques d'un système d'informations géographiques (S.I.G.).

Il ne s'agit pas ici d'analyser des données spatialisées, mais uniquement de pouvoir en faire une représentation cartographique. De plus, nous avons d'ores et déjà pris en compte les modifications éventuelles du parcellaire en offrant la possibilité de gérer des liens de parenté entre les parcelles. Nous avons ajouté à cela un référencement des différents parcellaires que ces changements engendreront (**figure 3**).

Afin d'avoir une meilleure gestion à la fois des changements du parcellaire qui peuvent survenir et de ces ZIP, un travail conséquent de conceptualisation d'un système de gestion de base de données relationnelle spatialisée a été conduit avec l'équipe SIG du centre Inra de Champenoux. Ce travail a abouti à deux documents de synthèse décrivant cette conceptualisation (Foissy *et al.*, 2009; Maurice *et al.*, 2009).

4.3.c Saisie des logiques d'action

Enfin, l'ensemble des logiques d'action ne sont pas intégrées dans la base, même si elles sont l'un des objets de l'évaluation agronomique. D'une part, la formalisation de ces logiques d'action n'était pas établie lors de la conception d'ASTER-ix. Et d'autre part, il nous semble que le SGBDR utilisé pour cette base n'est pas l'outil adapté non seulement à la saisie mais aussi à l'analyse de telles données.

Conclusion

La réalisation de la base de données ASTER-ix a atteint son objectif en permettant la saisie et l'extraction de données issues à la fois de l'expérimentation-système et des sources diversifiées qui existaient auparavant. Le formalisme et les objectifs de la base ont amélioré significativement l'AQR (assurance qualité de la recherche) de l'unité mais ont nécessité un temps d'adaptation et de formation pour les responsables des saisies. Cette adaptation et cette formation ont été facilitées par l'étroite collaboration mise en place avec les concepteurs et les agents qui acquièrent et saisissent les données.

Enfin, il nous semble que si la structure complexe de cette base n'est pas adaptée à l'enregistrement de données d'un dispositif expérimental en micro-parcelles tel que les essais CTPS⁸, ou de cultures sous serres ou hors-sol, elle est transférable à d'autres dispositifs expérimentaux complexes dont le fonctionnement doit être proche de celui d'une exploitation agricole commerciale, en polyculture et/ou élevage. Les modifications à opérer ne toucheraient sans doute qu'une partie des groupes opérationnels définis dans ASTER-ix. Le modèle relationnel tel qu'il a été conçu permet de ne pas activer certains de ces groupes sans perturber le fonctionnement de la base de données.

La base de données ASTER-ix a été référencée auprès de l'Agence pour la protection des programmes (APP) au nom de l'Inra sous le numéro IDDN.FR.001.130016.000.R.P.2010.000.10300.

Bibliographie

- Coquil X., Blouet A., Fiorelli J.-L., Bazard C., Trommenschlager J.-M. (2009a) Conception de systèmes laitiers en agriculture biologique : une entrée agronomique, *Productions Animales* 22, 221-234
- Coquil X., Fiorelli J.-L., Mignolet C., Blouet A., Foissy D., Trommenschlager J.-M., Bazard C., Gaujour E., Gouttenoire L., Schrack D. (2009b) Évaluation multicritère de la durabilité agro-environnementale de systèmes de polyculture élevage laitiers biologiques, *Innovations Agronomiques* 4, 239-247
- Foissy D., Trommenschlager J.-M., Maurice D., Bienaimé E. (2009) *Projet Pratiques Agricoles Territorialisées Associant Temps et Espace (P.A.T.A.T.E) du domaine Inra de Mirecourt*. 16 pages. Document disponible sur demande auprès de : foissy@mirecourt.inra.fr
- Maurice D., Bienaimé E., Foissy D., Trommenschlager J.-M. (2009) *Modélisation de la base de données P.A.T.A.T.E*. 35 pages. Document disponible sur demande auprès de : foissy@mirecourt.inra.fr
- Meynard J.-M., Reau R., Robert D., Saulas P. (1996) *Évaluation expérimentale des itinéraires techniques*, Comité Potentialités, ACTA, Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation (DERF) 63-70

⁸ CTPS : Comité Technique Permanent de la Sélection.

