



HAL
open science

Élaboration d'une méthode d'évaluation multicritère et ex ante de la durabilité agro-environnementale des systèmes de polyculture élevage bovin laitier : Le modèle DEXI SPCE*. Rapport d'alternance

Ambroise Garnier

► To cite this version:

Ambroise Garnier. Élaboration d'une méthode d'évaluation multicritère et ex ante de la durabilité agro-environnementale des systèmes de polyculture élevage bovin laitier : Le modèle DEXI SPCE*. Rapport d'alternance. [Stage] Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL), Vandoeuvre-lès-Nancy, FRA. 2009, 10 p. hal-02817452

HAL Id: hal-02817452

<https://hal.inrae.fr/hal-02817452>

Submitted on 6 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



SAD ASTER Mirecourt

Nancy-Université
INPL



Ambroise GARNIER
Octobre 2008 à Janvier 2009

Rapport d'alternance :

Élaboration d'une méthode d'évaluation multicritère et
ex ante de la durabilité agro-environnementale des
systèmes polyculture élevage bovin laitier :
Le modèle DEXI SPCE*.

Remerciements.

Je souhaite remercier Xavier Coquil, pour son encadrement tout au long de mes deux stages. Il a su me laisser autonome et évoluer selon mes envies tout en me recadrant efficacement quand le besoin s'en faisait sentir. Sa rigueur dans la rédaction a été d'une grande aide pour la rédaction de ce rapport ainsi que des précédents. Mais surtout, Xavier, merci pour ta sympathie, la confiance que tu m'as accordé et les discussions toujours très intéressante qu'on a pu avoir ensemble. Je te souhaite bon courage pour ta thèse et j'ai hâte de pouvoir la lire.

Sommaire

Introduction : L'évaluation multicritère de la durabilité, une approche systémique. p.1

1. **Méthode utilisée pour la sélection des indicateurs et la mise en place de l'arborescence** p. 3

- a. Définition du système d'étude, vers une vision partagée d'un monde complexe.
- b. L'identification et la sélections des indicateurs, une démarche Top down à partir de l'utilisation d'un cadre d'analyse systémique.
- c. La mise en place de l'arborescence hiérarchique de la durabilité.

2. **Résultats : Le modèle DEXI SPCE*** p.5

- a. La définition du système d'étude
- b. L'application du cadre d'analyse de Bossel à l'exploitation agricole et sa restriction à l'agrosystème, définition des critères de l'évaluation pour le modèle DEXI SPCE* .
- c. Les indicateurs utilisés dans le modèle DEXI SPCE* et leurs calculs.
- d. L'arborescence et les critères de l'évaluation.
- e. Les règles d'agrégation des critères dans l'arborescence, un travail à réaliser.

3. **Discussion et perspectives.** p.9

Bibliographie p.10

Annexes :

- a. Présentation de l'arborescence de la durabilité agro-environnementale des systèmes de polyculture élevage bovin laitiers.
- b. Présentation des indicateurs utilisés dans l'arborescence.

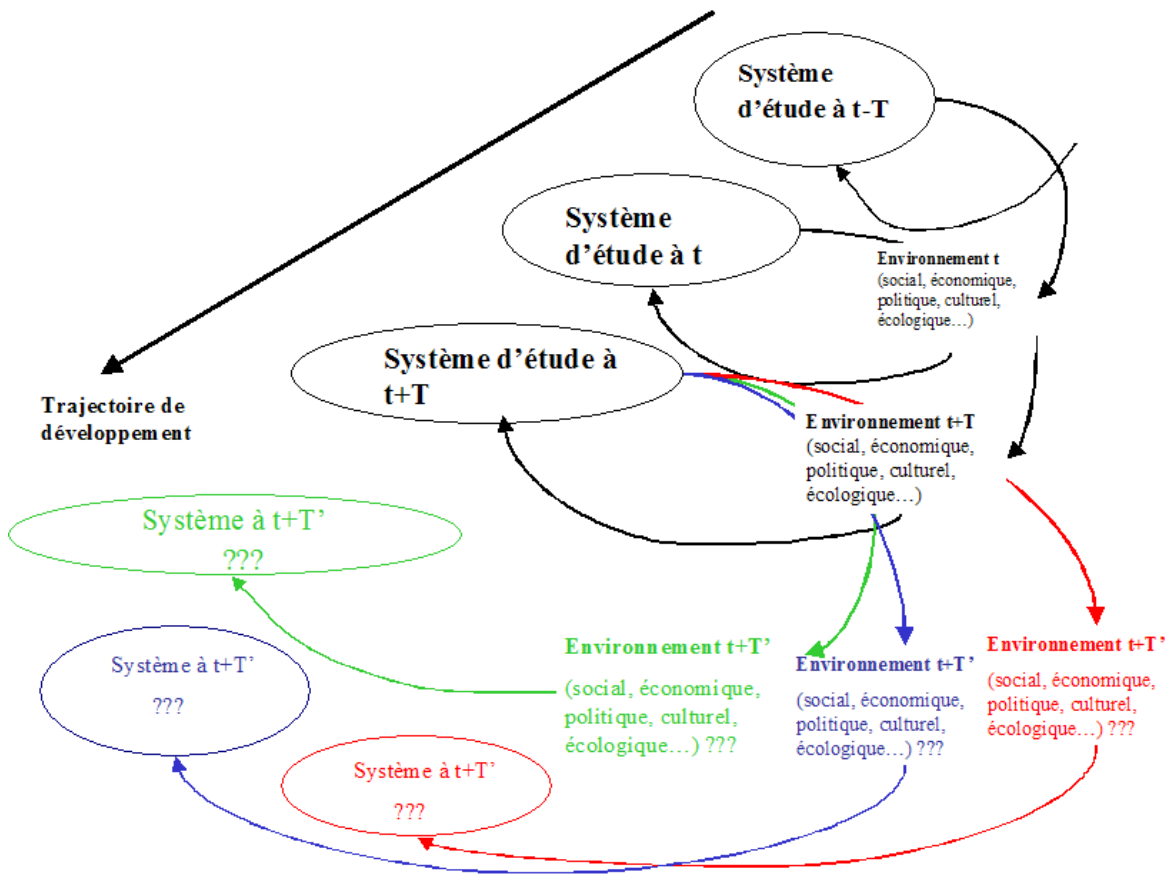


Figure 1 : La durabilité dans un processus de co-évolution entre le système et son environnement.

Introduction : L'évaluation multicritère de la durabilité, une approche systémique.

Depuis la publication du rapport Brundtland (1987), le concept de développement durable connaît un vif succès. Bien que rassemblant des interprétations très différentes (Pope et Annandale, 2004) l'approche en terme de trois piliers, qui reprend les termes de la définition proposée lors de la conférence de Rio en 1992 semble la plus communément admise. Ainsi, le développement durable est un développement économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable. Le concept de développement durable est une notion complexe, qui nécessite de prendre en compte plusieurs échelles spatiales (du global au local) et plusieurs pas de temps (court et long termes).

L'évaluation du développement durable dans sa globalité implique la définition de multiples critères d'évaluation souvent conflictuels et non comparables. En effet, différentes logiques d'actions s'affrontent et sont souvent conflictuelles. Par exemple, la rationalité économique peut être en contradiction avec des logiques de préservation de l'environnement ou d'équité sociale *et vis et versa*. C'est pourquoi la phase de définition des objectifs de l'évaluation est essentielle.

Tout comme le concept de développement durable, son application à l'agriculture a fait l'objet de nombreuses interprétations : Rigby et Caceres (2001) mentionnent qu'au moins 365 définitions de la durabilité existent dans la littérature.

Selon Hansen (1996) deux approches majeures de l'agriculture durable ont été formulées. L'approche déterministe considère la durabilité comme un but à atteindre. Les attributs de la durabilité sont fixés en réponse aux externalités négatives fournies par l'activité agricole. Dans ce cas, on considère que l'on peut/doit orienter le développement vers la réductions des impacts négatifs identifiés.

L'approche systémique voit dans la durabilité la capacité à remplir certaines conditions permettant la pérennité du système, autrement dit, sa capacité à continuer d'évoluer dans un environnement socioécologique¹ lui aussi évolutif (Bossel 1999, Lopez-Ridaura 2005, Espinosa 2007).

Dans ce travail, nous postulons comme Carry (1998), Bossel (1999), Saifi (2007), que la durabilité n'est pas un idéal fixé, mais un processus évolutif d'amélioration du management des systèmes, grâce à une amélioration de la compréhension et des savoirs. Espinosa (2007) définit un système viable comme un système ou une entité complexe capable de maintenir une existence indépendante, non totalement séparée de son environnement, mais où les changement structuraux internes se font sans perte d'identité et sans rupture des relations avec l'environnement du système. La durabilité est alors liée à la conformation de l'organisation interne du système (structure et interactions), aux capacités de contrôle du pilote sur le système ainsi qu'aux interactions qu'il a avec l'environnement extérieur. De plus, le système ne doit pas contribuer négativement à l'évolution de l'environnement.

Dans cette vision, chercher à évaluer la durabilité d'un système consiste à évaluer si la trajectoire de co-évolution (cf. Figure 1) entre le système d'étude et son environnement **peut se maintenir de manière durable et si elle est éthiquement souhaitable**, (Pope, 2004).

¹ Socioécologique : relatif aux phénomènes sociaux, écologiques, et à leur relations, par analogie à « socioéconomique ». Cf La vulnérabilité des systèmes socioécologiques aux événements extrêmes : exposition sensibilité, résilience. (H. Décamps, 2007).

A l'INRA SAD ASTER de Mirecourt, deux systèmes d'élevage laitier biologique (système herbager (SH) et système polyculture élevage laitier (SPCE)) ont été mis en place dans le but de valoriser les ressources locales dans une logique d'autonomie et d'économie dans l'utilisation des ressources non renouvelables (Blouet *et al*, 2003). Ces systèmes sont considérés comme des prototypes d'agriculture durable et sont testés à l'échelle de l'exploitation agricole depuis 2004. L'ensemble des données de fonctionnement (flux de matières, opérations techniques, rendements, suivis de biodiversité...) sont consignés. L'évaluation de ces systèmes est effectuée *ex post* à partir des leurs performances agronomiques et de leurs impacts environnementaux et écologiques. Les composantes sociales et économiques ne sont pas évaluées sur les systèmes de Mirecourt car le statut expérimental de ces systèmes les rend originaux. L'évaluation des performances *ex post* de la durabilité agro-environnementale est difficile à réaliser car les critères d'évaluation sont multiples et variés. Il est donc nécessaire d'avoir recours à des méthodes permettant d'agréger les informations relatives aux différents objectifs d'évaluation. Les méthodes multicritères ont été développées pour permettre l'évaluation et l'aide à la décision lors de situations complexes caractérisées par (i) plusieurs objectifs souvent contradictoires, et par (ii) des critères de différentes natures (qualitatifs, quantitatifs,...). La démarche clé consiste en l'agrégation de ces critères en une arborescence afin de sélectionner une ou plusieurs actions, options ou solutions représentant le meilleur compromis possible (Roy, 1985).

Le modèle DEXI SPCE* est un outil multicritère *ex ante* permettant de qualifier la durabilité agro-environnementale en réponse à de multiples objectifs d'évaluation. Il répond à une double demande, (i) permettre l'évaluation de la durabilité des systèmes mirecurtiens, (ii) permettre l'assistance à la construction de systèmes alternatifs répondant mieux à la multiplicité des objectifs agro-environnementaux. Le modèle DEXI SPCE* est ainsi destiné être utilisé à la fois comme une arborescence d'évaluation *ex post* de la durabilité des systèmes mirecurtiens et comme un outil d'expérimentation virtuelle afin de concevoir des systèmes alternatifs durables et d'explorer des voies d'amélioration des systèmes testés sur l'installation expérimentale.

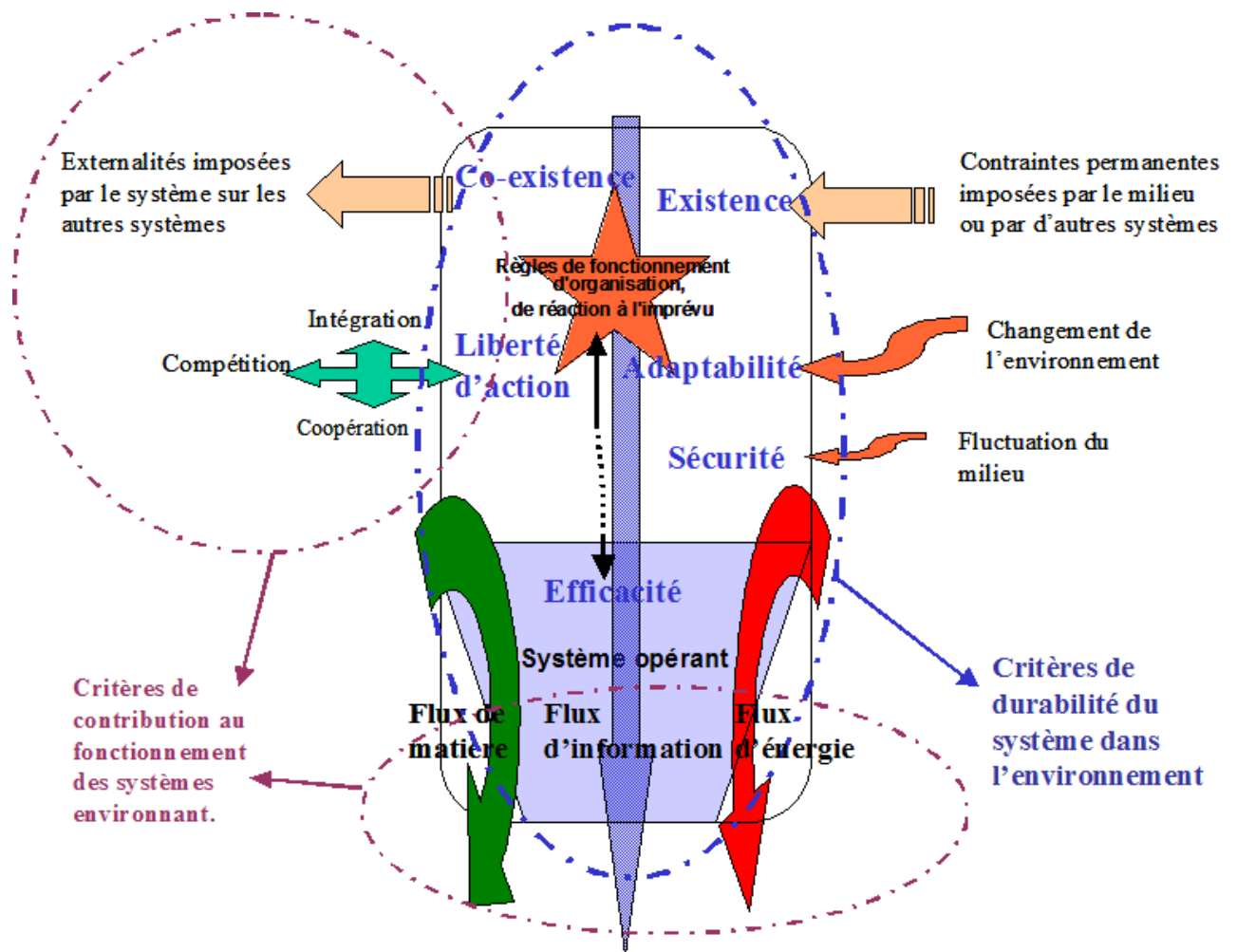


Figure 2 : Le cadre d'analyse de Bossel pour la mise en place des critères de durabilité (inspiré selon Bossel 1999)

1) Méthode utilisée pour la sélection des indicateurs et la mise en place de l'arborescence :

Le travail de sélection des indicateurs et de création de l'arborescence d'évaluation de la durabilité agro-écologique a été réalisé en collaboration avec un groupe composé d'experts de l'INRA. D'autres chercheurs de l'INRA ont été mobilisés pour expertise sur des sujets plus précis comme la prise en compte de la biodiversité dans l'arborescence. La méthode proposée est largement inspiré de la réflexion méthodologique effectuée dans le cadre du stage précédent (Garnier, 2008).

1.A) Définition du système d'étude, vers une vision partagée d'un monde complexe.

La définition du système d'étude dans son environnement est un point prépondérant dans l'approche systémique. En effet, la façon de voir le système conditionne la façon d'aborder la question de sa durabilité. La mise en place d'un consensus autour de l'objet d'étude, sur ses fonctions, structures, interrelations et sur ses frontières spatiales et temporelles permet de clarifier l'objet de l'évaluation.

Le Moigne (1977) considère un système comme un objet qui, dans un environnement, doté de finalités, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité unique. Nous avons choisi de définir le système d'étude en nous intéressant d'une part à sa structure interne (quels composants, comment interagissent-ils ?) et d'autre part aux relations qu'il a avec son environnement. Cette définition doit faire intervenir différents points de vues afin d'avoir une vision du système la plus proche de la réalité (Leonnard et Beer 1994). Bonnemaire et Osty (2004) distinguent 4 points de vues majeurs et complémentaires permettant de caractériser l'exploitation agricole, (i) le point de vue biotechnique, (ii) le point de vue économique et technologique, (iii) le point de vue écologique et géographique et (iv) le point de vue social et politique. Ce sont ces différentes visions qu'il faut mobilisés pour définir le système d'étude.

1.B) L'identification et la sélections des indicateurs, une démarche Top down à partir de l'utilisation d'un cadre d'analyse systémique :

1.B.1) Identification des objectifs de l'évaluation grâce au cadre d'analyse de Bossel (1999) :

En questionnant chacun des attributs définis par Bossel (Existence, Efficacité, Sécurité, Adaptabilité, Liberté d'action et Coexistence), on interroge la durabilité d'un système en **interaction** avec son environnement. Il est alors possible de définir des objectifs pour l'évaluation de la durabilité d'un système. L'application de la démarche de Bossel à l'ensemble de sous-systèmes jugés pertinents composants le système d'étude permet de définir les objectifs de l'évaluation (Garnier, 2008) cf Figure 2.

1.B.2) Définition des critères puis des indicateurs d'évaluation

Les objectifs de l'évaluation définis précédemment doivent ensuite être décomposés en sous objectifs puis en objectifs secondaires puis, éventuellement, en objectifs de base. La décomposition des objectifs s'arrête dès que ces derniers correspondent à des critères évaluables (Girardin *et al.*, 2005). On applique ainsi « le principe de rationalité procédurale »

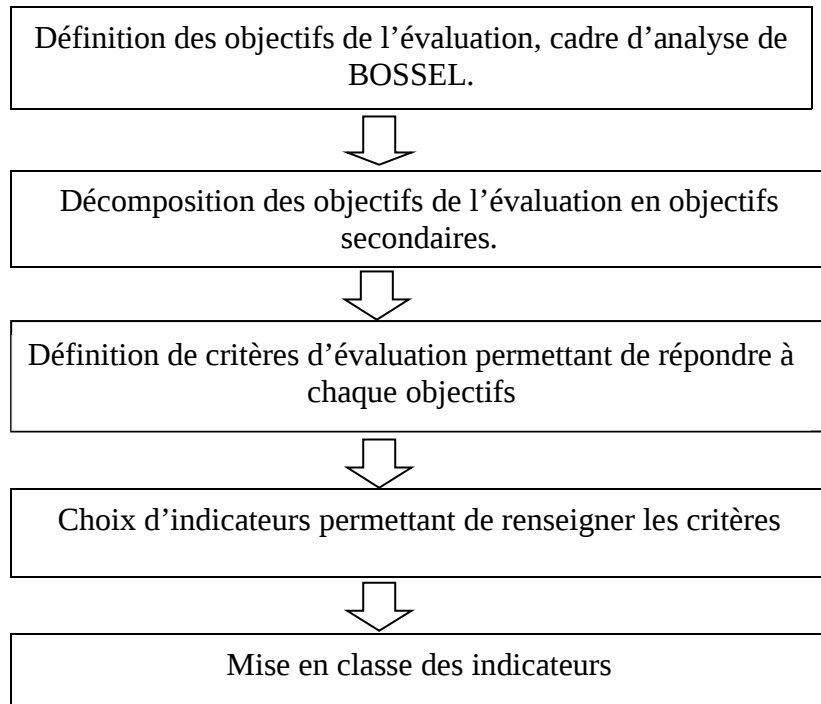


Figure 2 : Démarche suivie pour la sélection d'indicateurs d'évolution d'un système : de la définition des objectifs de l'évaluation à la mise en classe des indicateurs.

utilisé par Faucheux *et al.* (1994) selon lequel le processus de décomposition s'arrête lorsque chaque sous phénomène ou phénomène élémentaire devient quantifiable ou qualifiable. Selon la complexité des phénomènes à prendre en compte, le nombre d'étapes de décomposition peut être plus ou moins important. Les critères de l'évaluation définis répondent chacun à un objectif élémentaire de l'évaluation et peuvent être renseigné par l'agrégation d'un ou plusieurs indicateurs (Cf. Figure2)

Le terme « indicateur » a été défini comme une variable qui fournit des renseignements sur d'autres variables plus difficiles d'accès et qui peut être utilisée comme repère pour prendre une décision (Gras et al., 1989). Dans une évaluation multicritère, la nature de l'indicateur peut être très variable : il peut être fondé sur des mesures, sur des données statistique, sur des sorties de modèles... Dans l'évaluation multicritère et *ex ante* que nous souhaitons réaliser, les indicateurs utilisés doivent être qualitatifs, les indicateurs quantitatifs sont mis en classes qualitatives par comparaison avec des références existantes. Dans une évaluation *ex ante*, les indicateurs utilisés ne doivent pas utiliser de variables d'état du système (par ex, la teneur en nitrate, l'état corporel des animaux...) mais de la connaissance experte si besoin (risque d'érosion du sol en fonction des pratiques...). Les indicateurs sélectionnés proviennent de préférence de la bibliographie, dans le cas ou un critère ne peut être renseigné par un indicateur, il est faut si possible le créer en se basant sur de la connaissance experte.

1.C) La mise en place de l'arborescence hiérarchique de la durabilité.

L'agrégation des indicateurs est primordiale dans une méthode d'évaluation multicritère. Elle doit permettre de condenser l'information de façon à rendre l'interprétation des résultats possible et le classement des systèmes en fonction de leur durabilité. L'arborescence doit être lisible et compréhensible, les différents nœuds de l'agrégation doivent former différents niveaux d'analyses (tableaux de bord) permettant de mettre en évidence les points forts et les points faibles des systèmes. Enfin, les règles d'agrégation des critères doivent être transparentes, justifiables scientifiquement ou de façon experte.

Dans la méthode d'évaluation de la durabilité construite, nous utilisons le logiciel DEXI pour agréger les critères et les indicateurs au sein d'une arborescence de durabilité. Chaque indicateur est renseigné par une variable qualitative qui détermine la contribution de l'indicateur à la durabilité selon une mise en classe choisi (par ex, contribution « forte » ; contribution « acceptable » ; contribution « faible »). L'introduction de variables quantitatives nécessite la mise en classes à partir de valeurs seuils préalablement déterminés. DEXI permet d'agréger plusieurs indicateurs en référence à des fonctions d'utilités composées d'un ensemble de règles de décisions fixées i) à partir de règles de décision clé en acceptant que l'outil génère les autres règles par interpolation via un algorithme ii) manuellement, les règles de décisions peuvent être basées sur des règles d'exclusions, de priorité, de conditionnalité... La définition des règles de décisions doit se faire pour chaque nœud de l'arborescence afin de pondérer les indicateurs en fonction de l'importance que l'on souhaite leur attribuer dans l'évaluation finale.

La construction de l'arborescence se fait par un aller retour permanent entre les critères et indicateurs identifiés dans la première phase du travail (démarche Top Down avec les entrées systémiques) et la reconstruction d'une arborescence de la durabilité agrégeant les indicateurs sélectionnés de manière lisible. De plus, la construction de l'arborescence se fait en fonction des contraintes liées à l'utilisation de l'outil DEXI. Le nombre de classes et d'indicateurs agrégés doit être limité, d'une part pour éviter un travail laborieux de définition des a^b règles de décision (a est le nombre de classes et b le nombre de critères agrégés) et d'autre part parce que DEXI ne gère pas plus que 5^5 soit 3125 règles d'agrégation par fonction d'utilité.

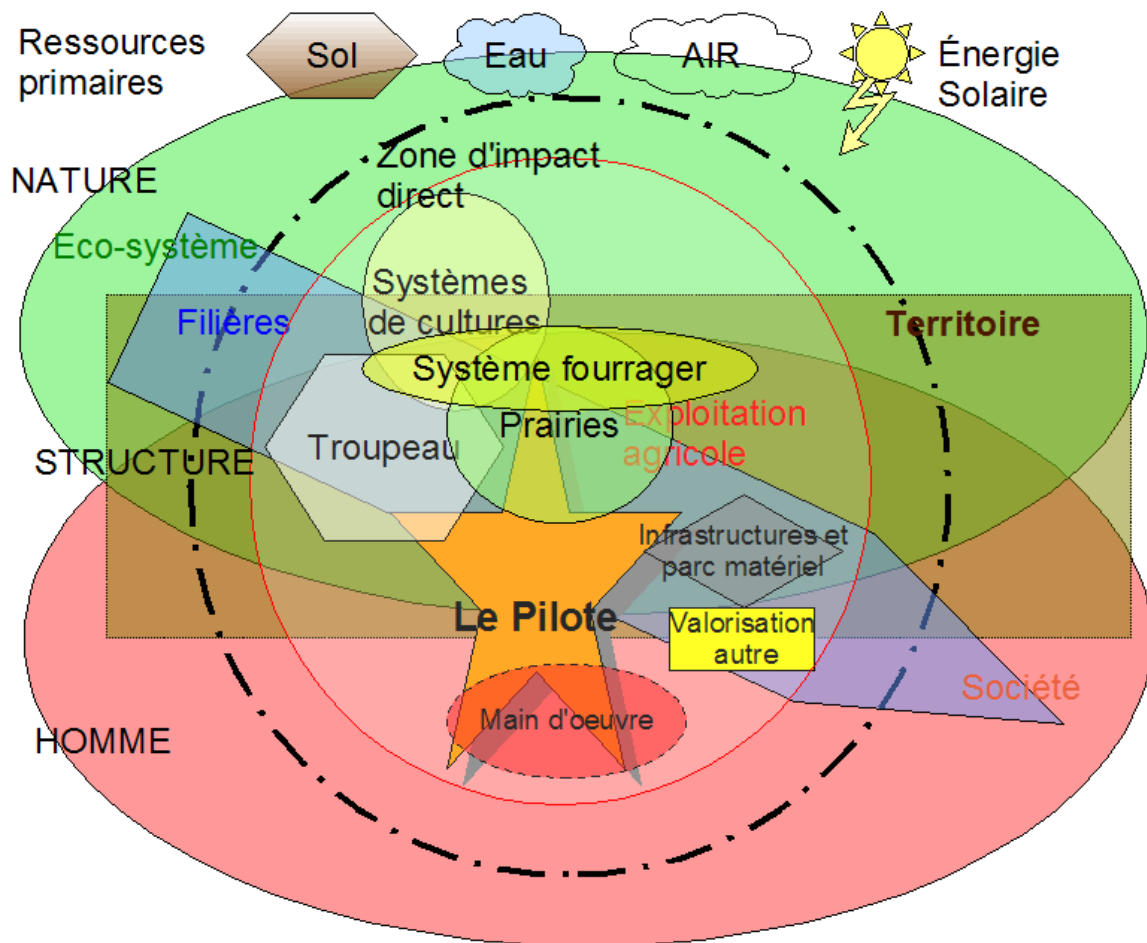


Figure 3 : Modélisation de l'exploitation agricole dans son environnement.
 (adaptée à partir des représentations de Osty (1978), Landais (1987) et de Bossel(2002)

2) Résultats : le modèle DEXI SPCE*

2.A) La définition du système d'étude :

Le système d'étude est l'agrosystème, il s'agit d'un sous système de l'exploitation agricole (cf. Figure 2) Dans l'évaluation, on a choisi de définir l'agrosystème comme :

- ◆ Un système piloté de manière directe (choix des productions) et indirecte (biodiversité)
- ◆ Composé du territoire productif de l'exploitation agricole
- ◆ Composé des espaces non productifs et de l'ensemble de la biodiversité
- ◆ Comprenant des sous systèmes : - systèmes de cultures
 - système d'élevage
 - troupeau
 - système fourrager
- ◆ S'intégrant dans des systèmes plus globaux : - les écosystèmes
 - l'exploitation agricole

- ◆ Le pas de temps de l'évaluation est celui de la rotation la plus longue présente sur l'exploitation agricole. Ce pas de temps permet d'évaluer le fonctionnement du système dans son intégralité.

2.B) L'application du cadre d'analyse de Bossel à l'exploitation agricole et sa restriction à l'agrosystème, définition des critères de l'évaluation pour le modèle DEXI SPCE* :

En reprenant les travaux réalisés grâce au cadre d'analyse de Bossel à l'échelle de l'exploitation agricole (Garnier, 2008) (cf. Tableau 1 et 2) et en les réduisant à l'agrosystème, nous avons définis les objectifs de l'évaluation de la durabilité agro-écologique (en vert dans les tableaux 1 et 2). Nous avons choisi de prendre en compte les critères à ce jour renseignables par des indicateurs. Ainsi, les critères finalement sélectionnés renvoient aux attributs Existence et Efficacité.

Application du cadre d'analyse de Bossel à l'exploitation : restriction à la durabilité agro-écologique.

Existence : L'exploitation est elle compatible (à court terme et à long terme) avec son environnement ?

Préservation des ressources biotiques et des ressources abiotiques.

Efficacité : L'exploitation est elle efficace dans l'utilisation des ressources rares ?

Efficacité dans la gestion des ressources rares (eau, énergie, minéraux).

Efficacité dans l'utilisation des ressources biologiques : maximisation des services rendus par la biodiversité.

Ainsi, les attributs Sécurité, Adaptabilité, Liberté d'action et Co-existence ne sont pas renseignables de façon générique à ce jour (Cf. Tableaux 1 et 2) et ne sont pas inclus dans l'arborescence.

Tableau 1 : critères de durabilité pour les systèmes polyculture

Obj	Objectifs spécifiques de durabilité des sous systèmes de l'EA				
	systèmes de cultures	système prairies permanentes	troupeau	Le Groupe humain de pilotage	Exploitation agricole
Existence : Le système est capable d'exister dans son environnement. (conditions d'existence)	Préservation de la qualité et de la quantité de la ressource sol. Préservation de la qualité et de la quantité de la ressource eau.	Préservation de la qualité et de la quantité de la ressource sol. Préservation de la qualité et de la quantité de la ressource eau. Préservation de la diversité floristique.	Disponibilité en nourriture, fourrage et concentrés. Litière. Santé et bien être animal	Viabilité économique, salaire convenable. Vivabilité (conciliable avec un mode de vie personnel). Accès à l'information.	Respect des règlements. Gestion de la dette financière
Efficacité : dans l'utilisation des ressources nécessaires au fonctionnement du système.	Efficience dans l'utilisation des ressources primaires (eau, énergie fossile et solaire, N,P,K) des intrants et du matériel. Fermeture des cycle bio géochimique.		Efficacité de la réussite à la reproduction	Valorisation de l'information, utilisation des savoirs et des techniques...	Efficience de production énergétique. Efficience économique. Efficacité dans la gestion des ressources humaines.
Sécurité : capacité du système à continuer d'exister en gardant son intégrité dans un environnement fluctuant.	Protection face aux maladies. Plasticité biologique face aux aléas (Objectif de diversité des cultures, utilisation de variétés résistantes.) Souplesse de gestion (relation matériel fenêtre climatique).	Stock fourrager suffisant. Plasticité des parcelles face à la sécheresse.	Plasticité des animaux face à des régimes alimentaires déficitaires, déséquilibrés. Bien être animal. Souplesse de gestion des lots face aux aléas du marché.	Pénibilité du travail (pas de surcharge trop importante). Charge mentale, liens affectifs avec le métier, stress. Sûreté des installations. Limitation du risque phytosanitaire.	Diversité, des productions, des fournisseurs et des clients. Solidité financière.
Adaptabilité : capacité du système à s'adapter aux changements de l'environnement.	Diversité des cultures. Formation de l'agriculteur. Diversité des techniques utilisées et utilisable.	Diversité de la flore présente et diversité dans la gestion des parcelles.	Diversité des races animales ; variabilité individuel des animaux au sein du troupeau ; rusticité des animaux.	Formation continue. Participation à des groupes de réflexion.	Diversité des production. Degré de spécialisation de l'exploitation. Capacité structurelle à changer de production.
Liberté d'action du système : dépendance/ indépendance du système.	Autonomie par rapport aux intrants (phytosanitaires et fertilisants) et par rapport au marché.		Auto-suffisance alimentaire	Décision selon des objectifs propres. Mobilisation de sources d'informations non intéressées	Autonomie par rapport aux clients et aux fournisseurs. Autonomie par rapport aux aides. Autonomie financière
Coexistence : respect des contraintes et des besoins des autres systèmes.	Capacité d'épandage suffisante par rapport aux effluents d'élevages. Nécessité de fournir des fourrages. Coexistence avec des zones d'intérêt écologique.		Épandage des effluents. Pâturage, relation avec l'écosystème.	Objectif de cohérence par rapport à l'ensemble des informations disponibles et assimilables.	Cohérence de fonctionnement et économie de gamme. Insertion paysagère des cultures et prairies pour préserver les matrices env. (eau, biodiversité). Acceptabilité sociale des pratiques.
Besoins psychologiques : besoins inhérents aux systèmes conscients				Loisir éducation, intégration sociale, équité, qualité de vie	
Reproduction/transmissibilité du système (systèmes pilotés)				Transmission des savoirs	Transmission du capital de l'exploitation. Transmission de la structure de l'exploitation.

2.C) Les indicateurs utilisés dans le modèle DEXI SPCE* et leurs calculs :

Les indicateurs utilisés dans la méthode sont calculés à différentes échelles (système de culture, système d'élevage, troupeau, exploitation agricole), ils peuvent être le résultat d'un calcul scientifiquement validés (Indicateurs Indigo) ou basés sur de l'appréciation experte. Les détails sur les modes de calcul des indicateurs sont disponibles en annexes. La majorité des indicateurs utilisés proviennent de la bibliographie, c'est pourquoi leur mode de calcul n'est pas présenté dans ce rapport.

Calculs des indicateurs : gestion des changement d'échelles et de pas de temps.

Certains indicateurs utilisés (notamment Indigo) sont initialement conçu pour être appliqué à l'échelle de la parcelle pour une période annuelle. Dans le modèle MASC (Sadok *et al*, 2008b), ces indicateurs ont été utilisés dans une évaluation étendue aux systèmes de cultures à l'échelle parcellaire. Chaque indicateur de la méthode est alors le résultat d'une agrégation d'indicateurs calculée au pas de temps annuel. Dans le modèle DEXI SPCE*, le système d'étude est l'exploitation agricole, il est donc nécessaire d'effectuer un changement d'échelle supplémentaire afin de passer de la parcelle à des groupes de parcelles homogènes. Les indicateurs utilisés dans le modèle DEXI SPCE sont le résultat d'une agrégation des valeurs prises par les indicateurs pour passer (i) du pas de temps annuel au pas de temps de la rotation du groupe homogène (ii) de l'échelle des groupes homogène à l'exploitation agricole. (Cf. Figure 4).

Pour réaliser les évaluations, il est nécessaire de regrouper des lots de parcelles en groupes homogènes. Les successions culturales conditionnent un grand nombre de pratiques agricoles et définissent le pas de temps de l'évaluation. Pour des raisons de cohérence (agrégation d'indicateurs calculés sur un même pas de temps) mais aussi de simplification dans la définition des groupes, la succession culturale est le premier facteur discriminant dans la définition des groupes homogènes. Ensuite, au sein de chaque succession culturale, selon l'indicateur évalué, il peut être nécessaire de distinguer de nouveaux groupes homogènes en fonction des modalités techniques mises en œuvre et des facteurs liés au milieu (cf. Tableau n°3).

L'agrégation des indicateurs calculés pour chaque groupe homogène permet ensuite de renseigner l'indicateur définis à l'échelle de l'exploitation agricole dans l'évaluation multicritère.

Règles d'agrégation des indicateurs : de l'échelle des groupes homogènes à l'échelle de l'exploitation :

L'agrégation des indicateurs calculés au pas de temps annuel pour une culture d'un groupe homogène en un indicateur par groupe homogène puis en un indicateurs à l'échelle de l'exploitation agricole dépend du type d'impact considéré.

Les modalités d'agrégation des indicateurs pour passer de l'échelle parcellaire à l'échelle de l'exploitation sont de deux types, selon l'impact considéré :

- Si les impacts considérés sont **globaux** l'agrégation correspond à une **moyenne pondérée par la surface** des groupes homogènes (surface réellement couverte sur le pas de temps de la plus longue rotation).

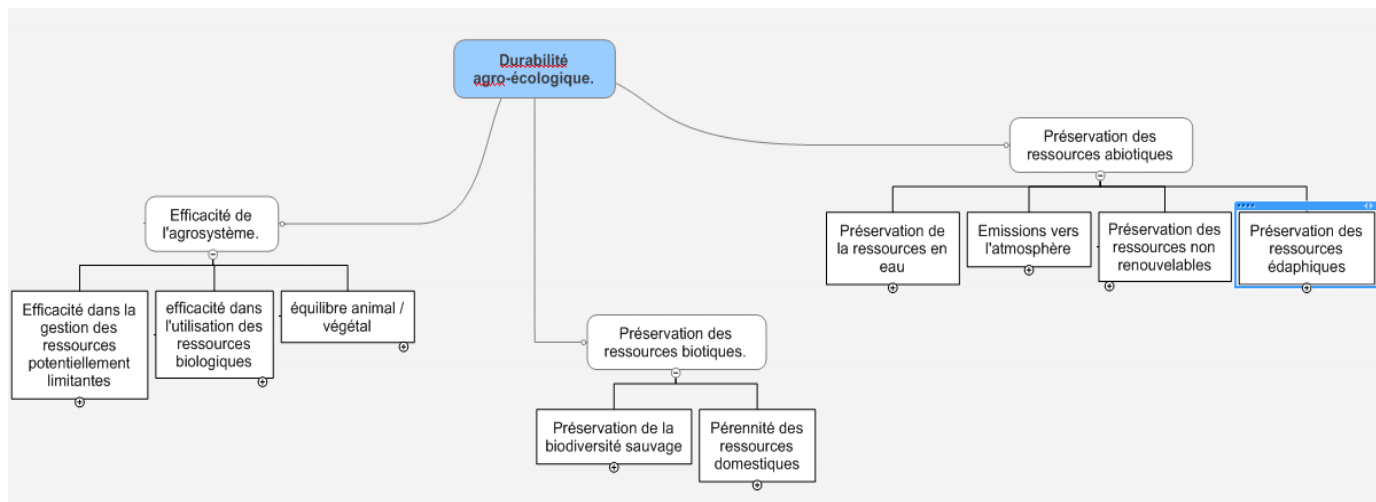
Tableau 2 : critères de contribution de l'exploitation agricole au fonctionnement des systèmes composant son environnement

	Objectifs de contribution de l'activité agricole au développement durable. Ici, on s'intéresse aux contributions de l'activité agricole au fonctionnement des systèmes.		
	écosystème au sein duquel évolue l'E.A (NATURE)	Système social (HOMME)	Filières, territoire : STRUCTURE
Existence : Le système est capable d'exister dans son environnement. (conditions d'existence)	Préservation des ressources primaires (eau, air, sol).	Production de nourriture en quantité et en qualité suffisante. Fourniture d'activité et de services (paysage, protection contre l'incendie, image du pays par la gastronomie, tourisme vert...). Limitation des consommations d'énergie.	Production de matières premières, de services.
Efficacité : dans l'utilisation des ressources nécessaires au fonctionnement du système.	Bouclage des cycles de matières à l'échelle de l'écosystème. Maintien de chaînes trophiques équilibrées.	Contribution à l'emploi.	Participation à la répartition des richesses. Participation à l'efficacité énergétique sur la filière. Participation à l'équité de l'organisation des marchés.
Sécurité : capacité du système à continuer d'exister en gardant son intégrité dans un environnement fluctuant.	Limitation du risque de pollution, de toxicité. Non-dépassement des capacités de charges de l'écosystème.	Maintien de la vie sociale rural. Maintien de la vie social agricole.	Amélioration de la résistance économique des entreprises de la filière face aux aléas.
Adaptabilité : capacité du système à s'adapter aux changements de l'environnement.	Impact sur la capacité de réaction face au changement ; préserver ou recréer des habitats. Participation à l'atténuation des changements ; réduire ou stocker des gaz à effet de serre.	Participation à la formation. Participation à la diversité culturelle, à la typicité locale.	Participation à des filières innovante.
Liberté d'action du système : dépendance/ indépendance du système.		Participation à la prise de décision.	Participation de l'E.A à l'insertion des filières dans le territoire.
Coexistence : respect des contraintes et des besoins des autres systèmes.	Limitier les sources de dégâts non maîtrisé (ex. OGM)	Utilisation de techniques conformes aux souhait de la société.	Équité de l'organisation des marchés mondiaux.
Besoins psychologiques : besoins inhérents aux systèmes conscients		Loisirs, éducation, équité intégration sociale de l'ensemble des membres de la société. Participation à l'identité culturelle.	

- Si les impacts considérés dans l'indicateur sont **locaux** :
 - **catastrophique** (difficilement réversible, érosion par exemple) : on choisi de mettre **plus d'importance sur les mauvaises notes**.
 - **non catastrophique** : la mise en classes de l'indicateur est basé sur le **pourcentage de la SAU en condition favorable**. On considère alors 2 classes favorable/défavorable. Pour éviter les effets seuils, les conditions d'appartenance à une classe sont basées sur de la logique floue (si Indicateur < Seuil1 100% de la surface en classe défavorable, entre si Seuil1 < Ind < Seuil2, une partie de la surface est dans la classe défavorable proportionnellement à la valeur de l'indicateur).

2.D) L'arborescence et les critères de l'évaluation :

La construction de l'arborescence est inspirée de la bibliographie et des modèles DEXI précédents MASC (Sadock et al, 2007, 2008a, 2008b) et DEXI SH (Gerber, 2007). Dans la mesure du possible, la nomenclature proposée dans les modèles précédents a été reprise. Les deux premiers piliers dans l'arborescence « Préservation des ressources abiotiques de l'agrosystème » et « Préservation des ressources biotiques de l'agrosystème » sont présents dans les modèles DEXI précédents, le pilier « Efficacité de l'agrosystème » complète l'évaluation agro-environnementale. Les critères et indicateurs choisis proviennent en partie des modèles DEXI précédents, ils ont été complétés et adaptés au système polyculture élevage laitier puis ont été discutés et validés en groupe de pilotage.



Le pilier « Préservation des ressources abiotique » :

Ce pilier de l'évaluation a pour objectif de qualifier la participation de l'agrosystème à la préservation des ressources primaires (eau, air, sol, ressources non renouvelables) nécessaires à l'existence de tout écosystème. Il y a quatre modules d'évaluation « préservation de la ressource en eau », « émission vers l'atmosphère », « préservation des ressources renouvelables » et « préservation des ressources édaphiques ».

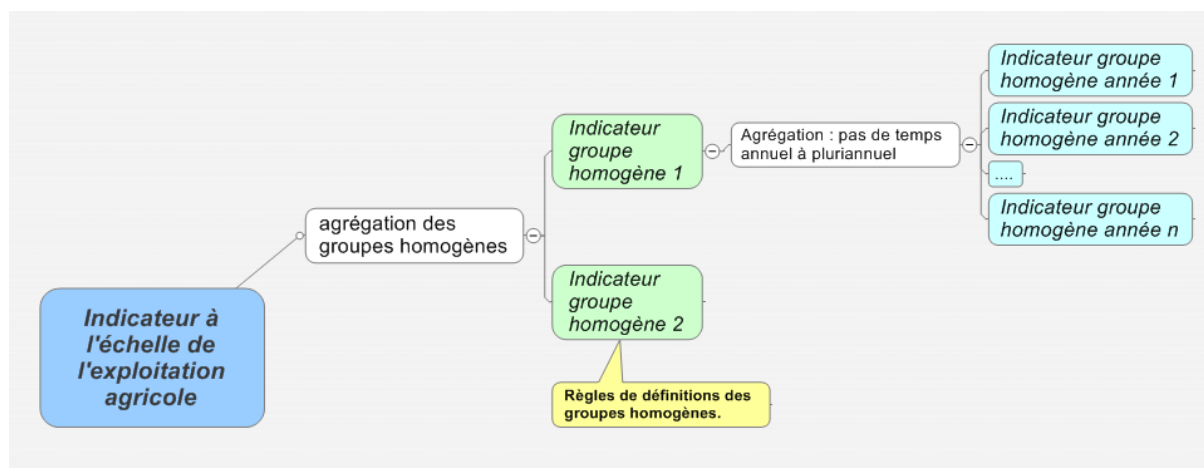


Figure 4 : De l'indicateur annuel à l'échelle parcellaire à l'indicateur pluriannuel à l'échelle de l'exploitation agricole.

Tableau 3 : Facteurs agronomiques discriminants dans la création des groupes homogènes pour chaque indicateur.

<i>Type d'indicateurs</i>	Facteurs agronomiques discriminants (en plus de la succession culturale)	
	<i>Techniques agricoles</i>	<i>Milieu</i>
Indicateurs I Phy	Pratiques phytosanitaires.	Types de sols si vraiment différents.
Indicateur de risques d'érosion	Type de travail du sol,	Types de sols
Indicateur Indigo I M.O.	Type de travail du sol Apport en Matière organique.	Types de sols
Indicateurs Indigo INO3, I PO4, I NH3, INO2.	Pratiques de fertilisation, apport minéraux/organique, dose.	Types de sols si vraiment différents. Potentiel agronomique (rendements moyens espérés)
Indicateurs préservation de la biodiversité dans les cultures	L'ensemble des modalités techniques (travail du sol, fertilisation, gestion de l'interculture, pratiques phytosanitaires)	<i>Dans ce cas, la définition des groupes homogènes correspond à la notion de système de culture.</i>
Indicateur Indigo Succession culturale	Aucun. Pour cet indicateur, les groupes homogènes sont distingués selon les rotations.	

Tableau 3 : Types d'impacts et modalité d'agrégation des indicateurs groupes homogènes.

Types d'impacts et modalité d'agrégation.	Impacts globaux, agrégation sur la base d'une moyenne pondérée.	Impacts locaux catastrophiques, concentration sur les risques importants.	Impacts locaux non catastrophiques, agrégation par % dans la classe favorable.
Indicateurs	Indicateurs d'émissions. Indicateurs de qualités des eaux souterraines.	Indicateurs de qualité physique du sol.	Indicateurs de la qualité des eaux de surfaces. Indicateurs de fertilités des sols. Indicateurs de participation à la biodiversité.

Le pilier « préservation des ressources biotiques » :

Ce pilier de l'évaluation a pour objectif de qualifier la participation de l'agrosystème à la préservation des ressources biologiques. Dans ce pilier, sous le terme biodiversité, on considère la **diversité génétique**, la **diversité spécifique** et la **diversité des habitats** présents sur l'exploitation agricole. La biodiversité est appréhendée sous l'angle de **la valeur patrimoniale** (espèces rares, protégées, en voie de disparition) et sous l'angle de son **intérêt fonctionnel** (services rendus par la biodiversité), surtout pour les ressources domestiques. L'intérêt fonctionnel de la biodiversité est aussi évaluée dans le pilier « efficacité de l'agrosystème ». Nous avons choisi de définir deux modules d'évaluation : « préservation de la biodiversité sauvage » et « pérennité des ressources domestiques ». Il ressort de la bibliographie (synthèse collective de l'INRA, 2008) que deux facteurs influencent la biodiversité en agriculture, le facteur paysage et le facteur pratiques. Nous avons choisi de construire le module « préservation de la biodiversité sauvage » autour de ses deux facteurs et avons définis un module d'évaluation « participation au maintien de paysages propices à la biodiversité » ainsi qu'un module « impacts des pratiques agricoles sur la biodiversité ».

Le pilier efficacité de l'agrosystème :

Ce pilier a pour objectif de qualifier l'efficacité de l'agrosystème dans l'utilisation et la valorisation des ressources (énergie, eau, minéraux, ressources biologiques). Les trois modules d'évaluation sont : « efficacité dans la gestion des ressources potentiellement limitantes », « efficacité dans la gestion des ressources biologiques » et « équilibre animal/végétale ».

2.E) Les règles d'agrégation des critères dans l'arborescence, un travail à réaliser :

Le travail de définition des règles de priorité et des pondérations entre indicateurs n'a pas pu être mené à terme. Dans l'idéal, ce travail doit se faire de manière participative avec un public le plus large possible. Ce point soulève en fait beaucoup de questions méthodologiques. Gerber (2007) avait montré que la pondération des critères de DEXI SH était très variable en fonction des personnes consultées. Par exemple un agriculteur biologique donnait beaucoup d'importance à la ressource sol dans l'agrégation alors qu'une technicienne de la chambre chargée de l'environnement donnait beaucoup plus d'importance à la préservation de la ressource en eau. Les scientifiques donnant autant d'importance aux différents critères. Dans le cas des expérimentations systèmes de Mirecourt, il semblerait intéressant de mettre en place une démarche participative avec toutes les personnes impliquées dans la gestion des deux systèmes afin de mettre en place une pondération de l'arborescence pour chaque système.

3) Discussion et perspectives :

A ce jour, le modèle DEXI SPCE* est une arborescence permettant d'agrèger des indicateurs qualifiant la durabilité agro-environnementale des systèmes de polyculture élevage laitier en réponse à des objectifs d'évaluation. L'informatisation sous DEXI demande encore un gros travail sur la définition des fonctions d'utilités mais permettra le classement de différents systèmes de polyculture élevage laitier sur la base d'une évaluation multicritère de leur durabilité agro-environnementale. Cet outil pourra alors servir à la reconception de systèmes, dans la mesure où il permettra d'aider à la sélection des systèmes durables. Il faudra au préalable un gros travail d'informatisation afin de faciliter le calcul des indicateurs. Ce travail pourra sans doute se faire en utilisant les bases développées pour MASC (Sadock *et al* 2008) avec le logiciel de calcul CRITERE.

L'arborescence proposée peut servir de base à la réalisation de l'évaluation *ex post* des systèmes mirecurtiens. Il sera alors nécessaire d'utiliser à la fois des indicateurs basés sur des calculs utilisant des données mesurées *ex post* ainsi que des indicateurs d'évaluation *ex ante* renseignés avec les pratiques réellement effectuées sur l'exploitation. L'application de cette méthode à la base de donnée historique de l'IE de Mirecourt permettrait de suivre la trajectoire des systèmes mirecurtiens dans l'espace de la durabilité. De plus, les critères évalués de façon *ex ante* comme la « Participation à la biodiversité sauvage » pourrait être confrontés avec les suivis écologiques réalisés sur Mirecourt, ce qui permettrait de juger de leur pertinence.

L'approche systémique de la durabilité que nous avons menée a montré que l'outil DEXI SPCE* qualifie une partie de ce qui fait la durabilité d'un système. Au delà du fait que les composantes sociales et économiques n'ont pas été prises en compte dans l'évaluation, les critères de flexibilité (nous regroupons sous ce terme l'adaptabilité, la résilience et la plasticité des systèmes socioécologiques), d'autonomie et de co-existence sont très peu pris en compte dans l'évaluation (Garnier, 2008). Il semble que beaucoup de ces critères ne soient pas évaluables de manière aussi générique, c'est pourquoi les méthodes développées ne sont pas réellement des méthodes d'évaluation de la durabilité, mais des approches évaluant ce que l'on est capable d'évaluer de la durabilité. Ce sont ces limites que l'on doit garder en tête lors de l'utilisation de tels outils.

Bibliographie :

- Blouet A., Bazard C., Benoît M., Fiorelli J.L., Foissy D., Mignolet C., Trommenschlager J.M., 2003. Projet scientifique de la station SAD de Mirecourt, 27 p.
- Bockstaller C. and G. P. (2006). "Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.61 du logiciel,."
- Bossel, H. (1999). Indicators for Sustainable Développement : Theory, Method, Application, Balaton groupe.
- Bossel, H. (2000). "Policy assessment and simulation of actor orientation for sustainable development." *Ecological Economics* 35(3): 337-355.
- Cary, J. (1998). Institutional innovation in natural resource management in Australia: The triumph of creativity over adversity', in Abstracts of the Conference Knowledge Generation and Transfer: Implications for Agriculture in the 21st Century, Berkeley, University of
- Décamps, H. (2007). "La vulnérabilité des systèmes socioécologiques aux événements California-Berkeley. extrêmes : exposition, sensibilité, résilience." *Natures Sciences Sociétés* 15: 48-52.
- Espinosa, A., R. Harnden, et al. (2008). "A complexity approach to sustainability - Stafford Beer revisited." *European Journal of Operational Research* 187(2): 636-651.
- Faucheux S., Froger G& Munda G. - 1994- An application of multicriteria decision aid: the « sustainability tree ». *Cahier du C3E n°94-19*, 31p.
- Garnier, A. (2009). Élaboration d'une méthode d'évaluation *ex-ante* et multicritère de la durabilité des systèmes de polyculture élevages bovins laitiers. Rapport de stage.
- Gerber, M. (2007). Élaboration du modèle Dexi-SH* : modèle d'évaluation multicritère ex ante de la durabilité agro-écologique des systèmes d'élevage bovin laitier herbagers. Rapport de stage pour l'obtention du diplôme d'ingénieur.
- Girardin, P., L. Guichard, et al. (2005). "Indicateurs et tableaux de bord. Guide pratique pour l'évaluation environnementale." Edition TEC&DOC.
- Gras R., Benoit M., Deffontaines J.P., Duru M., Lafarge M., Langlet A.& Osty P.L.-1989 – Le fait technique en agronomie. Activités agricoles, concepts et méthode d'étude. INRA, l'Harmattan, Paris ; 160 p.
- Hansen, J. W. (1996). "Is agricultural sustainability a useful concept?" *Agricultural Systems* 50(2): 117-143.
- Landais E., 1987, recherches sur les systèmes d'élevage, questions et perspectives, 75p
- Lang, D. J., C. R. Binder, et al. (2007). "Sustainability Potential Analysis (SPA) of landfills--a systemic approach: initial application towards a legal landfill assessment." *Journal of Cleaner Production* 15(17): 1654-1661.
- Le Moigne, J. L., Ed. (1984). *La théorie du système général*. Paris.

Leonard, A. and S. Beer (1994). "The systems perspective : Methode and models for the future."

Lopez-Ridaura S., Van Keulen H. , Ittersum M. K. van, Leffelaar P. A. A. (2005). "Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems." *Environment, Development and Sustainability* 7(1): 51-69.

Osty, P. L. (1978). "L'exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement."

Peigné J., 2003, Méthode d'évaluation des pratiques agri-biologiques sur la qualité de l'air à l'aide d'indicateurs agri-environnementaux, Thèse présentée à l'ENSAR, 154p+annexes.

Pope, J., D. Annandale, et al. (2004). "Conceptualising sustainability assessment." *Environmental Impact Assessment Review* 24(6): 595-616.

Roy B., 1985, Méthodologie multicritère d'aide à la décision, Economica.

Sadok W., Angevin F. Bergez J.E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Landé N., Coquil X., Messéan A., Bohanec M., Doré T., 2007. An indicator-based MCDA framework for *ex ante* assessment of the sustainability of cropping systems, In: *Farming System Design 2007*, Int. Symposium on Methodologies on Integrated Analysis on farm production Systems, M. Donatelli, J. Hatfield, A. Rizzoli eds, Catania (Italy), 10-12 September 2007, book 2 – Field farm scale design and improvement, pp193-194

Sadok W., Angevin F. Bergez J.E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Doré T. 2008a. *ex ante* assessment of the sustainability of alternative cropping systems: guidelines for identifying relevant multi-criteria decision aid methods, *Agron. Sustain. Dev.* 28 1, 163-174.

Sadok W., Angevin F. Bergez J.E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Messéan A. and Doré T. 2008b. MASC: a qualitative multi attribute decision model for *ex ante* assessment of sustainability of cropping systems. Accepted in Nov. 2008 for publication in *Agronomy for Sustainable Development*.

Saifi Basim and L. Drake (2007). "A coevolutionary model for promoting agricultural sustainability."

Vilain, L. (2005). La méthode IDEA. Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles.

Annexes :

Présentation de l'arborescence de la durabilité du modèle DEXI SPCE.

Présentation des indicateurs utilisés dans DEXI SPCE.

- I) Préservation des ressources abiotiques
 - I.1) Préservation des ressources en eau
 - I.2) Émissions vers l'atmosphère
 - I.3) Préservation des ressources non renouvelables
 - I.4) Préservation des ressources édaphiques

- II) Préservation des ressources biotiques
 - II.1) Préservation de la biodiversité sauvage
 - II.11) Participation au maintien de la biodiversité sauvage
 - II.12) Impacts des pratiques agricoles sur la biodiversité
 - II.2) Pérennité des ressources domestiques

- III) Efficacité de l'agrosystème

I) Préservation des ressources abiotiques :

I.1) Préservation des ressources en eau

Indicateurs	But	Variables	Mode de calcul	Source de l'indicateur
Qualité des eaux souterraines	Qualifier l'impact du système de production sur la qualité des nappes souterraines	Agrégation des indicateurs « résidus de pesticides » et « émission de NO ₃ »	Agrégation à définir	
Résidus de pesticides dans les eaux souterraines	Qualifier les émissions de pesticides dans les eaux souterraines.	Date de traitement. GUS, potentiel de lessivage du sol Dose journalière admissible (représente la toxicité pour l'homme).	I Phy est un indicateur à l'échelle de la parcelle. Par souci de simplification, on réalise le calcul à l'échelle de la sole cultivée.	Indicateur I PHY eaux profonde de la méthode INDIGO
Emissions de nitrates dans les eaux souterraines.	Qualifier les émissions de nitrates dans les eaux souterraines.	Date de semi, apport d'azote, type de sol, type de culture, rendement visé...	Idem, Cf INDIGO	Indicateur INO ₃ de la méthode Indigo.
Qualité des eaux souterraines	Qualifier l'impact du système de production sur la qualité des eaux de surfaces	Agrégation des indicateurs « résidus de pesticides » et « émission de PO ₄ » et résidu de traitements allopathiques.	Agrégation à définir avec le comité de pilotage.	
Résidus de pesticides	Qualifier l'impact des produits phytosanitaires sur la qualité des eaux de surfaces	Date de traitement. GUS, potentiel de lessivage du sol Dose journalière admissible (représente la toxicité pour l'homme).	I Phy est un indicateur à l'échelle de la parcelle. Par souci de simplification, on réalise le calcul à l'échelle de la sole cultivée.	Méthode INDIGO
Emission de PO₄ dans les eaux superficielles	Qualifier l'impact des émissions de PO ₄ liés majoritairement à l'épandage des effluents d'élevages.	Nécessite le calcul de la dose recommandée avec la méthode REGIFERT (Perrin et al. 2000, Colomb et al 1999) Comparaison avec la dose apportée.	Calcul les surplus de phosphates apporter par rapport aux besoins.	Indicateur Pres PO ₄ de la méthode INDIGO (module du calcul phosphore).

Résidu de traitement allopathiques.	Qualifier les pratiques vétérinaires	Nb de traitement moyen/vaches.	Nombre de traitement allopathiques/vaches/ans	IDEA
--	--------------------------------------	--------------------------------	---	------

I.2) Émission vers l'atmosphère :

Indicateurs	But	Variables	Mode de calcul	Source de l'indicateur
Émissions de pesticides dans l'atmosphère.	Les pesticides émis dans l'atmosphère présentent un danger pour la santé humaine.	Produits utilisés, date de traitement, GUS, DJA....	Module I phy air de la méthode indigo.	Méthode INDIGO
Émission de gaz acidifiants	L'ammoniaque est le principal gaz acidifiant. Cet indicateurs évalue les pertes d'ammoniaque à l'échelle de l'exploitation.			
Émission de gaz acidifiant par l'élevage.		Conditions d'élevages, nb d'animaux...	Indicateur INH3, cf thèse de peigne	INDIGO
Émission de gaz acidifiant sur les cultures.		Dose d'azote apportée et coefficient de volatilisation.	Indigo, module I NH3	Méthode INDIGO

Indicateurs	But	Variables	Mode de calcul	Source de l'indicateur
Participation au réchauffement climatique.	Qualifier la contribution de l'exploitation à la production de gaz à effet de serre.	Indicateurs « émission de gaz à effet de serre » et « contribution à la séquestration de carbone ».	Agrégation à définir	
Émission de gaz à effet de serre.	Qualifier la production global de GES sur l'exploitation ainsi que ceux nécessaires à son fonctionnement.	Émission de CH ₄ , émission de N ₂ O, émission de CO ₂	Agrégation en fonction des Teq CO ₂ .	
Émission de méthane, de protoxyde d'azote.	Calculer les émission à l'échelle de l'exploitation.		Méthode INDIGO CH ₄ ,N ₂ O. de Peigne. Calcul pour l'élevage, les bâtiments d'élevage.	INDIGO
Émission de CO₂	Calculer les émissions directes et indirectes de CO ₂		Diagnostic Planète.	Planète
Rôle dans le stockage de carbone.	L'activité agricole peut participer au stockage carbone.	% prairie dans la SAU. Travail du sol, taux de M.O	Quel poids relatif avec les émissions.	A construire.

I.3) Indicateurs de « préservation des ressources édaphiques » :

Indicateurs	But	Variables	Mode de calcul	Source de l'indicateur
Fertilités du sol	Indicateur qualitatif de la fertilité chimique du sol.	Indicateurs « présence de PO4 » et « présence homogène de matière organique »		
Présence de PO4	Indicateur de fertilité du sol pour les prairies et les surfaces cultivées.	Nécessite le calcul de la dose recommandée avec la méthode REGIFERT (Perrin et al. 2000, Colomb et al 1999) Comparaison avec la dose apportée.	Compare les besoins de la culture avec les apports. Mesure les risques d'épuisement du phosphate dans le sol.	Module Ipsol de la méthode Indigo.
« Présence homogène de matière organique »	La matière organique joue un rôle essentiel pour la fertilité à long terme du sol.	Cf indigo (travail du sol, apport en matière organique, type de sol, succession culturale...)	Calcul se fait pour les différentes rotations. Pour les prairie met la note maximale.	INDIGO
« Qualité physique du sol »	Évaluer les risque de déstructuration des sol, les risque d'érosion, de tassement...			
Risques de compactions	Indicateur relatif aux prairies.	Type de sol, couverture du sol, précipitations, régime de pâturage, de fauche... Chargement/ha.	Indicateur expert permettant de caractériser les risques de défoncement et de détérioration de la qualité structurale des sols.	
Risques d'érosion	Indicateur relatif aux culture.	Périodes à risque. Ruissellement (couverture du sol, rugosité, sensibilité à la battance). Risque topographique, type de travail du sol.	Critère expert.	Indicateur ERO de DEXI SdC

I.4) Indicateurs « préservation des ressources non renouvelables » :

Indicateurs	But	Variables	Mode de calcul	Source de l'indicateur
Provenance des éléments minéraux.	Évaluer la dépendance en importation de minéraux, dont la synthèse ou l'exploitation n'est pas durable.	Unité d'azote importés d'autres agrosystèmes. Phosphore fossile mobilisé	Provenance des minéraux, mettre en classe en fonction du pourcentage d'autonomie (%importé/produit)	
Provenance de l'énergie.	Évaluer la dépendance en énergie non renouvelable	Part de l'énergie renouvelable utilisée. Nb d'unité d'azote minérale importé.	% d'énergie non renouvelable utilisé.	DEXI SH
Provenance de l'eau	Évaluer la dépendance du système à la ressource locale en eau.	Volumes consommés, Volumes de la source. Vitesse de renouvellement de la source	La consommation d'eau est elle supérieure à la vitesse de renouvellement de la source.	Critère expert de DEXI SH.

II) Préservation des ressources biotiques :

Indicateurs	But	Variables	Mode de calcul	Source de l'indicateur
Pérennité des ressources génétiques domestiques	Qualifier la pérennité des ressources domestiques mobilisés			
Pérennité du troupeau.				
Bien être animal	Évaluer le bien être du troupeau.	Conditions d'élevages	A définir à partir du TGI 35.	Expertise M.Marie
Variabilité génétique		Nb de race, présence significative de race locale		IDEA
Réussite à l'insémination				
Contribution au maintien de la diversité des plantes.	Évaluer la contribution de l'exploitation au maintien de la biodiversité culturelle	Nb de culture d'intérêt génétique, variété rare, semences paysannes...		Inspiré de la méthode IDEA
Préservation de la biodiversité sauvage.	Qualifier la participation de l'exploitation à la préservation de la biodiversité sauvage.	Critère lié à la mosaïque paysagère et critère lié aux pratiques agricoles	Agrégation à définir, dépend sans doute du contexte local et des priorités à prendre en compte.	Expertise, Cf synthèse collective de l'INRA sur Agriculture et biodiversité.
Participation au maintien d'une mosaïque paysagère propice à la biodiversité.	Qualifier l'impact du facteur « paysages » sur la biodiversité.	Critère Habitat et hétérogénéité du paysage agricole.		
Habitats	Qualifier la qualité des habitats présents sur l'exploitation.	Critère qualité des habitats et critère diversité des habitats.		
Qualité des habitats	Qualifier la qualité des habitats présent sur l'exploitation.	Demande l'utilisation d'une typologie des habitats présent sur l'exploitation agricole en fonction de leur qualité (valeur patrimoniale)		Critère expert.

Diversité des habitats	Qualifier la diversité des habitats présent sur l'exploitation	Demande l'utilisation d'une typologie des habitats présent sur l'exploitation agricole en fonction de leur qualité (valeur patrimoniale)		Critère expert.
Impacts des pratiques agricoles sur la biodiversité		Critères participation à la biodiversité dans les prairies et dans les cultures	Agrégation : moyenne des deux critères.	
Participation à la biodiversité des prairies permanentes		Diversité des modes de gestion et Modes d'exploitation des prairies permanentes		
Diversité des modes d'exploitations				
Mode de gestions d'exploitation des prairies permanentes	Qualifier l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité	Mode de gestion des prairies (pâture, fauche, fertilisation, date de première utilisation)		Critère construit sur l'expertise, présent dans DEXI SH (Gerber 2007)
		Mode de gestion des prairies (pâture, fauche, fertilisation, date de première utilisation)		Critère construit sur l'expertise, présent dans DEXI SH (Gerber 2007)
Participation à la biodiversité dans les cultures.	Qualifier l'impact des pratiques culturales sur la biodiversité.	Intensification et habitats	Valeurs plus importante pour l'intensification des pratiques/habitats.	
Intensification des pratiques agricoles.	Qualifier l'impact des pratiques culturales sur la biodiversité.			
Fertilisation		Unité d'azote/ha		
Travail du sol		Mode de travail du sol.	Mise en classe en fonction de l'intensité du travail du sol	Critère expert
Pression des traitements chimiques		Pratiques phytosanitaires. Dose/ha IFT.	Calcul d'un module herbicide, insecticide et fongicide	Cf MASC
Diversité des habitats en champs cultivés	Qualifie l'impact des pratiques sur la qualité des habitats en champs cultivés.	Gestion de l'interculture et Diversité		
Modes de gestion de l'interculture		Type d'interculture	Mise en classe sur critères expert fct interculture durée	Critère expert.
Diversité des cultures/dates de semis.		Nb de culture, proportions, Type H/P	A construire.	Indicateur équivalent présent dans MASC.

Efficacité de l'agrosystème :

Indicateurs	But	Variables	Mode de calcul	Source de l'indicateur
Efficienc de l'agrosystème	Évaluer la capacité de l'exploitation agricole à utiliser de manière efficace les ressources rare.	Efficienc énergétique, Efficacité dans la gestion de l'eau. Efficienc d'utilisation des minéraux	Agrégation de trois indicateurs, pondération à définir.	
Efficienc énergétique.	Évalue l'efficienc énergétique globale du système.	Calcul sur la période de la rotation la plus longue.	Sortant/intrant. Bilan Planète, utilisation des références pour <i>l'ex ante</i> . Sinon, il existe un indicateur INDIGO pour les gd culture, Cf MASC.	Planète
Efficacité dans la gestion de l'eau.	Évalue l'efficacité moyenne et en période de pointe dans la gestion de l'eau.	Agrégation de deux indicateurs, Consommation totale en eau et consommation en période de pointe.	Comparaison des consommation avec consommation locale. Si possible, on préféra utiliser des indicateurs d'efficienc si les références existent.	
Consommation totale en eau	Évalue la consommation globale en eau	Consommation globale en eau.	Comparaison avec des références régionales pour des systèmes équivalent.	DEXI SH
Consommation en période de pointe	Évalue la consommation globale en eau lors de périodes critiques.	Consommation globale en eau en période critique.	Comparaison avec des références régionales pour des systèmes équivalent.	DEXI SH
Efficienc d'utilisation des élément minéraux.	Évalue l'efficacité dans la gestion des éléments minéraux. Càd la valorisation de fixation symbiotique.	Entrée et sortie d'azote	Entrée-Sortie, mise en classe en fonction du système.	Bilan apparent type IDEA.
Efficacité dans l'utilisation des ressources biologiques.	Évalue la capacité du système à valoriser la composante écologique.	Indicateurs cohérence de la succession culturale et « valorisation de services rendus par la biodiversité »	Agrégation à définir.	

Cohérence de la succession culturale	Évalue la capacité à utiliser les complémentarités via les rotations.	Successions culturales.	Calcul pour chaque succession de l'indicateur Indigo assolement. Fct de l'effet précédent.	Méthode INDIGO
Valorisation des services rendus par la biodiversité	Évalue si les services rendus par la biodiversité sont intégrés et/ou maximiser.	Lutte biologique, valorisation pour le tourisme....	A définir par expertise.	
Autonomie en en paille				
Autonomie fourragère				