



HAL
open science

Élaboration d'une méthode d'évaluation ex-ante et multicritère de la durabilité des systèmes de polyculture élevage bovins laitier

Ambroise Garnier

► **To cite this version:**

Ambroise Garnier. Élaboration d'une méthode d'évaluation ex-ante et multicritère de la durabilité des systèmes de polyculture élevage bovins laitier. [Stage] Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL), Vandoeuvre-lès-Nancy, FRA. 2008, 48 p. hal-02817416

HAL Id: hal-02817416

<https://hal.inrae.fr/hal-02817416>

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.



INRA SAD ASTER Mirecourt



Nancy-Université
INPL

Rapport de stage Avril/Août 2008 :

Élaboration d'une méthode d'évaluation *ex-ante* et multicritère de la durabilité des systèmes de polyculture élevage bovins laitier.

GARNIER Ambroise

Résumé : Élaboration d'une méthode d'évaluation *ex ante* et multicritère de la durabilité des systèmes de polyculture élevage bovin laitier.

Depuis la publication du rapport Brundtland (1987), le concept de développement durable est de plus en plus utilisé. Son application à l'agriculture nécessite la mise en place d'outils permettant de piloter l'évolution des systèmes vers une plus grande durabilité.

La mise en place de tels outils est devenue une demande politique et une priorité scientifique. Cependant, l'élaboration de méthodes d'évaluation multicritère de la durabilité soulève bien des problèmes : délimitation du système d'étude, choix des indicateurs, agrégation des indicateurs et pondération des critères dans l'arborescence...

L'approche développée dans ce rapport se base sur une approche systémique de l'exploitation agricole où la durabilité du système est vue comme la capacité à continuer d'évoluer dans un environnement lui aussi évolutif : flexibilité, co-existence... deviennent alors des propriétés essentielles des systèmes durables. Un cadre d'analyse systémique, celui de Bossel (1999), a été utilisé pour définir les objectifs de l'évaluation à partir desquels sont définis des critères d'évaluation puis des indicateurs. Une arborescence théorique d'évaluation de la durabilité des systèmes de polyculture élevage bovin laitier permettant d'agrèger les différents critères et indicateurs sélectionnés est ensuite proposée. La mise en œuvre de cette arborescence nécessite toutefois d'approfondir les recherches sur les indicateurs d'évaluation relatifs à des propriétés dynamiques telles que la flexibilité.

Mots clés : Développement durable, durabilité, évaluation multicritère, système de polyculture élevage laitier.

Abstract : Development of an *ex ante* multicriteria method for assessing sustainability of mixed crop dairy systems.

Since the publication of the Brundtland Report (1987), the concept of sustainable development is increasingly being used. Its application in agriculture requires the development of tools to drive the evolution of systems towards greater sustainability.

The introduction of such tools has become a political demand and a scientific priority. However, the development of multicriteria assessment methods of sustainability rises many problems: the delimitation of the system borders, the choice of indicators, their aggregation, and the weighting of criteria and indicators in the tree ...

The approach developed in this report is based on a systemic approach of farming system where the sustainability of the system is seen as the ability to evolve in a changing environment: flexibility, resiliency... become main properties of the sustainability of systems. A systemic framework, the Bossel framework (1999), has been used in order to define the objectives of the evaluation from which the criteria and indicators are defined by decomposition of the objectives. A theoretical tree of evaluation of the sustainability of mixed crop dairy cattle systems is then proposed in order to aggregate the various criteria and indicators chosen. In order to be able to use this evaluation tree, research must be carried in order to get more knowledge on indicators evaluating dynamic properties of systems like flexibility.

Keywords: Sustainable development, sustainability, multicriteria sustainability assessment, mixed crop dairy systems.

Remerciements.

Je souhaite remercier Xavier Coquil, pour son encadrement tout au long de ces 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 m'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.

Je souhaite remercier l'ensemble des membres de l'équipe de Mirecourt pour leur sympathie et leur bonne humeur.

Enfin, comment ne pas remercier les membres du local stagiaire pour ces nombreuses soirées d'été, mêlés de promenades dans les champs, d'ornithologie, de ballades en forêt... Je sais maintenant reconnaître une pie grièche et un crapaud sonneur à ventre jaune... Merci surtout pour l'ambiance au local, toujours très amicale et même parfois franchement festive. Merci à Alice, Guigui, Clément, Thomas, Damien et Mathilde pour avoir fait du local ce qu'il était.

Sommaire

Introduction	3
<i>I. L'approche systémique, un regard pour formaliser l'évaluation de la durabilité</i>	6
A. La définition du système d'étude, vers une vision partagée d'un monde complexe.	7
B. Des cadres d'analyses systémiques pour mettre en place les objectifs de l'évaluation	7
C. Présentation du cadre d'analyse de Bossel	7
<i>II. Application de la démarche systémique aux systèmes polyculture élevages laitiers.</i>	10
A. Description et présentation du modèle du système polyculture élevage bovin laitier polyculture élevage laitier.	10
B. Application du cadre d'analyse de Bossel aux systèmes polyculture élevages laitiers : définition des critères de l'évaluation.	12
<i>III. Proposition d'indicateurs et d'une arborescence.</i>	15
<i>IV. Discussion</i>	24

p.23

Introduction :

Depuis la publication du rapport Brundtland (1987), le concept de développement durable connaît un vif succès. Presque toutes les disciplines, tous les secteurs et toutes les organisations y font référence. Dans le même temps, les concepts de durabilité et de développement durable sont devenus de plus en plus équivoques.

L'approche en terme de trois piliers, la plus communément admise, reprend les termes de la définition proposée lors de la conférence de Rio en 1992. Le développement durable est alors vu comme un développement économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable. Cette définition permet d'explicitier les objectifs recherchés mais peut se révéler limitante dans des situations complexes. En effet, les trois piliers forment un concept pédagogique qui met l'accent sur les trois dimensions essentielles que tout développement durable doit intégrer. Mais ce concept porte en lui une limite importante puisqu'il permet de décomposer des problèmes complexes en trois dimensions et de les envisager séparément. Dans les faits, la juxtaposition classique des trois piliers relève davantage d'un compromis « diplomatique » que d'un travail réellement fouillé sur le sens. Utiliser ces catégories hors du contexte onusien risque donc de renforcer les problèmes plutôt que de les résoudre (Filipo, 2004).

La mise en place d'un outil d'évaluation utilisant une entrée par les 3 piliers peut mener à une approche très analytique permettant de séparer l'objet d'étude de son environnement et de la multidimensionnalité dans laquelle il se place. Dans ce type d'approche analytique, les objectifs de l'évaluation dans chaque dimension (économique, sociale et environnementale) sont fixés par rapport aux attentes de la société contemporaine. Ce type de méthode peut être très intéressant pour régler des problèmes spécifiques mais ne garanti pas forcément la mise en place de méthodes prenant le concept de développement durable dans sa globalité. Ainsi, il existe un risque de proposer des méthodes d'évaluation mutilantes, qui laisseraient des pans importants de la durabilité non évalués.

La conceptualisation du développement durable doit se faire de façon holiste, elle doit prendre en compte plusieurs échelles spatiales et temporelles. Le développement durable demande de remettre en question les façons de faire mais aussi les façons de voir et d'appréhender le réel

(Gonod, 2003). La vision systémique semble une approche intéressante, elle permet une approche globale des problèmes tout en s'intéressant spécifiquement à différents niveaux d'étude et à leurs interrelations.

L'exploitation agricole est un système complexe (Osty, 1978) qui est en interaction avec de nombreuses autres parties prenantes que sont les filières, les autres exploitations environnantes, les marchés, les communautés locales, régionales, nationales avec lesquelles elle partage des ressources variées. Elle est très intégrée dans son territoire et rétro-agit sur lui de façon très importante. Outre la production de nourriture et de matières premières, elle a une influence sur de nombreux secteurs tels que l'environnement, le développement du territoire et son aménagement, la qualité de l'alimentation, l'entretien des paysages. Son rôle social et culturel est aussi très important. En d'autres termes, elle module l'environnement de la même façon que son fonctionnement est modulé en fonction de l'environnement.

L'étude des interactions entre niveaux d'intégration, des complémentarités, des synergies et des antagonismes sont au cœur de l'approche systémique et permettent une meilleure compréhension globale du fonctionnement des systèmes complexes. Ainsi, l'approche systémique semble intéressante dans le cadre de la mise en place de méthode d'évaluation de la durabilité à l'échelle de l'exploitation agricole.

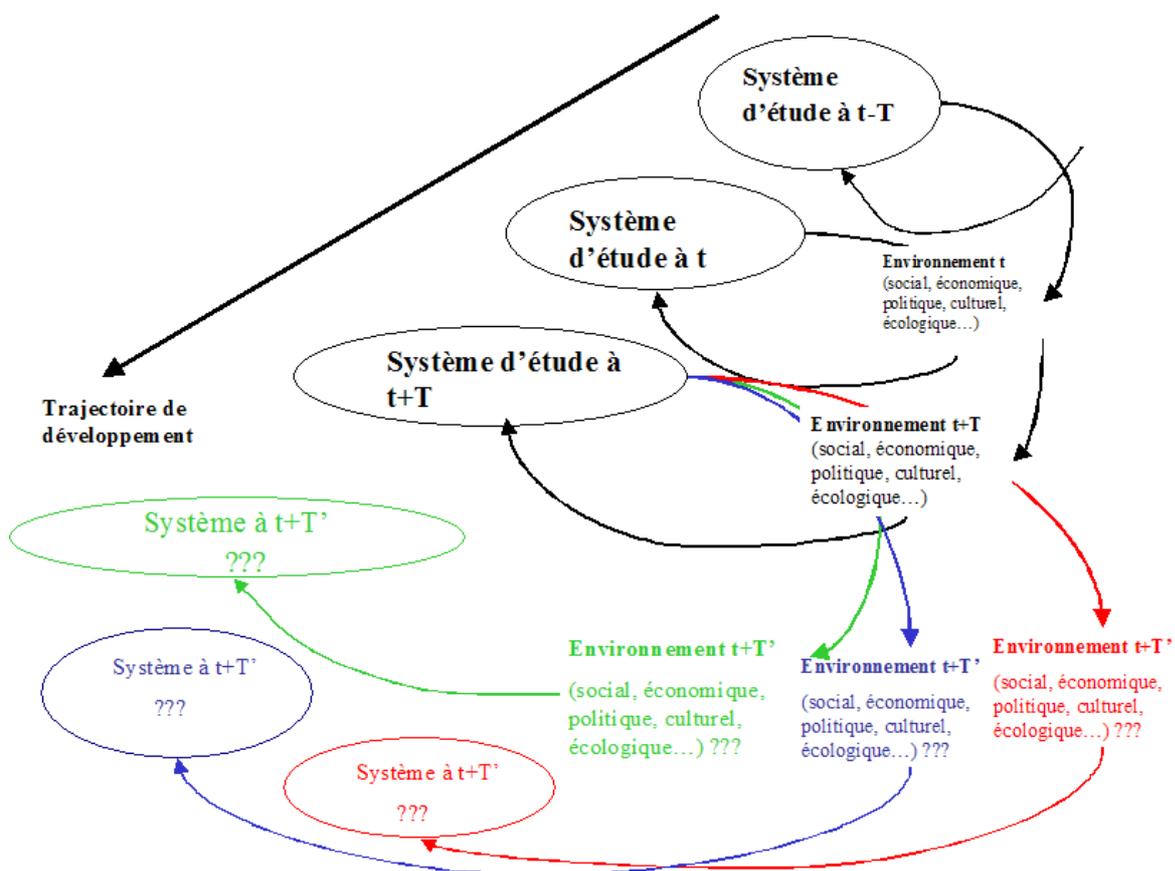


Figure 1 : La durabilité dans un processus de co-évolution

La définition de la durabilité est un problème majeur, la mise en place de méthodes d'évaluation de la durabilité ne peut se faire sans un positionnement clair sur le concept ainsi que sur celui de développement durable.

Si on reprend les termes de la définition du rapport Brundtland (1987), où le développement durable est vu comme «*un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs*», définir la durabilité implique d'être capable de définir les besoins des générations futures. (Godart, cité par Gonod 2003).

De même, la question du développement est au centre du débat. Peut-on considérer le développement durable comme un état à atteindre? Au contraire, se définit-il chemin faisant?

S'il n'est pas possible de définir un état de durabilité pour le système d'étude, alors il n'est pas possible d'évaluer la durabilité par rapport à un état recherché sans prendre le risque de viser une mauvaise cible. C'est pourquoi, tout comme Carry (1998), Bossel (1999), Saifi (2007), nous considérons 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. D'un autre côté, l'évolution du système a un impact sur l'environnement car de nouvelles contraintes lui sont imposées. Ainsi, il y a un processus de co-évolution entre le système d'étude et son environnement direct. (Espinosa *et al*, 2007).

Par analogie avec l'évolution des espèces de Darwin, le processus de co-évolution est non déterminé et le point d'arrivée n'est pas connu à l'avance (Carry, 1998) (cf. Figure 1). Autrement dit, conceptuellement, l'évaluation de la durabilité ne peut se faire par rapport à un but recherché, mais est relatif à une trajectoire. Dans cette vision, chercher à évaluer la durabilité d'un système consiste à évaluer si la trajectoire de co-évolution entre le système d'étude et son environnement **peut se maintenir de manière durable et si elle est éthiquement souhaitable**. (Pope, 2004)

La durabilité et le développement durable sont des concepts équivoques qui peuvent être envisagés avec des postures conceptuelles différentes (analytique, systémique) et avec un regard particulier en fonction de la discipline scientifique qui s'y intéresse et/ou du vécu de l'observateur. L'évaluation de la durabilité d'un système nécessite donc de formaliser le

questionnement autour du développement durable afin de poser les bonnes questions pour espérer y apporter des réponses adéquates. Dans la suite de ce rapport, nous allons voir en quoi l'approche systémique permet de formaliser le questionnement autour de l'évaluation de la durabilité d'un système de façon éclairante.

Dans un premier temps, la définition du système d'étude dans son environnement permet de clarifier l'objet d'étude et les limites de l'évaluation. Ensuite, nous verrons en quoi l'utilisation de cadres d'analyses systémiques (Bossel, 1999 ; Lopez-Ridaura, 2005) permettent de définir les termes de la durabilité de systèmes en co-évolution avec leur environnement. Le cadre d'analyse de Bossel a été choisi pour identifier les termes de la co-évolution durable entre les systèmes de polyculture élevages bovins laitiers et leurs environnements dans le but de la mise en place d'une méthode d'évaluation multicritère de la durabilité.

I) L'approche systémique, un regard pour formaliser l'évaluation de la durabilité

I.A) La 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.

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. Par ailleurs, il est important de considérer qu'un système est défini par un observateur (ou un groupe d'observateurs selon une démarche de recherche de consensus) qui l'établit selon sa perception des frontières du système (Leonnard et Beer 1994). 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. Par exemple, 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. Pour être au plus proche de la réalité complexe la modélisation de l'exploitation agricole doit donc impliquer l'interdisciplinarité des points de vue (Bonnemaire et Osty, 2004).

De façon générale, grâce à une approche interdisciplinaire et faisant intervenir plusieurs parties prenantes (les différents acteurs concernés), l'utilisation des systèmes comme objets abstraits permet de construire une compréhension et une vision partagée d'un monde complexe (guide Imagine, 2005). La définition du système devient alors un support à la mise en place des objectifs de l'évaluation.

Concrètement, la définition du système doit faire intervenir 2 étapes (i) la définition des différents niveaux de systèmes (systèmes de niveaux supérieurs et inférieurs) qui sont soit une

partie du système d'étude soit des systèmes englobant le système d'étude (ces différents systèmes peuvent faire écho à différents points de vues sur le système) (ii) une réflexion sur les interrelations entre systèmes. L'étude du système dans sa globalité demande alors de prendre en compte les différents niveaux d'échelle en essayant de détecter les contraintes limitant le bon fonctionnement du système d'étude.

I.B) Des cadres d'analyse systémiques pour mettre en place les objectifs de l'évaluation.

Dans l'approche systémique, on considère la durabilité comme une aptitude du système à continuer d'évoluer dans son environnement. 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 changements 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 et aux interactions qu'il a avec l'environnement extérieur. A partir d'approches similaires, plusieurs cadres d'analyses systémiques ont été proposés (Conway 1994, Bossel 1999, Lopez-Ridaura 2005, Lang Binder et al 2007). Ces cadres d'analyses systémiques proposent de définir les objectifs de l'évaluation en réponse à des attributs relatifs au fonctionnement global du système. Ces attributs sont utilisables quelle que soit l'échelle d'étude ou l'approche disciplinaire (Lopez-Ridaura 2005). Parmi ces cadres d'analyses, nous allons voir en quoi le cadre d'analyse de Bossel peut nous permettre de définir les objectifs de l'évaluation de la durabilité.

I.C) Le cadre d'analyse de Bossel :

Bossel (1999) considère les systèmes durables comme capables d'évoluer dans leur environnement et de contribuer au fonctionnement des systèmes supérieurs. Il propose de définir préalablement les propriétés de l'environnement du système. La durabilité du système est alors directement liée à ses capacités de réactions face à aux propriétés de son environnement (cf. Figure 2). Ainsi, Bossel propose 6 propriétés fondamentales caractérisant tout environnement et auxquelles les systèmes doivent être capables de faire face.

État environnemental normal :
correspond à l'état de l'environnement dans son état de fluctuation normal (lois de la nature, lois humaines, capacités techniques, interdits culturels...). C'est l'ensemble des contraintes permanentes auxquelles le système est soumis.

Disponibilité des ressources :
accessibilité des ressources pour le système.

Variabilité : fluctuations exceptionnelles de l'environnement (climatiques, marchés...)

Changement de l'environnement :
changement progressif ou brutal de l'environnement

Variété : La variété est le dénombrement de la quantité de comportements et d'états différents de l'environnement. C'est l'ensemble des éléments et leurs organisations potentielles auxquels le système doit faire face.

Autres systèmes actant : l'environnement peut être composé d'autres systèmes ayant des buts différents.

Ces propriétés de l'environnement sont spécifiques pour chaque système. De plus, les propriétés sont indépendantes et ne peuvent être exprimées comme combinaison linéaire d'autres propriétés.

Les attributs de la durabilité d'un système dans son environnement (Bossel, 1999) :

Pour pouvoir continuer à évoluer durablement dans leur environnement, les systèmes doivent être adaptés à l'ensemble des caractéristiques de l'environnement. Bossel propose 6 attributs (*basics orientors*) qui doivent être nécessairement pris en compte dans l'analyse de la durabilité des systèmes. Chaque attribut se rapporte à une propriété caractéristique de l'environnement du système d'étude (cf. figure2). Un système durable répond nécessairement à l'ensemble des attributs.

Existence :

Le système doit être compatible avec son environnement et capable d'existence dans cet environnement. Les informations, matières et énergies nécessaires au fonctionnement du système doivent être accessibles.

Capacité de réponse à l'état environnemental normal.

Efficacité:

Notion d'efficacité dans l'utilisation des ressources accessibles dans l'environnement.

Capacité d'utilisation des ressources.

Sécurité :

Capacité du système à faire face aux fluctuations de l'environnement.

Capacité à faire face à la variabilité de l'environnement.

Adaptabilité : Capacité du système à changer son organisation interne pour répondre à un changement brusque de l'environnement.

Capacité à faire face aux changements de l'environnement.

Liberté d'action : Le système doit avoir la capacité de faire face aux différents états possibles de l'environnement sans perdre son identité, c'est à dire sa capacité à être contrôlable pour répondre à des finalités.

Capacité à faire face à la variété de l'environnement.

Coexistence : Capacité du système à évoluer avec d'autres systèmes, ouverture sur l'extérieur.

Capacité du système à s'intégrer dans un projet plus global.

Dans le cas des systèmes vivants et/ou conscients, Bossel (1999) complète son cadre d'analyse avec les attributs suivants : **reproduction, la satisfaction des besoins psychologiques** et la **responsabilité**.

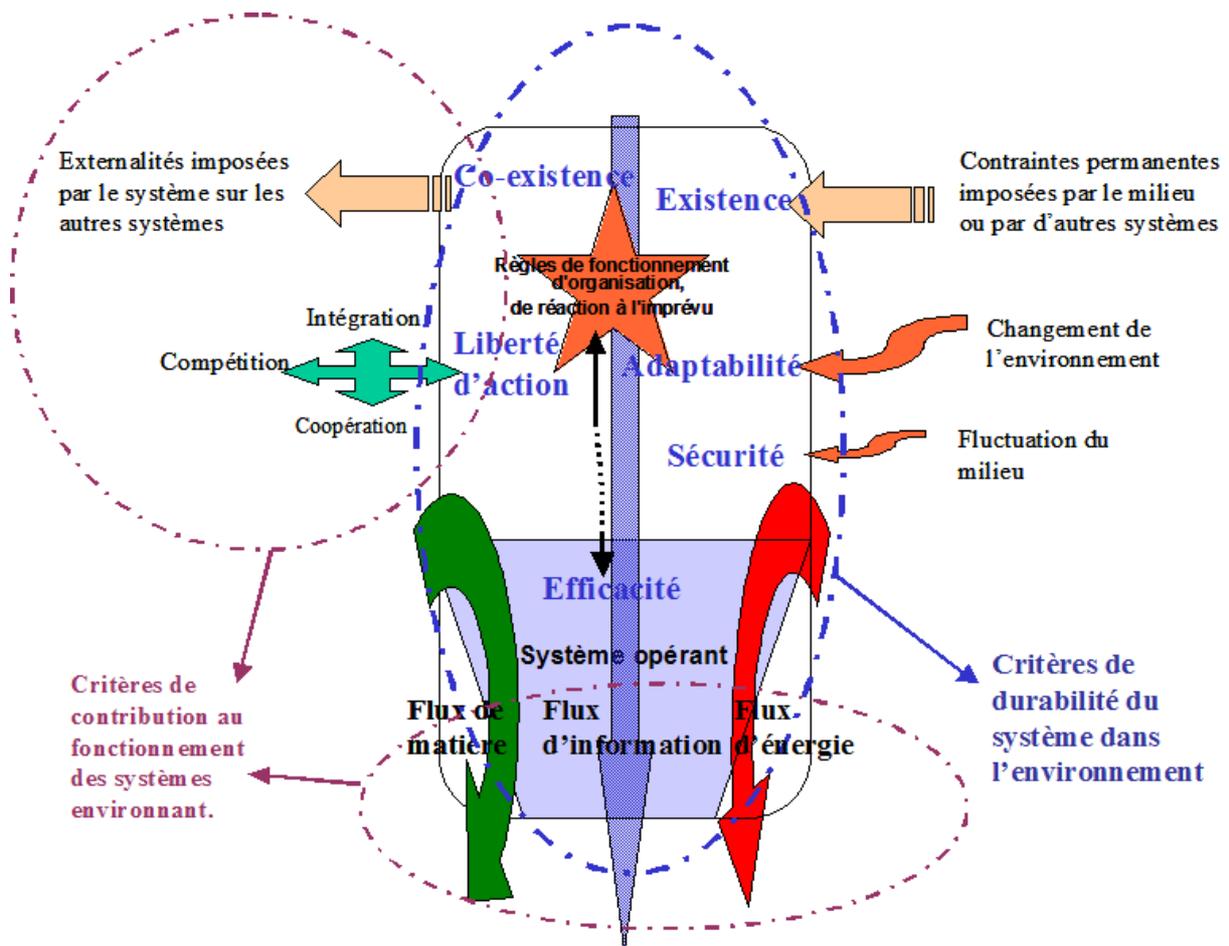


Figure 2 : Le cadre d'analyse de Bossel pour la mise en place des critères de durabilité (inspiré selon Bossel 1999)

Le cadre d'analyse de Bossel se veut exhaustif. En questionnant chacun des attributs définis par Bossel (Existence, Efficacité, Sécurité, Adaptabilité, Liberté d'action et Coexistence) il est possible de définir les objectifs de durabilité à l'échelle d'un système. L'idée est qu'un système est durable dans son environnement s'il est capable de répondre à l'ensemble des contraintes imposées par son environnement (capacité de réponse aux 6 attributs définis par Bossel) et si il contribue à la durabilité de celui-ci. Par cette approche, les objectifs de l'évaluation ne sont pas définis *ex nihilo*, mais à partir d'un cadre conceptuel permettant d'organiser la réflexion. Pour chaque système d'étude (ceux définis précédemment lors de la définition du système d'étude), on peut mettre en place deux jeux d'objectifs. Le premier correspond aux objectifs de durabilité du système dans son environnement et le deuxième aux objectifs liés à la contribution du système d'étude au fonctionnement durable des systèmes supérieurs dans lesquels il est intégré. Le fait de mettre en place le cadre d'analyse de Bossel à différents niveaux du système permet de mettre en évidence des critères de durabilité spécifiques, relatifs au fonctionnement des sous systèmes ou aux interrelations que les sous systèmes ont avec leurs environnements ainsi qu'avec les systèmes supérieurs auxquels ils sont intégrés.

Discussion de l'intérêt des 6 attributs de Bossel :

Lopez-Ridaura *et al* (2005) ont recensé, dans la bibliographie, les attributs utilisés pour la dérivation des objectifs de durabilité à partir d'approches globales. Selon eux, certains attributs sont relatifs aux fonctionnements des systèmes indépendamment de la discipline et de l'échelle d'étude considérée. C'est le cas par exemple de la productivité, l'efficacité, la reproductibilité, l'existence, la stabilité, la flexibilité, la résilience, la sécurité, l'adaptation, l'autonomie, la liberté d'action... Globalement, ces attributs peuvent être classés en trois catégories, ceux relatifs au fonctionnement du système dans son état stable (deux pôles : le maintien des ressources et l'efficacité), ceux relatifs au fonctionnement du système face à un environnement fluctuant et enfin ceux relatifs à la gouvernance du développement durable. Le cadre défini par Bossel est très proche de celui de Lopez-Ridaura, (Productivité et Stabilité, Résilience, Fiabilité et Adaptabilité). Il est aussi très proche du SPA (Sustainability Potential Analysis) proposé par Lang et Binder (2007) pour l'évaluation de la gestion des déchets ménagés (performance et efficacité, cohérence de la structure, interdépendance avec les autres systèmes, pouvoir tampon et résilience, capacité de charge, équité Inter et Intra-générationnel).

Le cadre d'analyse de Bossel est le seul qui propose des attributs appartenant aux trois catégories. En effet, l'existence et l'efficacité sont relatives au bon fonctionnement du système dans un état stable, la sécurité et l'adaptabilité font référence au fonctionnement du système face à un environnement fluctuant ou changeant. La liberté d'action et la co-existence font référence à la capacité du système à s'intégrer dans un projet plus global.

II) Résultats : Application de la démarche aux systèmes de polyculture élevage laitier.

II.A) Description et présentation du modèle des systèmes de polyculture élevage bovin laitier.

L'exploitation agricole peut être vue comme un système complexe (Osty, 1978) composée de différentes unités fonctionnelles en interactions les unes avec les autres dans un environnement extérieur pluridimensionnel (économique, social, écologique, agronomique... cf. figure 3). L'organisation de l'exploitation agricole est hiérarchique, puisqu'elle est pilotée par un groupe humain (Landais, 1992) que l'on peut caractériser par un modèle de nature psycho-socio-cognitif (Landais, 1992). Le système de pilotage (cf. Figure 3) est caractérisé par des besoins spécifiques, une intégration sociale et une capacité d'apprentissage et de réflexion lui permettant de prendre des décisions dans le but de répondre à ses finalités en fonction des contraintes, possibilités, influences de son environnement.

De plus, l'exploitation agricole est aussi subordonnée à une organisation sociale supérieure et contribue à son fonctionnement.

A partir de la bibliographie systémique sur l'exploitation agricole citée en partie ci-dessus, mais aussi suite aux remarques proposées par les membres du groupe de pilotage, nous pouvons proposer un modèle conceptuel du système d'étude - l'exploitation agricole dans son territoire- pouvant servir de base à l'évaluation de la durabilité des systèmes agricoles. Dans ce modèle, nous avons choisi de définir l'exploitation agricole en sous unités (cf. figure 3) (sous-systèmes prairie, systèmes de cultures, système fourrager, troupeau, pilote). Cette

définition permet de faire apparaître des propriétés propres à l'organisation du système résultant des interactions et relations entre les différents systèmes composant l'exploitation agricole. Les frontières de l'exploitation agricole sont floues, à la fois ouvertes car elle est traversée par des flux (matières, énergie, informations, capitaux...) et fermées, ce qui lui confère une certaine autonomie. Les frontières du système d'étude sont donc plus ou moins lâches, les exploitations très autonomes auront des frontières plus resserrées que les exploitations très intégrées.

Dans le modèle conceptuel du système d'étude, l'exploitation agricole est représentée comme insérée dans un environnement lui aussi complexe et pluridimensionnel. Tout d'abord, l'entreprise agricole fait partie d'un territoire et est plus ou moins intégrée à des filières économiques. Ensuite, l'activité agricole utilise de la main d'œuvre et fournit du travail, elle participe à la vie sociale rurale et agricole, et fournit de nombreux services à la société. Enfin, l'agriculture utilise des ressources primaires (eau, sol, énergie, air) et la biodiversité (naturelle et domestique) pour fournir des produits utilisables par l'homme (cf. Figure 3).

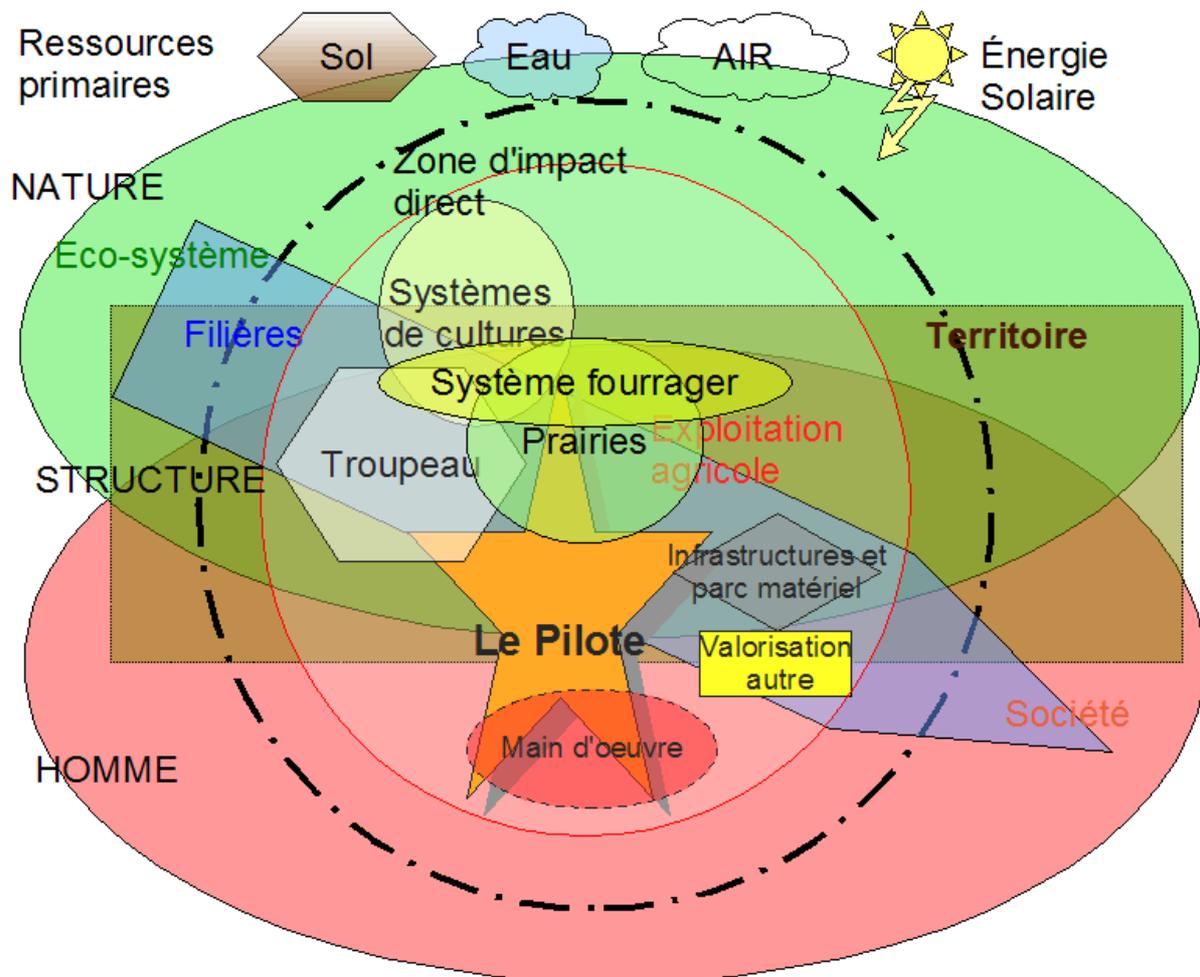


Figure 3 : Modélisation de l'exploitation agricole dans son environnement.
(adaptée à partir des représentations de Osty (1978), Landais (1987) et de Bossel(2002))

Dans le travail que nous avons mené, la phase de définition du système d'étude a été abordé trop tardivement. En effet, le modèle n'a pas été co-construit, mais proposé aux membres du groupe de pilotage dans le cadre d'une démarche utilisant un cadre d'analyse peu coutumier dans une phase de travail déjà trop avancée. De ce fait, les membres du groupe ne pouvaient faire que peu de remarques fondamentales sans remettre en cause l'ensemble du travail déjà effectué. De plus, le groupe de pilotage n'est composé que de scientifiques de l'Inra, ce qui malgré la pluridisciplinarité réduit le nombre de points de vues sur le système d'étude. Ainsi, il aurait peut être été nécessaire d'impliquer des agriculteurs et des représentants de la société civile dans la démarche de définition du système d'étude. On verra par la suite que ces problèmes risquent de se poser de manière accru lors de la phase de mise en place et de pondération de l'arborescence.

III.B) Application du cadre d'analyse de Bossel aux systèmes de polyculture élevage bovin laitier.

Le modèle conceptuel de l'exploitation agricole dans son territoire nous a permis de définir des sous systèmes, parties du système d'étude, et des méta-systèmes qui composent l'environnement dans lesquels s'intègre l'exploitation agricole. Chacun des sous systèmes de l'exploitation agricole doit être durable et contribuer au fonctionnement de l'exploitation agricole. Ainsi, l'application de la démarche de Bossel à l'échelle de l'exploitation agricole et de chaque sous système peut permettre de mettre en évidence des objectifs d'évaluation de la durabilité liés à des attributs particuliers du cadre d'analyse de Bossel et spécifiques au système envisagé. De cette façon on cherche à mettre en place les objectifs d'évaluation puis les critères caractérisant la durabilité de l'exploitation face à son environnement. Le tableau 1 présente les critères de durabilité des systèmes de polyculture élevage laitier définis selon le cadre d'analyse de Bossel appliqué aux différents systèmes considéré.

Les critères caractérisant la durabilité de l'exploitation face à son environnement ne sont pas suffisants pour caractériser la durabilité de la trajectoire de co-évolution de l'exploitation agricole et de son environnement. En effet, il est essentiel de s'intéresser à la façon dont l'exploitation contribue au fonctionnement durable des systèmes supérieurs. C'est pourquoi, il est nécessaire d'avoir un deuxième regard sur les interactions existantes entre l'exploitation agricole et son environnement (Bossel, 1999). De même que précédemment, le cadre d'analyse de Bossel a été utilisé pour définir les critères de contribution des systèmes de polyculture élevage laitier, ils sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 1 : critères de durabilité pour les systèmes polyculture élevage laitier.

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 utilisables.	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.

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 rurale. Maintien de la vie sociale 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 innovantes.
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.	Limitation des sources de dégâts non maîtrisés (ex. OGM)	Utilisation de techniques conformes aux souhaits 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.	

III) Proposition d'indicateurs et d'une arborescence.

La démarche systémique et le cadre d'analyse de Bossel nous ont permis de mettre en place les objectifs à prendre en compte dans l'évaluation de la durabilité pour les systèmes de polyculture élevage laitier. Les objectifs sont ensuite transcrits en sous objectifs d'évaluation puis en différents sous critères qui seront renseignés par un ou plusieurs indicateurs. Une démarche bibliographique a permis d'identifier et de sélectionner différents indicateurs pouvant répondre aux critères à renseigner. Ainsi, des jeux d'indicateurs sont proposés pour chaque système d'étude (homme, nature, structure, exploitation agricole, systèmes de cultures, troupeau, groupe humain de pilotage, prairies). Une démarche de sélection des indicateurs est alors nécessaire afin d'éviter de mettre en place un jeu d'indicateurs non redondant et pertinent.

Une pré-sélection d'indicateurs a été faite suite à une réunion à laquelle 3 membres du groupe de pilotage ont participé. Cette réunion nous a permis d'écarter quelques indicateurs jugés peu pertinents ou redondants. Cependant, le travail de présélection des indicateurs n'a pas pu aboutir. D'une part, le nombre d'indicateurs potentiels identifiés grâce à la méthodologie basée sur le cadre d'analyse défini par Bossel est important. En conséquence, il est très difficile pour les membres du groupe de pilotage de critiquer en une réunion une centaine d'indicateurs. D'autre part, cette réunion est intervenue trop tard et la discussion à logiquement portée sur la méthodologie proposée, très peu de temps a pu être consacré aux indicateurs.

La liste des indicateurs présélectionnés se trouve en annexe.

L'agrégation des indicateurs :

L'agrégation des indicateurs est primordiale dans une méthode d'évaluation multicritères d'aide à la décision, elle doit permettre de condenser l'information de façon à rendre l'interprétation des résultats possible.

Dans le cas de la mise en place d'une méthode d'évaluation de la durabilité de systèmes de polyculture élevages laitiers, l'agrégation doit répondre au cahier des charges suivant :

- ◆ Permet le classement des systèmes en fonction de leur durabilité
- ◆ Permet de mettre en évidence les points forts et les points faibles des systèmes.
- ◆ L'agrégation doit être représentative des propriétés du système.
- ◆ Lisibilité et compréhension des critères utilisés à chaque niveau d'analyse de l'arborescence. Autrement dit, les différents niveaux d'analyse (tableaux de bord) correspondent à des tableaux de bord plus ou moins synthétiques qui doivent impérativement être compréhensibles par l'ensemble des utilisateurs.
- ◆ Transparence des règles de décisions. Les règles de décisions dans l'agrégation doivent être justifiables soit scientifiquement, soit de façon experte soit par une approche participative.
- ◆ L'usage de DEXI impose une limite lors de l'agrégation, il est impossible de renseigner plus de 256 combinaisons lors de la mise en place des règles d'utilité. Ainsi, si il y a 5 classes par indicateur, on ne peut agréger plus de 3 indicateurs à la fois, si il y a 4 classes par indicateurs on ne peut agréger plus de 4 indicateurs à la fois.

Définition de l'arborescence :

L'agrégation est organisée autour des propriétés systémiques définies par Bossel. Adaptées aux systèmes agraires, les attributs définis par Bossel servent de base à la définition des branches de l'arborescence. Ces branches sont la reproductibilité, la productivité, la sécurité/résilience, l'adaptabilité, l'autonomie et la capacité de réponse aux finalités élargies. Ces branches agrègent des indicateurs définis à différentes échelles (sous systèmes et méta systèmes) et correspondent à des notions de durabilité du système dans son environnement mais aussi à des notions de contribution au fonctionnement des systèmes supérieurs.

- o **La reproductibilité** correspond à la possibilité que le système fonctionne indéfiniment, c'est à dire qu'il conserve et maintienne son environnement. La reproductibilité correspond à l'agrégation de deux branches, *la préservation des ressources de l'agro-écosystème* et la *vivabilité* (acceptabilité sociale liée au fonctionnement du système).
- o **La productivité** correspond à l'efficacité dans l'utilisation des facteurs de productions. Sont considérés ici comme facteurs de production les ressources au sens large, les ressources primaires (eau, air, sol, énergie), les consommations intermédiaires, la biodiversité, les ressources humaines (travail et capital immatériel) et les ressources financières.
- o **La sécurité/résilience** correspond à la capacité du système à faire face aux aléas, climatiques et socio-économiques.
- o **L'adaptabilité** correspond à la capacité du système à changer de stratégie ou d'organisation face à un changement de l'environnement.
- o **L'autonomie** correspond à la capacité du système à se fixer ses propres objectifs.
- o **La capacité de réponse aux finalités élargies** correspond à la capacité du système à s'intégrer dans un projet plus global, celui du développement durable.

Les deux derniers attributs sont liés à la contrôlabilité du système.

Comment relier les attributs entre eux: comparabilité, compensation et commensurabilité :

Nous avons choisi d'agréger la branche *reproductibilité* et la branche *productivité* en une même branche appelée **viabilité**. Nous faisons l'hypothèse que les systèmes qui sont trop peu efficaces ou qui n'utilisent pas les ressources de manière reproductible sont amenés à disparaître (surtout si les ressources sont limitantes).. Il sera nécessaire de statuer sur les compensations possibles entre ces deux branches.

De même, *l'adaptabilité* et *la sécurité/résilience* sont agrégées dans une même branche appelée **flexibilité**. Même si ces deux critères renvoient à des notions différentes, ils n'en sont pas moins comparables, puisqu'ils renseignent deux modes différents de réaction face aux aléas. La flexibilité indique les capacités de l'exploitation agricole à faire face à l'ensemble

des aléas de l'environnement. D'autres possibilité d'agrégation existent, pour Milestad et Darnhofer (2003), la « résilience » (terme anglais) des systèmes socio-naturels fait intervenir 3 leviers, le pouvoir tampon face à la variabilité de l'environnement (équivalent à la sécurité de Bossel), le degré d'auto-organisation (équivalent à la liberté d'action de Bossel) et la capacité d'apprentissage et d'adaptation. Cette façon de voir laisse penser qu'il est possible d'agréger l'autonomie, l'adaptabilité et la sécurité résilience pour former l'attribut flexibilité.

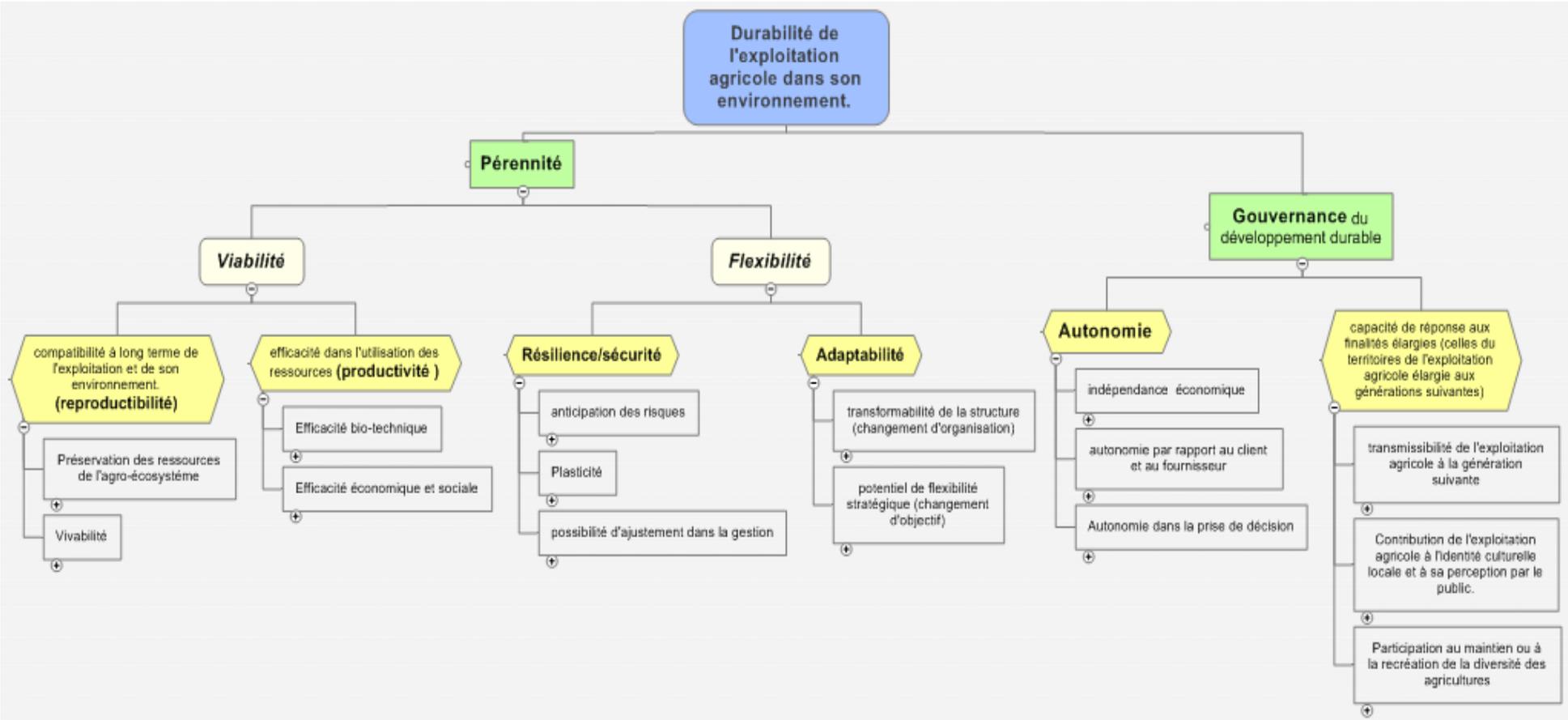
Flexibilité et Viabilité sont ensuite agrégées pour former le critère **pérennité**. La pérennité dépasse la notion de la durabilité basée sur les ressources (ressources sufficiency, Thompson, 1997), puisqu'on y ajoute la dimension flexibilité. La pérennité correspond à des « systèmes durables qui durent » (S.Ingrand 2008).

L'autonomie et la capacité de réponse aux finalités élargies (celle du territoire de l'exploitation agricole élargie aux générations suivantes) sont deux pôles de la **gouvernance du développement durable**. L'idée est que le développement durable doit pouvoir être contrôlé. L'exploitation agricole est une unité de management du territoire parmi d'autres. Elle doit répondre au double déficit de contrôler son management (lié en partie à l'autonomie) et de pouvoir répondre à des finalités supérieures nécessaires à la mise en place d'un développement durable.

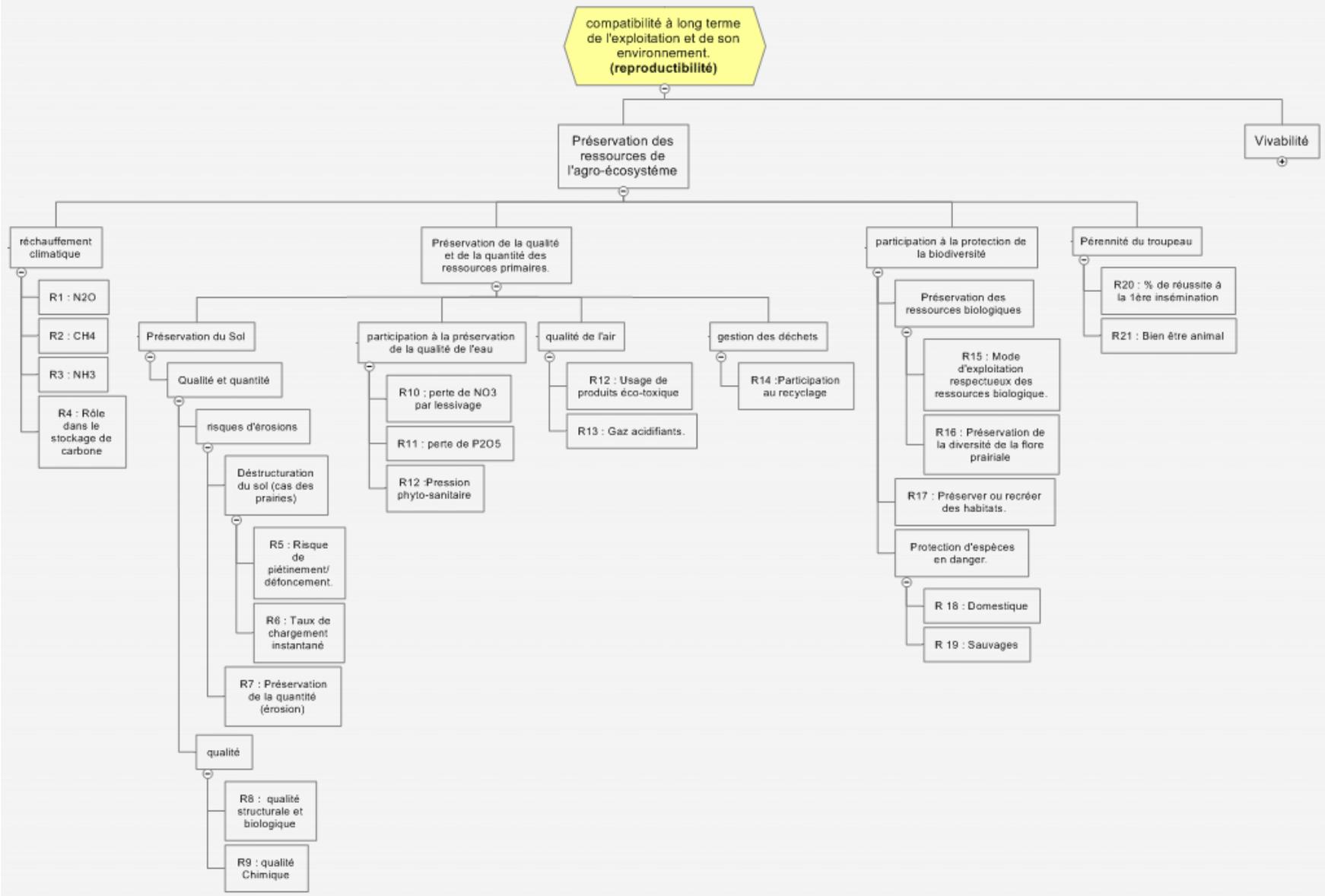
C'est pourquoi nous proposons de regrouper la branche « autonomie » et la branche « capacité de réponses aux finalités élargies » au sein d'un pôle « gouvernance du développement durable ».

Finalement, la **durabilité** du système exploitation dans son territoire est le résultat de l'agrégation de la *pérennité* et la *gouvernance du développement durable*. Bien évidemment, les poids respectifs de ces deux branches ne sont pas les mêmes.

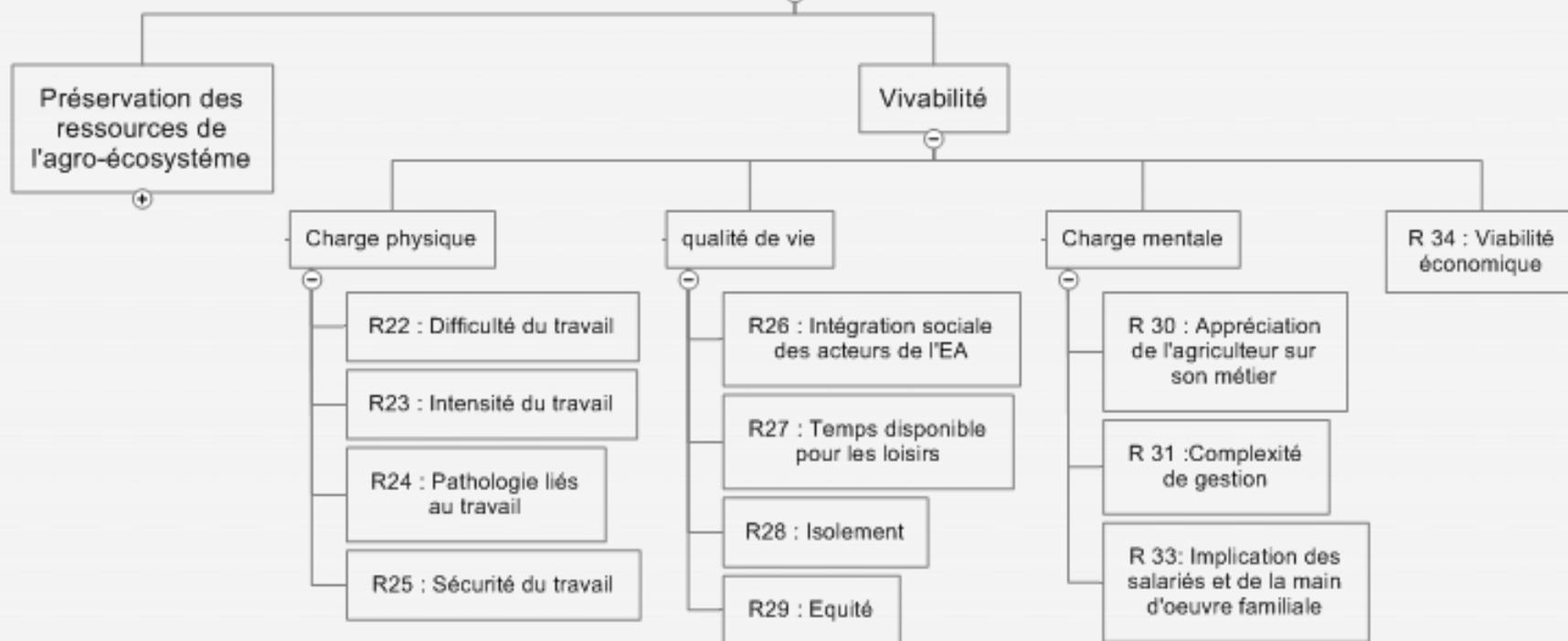
Arborescence proposée :



Présentation des différentes branches de l'arbre :



compatibilité à long terme
de l'exploitation et de son
environnement.
(reproductibilité)



efficacité dans l'utilisation des ressources (productivité)

Efficacité bio-technique

Efficacité économique et sociale

gestion de la matière organique

- E1 : Bouclage des cycles des minéraux
 - Phosphore
 - Potassium
 - Pas d'export d'azote en dehors de l'agro-écosystème.

gestion de la fertilisation

- E2 : Intérêt des apports
- E3 : % de l'assolement sans restitutions organiques
- E4 : Balance azoté par sole de culture.

adéquation entre la consommation d'eau et la ressource locale

- Consommation d'eau
 - E5 : Consommation totale
 - E6 : Consommation en période critique
- E7 : Provenance de l'eau

Efficacité dans l'utilisation des ressources biologique

- E8 : Cohérence de la protection face au maladies, risque de résistance
- E9 : Lutte biologique

Efficacité énergétique

- E10 : Efficience dans l'utilisation de l'espace. KJ/ha
- E11 : Part de l'énergie renouvelable utilisé

E12 : Efficience économique

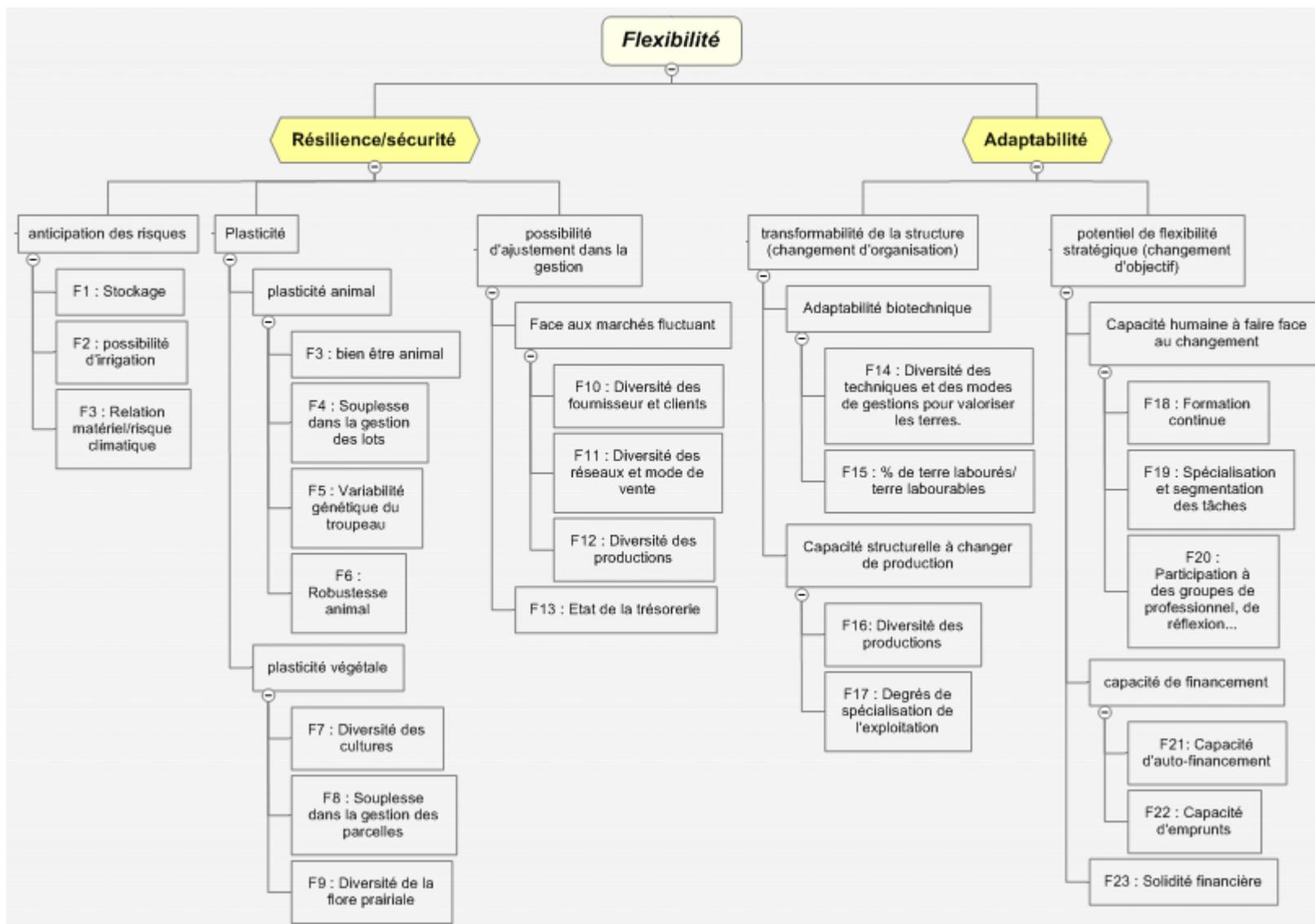
contribution au dynamisme du territoire

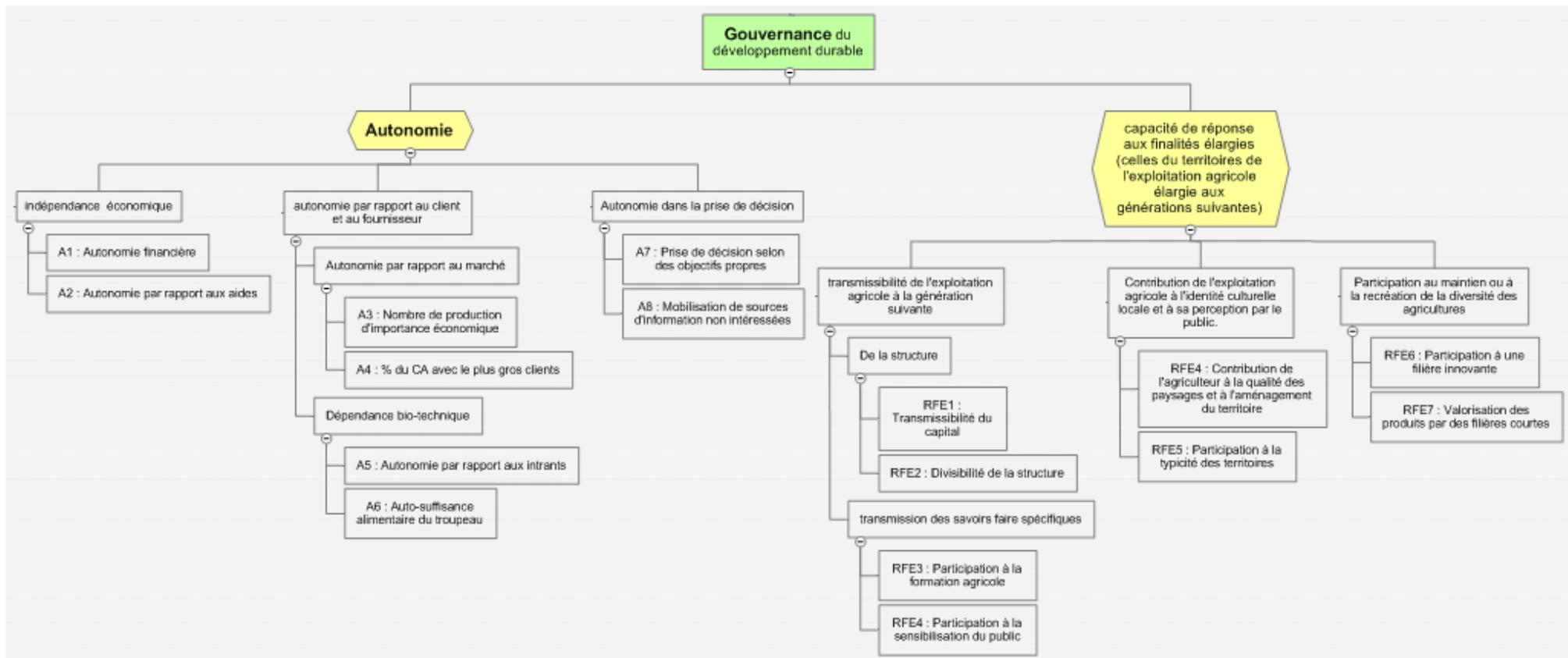
Maintien de la vie sociale

- E13 : Maintient de la vie sociale agricole
- E14 Maintient de la vie sociale rural

Emplois

- Contribution à l'emploi
 - E15 : Emplois directs
 - E16 : Emplois indirects
- E17 : Qualité des emplois





V) Discussion générale, perspectives :

La recherche de l'exhaustivité et de l'objectivité lors de la définition des critères d'évaluation de la durabilité nous a orienté vers une démarche systémique. Cette démarche est un cadre conceptuel permettant la mise en place des critères caractérisant la durabilité de la trajectoire de co-évolution de l'ensemble système/environnement. L'utilisation d'une telle approche pour les systèmes polycultures élevages laitiers a permis de mettre en évidence certaines limites ou difficultés lors de la mise en œuvre de l'approche proposée.

Une première limite réside dans la définition du système d'étude. Nous avons choisi de proposer une représentation de l'exploitation agricole inspirée de la bibliographie sur les systèmes agraires. Cette approche s'est révélée très efficace pour modéliser l'exploitation agricole et ses sous systèmes. Par contre le modèle de l'exploitation que nous proposons est plutôt sommaire dans la définition de l'environnement de l'exploitation agricole. Nous nous sommes ensuite rendu compte de la difficulté d'appliquer le cadre d'analyse de Bossel à des systèmes aussi flous que la nature, le système structurel, et la société.

Le cadre d'analyse de Bossel ne garantit pas l'objectivité dans la définition des critères de durabilité mais oriente la réflexion selon six axes liés aux interactions entre le système et son environnement. De plus, son utilisation sur les différents sous systèmes oblige à une vision globale. Cependant, l'utilisation du cadre de Bossel reste très dépendante du regard porté sur l'exploitation agricole. A la question qu'est ce qui fait l'existence de l'exploitation ? chacun apporte une réponse différente en fonction des limites spatio-temporelles qu'il fixe.

La définition du système d'étude et le cadre d'analyse de Bossel forment un bon support à la mise en place d'une approche pluridisciplinaire nécessaire à la prise en compte de tous les aspects de la durabilité.

L'utilisation du cadre d'analyse de Bossel a permis de mettre en place les critères de l'évaluation à partir desquels nous avons essayé de mettre en place un jeu d'indicateurs. Cependant, une question reste posée : tous les critères d'évaluations définis peuvent ils être renseignés par des indicateurs ? Par exemple, est-il possible de trouver des indicateurs mesurant la flexibilité ? De même, la question du rôle de l'exploitation dans la gouvernance du développement durable est elle aussi très difficile à investir dans le champ des indicateurs. La définition de la sensibilité de l'outil à mettre en place est aussi importante. La flexibilité fait intervenir des leviers à différentes échelles, tous ces leviers n'ont pas la même importance en terme d'impact ni la même rapidité d'action, est-il nécessaire de les prendre tous en compte ?

L'agrégation des indicateurs en tableaux de bords successifs est un point essentiel de la méthode. Le choix a été fait de poursuivre la logique systémique en proposant une arborescence basée sur des propriétés systémiques faisant ressortir trois dimensions principales de la durabilité de l'exploitation agricole, la pérennité, la flexibilité et le rôle dans la gouvernance. Cette arborescence, bien qu'inspirée de références bibliographiques (Thompson, 1997, Bossel 1999, Lopez-Ridaura, 2005) doit être validée. De plus, il reste un gros travail dans la définition des règles d'utilité permettant l'agrégation des différentes branches et des différents indicateurs. Mathilde Gerber (2007) avait montré combien le choix des pondérations dans l'agrégation est tributaire du vécu de la personne qui propose les règles de décision. Le travail de mise en place des règles d'utilité nécessiterait la constitution d'un groupe composé de scientifiques issu de plusieurs disciplines ainsi que de différents acteurs représentatifs de la société. Il y a là de vraies questions méthodologiques à prendre en charge.

Bibliographie :

Bockstaller C., Girardin P Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode

Indigo : version 1.61 du logiciel, (2006). Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.61 du logiciel.

Bonnemaire, J. and P.L. Osty (2004). Approche systémique des systèmes d'élevage : quelques avancées et enjeux de recherche. Académie d'agriculture de France.

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.

Brundtland, Gro Harlem. Présidente de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'ONU (Avril 1987). "Notre avenir à tous."

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 California-Berkeley.

Conway, G. R. (1994). "Sustainability in agricultural development: trade-offs between productivity, stability, and equitability." *Journal for Farming Systems Research-Extension* 4(2): 1-14.

Dedieu B., C. E., Leclerc B., Moulin C.-H, Tichits M., Ed. (2008). L'élevage en mouvement. Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores. Update Sciences & Technologie. 78026 Versailles Cedex.

Espinosa, A., R. Harnden, J.Walker. (2008). "A complexity approach to sustainability - Stafford Beer revisited." *European Journal of Operational Research* 187(2): 636-651.

Filipo, f. (2004). "Les tensions constitutives du "développement durable".
<http://developpementdurable.revues.org/document1041.html>

Gerber, M. (2007). Elaboration 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. Mémoire d'ingénieur.

Girardin, P., L. Guichard, C Bockstaller. (2005). "Indicateurs et tableaux de bord. Guide pratique pour l'évaluation environnementale." Edition TEC&DOC.

Godard O and Hubert B (23 décembre 2002). "Le développement durable et la recherche scientifique à l'INRA."

Gonod, P. F. (2003). *Matières à (re)penser le Développement Durable et d'Autres Développement*. Institut National de la Recherche Agronomique. Bilan et Prospective.

Guide d'utilisation de "Imagine" (2006). *Analyse Systémique et Prospective de Durabilité*. Directeur de publication guillaume Benoit.

Guillaumin A, Hopquin J-P, Desvignes P., Vinatier J-M (2007). *Observatoire territorial des pratiques agricoles. Guide des indicateurs. Des indicateurs pour caractériser la participation des exploitations agricoles d'un territoire au développement durable*.

Landais, E. (1992). "Principe de modélisation des systèmes d'élevage. Approche graphique." *Les Cahiers de la Recherche Développement*. n°32 - 2/1992.

Lang, Daniel J. Binder, Claudia R. Scholz, Roland W. Wiek, Arnim Stäubli, Beat Sieber, Christian (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.. (1984). *La théorie du système général*. PUF. Paris. 320p.

Lopez-Ridaura S., V. K. H., Ittersum M. K. van, Leffelaar P. 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.

Milestad Rebecka et Darnhofer Ika (2003). "Building farm resilience: The Prospects and Challenges of Organic Farming". *Journal of Sustainable Agriculture*, Vol. 22(3).

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

Osty, P. L. (1988). "Une approche illustrée de l'exploitation agricole dans son environnement." *travaux et innovations* 2.

Osty, P. L. and J. Bonnemaire *Approche systémique des systèmes d'élevage : quelques avancées et enjeux de recherche*, Académie d'Agriculture de France, Séance du 11 février 2004.

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

Rammel, C. and J. C. J. M. van den Bergh (2003). "Evolutionary policies for sustainable development: adaptive flexibility and risk minimising." *Ecological Economics* 47(2-3): 121-133.

Sadok W., 2006a), 1er rapport d'avancement de la tâche 1 du WP3 (Projet Discotech), Identification et hiérarchie des actions à poursuivre pour l'évaluation multicritère de systèmes de culture potentiellement innovants dans le cadre de la tâche 1 du WP3, 15p.

Sadok W., 2006 b), 2ème rapport d'avancement du WP3 (Projet Discotech), Analyse critique des critères de durabilité des systèmes de culture et de leur évaluation multicritère par Dexi, 82p.

Sadok W., 2006 c), 3ème rapport d'avancement du WP3 (Projet Discotech), Partie A, Choix des critères/hiérarchies/classes : Proposition d'un modèle hiérarchique de critères en vue d'une simulation d'évaluation multicritères de systèmes de culture via Dexi, 55p.

Sadok W., 2006 d), 3ème rapport d'avancement du WP3 (Projet Discotech), Partie B, Simulation d'évaluation multicritères de systèmes de culture via Dexi : Propositions de modèles hiérarchiques de critères, de classes, de pondérations et d'exemples de systèmes de culture à évaluer, 37p

Saifi, B. and L. Drake (2008). "A coevolutionary model for promoting agricultural sustainability." *Ecological Economics* 65(1): 24-34.

Thompson P. B. (1997), " The Varieties of Sustainability in Livestock Farming ", in Sorensen J.T. (ed.), *Livestock Farming Systems : More than Food Production, 4th International Livestock Farming Systems Symposium, Foulum (Denmark), 22-23 Aug. 1996*, Wageningen Pers, EAAP Publ. n°89.

Van Cauwenbergh, N. Biala, K. Biielders, C. Brouckaert, V. Franchois, L. Garcia Ciudad, V. Hermey, M. Mathijs, E. Muys, B. Reijnders, J. Sauvenier, X. Valckx, J. Vanclooster, M. Van der Veken, B. Wauters, E. Peeters, A.. (2007). "SAFE--A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120(2-4): 229-242.

Vaucoret M, Capitain M., Palazon R. (janvier 2007). Evaluation de la multifonctionnalité des exploitations agricoles, Institut de l'élevage PSDR Rhône-Alpes

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

Weinstoerffer, J. and P. Girardin (2000). "Assessment of the contribution of land use pattern and intensity to landscape quality: use of a landscape indicator." *Ecological Modelling* 130(1-3): 95-109.

Werf, H. M. G. v. d. and J. Petit (2002). Evaluation of the environmental impact of agriculture at farm level. A comparison and analysis of of twelve indicator-based methods. *Courrier de l'environnement de l'Inra*: 121-133.

ANNEXES : Liste des indicateurs potentiellement utilisables dans une agrégation.

Tableau 1 : Indicateurs de la branche reproductibilité

Tableau 2 : Indicateurs de la branche productivité

Tableau 3 : Indicateurs de la branche flexibilité

Tableau 4 : Indicateur de la branche autonomie

Tableau 5 : Indicateur de la branche capacité de réponse aux finalités
élargies

Tableau 1 : Les indicateurs de la branche reproductibilité

Référence dans l'agrégation	Système d'étude	Attribut	objectifs d'évaluation	sous critère	indicateur	Variables	Mode de calcul	Commentaires	Sources	état d'avancement de l'indicateur
R1	Nature (cf. schéma de modèle)	Adaptabilité	Participation de l'E.A à l'atténuation des changements climatiques .	Limiter l'émission de Gaz à effet de serre	Émission de gaz à effet de serre, émission de NO2.				INDIGO, Thèse de Joséphine Peigne, DEXI SH	définir le calcul et les réf
R2	Nature (cf. schéma de modèle)	Adaptabilité	Participation de l'E.A à l'atténuation des changements climatiques.	Limiter l'émission de Gaz à effet de serre	Émission de gaz à effet de serre, émission de CH4.			définir le calcul et les réf		
R3	Nature (cf. schéma de modèle)	Adaptabilité	Participation de l'E.A à l'atténuation des changements climatiques .	Limiter l'émission de Gaz à effet de serre	Émission de gaz à effet de serre, émission de NH3.			définir le calcul et les réf		
R4	Nature (cf. schéma de modèle)	Adaptabilité	Participation de l'E.A à l'atténuation des changements climatiques .	Limiter l'émission de Gaz à effet de serre	Participation au stockage du Carbone		Présence de non labour, (stockage de carbone dans le sol).	à définir		
R5	Prairie	Existence	Préservation de la ressource sol.	Risque de déstructuration du sol.	Chargement instantané	nb d'UGB ; surface pâturée.	Nb d'animaux (UGB) / ha de surface pâturée. Comparaison avec des références régionales	Ne prend pas en compte l'état de la parcelle à lors de la présence de vaches au pâturage. Quelle réalité avec des systèmes zéro grassing.	DEXI SH (Gerber et al 2007) ; bibliographie...	indicateur existant
R6	Systèmes de cultures	Existence	Préservation de la ressource sol		Risque d'érosion	Pente des parcelles	% des parcelles avec une pente sup. à 3%		OTPA	indicateur existant
R6	Systèmes de cultures	Existence	Préservation de la ressource sol	Préservation de la quantité de sol	Risque d'érosion	Présence de sol nu	% de sol nus l'hiver	Le risque d'érosion est spatialisé et dépend de l'interaction Pente*couverture*techniques	IDEA , OTPA	indicateur existant

R7	Systèmes de cultures	Existence	Préservation de la ressource sol	Préservation de la qualité structurale et biologique	Présence de matière organique		I MO de la méthode INDIGO		INDIGO, DEXI SdC	indicateur existant
R8	Prairie	Existence	Préservation de la ressource sol.	Préservation de la qualité chimique du sol.	présence de P ₂ O ₅		Module Psol de la méthode INDIGO	La présence de potasse est liée à présence de P205. On considère que le P205 est représentatif de la qualité chimique du sol.	INDIGO, DEXI SH	indicateur existant
R8	Systèmes de cultures	Existence	Préservation de la ressource sol	Préservation de la qualité chimique du sol.	présence de P ₂ O ₅		Module Psol de la méthode INDIGO	La présence de potasse est liée à présence de P205. On considère que le P205 est représentatif de la qualité chimique du sol.	INDIGO, DEXI SH	indicateur existant
R9	Nature (cf. schéma de modèle)	Existence	Préservation de la ressource eau	Qualité des eaux	Perte de nitrate par lessivage		Module lessivage de INO3 dans la méthode Indigo	Ces indicateurs sont calculés à l'échelle de la parcelle. Pour des facilités de calcul, on considère des assolements en condition moyenne pour chaque culture.	INDIGO	indicateur existant
R10	Nature (cf. schéma de modèle)	Existence	Préservation de la ressource eau	Qualité des eaux	Module Perte de P205		Module perte de IP205			indicateur existant
R11	Nature (cf. schéma de modèle)	Existence	Préservation de la ressource eau	Qualité des eaux	Risque de résidus de pesticide dans les eaux souterraines		Indicateur IPHY de la méthode INDIGO			indicateur existant
R12	Nature (cf. schéma de modèle)	Existence	Préservation de la ressource air	Risque de pollution toxique	pris en compte dans l'indicateur IPHY			Les GES sont pris en compte plus loin		indicateur existant
R14	Système structurel.	Efficacité	Économie de gamme, recyclage des déchets		Participation au recyclage.				OTPA	à définir
R15	Nature (cf. schéma de	Existence	Préservation des ressources		Mode d'exploitation respectueux des	Agriculture Biologique, ou	Si bio ou lutte biologique alors le	porte un préjugé sur les systèmes qu'on est censé		à définir

	modèle)		biologiques de l'agro-écosystème.		ressources biologiques	lutte biologique	mode est respectueux de la ressource biologique	évaluer.		
R16	Prairie	Existence	Préservation de la ressource biologique	Préservation de la diversité de la flore prairiale.	Surface de prairie en condition favorable/ SAU	Chargement ; date de première exploitation ; fertilisation azotée. Nature de la prairie.	Mise en classe des prairies selon leurs caractéristiques et leur mode de mise en valeur. Classes favorables et défavorables.		DEXI SH selon S.Plantureux	indicateur existant
R17	Nature (cf. schéma de modèle)	Sécurité	Impact sur les capacités de résilience de l'agro-écosystème.	Préserver ou recréer des habitats.	Taille des parcelles	Taille moyenne des parcelles, taille de la plus grande parcelle			IDEA A7	indicateur existant
R17	Nature (cf. schéma de modèle)	Sécurité	Impact sur les capacités de résilience de l'agro-écosystème.	Préserver ou recréer des habitats.	Gestion des zones d'intérêts écologiques.					définir le calcul et les réf
R17	Nature (cf. schéma de modèle)	Sécurité	Impact sur les capacités de résilience de l'agro-écosystème.	Préserver ou recréer des habitats.	Linéaire de haie	m de haie/ha	à définir localement	L'intérêt de la haie dépend de son positionnement, de sa continuité, de sa composition...	OTPA	définir le calcul et les réf
R17'	Nature (cf. schéma de modèle)	Existence	Préservation des ressources biologiques de l'agro-écosystème.	Non mise en compétition avec des espèces invasives						à définir
R18	Nature (cf. schéma de modèle)	Sécurité	Impact sur les capacités de résilience de l'agro-écosystème.	Démarche de protection d'espèces en voie de disparition.	Démarche de préservation de la diversité de la biodiversité domestique.	Races à petit effectifs ou envoi de disparition. Espèce végétales rares.	à définir		IDEA A4 A5, OTPA...	indicateur existant
R19	Nature (cf. schéma de modèle)	Sécurité	Impact sur les capacités de résilience de l'agro-écosystème.	Démarche de protection d'espèces en voie de disparition.	Démarche de préservation de la biodiversité sauvage.	Contrat MAE, natura 2000, CAD...	% de la SAU en contractualisation pour la protection de la nature		IDEA A10	indicateur existant

R20	Troupeau	Existence	dynamique de renouvellement suffisante		% d'e 1ère IA fécondante.					définir le calcul et les réf
R21	Troupeau	Existence	Bien être animal	bien être animal (robustesse)				L'indicateur n'est pas décrit dans ce document, cf. thèse de R.Boutreau. Proposition de M.Marie.	DEXI SH, thèse de Raphaëlle Boutreau,	indicateur existant
R22	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Existence	Vivabilité	Charge physique	Difficulté du travail		Estimation du temps nécessaire à la récupération			définir le calcul et les réf
R23	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Existence	Vivabilité	Charge physique	Intensité du travail		Nb d'heure de travail/Jour			définir le calcul et les réf
R23'	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Existence	Vivabilité	Charge physique			Nb de semaines de surcharge de travail par an		IDEA	définir le calcul et les réf
R24	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Existence	Vivabilité	Charge physique	Pathologies liées aux travail		nb de jour d'arrêts de travail/an/UTH			définir le calcul et les réf
R25	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Sécurité	Protection face au risque	Sécurité au travail	Installations aux normes MSA				IDEA OTPA	à définir
R25	Systèmes de cultures	Existence	Protection de la main d'œuvre face aux risques phytosanitaires							définir le calcul et les réf
R26	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Besoins psychologiques	Qualité de vie	Intégration sociale des acteurs de l'E.A.	Implication des acteurs dans des réseaux sociaux	réseaux agricoles et non agricoles	Nb de réseaux professionnels intégrés. Nb de réseaux non agricole intégrés			définir le calcul et les réf

R26'	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Existence	Vivabilité	Charge mentale	Ouverture sur l'extérieur		Participation a des activité annexe à l'agriculture.			à définir
R27	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Besoins psychologiques	Qualité de vie	Temps disponible pour les loisirs.						définir le calcul et les réf
R28	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Besoins psychologiques	Qualité de vie	Isolement	Distance par rapport à une ville d'importance locale et régionale	Distance au pôle local et distance au pôle régional	Distance au pôle local et distance au pôle régional			définir le calcul et les réf
R29	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Besoins psychologiques	Qualité de vie	équité	équité homme/femme				SAFE	à définir
R29	Méta-système social (HOMME)	besoins psychologiques	équité		équité salariale sur l'E.A.		Ratio entre les salaires 20% plus élevés et les 20% plus faibles		SAFE	à définir
R30	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Existence	Vivabilité	Charge mentale	Appréciation de l'agriculteur sur son métier		Auto-évaluation de l'ensemble des individus travaillant sur l'exploitation		OTPA	définir le calcul et les réf
R31	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Existence	Vivabilité	Charge mentale	Complexité de gestion			Expression de la charge mentale dans les processus de gestion de la diversité des animaux et du territoire : complexité/simplifier Simplifier les raisonnements (Dedieu et Servièrre, 2001) : raisonnement des systèmes (à définir

R33	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Existence	Vivabilité	Charge mentale	Implication des salariés et de la main d'œuvre familiale dans la prise de décision.					définir le calcul et les réf
R34	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Existence	Viabilité économique		viabilité économique	EBE (salaires réintégrés); Besoin de financement, nombre UTH	VE= (EBE- BF)/UTH	Comparaison/ rapport au salaire local moyen	IDEA	indicateur existant

Tableau 2 : Les indicateurs de la branche productivité

Référence dans l'agrégation	Système d'étude	Attribut	objectifs d'évaluation	sous critère	indicateur	Variables	Mode de calcul	Commentaires	Sources	état d'avancement de l'indicateur
-----------------------------	-----------------	----------	------------------------	--------------	------------	-----------	----------------	--------------	---------	-----------------------------------

E1	Systèmes de cultures	Efficacité	Efficacité dans l'utilisation des minéraux	Limitation des pertes de N,P,K	Risque de perte d'azote moyen par culture		Module INO3 de la méthode Indigo	pb échelle de la parcelle	INDIGO	indicateur existant
E1	Systèmes de cultures	Efficacité	Efficacité dans l'utilisation des minéraux		Risque de perte de phosphate moyen par culture		Module Pres de la méthode INDIGO		INDIGO	indicateur existant
E2	Exploitation agricole	CoExistence	Cohérence entre ateliers		Intérêt des effluents.		Si compost, intérêt très fort, si fumier intérêt fort, si lisier intérêt faible.	En fonction du rapport C/N, les amendements organiques n'ont pas le même intérêt pour les sol.	IDEA A8-A14	définir le calcul et les réf
E2	Système d'élevage	Efficacité	Efficacité dans la gestion de la matière organique	Valorisation max de la matière organique	Forme de l'apport rapport C/N					
E3	Exploitation agricole	CoExistence	Cohérence entre ateliers		Suffisance des zones d'épandages sur le territoire de l'exploitation agricole		Surface d'épandage suffisante			à définir
E3	Exploitation agricole	CoExistence	Cohérence entre ateliers	Cohérence animal/végétal/sol	Suffisance des restitutions organiques	Restitutions organiques suffisantes sur l'ensemble des parcelles	% des parcelles recevant des restitutions organiques	Les restitutions organiques garantissent la bonne qualité des sols.	IDEA A8	définir le calcul et les réf
E4	Prairie	Efficacité		Efficience d'utilisation des intrants.	Balance azotée sur la sole prairiale.	Amendements organiques, minérales. Productivité des parcelles.	Entrées-Sorties	Redondant avec des échelles supérieure. Dépendant de la précision recherchée.	Bibliographie...	
E4	Système d'élevage				Bilan Azoté par assolement					
E4	Systèmes de cultures	Efficacité	Efficacité dans l'utilisation des minéraux	Bouclage des cycles des éléments	Calcul de la balance azotée à l'échelle de la rotation.					à définir

E5	Nature (cf. schéma de modèle)	Existence	Préservation de la ressource eau	Partage de la ressource	Quantité totale d'eau consommée				DEXI SH	définir le calcul et les réf
E5	Systèmes de cultures	Existence	Adéquation entre la consommation d'eau et la ressource locale	Consommation d'eau totale			Nb de m3 consommé/ans	Comparaison avec les données régionales	DEXI SdC	définir le calcul et les réf
E5	Troupeau	Efficacité	Adéquation entre la consommation d'eau et la ressource locale							
E5	Troupeau	Existence	Adéquation entre la consommation d'eau et la ressource locale	Consommation d'eau totale				Comparaison avec les données locales	DEXI SH	définir le calcul et les réf
E6	Systèmes de cultures	Existence	Adéquation entre la consommation d'eau et la ressource locale	Consommation d'eau en période critique			Nb/ de m3		DEXI SdC	définir le calcul et les réf
E6	Troupeau	Efficacité	Adéquation entre la consommation d'eau et la ressource locale	Consommation d'eau en période critique						définir le calcul et les réf
E6	Troupeau	Existence	Adéquation entre la consommation de nourriture et l'approvisionnement	Approvisionnement en nourriture sécurisés	autonomie alimentaire					définir le calcul et les réf
E8	Systèmes de cultures	Sécurité	Cohérence de la protection face aux maladies.		Indicateur Indigo de succession culturale sur les rotations présentes sur l'exploitation	Précédents culturales			INDIGO	indicateur existant
E9	Systèmes de cultures	Efficacité	Efficacité dans l'utilisation de la ressource biologique		Pratique de la lutte biologique	lutte biologique Oui/Non	Oui/Non			à définir
E10	Exploitation agricole	Efficacité	Efficience énergétique		Bilan énergétique sur l'exploitation	Entrée d'énergie (intrants, aliments, fioul...) sorties (produits...)	Entrée-Sortie		Diagnostic planète	indicateur existant

E10	Méta-système social (HOMME)	Existence	Production de bien de manière efficace		Efficienc dans l'utilisation de l'espace	Entrées d'énergie Sorties. Surface réellement utilisée pour la production des intrants (surtout aliment, ex. soja...)	(sorties-entrée)/entrées*ha à réel	Comparaison avec des systèmes biotechniques équivalents.		définir le calcul et les réf
E11	Exploitation agricole	Efficacité	Provenance de l'énergie		Part de l'énergie renouvelable				DEXI SH	définir le calcul et les réf
E11	Méta-système social (HOMME)	Existence	Utilisation d'énergie non renouvelable		Part de l'énergie non renouvelable utilisée.					définir le calcul et les réf
E11'	Systèmes de cultures	Efficacité	Efficacité dans l'utilisation de l'énergie	maximisation de l'utilisation de l'énergie solaire						à définir
E12	Exploitation agricole	Efficacité	Efficienc économique		efficienc économique	EBE/Produit				indicateur existant
E13	Méta-système social (HOMME)	sécurité	Partage des effets : solidarité		Maintien de la vie sociale rural	vente direct ; service rendu à la collectivité, activité d'accueil	à définir		OTPA, IDEA	indicateur existant
E14	Méta-système social (HOMME)	sécurité	Partage des effets : solidarité		Maintien de la vie sociale agricole	Réseaux professionnel (CUMA, réseaux de comparaison de coûts, syndicats...	Nb de réseaux intégrés. Prise de responsabilité.		IDEA	indicateur existant
E15	Méta-système social (HOMME)	efficacité	Efficacité dans l'utilisation des ressources humaines		Contribution de l'exploitation agricole à l'emploi local.	Nb d'UTH ; SAU	Nb UTH/SAU	Comparaison avec des données régionalisées	IDEA B8, OTPA...	définir le calcul et les réf
E16	Méta-système social (HOMME)	efficacité	Efficacité dans l'utilisation des ressources humaines		Fourniture d'emplois de façon indirecte.	Somme des achats et des ventes/ ha				
E17	Méta-système social (HOMME)	efficacité	Efficacité dans l'utilisation des ressources humaines		Qualité des emplois					à définir

Tableau 3 : Indicateurs de la branche flexibilité :

Référence dans l'agrégation	Système d'étude	Attribut	objectifs d'évaluation	sous critère	indicateur	Variables	Mode de calcul	Commentaires	Sources	état d'avancement de l'indicateur
F1	Troupeau	Sécurité	Protection face au risque		Report de stock moyen	variation de stocks inter-annuelle	nb d'année ou la variation de stock est supérieure à 10% de la SAU.		Proposition au groupe de pilotage pour DEXI SH	définir le calcul et les réf
F2	Systèmes de cultures	Sécurité	Protection face à l'aléas climatique		Possibilité d'irrigation					à définir
F3	Systèmes de cultures	Sécurité	Flexibilité opérationnelle		Adéquation du parc matériel risque climatique			Nb d'années sur dix ans ou la récolte ne peut se faire dans des conditions normales avec le parcs matériel présent.		à définir
F4	Système d'élevage	sécurité	Flexibilité opérationnelle	pouvoir vendre des animaux en cas de besoins						
F4	Troupeau	Sécurité		Souplesse dans la gestion du troupeau	chargement/ha de SFP			Cette indicateur à pour but de mesurer les marges de manœuvres dont dispose le pilote dans la gestion au jour le jour face aux aléas. Possibilité de retarder la croissance de certain lots, jouer sur l'état corporel...		à définir
F4 ; F12	Troupeau	Sécurité	Souplesse de gestion face aux marchés fluctuants	Flexibilité commerciale				La gestion du troupeau doit pouvoir être flexible face à des marchés fluctuants. L'éleveur doit pouvoir avoir des marches de manœuvres par	L'élevage en mouvement. Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores.	à définir

								rapport au marché		
F5	Troupeau	Adaptabilité	Structure du troupeau	variabilité génétique	Variabilité génétique du troupeau	Risque de consanguinité pour chaque race, nb de races significativement présentes		ici, la variabilité génétique est vu comme un potentiel d'adaptabilité du troupeau à de nouveaux obj. Le maintien d'une race locale ou en voie de disparition est pris en compte ailleurs comme une contribution d'ordre environnementale.	Inspiré de l'indicateur A4 d'IDEA. DEXI SH	définir le calcul et les réf
F6	Troupeau	Sécurité	Sensibilité face aux rations déséquilibrées	Plasticité des animaux				Existe t'il des races plus plastiques aux rations déséquilibrées?		à définir
F7	Systèmes de cultures	Adaptabilité			Diversité des cultures					à définir
F7	Systèmes de cultures	Sécurité	Souplesse du système face à l'aléas climatique	souplesse de l'assolement cultivé face aux aléas climatiques	Diversité des cultures	nb de cultures				à définir
F7	Systèmes de cultures	Sécurité	Souplesse du système face à l'aléas climatique		Utilisation de variétés résistantes.	?				à définir
F8	Prairie	Adaptabilité	Potentiel Biotechnique d'adaptation	Diversité dans les modes de gestions des parcelles						à définir
F8	Prairie	Sécurité		Flexibilité process	Nb de modes de récolte					à définir
F8	Prairie	Sécurité		Comportement face aux épisodes très fortement pluvieux	Présence de zones refuges pour le troupeau en cas de		A dire d'agriculteurs.		D'après discussion avec J-L	à définir

					forte pluies				Fiorelli	
F8	Système fourrager	Adaptabilité	diversité des modes de production des fourrages		% de la SFP utilisé de la même façon					
F9	Prairie	Adaptabilité	Potentiel Biotechnique d'adaptation	Diversité de la flore						à définir
F9	Prairie	Sécurité	Sécurité du systèmes fourrager prairiale face à l'aléas climatique	Comportement face à la sécheresse	Plasticité de la flore		Diversité floristique	à voir avec S.Plantureux		indicateur existant
F11	Systèmes de cultures	Sécurité	Flexibilité commerciale		Diversité des réseau et des modes de ventes					à définir
F12	Exploitation agricole	Sécurité	Sécurité face aux marchés fluctuants		Spécialisation de la commercialisation	Nb de fournisseurs; de clients	%CA avec le plus gros client			indicateur existant
F12	Système fourrager	sécurité	sensibilité de la production face aux aléas	diversité des fourrages						
F12	Système fourrager				chargement/ha de SFP					
F12	Systèmes de cultures	Sécurité	Flexibilité commerciale		Diversité des cultures					à définir
F13	Exploitation agricole	Sécurité	Trésorerie sécurisée		Etat de la trésorerie					Définir le calcul et les références
F14	Systèmes de cultures	Adaptabilité			Diversité des techniques et des modes de gestions					à définir

					pour valoriser les terres.					
F15	Système fourrager	Sécurité	Flexibilité dans la gestion	Flexibilité produits	% de surface mécanisable à l'échelle système fourrager			La conduite des couverts prairiaux, source de flexibilité. Duru, Cruz Magda	L'élevage en mouvement.	à définir
F16	Exploitation agricole	Adaptabilité	Capacité structurelle à changer de production		Spécialisation de la commercialisation	Nb de fournisseurs; de clients	%CA avec le plus gros client		IDEA C2	indicateur existant
F17	Exploitation agricole	Adaptabilité	Capacité structurelle à changer de production		Degrés de spécialisation de l'exploitation	CA pour chaque produit	% CA avec la production la plus importante		IDEA C2	indicateur existant
F17	Exploitation agricole	Sécurité	Sécurité face aux marchés fluctuants		Degrés de spécialisation de l'exploitation	CA pour chaque produit	% CA avec la production la plus importante		IDEA C2	indicateur existant
F18	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Adaptabilité	Formation		Formation continue des personnes travaillant sur l'E.A.		Nb de jours de formations/UTH			définir le calcul et les réf
F19	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Adaptabilité	Spécialisation et segmentation des tâches et des savoirs de gestion		Spécialisation des tâches					à définir
F20	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Adaptabilité	Capacité à mobiliser de l'information	Flexibilité relationnelle	Participation à des groupes de professionnels		à définir		La flexibilité relationnelle : rôle des réseau, des groupements et des associations d'éleveurs. E. CHIA	à définir
F21	Exploitation agricole	Adaptabilité	Capacité de financement	capacité d'autofinancement						définir le calcul et les réf

F22	Exploitation agricole	Adaptabilité	Capacité de financement	capacité d'emprunts	Endettement global	Dettes court, moyen, long, terme ; Capital d'Exploitation	% dette/CE			indicateur existant
F23	Exploitation agricole	Existence	Présence de capital foncier		Annuité/EBE					indicateur existant

(a) Tableau 4 : Indicateurs de la branche Autonomie

Référence dans l'agrégation	Système d'étude	Attribut	objectifs d'évaluation	sous critère	indicateur	Variables	Mode de calcul	Commentaires	Sources	état d'avancement de l'indicateur
A1	Exploitation agricole	Liberté d'action	Autonomie financière		autonomie financière		Somme annuités/EBE		IDEA C3	indicateur existant
A2	Exploitation agricole	Liberté d'action	Autonomie par rapport aux aides		Sensibilité aux aides		% aides/ EBE	Indicateur de flexibilité?	IDEA C4	indicateur existant
A2	Exploitation agricole	Sécurité	Sensibilité face aux aides		Sensibilité aux aides		% aides/ EBE		IDEA C4	indicateur existant
A3	Systèmes de cultures	Liberté d'action	Autonomie par rapport aux clients		Diversité des filières de ventes		Nb de filière de vente			à définir
A4	Exploitation agricole	Liberté d'action	Autonomie par rapport au client et au fournisseurs		Spécialisation de la commercialisation	Nb de fournisseurs; de clients	%CA avec le plus gros client		IDEA C2	indicateur existant
A5	Prairie	Liberté d'action	Dépendance par rapport aux intrants		Coûts d'achat?					à définir
A5	Systèmes de cultures	Liberté d'action	Autonomie par rapport aux fournisseurs		Coûts d'achat?					à définir
A5	Systèmes de cultures	Liberté d'action	Autonomie par rapport aux intrants	Dépendance technique	Coûts d'achat?					à définir

A6	Troupeau	Liberté d'action	Auto-suffisance alimentaire		% de fourrages importés	Quantité de fourrages achetés, quantité consommés				définir le calcul et les réf
A6	Troupeau	Liberté d'action	Auto-suffisance alimentaire		% d'aliments concentrés importés	Quantité de concentrés achetés, quantité consommés	Rapport importations/exportations	Il est plus handicapant de ne pas être autonome en fourrages qu'en concentrés. Importation de fourrage est souvent plus problématique.		définir le calcul et les réf
A7	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Liberté d'action	Prise de décision selon des objectifs propres.							à définir
A8	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Liberté d'action	Présence de sources d'informations non intéressées		Multitude des sources d'informations.					à définir

Tableau 5 : Indicateurs de la branche capacité de réponse aux finalités élargies :

Référence dans l'agrégation	Système d'étude	Attribut	objectifs d'évaluation	sous critère	indicateur	Variables	Mode de calcul	Commentaires	Sources	état d'avancement de l'indicateur
RFE1	Exploitation agricole	Transmissibilité	transmission du capital		Transmissibilité économique.		Capital d'Exploitation/ nbUTH		IDEA	indicateur existant
RFE1	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Transmissibilité	transmission des savoirs		Transmission prévue		Si l'agriculteur à plus de 50 ans, la transmission est elle prévue?			définir le calcul et les réf
RFE3	Méta-système social (HOMME)	Adaptabilité	Participation à la formation.		Ouverture de l'exploitation agricole	nb de jours ou l'exploitation est ouverte au visiteurs				à définir
RFE3	Méta-système social (HOMME)	transmissibilité	Transmission des savoirs		Participation à la formation agricole	nb de jours de présence de stagiaires ; nb de jour de présence de groupe de professionnels	à définir			définir le calcul et les réf
RFE4	Méta-système social (HOMME)	Adaptabilité	Participation à la typicité des territoires	Participation à un plan de gestion des paysages.	Contribution de l'agriculteur à la qualité des paysages et à l'aménagement du territoire					à définir
RFE4	Méta-système social (HOMME)	besoins psychologiques	Qualité des paysages	Contribution de l'agriculteur à la qualité des paysages	Adéquation entre les pratiques agricoles (offre paysagère) et les demandes paysagères locales. (diagnostic de territoires nécessaires)		Calcul de l'offre paysagère pour 4 indices (ouverture, typicité, diversité et maintien "upkeep") et comparaison avec les attentes de la société.	Pour cet indicateur, il est nécessaire de connaître les enjeux locaux du paysage. Réf aux PLU ou autre...	Indicateurs paysagers de Weinstoerffer et Girardin	définir le calcul et les réf

RFE5	Méta-système social (HOMME)	Adaptabilité	Participation à la typicité des territoires		Présence significative de race locales.					à définir
RFE5	Méta-système social (HOMME)	Adaptabilité	Participation à la typicité des territoires		Engagement dans une démarche AOC.		oui/non			à définir
RFE5	Système structurel.	Liberté d'action	Non délocalisation de l'activité		Insertion locale de l'activité					à définir
RFE5	Système structurel.	Liberté d'action	Non délocalisation de l'activité		Typicité de la production.					à définir
RFE6	Système structurel.	Adaptabilité	impacts sur l'adaptabilité des filière	Participation à une filière innovante				Lorsque tout le monde suit le même chemin de développement (ex agriculture intensifié, passage outre des processus biologiques), la présence d'explorateur de chemin de développement différents (bio par ex) apportent une vrai contribution au DD dans la mesure ou les connaissance développé permettent de changer d'organisation d'autant plus facilement.	Rammel, C. and J. C. J. M. van den Bergh (2003). "Evolutionary policies for sustainable development: adaptive flexibility and risk minimising."	à définir
RFE6'	Système structurel.	Existence	Production de matière première diversifiée.		Contribution de la production à la mise en place de filière.					à définir
RFE7	Système structurel.	Efficacité	Impact sur l'équité de l'organisation des marchés.	Équité dans l'organisation des filières	Présence de vente directe, ou participation à des circuits de commercialisation courts et localisés.					à définir
RFE7'	Système structurel.	Efficacité	Impact sur la répartition des richesses							

Tableau 6 : Indicateurs potentiels non placés dans l'agrégation.

Référence dans l'agrégation	Système d'étude	Attribut	objectifs d'évaluation	sous critère	indicateur	Variables	Mode de calcul	Commentaires	Sources	état d'avancement de l'indicateur
	Exploitation agricole	CoExistence	Cohérence Externe	Complémentarité avec les autres exploitations agricoles et entreprises sur le territoire.						à définir
	Exploitation agricole	Existence	respect des règlements							
	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Efficacité	Capacité à utiliser les informations pour répondre aux objectifs du pilote							à définir
	Groupe humain acteur de l'exploitation.	Existence	Accession à l'information							à définir
	Méta-système social (HOMME)	besoins psychologiques	Accessibilité de l'espace rural		Mise en place de mesure facilitant l'accès au publics	clôture passantes, entretien des chemins...	à définir		IDEA B4	à définir
	Méta-système social (HOMME)	besoins psychologiques	Proposition d'activité de tourisme		Présence d'agrotourisme					à définir
	Méta-système social (HOMME)	besoins psychologiques	Utilisation de techniques conformes aux souhait de la société		Présence de signe officiel de qualité					à définir
	Système fourrager	Efficacité	efficacité dans l'utilisation des ressources	valorisation des ressources fourragère par le troupeau	chargement/ha de SFP	viser un optimum				
	Système structurel.	Efficacité	Impact sur l'efficacité énergétique de la		ACV par produits					définir le calcul et les réf

			filère							
	Système structurel.	Efficacité	Impact sur l'équité de l'organisation des marchés.	Équité dans l'organisation des marchés mondiaux.	Surface importée	Nb de tonnes d'aliments importés transformé en Surface importée	% surface importé/ SAU	qu'est ce qu'une surface importé inéquitable, il peu y avoir des échange locaux... Quelle part d'équité dans l'échange. Comment arrivé à un tel indicateur à l'échelle de l'exploitation agricole	IDEA B10	indicateur existant
	Système structurel.	Efficacité	Impact sur l'équité de l'organisation des marchés.	Équité de l'accès aux produits.	Produits accessibles aux maximum de consommateurs					à définir
	Système structurel.	Existence	Fourniture d'une activité de service							