

## Le modèle Dexi-SH\* pour une évaluation multicritère de la durabilité agro-écologique des systèmes d'élevage bovins laitiers herbagers

M. Gerber<sup>1</sup>, L. Astigarraga<sup>2</sup>, C. Bockstaller<sup>3</sup>, J.L. Fiorelli<sup>1</sup>, N. Hostiou<sup>2</sup>, S. Ingrand<sup>2</sup>, M. Marie<sup>4</sup>, W. Sadok<sup>5</sup>, P. Veysset<sup>6</sup>, R. Ambroise<sup>7</sup>, J. Peigné<sup>8</sup>, S. Plantureux<sup>9</sup>, X. Coquil<sup>1</sup>

<sup>1</sup> : INRA, UR055 SAD – ASTER, 662 avenue Louis Buffet, 88500 Mirecourt

<sup>2</sup> : INRA UMR1273 METAFORT, TSE, 63122 Saint-Genès Champanelle

<sup>3</sup> : INRA, UMR1121 INPL-(ENSAIA)-INRA Nancy-Colmar, BP 20507, 68021 Colmar

<sup>4</sup> : URAFPA-INRA, Nancy-Université, ENSAIA, B.P. 172, 54505 Vandœuvre lès Nancy

<sup>5</sup> : INRA, UMR211 INRA/AgroParisTech, BP 01, 78850 Thiverval-Grignon

<sup>6</sup> : INRA, UR506, Laboratoire d'Economie de l'Elevage, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle

<sup>7</sup> : MAPAR/DGFAR/BEGER, 78, rue de Varenne, 75349 Paris 07 SP

<sup>8</sup> : ISARA Lyon, ISARA Lyon, 23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon cedex 07

<sup>9</sup> : INRA, UMR1121 INPL-(ENSAIA)-INRA Nancy-Colmar, 2 avenue de la forêt de la Haye, BP 172, 54505 Vandœuvre-Lès-Nancy cedex

Correspondance: gerber@mirecourt.inra.fr

***La conception et l'évaluation de systèmes innovants et répondant à des objectifs de durabilité sont nécessaires en raison du contexte évolutif de l'agriculture. Avant de les mettre en œuvre, l'évaluation ex ante assistée par modèles de ces systèmes constitue un moyen privilégié car bien plus rapide que l'expérimentation.***

### Résumé :

Le modèle Dexi-SH\* est un modèle d'évaluation multicritère *ex ante* de la durabilité agro-écologique des systèmes d'élevage bovins laitiers herbagers. La structuration de l'arbre hiérarchique s'est inspiré de celui du modèle Masc (Sadok *et al.*, 2007). L'objectif de durabilité agro-écologique a été désagrégé en trois sous-objectifs : la durabilité des ressources biotiques, la durabilité des ressources abiotiques et les risques sur l'environnement. Ces sous-objectifs ont été déclinés en critères d'évaluation, renseignés par (i) des indicateurs issus de connaissances scientifiques ou (ii) des critères établis par la consultation d'experts. Le choix des critères d'évaluation et leurs modalités d'agrégation ont été discutés au sein d'un groupe pluridisciplinaire de scientifiques. Le modèle permet d'évaluer *ex ante* les systèmes d'élevage dans de nombreuses situations pédo-climatiques. La vision de la durabilité peut être modulée par l'utilisateur du modèle en modifiant les pondérations.

**Mots clés :** agriculture biologique, évaluation multicritère; système d'élevage laitier herbager ; évaluation *ex ante*; durabilité agro-écologique

### **Abstract: The Dexi-SH\* model for a multivariate assessment of agro-ecological sustainability of dairy grazing systems**

Dexi-SH\* is an *ex ante* multivariate model for assessing the sustainability of dairy cows grazing systems. This model is composed of three sub-models that evaluate the impact of the systems on: (i) biotic resources; (ii) abiotic resources, and (iii) pollution risks. The structuring of the hierarchical tree was inspired by that of the Masc model. The choice of criteria and their aggregation modalities were

discussed within a multi-disciplinary group of scientists. For each cluster, a utility function was established in order to determine weighting and priority functions between criteria. The model can take local and regional conditions and standards into account by adjusting criterion categories to the agro-ecological context, and the specific views of the decision makers by changing the weighting of criteria.

**Keywords:** organic farming; dairy grazing systems; *ex ante* assessment; agro-ecological sustainability; multivariate assessment.

---

## Les enjeux de la conception du modèle Dexi-SH\*

L'évolution du contexte agricole a mis en évidence le caractère multifonctionnel de l'agriculture. Les fonctions environnementales, culturelles, sociales et économiques sont alors à analyser, au même titre que la fonction de production. Face au contexte mouvant et incertain que traverse actuellement l'agriculture, il est nécessaire d'anticiper l'évolution des systèmes agricoles et de concevoir des systèmes de production susceptibles de satisfaire des objectifs multiples. La construction de modèles permettant d'évaluer *ex ante* l'impact des systèmes de production agricoles sur l'environnement paraît aujourd'hui pertinente pour mieux faire le lien entre système de production et risques pour l'environnement. Les méthodes d'évaluation *ex ante* doivent répondre à un cahier des charges tel que Meynard *et al.* (2006) l'ont proposé : (i) être capables d'évaluer *a priori* des systèmes face à un cahier des charges complexe lié au développement durable, sans autoriser de compensations entre les différentes dimensions, (ii) être conçues rapidement, en sélectionnant des indicateurs déjà mobilisés dans d'autres méthodes ou en faisant appel aux connaissances expertes, sans que cela constitue des informations redondantes, (iii) être conçues en étroite coopération avec les acteurs (démarche participative), seul gage de réussite de l'appropriation des résultats. De plus, ces méthodes se doivent d'être transparentes, afin que l'évaluation soit comprise par les utilisateurs et qu'elle permette d'identifier des pistes d'amélioration des systèmes testés. De nombreuses méthodes d'évaluation de la durabilité des systèmes agricoles ont été proposées tant en France qu'à l'étranger (Halberg *et al.*, 2005 ; Van der Werf et Petit, 2002). Ces méthodes utilisent de nombreux critères d'évaluation construits selon des connaissances scientifiques ou expertes, qui sont ensuite agrégés et pondérés selon diverses méthodes. Cependant, soit les trois piliers de la durabilité (économique, agro-écologique et social) ne sont pas agrégés, soit ils sont agrégés de manière non transparente et en autorisant des compensations entre les critères d'évaluation des différents piliers. Ainsi, ces méthodes ne paraissent pas adaptées aux exigences du cahier des charges des méthodes d'évaluation *ex ante* des systèmes agricoles innovants. C'est pourquoi nous souhaitons élaborer un modèle multicritère d'évaluation de systèmes d'élevage bovins herbagers innovants, *via* une démarche de co-conception avec un groupe de chercheurs pluridisciplinaires et répondant aux objectifs de rapidité et de généralité fixés par le cahier des charges. A ce jour, seule l'évaluation de la dimension agro-écologique a été développée.

## La démarche mise en œuvre pour la conception du modèle Dexi-SH\*

Le champ d'étude est restreint au système bovin laitier spécialisé herbager, défini comme un système où le régime alimentaire est exclusivement basé sur la valorisation des prairies présentes sur l'ensemble des surfaces.

Il existe deux démarches de construction de la vision multicritère d'un système. Keeney (1992) se base sur l'approche du "haut vers le bas" (top-down) qui consiste à construire une structure hiérarchique, partant d'une entité englobante puis la désagrégant en sous-entités jusqu'à ce que l'on atteigne un niveau mesurable que l'on qualifie de critère d'évaluation. Roy (1985) se base sur une approche de

"bas vers le haut" (bottom-up) qui consiste à identifier le système à évaluer et toutes les conséquences pouvant résulter de sa mise en œuvre. Nous avons combiné les deux démarches pour l'élaboration de Dexi-SH\*. La démarche bottom-up a été utilisée afin de définir le système à évaluer et de formaliser les impacts agro-écologiques du système d'élevage. Des critères et indicateurs répondant à l'évaluation de ces impacts et aux exigences du cahier des charges imposé ont ensuite été recherchés sur la base d'une étude bibliographique et de la consultation d'experts. Selon la démarche top-down, la durabilité agro-écologique a été désagrégée par l'intermédiaire du logiciel Dexi, logiciel de modélisation multi attribut d'aide à la décision (Bohanec, 2004), sous la forme d'un arbre hiérarchique contenant les critères d'évaluation sélectionnés. La pondération a alors été proposée par des acteurs du monde agricole, soit par l'affectation de poids lorsque l'agrégation était linéaire, soit par le renseignement de fonctions d'utilité lorsque des priorités ou des dépendances étaient identifiées entre les critères d'évaluation à agréger.

### La conception du modèle Dexi-SH\*

La structuration de l'arbre hiérarchique de Dexi-SH\* s'est inspirée de celui du modèle Masc (Sadok *et al.*, 2007). L'objectif de durabilité agro-écologique a été désagrégé en trois sous-objectifs : la durabilité des ressources biotiques, la durabilité des ressources abiotiques, et les risques sur l'environnement. Ceux-ci ont alors été déclinés en critères d'évaluation, renseignés par (i) des indicateurs issus de connaissances scientifiques ou (ii) des critères établis par la consultation d'experts, capables d'évaluer le système étudié dans son contexte (Figure 1). Le choix des critères d'évaluation, la définition des classes et les modalités d'agrégation ont été discutés au sein d'un groupe pluridisciplinaire de scientifiques composé de zootechniciens, d'agronomes, d'écologues et d'un économiste.

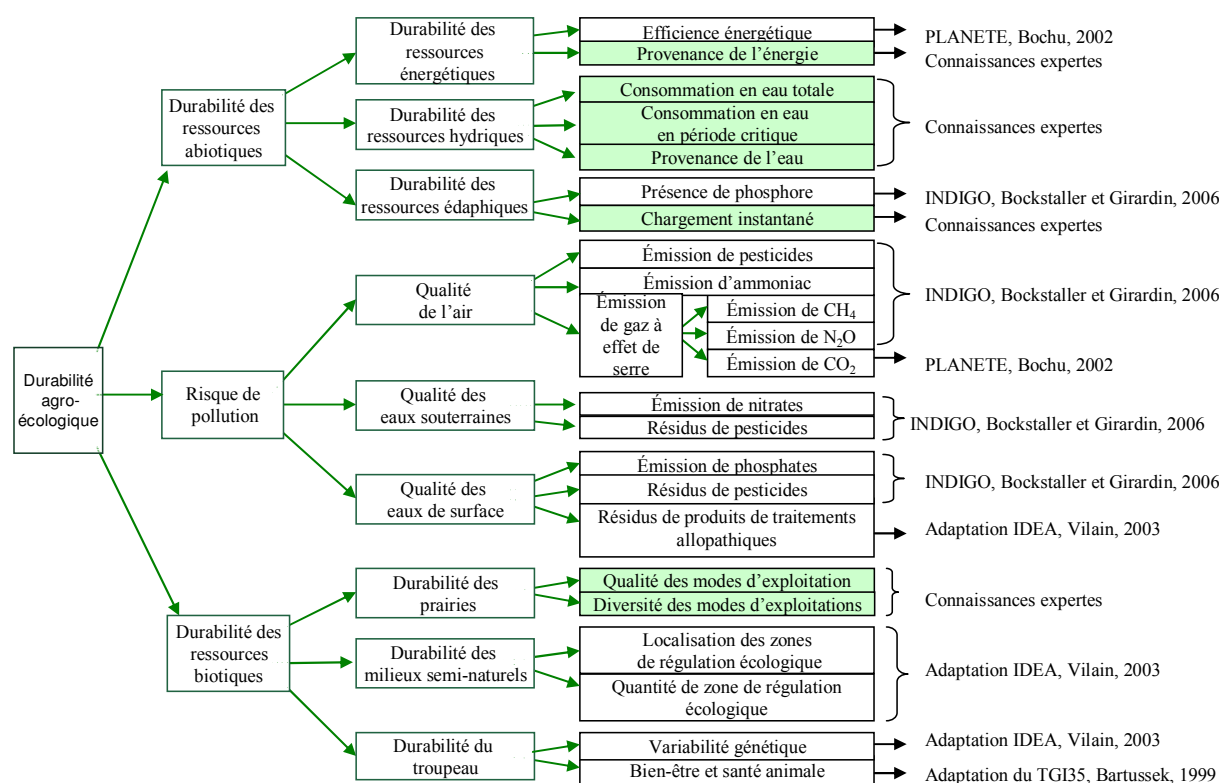


Figure 1 : La structuration de l'arbre hiérarchique du modèle Dexi-SH\* et la provenance des critères d'évaluation sélectionnés

## Discussion et conclusion

Dexi-SH\* permet de prendre en compte la diversité des enjeux régionaux et/ou locaux par (i) certains critères d'évaluation sélectionnés, qui contiennent intrinsèquement des renseignements concernant le contexte pédo-climatique et (ii) une modification des classes de certains critères d'évaluation. La vision de la durabilité peut être modulée par l'utilisateur du modèle via les coefficients de pondération. Dexi-SH\* peut servir d'outil d'aide à la décision pour la conception/évaluation de systèmes d'élevage laitiers herbagers innovants répondant aux objectifs de durabilité agro-écologique, analysés notamment dans le rapport de la FAO (Steinfeld *et al.*, 2006) : les systèmes d'élevage conduits en agriculture biologique peuvent par exemple être évalués afin de déterminer leurs points faibles et leurs points forts. La construction des arborescences d'évaluation des dimensions sociales et économiques est en cours de réalisation et sera suivie d'une étape de validation du modèle.

## Références bibliographiques :

- Bartussek H., 1999. A review of the animal needs index (ANI) for the assessment of animals' well-being in the housing systems for Austrian proprietary products and legislation. *Livestock Production Science* 61, 179-192.
- Bochu J.L., 2002. Planète : Méthode pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole et l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre. Solagro, 10 p.
- Bockstaller C., Girardin P., 2006. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.61 du logiciel. UMR-INPL (ENSAIA)-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 117 p.
- Bohanec M., Džeroski S., Žnidaršič M., Messéan A., Scatasta S., Wesseler, J., 2004. Multi-attribute modelling of economic and ecological impacts of cropping systems. *Informatica* 28, 387-392.
- Halberg N., Van der Werf H.M.G., Basset-Mens C., Dalgaard R., De Boer I.J.M., 2005. Environmental assessment tools for the evaluation and improvement of European livestock production systems. *Livestock Production Science* 96, 33-50.
- Keeney R., 1992. Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making. Harvard University Press, 412 p.
- Meynard J.M., Aggeri F., Coulon J.B., Habib R., 2006. Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants. Rapport du groupe de travail. 71 p.
- Roy B., 1985. Méthodologie multicritère d'aide à la décision, Paris, Economica.
- Sadok W., Angevin F., Bergez J.E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., 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. *Farming Systems Design*, Catania, Sicily, Italy, 193-194.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C., 2006. Livestock's long shadow, Environmental issues and options. FAO/LEAD, 390 p.
- Van der Werf H.M.G., Petit J., 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agric. Ecosyst. Environ.* 93, 131-145.
- Vilain L., 2003. La méthode Idea. Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles, guide d'utilisation. Educagri Editions, 152 p.