



# **DURABILITE ET ELEVAGE BIOLOGIQUE – MODELE (SOL-M)**

## **Note de synthèse**

**Natural Resources Management and Environment Department  
Food and Agriculture Organization of the United Nations  
Mars 2012**

## Contexte

L'insécurité alimentaire, le changement climatique et les pertes de biodiversité font partie du grand défi pour le développement durable de l'espèce humaine ([Rockström \*et al.\*, 2009](#)). Les systèmes de production animale contribuent notamment à de nombreux problèmes environnementaux ([Steinfeld, 2006](#)) et les systèmes d'élevage extensif et pastoraux affectent négativement le changement climatique ([Gerber, 2010](#)). Ces appréciations critiques à l'égard de la production animale sont attribuées aux perspectives liées aux cycles de vie, centrées sur les impacts environnementaux par unité de produit (par ex. t CO<sub>2</sub>eq/kg lait). Une telle approche, qui fournit d'importantes informations sur les systèmes de production animale, ne prend pas en compte un certain nombre de facteurs qui déterminent la transformation environnementale à l'échelle de la planète, comme la disponibilité limitées de terres arables par rapport aux terres de pâturages, ainsi que d'autres aspects importants pour une évaluation globale de la durabilité des systèmes alimentaires, comme les interactions commerciales, la malnutrition ou le gaspillage alimentaire.

Les systèmes biologiques de production animale essentiellement basées sur le pastoralisme peuvent en fait contribuer de façon déterminante à la production alimentaire mondiale durable en raison: (i) des multiples avantages qu'ils présentent, en termes d'impact environnemental et de capacité à préserver les ressources naturelles ([Mäder \*et al.\*, 2002](#); [Stolze \*et al.\*, 2000](#)) (ii) de leur potentiel d'amélioration de la productivité et de la rentabilité des activités agricoles dans les pays en développement, en comparaison avec les systèmes traditionnels ([Badgley \*et al.\*, 2007](#); [Bolwig et Gibbon, 2009](#); [CNUCED, 2009](#)); et (iii) de leur capacité à contribuer aux moyens d'existence ruraux durables dans la mesure où ils génèrent des prix de production plus élevés ([Krystallis et Chrysohoidis, 2005](#); [Nemes, 2009](#)).

L'hypothèse selon laquelle la production animale biologique pourrait jouer un rôle intéressant pour relever les défis du développement durable nécessite toutefois d'être clarifiée, en termes de compromis et synergies entre la sécurité alimentaire, le changement climatique, la biodiversité, l'utilisation des ressources naturelles et les facteurs et effets socioéconomiques. Comme il n'existe toujours pas d'évaluations à l'échelle mondiale qui permettraient de saisir de façon adéquate les caractéristiques spécifiques et les potentialités des systèmes de production animale biologique, les arguments favorables ou défavorables à la production animale biologique sont souvent avancés sans disposer de l'ensemble des données nécessaires pour ce faire.

## Objectif

Ce projet SOL-M du Département de la gestion des ressources naturelles et de l'environnement de la FAO vise à combler cette lacune en matière de recherche. Il construit un modèle capable de mettre en évidence les impacts potentiels d'une conversion mondiale de l'élevage à la gestion biologique sur la disponibilité alimentaire, les effets du changement climatique, la biodiversité et l'utilisation des ressources naturelles (eau, énergies non renouvelables, terres fertiles, nutriments). Il prend également en compte certains effets socioéconomiques, comme les impacts sur les besoins en main d'œuvre. De plus, il utilise ce modèle pour anticiper une série de scénarios en matière de production agricole biologique, à l'échelle mondiale et régionale, afin d'analyser leurs conséquences sur la sécurité alimentaire et l'environnement.

Pour construire efficacement le modèle SOL et faciliter la comparabilité des résultats avec ceux de modèles existants, le projet se fondera sur les projets, les sources de données et les hypothèses existants, dans un premier temps au sein de la FAO, puis à l'extérieur.

Les principaux objectifs du projet sont donc les suivants:

- Modéliser l'impact potentiel d'une transition vers une gestion biologique de la production animale à l'échelle mondiale sur la disponibilité alimentaire, les émissions de gaz à effet de serre, les pertes de biodiversité, l'utilisation des ressources (comme la terre, l'eau, les énergies non renouvelables) et le bien-être social (par ex. le travail);
- Etudier les compromis et synergies qui pourraient résulter, au niveau macro-environnemental et économique, d'une conversion à la gestion écologique de l'élevage à l'échelle mondiale;
- Clarifier le rôle potentiel des systèmes d'élevage biologique au sein de la production alimentaire mondiale pour répondre aux défis mondiaux en matière de durabilité.

## **Approche de modélisation**

Pour mettre en œuvre les objectifs mentionnés ci-dessus, un modèle global d'utilisation des terres est en cours d'élaboration. Ce modèle de durabilité et d'élevage biologique (Modèle SOL) est spécifiquement conçu pour une analyse intégrée des aspects environnementaux et socioéconomiques et de leurs interrelations. Il sera ainsi possible de modéliser les impacts de la production alimentaire sur la disponibilité alimentaire et sur l'environnement à l'échelle nationale, régionale et mondiale. Ce modèle est structuré en modules portant sur la disponibilité alimentaire, la demande alimentaire et l'équilibre alimentaire (voir le graphique).

[Traduction des éléments du graphique (de haut en bas, et de gauche à droite, par tableau)]

Premier tableau: Disponibilité alimentaire

Impacts sur la biodiversité

Besoins en ressources

Terre

Main d'œuvre

Energie

Eau

Nutriments

Matière organique

Emissions de GES

Intensité de production

Intensité de la production

Rations alimentaires

Activités d'utilisation des terres

Produits végétaux

Produits animaux

Taille du cheptel

Gaspillage alimentaire

Gaspillage alimentaire

Deuxième tableau: Demande alimentaire

Population humaine

Régimes alimentaires humains

Gaspillage alimentaire

Besoins en nourriture

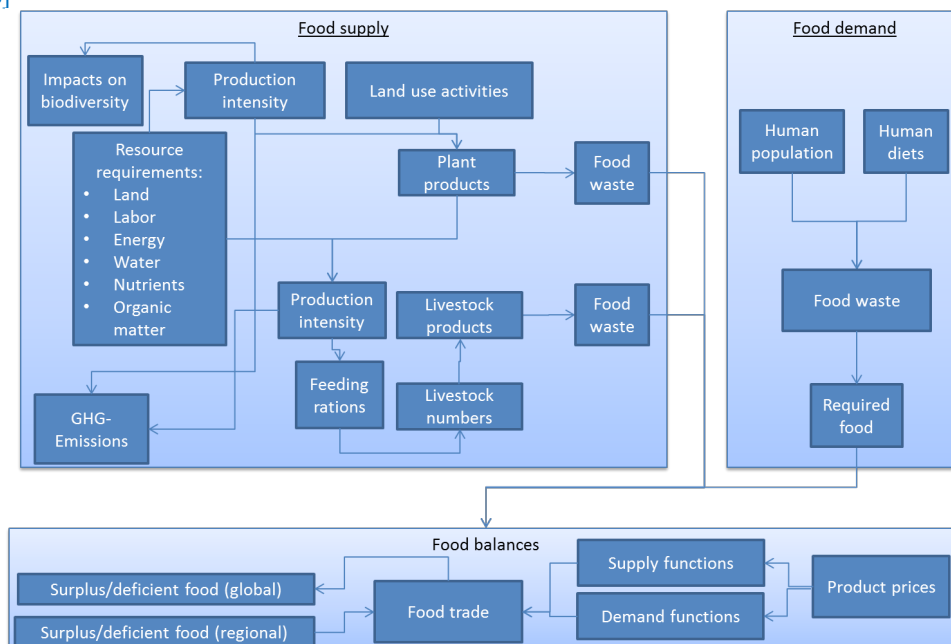
Troisième tableau: Bilans alimentaires

Surplus/déficit alimentaire (mondial)  
Surplus/déficit alimentaire (régional)

Commerce alimentaire

Fonctions de la disponibilité  
Fonctions de la demande

Prix des produits]



**Figure: Vue d'ensemble du modèle SOL**

Le **module** portant sur la **disponibilité alimentaire** calcule la production et l'utilisation des denrées alimentaires au niveau national en se basant sur les cultures, l'utilisation des terres et les activités d'élevage. Ces activités sont divisées en niveaux d'intensité (extensive, moyenne, intensive) et/ou en systèmes d'exploitation agricole (systèmes biologiques certifiés, non certifiés, systèmes traditionnels). Les activités et intensité sont caractérisés par différentes contraintes en termes d'apports (énergie, eau, terres, aliments pour les hommes et les animaux, main d'œuvre et nutriments) et de résultats (produits consommables, aliments pour les hommes et les animaux, émissions de gaz à effet de serre, surplus de nutriments, et impacts sur la biodiversité). Le modèle est donc en mesure de traiter les aspects spécifiques de la production biologique, comme les systèmes de production animale basés sur les pâturages avec de faibles niveaux d'utilisation de concentrés alimentaires, l'importance des systèmes mixtes d'exploitation agricole, dans lesquels le fumier joue un rôle important sous forme d'engrais, et les cycles fermés d'éléments nutritifs, avec utilisation des résidus des cultures et des déchets de la biomasse comme engrais. Ce dernier point prend toute son importance dans l'hypothèse de scénarios comportant une augmentation notable d'utilisation des bioénergies. Les résultats comme les produits agricoles bruts sont transférés vers les unités nutritionnelles, en prenant en compte les pertes des chaînes d'approvisionnement liées au gaspillage et à la transformation agroalimentaire. Les liens entre les activités de production végétale et le secteur de l'élevage sont couverts par le bilan fourrager dans le

cadre du module de la disponibilité alimentaire. Les impacts environnementaux sont déduits de l'ensemble des apports, de l'utilisation des ressources naturelles et des émissions liées aux activités agricoles.

Le **module** portant sur la **demande alimentaire** estime la disponibilité alimentaire au niveau national en fonction du volume de la population et de la demande nutritionnelle. La demande nutritionnelle est exprimée en quantité de matières sèches, de protéines et d'énergie destinées à la consommation humaine. Le calcul prend également en compte les facteurs de gaspillage, afin de les intégrer au niveau des ménages. Le volume de la population et la demande nutritionnelle varient en fonction des différents scénarios déterminés par les prévisions officielles, par exemple pour 2012, 2030 et 2050. De plus, des choix alimentaires spécifiques peuvent être formulés dans le modèle Sol, par exemple les parts minimales de protéines d'origine végétale.

Enfin, le **module** consacré au **Bilan alimentaire** procède à une synthèse de la disponibilité et de la demande alimentaire. Elle calcule le surplus/déficit en matières sèches, énergie et protéines existant théoriquement au niveau national, régional et mondial. Sur la base du surplus/déficit de chaque pays ou région, des flux régionaux et mondiaux de produits alimentaires sont déterminés par le modèle pour parvenir à un approvisionnement équilibré. Dans un deuxième stade de développement, ce module commercial prendra en compte les contraintes économiques des consommateurs et des producteurs, sur la base du prix des produits et de la souplesse estimée de l'offre et de la demande. Cela permettra de prendre en compte la dynamique créée par une augmentation ou une baisse des prix sur l'efficacité des ressources, la gestion des déchets et les modèles de consommation.

### **Source et mode de classification des données utilisées**

Un des principaux enjeux du projet réside dans la compilation et l'harmonisation des grandes quantités de données provenant de sources très diversifiées pour constituer une base de données commune autorisant l'analyse du modèle SOL. Les classifications des pays sont basées sur FAOSTAT et la Division des statistiques des Nations Unies. Les activités d'utilisation des terres sont subdivisées en cultures (arables, permanentes), en prairies et pâturages (temporaires, permanents) et en activités d'élevage. Les intrants et produits de chaque activité sont basés sur FAOSTAT et d'autres ensembles de données de la FAO chaque fois que possible. Les autres hypothèses nécessaires sont basées sur la documentation scientifique et grise (par ex. [Bouwman et al., 2005](#); [Erb et al., 2007](#); [Erb et al., 2009](#); [Krausmann et al., 2008](#); [Kruska et al., 2003](#); [Mekonnen et Hoekstra, 2010](#); [Schader, 2009](#)) ainsi que sur des ensembles de données (par ex. Sere et Steinfeld 1996, Système mondial de classification de la couverture végétale, Grille d'intensité de l'élevage dans le monde, Evaluation de la dégradation des sols dans les zones arides). Les données portant sur l'utilisation des terres ainsi sur les intrants, les produits et les activités biologique sont issues de publications scientifiques et de bases de données récentes et reconnues (par ex.. [Badgley et al., 2007](#); [Mäder et al., 2002](#); [Willer et al., 2011](#)).

### **Modélisation des impacts environnementaux**

Les impacts environnementaux sont calculés à l'aide des indicateurs suivants: émissions de GES, eutrophisation, utilisation de pesticides, utilisation de l'eau et biodiversité. La mesure de l'utilisation des énergies non-renouvelables et des émissions de GES se fonde sur la méthodologie GIEC des différents tiers, la base de données *Ecoinvent* et d'autres données d'inventaire du cycle de vie. Le potentiel d'eutrophisation N et P est estimé en utilisant les bilans intrants/extrants nationaux spécifiques. L'utilisation des pesticides est modélisée sur la base des statistiques de la FAO relatives aux pesticides. La biodiversité est basée sur une estimation des facteurs les plus pertinents de mesure

de la perte de biodiversité ([MEA, 2005](#); [TEEB, 2010](#)), l'utilisation des terres (déboisement, pression) et la pollution (potentiel d'eutrophisation N et P, utilisation des pesticides).

### **Plateforme logicielle**

La programmation et le fonctionnement du modèle s'appuient sur le Système de modélisation algébrique général (GAMS), qui est aujourd'hui le logiciel le plus couramment utilisé pour la modélisation économique. Il permet d'intégrer et de traiter de grandes quantités de données de façon transparente et d'optimiser rapidement de grands systèmes d'équations. Il permet enfin d'optimiser les utilisations de la terre dans différents scénarios.

### **Progrès accomplis et travaux à venir**

Le projet est fonctionnel d'août 2011 à décembre 2012. Il comporte quatre étapes:

1. **Etude documentaire et consultations d'experts:** Cette étape sert à identifier l'état des connaissances existantes, les modèles et bases de données pertinents et à établir des collaborations avec les autres équipes de modélisation (juin 2011 - août 2011).
2. **Conception du cadre de modélisation:** cette étape permet d'élaborer le projet de modélisation qui sera mis en œuvre au cours de la troisième étape. Le cadre est conçu en prenant en compte les modèles et les ensembles de données existants (septembre 2011 – octobre 2011).
3. **L'élaboration et l'expérimentation du modèle SOL comprend les éléments suivants:** collecte des ensembles de données pertinentes à intégrer dans la modélisation; écriture du code de programmation de la modélisation; et expérimentation du modèle et de la pertinence des résultats, avec le soutien d'experts extérieurs (novembre 2011 – août 2012).
4. **Evaluations de l'application du modèle SOL:** les scénarios de modélisation en application des objectifs formulés ci-dessus sont élaborés et publiés (août 2012 – décembre 2012).

## Bibliographie

- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M.J., Vazquez, K.A., Samulon, A. and Perfecto, I. (2007). 'Organic agriculture and the global food supply'. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22: 2, pp. 86-108.
- Bolwig, S. and Gibbon, P. (2009). 'The Economics of Smallholder Organic Contract Farming in Tropical Africa'. *World Development* 37: 6, pp. 1094-1104.
- Bouwman, A., Van der Hoek, K., Eickhout, B. and Soenario, I. (2005). 'Exploring changes in world ruminant production systems'. *Agricultural Systems* 84: 2, pp. 121-153.
- Erb, K.H., Gaube, V., Krausmann, F., Plutzer, C., Bondeau, A. and Haberl, H. (2007). 'A comprehensive global 5 min resolution land-use data set for the year 2000 consistent with national census data'. *Journal of Land Use Science* 2: 3, pp. 191-224.
- Erb, K.H., Krausmann, F., Lucht, W. and Haberl, H. (2009). 'Embodied HANPP: Mapping the spatial disconnect between global biomass production and consumption'. *Ecological Economics* 69: 2, pp. 328-334.
- Gerber, P. (2010). 'Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment', Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Division de la production et de la santé animales.
- Krausmann, F., Erb, K.H., Gingrich, S., Lauk, C. and Haberl, H. (2008). 'Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: A comprehensive assessment of supply, consumption and constraints'. *Ecological Economics* 65: 3, pp. 471-487.
- Kruska, R., Reid, R., Thornton, P., Henninger, N. and Kristjanson, P. (2003). 'Mapping livestock-oriented agricultural production systems for the developing world'. *Agricultural Systems* 77: 1, pp. 39-63.
- Krystallis, A. and Chrysosoidis, G. (2005). 'Consumers' willingness to pay for organic food: Factors that affect it and variation per organic product type'. *British Food Journal* 107: 5, pp. 320-343.
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubios, D., Gunst, L., Fried, P. and Niggli, U. (2002). 'Soil fertility and biodiversity in organic farming'. *Science* 296, pp. 1694-1697.
- MEA (2005). 'Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis', Washington DC, Millenium Ecosystem Assessment (MEA), World Resources Institute.
- Mekonnen, M. and Hoekstra, A. (2010). 'The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, Volume 1: Main Report', *Research Report Series No.48*, DA Delft, UNESCO-IHE, Institute for Water Education.
- Nemes, N. (2009). 'Analyse comparative des systèmes d'exploitation agricole biologiques et non biologiques: une évaluation critique de la rentabilité des exploitations', Rome, FAO.
- Rockström, J., W., Steffen, K.N., Persson, Å., Chapin, F.S., III, E.L., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., Wit, C.A.D., Hughes, T., Leeuw, S.v.d., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J. (2009). 'Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity'. *Ecology and Society*, available online at: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>, accessed 24.10.2011.
- Schader, C. (2009). 'Cost-effectiveness of organic farming for achieving environmental policy targets in Switzerland'. Ph.D. thesis. *Institute of Biological, Environmental and Rural Sciences*. Aberystwyth, Aberystwyth University, Wales. Research Institute of Organic Farming (FiBL), Frick, Switzerland.
- Steinfeld, H. (2006). *L'ombre portée de l'élevage: impacts environnementaux et options pour leur atténuation*, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Stolze, M., Piorr, A., Häring, A.M. and Dabbert, S. (2000). *Environmental impacts of organic farming in Europe. Organic Farming in Europe: Economics and Policy, Vol. 6*, Stuttgart-Hohenheim: Universität Stuttgart-Hohenheim.
- TEEB (2010). *The Economics of Ecosystem and Biodiversity: Ecological and economic foundations*. in Kumar, P. (ed.), London and Washington: Earthscan.
- CNUCED (2009). 'Soutenir l'agriculture africaine: la production biologique', *Synthèses de la CNUCED* Genève, Suisse. Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED).
- Willer, H., Youssefi-Menzler, M. and Sorensen, N. (eds.) (2011). *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2011*. Bonn, Frick, Bad Duerkheim: IFOAM, FiBL.