

Modélisation bioéconomique de l'intégration agriculture-élevage à l'échelle d'un territoire. Cas de la production de canne à sucre et de l'élevage laitier à l'île de La Réunion

Randrianasolo J.¹, Lecomte Ph.¹, Salgado P.¹, Lepelley D.²

¹ CIRAD, UMR 112 SELMET, F-97410 Saint-Pierre, La Réunion

² Université de La Réunion, CEMOI, F-97400 Saint-Denis, La Réunion

jery.randrianasolo@cirad.fr

Résumé

L'agriculture et l'élevage représentent des activités économiques importantes à La Réunion. L'une des options pour améliorer la viabilité socio-économique et environnementale des exploitations serait de créer un système de production plus autonome où les effluents d'élevage bovin laitier seraient utilisés comme fertilisants organiques sur les champs de canne à sucre et où les coproduits de la canne à sucre (bagasse, paille et choux de canne) seraient utilisés comme ressources alimentaires pour les vaches laitières. Cette solution répond aux contraintes de l'insularité liées à l'exiguïté et l'isolement, de la volatilité des prix des intrants et va dans le sens des politiques de préservation de l'environnement.

La pertinence des choix techniques mis à disposition des agriculteurs et des éleveurs pourraient être mieux évalués par une analyse ex-ante. Un modèle mathématique d'optimisation a été développé pour représenter les activités de plantation de canne à sucre, d'élevage bovin laitier et les échanges de biomasses entre ces deux activités. La fonction objectif du modèle vise à maximiser simultanément le profit des deux activités agricoles.

Les résultats des simulations du modèle montrent qu'au fur et à mesure de l'évolution du niveau d'intégration des deux activités, le profit des activités progresse également. La substitution des intrants minéraux par des intrants organiques disponibles localement réduit indirectement l'impact environnemental de la pratique agricole. L'intégration de la canne à sucre et de l'élevage bovin laitier représente une forme d'intensification écologique viable à La Réunion.

Mots clefs: intégration agriculture élevage, modélisation, échelle régionale, bovin laitier, canne à sucre.

Introduction

L'économie de l'île de La Réunion est en grande partie basée sur l'agriculture. Les acteurs agricoles locaux et les chercheurs travaillent en étroite collaboration depuis une trentaine d'années pour comprendre le fonctionnement des systèmes agricoles de l'île afin d'avancer des solutions d'amélioration durables.

Une étude réalisée par Alary (2002) a permis de mieux comprendre le fonctionnement des exploitations d'élevage laitier à La Réunion. Cette étude a conduit à la réalisation d'une typologie sur la diversité des exploitations laitières réunionnaises. Les résultats de cette étude spécifient six exploitations-type qui se différencient en termes de taille (grandes, moyennes et petites structures), en termes de budget et de résultats du bilan, ainsi qu'en termes de stratégie alimentaire.

A partir des six exploitations-type sélectionnées, un modèle d'aide à la décision a été développé par Louhichi (2004) afin d'analyser les choix stratégiques et d'investissement, et la simulation des évolutions du fonctionnement des exploitations laitières suite à des chocs exogènes (réforme des politiques agricoles, changements techniques, etc.).

Par la suite, une démarche qui aborde l'ensemble des exploitations laitières dans le territoire réunionnais a été entreprise par Nidumolu (2007). L'objectif a été de modéliser le secteur laitier à l'échelle territoriale/régionale pour permettre l'analyse des impacts qui pourraient résulter des changements économiques (évolution des subventions, fluctuation des prix, etc.). Cette étude a abouti à la construction d'un modèle nommé Ksheera. L'enjeu était le changement d'échelle pour passer de l'exploitation en allant vers l'échelle territoriale et d'avoir une vision globale des exploitations laitières réunionnaises.

Par ailleurs, la filière laitière réunionnaise fait face depuis cinq ans à une fragilisation structurelle qui se reflète par la diminution du nombre d'exploitations et de la couverture des besoins de consommation du marché local. Cette fragilisation a conduit à une baisse de la production laitière locale qui est aujourd'hui comblée par une importation de poudre de lait. La filière laitière a ainsi l'enjeu d'accroître sa productivité pour répondre à la demande en produits laitiers tout en préservant l'environnement. En plus de la préservation de l'environnement, la réduction des coûts de production préoccupe de plus en plus les acteurs agricoles locaux. Cette inquiétude est d'autant plus persistante en ce moment où le prix du pétrole, auquel sont corrélés les prix des céréales et des engrais minéraux, connaît une hausse considérable.

Malgré les bonnes performances techniques, la baisse de productivité de la filière laitière peut s'expliquer par deux types de contraintes majeures : (1) l'insularité et l'isolement géographique par rapport aux pays fournisseurs d'intrants, induisant un coût de production supplémentaire ; (2) l'insuffisance des surfaces arables et la pression due à l'accroissement démographique. La diminution de surface arable ne permet pas de produire suffisamment de fourrage pour couvrir les besoins du cheptel et d'atteindre l'objectif d'augmenter la production. Sur les aspects de fonctionnement technique de l'exploitation, du fait de fortes contraintes foncières, l'activité d'élevage bovin se base généralement sur une utilisation importante d'intrants (aliments concentrés, engrais minéraux).

Dans le contexte d'une intensification raisonnée des systèmes de culture et d'élevage, les synergies et les échanges qui pourraient être optimisés entre ces deux systèmes, généralement conduits en filières séparées, apparaissent comme un facteur d'amélioration important. L'idée consiste à créer un système plus autonome où les coproduits de la canne à sucre comme la bagasse et la paille seraient utilisés dans l'alimentation des vaches laitières et les effluents d'élevage bovin laitier comme des fertilisants organiques sur les cultures fourragères et cannière. Ce système vise à mettre en complémentarité l'activité d'agriculture et d'élevage en mettant en valeur les coproduits d'une activité pour servir comme intrants à l'autre activité afin d'améliorer l'efficacité globale de l'ensemble du système de production. Il est essentiel de trouver un compromis pour ne pas léser l'une ou l'autre des activités afin que le système global tire profit des échanges créés.

L'objectif de cette étude est centré sur le développement d'un outil fiable, capable de représenter et d'évaluer l'efficacité économique des itinéraires techniques et des pratiques mises en place par l'interaction entre les activités d'agriculture et d'élevage. Cet outil

économique appuie une démarche de valorisation des acquis techniques et économiques à La Réunion.

Matériels et méthodes

L'idée de cette étude est de coupler le modèle Ksheera avec un modèle qui représente la plantation de canne à sucre à La Réunion.

La zone d'étude

La Réunion représente une superficie de 2 512km² dont 20% (soit 47 428ha) occupées par l'agriculture. La culture de canne à sucre occupe 51% (soit 24 500ha) de la surface arable ; elle constitue la principale culture de l'île en termes de surface et de revenus générés.

La répartition des surfaces cannières (Tableau 1) a été effectuée selon une typologie obtenue à partir d'un croisement des critères de variabilité du milieu physique de l'île (en altitude et en pluviométrie) et des critères de structure d'exploitation (aptitude à la mécanisation).

Tableau 1. Surface cannière disponible selon le type de l'exploitation (source : Masson *et al.*, 2005)

		Surface disponible (ha)	Humidité / Altitude	Rendement (t/ha)	Aptitude à la mécanisation
système équipé	SC1	1 861	pluvial humide BAS	90	facile
	SC2	2 336	pluvial humide BAS	90	difficile
	SC3	776	pluvial humide BAS	90	très difficile
	SC4	1 121	pluvial humide HAUT	70	facile
	SC5	766	irrigué BAS	100	favorable
	SC6	801	irrigué BAS	100	difficile
	SC7	396	pluvial sec HAUT	65	facile
système non-équipé	SC8	2 376	pluvial humide BAS	90	difficile
	SC9	1 406	pluvial humide HAUT	70	facile
	SC10	1 392	pluvial humide HAUT	70	difficile
	SC11	876	pluvial humide HAUT	70	très difficile
	SC12	1 871	pluvial sec BAS	50	favorable
	SC13	2 456	pluvial sec BAS	50	difficile
	SC14	1 366	pluvial sec HAUT	65	facile
	SC15	951	pluvial sec HAUT	65	difficile
	SC16	1 906	irrigué BAS	100	facile
	SC17	1 521	irrigué BAS	100	difficile
	SC18	316	irrigué HAUT	90	difficile

La surface allouée pour la culture fourragère couvre 1 854ha et se situe dans les régions hautes de l'île. Cette surface est répartie dans quatre sous-régions distinguées en termes agronomiques et climatiques : (1) Plaine des Cafres (cafre), (2) Plaine des Palmistes (palm), (3) Hauts de Saint Joseph (joseph) (composé de la Plaine des Grègues, Jean Petit, Grand Coude et la Crête) et (4) Hauts de l'Ouest (ouest). Les différences entre ces sous-régions concernent les types de fourrages cultivés (tempérés ou tropicaux), les rendements des cultures et la fertilisation du sol. Compte tenu de ces spécificités, des matrices de coefficients

d'ajustement ont été établies pour respecter l'hétérogénéité de rendement des cultures et des besoins en fertilisation.

Les ressources disponibles dans chaque sous-région sont présentées dans le tableau 2. Ces données sont issues de l'année de référence de 2006 (SICA Lait, 2006).

Tableau 2 ; Ressources disponibles pour la production laitière dans chaque sous-région

	cafre	palm	joseph	ouest
nombre d'exploitation	62	18	34	9
surface disponible (ha)	1 011	269	434	140
nombre de vaches	1 698	305	803	274
nombre de génisses	1 357	227	643	236

En 2006, le secteur laitier comptait 123 exploitations laitières avec 5 542 bovins laitiers (dont 3 080 vaches laitières). La principale race bovine laitière présente à La Réunion est la Holstein ; la production moyenne annuelle de lait est de 5 500l/vache/lactation.

Le modèle

Le modèle, nommé Ksheera+, a été développé avec le logiciel « General Algebraic Modelling System » (GAMS). Il utilise une approche de programmation mathématique non linéaire optimisant une fonction mono-objectif. La base méthodologique concerne la recherche d'un compromis optimal entre les ressources disponibles, l'objectif fixé et les diverses contraintes afin de générer des options stratégiques d'utilisation de ces ressources. Ksheera+ adopte une approche normative pour trouver la solution optimale.

Le modèle est basé sur la programmation mathématique positive et sur les concepts de la frontière des possibilités de production en milieu contraignant, avec une fonction non-linéaire pour le calcul des subventions. Il tient compte des contraintes techniques, socio-économiques et environnementales auxquelles les productions laitières et cannières sont soumises. La structure de base de Ksheera+ comprend les trois éléments constitutifs d'un modèle d'optimisation : (1) une fonction objectif qui maximise le profit de l'ensemble des activités (cannière et laitière) ; (2) une description des activités ; (3) des contraintes et des limites pour l'activité agricole et d'élevage.

Afin de mener une analyse qui puisse intégrer les effets à long terme des changements, nous proposons une simulation des scénarios sur un horizon de planification de six ans, avec un pas de temps de six mois. Cet aspect dynamique permet d'apprécier la progression du cheptel, l'allocation des surfaces et le renouvellement des cultures.

Description de l'algorithme du modèle

L'algorithme de Ksheera+ vise à couvrir la totalité des besoins des animaux et des cultures (cane à sucre et fourrages). Le système d'alimentation des animaux forme l'un des piliers de ce modèle. L'alimentation prend en compte les caractéristiques de l'animal (poids, âge, semaine de lactation, état corporel, capacité d'ingestion, besoin en énergie et en protéine, etc.) et les caractéristiques des fourrages et des aliments concentrés. Les besoins en énergie sont calculés pour l'ensemble du troupeau et sont couverts par les apports énergétiques des fourrages et des aliments concentrés. Le modèle permet d'utiliser un ratio entre les quantités

de fourrage et de concentré ingérées de façon à éviter des problèmes métaboliques liées à l'excès de consommation d'aliments concentrés. La quantité maximale d'aliments concentrés autorisée est fixée par ce ratio en fonction de la capacité d'ingestion maximale des animaux et sur la base de l'unité d'encombrement lait (UEL). En respectant les contraintes alimentaires imposées au modèle, les animaux ne sont jamais en situation de sous-nutrition. Puisque le modèle n'a pas la vocation de réaliser des formules de rationnement, il lui est difficile de trouver un équilibre simultané entre les apports énergétiques et protéiques des ressources alimentaires et les besoins des animaux. En fait, l'apport en énergie par un aliment donné est toujours associé à un apport combiné de protéine. Le modèle garantit un apport en protéines nécessaire pour répondre aux besoins des animaux, mais il « acceptera » dans certains cas le dépassement de ces besoins.

La fertilisation des cultures forme l'autre pilier du modèle. Elle se base sur une approche classique qui consiste à couvrir les besoins des cultures en azote (N), phosphore (P) et potassium (K) par les apports en fertilisants organiques et minéraux. Les données concernant les besoins des cultures sont issues des recommandations techniques de la bibliographie (Barbet-Massin *et al.*, 2004). Pour les apports azotés des effluents d'élevage, nous avons pris en compte un coefficient d'engrais azoté de 30%. L'objectif de l'algorithme est de couvrir les besoins totaux en N, P et K des cultures à partir des engrais minéraux (ternaires et simple¹) et de la fraction azotée disponible des engrais organiques.

Les coefficients techniques

Les coefficients techniques utilisés ont été obtenus à partir d'une base de données existantes issue des études réalisées à La Réunion entre 2000 et 2008 (Hassoun *et al.*, 2000 ; Tillard *et al.*, 2000 ; Alary *et al.*, 2001 ; Grimaud et Thomas, 2002 ; Alary, 2004 ; Barbet-Massin *et al.*, 2004 ; Louhichi *et al.*, 2004 ; Masson *et al.*, 2005 ; Faverdin *et al.*, 2007 ; Nidumolu, 2007 ; Salgado, 2008 et Vayssières, 2008). Ils ont été obtenus par des enquêtes réalisées dans le cadre des projets de recherche du CIRAD et de ses partenaires. Des données complémentaires ont été recueillies auprès de la coopérative laitière et des usines de canne à sucre.

La validation

La cohérence des résultats de Ksheera+ a été validée par les experts agricoles locaux. La validation basée sur la comparaison des résultats simulés et les données observées/réelles est en cours de réalisation.

Pour évaluer les impacts de l'interaction entre les deux activités, trois scénarios ont été réalisés : (S1) peu d'intégration entre les activités d'agriculture et d'élevage, (S2) une intégration partielle et (S3) une intégration totale.

Cinq indicateurs ont été retenus pour évaluer l'impact de l'intégration de la canne à sucre à l'élevage bovin laitier sur leur durabilité :

- la somme du profit des deux activités qui est définie comme étant la fonction objectif du modèle ;
- le capital animal qui représente le poids monétaire des troupeaux ;
- la main-d'œuvre nécessaire pour réaliser les activités agricoles et d'élevage ;
- la quantité d'azote utilisé pour la production de canne à sucre et de fourrages et la quantité d'azote apporté par les effluents d'élevage;

¹ Les engrais ayant un seul élément nutritif comme l'urée ou le phosphate.

- la consommation d'énergie fossile pour produire 100 litres de lait (conso-100) comprend les engrais minéraux, les aliments concentrés, le carburant, l'électricité, etc.

Résultats et discussion

Les résultats des simulations du modèle sont présentés dans le tableau 3. Le scénario (S1) correspond à la situation de référence. Dans ce scénario les animaux sont nourris avec les fourrages cultivés mais les effluents d'élevage bovin laitier ne sont pas valorisés sur les cultures. La moyenne annuelle du profit de l'activité laitière est de $6,57 \times 10^6$ €. Elle est constituée principalement de la vente de lait (56%), de la subvention de l'Etat (32%) et de la vente d'animaux (12%). Celui de l'activité cannière est de $60,4 \times 10^6$ € qui provient essentiellement de la vente de la canne à sucre (59%) et de la revalorisation de la bagasse en énergie électrique (19%), les subventions (17%) et de la vente du foin de Chloris (5%) pour certaines régions de l'Ouest. La quantité d'azote utilisée pour fertiliser les cultures fourragères est d'environ 276t/an et la production de canne à sucre utilise en moyenne 3 500t d'azote par campagne. A La Réunion, le système de production laitière utilise en moyenne 22l de fioul pour produire 100l de lait. Cet indicateur (conso-100) varie en fonction de l'utilisation d'engrais minéraux, d'aliments concentrés, de la mécanisation et du transport des produits. Le besoin de main-d'œuvre est en moyenne de 323×10^3 h/an pour l'activité laitière et de $4 540 \times 10^3$ h/an pour l'activité cannière.

En S2 (intégration partielle), les animaux sont nourris avec les fourrages (et aliments concentrés) et les effluents sont épandus uniquement sur les prairies. L'augmentation du profit de l'activité laitière (6%) en S2 est liée à la baisse de l'utilisation d'engrais minéraux. Une partie des engrais utilisés en S1 pour la production fourragère est remplacée par les effluents d'élevage bovin laitier dans S2. Cette substitution de l'engrais a diminué de 7,5% le coût de la production laitière. Cette substitution conduit alors à une diminution de la quantité d'engrais minéraux produits (diminution de l'utilisation d'énergie fossile) et une diminution du transport de ces engrais minéraux jusqu'à La Réunion. Le fait d'épandre de façon rationnelle et immédiate les effluents d'élevage pourrait contribuer à une diminution des pertes d'azote volatile vers l'atmosphère avec moins d'impact sur l'environnement. Cette substitution réduit indirectement l'impact environnemental de l'activité laitière ; la consommation d'énergie fossile en S2 est en moyenne de 15l pour 100l de lait. Le nombre d'animaux varie peu par rapport à S1 puisque la disponibilité des fourrages n'évolue pas.

Le profit de l'activité cannière reste stable puisqu'aucun échange entre les deux activités n'est réalisé dans S2. Par ailleurs, la somme des deux profits augmente relativement peu (0,5%) puisque la différence de taille entre les deux activités est de l'ordre de 12 fois.

En S3 (intégration totale) les fourrages et les coproduits de canne à sucre sont valorisés comme aliments pour le cheptel et leurs effluents sont utilisés comme fertilisants pour les cultures. L'augmentation de la somme des profits (2%) en S3 est liée à l'utilisation des effluents d'animaux sur les cultures (canne à sucre et fourrages) et à la valorisation des coproduits de canne à sucre (essentiellement de la paille de canne) comme alimentation des animaux. Depuis la revalorisation de la bagasse en 2008, il est devenu plus rentable d'utiliser la bagasse comme combustible pour la transformation électrique au lieu de l'utiliser comme alimentation pour les animaux. Néanmoins, le nombre d'animaux augmente en S3 puisque des ressources alimentaires supplémentaires sont disponibles. L'énergie et la fibre contenues dans les coproduits de la canne à sucre rendent ces biomasses intéressantes pour être utilisées dans l'alimentation des ruminants afin de remplacer une partie des aliments concentrés. Comme l'algorithme du modèle favorise l'utilisation des fourrages à la place des concentrés, les besoins des animaux sont d'abord couverts par les fourrages (y compris les coproduits de

la canne à sucre) ensuite ils sont complétés par les aliments concentrés. Ainsi, la diminution de l'utilisation d'aliments concentrés et d'engrais minéraux engendre des baisses considérables de l'impact environnemental (32%) et du coût de production (10%). Du fait que le transport des coproduits de culture et d'élevage est assuré par des prestataires de service, la distance (i.e., les coûts de transport) entre les exploitations laitières et les champs de canne à sucre (et/ou usine de transformation) a un effet sur les résultats économiques du modèle et peut représenter un obstacle à l'intégration optimale des deux activités.

Tableau 3. Résultats de l'intégration de la canne à sucre à l'élevage bovin laitier à La Réunion

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	
S1	profit-Lait (x 10 ³ €)	5 560	6 243	6 671	6 908	6 964	7 108
	profit-Canne (x 10 ³ €)	80 803	41 939	53 670	54 782	47 860	83 533
	total profit (x 10 ³ €)	86 363	48 181	60 341	61 689	54 824	90 640
	total main-d'œuvre (x 10 ³ h)	4 388	5 318	5 566	4 681	4 916	4 287
	azote utilisé pour les cultures (t)	3 872	3 909	3 669	3 806	3 750	3 556
	capital animal (x 10 ³ €)	19 817	20 752	21 516	21 671	21 536	21 355
	production lait (x10 ³ l)	17 548	18 152	19 106	19 398	19 280	18 993
	coût d'un litre de lait (€)	0,3	0,3	0,29	0,28	0,28	0,27
	conso-100 (l)	22,1	22,2	21,5	21,4	21,4	20,8
S2	profit-Lait (x 10 ³ €)	5 854	6 866	7 081	7 335	7 219	7 362
	profit-Canne (x 10 ³ €)	80 803	42 994	37 027	64 079	54 151	83 533
	total profit (x 10 ³ €)	86 657	49 860	44 108	71 414	61 370	90 895
	total main-d'œuvre (x 10 ³ h)	4 388	5 318	5 566	4 681	4 916	4 287
	azote utilisé pour les cultures (t)	3 899	3 929	3 652	3 833	3 820	3 600
	azote apporté par les effluents (t)	314	324	317	332	329	343
	capital animal (x 10 ³ €)	20 192	20 887	21 458	21 396	21 506	21 483
	production lait (x10 ³ l)	17 767	18 416	19 074	19 182	19 104	19 135
	coût d'un litre de lait (€)	0,29	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
conso-100 (l)	18,7	16,8	14,7	13,9	13,8	14,2	
S3	profit-Lait (x 10 ³ €)	5 868	6 695	7 418	8 075	9 234	9 162
	profit-Canne (x 10 ³ €)	80 812	42 003	55 745	67 427	33 112	83 541
	total profit (x 10 ³ €)	86 680	48 698	63 163	75 502	42 346	92 703
	total main-d'œuvre (x 10 ³ h)	4 189	5 297	4 815	4 816	5 732	4 355
	azote utilisé pour les cultures (t)	3 900	3 935	6 917	7 138	7 215	3 682
	azote apporté par les effluents (t)	495	820	475	566	941	502
	capital animal (x 10 ³ €)	20 524	22 712	24 968	26 615	26 706	26 283
	production lait (x10 ³ l)	17 795	19 534	21 786	23 598	24 188	23 524
	coût d'un litre de lait (€)	0,29	0,28	0,27	0,26	0,22	0,23
conso-100 (l)	20,2	17,2	14,4	12,3	11,6	11,6	

Conclusion

L'augmentation des performances de l'élevage laitier ne pourra se faire sans un apport plus large de biomasses produites localement et qui découle d'une meilleure intégration entre les activités d'agriculture et d'élevage. Ce travail de modélisation offre une ouverture pour implémenter des calculs sur les dépenses énergétiques pour la production cannière. En accord avec les considérations environnementales et les questions sur les dépenses énergétiques dans l'activité agricole, l'idée serait de quantifier la quantité de fioul nécessaire pour produire une unité de canne à sucre.

Bibliographie

- Alary V., (2004). Modélisation des systèmes d'exploitation laitière à La Réunion. Rapport de synthèse opération ELE 105, Pôle Elevage La Réunion, Juin 2000–Septembre 2004, CIRAD, La Réunion.
- Alary V., Messad S., Tillard E., (2001). Approche fonctionnelle de la diversité des systèmes d'élevage laitiers à l'île de La Réunion. Utilisation de l'AFM (Analyse Factorielle Multiple) comme aide à l'interprétation de la variabilité inter et intra groupe. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants 8, pp. 251–255.
- Barbet-Massin V., Grimaud P., Michon A., Thomas P., (2004). Guide technique pour la création, la gestion et la valorisation des prairies à La Réunion. Union des associations foncières pastorales (UAFP), CIRAD Pôle Elevage, Saint Denis, La Réunion, France, 99p.
- Faverdin P., Delagarde R., Delaby L., Meschy F., (2007). Réactualisation des équations du livre rouge : alimentation des vaches laitières. Quae, Versailles, pp. 23-55.
- Grimaud P., Thomas P., (2002). Diversité des rations à base de graminées et gestion des prairies en élevage bovin sur l'île de La Réunion. Fourrages 169, pp. 65–78.
- Hassoun P., Paillat J. M., Mandret G., Brunschwig P., Bigot A., Latchimy J. Y., (2000). Les rations en élevage laitier. L'Élevage Bovin à La Réunion – Synthèse de quinze ans de Recherche (Eds Blanfort V., Hassoun P., Mandret G., Paillat J. M., Tillard E.), pp. 225–248. Montpellier, France : CIRAD.
- Nidumolu U., (2007). Regional bio-economic modeling of dairy sector in a unique island setting: a case of Ile de La Reunion. Report of the project "MODLAIT". CIRAD-Pôle Elevage.
- Louhichi K., Alary V., Grimaud P., (2004). A dynamic model to analyse the bio-technical and socio-economic interactions in dairy farming systems of the Réunion Island. Animal Research, 53, pp. 1-19.
- Masson J., Lejars C., Fusilier J. L., (2005). Référentiel technico-économique des exploitations cannières de la Réunion. CIRAD, La Réunion.
- Salgado P., Lubbers M., Schipper R., van Keulen H., Alary V., Lecomte P., (2008). In: Proceedings of the Integrated Assessment of Agriculture and Sustainable Development Conference. Egmond aan Zee, The Netherlands, Wageningen University and Research Centre, The Netherlands: pp. 272–273.
- Tillard E., Lanot F., Bigot C. E., Nabeneza S., Pelot J., (2000). Les performances de reproduction en élevage laitier. L'Élevage Bovin à La Réunion – Synthèse de quinze ans



de Recherche (Eds Blanford V., Hassoun P., Mandret G., Paillat J. M., Tillard E.), pp. 257–292. Montpellier, France : CIRAD.

Vayssières J., (2008). Modélisation participative et intégration des pratiques décisionnelles d'éleveurs dans un modèle global d'exploitation. Thèse du centre international d'études supérieures en sciences agronomiques (SupAgro).