Utilisation de modèles de simulation pour élaborer une stratégie de gestion collective des lisiers de porcs à Grand Ilet Salazie – La Réunion

JEAN-MICHEL MEDOC, FRANÇOIS GUERRIN

Using simulation models to build a collective management strategy of pig slurry in Grand Ilet Salazie – Réunion Is.

SYNTHESE

JEAN-MICHEL MEDOC
Ingénieur au Cirad
jean-michel.medoc@cirad.fr

FRANÇOIS GUERRIN
Ingénieur de recherche Inra mis à disposition du Cirad
francois.guerrin@cirad.fr

Cirad, Unité de recherche
Risque Environnemental lié au Recyclage
Station de la Bretagne
BP 20, 97408 Saint-Denis CX9
La Réunion

Introduction

Grand Ilet est une localité du cirque de Salazie situé dans le nord-est de la Réunion. Selon un recensement effectué en 2005, 69 éleveurs sont installés dans cette localité : 47 producteurs de porcs, dont le cheptel moyen est inférieur à 50 truies naisseur-engraisseur, et 13 producteurs de volailles. Les exploitations porcines possèdent au total 12 795 animaux équivalents *(i.e.* 2 175 UGB, Unité Gros Bétail) qui produisent 21 977 m³ de lisier par an (Données Dexel, 2005). Les bâtiments d'élevage de volailles couvrent une superficie de 11 000 m² et produisent 2 700 tonnes de litière et 2 700 m³ de lisier (pondeuses). L'ensemble du cheptel porcin et avicole est évalué à 3 165 UGB, les autres cheptels (bovin, ovin, cunicole) représentant 170 UGB. Face à cette production animale, seuls 186 ha de surface agricole sont disponibles (75 ha cultivés et 112 ha de friches). Le taux global d'application de l'azote (N) issu des effluents d'élevage à l'ensemble de la surface cultivée, compris entre 3 200 et 3 800 kgN/ha/an, est excessif puisque plus de 15 fois supérieur au taux admissible. La situation est d'autant plus critique si l'on tient compte du fait que de nombreuses parcelles cultivées sont incompatibles avec l'épandage de lisier brut en raison de la présence de cultures maraîchères, de fortes pentes, ou de la proximité d'habitations et de cours d'eau. Le projet de basculement des eaux de l'Est vers l'Ouest de l'île trouve une partie de sa ressource dans la ravine des Fleurs Jaunes, en aval de Grand Ilet. Afin de préserver cette ressource en eau d'une pollution par les nitrates, les autorités agricoles ont sommé, fin 2002, les éleveurs de Grand Ilet de normaliser leurs élevages en accord avec la réglementation relative aux bâtiments d'élevage et à l'environnement. Désormais, la pérennité de ces élevages dépend fortement de la mise en œuvre d'une stratégie efficace de gestion des effluents. Les agriculteurs de Grand Ilet essaient donc de concevoir une stratégie de gestion de leurs effluents d'élevage visant à améliorer la situation actuelle. La gestion des litières de volailles ne posant pas de problème particulier (compostage), nous nous sommes surtout intéressés à celui, plus difficile, de la gestion des lisiers porcins. La gestion de ces lisiers a soulevé successivement quatre questions :

1. Faut-il les exporter hors de Grand Ilet ou les traiter sur place ?
2. Quel procédé de traitement choisir ?
3. Quelle organisation mettre en place pour coordonner l'approvisionnement en effluents de l'unité de traitement ?

Ce rapport technique a été produit avec l'appui financier du Gis Porcherie Verte

4. Quels débouchés pour les coproduits issus de cette unité de traitement ?

A chacune de ces questions correspondent différentes réponses possibles. Il s'agit donc, pour les acteurs agricoles concernés (éleveurs, décideurs publics, organisations professionnelles, techniciens du développement), de faire des choix.

L'objectif de notre étude réside dans l'utilisation de modèles de simulation pour accompagner ce processus de décision [1, 2, 4, 6], qui vise, *in fine*, à élaborer une stratégie de gestion globale des effluents d'élevage produits à Grand Ilet.

Adéquation entre la production d'effluents d'élevage et les besoins des cultures

En réponse à la question 1 (exporter les effluents ou les traiter sur place ?), une évaluation du bilan entre l'offre en effluents produits par les élevages de Grand Ilet et la demande potentielle en matières organiques des cultures de la zone Nord-Est de la Réunion a été réalisée (Fig. 1) [3].

Figure 1 : Bassin potentiel de consommation des effluents d'élevage de Grand Ilet

Cette étude a permis de conclure que l'exportation des lisiers porcins est impossible pour deux raisons : (i) le bassin de consommation potentiel est déjà saturé par sa propre production de lisier ; (ii) les coûts d'évacuation par camion-citerne seraient économiquement insoutenables. En revanche, le bassin de consommation montre une capacité d'absorption d'effluents solides (fumiers) de 102 tonnes d'azote par an. Déduction faite des effluents solides déjà produits à Grand Ilet (66 tonnes d'azote), cette zone pourrait encore absorber annuellement 36 tonnes d'azote de tels produits. Il a donc été décidé de mettre en place une unité de traitement de la totalité du lisier de porcs produit à Grand Ilet. Celle-ci pourrait raisonnablement exporter les coproduits solides issus du traitement à concurrence de 36 tonnes d'azote par an. Cette étude aura permis aux acteurs de Grand Ilet de juger de l'intérêt de traiter les lisiers de porcs sur place et de n'exporter que les coproduits solides issus du traitement, plus aisément valorisables.

Accompagner les acteurs agricoles dans l'élaboration d'une solution de gestion collective des lisiers

Un cadre d'intervention, négocié mais non contractualisé avec l'ensemble des acteurs agricoles, a été mis en place pour organiser un processus collectif devant conduire à l'élaboration d'une solution de gestion des effluents d'élevage de Grand Ilet partagée par tous.

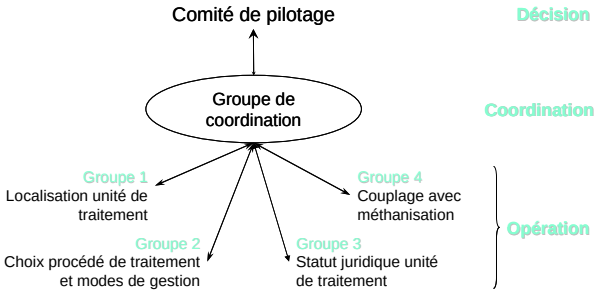

Figure 2 : Cadre d'intervention mis en place à Grand Ilet

Ce cadre est constitué de quatre groupes de travail thématiques, un groupe de coordination et un comité de pilotage ayant pouvoir de décision (Fig. 2) [3]. C'est dans le groupe n°2 que le modèle Macsizut (Modèle d'aide au choix par simulation d'unité de traitement de lisier de porcs) a été utilisé en interaction avec les acteurs de Grand Ilet. C'est également dans ce groupe qu'est prévue l'utilisation prochaine des modèles Approzut (Modèle de simulation de stratégies

d'approvisionnement d'unités de traitement) et Biomas (Modèle de gestion de flux de biomasse par système multi-agents).

A la date de rédaction de cette synthèse (juillet 2006), la réflexion sur l'approvisionnement de l'unité de traitement n'a pas encore été menée, comme initialement prévu, avec les acteurs de Grand Ilet. En effet, compte tenu de l'urgence de l'acquisition du foncier et de la réalisation des démarches connexes au projet d'implantation de l'unité de traitement (DUP, études géotechniques…), ceux-ci n'ont pas été disponibles jusqu'à présent pour aborder ce problème. Il semble cependant que ce point revienne très prochainement à l'ordre du jour. De même, l'évaluation de la solution globale de gestion collective des lisiers avec le modèle Biomas, n'a pas encore pu être réalisée. Toutefois, Biomas est paramétré pour simuler la situation envisagée à Grand Ilet et évaluer l'ensemble des options qui seront retenues dans un proche avenir par les acteurs.

Choisir un procédé de traitement des lisiers

Au cours de cette étape, nous avons utilisé le modèle Macsizut pour répondre à la question n°2 (quel procédé de traitement ?) selon un ensemble de critères de sélection élaborés par les différentes catégories d'acteurs (p. ex. effluent le plus épuré possible, aucun produit à gérer dans les exploitations, minimum de coproduits issus du traitement, coût de fonctionnement supportable, etc.). Le choix d'une unité collective de traitement a été privilégié en raison de la petite taille des élevages, du manque d'espace des exploitations et de la faible capacité d'investissement des éleveurs. Le choix a été effectué à partir des procédés unitaires agréés par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne. Onze procédés (cf. annexe) couplant ces procédés unitaires ont été renseignés dans le modèle Macsizut. Le modèle a été utilisé en interaction avec les acteurs de Grand Ilet au cours de quatre discussions contradictoires portant sur les résultats obtenus par simulation de ce modèle (Figs. 3 et 4).

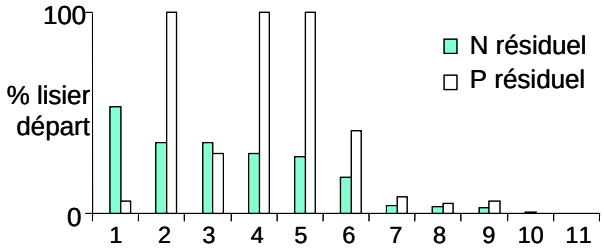

Figure 3 : Résultats de simulation de Macsizut pour 11 procédés de traitement. Taux d'azote (N) et de phosphore (P) résiduels (en % des teneurs du lisier brut).

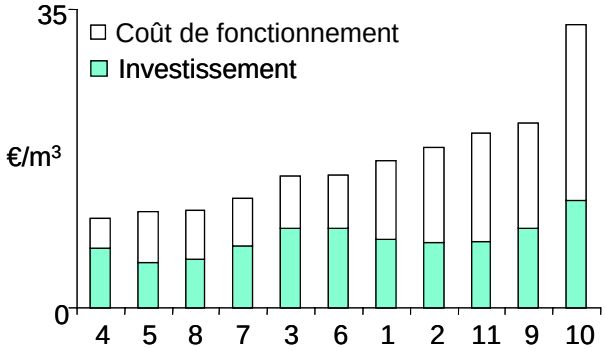

Figure 4 : Résultats de simulation de Macsizut pour 11 procédés de traitement. Coûts d'investissement et de fonctionnement des unités de traitement (€/m³).

Ces discussions ont permis de valider un scénario de gestion collective incluant le traitement des lisiers porcins par centrifugation suivie d'une nitrification-dénitrification. Ce traitement (procédé n°8), qui présente le meilleur rapport coût-efficacité, a été validé par l'ensemble des acteurs.

Tester des stratégies d'approvisionnement de l'unité collective de traitement

Nous avons utilisé le modèle Approzut pour répondre à la question n°3 (quel mode d'approvisionnement de l'unité de traitement collective ?). L'objectif est de coordonner les collectes de lisier auprès des 51 élevages porcins de Grand Ilet pour approvisionner la future unité collective de traitement de manière à éviter tout débordement de stock et limiter les ruptures de stock de lisier à traiter [5]. Afin d'atteindre cet objectif, trois stratégies d'approvisionnement ont été élaborées et testées par simulation du modèle Approzut [6] :

1. une stratégie planifiée (P),

2. une stratégie réactive basée sur le niveau des stocks des élevages (Rf),
3. une stratégie réactive basée sur le niveau de stock de l'unité de traitement (Rt).

Les scénarios de simulation ont pris en compte les données réelles concernant les élevages porcins de Grand Ilet (taille, capacité de stockage de lisier, localisation géographique, réseau routier…) ainsi que le souhait émis par les acteurs de Grand Ilet d'utiliser 2 camions-citernes de 15 m³ pour le transport. Les simulations effectuées ont permis de déterminer les paramètres de gestion de chacune de ces stratégies permettant de satisfaire le critère de non débordement des stocks, en présence ou en absence d'aléas (Fig. 5). Les stratégies réactives, basées sur un contrôle en feedback, sont plus efficaces pour faire face à l'incertitude du système que la stratégie planifiée en boucle ouverte. En effet, aucune adaptation n'est nécessaire pour que ces deux stratégies (Rf et Rt) satisfassent au critère de non débordement dans les simulations déterministes.

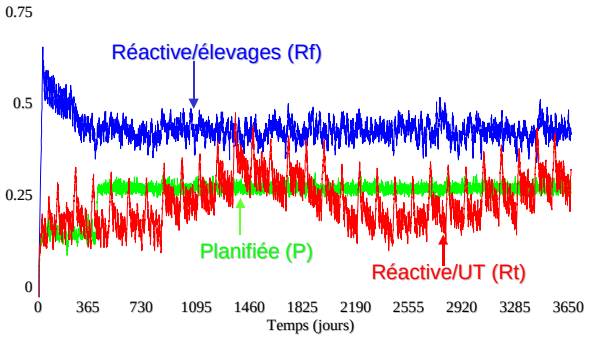

Figure 5 : Evolution du taux moyen de remplissage des stocks des éleveurs selon les 3 stratégies simulées en présence d'aléas (transport : 2 camions de 15 m3)

L'introduction d'aléas dans les simulations affecte considérablement moins la perte de performance de ces stratégies pour ce critère (*i.e.* 10 fois moins que la stratégie planifiée). Dans tous les cas, l'option simulée consistant à remplacer les conducteurs absents pour congés annuels (les 2 camions-citernes étant alors opérationnels tout au long de l'année) donne à l'évolution des stocks une bien meilleure stabilité avec un niveau moyen plus bas. Finalement, la stratégie réactive basée sur le niveau des stocks des élevages (Rf) nous semble être la meilleure car elles est plus adaptative et plus robuste en présence d'aléas.

Le modèle Approzut a été utilisé sans interaction avec les acteurs. Les résultats de simulation et la conclusion que nous en avons tirés restent donc à discuter avec eux.

Valoriser les coproduits issus du traitement

Concernant la gestion et la valorisation des coproduits issus de l'unité de traitement, l'objectif est de minimiser la production de coproduits à exporter et à gérer sur place tout en portant une attention particulière à leur qualité (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des coproduits issus de l'unité de traitement (procédé n°8) obtenues par simulation de Macsizut

	Refus de centrifugation	Effluent traité
Quantité (t/an ou m³/an)	2 900	19 139
Matière sèche (kg/t)	332	5,52
N (kg/t)	13,46	0,19
P (kg/t)	14,62	0,11
K (kg/t)	4,62	5,06
Cu (kg/t)	4,42	0,28
Zn (kg/t)	11,52	0,74

La présence à craindre d'éléments trace métalliques (cuivre et zinc) pose la question de la normalisation et de l'écoulement des coproduits solides. Le procédé de nitrification-dénitrification produira aussi des boues de décantation qu'il faudra gérer. Leur recyclage en tête de traitement en mélange avec le lisier brut dans la centrifugeuse permettrait de ne pas avoir de boues à épandre (procédé n°8 simulé avec Macsizut). Le refus de centrifugation pourrait être stocké en tas et composté avec l'ajout d'un minimum de substrat carboné (Fig. 6). Cette option est à approfondir sérieusement.

Figure 6 : Refus de centrifugation du lisier dans une unité de traitement biologique en Bretagne (procédé n°8)

La gestion de l'effluent traité mérite, elle aussi, un approfondissement afin de déterminer les caractéristiques de son stockage et de son utilisation éventuelle en irrigation.

Une évaluation de la solution globale de gestion collective des lisiers pourra être réalisée avec le modèle Biomas lorsque les options de valorisation des coproduits issus du traitement seront mieux définies.

Conclusions

Ce projet fait travailler en interaction plusieurs catégories d'acteurs (agriculteurs, ingénieurs, techniciens, chercheurs) appartenant à différentes organisations (groupement d'éleveurs, Chambre d'agriculture, coopératives, municipalité, Cirad). Concernant le choix du procédé de traitement, cette interaction a permis d'atteindre un objectif commun (même si individuellement, les objectifs ont pu ne pas être les mêmes). Le choix avec le modèle Macsizut d'un traitement biologique de nitrification-dénitrification précédé d'une centrifugation du lisier, présentant le meilleur rapport coût-efficacité, résulte d'un processus de décision collectif rationnel.

En 2005 et 2006, la situation à Grand Ilet a avancé relativement lentement, compte tenu du temps consacré au dossier relatif à l'acquisition du foncier. A ce jour, ni le porteur de projet, ni le maître d'œuvre n'ont été disponibles pour examiner avec nous les problèmes de l'approvisionnement de l'unité de traitement et de la gestion des coproduits. L'utilisation du modèle Approzut en association complète avec les acteurs n'a donc pas été réalisée en 2005, comme nous l'aurions souhaité. Seuls des résultats de simulation issus de scénarios prenant partiellement en compte les souhaits des acteurs ont été étudiés. Une stratégie d'approvisionnement « réactive », basée sur la connaissance des stocks de lisier des éleveurs nous paraît la meilleure car plus adaptative et plus robuste face aux aléas.

Cette option devra être discutée de façon détaillée avec les acteurs, en prenant en compte d'éventuels réajustements du projet (modification du nombre d'élevages concernés, levée de certaines contraintes de circulation, nouvelles options liées aux modes de valorisation des coproduits, aux coûts d'exploitation…).

Le modèle Biomas a également été amélioré et paramétré pour la situation de Grand Ilet. Les scénarios à tester dépendent des options qui seront prises par les acteurs, non seulement pour l'approvisionnement de l'unité collective de traitement, mais surtout pour la gestion des coproduits issus du traitement. Des indicateurs de coût sont en cours de développement dans Biomas pour permettre une meilleure évaluation globale des solutions de gestion collective envisagées par les acteurs agricoles.

Au-delà de leur utilisation dans la situation de Grand Ilet, nos modèles ont été conçus de façon générique afin de pouvoir servir sur d'autres terrains et dans d'autres situations. Ces outils seront prochainement mis en œuvre sur le terrain du Petit Tampon-Grand Tampon situé dans le sud de la Réunion [7].

Remerciements

Nous sommes très reconnaissants envers tous les collègues du Cirad, de l'Inra et de l'université de la Réunion qui ont participé à ce travail. Le Gis Porcherie Verte nous a permis grâce à son appui financier de mener au mieux cette action et d'intervenir pour aider aux prises de décision des acteurs de Grand Ilet. Nous remercions également

l'ensemble des personnels occasionnels (CDD et stagiaires) du Cirad ainsi que les éleveurs et techniciens du développement agricole de Grand Ilet qui se sont impliqués dans ce travail.

Pour en savoir plus…

[1] Médoc J.-M., Guerrin F., 2006 - Utilisation de modèles de simulation pour élaborer une stratégie de gestion collective des lisiers de porcs à Grand Ilet, Salazie, La Réunion. Rapport final AC54d. Cirad-Gis Porcherie verte, 72 p.

[2] Médoc J.-M., Guerrin F., Courdier R., Paillat J.-M., 2004 - A multi-modelling approach to help agricultural stakeholders design animal wastes management strategies in the Réunion island. Actes iEMSs 2004, International Environmental Modelling and Software Society Conference on Complexity and Integrated Resources Management, Osnabrück, Germany, June 14-17

[3] Ioos R., 2003 - Identification des bassins potentiels de consommation des effluents d'élevage produits à Grand Ilet. Reformulation de conseils en fertilisation organique et minérale et construction d'un système d'information géographique pour la zone Nord-Est de la Réunion. Mémoire de DAA Ingénierie des agrosystèmes Ensa Rennes-Cirad, 72 p.

[4] Guerrin F., Paillat J.-M. (Éditeurs scientifiques), 2003 - Modélisation des flux de biomasse et des transferts de fertilité - Cas de la gestion des effluents d'élevage à l'île de la Réunion. Restitution des travaux de l'ATP 99/60. Actes du séminaire des 19-20 juin 2002, Montpellier, France. Cirad, Montpellier France, Colloques, Cd-Rom

[5] Bouquet S., 2004 - Eléments pour l'élaboration de stratégies d'approvisionnement d'une unité collective de traitement du lisier. Le cas de Grand-Ilet, Cirque de Salazie, Ile de la Réunion. Mémoire de DAA-Master Sciences et Génie de l'environnement Ensaia-Inpl-Cirad, 30 p.

[6] Guerrin F., Médoc J.-M., 2005 - A simulation approach to evaluate supply policies of a pig slurry treatment plant by multiple farms. EFITA/WCCA 2005 joint conference on Information technology in agriculture, food and environment, Vila Real, Portugal, July 25-28

[7] Médoc J.-M., Ayache B., Raimbault T., 2006 - Assessment of the Balance between Livestock Effluent Production and Nutrient Demand by Crops in a Small Agricultural Area of The Reunion Island. 12th RAMIRAN International Conference "Technology for recycling of manure and organic residues in a whole-farm perspective". Aarhus, Denmark, September 11-13

Annexe

Procédés de traitement des lisiers agrées par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et renseignés dans Macsizut [2003]

1. Coagulation, floculation, pressage pour concentrer N et P (Ecoliz)
2. Centrifugation, concentration de N par stripping et lavage acide (Balcopure)
3. Centrifugation, combustion catalytique de N (Smelox)
4. Nitrification-dénitrification (NDN)
5. Coagulation, filtration, NDN (Dénitral,…)
6. Filtration sur paille, NDN (Agrifiltre)
7. Filtration, NDN sur biofiltres (Eurobiosor)
8. Centrifugation, NDN (Valetec, …)
9. Coagulation, floculation, filtration, NDN (Ecoliz)
10. Déshydratation sur disques raclés, concentration de N par stripping et lavage acide (MAE)
11. Compostage de lisier sur paille (Isater, Guernevez,…)