

Mélodie

**un simulateur d'une exploitation d'élevage
pour étudier les relations entre conduite et
risques pour l'environnement**

P. FAVERDIN, S. ESPAGNOL

Le projet MELODIE



L'exploitation d'élevage : un objet de recherche pluridisciplinaire

Approche expérimentale
des systèmes de production

- Essais farmlets
- Expérimentation système

Approche modélisatrice
des systèmes de production

Approche réseau
des systèmes de production

- Réseau IE et CA
- RICA

+ Maîtrise du système
+ Informations
- Coûts
- Peu de systèmes étudiés
- Choix du système

+ Diversité des systèmes
+ Coûts
+ Maîtrise des systèmes
+ Informations
- Modèle

+ diversité des systèmes
+ diversités des territoires
- Coûts
- pas de maîtrise des systèmes
- très descriptif
- information limitée



Objectifs

Création d'un modèle du fonctionnement des exploitations d'élevage (bovines, porcines) pour:

Évaluer **l'impact environnemental** des exploitations d'élevage en fonction des systèmes de production

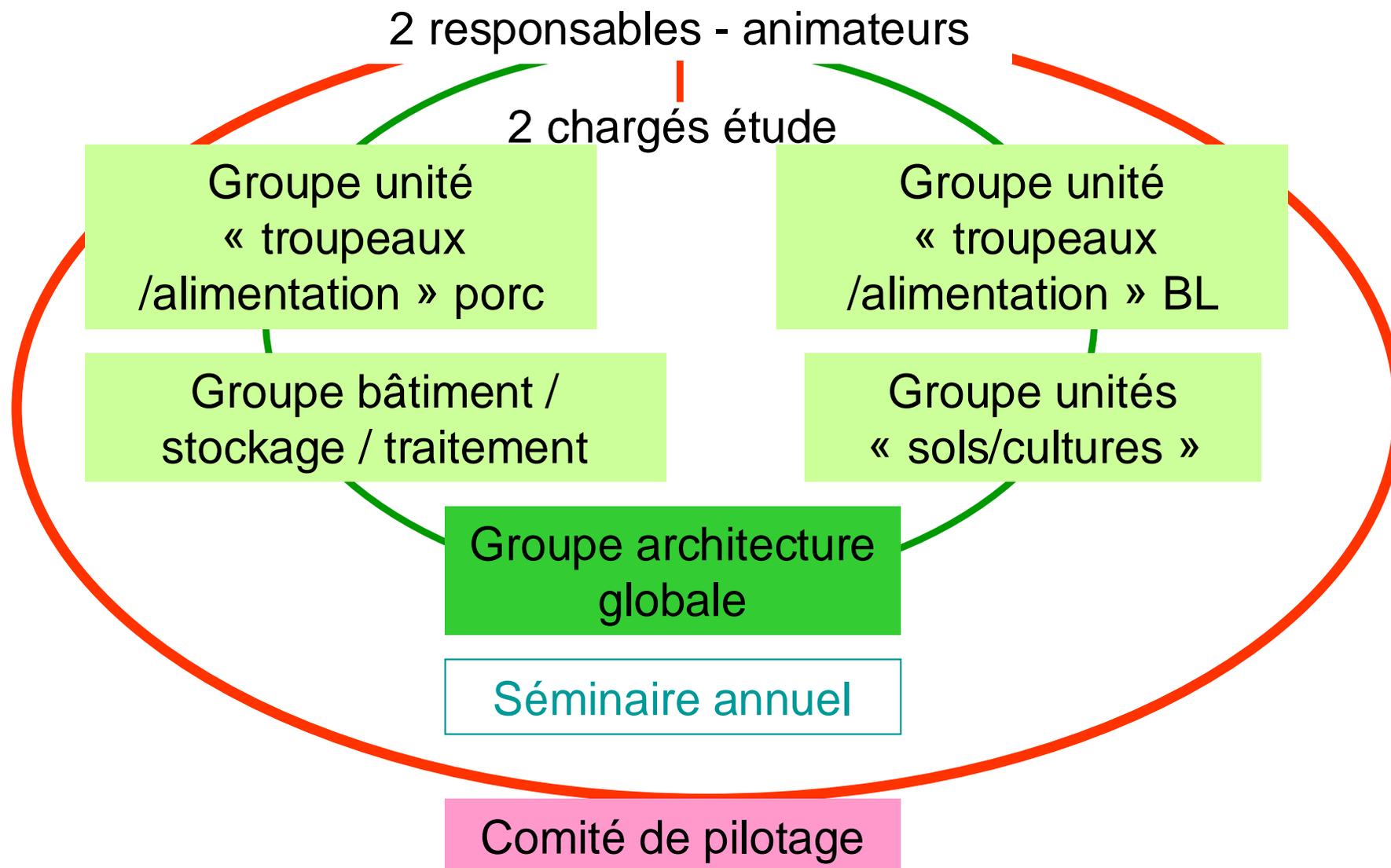
- Flux d'éléments à risque vers l'eau (ex. lessivage N, ruissellement P) et l'air (GES)
- Consommation d'énergie
- En déduire des éléments sur la **durabilité** des stratégies (ex ante)
 - Indicateurs environnementaux à définir
 - Éléments technico-économiques

Les acteurs du projet

- INRA
 - UMR Production du Lait (Système d'élevage laitier) & UMR Systèmes d'Élevage, Nutrition Animale et Humaine (Système d'élevage porcins)
 - Modélisation des stratégies d'élevage
 - Modélisation des rejets animaux
 - UMR Sol, Agronomie, Spatialisation (Effluents, Environnement et agronomie de la prairies)
 - Devenir des effluents au stockage et à l'épandage
 - Couplage modélisation et ACV
 - l'UMR BIA Toulouse (Ontologie des systèmes pilotés)
 - Tester et développer l'ontologie des systèmes pilotés au travers des exploitations d'élevage. Utilisation de la plateforme DIESE de modélisation
 - L'UR économie de Rennes
 - Apports informatique autour du couplage de STICS avec d'autres modèles (JC Poupa)
- Institut de l'Élevage, IFIP et les chambres d'agriculture de l'Ouest
 - Expertise des systèmes d'élevage et des pratiques
 - Base de données des systèmes d'élevage
 - Expérimentation systèmes autour de l'environnement et de la gestion des effluents

Faverdin P.^{1,2}, Chardon X.^{1,2,3}, Rigolot C.^{4,5,6}, Baratte C.^{1,2}, Raison C.³, Piquemal B.^{1,2}, Martin-Clouaire R.⁷, Rellier J.-P.⁷, Le Gall A.³, Dourmad J.-Y.^{4,5}, Leterme P.^{8,9}, Paillat J.-M.^{8,9}, Delaby L.^{1,2}, Garcia F.^{1,2}, Peyraud J.-L.^{1,2}, Poupa J.-C.^{10,11}, Morvan T.^{8,9}, Espagnol S.⁶

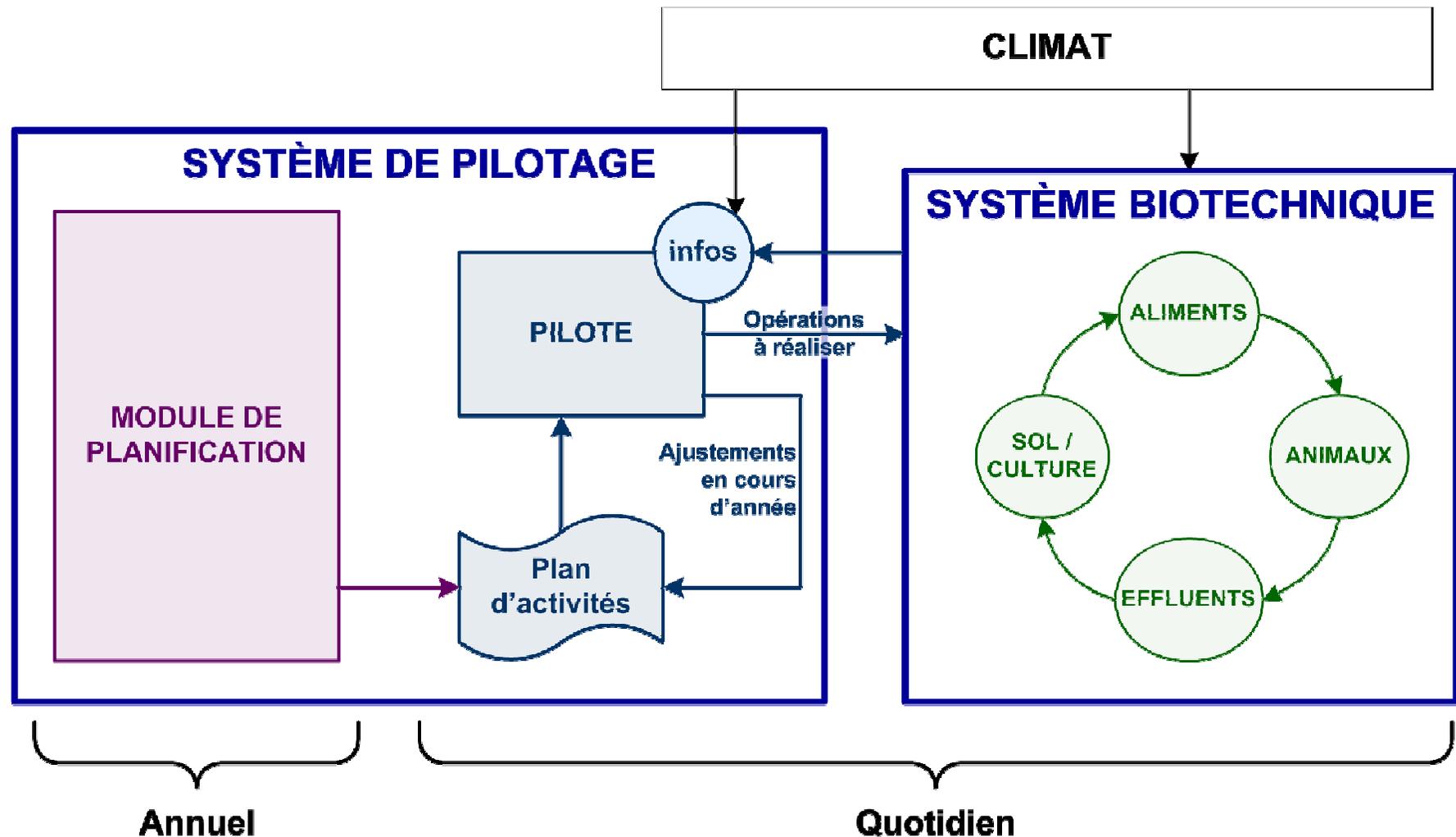
Organisation



Le modèle MELODIE



Architecture du modèle : interaction processus décisionnels et biophysiques



Réutilisation et **création** ± anticipées de modèles adaptés à MELODIE

Système décisionnel

TOURNESOL
Modèle décision
assolement
(Excel → C++)

FUMIGENE
Modèle décision
plan de fumure
(Excel → C++)

**Plans
d'activités
ITK
pâturage**

Dièse

Système biotechnique

STICS C
(JC Poupa)
(Isabelle Lecomte)

**Modèle P
du sol**
(Vensim → C++)

**Modèle devenir des
effluents au stockage**
(thèse Cyrille
Basic Dièse)

Tables et systèmes
INRA d'alimentation
des ruminants

INRAporc Modèle de
production des porcs

**Modèle rejets bovins
et compositions effluents (Excel → C++)**

**Modèle rejets porcs
et compositions effluents (Excel → C++)**

GEDEMO
Modèle troupeau
(Vensim → C++)

GRAZIN
Modèle ingestion et
production des vaches
à l'auge et au pâturage
(Visual basic → C++)

Premières simulations avec MELODIE



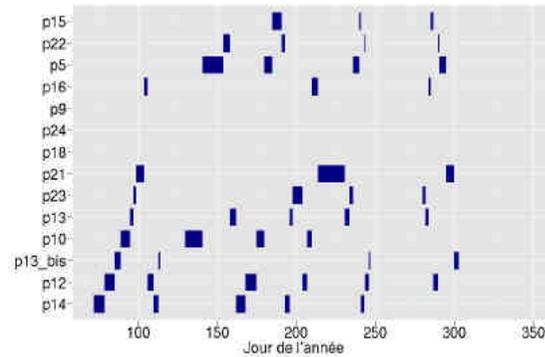
Sorties multiples de MELODIE Objets, échelles,...

Fonctionnement du système de production

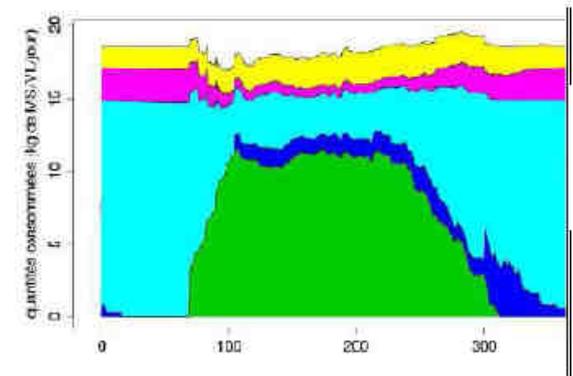
Assolements et plan de fertilisation



Calendrier de pâturage réalisé

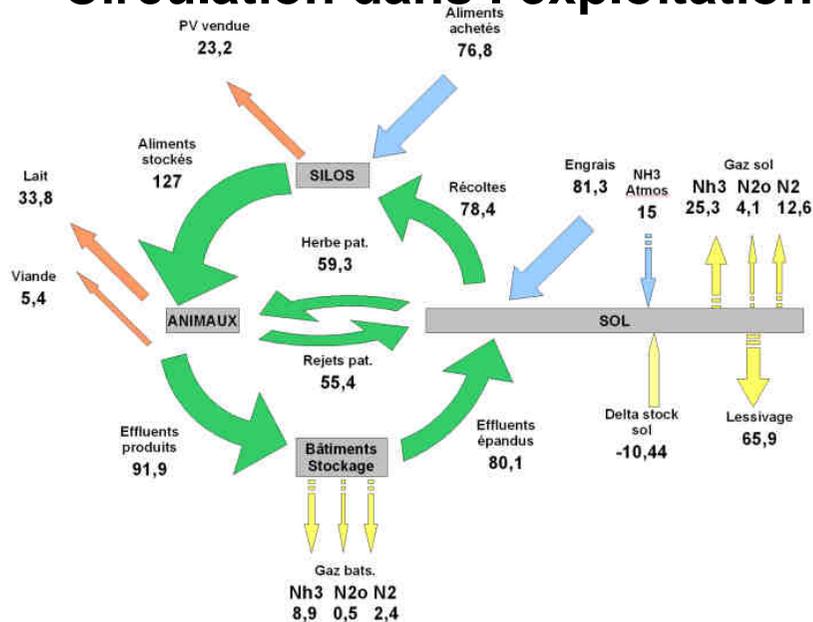


Dynamique de la ration alimentaire

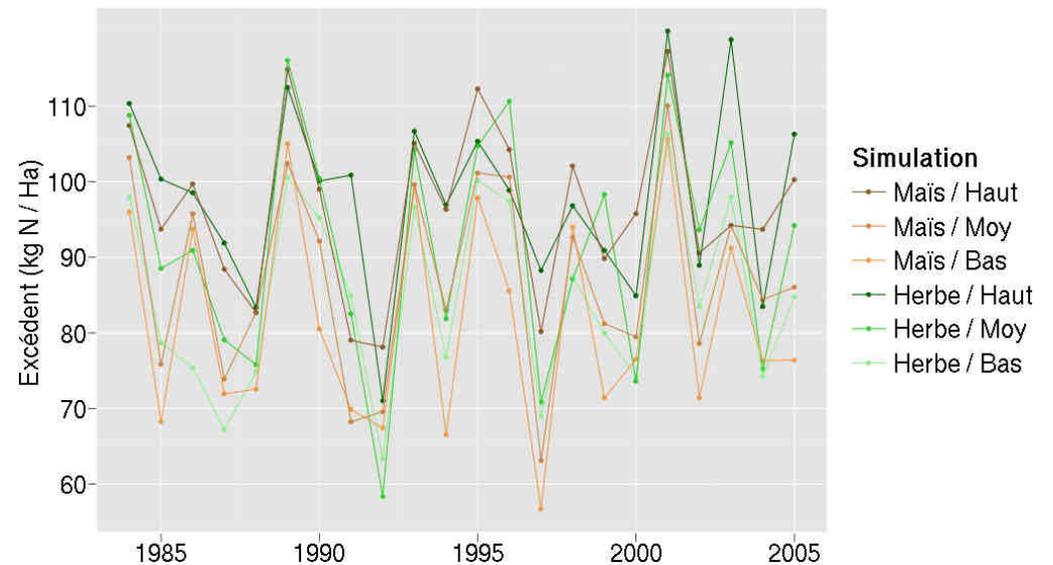


Flux de N (ou C)

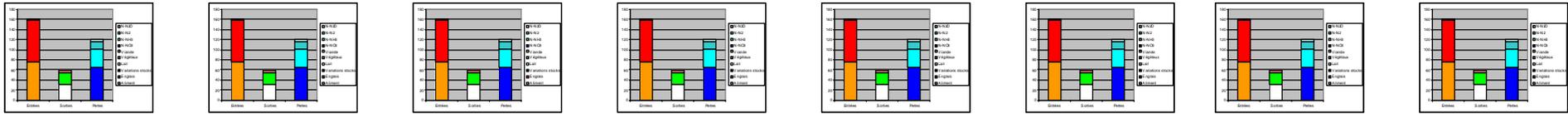
Circulation dans l'exploitation



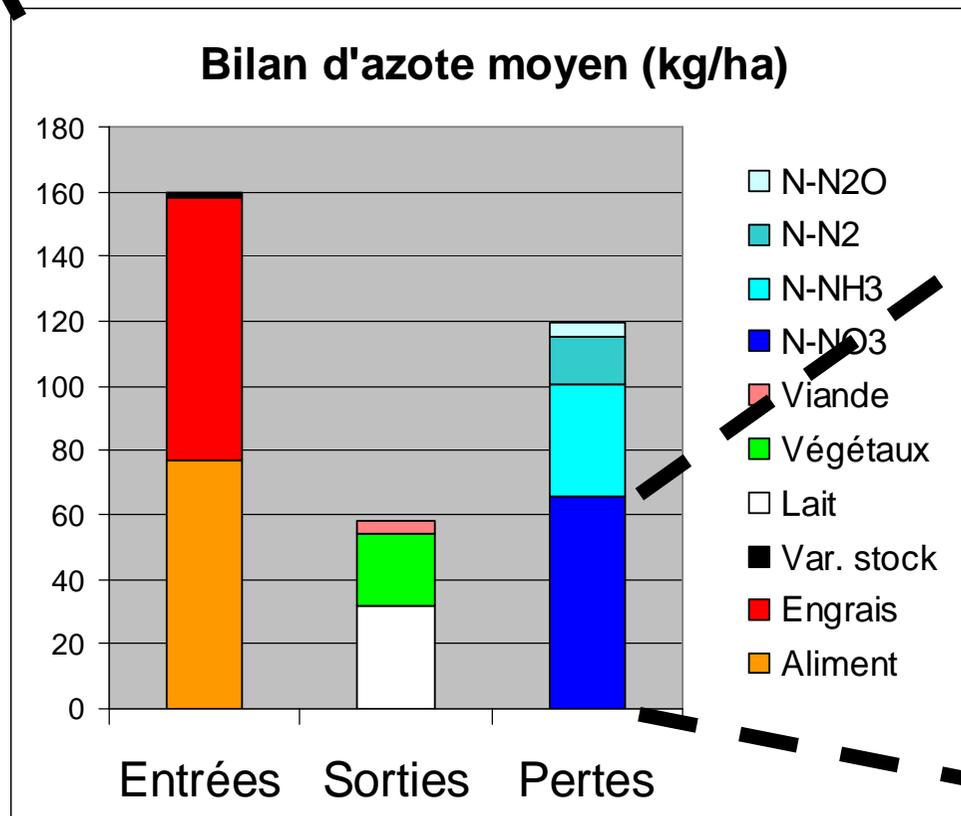
Variations interannuelles



Analyse détaillée de la variabilité



Variation pluriannuelle

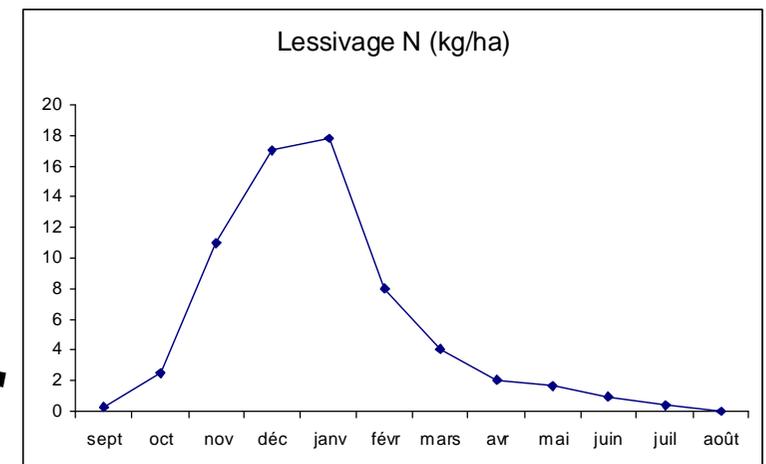


Désagrégation du bilan

Dans l'espace :

Animaux / Effluent /
Parcelles

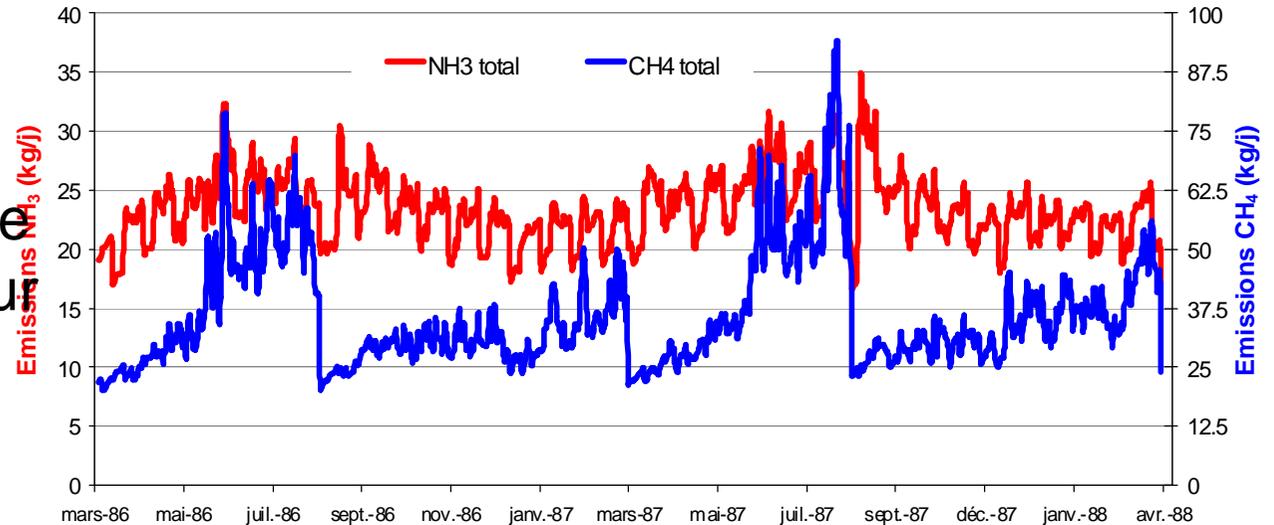
Dans le temps



Scénarios comparés de différents systèmes d'élevage de porcs

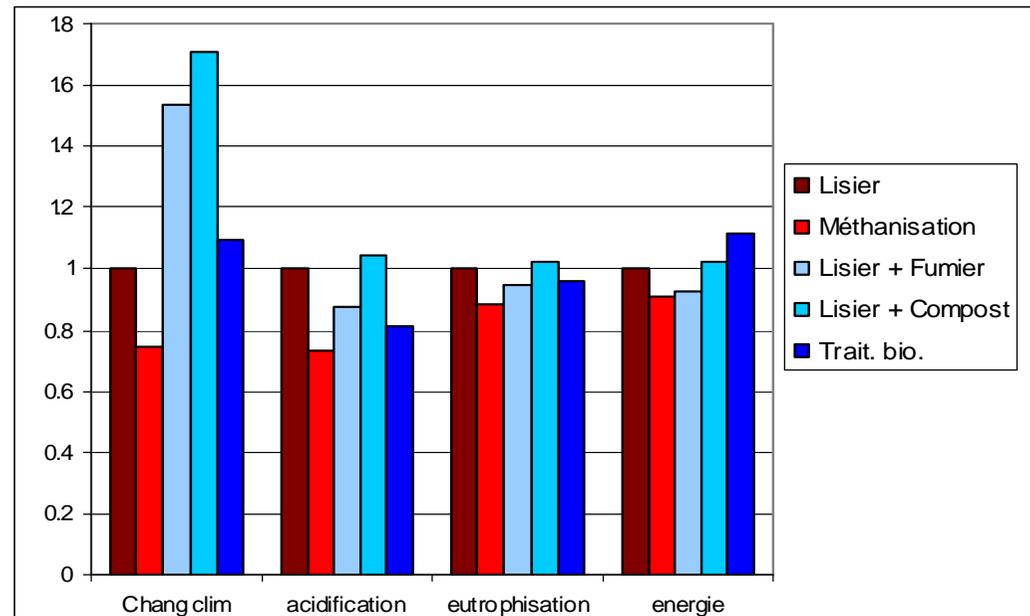
Gestions # des effluents

- Lisier
- Méthanisation
- Engraissement sur paille
- Compostage de lisier sur paille
- Traitement biologique



→ Simulation dynamique des émissions
→ Couplage à une évaluation des impacts par analyse de cycle de vie

(Projet ANR SPADD)



Les réussites de MELODIE

- Évaluation ***Ex-ante*** et **multicritères** de **stratégies** de production
- Un collectif très riche pour couvrir les différents volets d'un projet très pluridisciplinaire
- Couplage décisions - processus dans un modèle sensible au climat
- Couplage modèle - base de données (PostgreSQL) - logiciel d'analyses (R) → ACV
- Couplage à d'autres modèles (Acassya)
- Simulation possible pour une large gamme de systèmes avec le même simulateur (→ comparaisons)
- Forte aptitude à évoluer
- Diversité des sorties
- Son insertion dans de nombreux projets

Les difficultés du projet MELODIE

- Vérification du code difficile avec un modèle aussi vaste
- Paramétrage du modèle très complexe, peu intuitif
- Arriver à maîtriser tous les sous-modèles dans un couplage aussi large (cas de STICS)
- Quel environnement informatique est le plus adapté à ce type de modèle ? (DIESE, RECORD VLE, C++, ...)
- Travailler avec des modèles dynamiques complexes : la méthodologie est encore largement à construire.
 - Impossibilité de faire des plans d'expérience exhaustifs pour étudier le comportement du modèle.
 - Comparaison de scénarios : comment générer (en amont) et la vérifier (en sortie) la cohérence de ces scénarios ?
- Diversité des sorties : gérer une approche multicritère dynamique
- Modèle lourd à manipuler, les temps de traitements des sorties étant supérieurs à ceux des simulations
- Tension entre la diversité des situations et des leviers que l'on voudrait étudier avec le modèle et la simplicité de son utilisation

Point de vue d'un utilisateur : l'IFIP



Questions / intérêts Mélodie

Conseil / année / éleveurs

- Quelle performance environnementale de système en lien avec mes pratiques ?
Quelles évolutions chaque année ?
- Quelles efficacités locales et globales de bonnes pratiques ?

Projets ADEME 2009-2011 et 2012-2013 : Mise en place d'un réseau environnemental d'élevages porcins

Vision globale / moyen long terme / décideurs

- Quels systèmes d'élevages demain ?
- Quel bilan global sur les différents impacts environnementaux pour les différents systèmes d'élevage ?

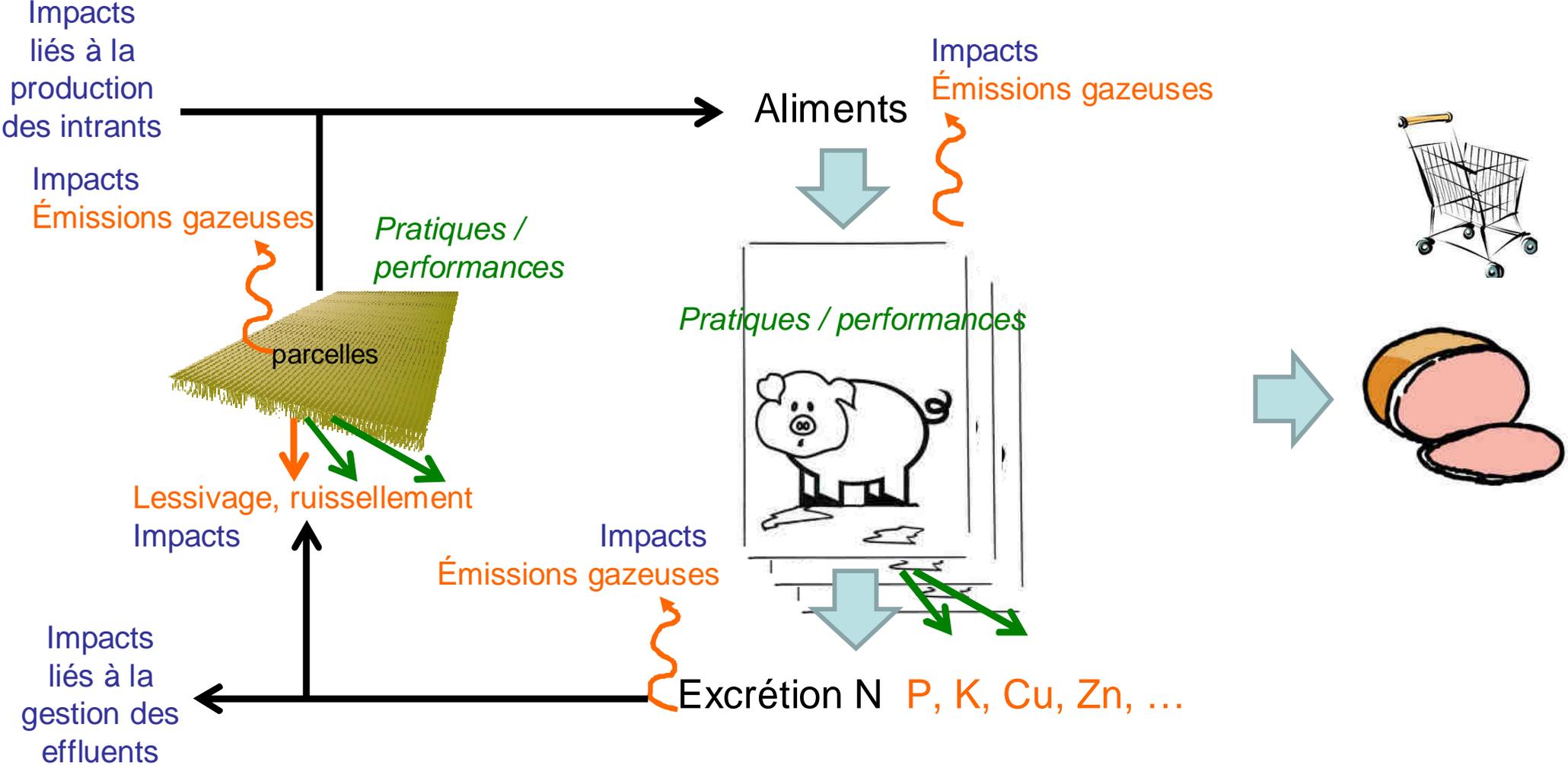
Projet CASDAR 2009-2011 :
Référentiel environnement porc

Consommateurs

- Quelle différence de performance environnementale entre 2 produits ?

Projet ADEME 2010-2012 : Agri
BALYSE

Complexité croissante





Mélodie pour aider à gérer la complexité

Apports de Mélodie / limites

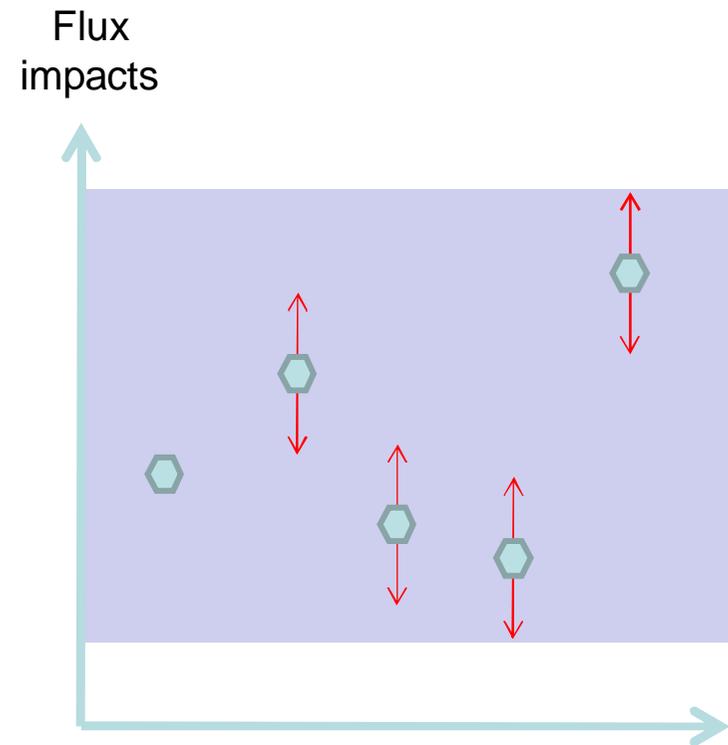
- Zoom sur une échelle stratégique :
 - Échelle de gestion des éleveurs (nos interlocuteurs)
 - Échelle d'application des leviers d'action des éleveurs
 - Échelle d'expertise de l'institut
- Approche multicritère, multiposte
- Modèle avec une approche commune pour les élevages porcins et bovins lait
- Échelle insuffisante ?
 - Production des aliments et épandage des effluents souvent externalisés en élevages porcins
 - Besoins des autres échelles pour certains cadres d'utilisation (ACV)
 - Possibilité d'interfacer différents outils : jugé même préférable
- La complexité gérée par le modèle est injectée préalablement
- En tant qu'utilisateur il faut être au fait de tous les rouages internes du modèle (aide et non délégation)
 - Il faut une documentation très solide et un fort investissement
- Niveau de complexité différent d'une filière à l'autre



***Mélodie pour produire des références,
représentatives de la diversité des
systèmes de production***

Apports de Mélodie

- Production porcine standard = 99% production nationale
- Différences :
 - Performances techniques
 - Implantations géographiques (climat, assolements, rendements)
 - Stratégies d'alimentation
 - Modalités de gestion des effluents
- A connaître pour :
 - Élevages : pépinière innovation
 - Spécifier le conseil
 - Accompagnement au changement
 - Distinction éventuel entre produits



Difficultés / Exigences

- Être en mesure de **renseigner les spécificités de chaque système dans Mélodie**
 - Alimentation des données sol au format STICS
 - Date d'épandage en fonction du climat
- Obtenir des **références fiables** pas seulement en relatif
 - Difficulté de valider les sorties de Mélodie
- Positionnement permanent de ces références produites par rapport à d'autres **références officielles**
 - Ex : IPCC 2006 pour les émissions GES, CORINAIR NH3, ...



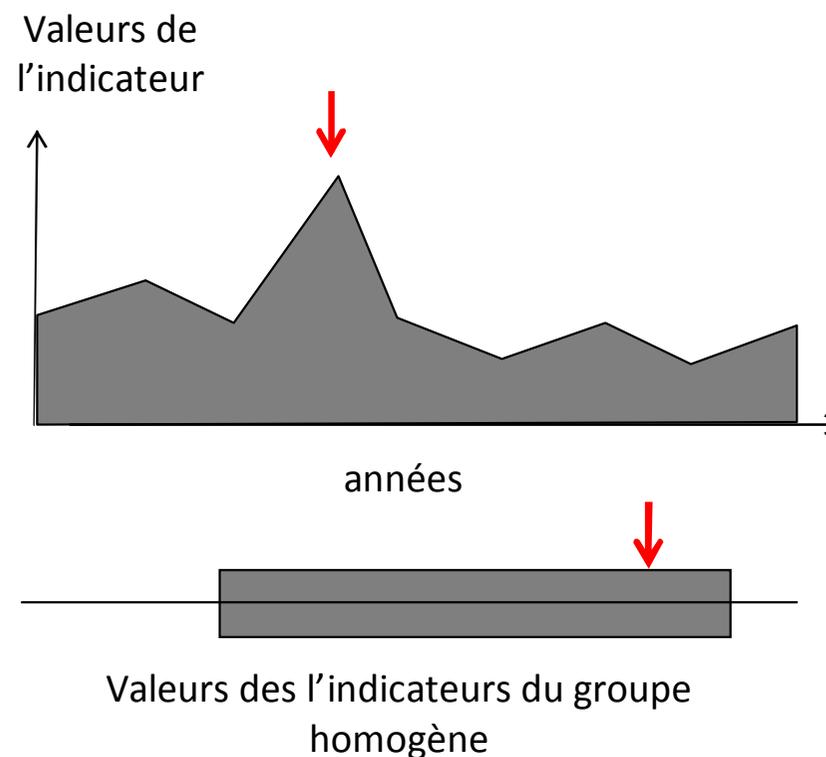
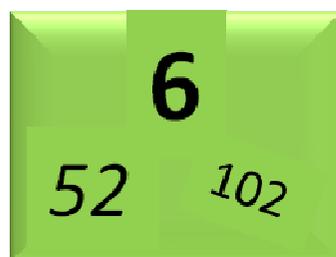
***Mélodie pour aider à construire des outils
d'aide à la décision***

Apports de Mélodie

- **Avant mélodie** : Flux encore mal connus souvent estimé avec des facteurs d'émissions grossiers et pas forcément adaptés aux conditions françaises
- **Apports de Mélodie** : Production d'équations sur les émissions gazeuses sensibles aux pratiques des éleveurs (*Rigolot et al., 2010 a et b*)



Utilisation sous forme de bilan annuel dans outil d'aide à la décision destiné aux éleveurs



Difficultés / Exigences

- **Mélodie trop complexe pour être en tant que tel un outil d'aide à la décision (pas fait pour!!)** mais il rassemble des sous modèles / équations qui peuvent être utilisés séparément
- Il faut veiller ensuite aux évolutions respectives du modèle et des outils dérivés (des modifications de l'un peuvent bénéficier à l'autre)
: **gestion de cohérence**
 - Nécessité d'avoir une bonne idée du réseau des utilisateurs pour les informer des évolutions



Mélodie pour aider à l'évaluation de nouveaux systèmes

Apports de Mélodie / limites

- Intérêt premier du modèle de pouvoir simuler des élevages virtuels
- Généricité dans la construction pour permettre cet usage
- Possibilité de rajouter des modalités d'élevage
- Savoir mesurer les limites du modèle et formaliser sa zone de validité
 - Définir les domaines de validité des données d'entrée et de sortie des sous-modèles couplés

Conclusion

- Outil intéressant et mobilisé dans projets de l'IFIP
- D'autres utilisations possibles
 - Modélisation de systèmes mixtes (2 en cours)
 - Modélisation de l'impact, de réglementations sur la fertilisation, de l'alimentation sur le plan d'épandage
- Difficulté du témoignage
 - Mélodie et nos utilisations très corrélés et spécifiques à nos besoins
 - Difficile de tirer des généralités de cela utiles pour les autres