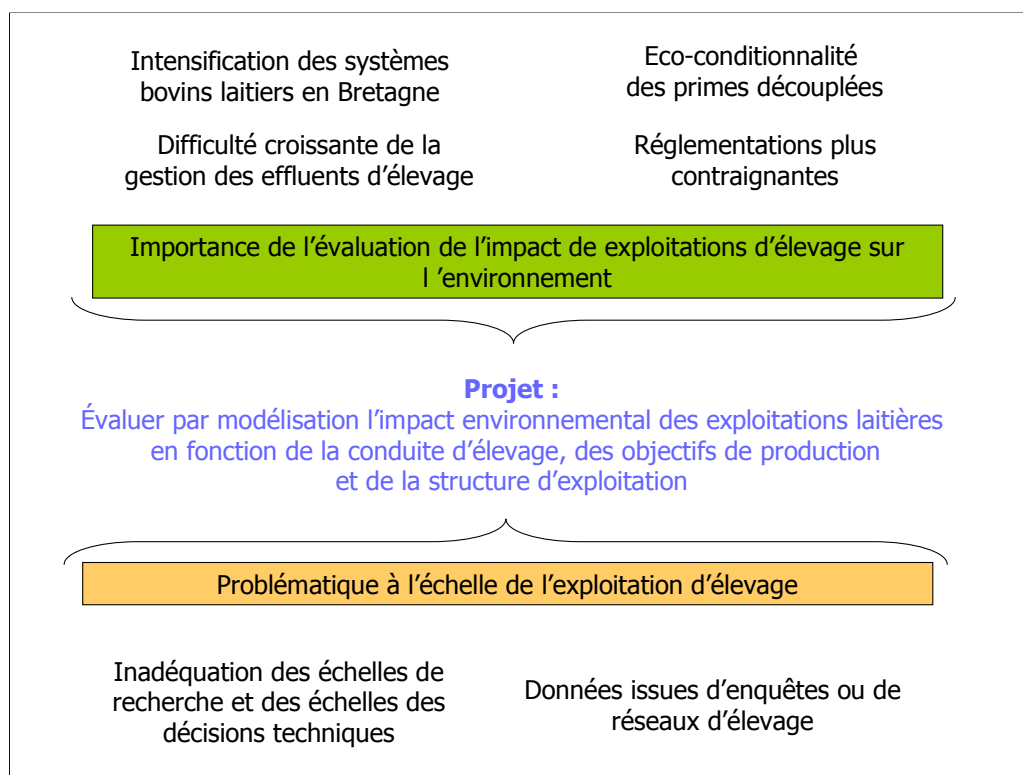


**Modélisation pluriannuelle des assolements dans  
une exploitation bovine laitière (ou d'élevage)  
De la parcelle à l'exploitation**

**Florence GARCIA et Philippe FAVERDIN  
UMR Production du Lait – Saint-Gilles**

©inra-SLAGMULDER Christian



L'environnement devient un enjeu de plus en plus important pour l'agriculture est souvent vécu que comme une série de réglementations contraignantes et plus ou moins efficace. Le niveau « exploitation agricole » est pourtant bien au centre des prises de décision concernant l'environnement. De nombreux travaux ont été réalisés à des échelles infra pour optimiser l'utilisation des intrants à l'échelle de la parcelle ou de l'animal, mais ces approches ne garantissent pas une efficacité optimale à l'échelle du système de production.

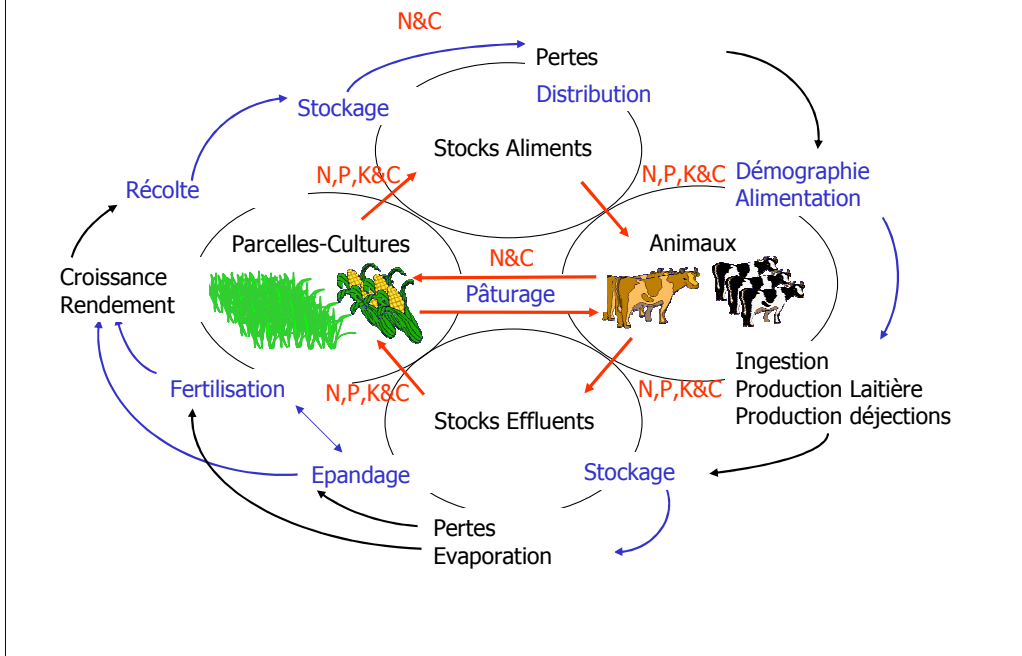
Ainsi, en exploitation laitière, l'augmentation de production par vache permet d'accroître souvent l'efficacité des intrants par litre de lait produit en divisant en particulier les coûts d'entretien par un plus grand nombre de litres de lait. Ce raisonnement trouve cependant ses limites dès que l'on aborde le niveau troupeau, en particulier parce que les troupeaux de vaches fortes productrices ont aujourd'hui un taux de renouvellement de plus en plus élevé suite aux problèmes de santé et de reproduction plus importants des vaches fortes productrices. A l'échelle de l'exploitation, on constate également que l'intensification laitière s'accompagne d'une densité par ha de SFP plus importante et par une libération de surface pouvant également être génératrice d'éléments polluants suivant leur mode de conduite.

A une échelle supérieure, les recherches permettent de construire des indicateurs de l'état pollution de l'environnement, mais ont parfois du mal à faire le lien avec les conduites des systèmes de production et à proposer les stratégies les plus efficaces sans altérer le revenu des exploitations.

L'objectif de ce projet est donc d'élaborer un modèle à l'échelle de l'exploitation permettant de faire le lien entre la conduite du système de production et la production d'éléments à risque pour l'environnement au sein d'une exploitation laitière donnée. La modélisation permet :

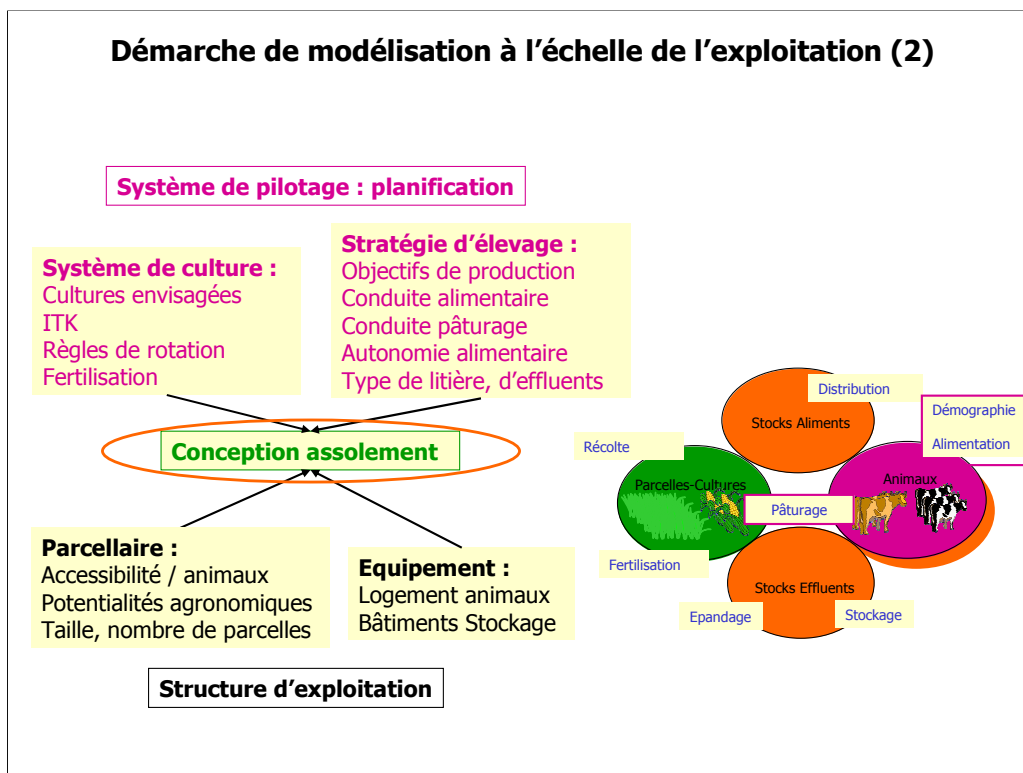
- de comparer des stratégies différentes toutes choses égales par ailleurs,
- d'aborder les problèmes du temps long, rarement accessibles expérimentalement et difficiles à expliquer par les stratégies lors des observations,
- de tracer de très nombreuses informations et variables intéressantes pour l'environnement et les performances agronomiques du système,
- de pouvoir spatialiser les opérations pour étudier la localisation des risques suite à des rotations peut favorables.

### Démarche de modélisation à l'échelle de l'exploitation (1)



Le modèle se propose de représenter les éléments essentiels du système biotechnique suivant le schéma ci-dessus. Les éléments potentiellement retenus sont utilisés et générés par les deux grandes familles d'entités que sont les entités parcelles-cultures et des entités troupeaux. Les stocks d'aliments et d'effluents permettent d'optimiser l'utilisation de ces produits au cours de l'année alors qu'au pâturage les processus de stockage sont shuntés.

## Démarche de modélisation à l'échelle de l'exploitation (2)



La principale difficulté de ce type de modèle réside dans la définition cohérente d'une stratégie cohérente de planification des actions au sein du système, en particulier la conduite du troupeau, en particulier l'alimentation, et la gestion du système de culture. Cette stratégie doit également prendre en compte le souci de l'exploitant d'assurer une plus ou moins grande partie de la production des cultures pour les besoins de son troupeau en totale autonomie ou en ayant recours à des achats extérieurs.

La conception de l'assolement sur plusieurs années représente un élément central permettant d'assurer cette cohérence au sein d'une exploitation d'élevage, en particulier pour les systèmes laitiers qui utilisent une part importante de la SAU pour réaliser des cultures.

## Comment formaliser le processus de construction d'un assolement ?

### Corps de règles

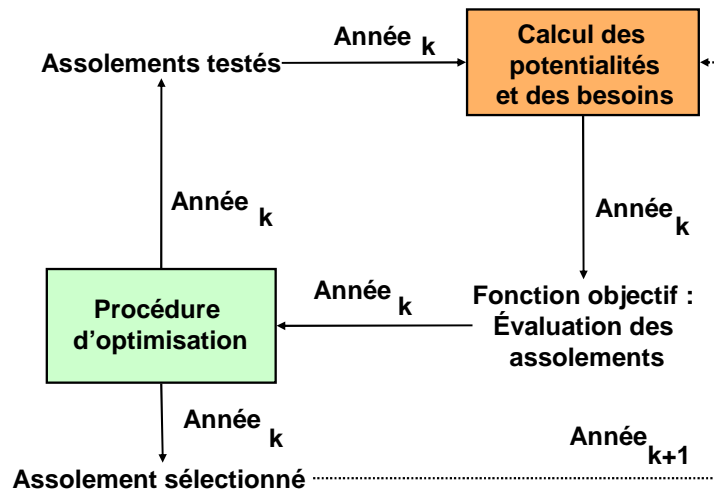
- Définies
  - a priori, à partir de l'expertise ou du conseil
  - a posteriori, à partir d'observations de successions culturales sur un territoire
- Plus facile pour définir des rotations au sein d'une parcelle ou d'un îlot
- Formalisme proche de l'expertise, mais complexe
- Difficile de prendre en compte les pondérations d'un ensemble de contraintes
- Difficile de prévoir toutes les règles permettant d'aboutir à une solution

### Optimisation multicritère

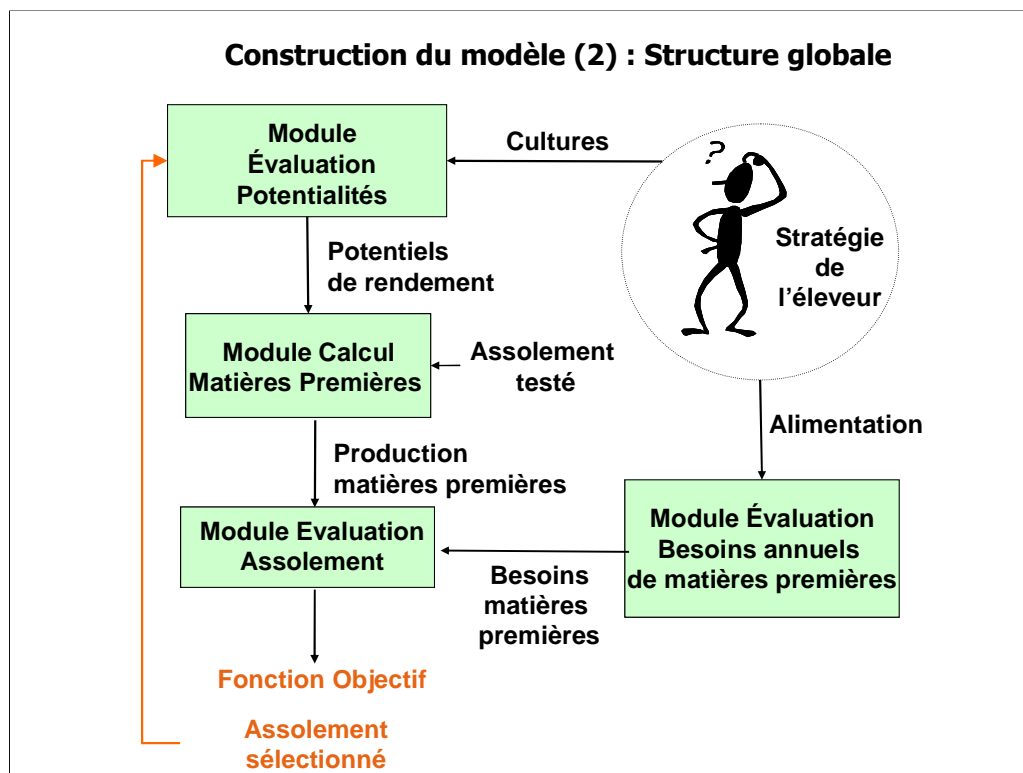
- La fonction d'optimisation doit porter les différentes contraintes ou objectifs intervenant dans la décision
- Le formalisme est plus éloigné de l'expertise qu'avec un corps de règles, mais plus simple à concevoir : plus abstrait, paramétrage plus complexe
- Les pondérations sont apparentes
- Les paramètres à estimer sont très nombreux, convergence? Optimum?
- L'interprétation de la solution est plus complexe

## Modélisation pluriannuelle des assolements dans une exploitation bovine laitière (ou d'élevage)

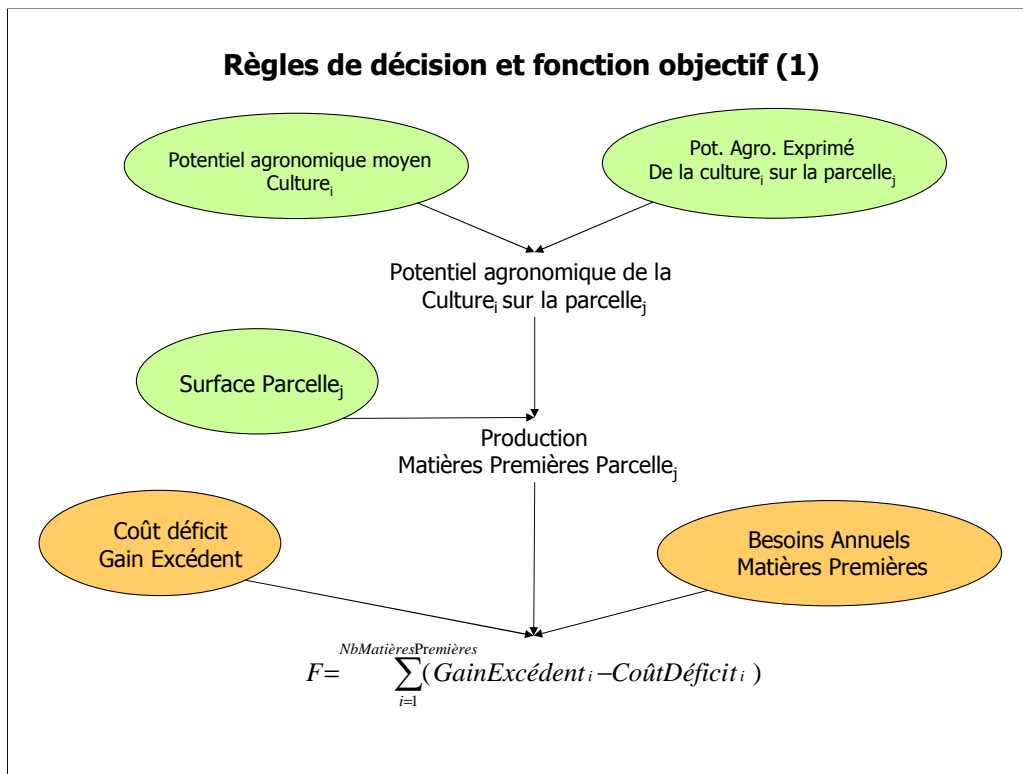
### Construction du modèle (1)



Dans le modèle Tournesol qui construit un assolement, la simulation de la décision se fait par optimisation pour chacune des années. La procédure ne cherche pas à anticiper sur l'optimisation de l'année suivantes. Seuls les éléments de projection de l'année en cours et des réalisations des années passées sont pris en compte pour la construction de l'assolement d'une année.

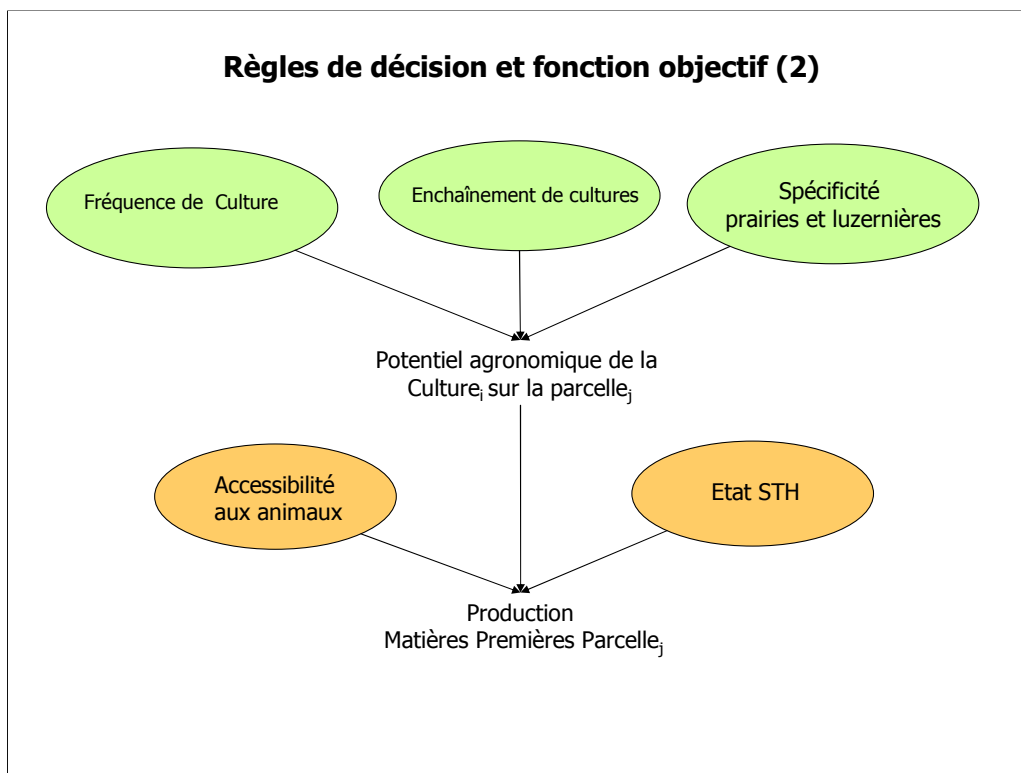


La stratégie de l'éleveur se définit d'une part au travers des besoins en matières premières nécessaires à l'alimentation et les cultures envisagées compte tenu des potentiels des parcelles pour chacune de ces cultures et des profits attendus.



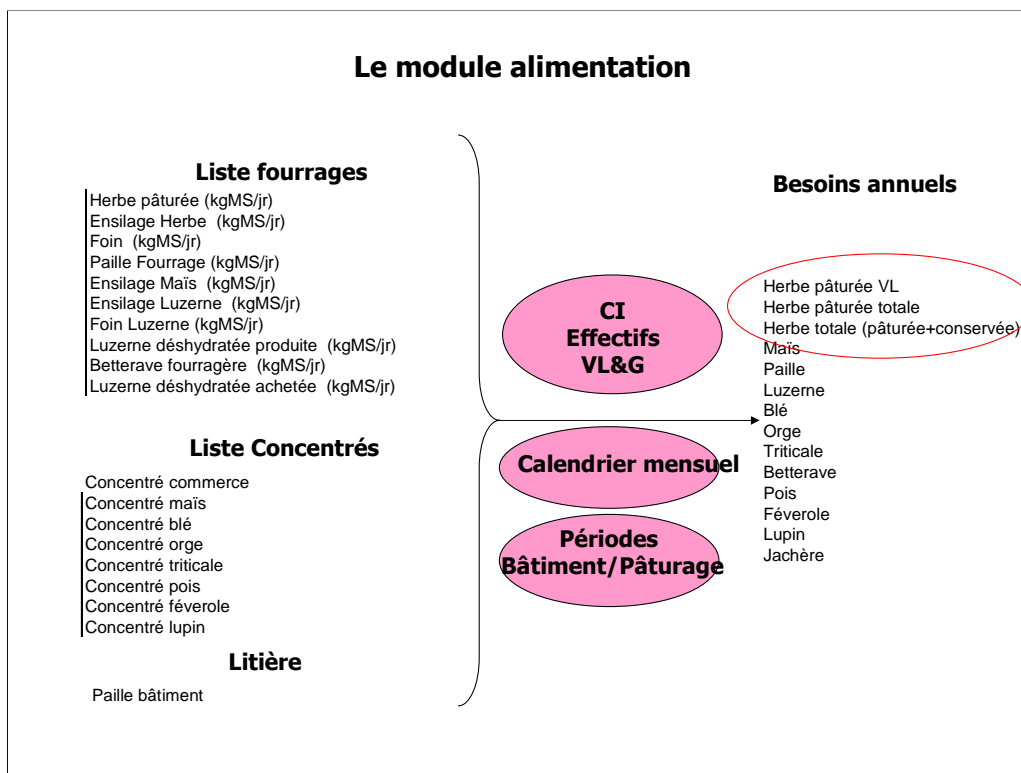
La fonction qui sert à évaluer l'assolement prend en compte la somme des coûts ou des gains correspondant au sous- ou aux sur-réalisations attendues pour chacune des cultures compte tenu de l'assolement considéré. Ces gains peuvent être liés à la marge brute de la culture considérée. Par contre les coûts des déficits peuvent aller depuis l'achat des ces matières premières à l'extérieur jusqu'à des valeurs très élevés lorsque l'éleveur ne conçoit pas de ne pas réaliser ces productions. C'est le cas en particulier lorsqu'il souhaite être autonome ou lorsque la culture est obligatoire (jachère).





Les productions attendues d'une culture sur une parcelles sont fonction de l'aptitude de cette parcelle pour cette culture telle que l'exploitation se la représente, mais également de la culture précédente et de la fréquence à laquelle cette culture revient sur cette parcelle. Les matrices des effets des transitions ont été établies par défaut avec le concours de différents experts (CA, Arvalis, CETIOM) mentionnés en fin de diaporama. Les prairies temporaires et les luzernières sont considérées devoir être conservées 3 ans minimum avant de pouvoir être retournées. Les STH ne sont pas remises en cause par le logiciel.

Les potentialités des cultures sur les différents parcelles sont alors évaluées par sommation, en prenant en compte l'accessibilité des parcelles aux différents types de bovins pour les surfaces en herbe.

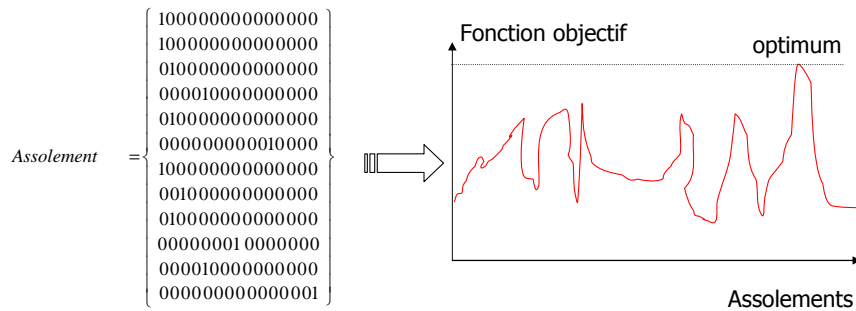


Le module alimentation établit un calendrier mensuel des différentes rations distribuées aux vaches d'une part et aux génisses d'autres part. Il calcule également si nécessaire les besoins en paille pendant les période où les animaux sont en bâtiment. Les besoins en herbe sont divisés en 3 catégories emboîtées, les quantités d'herbe pâturées par les vaches, celles pâturées par les vaches et les génisses, les parcelles accessibles aux vaches étant supposées accessible aux génisses et enfin les quantités d'herbe totale incluant herbe pâturée et herbe conservée, celle-ci pouvant être constituées à partir de n'importe quelle parcelle. Le cas des parcelles pâturable non fauchable n'a pas été retenu par soucis de simplification, ce cas étant surtout présent en zone de montagne.

## Quelle procédure d'optimisation associer à Tournesol ?

A chaque procédure d'optimisation :  
(Nombre de cultures)<sup>Nombre de parcelles</sup>

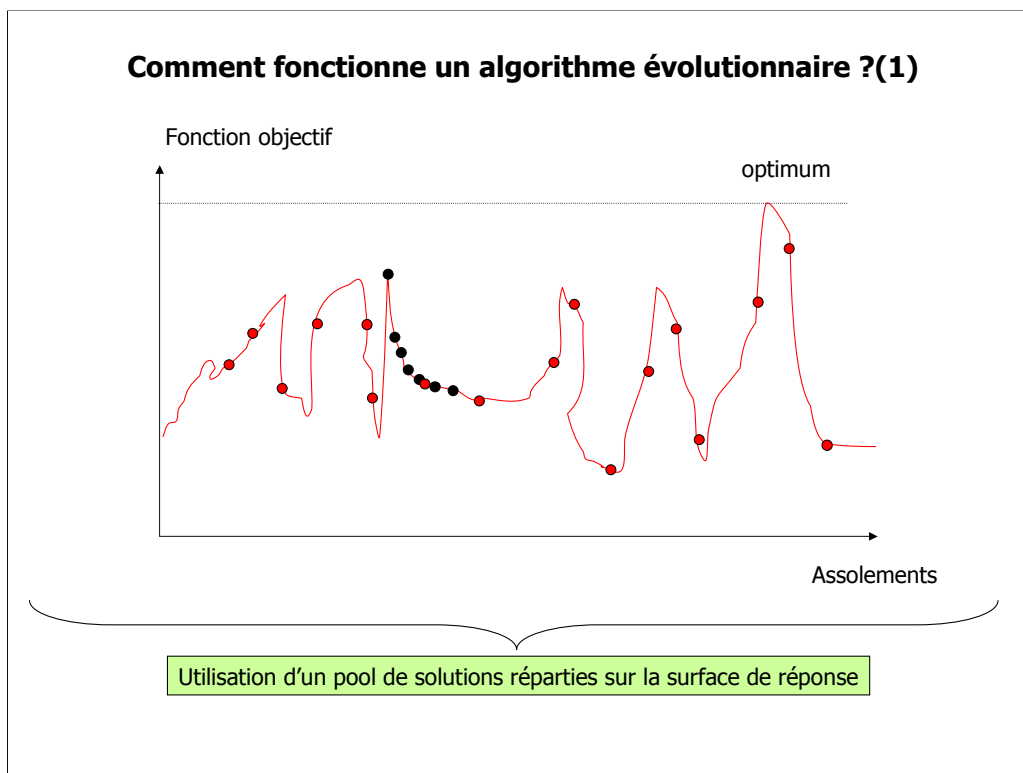
Fonction objectif :  
-nombreux optima locaux  
-non lissée, avec paliers  
-contraintes sur les options



**Procédure d'algorithme évolutionnaire**

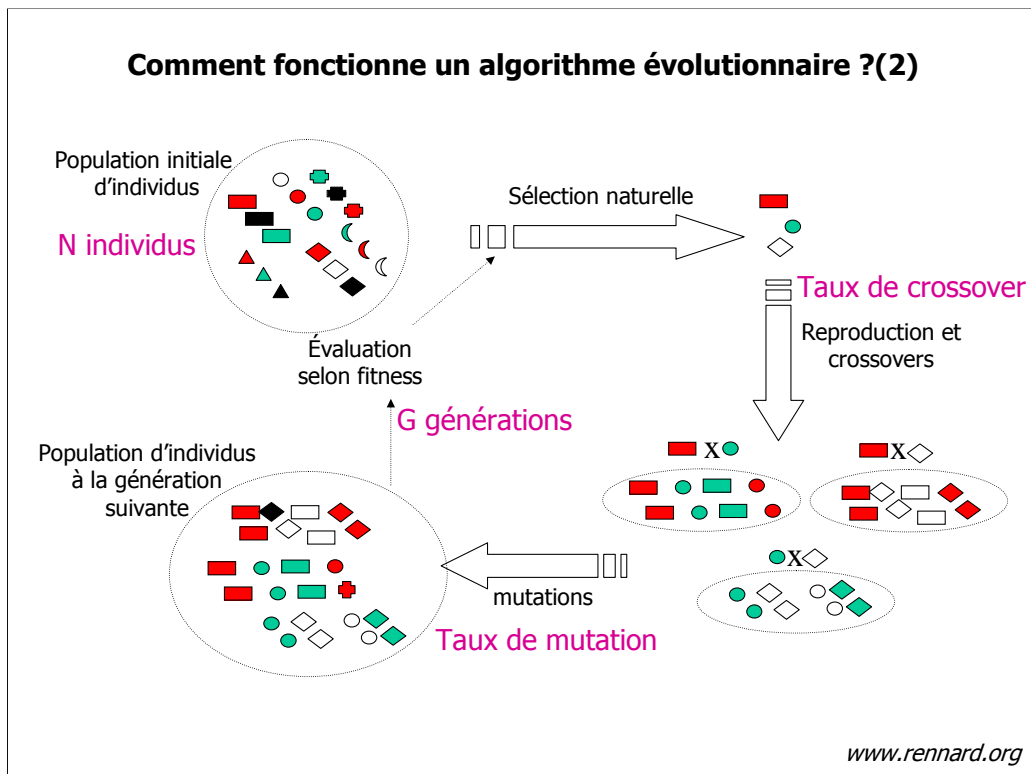
La difficulté de la stratégie de l'optimisation retenue ici repose dans le très grand nombre de paramètres à estimer (parcelles x cultures) pour caractériser un assolement. Le risque de ne pas converger ou de le faire sur un optimum local est très grand avec les algorithmes classiquement utilisés. La méthode retenue en final a été celle des algorithmes évolutionnaires, la seule à permettre de trouver une solution répétable en des temps raisonnables.

## Comment fonctionne un algorithme évolutionnaire ?(1)



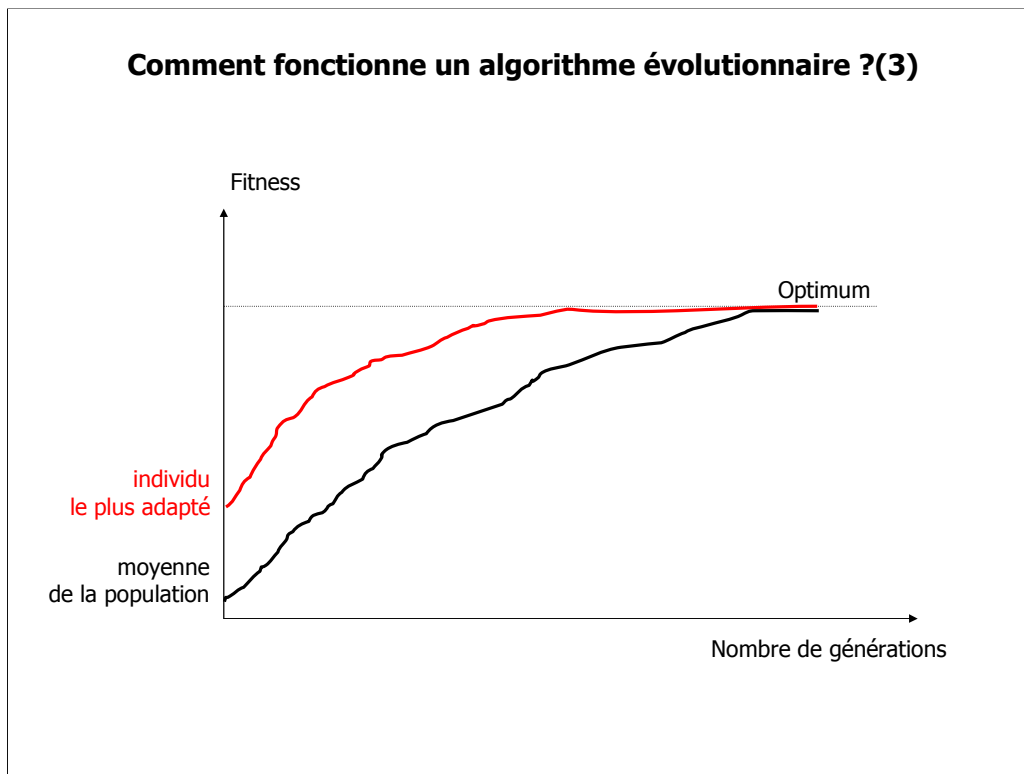
Cette méthode utilise de nombreux assolements initiaux tirés au hasard. Elle n'est donc pas « attirée » par le choix d'un assolement de départ pour recherche une solution, ce qui favorise l'obtention de solution sub-optimales.

## Comment fonctionne un algorithme évolutionnaire ?(2)



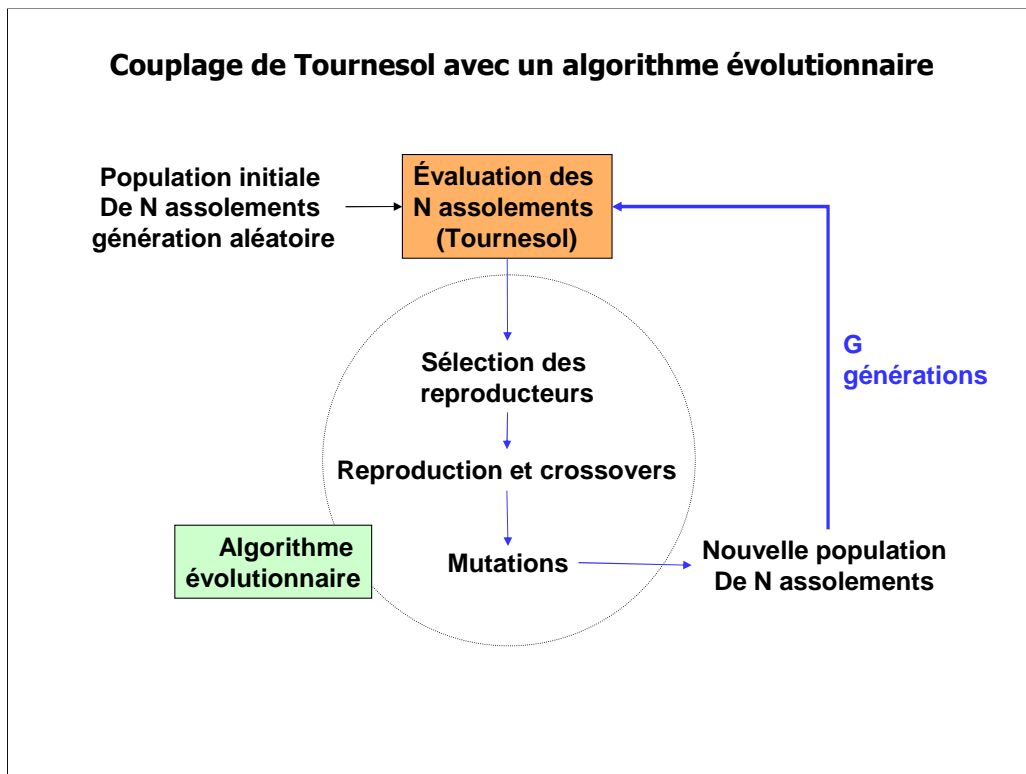
Les algorithmes évolutionnaires reprennent la théorie Darwinienne de l'évolution pour sélectionner la solution la plus performantes. En codant sous forme de « gènes » l'ensemble des paramètres du problème et en évaluant la performance d'un individu par la fonction objectif à optimiser, l'algorithme évolutionnaire permet de sélectionner les meilleurs individus, puis les faire reproduire en eux et provoque un certain taux de mutation pour réintroduire de la variabilité dans la population.

### Comment fonctionne un algorithme évolutionnaire ?(3)



Après de nombreuses générations la sélection conduit à ne retenir que des individus proche de l'optimum. Le meilleur d'entre eux correspond alors en général à la (ou l'une des) solution(s) optimale(s).

### Couplage de Tournesol avec un algorithme évolutionnaire



C'est cet algorithme qui a été utilisé pour coder les paramètres de l'assolement et trouver le meilleur d'entre eux pour la fonction d'optimisation considérée.

## **Les entrées et les sorties du modèle Tournesol**

### **Entrées**

**Besoins annuels du troupeau  
(alimentation+litière)**

**Potentiels agronomiques moyens des  
cultures**

**Parcelles :**  
-potentiel exprimé pour  
chaque culture  
-état STH  
-Surface

### **Sorties**

**Assolements pluriannuels**

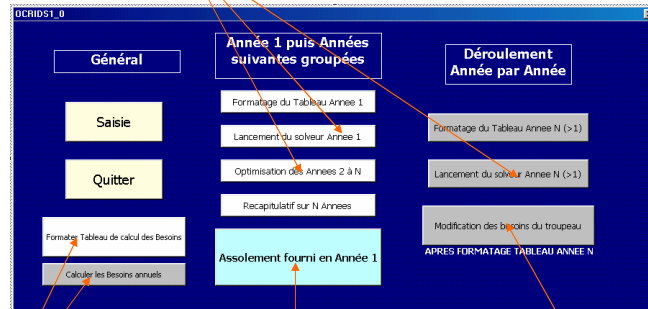
**Surfaces par culture et par an**

**Production par matière première  
et par an**



## Implémentation du modèle en VBA pour Excel

Utilisation du solveur Excel – algorithme évolutionnaire  
Premium Solver for Education 5.0



Possibilité d'estimer les besoins annuels de matières premières

Possibilité de saisir un assolement de départ

Possibilité de modifier les besoins annuels en cours de simulation

Le prototype du modèle a été développé sous Excel en utilisant le module de l'algorithme évolutionnaire du Premium Solver for Education. L'application a été écrite en VBA Excel avec une interface pour enchaîner les différentes étapes nécessaires pour effectuer une simulation.

## Comment Tournesol reproduit-il un assolement pluriannuel réel ? l'exploitation du Centre de Formation de Quintenic (22)



### Le parcellaire :

- 70 hectares – 34 parcelles
- des parcelles STH autour du siège de l'exploitation
- un grand îlot dédié aux cultures SCOP
- deux parcelles essentiellement gérées en jachère entretenue

### Atelier VL:

- environ 36 VL – 18 G0-1an et 18 G 1-2 ans
- quota = 240 000 l – PL moyenne = 7000kg/VL/an

### Atelier taurillons :

- achat 54 veaux par an – abattus à 18 mois

### Atelier porcs :

- alimentation non produite sur l'exploitation

Il est difficile de valider un tel modèle sur des jeux de données observés. Il est difficilement imaginable qu'un tel modèle conduise chaque année à placer les mêmes cultures sur les mêmes parcelles qu'un exploitant. Une tentative a néanmoins été faite sur l'exploitation du centre de formation de Quintenic (22) en prenant en compte les caractéristiques du dispositif et l'opportunité de retracer sur un peu plus d'une dizaine d'années l'historique des différentes cultures réalisées sur les différentes parcelles.

## l'exploitation du Centre de Formation de Quintenic L'assolement observé

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Parcelle n°1		colza	maïs	maïs	triticale		maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs
Parcelle n°2		blé	maïs	blé	maïs		blé	colza	maïs	blé	colza	maïs	blé
Parcelle n°3	maïs		maïs	blé	maïs		colza	blé	maïs	blé	maïs	blé	
Parcelle n°4a		maïs	maïs	maïs	blé		prairie	maïs	maïs	prairie	jachère	maïs	maïs
Parcelle n°4b		maïs	maïs	maïs	blé		blé	maïs	blé	maïs	blé	colza	maïs
Parcelle n°5	maïs	colza	triticale	maïs	triticale		maïs	maïs	jachère	prairie	prairie	maïs	maïs
Parcelle n°6		maïs	maïs	triticale	maïs		maïs	blé	maïs	blé	maïs	blé	maïs
Parcelle n°7a	maïs	blé	maïs	blé	maïs		pois	blé	maïs	blé	maïs	blé	colza
Parcelle n°7b	maïs		maïs	blé	maïs		maïs	blé	maïs	blé	maïs	blé	colza
Parcelle n°8		colza	blé	maïs	blé		blé	maïs	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°9a	blé	maïs	blé	maïs	prairie		prairie	prairie	prairie	prairie	maïs	blé	maïs
Parcelle n°9b	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie		prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°10	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie		prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°11	prairie	blé	maïs	jachère	prairie		blé	maïs	blé	maïs	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°12	prairie	blé	maïs	jachère	prairie		prairie	prairie	prairie	maïs	blé	maïs	maïs
Parcelle n°13a	maïs	pois	blé	maïs	blé		maïs	blé	colza	maïs	blé	maïs	blé
Parcelle n°13b	blé	maïs	blé	maïs	blé		maïs	blé	maïs	blé	maïs	maïs	blé
Parcelle n°14a	blé	maïs	maïs	blé	triticale		blé	maïs	maïs	blé	colza	blé	maïs
Parcelle n°14b	maïs		maïs	blé			maïs	maïs	blé	colza	maïs	blé	maïs
Parcelle n°14c	maïs	blé	colza	triticale	maïs		maïs	maïs	blé	maïs	blé	maïs	blé
Parcelle n°15	blé	maïs	colza	triticale	maïs		maïs	maïs	jachère	maïs	prairie	maïs	maïs
Parcelle n°16	prairie	prairie	prairie	prairie	maïs		blé	colza	maïs	blé	maïs	maïs	blé
Parcelle n°17	prairie	prairie	prairie	prairie	maïs		maïs	blé	maïs	maïs	maïs	prairie	prairie
Parcelle n°18	prairie	prairie	prairie	prairie	maïs		blé	prairie	maïs	maïs	maïs	prairie	prairie
Parcelle n°19	maïs	pois	triticale	maïs	blé		prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°20a	prairie	prairie	maïs	maïs	maïs		maïs	jachère	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°20b	prairie	prairie	maïs	maïs	maïs		maïs	blé	maïs	maïs	maïs	maïs	blé
Parcelle n°21a	prairie	prairie	prairie	prairie	jachère		jachère	jachère	jachère	jachère	jachère	jachère	jachère
Parcelle n°21b	prairie	prairie	prairie	prairie	jachère		jachère	jachère	jachère	jachère	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°22a	maïs	maïs	prairie	prairie	prairie		prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	maïs	blé
Parcelle n°22b	maïs	maïs	prairie	prairie	prairie		prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	jachère	prairie
Parcelle n°23	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie		prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°24	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie		prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°25	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie		prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Production prairie	182.8	152.4	130.0	130.0	118.0		139.6	142.0	166.4	148.0	153.6	150.0	153.2
Production maïs	271.3	265.6	356.9	366.3	360.0		325.6	313.8	351.3	333.8	396.3	336.9	325.6
Production blé	122.4	118.4	129.2	135.2	115.2		157.2	160.4	113.2	161.2	96.4	152.0	157.2
Production pois	0.0	33.0	0.0	0.0	0.0		11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Production triticale	0.0	0.0	19.6	25.2	51.8		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Production colza	0.0	18.4	9.1	0.0	0.0		13.0	13.1	14.0	12.3	18.2	14.9	15.8

L'année 1998 correspond à un changement de responsable en cours d'année ce qui n'a pas permis de reconstituer la totalité de l'historique. A partir de 1997, la jachère a presque toujours été réalisée sur les mêmes parcelles sans que cela ait été défini dans la stratégie (potentialité plus fortes pour les jachères sur ces parcelles dans la définition du système).

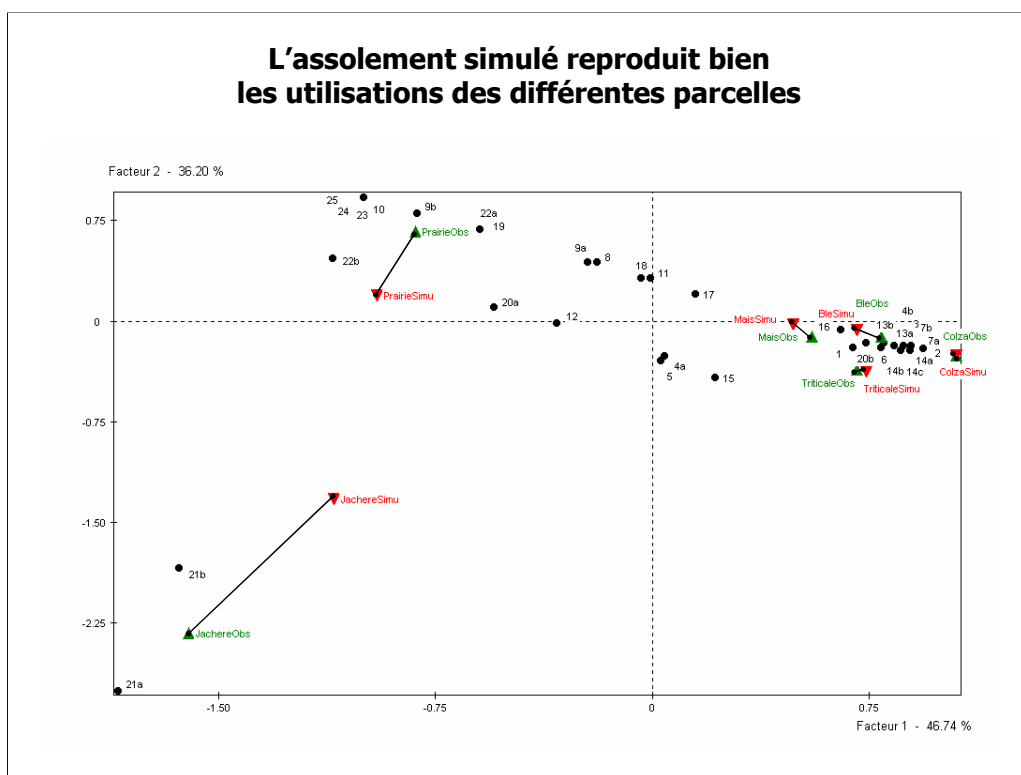
## Assolement simulé à Quintenic avec Tournesol

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Parcelle n°1	maïs	maïs	triticale	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs
Parcelle n°2	maïs	maïs	blé	colza	maïs	blé	maïs	blé	colza	maïs
Parcelle n°3	blé	colza	maïs	blé	colza	maïs	maïs	maïs	blé	maïs
Parcelle n°4a	prairie	prairie	prairie	maïs	maïs	blé	maïs	blé	maïs	prairie
Parcelle n°4b	blé	colza	maïs	maïs	blé	maïs	maïs	blé	maïs	maïs
Parcelle n°5	maïs	maïs	triticale	maïs	maïs	maïs	prairie	prairie	prairie	maïs
Parcelle n°6	maïs	maïs	triticale	maïs	blé	maïs	blé	maïs	blé	maïs
Parcelle n°7a	blé	maïs	maïs	blé	colza	maïs	maïs	maïs	blé	maïs
Parcelle n°7b	blé	maïs	maïs	maïs	blé	colza	maïs	blé	colza	maïs
Parcelle n°8	maïs	maïs	blé	maïs	blé	maïs	maïs	blé	maïs	maïs
Parcelle n°9a	maïs	blé	maïs	blé	maïs	prairie	prairie	prairie	maïs	blé
Parcelle n°9b	maïs	maïs	maïs	prairie	prairie	prairie	prairie	maïs	prairie	prairie
Parcelle n°10	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°11	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	maïs	blé	maïs	prairie	prairie
Parcelle n°12	prairie	prairie	prairie	prairie	maïs	prairie	prairie	prairie	maïs	jachère
Parcelle n°13a	maïs	blé	colza	maïs	maïs	blé	maïs	blé	colza	maïs
Parcelle n°13b	maïs	blé	maïs	blé	maïs	blé	maïs	blé	maïs	blé
Parcelle n°14a	triticale	maïs	triticale	maïs	blé	maïs	blé	colza	maïs	blé
Parcelle n°14b	blé	maïs	blé	colza	maïs	blé	colza	maïs	blé	colza
Parcelle n°14c	triticale	maïs	triticale	maïs	blé	colza	maïs	blé	maïs	blé
Parcelle n°15	triticale	maïs	triticale	maïs	maïs	maïs	maïs	jachère	maïs	maïs
Parcelle n°16	maïs	maïs	maïs	maïs	blé	colza	maïs	maïs	blé	maïs
Parcelle n°17	prairie	maïs	maïs	prairie	prairie	prairie	maïs	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°18	prairie	maïs	blé	maïs	prairie	prairie	prairie	maïs	blé	maïs
Parcelle n°19	maïs	maïs	maïs	maïs	prairie	prairie	prairie	maïs	prairie	prairie
Parcelle n°20a	jachère	prairie	prairie	prairie	prairie	maïs	jachère	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°20b	maïs	blé	maïs	blé	maïs	blé	maïs	maïs	blé	maïs
Parcelle n°21a	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°21b	jachère	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	jachère	prairie	prairie
Parcelle n°22a	prairie	prairie	prairie	maïs	blé	maïs	blé	maïs	blé	maïs
Parcelle n°22b	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°23	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°24	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Parcelle n°25	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie	prairie
Fonction Objectif	40373.1096	38077.5065	40597	38048.7791	39824.1838	37810.166	35417.0232	37712.4992	41172.0992	33045.5215
Surface prairie	17.75	18	18	18.15	17.85	19.05	18.4	17.45	17.65	17.55
Surface maïs	28.5	30.15	29.35	29.45	29	29.4	29.5	29.25	27.4	30.25
Surface blé	14.35	15.4	7.55	17.1	17.35	14.8	16.3	17.7	17.15	14.8
Surface triticale	6.6	0	11	0	0	0	0	0	0	0
Surface colza	0	6.35	4	4.7	5.7	6.65	3.5	4	7.7	3.5
Surface jachère	2.7	0	0	0.5	0	0	2.2	1.5	0	3.8

La simulation réalisée ne permet pas une évaluation facile de la qualité de la simulation. En fait, pour interpréter les résultats, nous avons résumé l'ensemble des paramètres des assolements à deux questions importantes :

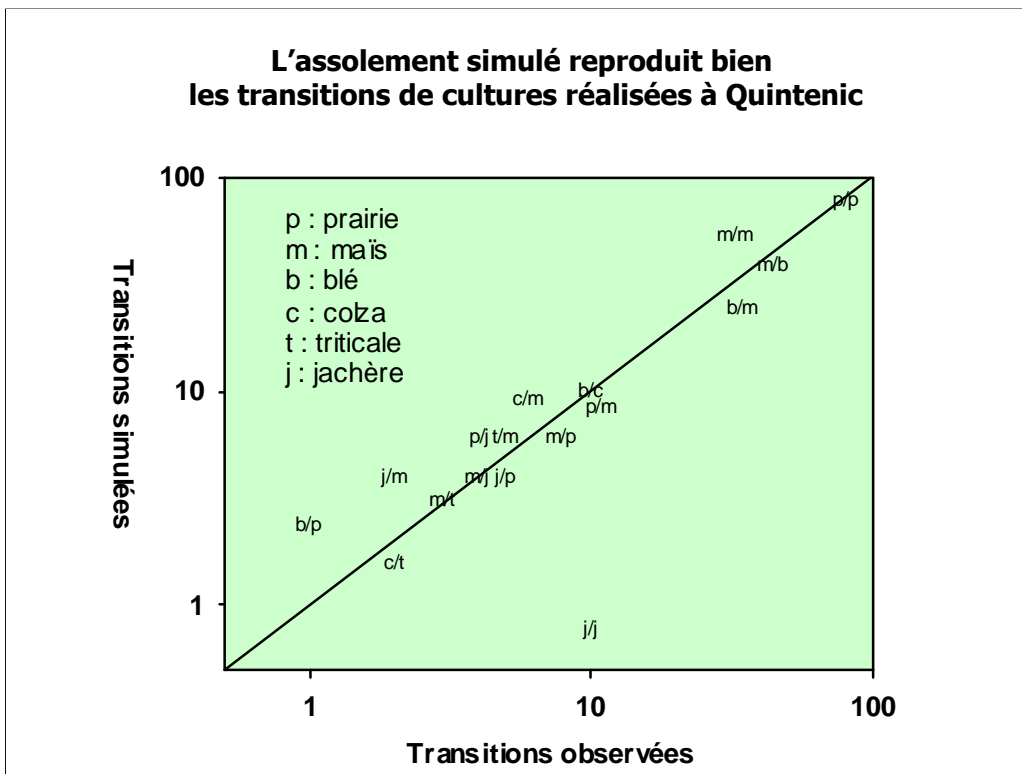
- les parcelles reçoivent-elles bien en moyenne sur 10 ans les mêmes cultures que celles pratiquées
- Le modèle permet-il globalement de bien simuler les transitions entre 2 cultures ?

## L'assolement simulé reproduit bien les utilisations des différentes parcelles



L'AFC ci-dessus projette la matrice des différentes cultures réalisées et observées sur chaque parcelle. Le premier plan porte à lui seul 93% de la variance. On peut constater que, sauf pour la jachère, les cultures observées et simulées sont très proches, un petit moins moins pour les prairies que pour les cultures de rente.

**L'assolement simulé reproduit bien  
les transitions de cultures réalisées à Quintenic**



Le graphe ci-dessus représente les transitions entre 2 cultures successives dans le système afin d'évaluer l'aptitude du modèle à générer les rotations observées. L'échelle log a été utilisée compte tenu des différences considérables de fréquence des différentes transitions. Le modèle tend à surestimer ici les transition m/m au détriment des transitions b/m, m/b. La jachère, comme indiquée précédemment est mal simulées faute de l'avoir indiqué dans la stratégie. Au total, 75% des transitions sont bien simulées par le modèle.

## **Simulation d'une exploitation laitière avec deux systèmes d'alimentation**

- Exploitation de 50 ha avec une SAU constituée de 20 parcelles dont 3 sont en prairies permanentes
- L'exploitation possède un quota de 344 000 L et un troupeau de 40 VL ainsi que de 40 génisses pour assurer le renouvellement (tx = 33%)
- Le système Maïs repose sur une utilisation du silo de maïs toute l'année pour sécuriser le système, en laissant les vaches pâturer au printemps
- Le système Maïs + pâturage essaye de valoriser au mieux l'herbe pâturée mais réalise l'alimentation hivernale avec l'ensilage de maïs

Le modèle peut être utilisé pour comparer de nombreuses conduites de systèmes différentes. Ici, à titre d'exemple, il a été utilisé pour comparer deux systèmes d'alimentation différents d'un même troupeau laitier avec les mêmes objectifs de production. Le système est assez chargé avec 1,8 UGB/ha SFP.

## Comparaison de 2 conduites alimentaires sur les besoins de fourrages produits en autonomie

<u>Quantités (t)</u>	<u>Mais</u>	<u>Maïs + Pâturage</u>
Herbe Paturée VL	131	89
Herbe pâturée VL + Génisses	215	117
Herbe totale	215	117
Maïs	175	274
Paille	22	16

Le modèle permet d'évaluer les besoins des deux systèmes en terme de matières premières supposées produite en totale autonomie par l'exploitation.



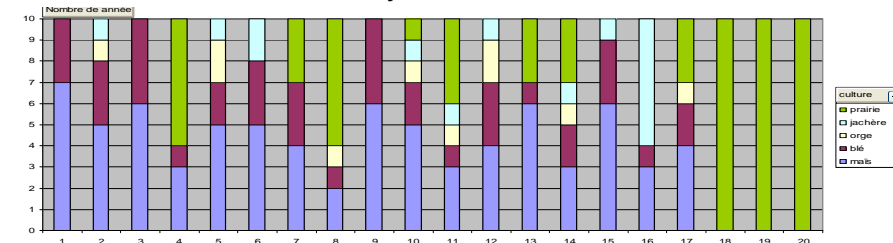
## Comparaison de 2 conduites alimentaires sur l'assolement

<u>Surface</u>	<u>Mais</u>	<u>Maïs + Pâturage</u>
Prairie	11.7	20.7
Maïs	21.7	13.8
Blé	10.9	8.5
Orge	2.1	3.2

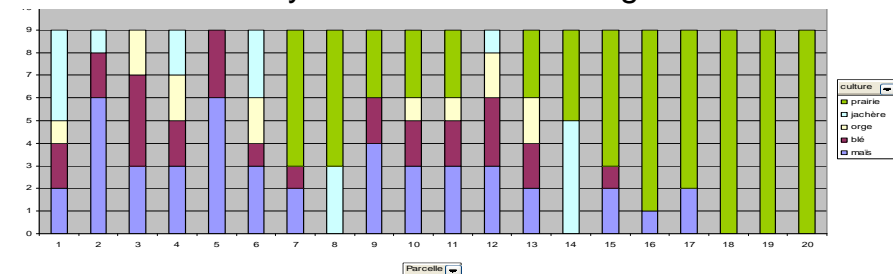
Les surfaces générées en moyennes sur 10 ans dans les deux systèmes font apparaître les différences de surface en herbe et en maïs principalement.

## Comparaison de l'utilisation (10 ans) des parcelles pour les différentes cultures

### Système maïs

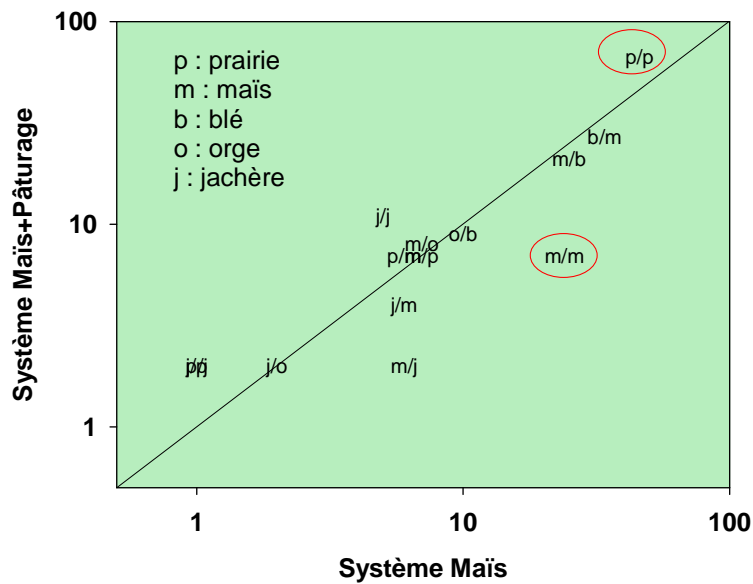


### Système maïs + Pâturage



L'occupation des différentes parcelles sur les dix ans fait apparaître un taux d'occupation par le maïs (en bleu) de près de 50% sur de nombreuses parcelles dans le système maïs contre seulement 33% dans le système maïs pâturage avec une présence plus importante de l'herbe (en vert) dans les rotations. Trois parcelles accessibles aux vaches voient leur statut complètement changé par le passage à un système plus herbager. Les autres cultures (blé en rouge, orge en jaune et jachère en bleu) sont peu affectées.

## Comparaison des différentes successions culturales entre deux systèmes d'alimentation



L'analyse des transitions culturales fait apparaître surtout plus de transitions p/p et moins de transitions m/m dans le systèmes maïs + pâturage



## Atouts, Améliorations et limites

**Représentation stratégique de l'éleveur**  
**Souplesse d'utilisation**  
**Prise en compte :**  
- des spécificités de chaque parcelle  
- des besoins en élevage laitier  
- assolements précédents

**Bonne représentation**  
**des utilisations des parcelles**  
**et des transitions de cultures réalisées**

**Meilleur ajustement des :**  
- modifications de rendement liées aux enchaînements de culture  
- Valeurs d'usage des différentes matières premières

**Prise en compte des rotations à l'année – pas de cultures dérobées**  
**Pas de prise en compte explicite des possibilités d'épandage**

## **Utilisations futures de Tournesol**

### **Utilisation autonome :**

- **Tester capacité de l'exploitation à autonomie fourragère, à supporter évolutions...**
- **Proposer assolements adaptés à un système de production**
- **Déterminer les impacts paysagers**

### **Utilisation couplée :**

- **Déterminer les capacités d'épandage annuelles et donc le devenir des effluents**

**Fournir les stocks d'aliments de l'exploitation**

## Remerciements

Intra UMR Production du Lait :

- Philippe FAVERDIN
- Luc DELABY
- Jean-Louis PEYRAUD
- Christine BARATTE

Intra INRA :

- Jean-Marie PAILLAT

Chambres d'Agriculture :

- Marie-Madeleine CABARET (CA22)
- Robert BLONDEL (CRAB)
- Daniel HAQUIN – Centre de Formation de Quintenic (CA22)

CETIOM :

- Raymond REAU (Thiverval Grignon)

Arvalis :

- Eric MASSON
- Philippe DU CHEYRON