

*INTÉRÊT TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE  
DU DRAINAGE. APPROCHE PAR SIMULATION  
SUR UNE EXPLOITATION LAITIÈRE  
DE LOIRE-ATLANTIQUE*

**INTRODUCTION : LE CAS DE L'OUEST**

**L**ES SURFACES RESTANT À DRAINER EN FRANCE SONT ESTIMÉES DE L'ORDRE DE 5 MILLIONS D'HA. SUR CE TOTAL, L'OUEST (NORMANDIE - BRETAGNE - PAYS de Loire) représente une part très importante (tableau I).

*TABLEAU I*  
ESTIMATION DES SURFACES RESTANT À DRAINER  
EN FRANCE  
(Source S.N.E. 1982)

	Surface (ha)	% total France
BASSE NORMANDIE	410.000	8,3
BRETAGNE	281.000	5,7
PAYS DE LOIRE	685.000	13,8
TOTAL	1.376.000	27,8

Or ces estimations sont plus souvent basées sur une approche qualitative des sols et de leur degré d'hydromorphie que sur une étude micro-économique prévisionnelle de l'intérêt du drainage dans chaque région. Le cas de l'Ouest est donc, dans ce contexte, particulièrement intéressant car caractérisé par des exploitations petites, à dominante animale, à faible

« surface financière » et souvent fortement endettées. De plus, dans ce type d'exploitation, les charges de structure sont très élevées et représentent environ la moitié des charges totales réelles (tableau II), qui elles mêmes représentent 80 % du produit brut.

**TABLEAU II**  
**VENTILATION DES CHARGES MOYENNES**  
**SUR UN ÉCHANTILLON DE 150 EXPLOITATIONS**  
**D'ILLE-ET-VILAINE**

PRODUIT BRUT	800 (13 604)
Charges réelles	78,1 (2)
Charges opérationnelles élevage	32,4 (1)
Charges opérationnelles culture	18,8 (1)
Charges de structure	45,8 (1)
Autres charges	3,0 (1)

(1) en % du total des charges

(2) en % du produit brut (Source LELEU 1984)

Dès lors, l'intérêt du drainage dans ce type de contexte se pose de la façon suivante : les structures d'exploitation ainsi définies peuvent-elles rentabiliser un investissement de drainage, et à quelles conditions ?

Cette approche du problème, vu d'un angle strictement économique, se complique d'aspects techniques particuliers. Les systèmes fourragers des régions Bretagne et Pays de Loire sont basés sur des cultures annuelles (ray-grass d'Italie/maïs) et nécessitent d'intervenir pour des labours, des semis ou des récoltes à des périodes défavorables du fait de la portance des terrains. Dans un certain nombre de situations le maïs, par exemple, ne peut pas être semé à l'époque optimale (vers le 01/05). Les semis reportés en attendant le ressuyage des sols pénalisent la production, ce qui peut être très préoccupant compte tenu des chargements élevés constatés en Bretagne.

Cette situation (forts chargements - systèmes « tendus ») explique qu'un certain nombre d'agriculteurs « attendent avant tout, comme effet à court terme du drainage, une augmentation de la sécurité du système » (VOINSON, 1983). Toute étude sur le drainage devra donc *intégrer cette notion de variabilité technique inter-annuelle.*

*Intérêt du drainage  
étude par simulation*

## FACE À CES QUESTIONS TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES, QUELLE MÉTHODE EMPLOYER ?

En fait, peu de méthodes sont réellement opérationnelles pour juger, sur l'ensemble de l'exploitation, de l'intérêt du drainage. Des procédures d'enquête sont concevables, mais très lourdes ; elles sont en général réalisées sur de faibles échantillons, et donc peu extrapolables. De plus, il est très difficile de constituer deux échantillons d'exploitations qui ne diffèrent que par la présence ou l'absence de drainage. Les difficultés méthodologiques sont donc très importantes. Enfin, la durée des enquêtes dépasse rarement 2 voire 3 années, ce qui ne permet pas d'apprécier le gain de « sécurité » apporté par le drainage, sécurité qui ne peut être mise en évidence qu'en observant une longue série climatique.

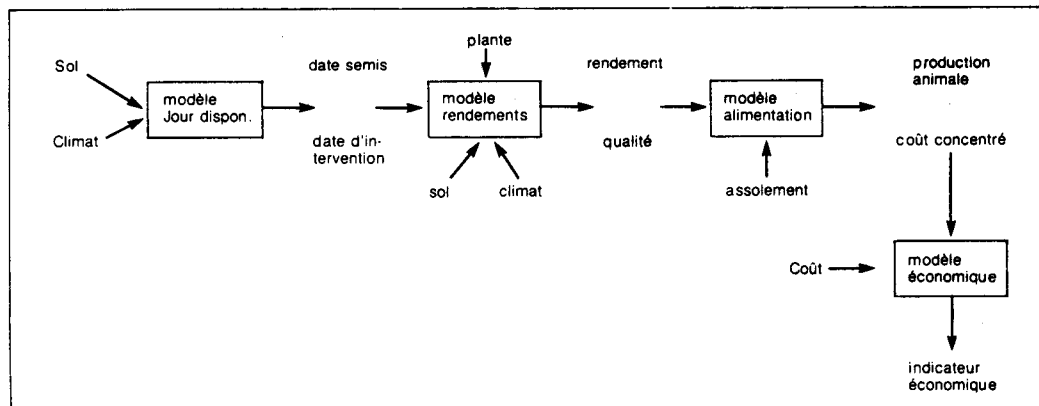
Face à ces difficultés, la construction de modèles d'exploitation semble séduisante. Il est en effet possible d'imaginer une série de modèles techniques, reliés les uns aux autres, permettant de calculer :

- les dates possibles de semis et de récolte des cultures fourragères en fonction du sol, du climat et du précédent (jours disponibles) ;
- le rendement des fourrages en fonction, là encore, du sol, du climat, et des données précédentes de jours disponibles ;
- l'alimentation du troupeau laitier, compte tenu de ces rendements, de l'assolement et d'un certain nombre de règles de décisions ;
- le résultat économique de l'exploitation, tenant compte des productions animales calculées précédemment et des divers coûts (figure 1).

Un tel schéma, s'il était opérationnel, résoudrait une grande partie des problèmes évoqués ci-dessus :

- Appréciation des jours disponibles, des rendements et des revenus en fréquence, et non plus en année moyenne.

FIGURE 1  
SCHEMA THÉORIQUE D'ENCHAÎNEMENT  
DES SOUS-MODÈLES TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES



- Possibilité de faire varier isolément chaque paramètre (par exemple : drainé et non drainé) et donc de bien cerner l'effet de cette variation sur un point précis (jours disponibles, rendement,...) ou sur le résultat global de l'exploitation.
- Extrapolation facile puisque ces modèles intègrent le sol et le climat.

Cependant, cette vision un peu euphorique de l'utilisation des modèles est tempérée par deux questions importantes :

- Dispose-t-on, pour chaque « maillon », des informations techniques nécessaires à la construction du sous-modèle ?
- Le modèle ne donne qu'une vision simplificatrice, voire caricaturale, de la réalité. Malgré cet aspect schématique, est-il possible de tirer, à partir des résultats de la simulation, des enseignements quant à l'intérêt ou au non intérêt du drainage en exploitation laitière ?

Afin de répondre à ces questions méthodologiques, nous avons appliqué cette technique de modélisation au problème de l'intérêt du drainage dans les exploitations laitières de la région de Candé (Loire-Atlantique). Dans la suite de l'article, nous allons essayer de cerner l'intérêt et les limites de ces modèles, les résultats n'étant donnés qu'à titre d'exemple. L'ensemble de cette modélisation sera présenté suivant le plan suggéré par la figure 1 :

- modèle jour disponible ;
- rendements des cultures ;
- alimentation du troupeau à étudier au niveau de l'ensemble de l'exploitation et étude économique.

## I - MODÈLE « JOURS DISPONIBLES »

### 1. Principe

L'évolution de l'humidité du sol est suivie jour après jour grâce à un calcul intégrant les caractéristiques du sol, la pluviométrie et l'évaporation. Un seuil d'humidité, fixé par ailleurs, détermine la plage des humidités pour lesquelles le sol est considéré comme « portant » et celles pour lesquelles le sol est « non portant ». Ces calculs sont répétés sur une série climatique historique (1951-1979) qui permet de réaliser une étude fréquente des jours disponibles, avant et après drainage.

### 2. Modèle

#### a) Situation en sol sain ou drainé

En sol sain ou drainé, l'humidité du sol dans l'horizon 0-25 cm est donnée par la relation :

$$H_j = H_{j-1} + P - (E.T.M. + D + R) \text{ (KHALFALLOUI, 1982)}$$

où :  $H_j$  : humidité du sol au jour j.

74  $H_{j-1}$  : humidité du sol au jour j - 1

- P : pluie du jour j
- E.T.M. :  $K \times E.T.P.$ , K coefficient cultural dépendant de la culture en place et de son stade végétatif.
- D : drainage naturel. Il n'intervient qu'à partir du moment où l'humidité de la tranche 0-25 cm dépasse l'humidité à la capacité au champ (Hcc). Il est alors égal à :  

$$(H_{j-1} - H_{cc}) \times 2/3$$
- R : ruissellement. D'après COLLUMEAU (1983) le sol n'absorberait aux périodes critiques que 20 mm/j ; le reste ruisselle.

Dans ce modèle, l'humidité des 5 premiers cm varie de 3 % d'humidité à la saturation, les couches plus profondes (5-25 cm) ayant une humidité comprise entre le pF 4,2 et la saturation. Au premier janvier, on admet que le sol est à la capacité au champ.

#### *b) Situation en sol hydromorphe*

En sol hydromorphe, le modèle est un peu plus compliqué : il faut essayer de construire un modèle prenant en compte le fait que le drainage s'effectue mal dans le sol.

Pour cela, il a été décidé de considérer deux horizons :

- un premier horizon travaillé (25 cm) ;
- un deuxième horizon dit « sous-sol » qui repose sur un niveau imperméable.

Les problèmes d'hydromorphie proviennent alors de la présence de ce niveau imperméable qui empêche un bon écoulement vertical de l'eau.

#### • *Dynamique de l'eau dans ce modèle*

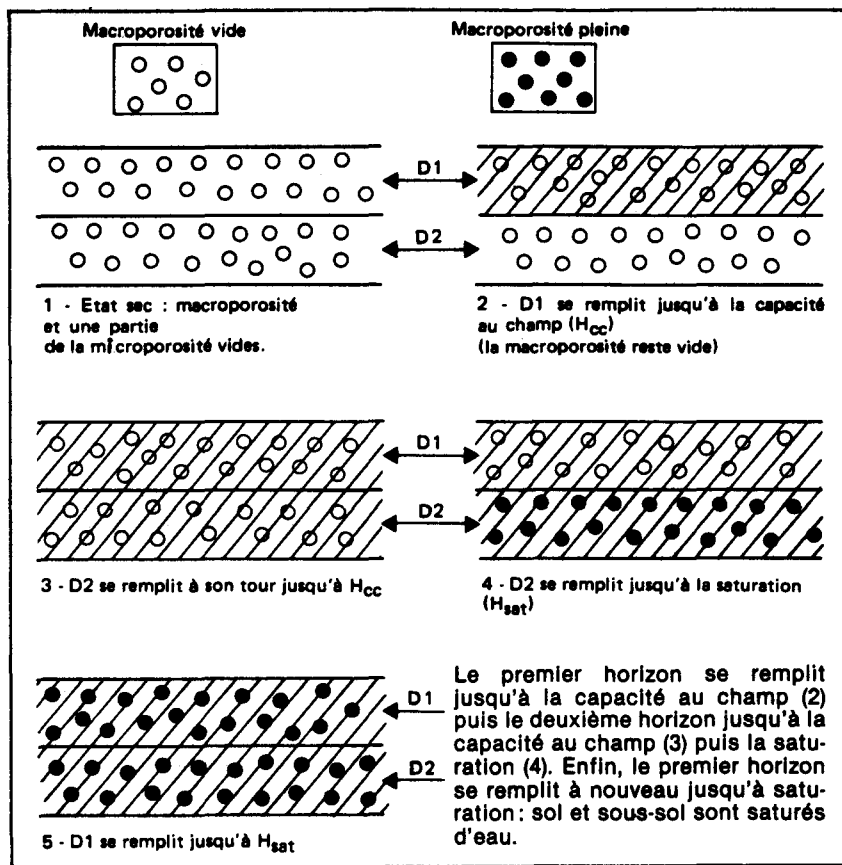
La réhumectation à l'automne est présentée figure 2.

#### • *La dessiccation de printemps*

Le premier réservoir s'évapore jusqu'à son humidité minimale ( $H_{pF\ 4,2}$  de 5 à 25 cm et 3 % de 0 à 5 cm), le deuxième horizon jusqu'à  $H_{pF\ 4,2}$ . Les équations sont les mêmes que pour le modèle drainé à cela près qu'elles s'appliquent aux deux niveaux (les eaux de drainage de D1 contribuent à remplir D2). Il n'y a pas de drainage pour D2 car il repose sur un niveau imperméable. Les seuils d'humidité ont été fixés à la suite des travaux de J.P. GILLET à la station de La Jaillière sur des sols limoneux sur schiste, et de ceux, sur le même site, de LANDURET et WARROT (1982). Ont été choisies les limites suivantes :

- 80 % de la capacité au champ pour la récolte et le pâturage ;
- 90 % de la capacité au champ pour le travail du sol.

**FIGURE 2**  
**REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DE LA RÉHUMECTATION**  
**D'UN SOL HYDROMORPHE À L'AUTOMNE**



### 3. Un exemple de résultat

Les modèles précédents appliqués à un sol limoneux sur schiste altéré bien représentatif des zones hydromorphes de l'Ouest donnent les résultats présentés tableau III sur les jours disponibles pour les semis de maïs. Ce tableau indique bien l'effet « sécurité » apporté par le drainage et ces résultats permettent en outre, connaissant la surface en maïs à semer et les temps de travail, de calculer la date moyenne de semis, année par année, sur une exploitation donnée. Ceci permet de calculer le rendement accessible, fortement dépendant de cette date de semis.

Les modèles utilisés ont encore bien des lacunes : pas de prise en compte de la topographie, peu de comparaison humidité calculée/humidité observée pour vérifier la validité du modèle, le problème de fixation des seuils. Cependant d'autres travaux postérieurs à ceux présentés ici (EHRMANN, 1984) indiquent que cette voie est prometteuse et que ces modèles devraient, à très court terme, s'avérer opérationnels.

**TABLEAU III**  
**JOURS DISPONIBLES POUR LES SEMIS DE MAÏS AVANT LE 10-5.**  
**8 ANNÉES/10 (en jours)**

Précédent D ou N-D	Sol nu	Pâturage RGI	Ensilage RGI
Non drainé	0	5	7
Drainé	4	16	12
Gain	+4	+11	+ 5

## II - LES MODÈLES « RENDEMENT »

### 1. Principe

A partir des dates d'intervention (semis/récolte) calculées par le modèle « jours disponibles », il s'agit de calculer, à l'aide de lois « climat-rendement », le rendement et la qualité des céréales et des fourrages. De même que précédemment, les rendements sont calculés sur une séquence climatique (1951-1979) permettant une étude fréquentielle.

### 2. Modèles

En sol sain, et en estimant que les techniques culturales ne sont pas limitantes (fourniture d'azote en particulier), un certain nombre de modèles existent et sont publiés :

— Maïs : nous avons utilisé la relation :

$$R \text{ (t M.S./ha)} = 15,13 \frac{\sum \text{E.T.R.}}{\sum \text{E.T.M.}} + 2,45, \text{ publiée par RAPHALEN}$$

(1981), les sommes de E.T.R. et E.T.M. étant calculées sur juin, juillet et août.

— Pour le ray-grass d'Italie, la relation pour la coupe de printemps est :

$$R \text{ (t M.S./ha)} \text{ à l'épiaison} = 7,5 + 6,5 \left( \frac{\sum \theta - 900}{2000} \right) \text{ où } \sum \theta \text{ est la}$$

somme des températures en base 0 °C du semis au 31/12.

— Pour la prairie permanente, à la suite des travaux de LEMAIRE, SALETTE et LAISSUS (1982), nous avons étudié deux vitesses de croissance au printemps (6 et 8 kg M.S. par degré-jour), le démarrage de la prairie intervenant quand la somme des températures en base 0 °C cumulée depuis le 1/11 atteint 650 degré-jours.

Le problème principal réside dans l'obtention de lois fiables en sol hydromorphe. Pour le maïs il semble correct de penser que l'hydromorphie n'agit qu'à travers les dates de semis, et que les excès d'eau ne se font plus sentir par la suite. Par contre, pour les graminées fourragères, outre l'effet sur la date de semis (ray-grass d'Italie), un effet propre « excès

d'eau » est à considérer. L'hypothèse retenue dans ces modèles est que les températures reçues lorsque le sol est à saturation (cf. modèle jours disponibles) sont inefficaces. Cette hypothèse sous-estime sans doute l'effet de longues périodes d'enneigement qui pourraient entraîner des lésions racinaires et donc compromettre le rendement après le retour à une situation ressuyée.

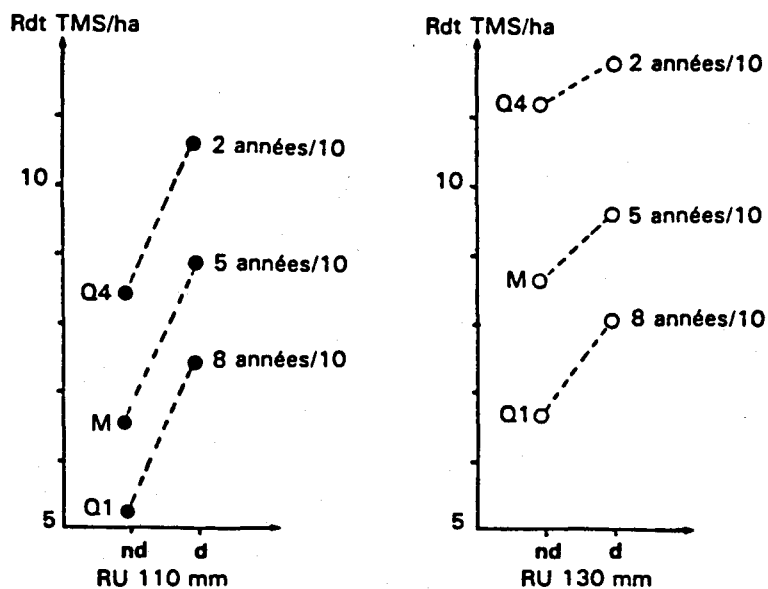
Bien entendu, dans cet article l'ensemble des lois utilisées est présenté de façon très simplifiée. Le lecteur intéressé pourra se reporter à l'article de VOINSON (1983) où l'ensemble des équations utilisées figure en détail.

### 3. Quelques exemples de résultats

— *En maïs ensilage (sol nu)*

L'augmentation des rendements est directement liée à la date du semis. Le drainage permettant des semis plus précoces, il permet aussi des rendements supérieurs à un taux de matière sèche correct (figure 3). Ce rendement minimum obtenu 5 années/10 sur un sol de 100 mm de R.U. passe ainsi de moins de 7 t M.S./ha à 9 t M.S./ha environ. De plus, il est intéressant de noter que l'écart entre les meilleures et les moins bonnes années est de plus de 4 t M.S./ha avant drainage et de 2,5 t M.S./ha environ

**FIGURE 3**  
ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES RENDEMENTS EN MAÏS  
SUR SOL NU LE 15 OCTOBRE AU PLUS TARD POUR 2 SOLS  
nd = non drainé  
d = drainé



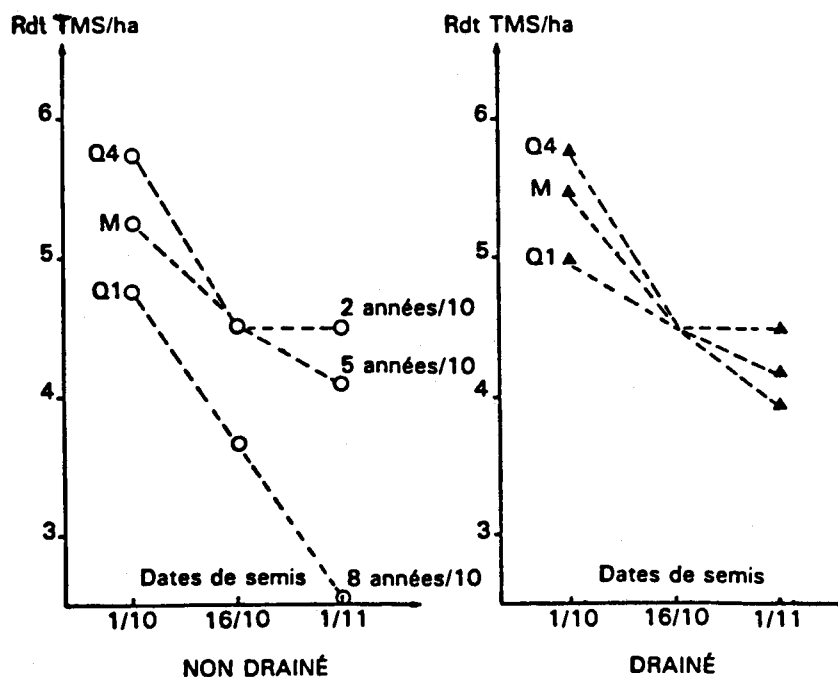


après. Le drainage, là encore, régularise la production. Ce phénomène se vérifie également sur le sol de R.U. égale à 130 mm, même si l'effet du drainage est alors moins marqué.

— Pour la première coupe de ray-grass d'Italie

L'effet du drainage est analogue : accroissement du rendement, limitation de la variabilité (figure 4). Le rendement moyen (correspondant à 5 années/10) est assez peu modifié mais la variabilité est considérablement réduite par le drainage. C'est ainsi que les années les plus défavorables, avant le drainage, le rendement devient très faible, surtout pour des dates de semis tardives. Après le drainage, ce type d'accident est beaucoup moins à craindre ; l'effet régularisateur du drainage apparaît donc de façon évidente.

FIGURE 4  
ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES RENDEMENTS  
DU RAY-GRASS D'ITALIE EN 1<sup>re</sup> COUPE D'ENSILAGE  
EN 1<sup>re</sup> ANNÉE POUR 3 DATES DE SEMIS



— En résumé, les effets du drainage, dans ce cas particulier (sols limoneux, région d'Angers) rappelons-le, et compte tenu des modèles utilisés, concernent surtout la sécurité et la régularité de la production. Secondairement, l'effet sur le rendement est également important (plus de 2 t M.S. supplémentaires en maïs). Les deux aspects (jours disponibles et rendement) sont d'ailleurs liés.

Là encore, certains « maillons » du modèle sont plus fiables que d'autres. Il est probable que les équations de prédiction des rendements en sols sains soient correctes, en l'absence de facteurs « sol » limitants. En particulier, tous les aspects de fertilité physique sont négligés dans ces modèles.

Par contre, le principal problème réside dans la quantification sur la plante de l'effet des excès d'eau. Les travaux sur le sujet sont relativement peu nombreux, ce qui oblige à prendre des hypothèses dont le champ de validité est incertain. Il y aurait probablement là un terrain de recherche tout à fait indispensable si l'on souhaite aller plus avant dans l'estimation micro-économique de l'intérêt du drainage.

### **III - PRISE EN COMPTE DE L'ENSEMBLE DE L'EXPLOITATION**

Afin de quantifier l'impact du drainage sur un système de production, nous avons bâti une exploitation-type représentative de la région étudiée : 25 vaches laitières et la suite, en vêlage d'automne, 25 ha sur 3 types de sols différant par leur réserve utile, un système fourrager basé sur la prairie permanente pâturée, le maïs ensilage pour la ration hivernale, et le ray-grass d'Italie ensilé et pâturé. On note aussi la présence d'une surface de 4,4 ha en céréales avant le drainage.

#### **1. Réalisation d'un modèle économique**

A partir des données précédentes, il est assez facile d'évaluer l'incidence technique et économique du drainage sur l'ensemble de l'exploitation. La méthode de calcul est maintenant « classique » (MATHIEU, RAPHAËN, 1981 ; MATHIEU, HONORÉ et al., 1982...) : compte tenu des besoins du troupeau, et des hypothèses de rendement en année moyenne fournies par les modèles techniques précédemment décrits, il est possible de calculer, avant drainage, la surface fourragère nécessaire à ce troupeau, et donc la surface résiduelle en céréale. Partant de là, des calculs économiques deviennent possibles pour déboucher sur des marges brutes ou des trésoreries.

Afin de prendre en compte la variabilité climatique, nous avons fait « tourner » ce modèle, non pas seulement en année moyenne, mais sur une séquence de 10 années climatiques (1960-1969). Il est alors possible de voir comment se déforme le système de production sous l'effet des variations du climat, et quelles en sont les conséquences sur les performances économiques de l'exploitation.

Dans un deuxième temps, nous avons refait les mêmes calculs, sur la même séquence de 10 années, mais en considérant une situation où toutes les terres hydromorphes de l'exploitation seraient drainées (soit 19 ha). Ceci nous permet de voir l'effet du drainage et sa rentabilité sur l'exploitation.

## 2. Les résultats

### a) Résultats techniques

Nous avons considéré qu'après le drainage le système fourrager n'était pas fondamentalement remis en cause, conformément à ce que suggéraient les agriculteurs de la région lors d'une enquête préalable (VOINSON 1983).

C'est ainsi que l'augmentation de rendement due au drainage - liée autant aux dates de semis/récolte qu'à une meilleure pousse de l'herbe - induit une augmentation de chargement moyenne de 0,26 U.G.B./ha S.F.P. Il est intéressant de constater que ce chiffre obtenu par modélisation est extrêmement proche de celui avancé par Carole SIGOGNE (1983) à la suite d'une enquête effectuée en Ile-et-Vilaine (+ 0,23 U.G.B./ha).

Cet accroissement de chargement (tableau IV) implique un accroissement de la sole céréalière, l'effectif d'animaux restant constant. Il semble peu probable en effet qu'immédiatement après drainage, l'exploitant investisse encore en cheptel, voire en bâtiment !

TABLEAU IV  
DESCRIPTION DE L'ASSOLEMENT AVANT  
ET APRÈS DRAINAGE

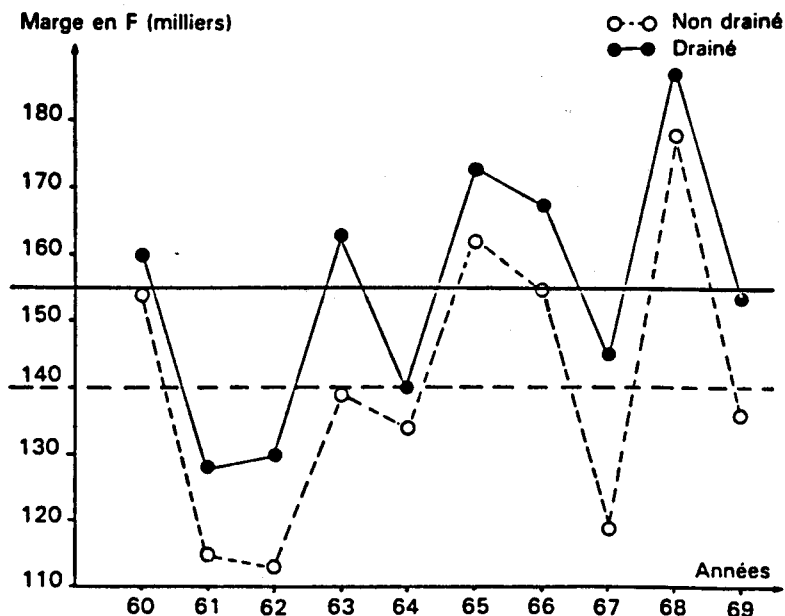
	Avant drainage	Après drainage
- Prairie permanente . . . . .	8	5,5
- Ray Grass d'ITALIE . . . . .	3,75	4,55
- Mais sur R.G.I. . . . .	3,75	4,55
- Mais sur sol nu . . . . .	5,1	3,2
- S.F.P. . . . .	20,6	17,8
- Blé . . . . .	4,4	7,2
- S.A.U. . . . .	25,0	25,0
Blé (% S.A.U.) . . . . .	18 %	29 %
Chargement (U.G.B./ha) . . . . . (34,6 U.G.B.)	1,68	1,94

Sur la séquence climatique de 10 années considérée lors de cette simulation, ni les achats de concentré, ni les achats et ventes de fourrages grossiers ne sont sensiblement modifiés par le drainage, l'augmentation de chargement compensant l'augmentation des rendements fourragers. Par contre, bien sûr, on assiste à une augmentation très importante des ventes de céréales, liée tant à l'augmentation de la surface qu'à celle des rendements. C'est donc par ce biais que le drainage va accroître le produit brut.

### b) La marge brute

La figure 5 montre l'évolution des marges brutes avant et après le drainage, sur la série climatique considérée. Il apparaît bien que la marge

**FIGURE 5**  
**MARGES SUR CHARGES OPÉRATIONNELLES ET**  
**DE MÉCANISATION AVANT ET APRÈS DRAINAGE**  
**DE LA TOTALITÉ DE L'EXPLOITATION**



est tous les ans supérieure après le drainage, mais de façon irrégulière selon les années. Une analyse plus détaillée montre que ce sont sur les années les plus défavorables (1961-1962-1967) que le drainage a l'effet le plus net. L'écart entre les 5 meilleures années et les 5 plus mauvaises est de 34.106 F avant le drainage, et de 30.861 F après le drainage.

*c) Rentabilité de l'investissement « drainage »*

Le problème pour l'agriculteur n'est pas d'augmenter sa marge brute, mais bien de valoriser correctement son investissement en améliorant sa trésorerie ou son disponible après remboursement des annuités. L'augmentation de la marge signalée ci-dessus doit donc au moins permettre de rembourser les annuités, et si possible de dégager encore un solde.

L'analyse du cas étudié montre qu'avant déduction des annuités, la trésorerie courante annuelle (en moyenne sur 10 ans) est augmentée de 14.400 F (soit + 15 %). Ceci traduit en fait la meilleure « efficacité économique » du nouveau système de production après le drainage. Par contre, après remboursement des annuités induites par le drainage, le gain de trésorerie devient négligeable : 2.527 F sur 10 ans.

Le taux de rentabilité de l'investissement drainage calculé dans ce cas s'élève à 11,5 %. Cette valeur est à rapprocher du taux de 10,5 % corres-

*Intérêt du drainage*

pondant aux intérêts sur les emprunts réalisés pour couvrir l'investissement dans le cadre d'une A.S.A. (Association Syndicale Autorisée). Le bénéfice réalisé n'est donc que de 1 %.

## CONCLUSION

Il convient avant tout de rappeler les aspects suivants :

— Cette étude est avant tout un travail méthodologique. Il s'agit de voir dans quelle mesure l'emploi de modèles simples aide à estimer l'intérêt du drainage. Les résultats n'ont donc qu'une valeur indicative, limités par les performances des modèles eux-mêmes et par la spécificité du lieu où ils ont été appliqués.

— Dans le cadre d'un article court, nous ne pouvons fournir ni le détail des modèles, ni l'ensemble des résultats, ni les limites exactes de ce type de démarche. Le lecteur qui souhaiterait aller plus avant dans ce type de travail est donc invité à se référer aux documents plus complets que nous tenons à sa disposition.

Cependant, nous pouvons tirer quelques renseignements :

— Cette démarche permet de prendre en compte la variabilité climatique et les aspects de sécurité sur lesquels insistent particulièrement les agriculteurs lors des enquêtes sur le drainage. Et il semble bien que le drainage puisse leur apporter des éléments intéressants dans ce domaine.

— Dans le système de production choisi, qui varie peu à la suite du drainage, la rentabilité de cet investissement semble assez faible.

— Le drainage a des conséquences multiples pour l'exploitation : gain de jours disponibles, de sécurité, facilité de pâturage, gain de trésorerie, etc. C'est en dernier ressort à l'exploitant de décider quels sont pour lui les points les plus importants, et de prendre alors, en fonction de l'effet escompté du drainage, la décision de réaliser, ou non, cet investissement.

Par ailleurs, sur un plan strictement méthodologique, ce type de travail suggère quelques réflexions :

### • *Accepter une non-perfection*

Il est acquis qu'un modèle est toujours une représentation imparfaite du réel. Dès lors, le caractère utilisable ou non utilisable d'un modèle ne peut se déterminer qu'en fonction de l'objectif assigné. Prenons une comparaison simple : une carte pédologique et une carte routière sont deux représentations de la même réalité, la surface du globe. Aucune n'est parfaite ; la carte pédologique ne vous indique pas la meilleure route pour vous rendre d'un point à un autre ! Et pourtant elles sont parfaitement utilisables dans le cadre des objectifs pour lesquels elles ont été créés.

Dans le cadre de l'étude présentée, il en est de même. Le modèle « jours disponibles » sera jugé « opérationnel » (figure 4), dès lors qu'il répondra correctement à la question : le sol est-il portant ? Mais même à ce moment-là, il n'aidera pas les spécialistes de la dynamique de l'eau dans le

sol dans leurs recherches. Dès lors, le point-clé de toute étude de simulation est de bien définir l'objet de la recherche en cours ; dans notre exemple, l'objet de l'investigation était bien l'exploitation agricole. L'ensemble des modèles utilisés visait donc à être cohérent avec cette échelle de travail.

● *Avant de résoudre les problèmes, les modèles posent les bonnes questions*

La prise en compte globale de l'exploitation avec comme objectif un jugement économique conduit à mettre en évidence les principaux points faibles dans la connaissance des phénomènes en jeu. C'est ainsi que nous avons noté, par exemple :

- la nécessité de mettre au point un modèle opérationnel « humidité du sol » ;
- l'intérêt de définir des fourchettes d'humidité du sol compatible avec les différentes opérations à réaliser sur les parcelles : labour, façon superficielle, roulage des remorques... ;
- le manque d'informations disponibles sur la sensibilité des plantes aux excès d'eau.

Les modèles apparaissent donc comme un des outils, ils ne sont pas les seuls, permettant de hiérarchiser les thèmes d'étude.

● *Malgré ses imperfections, une démarche prometteuse*

Pour l'exemple précis qui nous a servi de support - le drainage - la voie de la modélisation semble être la seule qui permette à moyen terme de porter un jugement sur l'intérêt de la technique, jugement qui doit inclure :

- la notion de risque, donc l'analyse fréquentielle des résultats techniques ;
- la prise en compte de plusieurs « scénarios » possibles et leurs intérêts respectifs : maintien ou retournement de la prairie permanente, accroissement du cheptel ou accroissement des cultures de vente, changement ou non de la spéculation animale... ;
- l'adaptation aux différents cas-types rencontrés dans une région : répartition des terres en catégories plus ou moins humides, prise en compte des tailles d'exploitation.

Cette première étude réalisée montre qu'il n'est pas utopique de penser que les modèles techniques vont rapidement être assez précis pour être utilisables dans ce cadre. Restera encore à définir comment les mettre en œuvre facilement, en particulier par la voie de l'informatique.

● *La simulation, complémentaire des autres techniques*

Parler « méthodologie », c'est toujours s'exposer à choquer les tenants de telle ou telle « chapelle ». En fait, la simulation telle que celle présentée ci-dessus ne résout pas tous les problèmes, mais elle est un outil à la disposition de tous ceux qui s'intéressent aux problèmes agronomiques, outil qui complète une gamme déjà étendue :

- la voie expérimentale qui fournit prioritairement les références techniques à introduire dans les modèles et qui permet de répondre aux questions analytiques qu'ils posent ;
- la voie des enquêtes qui permet de définir les problèmes prioritaires que se posent les agriculteurs, et qui permet aussi de vérifier le caractère utilisable des résultats des données expérimentales ou des modélisations technico-économiques.

J. MATHIEU,  
I.T.C.F. Rennes (Ille-et-Vilaine).

#### LISTE DE MOTS-CLÉS

Bretagne, drainage, étude économique, fourrage, jour disponible, modélisation, production laitière.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- COLLUMEAU (1983) : Cité dans VOINSON 1983, Communication personnelle.
- EHRMANN (1984) : *Prévision des jours disponibles pour les travaux culturaux*, Mémoire E.N.S.A.R./I.T.C.F.
- KHALFALLAOUI T. (1982) : *Étude agro-météorologique sur le département de Loire-Atlantique*, Mémoire E.N.S.A.R.
- LANDURET A. et WARROT G. (1982) : *Étude du piétinement par les bovins à la pâture sur sol limoneux*, Mémoire E.N.S.A.R./Université de Rennes/I.T.C.F.
- LELEU (1984) : *Les exploitations spécialisées en production laitière - Approche en terme de revenu*, Mémoire E.N.S.A.R./Centre de gestion 35.
- LEMAIRE G., SALETTE J. et LAISSUS R. (1982) : « Analyse de la croissance d'une prairie naturelle normande au printemps », *Fourrages* n° 91, pp. 3-26.
- MATHIEU J., HONORÉ et al. (1982) : « Systèmes fourragers et production laitière - Variabilité des résultats économiques », *Forum des Fourrages de l'Ouest*, pp. 419-452.
- RAPHALEN J.L. et MATHIEU J. (1981) : « Variabilité climatique et systèmes fourragers », *Perspectives agricoles*, n° 5, pp. 44-53.
- SIGOGNE C. (1983) : « Conséquences économiques du drainage en système de polyculture-élevage de l'Ouest de la France », *Drainage*, n° 27, pp. 9-13.
- VOINSON C. (1983) : *Intérêt technique et économique du drainage - Essai de modélisation sur une exploitation laitière du Candéen*, Mémoire E.S.A. Angers/I.T.C.F.