4K
I70
DEY
1989

THESES
& MASTERS

IAMM

Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine : Une méthodologie pour leur analyse

Master of Science de l'IAM-M

Daniel **DEYBE**

Avril 1989

INSTITUT AGRONOMIQUE MÉDITERRANÉEN DE MONTPELLIER
DOCUMENTATION

IAMM
Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier
Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes

4K
I70
DEY
1989

Série Thèses et Masters

Ce mémoire est le cinquième de la nouvelle série *Thèses et Masters* de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (voir liste en fin de volume).

Cette collection réunit les thèses *Master of Science* de l'IAM-M ayant obtenu la mention "*Publication*" ainsi que les travaux doctoraux réalisés dans le cadre des activités scientifiques et pédagogiques de l'Institut et de ses enseignants-chercheurs.

La thèse *Master of Science* du Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes :

Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine : Une méthodologie pour leur analyse

a été soutenue par M. **Daniel DEYBE** en avril 1989 devant le jury suivant :

Roland PEREZ, Directeur de l'IAM-Montpelier
Jean Marc BOUSSARD, Directeur de Recherche, INRA, Paris
Philip ABBOT : Professeur, *Purdue University*, Etats-Unis
Guillermo FLICHMAN : Enseignant-chercheur à l'IAM-Montpellier

Le travail de recherche a été encadré par G. FLICHMAN.

Le texte a été relu pour l'édition par F. Lerin et F. Gaforg. La mise en page est de l'auteur avec la collaboration du service informatique de l'IAM-M.

CIHEAM
Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier

Directeur : Roland Pérez

3191, route de Mende
34060 Montpellier Cédex 1- France
Tél. 67 63 28 80 Télex 480 783 F

Bureau des Publications de l'IAMM
Resp. : F. Lerin

INSTITUT AGRONOMIQUE MÉDITERRANÉEN DE MONTPELLIER
DOCUMENTATION

Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine : Une méthodologie pour leur analyse

Master of Science de l'IAM-M

Daniel **DEYBE**

Avril 1989

CIHEAM-IAMM/Centre Doc.
* 5337*

37000

L'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse.

Ces opinions n'engagent que leur auteur.

DEYBE (Daniel), 1989.- *Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine : Une méthodologie pour leur analyse*.- Montpellier : Institut Agronomique Méditerranéen.- 95 p. (Thèse *Master of Science*, CIHEAM, avril 1989).

A mon arrière grand-père, Alvaro, qui commença cette belle aventure, qui s'appelle : Argentine...

A mes parents, Carmen et José Antonio, véritables exemples d'honnêteté, de travail et d'amour.

Je voudrais exprimer mes remerciements au Gouvernement Francais qui, en m'octroyant une bourse de longue durée, m'a permis d'approfondir mes connaissances dans le champ de l'économie rurale.

De même, j'adresse ma profonde gratitude à M. Guillermo Flichman car dans ses très grandes qualités humaines j'ai trouvé le soutien, l'amitié et la compréhension nécessaires pour continuer ma formation à l'Université de Montpellier I et à l'Institut Agronomique Méditerranéen jusqu'à la fin.

Mais aussi je dois une très grande reconnaissance à M.M. Jean Marc Boussard, Philip Abbott et Mme. Carmen Vicién, qui m'ont aidé dans la discussion et les suggestions sur le travail.

Je tiens également à remercier très sincèrement le Groupe de Travail du Service d'Informatique de l'IAM et en particulier M. Jean Pierre Destandau, lesquels ont été toujours disponibles et avec lesquels j'ai partagé tout le temps de la réalisation de cette thèse, et aux amis qui ont contribués à la correction du Français: M. Philippe Viala, Mmes. Claudine Soudais et Analía Levenson.

En outre, je tiens à témoigner de ma reconnaissance à mes amis, argentins et français, qui m'ont soutenu pendant toute cette période.

POLITIQUES AGRICOLES ET EROSION DES SOLS EN ARGENTINE: UNE METHODOLOGIE POUR LEUR ANALYSE.

RESUME:

Le problème de l'érosion en Argentine est très grave. Il s'agit d'un processus qui commença au début du siècle et que continue jusqu'à nos jours. Malgré la prise de conscience de ce processus par les pouvoirs publics, les politiques agricoles mises en place jusqu'à maintenant n'ont pas seulement été inadéquates pour diminuer les perte en sols, mais elles ont contribué au contraire à augmenter l'ampleur du processus.

Dans ce travail nous proposons une méthodologie d'analyse pour évaluer l'influence directe des différents politiques sur le système productif et indirectement sur l'érosion. Elle se base sur l'utilisation d'un modèle de simulation de la croissance des plantes et du processus d'érosion des sols combiné avec un modèle de programmation linéaire. En effet, le modèle de simulation de croissance de plantes, en partant des données sur la culture, les itinéraires techniques les sols et le climat régionaux, estime les rendements des cultures et l'érosion des sols dégagée par la réalisation des cultures. Avec ces résultats nous pouvons construire une matrice de programmation linéaire adéquate pour la réalisation de simulations des politiques agricoles et la visualisation des modification produites sur les système productif. Ces modifications, suite aux politiques agricoles, se traduisent par des effets différents sur les sols.

Les résultats obtenus pour la région *Maicera Típica* en Argentine, nous parlent de la nécessité d'envisager des politiques strictement adéquates pour lutter contre l'érosion, car les politiques plus globales ne suffisent pas à obtenir cet objectif dû, fondamentalement, aux externalités qui se présentent au niveau de l'exploitation.

MOTS-CLES:

Argenitine – Erosion – simulation – programmation linéaire – Systèmes de production –

RESUMEN

El problema de la erosión en Argentina es grave. Se trata de un proceso que se inició a comienzos de siglo y que continua hasta nuestros días. A pesar de la toma de conciencia de la importancia de este proceso de la parte del poder público, las políticas agricolas implementadas hasta el momento han sido no solamente inadecuadas para disminuir la perdida del suelo dino que, a su vez, han contribuído a aumentar su magnitud.

En este trabajo se propone una metodología de análisis que permite evaluar la influencia directa de las diferentes políticas sobre el sitema productivo e, indirectamente, sobre la erosión. La misma se basa en la utilisation de un modelo de simulación de crecimiento de las plantas y de la erosión probable, combinado con un modelo de programmación lineal. En efecto, el modelo de simulación de crecimiento de las plantas, partiendo de los datos del clima, de los suelos, de los cultivos y de los itinerarios técnicos, estima el rendimiento de los distintos cultivos y la erosión que se produce a partir de la realización de los mismos. Con estos resultados es posible construir una matrice de programación lineal adecuada para la realisación de las simulaciones de política propuestas y para la visualización de las modificaciones producidas sobre el sistema productivo. Estas últimas, como consecuencia de las políticas agrícolas, tienen diferentes efectos sobre los suelos.

Los resultados obtenidos par la region Maicera Típica en Argentina, muestran la necesidad de encarar políticas que sean estrictamente formuladas para la lucha contra la erosión, puesto que los efectos de políticas globales en general se muestran perniciosos debido, fundamentalmente a las externalidades que afectan a la explotación agropecuaria.

ABSTRACT

Soil erosion is an important problem in Argentina. It is a process that began at the beginning of the century and continues until now. Even though the government realized the importance of this problem, policies implemented were inadequate to stop it. They have in fact increased soil erosion.

This paper proposes a methodology that allows us to estimate the direct impact on the farm of different policies and, implicitly, possible erosion rates. It is based on the use of a plant growth – erosion simulator model combined with a linear programming representative farm model. The plant simulator model, with data on regional weather, soils, crops and technical schedules, calculates the probable yield and the possible erosion rates that this production will generate. With these results it is possible to build a linear programming matrix appropiate to simulate alternative policies and to visualize changes in the production system, which will have differents impacts on soils.

The empirical results obtained for the region *Maicera Típica* in Argentina, show the necessity of implementig specific policies to control soil erosion. More global policies have negative effects due to externalities that affect the farm.

TABLE DE MATIERES

I. INTRODUCTION 9

II. PROBLEMATIQUE 13

1. INTRODUCTION 13
2. LE DEVELOPPEMENT AGRICOLE DE LA REGION PAMPEENE ET SON RAPPORT AVEC L'EROSION 15
   A. Apogée et consolidation (1880-1937) 17
   B. Stagnation (1937-1976) 19
   C. Expansion, Spécialisation et augmentation de l'efficacité des grandes cultures (1976-1989) 21

III. METHODOLOGIE 25

1. INTRODUCTION 25
2. LE CADRE THEORIQUE 25
   A. La programmation linéaire 25
   B. La dualité 28
   C. L'introduction du risque dans un modèle de programmation linéaire 29
3. LE MODELE 32
   A. Le modèle de simulation de la croissance de plantes 33
   B. Le logiciel EPIC 34
      (a) Le climat 35
      (b) Le vent 35
      (c) Le sol et l'érosion 35
      (d) La croissance des plantes 36
      (e) Les biens d'équipement et les itinéraires techniques 36
      (f) Les résultats obtenus avec EPIC 37
   C. La matrice 37
   D. La détermination des prix futures 38
   E. La fonction objectif 39
   F. L'introduction du risque dans le modèle 40
   G. L'introduction des contraintes de liquidité et financières 41

IV. DESCRIPTION DU MODELE 45

1. INTRODUCTION 45
2. LA REGION 45
   A. Les sols 47
   B. Le climat 47
   C. Les grandes cultures 48
   D. L'élevage 48
   E. Les exploitations 48
      (a) Le mode de faire-valoir indirect 49
      (b) Le mode de faire-valoir direct 49
   F. Le niveau technique 49
   G. Population et Produit National Brut 50
3. LE MODELE 50
   A. L'exploitation 50
   B. Les activités proposées 51

(a) Les systèmes de culture 51
(b) La préparation des données pour l'introduction dans la matrice de programmation linéaire 52
(c) Les activités non-productives 53
C. Les contraintes 53
D. Les simulations proposées 53

V. LES RESULTATS 55

1. INTRODUCTION 55
2. LE MODELE DANS LA SITUATION REELE 55
3. LE MODELE SOUS DIFFERENTS TAUX D'INTERET 57
4. LE MODELE FACE A UNE DIMINUTION OU A UNE AUGMENTATION DES PRIX DES PRODUITS DE 20% 58

VI. CONCLUSION 61

ANNEXES 63

BIBLIOGRAFIE 81

INDEX 89

LISTE DE TABLEAUX ET FIGURES 91

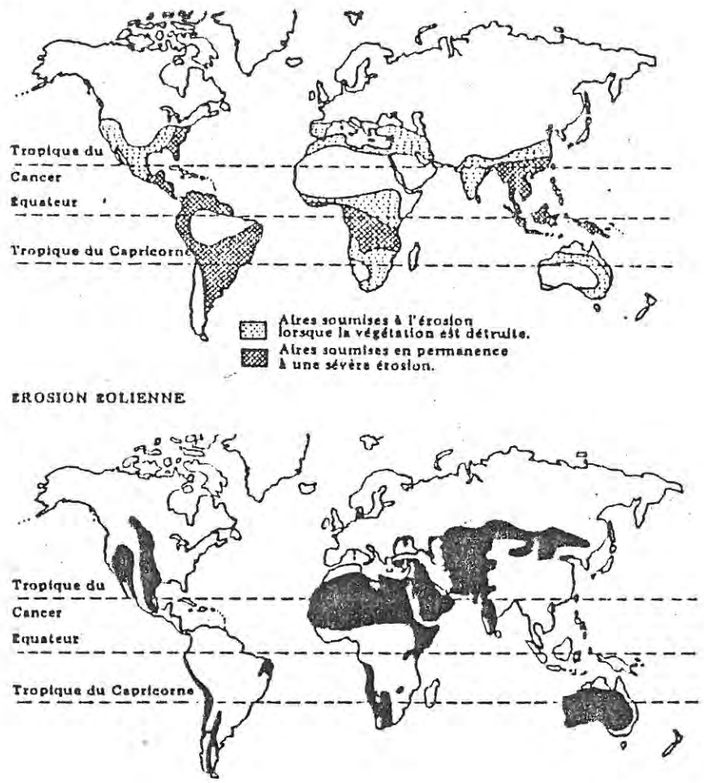
I. INTRODUCTION

L'érosion est une des causes principales qui entraînent la dégradation des sols[1] mis en culture ainsi que des régions où le couvert végétal a été modifié du fait de l'exploitation humaine.

On estime qu'une grande partie de la surface de la terre est touchée par ce processus. Aux Etats-Unis, sur 193 millions d'ha. considérés comme cultivables, environ 125 millions d'ha. présentaient des signes d'érosion plus ou moins accentués (DASMANN, 1972).

En France, l'érosion est un problème qui se manifeste aussi bien dans les zones au relief accentué que dans les régions céréalières, comme par exemple l'île de France, la Bretagne, l'Aquitaine (RAMADE, 1981) Le processus est aussi important dans d'autres régions du monde (cf. **Figure 1.1**)

Figure 1.1 . **L'érosion dans le monde** (RAMADE, 1981).



1. La détérioration du sol comprend essentiellement quatre processus: érosion hydrique, érosion éolienne, salification et dégradation physique qui produisent, avec le temps, une diminution de la productivité du sol. L'érosion est définie comme la perte du matériel superficiel du sol par l'action du vent ou de l'eau. (KIRBY et MORGAN, 1980)

Dans le cas de l'Argentine, l'érosion est aussi un phénomène très actuel, qui a commencé au début du XXème siècle et se poursuit jusqu'à nos jours. Même si l'ensemble de la surface agricole est affecté, la région la plus touchée du point de vue économique est la "Pampa", (que nous appelons région "pampéenne"), située au centre-est du pays (CENTRO PARA LA PROMOCIóN DE LA CONSERVACIóN DEL SUELO Y DEL AGUA, 1986). Les évaluations réalisées récemment indiquent que le processus de détérioration du sol est très grave. A peu près 7 millions d'hectares sont affectés par l'érosion hydrique dans les provinces de Buenos Aires, Córdoba et Santa Fé. [2]

Il y a eu dans cette région une prise de conscience de l'ampleur du problème (INTA, 1986) mais, malgré les efforts de vulgarisation faits pour l'arrêter, le processus d'érosion se poursuit . L'une des explications est que les mesures prises n'ont pas été accompagnées d'une action politique favorisant leur mise en oeuvre.

Cependant, la gestion d'un système complexe comme l'espace rural avec ses multiples composantes économiques, sociales, environnementales et culturelles s'accommode fort mal d'une planification centralisée dans laquelle l'affectation de chaque parcelle de territoire serait décidée par un acteur politique. Toutefois, la conjonction de multiples particularités qui font la spécificité de l'activité agricole rend, par contre, parfaitement utopique une conception totalement libérale dans laquelle le politique se garderait bien d'intervenir, quelle que soit la résultante des innombrables décisions individuelles.(TIREL, 1988)

Dans la région pampéenne les différentes mesures de politique agricole envisageables sont les suivantes: politique de taux de change et de prix au producteur, politique de commercialisation en amont et en aval, politique créancière, politique de taxation, et politique technologique (FIORENTINO,1984). Dans le cadre de ce travail nous allons analyser les politiques de prix au producteur, les politiques technologiques et, indirectement par la voie du taux d'intérêt général, la politique de crédit, car nous les considérons comme les plus susceptibles d'être mises en place à court terme.

Pour déterminer les effets de l'action politique sur les problèmes d'érosion des sols, nous pouvons construire des modèles qui représentent les exploitations réelles et la convergence à la fois des objectifs souhaités par les agriculteurs et de l'objectif global. Ces modèles permettront la simulation des différents *scenarii* de politique économique[3] et l'évaluation des résultats obtenus.

Une des méthodologies possibles pour la construction d'un modèle de ce genre est la programmation linéaire. Cet outil est approprié pour l'obtention des résultats de la simulation des différents scenarii précédemment conçus. Ces résultats seront alors utilisés d'une manière descriptive afin d'identifier les mesures les plus favorables.

---

2. La production agricole de zones subtropicales est aussi menacée. A Salta, au nord-ouest de l'Argentine, 200.000 hectares consacrés fondamentalement aux cultures de soja et de pois subissent de graves processus d'érosion hydrique. Celle-ci affecte aussi 2 millions d'hectares dans le Chaco et 250-300 000 hectares à Misiones. L'érosion (éolienne et hydrique) affecte aussi 12 des 67 millions d'hectares des provinces de Santa Cruz, Chubut et Rio Negro situées au sud du pays.

3. En général, en Argentine, les politiques macro-économiques à court terme ont plus d'influence sur le secteur rural que les politiques agricoles proprement dites. En effet, FIORENTINO, 1984 cite : "(...) nous suivons la thèse de Cuccia (1983) qui s'appuie sur Brodersohn (1974) et d'autres auteurs. Selon cette thèse, la politique agricole se soumet, en ce qui concerne sa stratégie et sa mise en oeuvre, à la politique économique générale, et en conséquence suit les variations cycliques de celle-ci."

Pour aboutir à une représentation fiable de la réalité, les modèles doivent considérer les caractéristiques agronomiques des exploitations, leurs aspects économiques et financiers, ainsi que le risque de la mise en place de chaque activité et l'incertitude sur les revenus.

Le problème se pose alors au niveau de la détermination des rendements probables des cultures dans l'avenir ainsi que de l'érosion du sol suscitée par la réalisation des cultures avec différents itinéraires techniques. Il n'y a pas assez d'informations sur la région pour faire des projections à long terme sur ce point.

L'utilisation des modèles de croissance de plantes devient donc possible. Ces modèles effectuent les calculs des rendements probables des cultures par rapport aux caractéristiques du sol ainsi qu'aux conditions de climat estimées à partir des données régionales moyennes. Ils déterminent aussi l'érosion probable du sol par rapport aux labours réalisés pour les diverses cultures.

Avec les rendements déterminés de cette manière, il est possible de construire une matrice de programmation linéaire très riche. Il faut, alors, valider les modèles pour vérifier qu'ils représentent d'une manière fiable les exploitations réelles. Nous considérons que si les tendances des systèmes d'exploitation sont respectées, les modèles sont représentatifs de la réalité.

Par conséquent, le but de ce travail est d'approfondir ce type de méthodologie et de tester des différents *scenarii* de politique agricole.

Les résultats pourront, donc, être envisagés comme des tendances possibles vis-à-vis des changements proposés.

Le présent travail est divisé en cinq chapitres:

1. **Problématique** : caractéristiques du développement de la région et son rapport avec le processus d'érosion des sols.
2. **Méthodologie** : présentation du cadre théorique proposé.
3. **La description du modèle** : description physique de la région considérée et du modèle.
4. **Les résultats** : résultats obtenus à partir du modèle réel et des simulations réalisées.
5. **Conclusion générale** : résultats du travail et lignes de la recherche future.

II. PROBLEMATIQUE

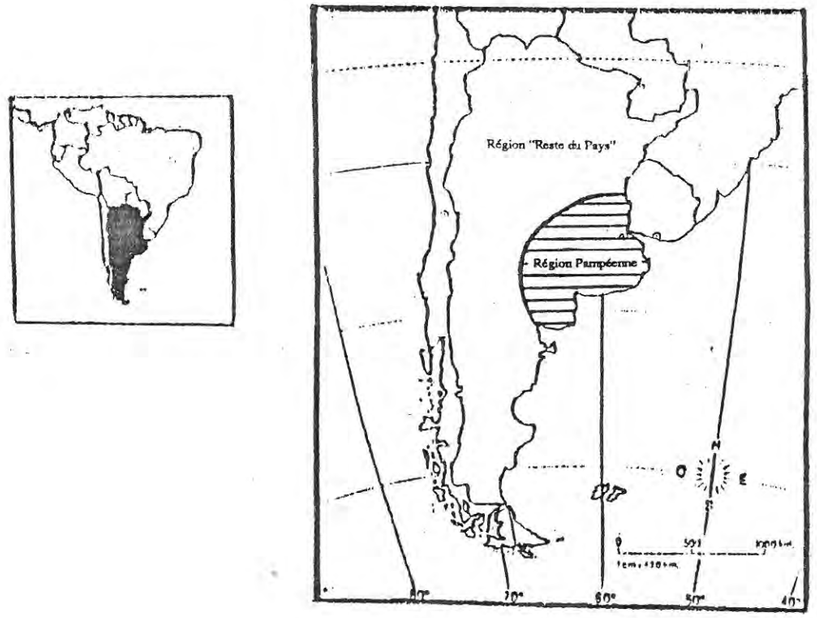
2. INTRODUCTION

L'Argentine est située au sud du continent américain, et dispose d'une superficie totale de 2.780.000 km^2. Les types de climat y vont du sub-tropical au tempéré froid (du nord au sud), avec des caractéristiques régionales particulières dépendantes du relief.

L'agriculture argentine peut être divisée en deux grandes composantes: l'agriculture de la région "pampéenne", qui est la plus avantageuse pour la production des grandes cultures et de l'élevage, et l'agriculture "du reste du pays"[4], soit un ensemble de régions différentes, chacune d'entre elles étant très spécialisées dans certaines productions (coton, canne à sucre, vigne, laine, etc.).

Ces deux ensembles régionaux présentent des différences remarquables quant à leurs caractéristiques écologiques, leurs superficies et leur importance sur le plan économique (cf. **Figure 2.1**)

Figure 2.1. **L'Argentine: les différentes régions**



INSTITUT MÉDITERRANÉEN DE MONTPELLIER
DOCUMENTATION

4. Cet ensemble est appelé en Argentine *agriculturas regionales* ou agricultures régionales.

La région que nous appelons "le reste du pays", d'une superficie de 2.330.000 km^2, offre une diversité de reliefs assez importante. Sa production est orientée plutôt vers la satisfaction des besoins internes en divers produits. Il s'agit, par exemple, dans le nord-ouest du pays, de la canne à sucre, du tabac, des fruits et des légumes "primeurs". Le nord-est est spécialisé dans la culture du coton, des agrumes, du tabac, du thé et dans l'élevage bovin. La région centre-ouest ou "Cuyo", produit de la vigne et des fruits. Enfin, la "Patagonie" ou région sud, est une steppe où se trouve l'élevage ovin.

La région pampéenne, par contre, est une plaine de 450.000 km^2, localisée dans le centre-est du pays. Sa production agricole a une place importante dans la production totale du pays, comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 2.1. **Participation régionale à la production agricole.** (en pourcentage de la valeur de la production aux prix courants).

Période	1964/65	1968/70	1978/80	1981/83
Région Pampéenne	63,3	63,7	58,2	71,2
Reste du pays	36,7	36,6	41,8	28,8
Total	100	100	100	100

Source: *Banco Ganadero. La producción rural argentina* (publications annuelles) cité in OBSCHATKO, (1988).

La participation pampéenne à la production totale est plus grande si l'on considère seulement les grandes cultures : environ 90 % de la production globale (OBSCHATKO, 1988[5] ; RECA, 1980)[6].

La production régionale pampéenne est orientée vers la satisfaction des besoins internes et l'exportation. Il faut remarquer que les exportations agricoles (essentiellement des céréales et des oléo-protéagineux) occupent une place la plus significative dans le total des exportations du pays (cf. **Tableau 2.2**).

5. En effet, Obschatko ecrit p. 98 : *De esa producción(la agricultura), cerca del 90% proviene de la región pampeana.* (Dans la production des grandes cultures, presque 90% est d'origine pampéenne).

6. Reca confirme (p.68) : *The bulk of grain and oilseed production in Argentina comes from the Pampas.* (La plupart de la production argentine de céréales et d'oleo-protéagineux provient de la région pampéenne).

Tableau 2.2. **Exportations agricoles, 1982/84.**

	Exp.tot.	Animaux	Végetaux	Huiles Veg	Reste Exp.
Millions $EUA courrant	7.855,5	692,2	3.129,6	632.7	3.401,0
Millions $EUA 1980	6.939,5	614,0	2.761,1	556,3	3.008,1
%	100,0	8,8	39,8	8,0	43,4

Source: *INDEC. Comercio Exterior Argentino.* 1982/1984. Cité in OBSCHATKO, (1988).

La possibilité d'exporter leurs produits grâce d'une part à une plus grande productivité de la terre et, d'autre part, aux coûts plus faibles – à l'échelle nationale et internationale –, permet aux propriétaires de la région pampéenne de tirer une rente différentielle.[7] Celle-ci peut s'élever de 30 à 40 % de la valeur brute de la production, selon la qualité de la terre (FLICHMAN, 1986).

La plus grande productivité de la région pampéenne associée aux innovations techniques a permis un développement plus important que dans le reste du pays, mais ce processus particulier de développement agricole de la région a entraîné des problèmes de dégradation de sols, particulièrement l'érosion, thème central des points suivants.

2. LE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE DE LA REGION PAMPÉENE ET SON RAPPORT AVEC L'ÉROSION

Le développement agricole de la région pampéenne a été axé sur la production des biens d'exportation. Il y a actuellement une structure de production caractérisée par la prédominance de nombreuses exploitations familiales petites et moyennes, parallèlement à l'existence de grandes exploitations capitalistes.(cf. **Tableau 2.3**) Cependant, cette structure ne répond pas à la dichotomie latifundium-minifundium, comme dans les autres pays d'Amérique Latine, et la concentration de terre a diminué dès le début de ce siècle (CIDA, 1965 ; PUCCIARELLI, 1985 ; FLICHMAN, 1986).

7. Ce processus est historique, en effet, Barsky et Murmis, 1986 affirment(p.70) : *El tipo de articulación ganadería-agricultura, facilitó mantener la gran propiedad de la tierra que facilitaba la apropiación de grandes masas de renta, dado las ventajas de la región pampeana en terminos comparativos internacionales.* (Le type d'articulation élevage-grandes cultures permettait l'existence de la grande propriété qui facilitait l'appropriation de la rente à cause des avantages comparatifs internationaux de la région "pampéenne").

Tableau 2.3. **Exploitations Agricoles par catégories. Province de Buenos Aires** (en %).

	Exploitation	Superficie
Minifundium(jusqu'à 25ha.)	12.2	0.5
Expl. Familiale(25-400ha.)	67.1	28.2
Expl. Capitaliste Agraire (400-2500ha.)	19.0	49.2
Grande entreprise(+2500ha)	1.7	22.1

Source: *Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Asuntos Agrarios. Encuesta Agropecuaria 1981.* cité in OBSCHATKO, (1988).

Cette structure agraire a été liée à deux modalités de mise en valeur agricole: le faire valoir direct et le faire valoir indirect, conditionnant ainsi les systèmes productif.

Ces systèmes de production cherchent, pour l'essentiel, l'obtention de la plus grande productivité de la terre sans se préoccuper des aspects de conservation de la fertilité et de prévention de l'érosion. L'affaiblissement de la fertilité du sol et la présence de l'érosion menacent donc la production pampéenne (OBSCHATKO et DEL BELLO, 1986)[8]

Ces processus ont commencé au début du siècle et se poursuivent encore aujourd'hui. Il y a deux facteurs principaux qui peuvent les expliquer :

1. la mise en valeur de la terre dans la région, surtout dans le cas du faire valoir indirect, dont les contrats sont établis pour des périodes de très courte durée (en général moins d'un an). Ainsi l'exploitant n'est intéressé que par l'obtention d'un plus grand revenu pendant la période de location de la terre, en cherchant la plus grande fertilité actuelle ;

2. la substitution des rotations pâturages-grandes cultures par des rotations qui n'incluent que des grandes cultures. Il faut aussi mentionner la réalisation de la double culture blé-soja pendant une même période productive, ce qui accentue les processus.[9]

Afin de mieux comprendre ces processus, on fera une brève description de la manière dont le milieu agricole pampéen s'est développé, en remarquant les points les plus importants pour le sujet qui nous intéresse, l'érosion.

8. p.35 : *(...)los problemas de erosión hídrica y degradación físico químico de los suelos por agricultura permanente estarían afectando al grueso de los productores de la región, y a cerca de la mitad de la superficie productiva. Esta situación a comenzado a reflejarse en los rendimientos promedio de la zona...* (Les problèmes d'érosion hydrique et la dégradation physique et chimique des sols à cause des rotations des grandes cultures sans élevage affecteraient la plupart des producteurs de la région et presque la moitié de la superficie productive. Cette situation commence à être visualisée dans les rendements moyens de la région).

9. Dans le cadre de ce travail nous nous préoccupons seulement du deuxième facteur ; pour modifier le premier il est nécessaire d'intervenir sur le régime foncier, ce qui va au-delà des limites de ce travail.

2. Les différentes étapes du développement agricole pampéen

Le développement rural de cette région peut être divisé en différentes périodes, présentant diverses orientations et techniques productives ainsi que des structures et des relations sociales spécifiques.(GIBERTI, 1964 ; 1988)

Les périodes sont les suivantes (FLICHMAN,1982) :

1. apogée et consolidation (1880-1937).
2. stagnation (1937-1976).
3. expansion, spécialisation et augmentation de l'efficacité des grandes cultures (1976-1988).

A. Apogée et consolidation (1880-1937)

Les animaux introduits par les espagnols pendant la période de la conquête (XVIème et XVIIème siècles) et laissés en liberté se sont reproduits en grand nombre et dispersés dans l'ensemble du pays et particulièrement dans la région pampéenne.

Vers la fin du XVIIIème siècle, les animaux étaient abattus seulement pour l'obtention de la peau, plus tard s'est ajoutée l'utilisation de la viande qui, sèchée et salée, était exportée aux Etats-Unis et aux Caraïbes, pour la consommation des esclaves. Ces deux activités permettaient de dégager une rentabilité de la production bovine, qui a entraîné un processus d'appropriation de la terre et la première expansion de la frontière intérieure (impliquant le déplacement des indiens), au début du XIXème siècle, afin de commencer et d'assurer l'activité d'élevage bovin proprement dite dans des grandes exploitations appelées *estancias*.[10]

La disparition graduelle de l'esclavage (aux Caraïbes d'abord et plus tard aux Etats Unis) entraînant une chute de la consommation de viande salée, a généré une diminution de la rentabilité de la production bovine et, par conséquent, une diminution du cheptel. Celui-ci a été remplacé par des ovins, dont la rentabilité était meilleure à cause de la possibilité d'exportation de la laine[11] vers l'Europe, où l'apparition du moteur à vapeur permettait son industrialisation à grande échelle. Ce processus a été favorisé de surcroît par la possibilité d'importer un cheptel de qualité[12], ce qui était auparavant impossible.

L'expansion de la frontière agricole induit la conquête définitive du territoire indien, qui s'acheva au début des années 1880, coïncidant avec le commencement de la grande immigration européenne, qui diffuse les grandes cultures. Commence alors la colonisation par petites parcelles dans le nord de la région pampéenne (SCOBIE, 1968 ; BARSKY et MURMIS, 1986[13]) et la mise

10. Pichon-Rivière nous explique :"Pour ce qui se rapporte à l'estancia, ce serait une grave erreur d'y voir un simple établissement d'élevage ou une grande ferme, quelle que soit son importance. Ce serait oublier que l'*estancia* a été pendant longtemps un noyau social, économique et politique essentiel dans la vie argentine."

11. La laine pouvait être transportée dans des voiliers sans subir de dégâts importants.

12. L'Espagne, notamment, ne permettait pas l'exportation du cheptel ovin, surtout de mérinos, dont la laine était très recherchée en Europe.

13. p.45 : *En 1856 se inicia el proceso de colonización, primero a cargo del estado y en las décadas siguientes impulsado por los empresarios colonizadores y las empresas ferroviarias. A ello se sumarán las ventas realizadas por los terratenientes mediante hipotecas, que se extendieron hasta mediados de la década del*

en valeur avec les grandes cultures de petites superficies appartenant aux grandes propriétés, *estancias* (COSCIA,1980)[14].

Dès l'introduction du frigorifique et l'amélioration du transport maritime et terrestre, l'exportation de la viande bovine surgelée devient possible et très rentable. On assiste, par conséquent, à la diminution du nombre d'ovins, à l'amélioration des cheptels bovins avec des animaux d'origine anglaise, afin d'obtenir un produit de qualité supérieure pour l'exportation, et à l'introduction des pâturages, notamment la luzerne.

Afin de planter cette dernière culture, les grands propriétaires donnaient en location la terre aux colons pour une période de trois ans, en les obligeant à laisser le terrain planté en luzerne (BARSKY et MURMIS,1986). La manière dont les locataires, que nous appellerons désormais *contratistas*, travaillaient la terre en vue de réaliser les grandes cultures, au début à la main et plus tard avec attelage, engendra les processus de dégradation de la fertilité et d'érosion (SCOBIE,1965)[15]; car les *contratistas* ne prêtaient aucune attention à ces deux phénomènes en raison du manque d'information sur ceux-ci et des conditions précaires des contrats de location.(GIBERTI, 1964 [16]; BADOIN, 1971[17])

En effet, pour avoir une plus grande production pendant le temps de location, les paysans utilisaient tous les moyens disponibles pour parvenir à un accroissement de la fertilité actuelle et, en conséquence, aux plus grands rendements. Néanmoins, l'implantation de la luzerne, qui apporte de l'azote au sol, les longues périodes de jachère de la terre et le fumier apporté par les animaux en pâturage, atténuaient la dégradation de sol. Cette combinaison avait une très grande importance dans le schéma de production des grandes cultures jusqu'à la moitié du XXème siècle (BARSKY et MURMIS,1986).

A la fin du XIXème siècle l'ensemble de la surface productive de la région était occupé. La possibilité d'augmentation de la production, grâce à l'adoption de matériel agricole et à l'expansion de la superficie cultivée[18], et l'existence d'une immigration de plus en plus nombreuse favorisaient l'intensification du système de production basé sur la main d'oeuvre. En effet, la

90. Estos procesos determinaron la configuración de capas de pequeños propietarios que impulsaron fuertemente la expansión de la producción cerealera. (En 1856 commença le processus de colonisation, au début par l'Etat, et dans les décennies suivantes par les entreprises colonisatrices et les entreprises du chemin de fer. Il faut aussi additionner les ventes par hypothèques réalisées par les *estancieros* ou propriétaires terriens, en vogue jusqu'en 1890. Ce processus déterminait la structure foncière des petits propriétaires qui favorisaient fortement l'expansion de la production céréalière).

14. Dans la p.14, Coscia remarque que : *(La colonización) consistió en tomar grandes campos dedicados por ese entonces a una ganadería bovina y ovina muy extensiva y precaria, fraccionarlos mediante un simple amojonamiento en parcelas que normalmente variaban entre 40 y 80 hectáreas y entregarlas a colonos por uno o dos años (...) en arrendamiento o aparcería y al mejor postor. Asi se formaban las colonias.* (La colonisation consistait à prendre les grandes propriétés dédiées à l'élevage très extensif des bovins et ovins, à les fractionner en parcelles d'une superficie de 40 à 80 hectares et à les donner aux colons pour une ou deux années en métayage ou en fermage. De cette façon se formaient les colonies).

15. Il y a, cependant, d'autres auteurs qui ne partagent pas cette opinion, notamment RAS,1977.

16. Giberti affirme, dans la p.33. que : *Tal precariedad impedía toda preocupación por conservar el suelo y obligaba a vivir sin comodidades, pues los campos carecían de mejoras y todo era efímero. El propietario de la tierra poco interés ponía en ofrecer campo con más mejoras, o retribuir las que incorporara el arrendatario o aparcero, porque ellas generalmente entorpecían el posterior ciclo ganadero.* (L'incertitude empêchait tout souci pour la préservation du sol et obligeait à vivre sans confort, car les fermes n'avaient pas d'investissements. Le propriétaire avait peu d'intérêt à investir ou à payer les investissements réalisés par les locataires car ils gênaient l'élevage postérieur).

17. p.53 :"Le *contratista* n'est, d'autre part, pas incité à effectuer des améliorations foncières sur des terres à propos desquelles il ne détient qu'un droit fragile et révocable."

18. Entre 1900/04 et 1935/39 la superficie cultivée a été triplée.

réalisation des grandes cultures nécessitait une quantité de travail plus élevée que l'élevage, et la rélation superficie/main-d'oeuvre était plus importante chez les petits exploitants et les "contratistas". Pour ces derniers, les grandes cultures présentent une rentabilité relativement supérieure(la main-d'oeuvre familiale n'était pas rémunérée), un besoin inférieur en investissements et une plus grande vitesse de recyclage du capital utilisé, d'autant plus que le crédit disponible aux petits producteurs était à très court terme et avec un taux d'intérêt très élevé (le crédit officiel n'était disponible que pour les grands propriétaires).

La production pendant cette période s'organise de la manière suivante : les grandes exploitations, même si une grande partie de leur superficie était occupée par les grandes cultures pendant de longues périodes, pratiquaient un système de culture dans lequel il y avait une rotation avec de l'élevage. Dans ces conditions, les phénomènes de dégradation de sols n'étaient pas trop importants. Les paysans – *contratistas* ou petit propriétaires-, malgré leurs meilleures conditions d'accès à la terre[19], gardaient les systèmes de culture qu'ils avaient utilisés auparavant ou ceux qu'ils amenaient de leurs pays, inadaptés à ce nouveau milieu. (SCOBIE,1965) Les systèmes d'exploitation paysans dans les petites exploitations, axés sur la main d'oeuvre familiale, ajoutaient à la mauvaise pratique agricole déjà décrite, le manque de rotations des grandes cultures avec l'élevage. Ces dernières étaient irréalisables en raison des faibles surfaces des exploitations et de la difficulté d'investir en biens d'équipement(clôtures, bassins, etc.) et en cheptel, nécessaires pour l'élevage bovin. Tout cela contribua à accentuer le processus d'érosion du sol et de perte de fertilité.

B. Stagnation (1937-1976)

La deuxième guerre mondiale affecta très nettement l'économie argentine, surtout celle de la région pampéenne. Les difficultés de navigation transocéanique rendaient impossible l'exportation de la production agricole vers les acheteurs traditionnels ainsi que l'importation des produits industriels. A ceci s'ajoutent, à partir de 1942, les politiques de blocage des exportations argentines imposées par les Etats-Unis (interdiction d'achat par les pays alliés et de transport des produits agricoles) et d'interdiction d'exportation vers l'Argentine des *inputs* (biens d'équipement, combustibles, acier, etc.) non seulement américains mais aussi des alliés. Cette politique durera jusqu'à 1949 (ESCUDE, 1983 ; MILWARD, 1986).

La production pampéenne fut donc affectée par deux tendances :

1. l'accumulation au fil des années d'excédents non exportés de grandes cultures qui pourrissaient dans la campagne ou qui étaient utilisés comme combustible par les agriculteurs et pour les trains.

2. l'absence de pratiques modernes de production, due au manque de fabrication locale de biens d'équipement (impossibilité d'importation des *inputs* nécessaires pour les usines) et au blocage de leur importation.

A partir de 1944 dans le cadre d'un plan de substitution des importations s'intensifie une industrialisation interne légère (commencée aux environs de 1925)(DIAZ ALEJANDRO,1975) favorisée par les pouvoirs publics.

19. En effet, ils ont des contrats plus favorables ou, parfois, ils deviennent propriétaires de la terre.

Les ressources nécessaires à cette redistribution des facteurs de production – surtout le capital – provinrent du secteur agricole. L'Etat établit un prélèvement sur les exportations agricoles (MARTINEZ DE HOZ, 1965 ; NOVICK, 1986) pour l'obtention des ressources (MIELKE, 1984)[20] moyennant la création d'un office national interprofessionnel des céréales – IAPI[21] – qui monopolisait la commercialisation des céréales, et de taxes sur les importations des biens de capital pour favoriser l'industrie locale.

En conséquence les producteurs agricoles reçurent des prix plus faibles par rapport aux cours mondiaux et durent payer plus cher leurs biens d'équipement et leurs consommations intermédiaires (CAVALLO et MUNDLAK, 1982)[22]. Cette politique de redistribution des ressources produites par l'agriculture vers les industries et la population des villes eut des conséquences sur l'appareil productif du pays. Ainsi, l'exode rural débuta, car les besoins de main-d'oeuvre industrielle s'accrurent. De surcroît, les conditions de vie ainsi que les salaires en ville étaient meilleurs. On assista alors à une extensification des systèmes productifs agricoles, notamment une augmentation de l'activité bovine (due à une meilleure rentabilité relative et a un besoin moindre de main-d'oeuvre).

Un gel des loyers des terres se produisit aussi à ce moment-là, situation délicate tant pour le propriétaire que pour le locataire, ne leur permettant aucun investissement. Le locataire n'avait pas intérêt à se préoccuper de la conservation du sol, car il n'y avait aucune certitude juridique sur la durée du gel des loyers (COSCIA,1980)[23]

A partir de 1956 le pouvoir public, intéressé par l'intensification du système de culture, le soutient en créant l'INTA – *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* – (Institut National pour la Recherche et la Vulgarisation Agricole). Malgré cela, les conditions économiques étaient peu favorables. Les différences observées pendant les années précédentes entre les prix à la production et les prix internationaux devaient se maintenir, parfois s'accroître.

Pourtant, la modernisation des exploitations agricoles s'acheva à partir de l'introduction de semences à plus grand potentiel productif,(PIÑEIRO, GUTIERREZ et JACOBS, 1984)[24] de nouveaux biens d'équipement

20. Page 6, Mielke affirme : *The inability to increase domestic tax revenues prompted Argentine authorities to rely on export taxes as a primary source of revenue.* (L'incapacité d'augmenter les revenus internes par les impôts menait les autorités argentines à avoir comme source la plus importante de revenu les prélèvements sur les exportations).

21. *Instituto Argentino de Promoción del Intercambio*

22. p.13 : *(...) the prices received by farmers for their products were low relative to the prices they paid for their inputs. This prices were very different from the international prices.* ((...) les prix reçus par les exploitants pour ces produits étaient très bas par rapport aux prix des denrées . Leurs prix étaient très différents des cours mondiaux).

23. p.18 : *(El arrendatario) Actua en función de logros de corto plazo y sin una perspectiva de futuro que en la agricultura es vital en muchos aspectos. No cuida la fertilidad del suelo, deja que las malezas le invadan el campo,..." (Le locataire cherche les plus hauts rendements à court terme et sans perspectives d'avenir, qui sont en agriculture, très importantes. Il ne fait pas attention à la fertilité du sol, il laisse les plantes adventices envahir la ferme,...).*

24. En effet, Piñeiro soutient (p.3) : *Una de las caracteristicas principales de este conjunto de innovaciones es que la mayoria de ellas están vinculadas al mejoramiento varietal de los principales cultivos producidos en la región pampeana, los que a su vez sirven de motor para la adopción de otras innovaciones vinculadas al uso de químicos o a prácticas agronómicas mejoradas.* (Une des caractéristiques principales de l'ensemble des innovations est que la plupart d'entre elles sont liées à l'amélioration des variétés des principales cultures produites dans la région pampéenne, ce qui permet l'adoption d'autres types d'innovations liées à l'utilisation de pesticides ou à des pratiques agronomiques améliorées).

(NOCETTI, 1983 ; BARSKY et MURNIS, 1986[25]), et de quelques produits de traitement phytosanitaire. Les coûts de production, cependant, restaient stables ; (REGUNAGA, 1988)[26] malgré tout, l'augmentation de la production agricole de la région ne fut significative qu'à la fin de la période analysée (BARSKY, 1971)[27].

C. Expansion, spécialisation et augmentation de l'efficacité des grandes cultures (1976-1989).

La modernisation commencée pendant la période antérieure continue, favorisée par l'action des entreprises privées de semences et de produits chimiques qui introduisent sur le marché des *inputs* techniques d'avant-garde. Le processus d'adoption technique est dû, fondamentalement : – à la mécanisation d'avant-garde et complète des labours avec des biens d'équipement plus adaptés ; – à la spécialisation dans la production de blé, de maïs, de soja, de sorgho et de tournesol; l'innovation technique dans les cinq cultures ; – à la diffusion d'herbicides nouveaux qui s'ajoutent aux autres produits phytosanitaires déjà utilisés dans la région, – à l'amélioration des installations de stockage des grains ainsi que aux progrès réalisés dans la maîtrise de l'exploitation agricole.[28]

L'obtention d'une meilleure fertilité (grâce à des labours plus fréquents) permet alors une augmentation du volume de la production. Mais ces multiples labours et le contrôle mécanique des plantes adventices accentuent l'érosion et la perte de structuration du sol. Les engrais sont d'utilisation limitée car leur prix sont élevés et la réponse à leur usage dépend fondamentalement des conditions du climat, assez variables, qui rendent leur emploi très risqué. L'apport des éléments nutritifs au sol se limite à la paille des cultures, ce qui accentue la défertilisation à long terme (COSCIA, 1980[29] ; INTA, 1986[30] ;

25. Barsky et Murnis indiquent : *MALLON et SOURROUILLE señalan que las inversiones agropecuarias aumentaron sustancialmente desde comienzos de la década del 50, estimandose que la inversión bruta fija real de la explotación agricola ganadera aumentó más del doble en esta época.(...) Como vemos, el recupero del sector agropecuario, cuya expresión es el comienzo de la expansión agrícola de 1953, obedeció a una expanción de la acumulación que en gran medida se tradujo en inversiones en maquinarias.* (MALLON et SOURROUILLE signalent que les investissements agricoles augmentaient beaucoup dès le début des années cinquante, on estime que l'investissement brut fixe réel de l'exploitation agricole augmentait de plus du double à cette époque là.(...) On remarque que l'amélioration du secteur agricole, dès 1953, obéit à une expansion de l'accumulation traduite, surtout, en investissements en biens d'équipement).

26. p.19, Regunaga dit : *La expansión de la agricultura y la incorporación de tecnología en Argentina se dió en un marco de desprotección efectiva (vía tipo de cambio e impuestos a las exportaciones), que se manifestó en precios relativos insumo-producto sustancialmente mayores a los vigentes en los paises competidores y que, por ende, limitó su ritmo de crecimiento ya que indujo a la utilización de aquellas innovaciones que no implicaron aumentos en los costos unitarios de producción.* (L'expansion de l'agriculture et l'introduction de technologies en Argentine étaient faites dans un cadre de non-protection effective(par moyenne du taux de change (différentiel) et impôts sur les exportations) qui se manifestait en prix relatifs input-output essentiellement supérieurs à ceux des pays concurrentiels et qui limitaient donc le rythme de croissance car ils favorisaient l'utilisation des innovations qui n'augmentaient pas les coûts de productions).

27. *(...) cuyos efectos de respuesta, en términos de la expansión agrícola, serían más claramente visibles a partir de la segunda mitad de la década de 1960.* ((...) les réponses, en termes d'expansion agricole, n'ont été manifestés qu'à la fin des années soixante).

28. BARSKY et PIÑEIRO affirment : *Los aumentos de las décadas del '70 y del '80 obedecen al efecto acumulado de tecnología mecánica, química y biológica.* (Les augmentations des années 1970 et 1980 obéissent à l'effet accumulé de technologies mécaniques, chimiques et biologiques).

29. *Hay muchas formas de explotar la tierra. Explotada inteligente y racionalmente puede hacersela producir en forma indefinida, sin afectar su fertilidad y aptitud agrícola. Explotada en forma irracional puede degradarsela en no muchos años a través de la pérdida de fertilidad, la erosión hídrica o eólica, la invasión de malezas, etc.* (Il y a plusieurs façons de faire-valoir la terre. Travaillée d'une manière intelligente et rationnelle elle peut produire indéfiniment, sans affecter sa fertilité et son aptitude agricole. Travaillée d'une

MICHELENA, 1986[31]).

A partir de 1980, grâce à l'amélioration des variétés de soja, avec des cycles plus courts qui permettent la récolte avant les périodes de pluie, l'introduction de la double culture blé-soja (plus rentable que les autres cultures individuelles) s'achève et renforce le processus d'érosion (OBSCHATKO et DEL BELLO, 1986[32] ; GALLACHER, 1988[33]). En effet, pendant un an le sol est travaillé sans arrêt et, dans la plupart des cas, la paille du blé est brûlée après la récolte pour faciliter la plantation du soja.

Par ailleurs, on assiste à une nette diminution de l'élevage, remplacé par les grandes cultures, plus rentables. Le sol est donc travaillé plusieurs années sans arrêt. L'incorporation de matière organique et l'humification sont altérées ; les conséquences chimiques et physiques sur le sol en sont la défertilisation, la perte de structure ainsi que l'érosion (COSCIA, 1980[34]).

Ces processus se traduisent par l'affaiblissement des rendements moyens de la région pendant les deux ou trois dernières années. Les principales cultures affectées sont le maïs, le sorgho et le soja (OBSTCHATKO,1988).

Les institutions régionales et nationales de recherche ont reconnu le problème et elles proposent des systèmes de cultures différents qui réduisent ou

façon irrationnelle, elle peut être dégradée rapidement moyennant une perte de fertilité, une érosion hydrique ou éolienne, l'invasion d'adventices, etc.)

30. *El continuo pasaje de maquinarias, las labranzas tradicionales que mantienen el suelo sin cubierta, los cultivos sucesivos, la erosión hídrica, acarrean una disminución del contenido de materia orgánica, de nutrientes(en especial nitrógeno y fósforo) y, paralelamente, aumento de la acidez, disminucion de la estabilidad de los agregados, "planchado", compactación superficial, formación de pisos de arado, etc. que afectan a la nutrición y aprovechamiento del agua por las plantas y origina, por consiguiente, diminución de los rendimientos.* (Les labours continus, les sols laissés sans couverture, les cultures successives, l'érosion hydrique produisent une diminution de la matière organique, des éléments nutritifs du sol(spécialement de l'azote et du phosphore), et parallèlement une augmentation de l'acidité, une diminution de la stabilité des agrégés, une compression superficielle, etc. affectent la nourriture des plantes et suscitent une diminution des rendements).

31. *En un ensayo realizado en la zona, comparando suelos bajo agricultura continua con suelos testigos (virgen o con pasturas naturales de más de 20 años), el contenido de materia orgánica resultó un 21-56% inferior en los primeros, y la estabilidad estructural y la percolación un 40-64% y 54-73% menores que en los suelos testigos.* (Dans un essai réalisé dans la zone, en faisant la comparaison entre des sols labourés d'une manière permanente et des sols témoins, le contenu en matière organique était de 21 à 56% inférieur dans le premier cas et la stabilité structurelle et la percolation de 40 à 64% et de 54 à 73% respectivement).

32. En effet, Obschatko et al. citent p.34 : *En la zona "maicera tradicional" este monocultivo "doble" se ha realizado con labranzas convencionales (arados de rejas, rastras) dejando el suelo desprotegido de cubierta vegetal (viva o muerta) en épocas del año de máxima erosividad de las lluvias. Se realiza un excesivo numero de labores, derivado de criterios tradicionales que tienden a eumentar la fertilidad inmediata con combate mecánico de malezas y preparación de una cama de siembra adecuada para implantar cultivos con sembradoras tradicionales, pero que afectan la fertilidad a largo plazo.* (Dans la zone typique pour le maïs ("maicera típica") la double culture est réalisée avec des labours conventionnels, ce qui laisse le sol non protégé dans les périodes de l'année où l'érosion hydrique atteint un maximum. Plusieurs labours sont réalisés, selon des critères traditionnels qui augmentent la fertilité actuelle avec un contrôle mécanique d'adventices et une plantation avec des semoirs traditionnels, ce qui affecte la fertilité à long terme).

33. *En la zona maicera típica los cambios en los sistemas productivos han tenido especial impacto sobre la conservación del suelo. El 40-50% de los suelos del área son sembrados dos veces por año (...) el mayor nivel de laboreo aumenta los niveles de erosión.* (Dans la région "maicera típica" les changements de systèmes productifs ont eu un effet très important sur la conservation du sol. De 40 à 50% des sols de la zone sont semés deux fois par an (...) la plus grande quantité de labours augment le degré d'érosion).

34. p.54 *Mientras que las tierras bien manejadas de la región maicera llegan a contener entre 4 y 5% de materia orgánica, las tierras con muchos años de agricultura y mal manejo apenas alcanzan a poco más de la mitad. Ademas, en su degradación incide no solamente la pérdida de fertilidad en sí, sino tambien la pérdida de estructura, el aumento de malezas, la erosión, etc.* (Les terres bien travaillées de la région ont 4 à 5% de matière organique, celles mal travaillées et avec plusieurs années d'agriculture en ont, à peu près la moitié. En plus, dans la dégradation du sol influent la perte de la fertilité, de la structure, l'augmentation d'adventices, l'érosion. etc.)

empêchent les processus de dégradation de sols (PIÑEIRO, GUTIERREZ et JACOBS,1984)[35]

Ces systèmes de culture incluent des pratiques dites "conservatrices", c'est-à-dire une fréquence de labours minimale, réalisées en vue du contrôle de l'érosion et nécessitant des biens d'équipement particuliers. Ces techniques assurent une production plus stable à long terme, mais plus faible dans l'immédiat. La vulgarisation de ces systèmes de cultures a commencé en 1986[36], en même temps que des expériences sur le terrain.

Cependant, les modes de faire-valoir de la terre n'aident pas à la concrétisation de ces objectifs. Comme nous l'avons déjà dit, il y a deux manières d'utiliser la terre, directe et indirecte.

Dans le cas du faire-valoir indirect (métayage ou fermage), la situation est peu favorable. L'origine de ces agriculteurs est l'ancien *contratista* qui, privé de la terre après l'annulation des "gels" sur la location de celle-ci, avait des biens d'équipement nombreux et il était obligé de louer son travail afin de continuer son activité. Le régime légal *de facto* établit une durée de location très courte (entre six mois et un an) sans l'assurance de pouvoir prolonger le contrat. Le locataire n'est pas intéressé par la mise en place des techniques "conservatrices" qui ne permettent pas une grande production à court terme. D'autant plus que, même s'il était intéressé, les biens d'équipement nécessaires sont onéreux et que sa capacité d'achat[37] et son accès au crédit sont, en général, limités.

Quant au faire-valoir direct, le propriétaire n'est pas encore motivé pour modifier son système de culture. Les principales raisons sont l'absence de prise en considération de la gravité du problème (malgré le plan de vulgarisation très important commencé en 1986)[38] et les conditions économiques qu'il doit affronter (accès difficile au crédit, taux d'intérêt élevés, rentabilité faible des cultures, etc).

Afin d'évaluer les résultats probables sur le choix du système de culture et indirectement sur l'érosion des politiques agricoles, nous proposons une méthodologie basée sur un modèle de simulation de la croissance des plantes, associé à un modèle de programmation linéaire, qui sera développée dans le chapitre suivant.

35. p.4 : *(...) la erosión, salinización y agotamiento en general de suelos agrícolas han sido declarados problemas importantes de caracter nacional.* ((...) l'érosion, salinisation et perte de fertilité générale des sols de capacité agricole ont été déclarées problèmes importants de caractère national).

36. *Proyecto de Agricultura Permanente (Síntesis) INTA Centros regionales Buenos Aires Norte, Córdoba, Entre Rios y Santa Fé. 1986.*

37. Le processus s'accentue à cause de la crise de surproduction des produits alimentaires ces dernières années, qui fait diminuer les cours mondiaux et affecte les revenus des producteurs argentins, dont les prix des produits sont déterminés par ceux des marchés mondiaux. Ce sujet a été développé par CIRIO, 1986.

38. Le projet d'agriculture permanente, déjà mentionné.

III. METHODOLOGIE

1. INTRODUCTION

En économie agricole, la programmation linéaire est une des méthodes qui permet l'évaluation des effets des différents *scenarii* de politiques agricoles dans l'exploitation rurale (BOUSSARD et BOURLIAUD,1974).

En effet, cet instrument établit la combinaison d'activités possibles, selon des contraintes prédéterminées, pour la maximisation d'une fonction objectif. Ceci permet de visualiser les effets de la variation de certaines données, (le prix des denrées, le capital disponible, le prix des produits, le taux d'intérêt, etc.) sur le choix d'activités productives.

Les solutions obtenues peuvent être utilisées d'une manière normative. Cependant, leur mise en place est très compliquée (par exemple, une solution peut prévoir 2,43 vaches ou 5,21 tracteurs pour obtenir un maximum économique, tâche délicate à réaliser!) et, généralement, ne donne pas les résultats attendus.

Pourtant, il est possible d'utiliser les résultats de façon descriptive afin de répertorier les comportements probables du producteur face aux divers changements de politiques (BOUSSARD et BOURLIAUD,1974).

Les modèles descriptifs, pour représenter la situation réelle, doivent tenir compte de la variable risque et des caractéristiques financières de l'exploitation afin de bien simuler les conditions réelles. Cependant ces données sont difficiles à déterminer et exigent, pour les introduire dans le modèle, beaucoup d'informations sur les exploitations et les conditions économiques particulières et générales dans lesquelles elles sont insérées.

Dans le cas précis de notre travail, une partie de ces données, spécifiquement celles correspondant aux rendements et, par conséquent aux risques agricoles dus aux conditions de sol et de climat, est obtenue à partir d'un logiciel simulateur de la croissance des plantes. En effet, celui-ci permet d'envisager les rendements probables des cultures et l'érosion qui peut résulter de la réalisation des cultures.

Ce chapitre présente un rappel général de la programmation linéaire et les différentes manières d'introduire du risque dans la matrice de programmation linéaire, une description du logiciel de simulation de croissance des plantes, enfin une description de la construction pratique du modèle utilisé.

2. LE CADRE THEORIQUE

A. La programmation linéaire

La programmation linéaire est une technique de calcul particulièrement efficace pour la préparation des décisions économiques, spécialement celles qui se rapportent à la mise en oeuvre d'activités, complexes par la multitude et l'interdépendance de leurs effets ; or, les actes de production agricole considérés dans toutes les phases de leur technologie au sein d'une entreprise constituent un ensemble relativement complexe (CORDONNIER, 1975).

Cela se traduit par une utilisation conditionnelle et une affectation multiple de facteurs de production en quantité limitée. Lorsque l'objectif du chef d'entreprise est de connaître la combinaison d'activités qui lui permet d'atteindre sa fonction objectif (la minimisation de coûts, du travail, la maximalisation de revenus, etc.), il faut que le modèle exprime l'essentiel des relations possibles entre les activités mais aussi les équilibres privilégiés qui permettent la meilleure affectation des ressources disponibles.

Il permet ainsi de déterminer la meilleure combinaison d'activités pour qu'une exploitation agricole atteigne un objectif déterminé.

Le modèle répond à la formulation mathématique suivante (DORFMAN, SAMUELSON et SOLOW, 1958 ; BAUMOL, 1965 ; HAZELL et NORTON , 1986 ; BOUSSARD et DAUDIN, 1988) :

$$\max Z = \Sigma c_j X_j$$

tel que

$$a_{ij} X_j \quad <= b_i \quad \text{pour } i = 1 \text{ à } m$$

et

$$X_j \quad >= 0 \quad \text{pour } j = 1 \text{ à } n$$

dans laquelle

Z = fonction objectif
X_j = le niveau de l'activité **j**
c_j = la marge brute d'une unité de l'activité **j**.
a_{ij} = la quantité de ressource **i** nécessaire pour produire une unité de l'activité **j**.
b_i = la quantité disponible de la ressource **i**.

La matrice représentée dans le tableau 3.1 montre les coefficients algébriques du modèle qu'on vient de présenter. Par convention, cette façon de le représenter est appelée "tableau".

D'autres termes spécifiques sont aussi utilisés dans la programmation linéaire :
- la fonction objectif,
- les lignes,
- les colonnes,
- le RHS (*Right-Hand Side*. colonne situé à droite)

La fonction objectif est l'équation à optimiser (HAZELL et NORTON, 1986). Il peut s'agir de la marge brute, de la rente, des coûts de production, etc. Les lignes représentent les ressources ou les contraintes. Les colonnes correspondent aux activités. Le RHS est la quantité disponible de ressources fixes (les coefficients b_i). On peut stipuler que les ressources utilisées sont inférieures ou égales, égales, ou bien supérieures ou égales à une quantité déterminée.

Tableau 3.1 **Tableau de Programmation Linéaire**

	Colonnes				
	X_1	X_2	...	X_n	RHS
Nom de ligne					
Fonction objectif	c_1	c_2	...	c_n	Max
Contraintes de ressources :					
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	<= b_1
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	<= b_2
.	.	.	...	.	.
.	.	.	...	.	.
.	.	.	...	.	.
m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}	<= b_m

Source : HAZELL et NORTON, 1986.

Dans ce modèle il y a des hypothèses sur la nature du processus de production, sur les ressources et sur les activités. Ces hypothèses sont les suivantes (HAZELL et NORTON, 1986) :
- **Optimisation** : on suppose qu'il y a une fonction objectif à maximaliser ou à minimiser.
- **Fixité** : il y a, au moins, une contrainte qui n'est pas zéro.
- **Finitude** : il y a seulement un nombre fini d'activités et de contraintes à considérer pour obtenir la solution.
- **Déterminisme** : tout les coefficients c_j, a_i et b_i sont constants.
- **Homogénéité** : on suppose que toutes les unités de chaque ressource et/ou chaque activité sont identiques.
- **Additif** : on suppose que les activités sont additives en ce sens que, lorsque deux ou plus d'entre elles sont utilisées, la production totale est la somme des productions individuelles. C'est-à-dire qu'il n'y a pas d'interaction entre elles.
- **Proportionnalité** : on suppose que la marge brute et les besoins de ressources de chaque activité sont constants à n'importe quel niveau d'utilisation de l'activité. La marge brute constante signifie une courbe de demande parfaitement élastique pour un produit, et une offre parfaitement élastique de n'importe quel *input* utilisé. Les besoins constants de ressources par unité d'activité sont équivalents à une fonction de production de Leontief.

Les présupposés d'additivité et de proportionnalité associés déterminent la linéarité des activités, qui est à l'origine du terme de programmation linéaire. Ils déterminent aussi les isoquants linéaires d'utilisation de ressources entre une paire d'activités.

Il faut remarquer, aussi, que l'additivité et la proportionnalité nous permettent d'obtenir une fonction de production agrégée pour le système productif en relation avec la fonction objectif Z et les ressources b, ces dernières ayant donc un revenu à échelle constante. On peut décrire cette relation agrégée de la manière suivante, $Z = f(b)$ et le fait que les revenus à échelle soient constants déterminent que si les ressources productives augmentent par un

facteur proportionnel k, la fonction objectif augmentera aussi par k. Spécifiquement $f(kb) = kf(b) = kZ$.

Donc, si

$$Z = \Sigma c_j X_j$$

et, si les coefficients c_j sont constants, on peut déduire que

$$kZ = \Sigma c_j (k X_j)$$

On vérifie, alors, que si l'offre des ressources fixes augmente k fois, les niveaux optimum des activités augmenteront aussi k fois.

Une propriété importante des fonctions de production avec des revenus à échelle constante est connue comme étant le Théorème de Euler. Celui-ci indique que si chaque facteur est valorisé par son revenu marginal, alors la somme des facteurs multipliée par leurs revenus marginaux est égale à la production totale. Ce théorème implique que dans la solution optimale d'un modèle de programmation linéaire, la somme de chaque b_i multipliée par son revenu marginal donne exactement la valeur de la fonction objectif Z.

Toutes ces suppositions, comprises dans un modèle de programmation linéaire, sont très contraignantes. Cependant, même si ces presupposés doivent être respectés pour toute les lignes et les colonnes d'un modèle, elles ne doivent pas l'être pour tout le processus de production de l'exploitation. Il y a plusieurs méthodes pour assouplir le modèle sans laisser de côté les suppositions auparavant mentionnées. Par exemple, la linéarité entre *inputs* et *outputs* peut être rendue flexible par la modélisation de la production d'une culture ou d'un élevage en introduisant plusieurs activités qui, ensemble, donnent une approximation linéaire aux relations de non-linéarité observée. Les activités peuvent aussi être définies pour représenter des productions conjointes, ce qui permet d'une certaine façon d'abandonner les contraintes d'additivité (car elles permettent la production conjointe), de complémentarité et de substituabilité entre les activités. Finalement, la supposition de fixité peut être relaxée à travers une spécification dynamique multipériodique qui permet la croissance de l'exploitation et les changements de la disponibilité des ressources productives à mesure que le temps passe.

Malgré cette flexibilité des présupposés, il est toujours vrai que la fonction de production agrégée $Z = f(b)$ a un revenu à échelle constante. Le Théorème de Euler est donc respecté, ce qui nous amène au problème de la dualité.

B. La dualité

Le problème que nous venons de définir, dénommé primal, peut aider le producteur dans le choix des activités productives afin de maximaliser son revenu. Cependant, une fois ce dernier maximalisé, pour augmenter son revenu le producteur est obligé d'ajouter des unités additionnelles à ses ressources fixes, ce qui pose la question du prix à payer pour chacune des unités additionnelles. Le prix doit être suffisamment faible pour lui permettre de gagner de l'argent mais, d'un autre côte, si le prix qu'il est prédisposé à payer est trop faible, il peut être amené à utiliser moins de ressources que ce qui serait économiquement rentable. Si l'on veut utiliser des quantités additionnelles de ressources fixes pour maximaliser le revenu, il y a une seule valeur qui peut être

octroyée à la ressource : en théorie économique, elle est dénommée la valeur marginale de production et en programmation linéaire *shadows prices* ou "prix ombres".

Il est possible de trouver les "prix ombres" optimum pour les ressources fixes. Si nous nommons les "prix ombres" λ_i de la ressource fixe i, alors le problème peut être posé de la manière suivante :

$$\min W = \Sigma b_i \lambda_i$$

tel que

$$\Sigma a_{ij} \lambda_i \geq c_j \quad j = 1 \text{ à } n$$

et

$$\lambda_i \geq 0 \qquad i = 1 \text{ à } m$$

C'est-à-dire qu'on essaye de trouver les "prix ombres" pour les ressources fixes b_i qui produisent la valeur la plus petite de W pour l'utilisation totale des ressources fixes, ce qui évite le problème de survalorisation de ces dernières.

Ce modèle est très proche mathématiquement du problème primal et on l'appelle le problème dual. Cette relation entre les deux problèmes est très importante. Le problème primal de programmation linéaire respecte toujours le Théorème de Euler, qui établit que la valeur de la solution doit forcement être égale à la somme des valeurs de toutes les activités, quand ces activités sont valorisées au coût marginal. On peut déduire que si les ressources fixes sont valorisées par leur productivité marginale ("prix ombres"), la valeur totale du revenu assignée aux activités de l'entreprise, $W = \Sigma b_i \lambda_i$, doit être exactement égale au revenu total de l'entreprise, $Z = \Sigma c_j X_j$.

Finalement, étant donné les solutions optimales pour les deux problèmes primal et dual, il n'est pas étonnant de trouver que $Z^* = W^*$, où les étoiles dénomment les valeurs optimales.

Ayant fait un rappel sur les fondements de la programmation linéaire, un autre aspect très important à considérer dans une matrice de programmation linéaire est le risque associé à la production. Cette prise en compte est nécessaire pour représenter d'une manière adéquate la réalité dans laquelle le producteur est inséré. Les différentes approches pour l'introduction du risque dans une matrice de programmation linéaire sont présentées dans le paragraphe suivant.

C. L'introduction du risque dans un modèle de programmation linéaire.

Le premier essai d'introduction du risque dans une matrice de programmation linéaire d'une exploitation agricole a été fait par Freund en 1956. Il observait que les matrices de programmation linéaire qui maximalisaient le revenu donnaient des résultats très différents du choix réel d'activités des

producteurs.[1] En outre, les exploitants se montraient très réticents pour adopter ces combinaisons d'activités.

A partir de ces observations Freund s'est rendu compte que la fonction objectif du producteur était différente de celle utilisée dans l'exercice. Il détermina, alors, que le risque devait être considéré dans la matrice, ayant une influence dans la fonction objectif, désormais nommée fonction d'utilité. Celle-ci étant définie par :

$$F = Z - \alpha \sigma_z^2$$

F = fonction d'utilité
Z = revenu attendu
α = coefficient d'aversion pour le risque
σ_z^2 = variance des revenus

Ce concept représente une adaptation du modèle du choix du portefeuille d'actions développé par Markowitz pour l'analyse financière des actions boursières (MARKOWITZ,1952).

Les solutions obtenues se rapprochaient du choix d'activités des exploitants de la région ou étaient mieux considérées par ce derniers. Les conclusions les plus importantes tirées de ce travail sont les suivantes :

– il faut considérer le risque de production dans la matrice;

– les modèles de programmation linéaire peuvent être utilisés d'une façon descriptive, c'est-à-dire pour envisager les choix possibles des systèmes productifs réalisables par les producteurs (BOUSSARD,1982).

Cette dernière utilisation permet de construire des courbes d'offre, de mesurer les élasticités croisées des produits et de simuler les effets des différentes politiques.

L'introduction du risque dans la matrice selon la méthode de Freund-Markowitz est très difficile à réaliser. En effet, l'estimation des variances unitaires et des covariances entre les différentes activités est très complexe, ainsi que l'utilisation d'un logiciel de programmation quadratique, nécessaire pour faire tourner une matrice de ce type.[2]

Depuis, plusieurs modèles ont été proposés où la considération du risque est simplifiée et qui permettent de travailler avec programmation linéaire. On en retient deux : celui proposé par Boussard et Petit (1967) et celui proposé par Hazell (1971).

Les premiers introduisent les concepts de revenu minimal et de perte admissible. Ces deux concepts sont liés et complémentaires. Le revenu minimal est défini comme la plus faible quantité d'argent que l'exploitant espère obtenir de son activité avec un degré de certitude qui dépendra de son aversion pour le risque. La perte admissible est la quantité maximale d'argent que le producteur est disposé à perdre par rapport à son revenu moyen (BOUSSARD et PETIT,1967).

Les données à introduire dans la matrice sont la perte maximale possible de chaque activité et un coefficient de probabilité qui dépendra du degré

1. Même de ceux qui étaient à l'avant-garde des innovations techniques

2. En effet, il est nécessaire d'établir un coefficient pour déterminer la forme de la courbe qui s'adapte le mieux à la relation entre activités.

d'aversion du producteur pour le risque. Par exemple, un coefficient de 0,33 (1/3, c'est-à-dire : 1 an sur 3) implique que l'exploitant exige du système d'exploitation choisi un revenu tel qu'il suffise à couvrir ses dépenses pendant trois ans, même si la production des deux années qui suivent l'installation du plan est nulle. Dans le cas d'un coefficient de 0,5 (1 an sur 2), les exigences du producteur sont supérieures, car la période acceptée de revenu nul est d'une année seulement.

La manière d'introduire ces données dans la matrice est la suivante :

– pour chaque produit une ligne transfère la plus grande perte possible de l'activité.

– une autre ligne – du revenu minimal – soustrait aux revenus des activités les pertes possibles, celles-ci multipliées par le coefficient de probabilité déterminé selon le degré de certitude admis.

Le problème de cette approche se pose au niveau de la détermination du coefficient d'aversion pour le risque. Généralement, les résultats obtenus impliquent un niveau de risque inférieur à celui obtenu moyennant la programmation quadratique de Freund et Markowitz (ANDERSON, DILLON et HARDAKER, 1977).

La deuxième approche, élaborée par Hazell,(HAZELL,1971) simplifie la méthode de Freund en remplaçant la matrice des variances-covariances par une matrice d'écarts types, et en minimisant la somme d'écarts types négatifs par rapport à un revenu déterminé, d'où le nom en anglais de la méthode, MOTAD [3].

Dans cette méthode, à la matrice de programmation linéaire il faut ajouter des lignes de transfert des écarts types négatifs (de toutes les activités) qui sont transférés vers la fonction objectif moyennant une série de variables *dummies* – qui prennent la valeur 1 ou 0 – pour chaque année de la période considérée.

3. *Minimisation of the Total Absolute Deviation* (Minimisation de la somme d'écarts types).

Tableau 3.2. **Tableau de programmation linéaire avec l'introduction du risque selon la méthode développée par Hazell**

	Colonnes									
	X_1	X_2	...	X_n						RHS
Nom de ligne										
Fonction objectif					1	1	..		1	Min
Cont.ou res. :										
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}						$<=b_1$
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}						$<=b_2$
.	.	.	...	.						.
.	.	.	...	.						.
m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}						$<=b_m$
écarts an										
1	e_{11}	e_{12}	...	e_{1n}	1					<=0
2	e_{21}	e_{22}	...	e_{2n}		1				<=0
.	.	.	...	.			.			.
.	.	.	...	.				.		.
s	e_{s1}	e_{s2}	...	e_{sn}					1	<=0
Ancienne F.O.	c_1	c_2	...	c_n						>= Z

L'objectif est de minimiser la somme totale d'écarts types négatifs avec une contrainte de revenu maximal. Cette contrainte prend la valeur du résultat obtenu par programmation linéaire de la fonction objectif de la même matrice sans prendre en compte le risque. Cet "état de sortie" est considéré comme le plus risqué et désormais, dans la matrice, les revenus maximaux sont diminués [4]afin d'obtenir des résultats avec un degré de certitude supérieur, car la somme d'écarts types de la fonction objectif sera inférieure.

Cette approche est plus facile à saisir mais, même s'il s'agit d'une simplification, elle nécessite beaucoup d'informations. La critique de cette méthode se pose au niveau de la non-considération de la covariance entre les revenus des différentes activités (ANDERSON, DILLON et HARDAKER, 1977).

Malgré cette critique cette méthode est la plus indiquée pour le type d'information générée par nous avec EPIC[5]. Cependant, nous allons détailler plus tard la démarche suivie qui nous a amenés à proposer des modifications à cette méthode.

3. LE MODELE

Le modèle utilisé peut être divisé en plusieurs parties. Afin de faciliter sa compréhension, nous allons décrire chacune d'elles séparément. Cependant, il faut d'abord développer la manière par laquelle nous sommes

4. C'est-à-dire, une paramétrisation avec des valeurs de plus en plus basses.

5. *Erosion-Productivity Impact Calculator*

arrivés à déterminer les différents degrés d'érosion par rapport aux différentes techniques pour les diverses cultures. Cette tâche a été faite grâce à un modèle de simulation de la croissance de plantes.

A. Le modèle de simulation de la croissance de plantes

La variation climatique et son influence sur le sol, les différentes pratiques culturales et l'introduction de nouveaux biens d'équipement dans l'itinéraire technique rendent le calcul des rendements assez difficile.

Jusqu'à présent, nous faisions le calcul par interpolation à partir des résultats de recherches expérimentales (DEYBE et RAZQUIN, 1983 ; DEYBE, 1986 ; 1987). Cependant, il s'agissait d'un travail empirique et limité aux techniques utilisées dans la recherche. Il ne permettait pas l'estimation des résultats de la mise en place d'autres itinéraires techniques, de l'utilisation de différentes doses d'engrais, d'irrigation, etc., pratiques non-encore effectives dans la région analysée.

Depuis quelques années, des logiciels de simulation de croissance de plantes ont été développés afin de permettre des estimations plus précises des résultats probables. Ces logiciels tiennent compte de plusieurs données, comme par exemple, le type de sol, le climat, les variétés, etc. Ils incorporent ces données dans plusieurs équations (appelées algorithmes) qui calculent : par exemple, les taux de croissance par rapport aux caractéristiques chimiques et physiques du sol, à la luminosité, à l'aération des racines, la réponse des plantes aux engrais, à l'irrigation, etc.

Il y a divers types de logiciels : ceux qui donnent une plus grande importance aux relations sol-plante, ceux qui s'intéressent aux aspects pédologiques, en relation avec le climat et les aspects physiologiques, ceux qui s'intéressent davantage aux caractéristiques topographiques et d'érosion[6]etc.

Parmi les premiers, le logiciel CERES-MAIZE, développé par Jones et Kiniry (1986) pour le maïs et le blé, met l'accent sur les aspects physiologiques de la croissance des plantes par rapport à un état donné du sol. Il est difficile de valider (c'est-à-dire de vérifier) si les résultats qu'on obtient en utilisant le logiciel correspondent aux résultats obtenus dans la réalité. Les résultats obtenus sont très intéressants du point de vue physiologique, mais peu adéquats pour les objectifs du présent travail.

Dans le deuxième cas on trouve le logiciel EPIC, (*Erosion Productivity Impact Calculator*)[7](WILLIAMS, JONES et DIKE, 1987), qui permet d'estimer l'érosion du sol et les rendements de différentes cultures. Ceux-ci dépendront des conditions climatiques ainsi que des labours réalisés et des rotations choisies.[8]

6. Un exemple de ce type de logiciel est le *Time-Lapse Landscape Computerized Analysis* utilisé en Italie par Chischi (1987) et développé par Biagi (1989).

7. Instrument de calcul de l'impact de l'érosion sur la productivité.

8. Il y a aussi d'autres modèles de simulation de la croissance de plantes de ce genre, comme par exemple META (SOBRAL,1988), le modèle développé par le *Centre for World Food Studies*, décrit par VAN KEULEN et WOLF(1986) et par VAN DIEPEN et al.(1987), le modèle du cycle de l'azote de VAN DER VEN (1989), etc.

Ce logiciel s'adapte davantage au genre de travail qui nous occupe, et nous avons donc choisi[9]. Nous allons, donc, présenter les données nécessaires pour faire tourner ce logiciel et après nous décrirons une sortie à titre d'exemple.

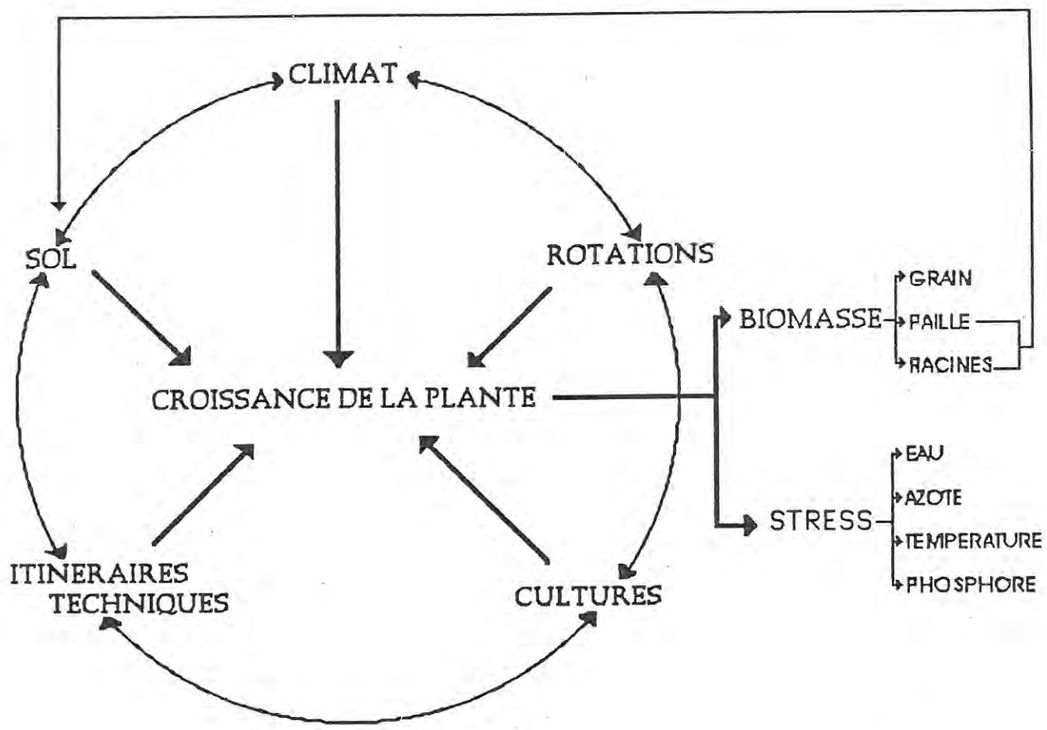
B. Le logiciel epic

Ce logiciel a été conçu aux Etats-Unis par une équipe de recherche du *Blacklands Research Station*, (Temple, Texas) en langage FORTRAN. Cette station fait partie de l'*United States Department of Agriculture*[10] et de l'Université Texas A & M. L'equipe comprend des experts en physiologie, des pédologues, des informaticiens, des économistes, etc.

L'objectif de la création de ce logiciel était d'avoir un instrument permettant de faire des projections des rendements possibles face aux différentes conditions de climat et des effets sur le sol des modifications des systèmes de culture.

Il est composé de plusieurs modules, tous en interrelation : climat, vent, sol et érosion, croissance de plantes, biens d'équipement et itinéraires techniques (Voir **Figure 3.1**). Nous allons les analyser individuellement.

Figure 3.1 **Relations entre les différents modules d'EPIC.**



9. L'efficacité de ce logiciel a été démontrée par BENSON, BOGUSCH ET WILLIAMS, 1987.

10. Ministère d'Agriculture des Etats Unis

(a) Le climat

Le logiciel permet l'introduction des données climatiques de la région de deux manières différentes :

– les données sont introduites jour à jour.

– les données sont simulées par le logiciel à partir des données moyennes d'une période représentative pour la région.

Les résultats obtenus sont plus précis si on procède de la première façon. Cependant, la deuxième façon nous permet d'élargir le champ d'utilisation de ce logiciel, car souvent l'accès aux données climatiques journalières est très difficile et coûteux.

La simulation est réalisée à partir des données moyennes régionales comme, par exemple, les températures mensuelles minimale et maximale et leurs écarts types respectifs, les précipitations, la radiation solaire, l'humidité relative, etc. ; elles sont utilisées pour l'estimation, qui introduit aussi un nombre aléatoire, générant une série de nouvelles données journalières qui établissent les différents cycles climatiques, utilisés plus tard par le logiciel pour déterminer la croissance des plantes pendant les différentes périodes.

L'importance d'utiliser un nombre aléatoire réside dans le fait que celui-ci dépend strictement d'une donnée introduite par l'opérateur, ce qui permet l'ajustement externe du cycle climatique de façon à obtenir une génération de données le plus proche possible de la réalité.

(b) Le vent

Un élément très important dans le calcul de l'érosion est le vent, qui détermine l'érosion éolienne des sols. Ce facteur est pris en compte par EPIC, mais comme un module séparé des autres données du climat, car l'action des vents n'est pas toujours importante dans toutes les régions. Les données peuvent donc être introduites ou non, selon l'importance locale de l'érosion éolienne. On peut entrer les données en fréquence journalières ou mensuelles ; dans le deuxième cas, c'est le logiciel qui estime les données journalières.

(c) Le sol et l'erosion

Ce module du logiciel est l'un des plus importants. Le but principal de ses créateurs était d'avoir une bonne estimation des processus d'érosion pendant la période analysée, pour différentes utilisations du sol. D'où la prépondérance des algorithmes de calcul des processus physiques et chimiques dans le sol et l'érosion liée aux différentes utilisations.

Le logiciel permet d'introduire les données physiques et chimiques (type de sol, texture, nutriments, densité, conductivité, pourcentage des cations, etc) pour dix couches de sol. Il faut aussi prendre en considération le drainage, les facteurs de rugosité de la terre, la pente, la profondeur de la nappe, etc.

Un aspect très important par rapport à l'érosion est qu'on peut déterminer le type d'équation de calcul d'érosion qui sera utilisé par le programme. Il y trois possibilités : MUSLE (WILLIAMS, 1975), AOF (ONSTAD et FOSTER, 1975) et USLE (WISCHMEIER et SMITH, 1978). Les trois équations se ressemblent sauf dans les composantes d'énergie utilisées. Le USLE calcule seulement l'effet de la pluie pour déterminer l'érosion. Le MUSLE utilise, en revanche, les données du ruissellement pour la simulation de l'érosion et la sédimentation, ce qui augmente la précision des prédictions.

L'équation de Onstad et Foster combine les facteurs d'énergie de USLE et de MUSLE. Il y a aussi la possibilité d'introduire un facteur de contrôle d'érosion, déterminé par tableaux selon la pente et la longueur de la pente (WIESCHMEIER et SMITH, 1978) et le type de labours réalisés sur le terrain.

Le logiciel donne, aussi, beaucoup d'importance aux processus chimiques dans le sol, surtout aux éléments azote et phosphore. Par rapport au premier, très mobile dans le sol, les processus qui sont pris en compte sont les pertes par ruissellement, la lixiviation des nitrates, l'évaporation d'ammoniaques, le transport d'azote organique par sédimentation, la dénitrification, la minéralisation, l'immobilisation et la pluie. Quant au phosphore, le logiciel simule les pertes de phosphore soluble par ruissellement, le transport par sédimentation, la minéralisation, l'immobilisation et le cycle du phosphore minéral. S'ajoute à tous ces calculs la détermination des besoins de ces deux nutriments par les différentes cultures, qui sont comparés aux disponibilités dans le sol, et qui spécifie les manques ou les *stress* de chaque élément pendant les différentes périodes de croissance des plantes. Il est possible de corriger ces *stress* moyennant une fertilisation déclenchée automatiquement par le logiciel. C'est-à-dire que le logiciel calcule des besoins et ajoute les quantités adéquates au moment précis, ou des fertilisations fixes à une date et avec une dotation prédéterminée par l'opérateur.

(d) La croissance des plantes

Ce module est en relation avec un fichier de données formulé pour 70 types différents de cultures. Celui-ci contient plusieurs paramètres pour chaque culture, dont la relation énergie-biomasse, l'indice de récolte, les températures optimales et minimales pour la croissance, l'indice de surface foliaire, les valeurs critiques de tolérance à l'aluminium, au phosphore, la profondeur des racines, la hauteur des plantes, la quantité de azote et de phosphore dans le rendement, un facteur de pertes causées par les maladies, les besoins de N et P pendant les différentes périodes de croissance, etc.

Toutes ces données permettent aux algorithmes du logiciel de déterminer la croissance de chaque culture pour les diverses périodes de la vie végétative en tenant compte des autres modules du logiciel (le climat, le sol, etc). Il faut remarquer que l'estimation présente un défaut en ce qui concerne l'effet des maladies sur les cultures, car il s'agit seulement d'un coefficient d'affectation des pertes, sans d'autres types de calcul.

Le besoin d'irrigation est un autre facteur pris en compte par le logiciel. Les algorithmes calculent l'évapotranspiration journalière des plantes, ils la comparent avec les disponibilités et, par différence, évaluent les *stress* d'eau, qui peuvent être compensés par une irrigation automatique, c'est-à-dire que la quantité d'eau appliquée est calculée par le logiciel (avec la possibilité d'établir maximums et minimums manuellement), ou compensés par des arrosages à quantités et dates fixées.

(e) Les biens d'equipement et les itinéraires techniques

Les biens d'équipement et les itinéraires techniques sont très liés. Les coefficients techniques des premiers sont définis dans un fichier qui comprend 51 biens d'équipement différents avec des données sur la profondeur d'action du bien d'equipement, le pourcentage de mélange du sol, etc. L'itinéraire technique, en revanche, est défini par l'opérateur en utilisant les divers biens et en précisant les dates d'opération.

(f) Les resultats obtenus avec epic

Divers degrés de précision des résultats peuvent être définis par l'opérateur. On peut avoir des sorties Journalières, Mensuelles et Annuelles. On peut aussi déterminer les données à afficher selon les besoins de la recherche. Les seuls résultats qui apparaissent obligatoirement sont les rendements des cultures et les différents *stress* expérimentés par les plantes.

L'ensemble de ces résultats n'est pas aussi précis au niveau de la plante que dans le cas du logiciel CERES-MAIZE, mais il permet de simuler différents *scenarii* (irrigation, fertilisation, itinéraire technique) et d'évaluer les performances des cultures et l'érosion possible du sol. La validation du modèle devient donc plus facile (car les données nécessaires pour faire tourner le logiciel ne sont ni nombreuses, ni précises), si les résultats obtenus sont conforme à la réalité.

L'information acquise est très riche, et elle permet de calculer le risque de production lié à chaque technologie, en évaluant l'érosion probable en millimètres de sol perdus de la couche superficielle pendant la période analysée.

C. La matrice.

Dans ce travail nous utilisons le logiciel *Professional Linear Programming System version X.A.*, développé aux Etats-Unis par *Sunset Software Technology*. Celui-ci permet la construction de la matrice de programmation linéaire sur un tableur ou feuille de calcul, ce qui simplifie la réalisation des modifications de certains paramètres et des simulations des différents *scenarii*.

Afin de bien représenter les potentialités de la région, nous avons décidé de tester plusieurs activités productives avec le logiciel EPIC. Il s'agit des rotations qu'on peut appeler "pures", c'est à dire, soit une ou deux cultures qui se répètent pendant toute la période analysée, soit des rotations "mixtes", dont les cultures sont multiples et incluent parfois des pâturages. Nous appelons ces activités "productives", et elles sont représentées dans la matrice par les colonnes. Parfois elles sont associées entre elles par des liaisons ou bien elles utilisent des ressources productives, ce qui nous amène à établir des lignes, soit de transferts, soit de restrictions. Les résultats obtenus avec EPIC ont été traduits en coefficients pour leur introduction dans la matrice.

Les activités productives (colonnes) sont les suivantes :

- blé
- engrais
- soja
- maïs
- rotations cultures
- rotations cultures-pâturages
- blé-soja
- vache et boeuf
- pivot(equipe d'arrosage)
- porc
- grain du maïs
- main-d'oeuvre pour les cultures
- main-d'oeuvre pour les porcins

Les lignes de restrictions ou de transferts pour les activités productives sont :

- le sol,
- les transferts [11]du fourrage,
- les transferts d'engrais,
- le besoin d'irrigation,
- un compteur d'érosion (millimètres de sol perdus pour la réalisation de chaque culture ou rotation),
- le transfert du maïs en grain pour la consommation des animaux,
- les besoins de main-d'oeuvre pour les cultures, par trimestre,
- le transfert des veaux pour l'engraissement,
- le besoin de main-d'oeuvre affectée à l'élevage des porcs.[12]

Une fois déterminés tous les coefficients "techniques", il a été nécessaire de donner un sens économique à l'ensemble de données, afin de les introduire dans la fonction objectif de la matrice. Le problème du niveau de prix permettant la valorisation de la production est donc posé.

D. La détermination des prix futurs

Une fois que les rendements ont été déterminés, nous nous sommes penchés sur l'estimation des prix pour la période analysée.

L'Argentine étant un pays *price taker*, c'est.-à-dire un pays qui n'influence pas le prix mondial par ses volumes exportés, et donc les prix sont déterminés sur les marchés mondiaux par l'offre et la demande. (FIORENTINO, 1984 ; CIRIO, 1986)

Des prédictions ou des projections des cours mondiaux des produits agricoles n'existent pas sur longues périodes, mais il y a quelques indicateurs de tendances à court terme (CHALMIN, EVEN, GOMBEAUD, LE CHEVALLIER et LUCAS-FONTAINE, 1988 ; WORLD GRAIN SITUATION, 1988 ; INTERNATIONAL FINANCIAL STATISTICS, 1988 ; OBSTCHATKO, 1988). Ces indicateurs à court terme ne suffisaient pas pour ce travail à cause de la période considérée (25 ans).

Nous avons donc décidé de réaliser une estimation qui se base sur le raisonnement suivant : utiliser les prix FOB Buenos Aires au niveau interne, car habituellement ils sont modifiés par les différentes mesures de politiques internes, notamment : impôts sur les prix d'exportation, taux de change différentiel, etc.(CIRIO et SOLA, 1986 ; CIRIO, 1987). Cette influence est un des paramètres à évaluer. Les données de base sont donc les prix agricoles de la période 1977/86 (AACREA,1987) pour les mois de vente de chaque produit, indexés en décembre 1986. Pour obtenir une série de prix pour la période à analyser nous appliquons la formule suivante[13] :

$$p_t = p_m \pm \delta . \sigma_p$$

La moyenne des prix, p_m, est modifiée par un nombre aléatoire (δ) qui multiplie l'écart type de la série de prix σ_p.

11. La ligne de transfert est une ligne qui permet l'utilisation de la production d'une activité par une autre.

12. Chacune de ces parties sera analysée dans le chapitre suivant.

13. Dans une feuille de calcul, LOTUS.

Nous obtenons par ce calcul les différents prix qui seront utilisés pour déterminer les revenus de la période analysée. Cependant, le coefficient de variation de la série obtenue est plus grand que celui observé dans la série réelle, c'est-à-dire que les coefficients de variation des prix reçus par les producteurs sont inférieurs à ceux utilisés dans ce travail. Ceci est dû aux divers degrés de prélèvements sur les prix d'exportation qui diminuent la variabilité des prix internes (CIRIO et SOLA, 1986 ; FIORENTINO, 1984)

Cette simplification est discutable mais il ne s'agit que d'une approximation. Comme nous venons de le dire, il y a un manque d'information sur le niveau d'incertitude des cours internationaux (et, donc, sur les cours internes) et sur l'offre des produits agricoles (BOUSSARD, 1988), ce qui nous amène à considérer cette approximation comme étant valable.

E. La fonction objectif

La fonction objectif de l'exploitant est une des tâches les plus difficiles à déterminer. Habituellement, la rationalité[14] du comportement de l'agriculteur est mise en doute par un grand nombre d'observateurs (BOUSSARD, 1987).

Cependant on peut affirmer qu'il y a toujours une rationalité (PETIT, 1975) ou une cohérence (BROSSIER, 1980) qui détermine les différents comportements de l'exploitant[15], car il maximalise toujours une certaine fonction d'utilité. Il peut s'agir de la somme actualisée des consommations futures, ou de la rente de la terre, ou de l'accroissement du patrimoine, ou du profit à court terme, ou du temps de loisirs,etc. Chacune d'entre elles répond d'une manière déterminée à chaque système productif et aux diverses préférences du producteur.

Dans le cas de la région pampéenne, nous estimons que la fonction de production recherchée par l'exploitant est la maximalisation de la rente de la terre.[16]

En effet, la région pampéenne exporte vers les marchés mondiaux à des coûts de production inférieurs à ceux des pays capitalistes d'un plus grand niveau de développement, créant ainsi une rente différentielle au niveau international (FLICHMAN, 1986).

Cette rente correspond à la définition donnée par Ricardo (RICARDO, 1970) et par Marx (MARX, 1959), c'est-à-dire qu'elle provient des avantages naturels de la région et de l'insertion de l'exploitation dans une

14. Nous entendons par rationalité le fait que l'agriculteur essaye de maximaliser l'utilisation de ses ressources productives dans son choix d'activités à réaliser.

15. Tirel (1988) affirme :"...à tout moment un agriculteur va tenter de combiner productions et facteurs de production au sein d'un système en vue de réaliser un projet, qu'il partage le plus souvent avec un ou plusieurs membres de sa famille qui constituent avec lui l'essentiel du collectif du travail de l'exploitation. Ce projet ne se ramène pas toujours à une fonction simple à maximiser : mathématiquement on préfère parler d'une structure d'évaluation traduite, explicitement ou implicitement, par une fonction objectif complétée par un faisceau de contraintes exprimant diverses dimensions de son comportement(mode de vie, ou aversion pour le risque, par exemple."

16. "*...el productor agrícola pampeano, caracterizándolo como un sujeto dinámico que busca la maximización de la rentabilidad de la tierra.* (CIRIO, 1986). (Le producteur agricole pampéen est caractérisé comme étant un sujet dynamique qui cherche la maximalisation de la rentabilité de la terre).

économie de type capitaliste. Cette rente peut atteindre, comme nous l'avons déjà mentionné, entre 30 et 40 % de la valeur brute de la production.[17]

Dans le cas pampéen, la rente de la terre répond à la formulation suivante :

$$R = RB-a(BE)-i(CC)-i(CF)-i(E)-a(E)$$

R = Rente de la terre
RB = Marge Brute de la vente de produits au prix FOB.
a(BE) = Amortissements de biens d'équipement utilisés par les différentes activités.
i(CC) = Intérêts sur le capital opérationnel, dont les dépenses réelles du producteur pour réaliser chaque activité.
i(CF) = Intérêts sur le capital fixe, c'est-à-dire, sur les investissements nécessaires en biens d'équipement pour la réalisation des activités.
i(E) = Intérêts à payer sur les emprunts.
a(E) = Amortissements des emprunts.

En effet, pour déterminer la rente de la terre il faut soustraire aux marges brutes de l'exploitation les amortissements des biens d'équipement, le coût d'opportunité du capital circulant et celui du capital fixe ainsi que les intérêts et amortissements des emprunts.

Cependant, les résultats obtenus par programmation linéaire ayant la rente comme fonction objectif n'étaient pas assez satisfaisants et s'éloignaient du système d'exploitation réel. Le problème se posait car le risque, toujours présent pour l'exploitant, n'était pas pris en considération dans la matrice.

F. L'introduction du risque dans le modèle

Face aux différentes possibilités d'incorporation du risque dans la matrice, nous avons décidé, dans un premier temps, d'utiliser la méthode déjà décrite développée par Boussard et Petit, déjà décrite. Les résultats obtenus n'ont pas été assez satisfaisants et l'information produite par le logiciel EPIC n'a pas été utilisée entièrement.

Nous avons donc décidé d'incorporer au modèle la série d'écarts types de la marge brute des activités productives pour la période considérée(25 ans), c'est-à-dire, la méthode MOTAD. Cependant nous proposons une modification de celle-ci,[18]car nous maximalisons la rente du producteur en limitant la somme des écarts types du système d'exploitation.

17. C'est le pourcentage de la production payé par les *contratistas* de la région.

18. Nous rappelons qu'il s'agissait de la minimisation de la somme d'écarts types négatifs par rapport à un revenu maximal.

Tableau 3.3. **Tableau de Programmation Linéaire selon la méthode de Hazell avec la modification de l'introduction du risque.**

	Colonnes						
	X_1	X_2	...	X_n			RHS
Nom de ligne							
Fonction objectif	c_1	c_2		c_n			Max
Cont.ou res. :							
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}			$<=b_1$
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}			$<=b_2$
.	.	.	...	.			.
m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}			$<=b_m$
écarts an							
1	e_{11}	e_{12}	...	e_{1n}	-1		<= 0
2	e_{21}	e_{22}	...	e_{2n}		-1	<= 0
.	.	.	...	.			.
s	e_{s1}	e_{s2}	...	e_{sn}		e_{ss}	<= 0
Somme des écarts					1	1 ..1	>= E

En effet, en premier lieu la somme maximale d'écarts types négatifs pour toute la période est déterminée sans contrainte par programmation linéaire. Ensuite, nous l'avons incorporée comme contrainte dans la matrice, et finalement nous avons réduit sa valeur à différents niveaux, assimilés à des degrés croissants d'aversion du producteur pour le risque. Nous obtenons donc plusieurs combinaisons d'activités selon le niveau de risque accepté par l'exploitant. Les derniers composantes de la matrice sont les contraintes de liquidité et financières.

G. L'introduction des contraintes de liquidité et financières

Les résultats obtenus sans incorporer les contraintes de liquidité et financières, n'expliquaient pas certains choix du système d'exploitation de la part des producteurs. Il manquait l'introduction des contraintes de liquidité et la possibilité d'emprunter de l'argent.

Les liquidités de l'exploitation sont un des facteurs qui empêchent celle-ci d'atteindre le régime de croissance optimale (BOUSSARD, 1987). Nous avons donc introduit des lignes de transfert des coûts d'opération et des revenus pour déterminer les intérêts correspondants aux différentes périodes qui seront, soit soustraits, soit additionnés respectivement à la fonction objectif. Il y a aussi une contrainte de "capital propre disponible" qui peut être utilisé en vue des besoins opérationnels ou d'investissements. Cependant, la disponibilité du capital propre est différente pour chaque exploitation, même si leurs structures sont semblables. Nous avons introduit, par conséquent, différents *scenarii* de liquidité du producteur afin d'avoir un éventail de résultats s'approchant davantage de la réalité.

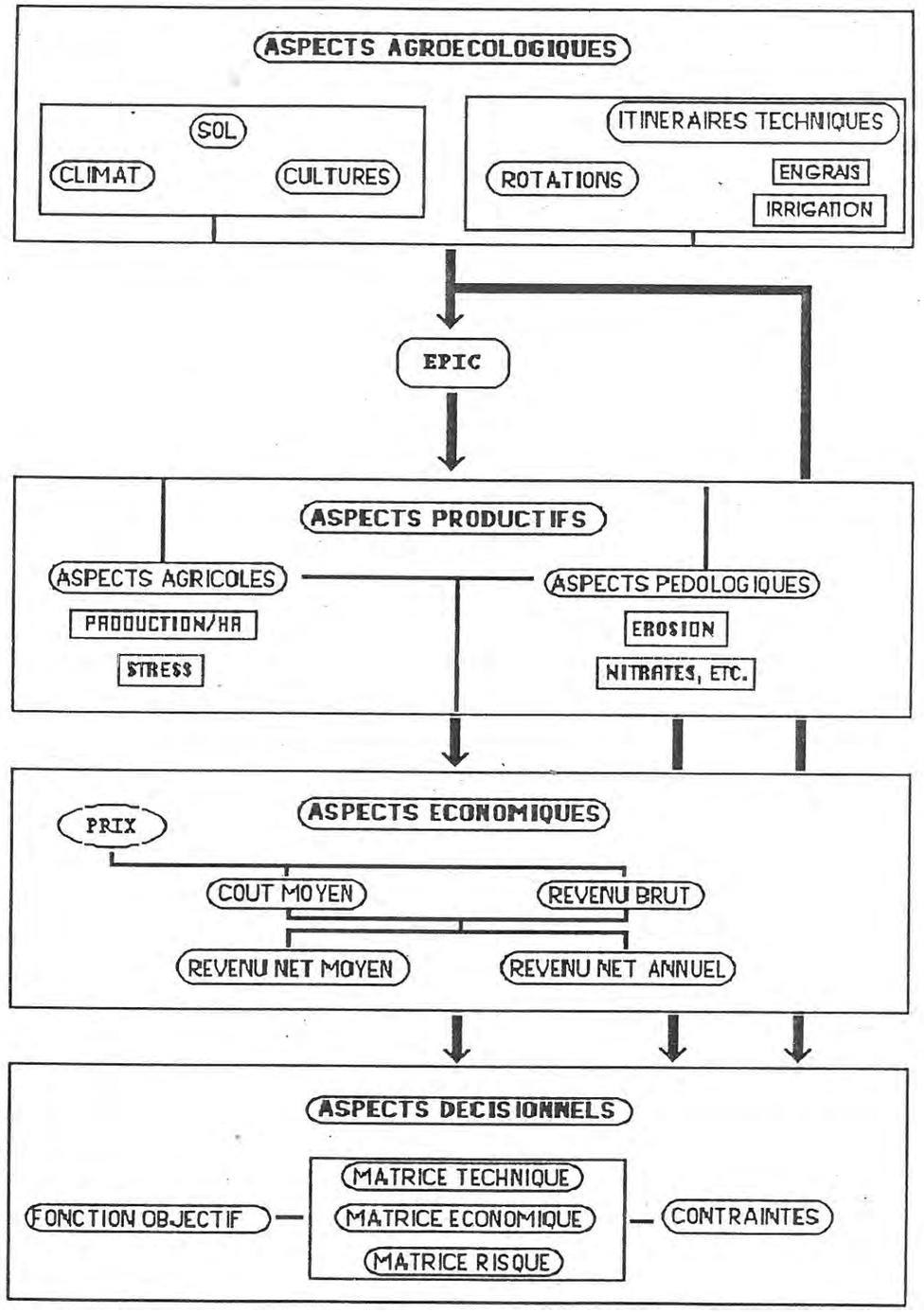
Il y a aussi dans la matrice trois possibilités d'emprunter du capital : à court, moyen et long terme. La quantité d'argent à emprunter est fixe pour chaque terme, car nous considérons que la capacité d'emprunter de l'argent dépend essentiellement de la structure de l'exploitation.

Les dernières données "économiques" prises en compte dans la matrice sont les investissements nécessaires pour la réalisation de quelques activités et les amortissements des différents biens d'équipement.

Dans la **Figure 3.2.** nous présentons un résumé de la démarche accomplie et les différents résultats obtenus avec le logiciel EPIC, ainsi qu'une formulation de la matrice de programmation linéaire.

Dans le chapitre suivant nous allons décrire les principales données physiques de la région et la manière pratique de construire la matrice de programmation linéaire, selon le cadre théorique déjà présenté.

Figure 3.2.**Schéma de la démarche faite avec les données obtenues avec le logiciel EPIC**



IV. DESCRIPTION DU MODELE

1. INTRODUCTION

La matrice de programmation linéaire que nous avons construite a pour but la modélisation du comportement de l'exploitant face aux différentes mesures de politique. Ce modèle est, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, descriptif.

Les effets possibles du changement de comportement du producteur dans le reste de l'économie ne sont pas considérés car nous estimons qu'il est peu probable que ces changements influencent le comportement des marchés.

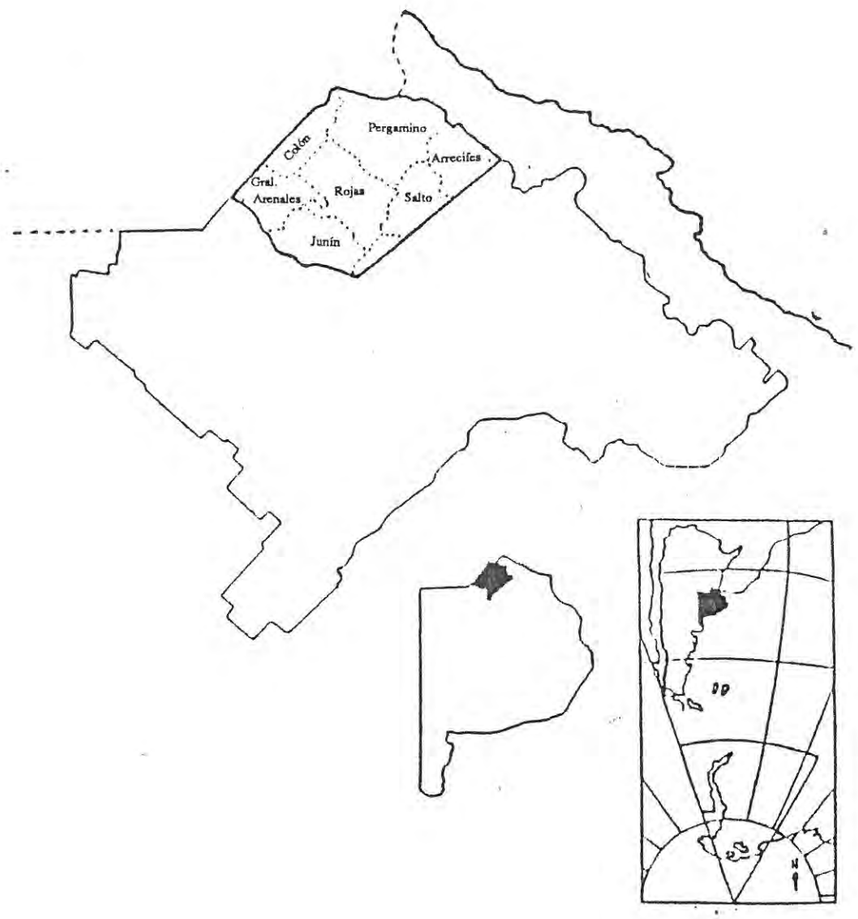
Avant de présenter le modèle nous réaliserons une brève description de la région et de l'exploitation type sur laquelle nous avons travaillé. Ensuite, nous formulerons la matrice de programmation linéaire, avec ses activités et ses contraintes.

2. LA REGION

La région pampéenne est une plaine de 45 millions d'hectares située au centre-est de l'Argentine. Elle peut être divisée en plusieurs sous-régions, présentant différentes caractéristiques écologiques et économiques.

L'une d'elles est la sous-région *Maicera Típica* (ou appropriée à la culture du maïs), située au centre-nord de la région pampéenne (cf. **Figure 4.1**). Elle a une superficie d'environ 1 500 000 hectares. Il s'agit d'une zone productrice de céréales (maïs, blé, soja) et d'élevage (bovin, porcin et avicole).

Figure 4.1 **Localisation de la zone *Maicera Típica* dans le nord de la région pampéenne**



Nous présentons une brève description des principaux aspects de la région.

A. Les Sols

Les sols de cette région sont variables, en raison de divers matériaux d'origine et du relief. Cependant on peut dire que, en général, ils appartiennent au groupe *argiudoll typique*.[1] Ils présentent une certaine dégradation physique et chimique, ainsi qu'un certain degré d'érosion, essentiellement hydrique.

On peut les grouper, selon l'aptitude d'utilisation agricole, en quatre catégories (WOHLETZ et DOLDER, 1952) :

I. Sols aptes aux grandes cultures.

Il s'agit de sols profonds, perméables, non susceptibles d'érosion hydrique, pouvant être labourés pendant plusieurs années. Il y a une prédominance des strates plus lourdes en superficie, et d'une strate argileuse à 25-50 cm de profondeur.

Il est possible d'observer une dégradation à cause de :
- l'élimination des pâturages lors des rotations, c'est-à-dire, l'occupation permanente du sol par de grandes cultures, et surtout par la double culture blé-soja
- la non-utilisation des pratiques de conservation du sol.

II. Sols aptes aux grandes cultures et à l'élevage.

Ces types de sols présentent quelques limites d'utilisation, surtout à cause de l'érosion hydrique, due au longues pentes et à une plus faible perméabilité que les sols cités précédemment.

III. Sols aptes à l'élevage et aux grandes cultures.

Ils sont plutôt utilisés en pâturages et en jachère; parfois, ils sont labourés et cultivés. Leurs limitations sont plus grandes que dans le dernier cas, surtout à cause des problèmes d'érosion hydrique. Ces sols ne sont pas nombreux dans la région.

IV. Sols aptes à l'élevage exclusivement.

Ils présentent des limitations très importantes et ne sont utilisés que comme jachère pâturée. Ils ne sont pas nombreux.

B. Le climat

Le climat dans cette région est tempéré. Les gelées ne sont pas nombreuses entre les mois de novembre et d'avril, c'est-à-dire entre la fin du printemps et le début de l'automne.

Par rapport à la disponibilité hydrique, il peut être défini comme de type subhumide-humide. Cependant, même si la pluviométrie annuelle semble

1. Selon la septième approximation des sols, ils présentent une strate organique en superficie et une strate argileuse en profondeur.

suffisante pour la réalisation des cultures, à partir de l'analyse partielle des différentes saisons de l'année, on vérifie qu'il se produit une sécheresse relative pendant l'été (entre le 15 décembre et le 15 janvier), ce qui affecte les grandes cultures estivales.[2]. Dans l'**Annexe A** nous présentons les principales données climatiques de la zone.

C. Les grandes cultures

Les grandes cultures dominantes dans cette région sont le blé, le maïs et le soja.

La surface plantée avec du blé et du soja a augmenté pendant les dernières années, par contre celle du maïs a diminué (**Annexe B**). Ce changement du système de culture est dû, fondamentalement :

– aux différences de rentabilité entre les cultures,
– à la possibilité de réaliser la double culture blé-soja,[3]
– au risque d'avoir de faibles rendements en maïs à cause d'une sécheresse estivale.

D. L'élevage.

Pendant les dix dernières années, une diminution du nombre de bovins a été observée (CIRIO, 1984). Ce processus s'est produit à cause d'une diminution de la rentabilité relative par rapport aux grandes cultures, notamment celle de la double culture blé-soja.

Dans le cas des petites exploitations, même l'infrastructure nécessaire à l'élevage (clôtures, puits, etc.) a été supprimée ce qui rend peu réversible à court terme cette diminution du nombre des bovins en raison des grands investissements nécessaires pour reprendre l'activité.

Les porcins ne sont pas nombreux dans la région, même si elle très appropriée pour cette activité : la proximité de la ville de Buenos Aires, grand marché consommateur, la production zonale du maïs, principale composante de l'alimentation porcine, etc. Cette absence est due à la haute variabilité du prix de la viande porcine en Argentine, aux importants besoins de main-d'oeuvre spécialisée, aux coûts de production élevés et à une réticence du producteur en ce qui concerne l'activité, marquée par des préjugés sociaux[4].

E. Les exploitations

Dans le **Tableau 4.1** on peut observer la structure des exploitations de la région. Les petites exploitations, de moins de 100 ha., sont les plus nombreuses (72 % du total) mais elles occupent 23,5% de la superficie totale. Par contre, les grandes exploitations ne sont pas nombreuses mais elles occupent une grande superficie. Cette dichotomie, cependant, est atténuée par les deux couches moyennes, qui occupent 47% de la superficie disponible.

2. Surtout le maïs et le soja

3. Il faut remarquer que la surface plantée en soja pendant la période 1975/84 a été multipliée par 15.

4. En effet, dans la région les producteurs de porcins, *chancheros*, sont mal vus et peu respectés.

Tableau 4.1 **Nombre d'exploitations et superficie par catégorie dans la région *maicera típica*, 1983.**

Hectares	0-25	26-100	101-400	401-1000	+ 1000	Total
Quantité	2522	5122	2246	393	196	10479
Surface	32089	296117	411090	242559	414640	1396495

Source : *Censo Ganadero y Empadronamiento Nacional Agropecuario*. 1983. *in* Deybe, (1987).

Il y a deux systèmes de production : l'un direct, conduit par le propriétaire, l'autre indirect, dans lequel le métayer ou locataire prend les décisions de production.

(a) Le mode de faire-valoir indirect

Ces acteurs, appelés en général en espagnol *contratistas*, même si auparavant ils étaient importants dans la scène productive, ont accentué leur rôle et sont devenus de vrais entrepreneurs capitalistes pour la réalisation des labours. (OBSCHATKO,1988) Ils possèdent des biens d'équipement très nombreux mais peu de terre et ils utilisent de la main-d'oeuvre salariée pour réaliser les labours.

Ils descendent des anciens locataires de terre dont les contrats furent supprimés après plusieurs années de locations "gelés", période pendant laquelle ils ont acheté des biens d'équipement. Avec ceux-ci ils peuvent maintenant travailler de grandes surfaces, soit en métayage, soit en fermage, soit à un prix fixe par labour. Les résultats pour le *contratista* sont différents; s'il est metayer le risque de production est partagé avec le propriétaire, s'il est en fermage le risque de production est supporté entièrement par lui ; dans le dernier cas seul le propriétaire prend la décision de produire et, donc, le risque. Dans les deux premiers cas les contrats de location sont pour des périodes limitées et courtes (six mois à un an), c'est-à-dire, le temps de la réalisation d'une culture ou d'un cycle productif.

(b) Le mode de faire-valoir direct

Il y a trois catégories de propriétaires :

– ceux qui ont des biens d'équipement suffisants pour travailler leurs propriétés et, parfois, d'autres terres ;
– ceux qui n'ont pas assez de biens d'équipement et qui doivent utiliser les services du métayer ou du laboureur pour entreprendre la production ;
– ceux qui n'ont pas de biens d'équipement et qui louent leurs propriétés et ne s'engagent pas dans la production.

F. Le niveau technique

Dans la région on constate un bon niveau d'utilisation des consommations intermédiaires, surtout des phytosanitaires et, à un moindre degré, des engrais.

Cependant les biens d'équipement utilisés ne sont pas les plus indiqués pour la région, car ils produisent une dégradation de sols. Il est possible

de trouver sur le marché local des outils plus adéquats pour éviter ce processus, mais les investissements nécessaires sont assez élevés, l'accès au crédit difficile et le taux d'intérêt très élevé (GALLACHER, 1988).

Il n'y a pas non plus de cultures irriguées, bien que le bon résultat de l'irrigation ait été démontré maintes fois ces dernières années dans des conditions expérimentales.[5]

G. Population et Produit National Brut

La population de la zone *maicera típica* était de 278 102 habitants en 1980. 22,5% de la population seulement est rurale.

Tableau 4.2 **Population de la région *maicera típica*, urbaine et rurale. 1980.**

	Urbaine	Rurale	Totale
Population	215769	62333	278102

Source : *Censo Nacional de Población y Vivienda.* 1983.

Cette zone apporte 0,4 % du PNB du pays. 47,5% de cette valeur correspondent au PNB Agricole, dont l'essentiel provient de l'apport des grandes cultures.

Tableau 4.3 **Produit National Brut de la région et du pays. En miliers de Pesos de 1970.**
(Moyenne des années 1980/82)

	P.N.B Total	P.N.B Agricole	P.N.B Cultures	P.N.B Elevage
Zone	1242240	590928	435581	155347
Pays	281147000	12716000	7509000	4836000

Source : *Boletín del Banco Central de la Republica Argentina.* Années Diverses

3. LE MODELE

A. L'exploitation

Tout d'abord, il faut rappeler qu'il s'agissait de construire un modèle décrivant une exploitation de la région, afin de pouvoir visualiser les tendances productrices face aux changements de certaines politiques.

Sur cette base, à la suite de travaux antérieurs,(FLICHMAN et DEYBE, 1987 ; DEYBE et FLICHMAN, 1988) nous avons, donc choisi de

5. Les expériences réalisées montrent que l'irrigation peut doubler ou tripler les rendements du maïs et du soja. Voir (Deybe, 1987) pp.37-38

construire le modèle pour une exploitation-type de la région, considérée comme représentative d'un grand nombre d'exploitations.

L'information sur les exploitations fut obtenue grâce à une étude de cas[6] réalisée sur le terrain (DEYBE, 1987); à partir d'une classification[7] réalisée sur trois cents exploitations représentatives de la totalité des producteurs régionaux, réalisées par la Chaire d'Economie Rurale de la Station Expérimentale de INTA Pergamino, le CEIL et le CONICET.[8] Cette classification nous a permis d'identifier quatorze types d'exploitations[9]. Le type le plus répandu dans la région correspond aux caractéristiques suivantes : l'exploitation a une superficie d'environ 200 hectares, travaillée par le propriétaire et un employé permanent. Les cultures réalisées sont le blé, le maïs et le soja et il y a aussi de l'élevage bovin, mais peu. Le système de culture répond à la moyenne régionale et les biens d'équipement sont suffisants pour travailler correctement la surface agricole (DEYBE, 1987) (Voir **Annexe C**).

Le choix de cette exploitation se base donc sur sa représentativité. Il permet la formulation d'un modèle de programmation linéaire très complet, car il tient compte de plusieurs biens d'équipements, avec leurs amortissements et leurs intérêts respectifs, de la main-d'oeuvre nécessaire pendant les périodes de l'année, de la disponibilité de capital différente, etc.

B. Les activités proposées

(a) Les systèmes de culture

Les alternatives productrices proposées répondent à deux systèmes de cultures possibles :

- minimale (M) : les cultures sont plantées et récoltées avec des outils appropriés. La dégradation des sols est minime ;
- Chisel (C) : avant de planter les cultures, il y a un passage de chisel, un de Canadien et deux de herse. Il implique des processus de dégradation du sol un peu plus accentués, selon les cultures.

Ces deux systèmes sont différents de ceux utilisés par le producteur, qui réalise un plus grande nombre de labours, mais ce sont les systèmes recommandés par les institutions de recherche régionales pour la lutte contre le processus d'érosion.

Nous avons décidé de réaliser les deux systèmes de cultures avec des biens d'équipement appartenant au propriétaire[10].

Les systèmes de culture mentionnés ont été introduits comme nous l'avons décrit dans le chapitre précédent dans le modèle EPIC,[11] pour les rotations suivantes :

6. L'information recueillie concerne la superficie labourée, les systèmes de cultures, l'utilisation de main-d'oeuvre, le mode de faire-valoir, etc.

7. La classification se basait fondamentalement sur la superficie et le type de système de production mis en place et révélait quatorze types d'exploitations différents, parmi lesquels le cas choisi était majoritaire.

8. Les résultats de l'analyse de ces enquêtes ne sont pas encore publiés, sauf un premier rapport de situation.

9. Malheureusement la représentativité spécifique de chaque groupe était impossible à obtenir, étant donné les problèmes d'élaboration statistiques dus au type d'échantillon utilisé pour réaliser l'enquête d'origine.

10. Nous n'avons pas inclus des activités réalisées par le métayer ou le fermier, car elles correspondent à un autre système productif qui sera pris en compte dans un travail postérieur.

11. Avec les données du sol et du climat de la région.

– Blé
– Maïs
– Soja
– Blé-Soja
– Maïs-Blé-Soja-Maïs-Soja-Blé-Maïs-Soja-Blé
– Maïs-Blé-Soja-Maïs-Soja-Blé-Maïs-Soja-Blé-Pâturage(x4)
– Maïs-Blé-Soja-Maïs-Soja-Blé-Maïs-Soja-Blé-Luzerne(x3)

L'occupation du sol est donc différente pour chaque rotation proposée. Certaines cultures se répètent toutes les années, par exemple : le blé, le maïs, etc. D'autres rotations sont proposées pour des parties différentes de la période considérée. C'est le cas de la rotation Maïs-Blé-Soja-Maïs-Soja- Blé-Maïs-Soja-Blé, qui occupe le sol dans cet ordre pendant huit ans, et qui se répète indéfiniment, etc. Dans le cas de Maïs-Blé-Soja-Maïs-Soja-Blé-Maïs-Soja-Blé-Pâturage (x4) la rotation dure 12 ans.

Pour chacune de ces rotations nous avons inclus divers niveaux de fertilisation et l'alternative d'irrigation.

Les résultats obtenus[12] sont utilisés pour la formulation des différentes activités productrices. D'autre part, nous avons inclus aussi des activités d'élevage, bovin et porcin, celles-ci formulées avec des informations obtenues antérieurement avec des zootechniciens (DEYBE et RAZQUIN, 1985 ; DEYBE, 1986) sur leurs productivités dans la région.[13]

(b) La préparation des données pour l'introduction dans la matrice de programmation linéaire

Les rendements des cultures et de l'élevage étaient introduits dans une feuille de calcul du tableur LOTUS, préparée afin de permettre les différents calculs :

– èstimation de prix annuels selon la formule suivante : la moyenne + ou – un nombre aléatoire qui multiplie l'écart-type de chaque produit,
– le revenu brut annuel de chaque produit,
– les coûts operationnels trimestriels,[14]
– la marge brute,
– les écarts types annuels de la marge brute par rapport á la moyenne.

La formulation de ces données est adaptée pour leur introduction automatique[15] dans la matrice de programmation linéaire, formulée dans un autre tableur.

12. Les sorties d'EPIC donnent les rendements probables des cultures, pour chaque année par rapport au climat. Celui-ci est obtenu à partir des données climatiques moyennes et par rapport à l'état du sol.

13. Toutes les activités sont decrites dans l'**Annexe D**.

14. Les coûts opérationnels ont été calculés selon la méthode développée par FRANK (1977) et utilisée dans (DEYBE, 1987).

15. Moyennant les instructions MACROS, c'est-à-dire un logiciel d'instructions créé spécialement dans le tableur, qui permet la réalisation de plusieurs opérations en appuyant sur une seule touche.

Chaque culture et l'élevage ont donc une de ces petites matrices où l'information est plus détaillée.[16]

(c) Les activités non-productrices

On dénomme activités non-productrices celles qui n'ont pas une production physique mais un sens économique ou des coûts de production[17]. Elles sont :

– le coût d'opportunité trimestriel du capital d'opération,
– les intérêts trimestriels des revenus reçus, dans le cas de leur non-utilisation,
– les salaires trimestriels de la main-d'oeuvre,
– les amortissements des biens d'équipement,
– les transferts des écarts types vers la contrainte de la somme totale d'écarts types,
– les intérêts et amortissements des emprunts.

C. Les contraintes

Comme nous avons expliqué dans le chapitre précédent, pour construire la matrice de programmation linéaire il est nécessaire d'établir des contraintes. Celles-ci peuvent être agronomiques ou économiques.

Dans le premier cas, il ne s'agit que de la superficie, le reste concerne des lignes de transfert de fourrage, de grain de maïs, de besoins d'irrigation, d'animaux, de main-d'oeuvre et d'érosion produite pendant la période considérée.

Dans le deuxième cas, il y a plusieurs contraintes : le capital disponible, le maximum d'écarts types acceptés pendant la période et le maximun d'emprunts disponibles. Il y a, aussi, des transferts de capital, d'intérêts sur les coûts d'opération et sur les revenus, les amortissements, les actifs. (cf. la description complète des contraintes dans l'**Annexe E**)

Le point intéressant de ce modèle est que les contraintes ne sont ni nombreuses, ni difficiles à déterminer et les relations intérieures du modèle représentent assez bien le choix d'activités réel du producteur. Nous présentons un schéma de la matrice, c'est-à-dire les signes correspondants (négatif signifie une production, positif un besoin) dans l'**Annexe F**, la matrice complète dans l'**Annexe G** et une description plus détaillée d'une activité dans l'**Annexe H**.

D. Les simulations proposées

Le but de ce travail était de formuler une méthodologie adéquate pour visualiser les effets de différentes politiques agricoles sur le choix du système de culture et indirectement sur l'érosion. Pour essayer cette méthodologie nous avons construit une matrice de programmation linéaire pour une exploitation représentative de la région *maicera típica*. Cette matrice devait refléter le système productif réel, c'est-à-dire qu'elle devait présenter un certain

16. La raison de cette séparation est que la capacité de mémoire de l'ordinateur utilisé n'était pas suffisante pour la matrice utilisée et les calculs nécessaires.

17. Dans l'**Annexe D** nous présentons toutes les activités proposées

degré de complexité mais, en même temps, devait être facile à utiliser. Elle devait représenter la réalité d'une façon approximative pour pouvoir valider le modèle et; au-delà, tester différents *scenarii*, chacun avec différents niveaux de maximum d'écarts-types pendant la période : 100000, 200000, 300000, 400000 et 500000 Australes[18], qui représentent respectivement des options qui vont d'une grande aversion au risque à une aversion minimum.

Les *scenarii* testés sont les suivants :

– trois niveaux de capital disponible : faible (30000), moyen (50000) et grand (100000), combinés avec chacune des autres possibilités ;

– quatre niveaux de taux d'intérêt général : réels (30%)[19] et testés : (20%), (10%), (7,5%), combinés aussi avec chacune des autres possibilités[20].

– deux niveaux de modifications de prix de tous les produits : (-20%) et (+20%).

Les résultats obtenus sont présentés dans le chapitre suivant.

18. L'Austral est la monnaie argentine.

19. Par exemple, la rentabilité de valeurs publiques (BONEX) est de 28 % annuelle (en dollars américains).

20. GALLACHER (1988) affirme p.32 : *El impacto de las acciones del sector público sobre el ritmo de deterioro del recurso suelo puede ilustrarse por medio de (...) las altas tasas de interés a las cuales está sometida la economía argentina...* (L'effet des actions du secteur public sur le rythme de détérioration de la ressource sol peut être démontré par (...) les hauts taux d'intérêt auxquels est soumise l'économie argentine).

V. LES RESULTATS

1. INTRODUCTION

Les résultats obtenus à partir des simulations des variations des divers taux d'intérêt, des prix et des capitaux disponibles sont nombreux. Ils seront présentés de la manière suivante :

– Le modèle dans la situation réelle.
– Le modèle face à la baisse du taux d'intérêt.
– Le modèle avec quelques changements de prix.

2. LE MODELE DANS LA SITUATION REELLE

Les résultats obtenus dans les conditions réelles sont proches du système d'exploitation du producteur. Il y a quelques différences dues, essentiellement :

– aux systèmes de cultures proposés, qui ne sont pas strictement les mêmes que ceux utilisés par le producteur ;

– aux écarts types des rendements calculés pour le maïs et le soja, plus grands que ceux observés dans la réalité. [1]

Cependant, ces deux raisons n'invalident pas l'utilisation descriptive du modèle, car les tendances observées dans la réalité sont respectées.

Pour le cas de la représentation de la réalité, c'est-à-dire le modèle sous un taux d'intérêt réel annuel de 30%, nous avons simulé trois *scenarii* possibles de liquidités : faible (30 000 Australes), moyenne (50 000 Australes) et élevée (100 000 Australes).

La culture du blé se présente comme la moins risquée, c'est-à-dire qu'elle prédomine dans les solutions de grande aversion au risque. A mesure que l'aversion au risque diminue, la superficie semée diminue mais la quantité d'engrais utilisée augmente. Finalement, dans la solution où l'aversion au risque est minime, c'est-à-dire le cas où le système d'exploitation est très risqué, le blé disparaît de la solution. Si la disponibilité d'argent est élevée, le processus décrit s'accélère.

Dans toutes les solutions, la culture du maïs est liée à l'activité porcine, pour la nourriture de ces animaux. Dans le cas où cette culture est pratiquée, le système de culture choisi est le plus intensif possible (arrosage et avec 100 kg. d'urée). Cette activité ne dépasse pas 15% de la superficie totale dans le meilleur de cas.

Le soja n'est présent que dans les solutions où l'aversion au risque est très grande et la proportion de la superficie cultivée est faible (15%). La double culture blé-soja n'est plantée que dans les solutions où l'aversion au risque est petite, avec un haut niveau de fertilisation et elle arrive à occuper la presque totalité de la superficie de l'exploitation.

1. Les rendements estimés avec le logiciel EPIC sont très faibles pour le maïs dans des conditions de sécheresse et très élevés dans le cas du soja, sous des conditions climatiques favorables.

Les rotations retenues dans les solutions mélangent les grandes cultures avec les pâturages (mais dans une faible proportion de la superficie) quand l'aversion au risque est petite. Par conséquent, les bovins en pâturage direct, sont peu nombreux mais ils augmentent quand les disponibilités de capital sont proches du maximum.

L'activité porcine a besoin de beaucoup de capital (investissements pour le cheptel, nourriture, installations, etc.) et la variabilité des prix comme des rendements est assez grande. Pour ce motif, l'activité est présente seulement quand la disponibilité de capital est importante et quand l'aversion au risque du producteur est intermédiaire.

Les différentes combinaisons impliquent que la rente est inversement proportionnelle à l'aversion au risque, c'est-à-dire que la rente augmente à mesure que l'aversion au risque diminue. Aussi nous vérifions que la rente maximale est atteinte plus rapidement quand la disponibilité de capital est supérieure. Pour tous les cas de capital disponible, les labours choisis sont minimaux dans la solution où l'aversion au risque est maximum, et avec du chisel dans le cas contraire.

Dans le cas d'une liquidité basse, l'érosion augmente dans les solutions d'aversion au risque supérieure, elle diminue dans les solutions intermédiaires et augmente à nouveau quand l'aversion au risque est inférieure. Une ressemblance peut être observée dans le cas d'une liquidité moyenne. Par contre, l'érosion augmente à mesure que l'aversion au risque diminue dans le cas d'un grand capital disponible.

En guise de conclusion, les résultats obtenus sont très proches de ceux du système de culture réel dans le cas d'aversion au risque moyenne. Les différences les plus importantes sont l'apparition des porcins et la faible importance du maïs et du soja comme culture individuelle.

Dans la réalité, l'élevage porcin n'est pas assez développé par les exploitants. Les raisons sont multiples : l'investissement nécessaire, le risque de maladies, le travail plus pénible que dans les autres activités agricoles, etc. De surcroît, l'activité porcine n'est pas socialement appréciée par les producteurs.

D'autre part, la faible importance du maïs et du soja dans les solutions est due aux problèmes concernant les rendements obtenus en exécutant le logiciel EPIC, déjà expliqués.

Par rapport à l'érosion, même si nous ne pouvons pas vérifier les résultats en raison du manque d'informations, les tendances peuvent être admises comme indicatives. Nous pouvons observer que lorsque le capital disponible est élevé, le producteur est amené à réaliser des pratiques culturales qui dégradent davantage le sol mais qui lui permettent d'obtenir de meilleurs résultats immédiats. Par contre les producteurs à basse et moyenne liquidité sont ceux qui utilisent les pratiques les plus convenables, non parce qu'ils se préoccupent de la conservation du sol, mais justement à cause d'un manque de capital financier permettant d'utiliser le sol d'une façon plus intensive. Les conditions économiques et financières de l'exploitation ainsi que le degré d'aversion au risque du producteur sont donc déterminants pour le choix d'itinéraires techniques et par conséquent pour l'érosion. Il faut remarquer que nous n'avons pas considéré l'introduction d'une contrainte d'érosion, qui pourrait nous indiquer quel serait le rapport entre une politique de contrôle strict de l'érosion (tâche presque impossible à réaliser dans la réalité) et les autres facteurs évalués.

3. LE MODELE SOUS DIFFERENTS TAUX D'INTERET

Tout d'abord, il faut remarquer que nous avons cru *a priori* qu'une baisse du taux d'intérêt général de l'économie globale améliorerait les conditions d'investissement en biens d'équipement et que le système de culture choisi serait donc moins érosif à long terme. Au début, nous estimions que les règles du marché suffiraient à résoudre le problème d'érosion en établissant des conditions plus favorables pour l'exploitant individuel. Mais il se produit ici un cas typique d'externalité en ce sens qu'une mesure élaborée afin d'atteindre un objectif global produit l'effet inverse de celui attendu. Dans la région choisie et pour l'exploitation type analysée, une baisse du taux d'intérêt produirait justement une augmentation du processus d'érosion, car l'exploitant, au lieu d'adopter des techniques moins érosives, intensifie son système de production et augmente l'érosion de son exploitation. Ceci peut être observé dans les résultats suivants :

Avec un taux d'intérêt de 20%, les tendances observées dans les cas antérieurs se maintiennent alors que l'activité porcine augmente de façon spectaculaire et que les autres activités productrices utilisent une quantité inférieure d'engrais. L'explication, comme nous venons de le dire, en est simple : un taux d'intérêt plus bas que le taux réel favorise les activités les plus intensives en capital, ce qui est le cas des porcins. Les niveaux de rente sont plus élevés que pour un taux d'intérêt de 30%.[2]

Avec les taux d'intérêt de 10% et de 7,5%, les orientations observées sont un peu différentes, surtout dans le cas d'une forte liquidité initiale. En effet, la culture du soja disparaît du système d'exploitation, et on voit apparaître le maïs irrigué[3], sur une plus grande surface. La superficie semée de blé-soja est inférieure à celle des cas précédents et le nombre de porcins augmente. Par contre, dans les cas de faible à moyenne liquidité, la double culture est très importante dans le système d'exploitation et les porcins sont moins nombreux.Dans tous les cas, la rente est supérieure à celle observée auparavant.

L'érosion probable est, dans tous les cas, supérieure[4] à celle de la réalité. L'explication de ce phénomène est que le producteur, face à une réduction du taux d'intérêt, changera son système de culture en vue d'activités aux coûts de production plus hauts. En effet, le coût inférieur d'opportunité du capital d'opération rend plus intéressantes les activités à capital intensif et non les investissements en nouveaux biens d'équipement adaptés pour la mise en place de meilleurs systèmes de culture. Le problème qui se pose est que la plupart des activités à coût de production plus élevé favorisent les processus d'érosion.[5] Il est nécessaire, donc, d'envisager d'autres mesures qui accompagneraient la diminution du taux d'intérêt car les effets de cette diminution peuvent être très néfastes et tout à fait contraires à ceux escomptés.

2. Les rentes maximales atteignent des valeurs comprises entre 143 000 et 154 000 Australes.

3. Cette activité a besoin d'une forte quantité de capital initial.

4. Cette augmentation a des degrés différents selon le capital disponible.

5. C'est, par exemple, le cas de la double culture blé-soja.

4. LE MODELE FACE A UNE DIMINUTION OU A UNE AUGMENTATION DES PRIX DES PRODUITS DE 20%

Nous avons décidé de réaliser une simulation de réduction et d'augmentation des prix des produits pour observer son influence sur les systèmes d'exploitation, sous les différents taux d'intérêt déjà essayés. En général, ces politiques sont mises en place afin de réaliser un contrôle de l'offre des produits agricoles, mais les résultats de leur application sont, le plus souvent, incertains. Par exemple, dans la Communauté Européenne les subventions des prix agricoles ont permis, dans un premier temps, d'atteindre la satisfaction des besoins internes de céréales et de lait, mais, à plus long terme, elles ont entraîné une surproduction. En Argentine le courant politique libéral prétend que si les prélèvements sur les prix des produits agricoles sont éliminés, la production augmenterait fortement. Cet objectif pourrait être atteint dans un premier temps, mais, comme nous allons le voir, ce type de mesure peut entraîner une augmentation de l'érosion à long terme et par conséquent une diminution de l'offre. Par contre, une diminution soutenue des prix internes argentins empêcherait l'aggravation du processus d'érosion, mais ne respecterait pas l'objectif global d'augmentation de la production agricole en vue d'obtenir une hausse des exportations afin de faire face aux remboursements de la dette externe.

Dans le cas d'une diminution des prix, seuls les quatre niveaux supérieurs d'aversion au risque sont admissibles dans le modèle.[6] L'effet produit est une extensification du système de production avec diminution de la rente. [7]

Par contre, avec une augmentation des prix des produits de 20%, les résultats sont justement à l'opposé de ceux du cas antérieur, c'est-à-dire qu'il se produit une intensification de l'utilisation du capital. [8]

Dans tous les *scenarii* de baisse des prix, l'érosion par rapport au modèle réel est directement proportionnelle à l'aversion au risque, c'est-à-dire que l'érosion diminue à mesure que l'aversion au risque diminue. La raison de cette variation est l'augmentation de la superficie enblavée en blé dans les solutions d'aversion au risque supérieure, culture qui protège davantage le sol par rapport aux cultures d'été.

---

6. Le niveau inférieur donne une solution impossible à cause d'une incompatibilité entre une contrainte d'écarts-types très basse et les niveaux de rente trop faibles, ce qui ne permet pas la maximalisation de la fonction objectif en respectant les contraintes établies.

7. Des changements dans les systèmes d'exploitation se produisent avec un taux d'intérêt de 30%. Si la liquidité est basse, le maïs et le soja sont presque inexistants, les rotations et le blé augmentent, et le blé-soja conserve la tendance observée auparavant. Les porcins et les bovins sont moins nombreux. Par contre, quand la liquidité est moyenne, la culture de blé est moins importante que dans les solutions peu risquées. Dans les solutions plus risquées, le blé-soja est la culture la plus importante et les porcins augmentent mais dans une plus faible proportion. Finalement, les solutions en cas de grand capital disponible réduisent la superficie du blé-soja et augmentent le nombre de porcins. Evidemment, la rente diminue dans tous les cas de capital. Les tendances observées avec un taux d'intérêt de 30% se répètent avec un taux de 20%, mais avec une intensification de l'activité porcine dans le cas d'une grande liquidité. La modification du taux d'intérêt à 10% et à 7,5% n'influence pas le choix de production, sauf dans le cas d'une liquidité basse, où les bovins sont plus importants que dans toutes les autres possibilités.

8. Avec un taux d'intérêt de 30% et un capital disponible de 30 000 Australes, les résultats par rapport au modèle réel diffèrent en ce qui concerne la surface enblavée en blé, qui diminue dans les solutions les plus risquées (même si dans ce cas le blé est toujours fertilisé), et le nombre de porcins, qui augmente. Ces résultats s'accentuent quand la liquidité augmente, en atteignant un maximum de porcins dans le cas de la plus haute liquidité. Avec un taux d'intérêt de 20%, les tendances s'accentuent pour toutes les situations de liquidité. Les autres *scenarii* de taux d'intérêt présentent une intensification de plus en plus grande de la production porcine (accompagnée toujours de celle du maïs) à mesure que le capital disponible augmente.

Par contre, dans le cas d'une augmentation des prix, dans toutes les solutions nous observons, en cas de grande aversion au risque, une érosion inférieure à celle trouvée dans la situation réelle. Pour les autres options d'aversion au risque, l'érosion est supérieure. Cela peut être dû au fait que les solutions d'aversion au risque supérieure ont une superficie plantée en blé plus grande et avec un plus haut degré de fertilisation, ce qui permet d'avoir une quantité plus grande de paille et, donc, un apport de matière organique plus important, permettant ainsi un ralentissement du processus d'érosion.

Cependant, les résultats peuvent être influencés par un coefficient de variation des marges brutes des activités plus grand que celui observé pendant la mise en oeuvre des politiques de prélèvements sur les prix en Argentine. En effet, les prix internes des produits agricoles ont un coefficient de variation inférieur à ceux des cours mondiaux. Comme les prix utilisés dans le modèle sont représentatifs des fluctuations des prix des marchés mondiaux, les résultats dans la réalité peuvent être différents.

VI. CONCLUSION

Le problème de l'érosion est très grave en Argentine, où les exportations de produits agricoles sont la principale source de devises. Les calculs de pertes annuelles (différence entre les rendements potentiels sans érosion et les rendement réels avec érosion) pour une petite région du pays (la zone *maicera típica*) suffisent pour couvrir toutes les dépenses annuelles du principal institut de recherche agricole argentin, l'INTA.[1] Il est nécessaire d'établir des mesures qui favorisent la diminution ou l'arrêt de ce processus. Mais alors, quel est l'effet probable de ces mesures? Comment évaluer les tendances? Quelle sera la réponse de chaque groupe de producteurs face aux différentes mesures? Est-ce que les réactions des producteurs seront favorables aux objectifs globaux du reste de la population?

La méthodologie proposée dans ce travail peut aider à résoudre ces interrogations. En effet, dans l'exemple développé afin de tester cette méthode, nous sommes arrivés à déterminer quelques effets probables sur le choix du système de culture et, par conséquent, sur l'érosion des sols de certaines mesures de politique pour une exploitation de la région "maicera típica".

Dans ce cadre, nous avons élaboré le modèle sur la base de la programmation linéaire avec l'aide d'un logiciel de croissance des plantes, qui nous a permis d'estimer l'impact des différents systèmes de culture sur les sols. Cette méthodologie permet de représenter le système d'exploitation réalisé par l'exploitant et, à partir de ce modèle, de visualiser les tendances possibles dans le choix d'activités par rapport aux différents *scenarii*. Pour que le modèle soit représentatif de la réalité, il faut inclure dans la matrice de programmation linéaire "technique" le risque des activités et les contraintes de capital propre et emprunté.

Il y a plusieurs manières d'introduire le risque dans la matrice. Celle choisie est une modification de la méthode proposée par Hazell, mais dans laquelle on limite la somme des écarts types des activités. Ceci donne des plans alternatifs avec divers niveaux de risque. Finalement, l'introduction des contraintes de capital permet de visualiser le comportement du producteur face à différentes situations de patrimoine.

Les systèmes de cultures proposés dans ce travail sont un peu éloignés des réels, mais ils répondent aux alternatives proposées par les institutions de recherche régionales. Les *scenarii* de simulation proposés sont les modifications des taux d'intérêt et des prix des produits agricoles. Les résultats ainsi obtenus sont satisfaisants. Le modèle reproduit de manière assez précise les tendances du système d'exploitation réel.

Les résultats nous montrent l'instabilité du système productif face aux variations des politiques essayées et, surtout, les effets inattendus, nous révélent l'importance de la construction de ce type de modèle pour la visualisation des "externalités" qui peuvent influencer les systèmes productifs.

La conclusion que nous pouvons tirer de l'exercice réalisé pour la région *maicera típica* est que les interventions sur le marché ne suffisent pas pour atteindre des objectifs à plus long terme, parfois contradictoires, comme la diminution du processus d'érosion, l'augmentation de l'offre, etc. et qu'il faut les accompagner d'autres mesures plus spécifiques afin d'arriver au but souhaité.

---

1. GALLACHER (1988)

La poursuite de ce travail nécessite de prolonger les recherches avec le logiciel EPIC pour l'obtention de résultats plus proches de la réalité, surtout dans le cas des cultures de maïs et du soja. Avec ces données améliorées nous continuerons à développer le modèle sur les points suivants :

– la considération de la mise en valeur indirecte de la terre, du point de vue du *contratista* comme du proprietaire.

– le type de prix à utiliser, pour reproduire la variation de prix réels d'une manière plus précise.

– la considération du risque, car si les prix sont modifiés, le niveau de risque autorisé doit aussi changer.

– l'inclusion d'autres paramètres pour la construction de nouveaux *scenarii* de politiques agricoles, comme les impôts, les crédits préférentiels pour l'achat de biens d'équipement appropriés au combat de l'érosion, etc.

– enfin, il sera aussi nécessaire de créer des modèles pour les autres systèmes productifs de cette zone, afin de d'obtenir les résultats au niveau régional.

Ces lignes de recherche permettront, dans un travail futur, de faire une évaluation de résultats probables pour l'ensemble de la région ainsi que la détermination des mesures adéquates pour arrêter ou, au moins, ralentir le processus d'érosion du sol.

ANNEXE A

DONNÉES DU CLIMAT DU DEPARTEMENT DE PERGAMINO, APPARTENANT A LA REGION *MAICERA TIPICA*.

Pergamino. Données climatiques moyennes et extrêmes. Période 1941-1960

	Unité	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	Année
Température moyenne	ºC	19,8	15,5	12,4	9,6	9,2	10,4	13	15,9	19,4	21,6	23,4	22,6	16
Temp.maximale moyenne	ºC	27	23,6	19,4	15,8	15,6	17,2	20	22,8	26	28,4	30,4	30,4	23
Temp.minimale moyenne	ºC	13,5	9,5	6,9	4,8	4	4,7	6,2	9,11	12	14,2	15,7	15,4	9,6
Temp.maximale absolute	ºC	37,8	35	31,3	28,4	28,1	32,1	35,9	34	38,3	39,9	41,5	40,2	41,5
Temp.minimale absolute	ºC	2,9	-1,5	-4	-9,4	-7,7	-7,3	-5,1	-3	-0,1	-4,1	4,6	5,1	-9,4
Humidité relative moyenne	%	76	78	82	83	82	77	74	74	68	66	64	68	74
Vitesse moyenne du vent	km/h	10	10	10	10	11	12	13	12	11	10	10	9	11
Précipitation	mm	108	95	62	48	40	39	54	92	95	86	109	82	910
Ecart type	mm	-9	11	-2	3	0	-6	-5	1	1	-23	3	-10	-36
Frequence moyenne de:														
- jours de pluie	jours	7	7	6	8	5	5	6	9	9	8	3	7	85
- jours avec gelée	jours		0,2	2,6	5,2	7,9	5,9	2,2	0,4	0,1				

Pergamino. Balance hydrique moyenne mensuelle selon Thornthwaite

	Unité	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	Année
Evapo-transpiration														
potentielle	mm	86	60	37	22	20	26	45	68	93	119	135	106	817
Précipitation	mm	117	84	64	45	40	45	59	92	94	108	106	92	946
Stockage d'eau	mm	281	300	300	300	300	300	300	300	300	289	262	250	
Variation du stockage d'eau	mm	31	19	0	0	0	0	0	0	0	-11	-27	-12	
Evapo-transpiration réelle	mm	86	60	37	22	20	26	45	68	93	119	133	104	813

ANNEXE B

SUPERFICIE SEMÉE ET PRODUCTION DU MAIS DANS LA RÉGION *MAICERA TIPICA*

Années	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85
Sup. Semée	445000	335650	339500	340500	296100	377200	327000	249000	289300	279200
Production	1254320	1586118	1743000	1424090	1058280	1945200	1520480	993900	1268367	1315800

Source: *Secretaria de Agricultura, Ganaderia y Pesca(SAGyP).in* DEYBE, (1987).

POURCENTAGE DE LA SUPERFICIE SEMEE EN MAIS PAR RAPPORT A LA PROVINCE DE BUENOS AIRES ET DU PAYS.

Années	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85
Sup. Semée										
Province	31.7	27.5	25.4	25.6	23.8	25.2	25.5	23.2	24.2	20.8
Pays	12.0	11.2	10.9	10.3	8.9	9.4	8.8	7.2	8.3	7.4
Production										
Province	38.7	39.6	37.0	38.8	41.9	32.0	36.7	30.3	30.7	26.3
Pays	21.4	19.1	17.9	16.3	16.5	15.1	15.9	11.0	13.3	10.4

Source: *Secretaria de Agricultura, Ganaderia y Pesca(SAGyP).in* DEYBE, (1987).

SUPERFICIE SEMÉE ET PRODUCTION DU BLE DANS LA RÉGION *MAICERA TIPICA*

Années	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85
Sup. Semée	131200	174000	120000	111000	135900	261820	354000	351700	366000	364000
Production	252000	247000	189000	242640	318300	679000	691000	973900	617000	848000

Source: *Secretaria de Agricultura, Ganaderia y Pesca(SAGyP).in* DEYBE, (1987).

POURCENTAGE DE LA SUPERFICIE SEMEE EN BLÉ PAR RAPPORT A LA PROVINCE DE BUENOS AIRES ET DU PAYS.

Campana	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85
Sup. Semée										
Province	4.6	4.8	5.3	3.8	5.0	8.0	9.3	8.0	8.1	9.3
Pays	2.4	2.5	2.7	2.1	2.7	4.2	5.4	4.8	5.1	6.1
Production										
Province	6.7	4.4	7.0	5.1	7.2	13.4	14.0	10.1	7.3	9.6
Pays	3.1	2.3	3.7	3.1	4.0	8.7	8.4	6.6	4.8	6.4

Source: *Secretaria de Agricultura, Ganaderia y Pesca(SAGyP).in* DEYBE, (1987).

SUPERFICIE SEMÉE ET PRODUCTION DU SOJA DANS LA RÉGION *MAICERA TIPICA*

Années	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85
Sup.semée	25800	30500	78500	118800	185700	211050	241000	360400	360800	391000
Production	38261	44671	184130	264540	509800	440800	508723	486000	900600	856300

Source: *Secretaria de Agricultura, Ganaderia y Pesca(SAGyP).in* DEYBE, (1987).

POURCENTAGE DE LA SUPERFICIE SEMEE EN SOJA PAR RAPPORT A LA PROVINCE DE BUENOS AIRES ET DU PAYS

Années	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85
Sup. Semée										
Province	59.0	58.6	58.7	45.3	39.5	46.3	52.1	55.4	50.5	47.1
Pays	5.8	4.2	6.5	7.2	8.8	10.8	11.8	15.3	12.4	11.8
Production										
Province	61.4	60.3	65.7	50.8	57.7	49.0	55.0	51.2	53.9	53.5
Pays	5.5	3.1	7.3	7.1	14.5	11.7	12.3	12.2	12.9	13.2

Source: *Secretaria de Agricultura, Ganaderia y Pesca(SAGyP).in* DEYBE, (1987).

ANNEXE C

UTILISATION DE LA SUPERFICIE ET QUANTITÉ D'ANIMAUX PAR CATÉGORIE D'EXPLOITATION DANS LA RÉGION *MAICERA TIPICA*

Exploitation		Maïs	Blé	Soja 1ra.	Soja 2da.	Pâturage	Avoine	Vaches	Boeuf	Porcins (femelles)
1		85	40	43	40	25			55	
2		500	300	800	400	200	100	250	150	50
3		30	25		25					
4	Rentier			42						
5		200		75	73	16			40	
6	Contratista		55	50	40					
7	Contratista	250	300	180	350	75		50		
8		90	51	30	51					
9	Rentier	210	130	530	130	300	80		1300	
10	Contratista	700	200	150	200					
11		24	22	15	10	43		50	22	
12	Rentier	190	150	110	150					
13		56		10		70	2	5	80	30
14		30	45		40	75		50	30	

L'exploitation utilisée pour la réalisation de ce travail est la numéro 1.

ANNEXE D

LES ACTIVITES

LE BLÉ

Nom	Labours	Irrigué	Fert. N	Fert. P
WW100C	C	N	100 KG	N
WW100M	M	N	100 KG	N
WW60M	M	N	60 KG	N
WWWM	M	N	N	N
WWWC	C	N	N	N
WIWC	C	N	N	N
WI60C	C	O	60 KG	N
WI30PC	C	O	30 KG	30 KG

Fert. N = Fertilisant Azoté
Fert. P = Fertilisant Phosphore
C = Labours avec Chisel
M = Labours minimals
N = Non
O = Oui

LES ENGRAIS

PUREE = un kg. d'urée.

PSUPER = un kg. de superphosphate.

LE SOJA

Nom	Labours	Irrigué	Fert. N	Fert. P
SIWC	C	O	N	N
SW30C	C	N	N	30 KG
SWWC	C	N	N	N
SIW40M	M	O	N	40 KG
SIWM	M	O	N	N
SWWM	M	N	N	N

Fert. N = Fertilisant Azoté
Fert. P = Fertilisant Phosphore
C = Labours avec Chisel
M = Labours minimals
N = Non
O = Oui

LE MAIS

Nom	Labours	Irrigué	Fert. N	Fert. P
MWWC	C	N	N	N
MW60C	C	N	60 KG	N
MI60C	C	O	60 KG	N
MI100C	C	O	100 KG	N
MI100M	M	O	100 KG	N
MIWC	C	O	N	N
MWWM	M	N	N	N
MI60M	M	O	60 KG	N
MW60M	M	N	60 KG	N

Fert. N = Fertilisant Azoté
Fert. P = Fertilisant Phosphore
C = Labours avec Chisel
M = Labours minimals
N = Non
O = Oui

ROTATIONS GRANDES CULTURES-PATURAGES

Nom	Labours	Irrigué	Fert. N	Fert. P
RWWCP	C	N	N	N
RWWMP	M	N	N	N
RI60CP	C	O	60 KG	N
RW60CP	C	N	60 KG	N
RI60MP	M	O	60 KG	N
RW30MP	M	N	30 KG	N
RW60MP	M	N	60 KG	N

Fert. N = Fertilisant Azoté
Fert. P = Fertilisant Phosphore
C = Labours avec Chisel
M = Labours minimals
N = Non
O = Oui

ROTATIONS GRANDES CULTURES-LUZERNE

Nom	Labours	Irrigué	Fert. N	Fert. P
RWWMA	M	N	N	N
RWWCPA	C	N	N	30 KG
RI60CPA	C	O	60 KG	30 KG
RW60CPA	C	N	60 KG	30 KG
RI60MA	M	O	60 KG	N

Fert. N = Fertilisant Azoté
Fert. P = Fertilisant Phosphore
C = Labours avec Chisel
M = Labours minimals
N = Non
O = Oui

ROTATIONS GRANDES CULTURES

Nom	Labours	Irrigué	Fert. N	Fert. P
RW60M	M	N	60 KG	N
RW30M	M	N	30 KG	N
RWWM	M	N	N	N
RIWC	C	O	N	N
RI30C	C	O	30 KG	N
RI60C	C	O	60 KG	N
RIWM	M	O	N	N
RI30M	M	O	30 KG	N
RI60M	M	O	60 KG	N

Fert. N = Fertilisant Azoté
Fert. P = Fertilisant Phosphore
C = Labours avec Chisel
M = Labours minimals
N = Non
O = Oui

LA DOUBLE CULTURE BLÉ-SOJA

Nom	Labours	Irrigué	Fert. N	Fert. P
BSI80M	M	O	80 KG	N
BSI50M	M	O	50 KG	N
BSW50M	M	N	50 KG	N
BSWWM	M	N	N	N
BSWWC	C	N	N	N
BSW100CP	C	N	100 KG	30 KG
BSW60CP	C	N	60 KG	30 KG
BSI100CP	C	O	100 KG	30 KG

Fert. N = Fertilisant Azoté
Fert. P = Fertilisant Phosphore
C = Labours avec Chisel
M = Labours minimals
N = Non
O = Oui

L'ELEVAGE BOVIN

VACHE+VEA = L'élevage de 1,6 vaches qui produisent un veau.

BOEUF = L'engraissement d'un veau de 180 kg à 400 kg sur pâturages.

BOEUF G = L'engraissement d'un veau de 180 kg à 400 kg sur pâturages et avec grain de maïs.

A BOEUF = L'engraissement d'un veau acheté de 180 kg à 400 kg sur pâturages.

A BOEUF G = L'engraissement d'un veau acheté de 180 kg à 400 kg sur pâturages et avec grain de maïs.

LE SYSTEME D'IRRIGATION

PIVOT = L'achat d'un système d'irrigation de pivote central.

L'ÉLEVAGE PORCIN

PORC = Une truie qui a 12 porcs à l'an.

INTERETS SUR LES COUTS D'OPERATIONS

i COTR 3 = Intérêt sur les coûts d'opération pour les 3ème trimestre.

i COTR 4 = Intérêt sur les coûts d'opération pour les 4ème trimestre.

i COTR 1 = Intérêt sur les coûts d'opération pour les 1er trimestre.

i COTR 2 = Intérêt sur les coûts d'opération pour les 2ème trimestre.

TRANSFERTS DES INTERETS SUR LES REVENUS

i R TR 1 = Intérêt sur les revenus pour les 1er trimestre transférés aux intérêts sur les coûts d'opération.

i R TR 2 = Intérêt sur les revenus pour les 2ème trimestre transférés aux intérêts sur les coûts d'opération.

GRAIN DE MAIS

MAIS GR = Grain de maïs utilisé par les animaux.

COUT D'OPPORTUNITE DES NOUVEAUX INVESTISSEMENTS

CAP FIXE = Amortissement annuel de nouveax investissements.

INTERETS SUR LES BIENS D'EQUIPEMENT

CHI ACT = Intérêts sur les biens d'équipement nécessaires pour les labours avec le chisel.

MIN ACT = Intérêts sur les biens d'équipement nécessaires pour les labours minimales.

AMORTISSEMENTS DES BIENS D'EQUIPEMENTS

AM CHI = Amortissement des biens d'équipement nécessaires pour les labours avec le chisel.

AM MIN = Amortissement des biens d'équipement nécessaires pour les labours minimales.

MAIN D'OEUVRE

MO 3 = Main d'oeuvre nécessaire pendant le 3ème trimestre.

MO 4 = Main d'oeuvre nécessaire pendant le 4ème trimestre.

MO 1 = Main d'oeuvre nécessaire pendant le 1er trimestre.

MO 2 = Main d'oeuvre nécessaire pendant le 2ème trimestre.

PORC MO = Main d'oeuvre nécessaire pour l'élevage porcin pendant l'année.

ENPRUNTS

ENPR LT = Remboursements des emprunts à long terme.

ENPR MT = Remboursements des emprunts à moyen terme.

INTERETS SUR LES REVENUS

IN 1 TR = Intérêt sur les revenus pour les 1er trimestre.

IN 2 TR = Intérêt sur les revenus pour les 2ème trimestre.

COUT D'OPPORTUNITÉ DU CAPITAL PROPRE

I CO 3 = Coût d'opportunité du capital propre utilisé pour les coûts d'opération (3ème trimestre).

I CO 4 = Coût d'opportunité du capital propre utilisé pour les coûts d'opération (4ème trimestre).

TRANSFERTS D'ECARTS TYPES

E1 = Transferts d'écarts types des activités pour l'année 1.

.

.

.

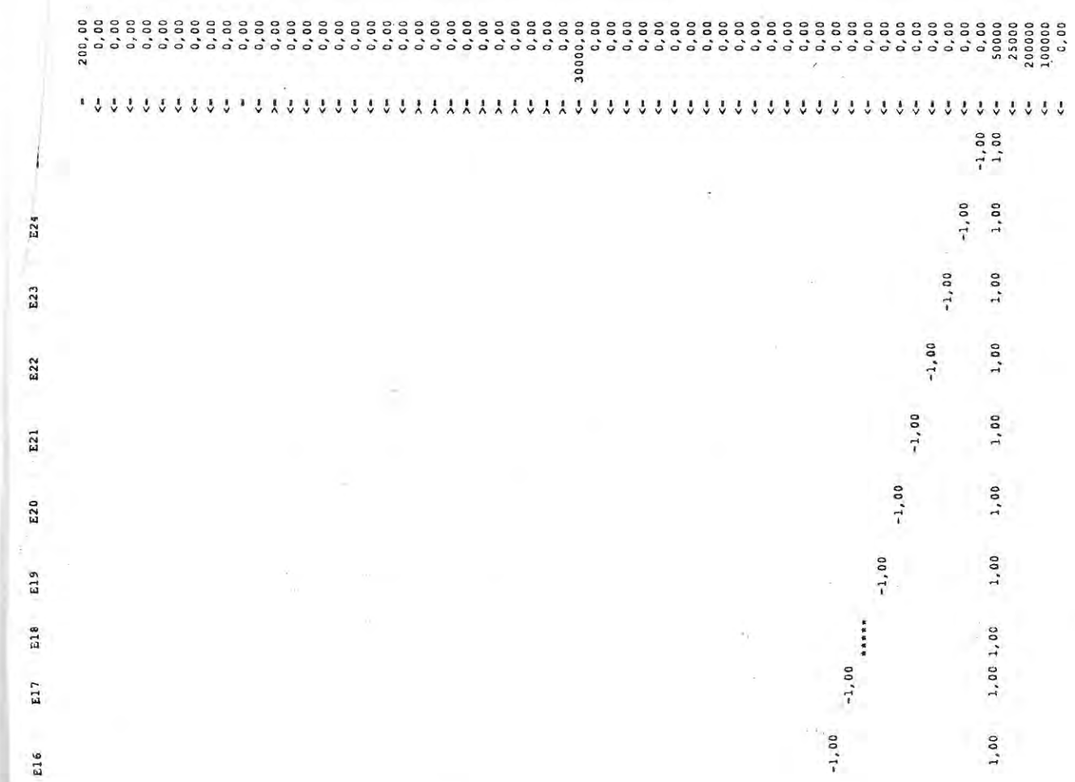
E25 = Transferts d'écarts types des activités pour l'année 25.

ANNEXE E

LES CONTRAINTES

SOL	= Utilisation du sol.
URÉE	= Transfert d'urée.
SUPER	= Transfert de superphosphate.
FOU BQ P	= Fourrage de bonne qualité produit en printemps.
FOU BQ E	= Fourrage de bonne qualité produit en été.
FOU BQ A	= Fourrage de bonne qualité produit en automne.
FOU BQ H	= Fourrage de bonne qualité produit en hiver.
FOU RQ E	= Fourrage de qualité moyenne produit en été.
FOU RQ A	= Fourrage de qualité moyenne produit en automne.
FOU RQ H	= Fourrage de qualité moyenne produit en hiver.
CAP FIXE	= Besoins de capital pour les investissements.
ARROSE	= Cultures arrosées.
MM ERODE	= Érosion du sol de l'activité.
INT TR 3	= Transferts des coûts d'opérations du 3ème trimestre pour le calcule des intérêts.
INT TR 4	= Transferts des coûts d'opérations du 4ème trimestre pour le calcule des intérêts.
INT TR 1	= Transferts des coûts d'opérations du 1er trimestre pour le calcule des intérêts.
INT TR 2	= Transferts des coûts d'opérations du 2ème trimestre pour le calcule des intérêts.
RINT TR 1	= Transferts des revenus du 1er trimestre pour le calcule des intérêts.
RINT TR 2	= Transferts des revenus du 2ème trimestre pour le calcule des intérêts.
TRA MAIS	= Transfert du grain de maïs pour la consommation animal.
MAIS UTI	= Quantité de maïs utilisé par les animaux.
M O 3	= Besoins de main d'oeuvre pendant le 3ème trimestre.
M O 4	= Besoins de main d'oeuvre pendant le 4ème trimestre.

M O 1	= Besoins de main d'oeuvre pendant le 1er trimestre.
M O 2	= Besoins de main d'oeuvre pendant le 2ème trimestre.
ACT CHI	= Transfert de biens d'équipement de la technique "chisel".
ACT MIN	= Transfert de biens d'équipement de la technique "minimale".
CHI AM	= Transferts des amortissements de biens de équipement de la technique "chisel".
VEAU	= Transfert des veaux.
MIN AM	= Transferts des amortissements de biens de équipement de la technique "minimale".
MO PORC	= Transferts de besoins de main d'oeuvre spétialisée pour les porcins.
MAX CAP	= Contrainte de liquidités.
A 1	= Transfert d'écarts types de l'année 1.
	.
	.
	.
A 25	= Transfert d'écarts types de l'année 25.
ECARTS	= Contrainte de la somme d'écarts types.
CAP P 1AN	= Contrainte d'emprunts à court terme.
CAP P LT	= Contrainte d'emprunts à long terme.
CAP P MT	= Contrainte d'emprunts à moyen terme.
INV LT	= Transferts des investissements à long terme.



M04	MO1	MO2	PORC MO	ENPR LT	ENPR MT	IN 1 TR	IN 2 TR	I CO 3	I CO 4	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15
			-2460,75	-0,40	-0,50	0,15	0,08	-0,30	-0,23															
				-1,00	-1,00																			
			615,19					-1,00																
1,20			615,19						-1,00															
	1,20		615,19																					
		1,20	615,19																					
						1,00																		
							1,00																	
1,00																								
	1,00																							
		1,00																						
			1,00																					
								1,00	1,00															
										-1,00														
											-1,00													
												-1,00												
													-1,00											
														-1,00										
															-1,00									
																-1,00								
																	-1,00							
																		-1,00						
																			-1,00					
																				-1,00				
																					-1,00			
																						-1,00		
																							-1,00	
																								-1,00
										1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
				1,00																				
					1,00																			
				-1,00																				

BSWWM	BSWWC	BSW100CP	BSW60CP	BSI100CP	VACHE+VEA	BOEUF	BOEUF G	A BOEUF A	BOEUF G	PIVOT	PORC	i COTR 3	i COTR 4	i COTR 1	i COTR 2	i R TR 1	i R TR 2	MAIS GR	CAP FIXE	CHI ACT	MIN ACT	AM CHI	AM MIN	MO3
499,48	484,11	1107,98	914,92	1179,37	72,39	186,90	202,09	121,57	136,76		1037,73	-1,30	-1,23	-1,15	-1,08			-8,87	-0,30	-26480	-23942	-1,00	-1,00	
											0,20													
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00																				
		200,00	120,00	200,00																				
		67,50	67,50	67,50																				
					1,37	0,80	0,80	0,80	0,80															
					0,12	0,75	0,10	0,75	0,10															
					0,20	0,40	0,40	0,40	0,40															
					0,26	0,50	0,50	0,50	0,50															
					1,50																			
					0,99																			
					0,81																			
					335,00			110,00	110,00		500,00								-1,00					
										-50,00														
				1,00																				
5,10	6,90	5,10	5,40	5,30																				
9,95	19,74	25,14	15,35	65,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	-1,00						2,22						1,20
23,42	23,42	23,42	23,42	113,37	4,00	3,48	3,48	3,48	3,48	0,00	70,00		-1,00					2,22						
42,87	42,87	42,87	42,87	42,87	9,80	4,40	4,40	4,40	4,40	0,00	20,00			-1,00		-1,00		2,22						
13,00	30,08	30,08	30,08	30,08	32,70	73,56	73,56	174,36	174,36	0,00	70,00				-1,00		-1,00	2,22						
-257,97	-266,16	-716,06	-552,03	-749,39			-319,00	-303,81			-642,96					1,00								
-320,24	-323,58	-481,26	-449,93	-651,22	-19,20	-303,81					-642,96						1,00							
																		1,00						
							3,20		3,20		32,50							-1,00						
																								1,00
-1,66	-2,16	-2,16	-2,16	-2,16																				
-1,58	-1,58	-1,58	-1,58	-1,58																				
-2,07	-2,72	-2,72	-2,72	-2,72																				
0,00	-2,75	-2,75	-2,75	-2,75																200,00				
0,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00																	200,00			
-1,00																						1,00		
	-48,20	-48,20	-48,20	-48,20																				
					-1,00	1,00	1,00																	
-44,00																							1,00	
											-0,05													
																			1,00					
-50,77	-62,68	213,23	67,35	50,36	16,98	19,74	22,15	19,74	22,15	0,00	-14,34													
636,44	620,87	489,60	514,45	280,47	-7,07	6,43	6,16	6,43	6,16	0,00	-81,53													
281,01	206,69	-60,53	-32,02	108,85	5,23	7,29	8,09	7,29	8,09	0,00	353,57													
94,62	100,62	-8,47	-8,09	-147,18	11,23	-19,04	-19,05	-19,04	-19,05	0,00	90,82													
163,72	167,32	117,34	82,86	81,74	12,36	-2,38	-1,47	-2,38	-1,47	0,00	70,00													
-61,98	-76,66	-346,17	-277,42	-246,66	-17,28	37,83	38,28	37,83	38,28	0,00	-113,98													
-255,96	-257,81	-387,44	-380,48	-376,01	-19,86	29,44	29,25	29,44	29,25	0,00	178,80													
-142,04	-141,56	-262,71	-267,45	-72,89	-17,77	-9,85	-11,82	-9,85	-11,82	0,00	-92,33													
-124,47	-140,75	-212,40	-239,90	106,25	4,88	14,46	15,59	14,46	15,59	0,00	-97,27													
360,74	361,43	395,80	362,50	189,23	-3,25	-0,94	-1,26	-0,94	-1,26	0,00	147,02													
499,49	532,72	787,79	771,96	654,29	-17,33	8,73	7,72	8,73	7,72	0,00	204,08													
32,66	63,68	167,28	186,95	141,29	-19,26	57,11	58,36	57,11	58,36	0,00	73,42													
-187,12	-203,14	-289,27	-243,76	-341,17	-4,06	3,45	3,28	3,45	3,28	0,00	45,25													
84,03	124,06	266,93	241,19	138,71	-7,46	5,26	4,90	5,26	4,90	0,00	-252,97													
-184,84	-187,31	-138,21	-178,72	-108,49	-7,52	-21,07	-22,75	-21,07	-22,75	0,00	50,46													
-96,55	-104,61	-249,00	-215,88	-20,58	6,02	-46,75	-48,58	-46,75	-48,58	0,00	126,89													
-146,91	-153,79	-207,83	-187,13	-153,03	17,52	-26,70	-26,58	-26,70	-26,58	0,00	6,63													
-85,18	-86,98	3,11	19,07	-31,05	-8,52	24,43	24,95	24,43	24,95	0,00	-271,28													
-200,11	-206,56	-402,20	-351,72	-345,21	22,79	-32,12	-31,83	-32,12	-31,83	0,00	241,36													
-214,82	-205,72	-170,26	-178,12	-114,00	9,86	-11,75	-11,52	-11,75	-11,52	0,00	-37,52													
-38,23	47,41	-130,23	-90,65	12,40	9,76	-33,41	-34,27	-33,41	-34,27	0,00	47,08													
-287,07	-289,23	-344,72	-354,62	-255,04	-3,01	-19,04	-20,25	-19,04	-20,25	0,00	-161,75													
-90,87	-99,03	152,81	158,33	13,52	1,90	8,12	8,69	8,12	8,69	0,00	-338,53													
107,91	87,71	323,35	271,76	357,31	9,96	20,71	22,57	20,71	22,57	0,00	41,42													
-93,70	-96,67	292,12	329,57	76,89	3,90	-19,94	-20,61	-19,94	-20,61	0,00	-215,30													
												1,00	1,00											
										43368,00	300,00								-1,00					

MO4	MO1	MO2	PORC MO	ENPR LT	ENPR MT	IN 1 TR	IN 2 TR	I CO 3	I CO 4	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15
			-2460,75	-0,40	-0,50	0,15	0,08	-0,30	-0,23															
				-1,00	-1,00																			
			615,19					-1,00																
1,20			615,19						-1,00															
	1,20		615,19																					
		1,20	615,19																					
						1,00																		
							1,00																	
1,00																								
	1,00																							
		1,00																						
			1,00					1,00	1,00	-1,00														
											-1,00													
												-1,00												
													-1,00											
														-1,00										
															-1,00									
																-1,00								
																	-1,00							
																		-1,00						
																			-1,00					
																				-1,00				
																					-1,00			
																						-1,00		
																							-1,00	
																								-1,00
										1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
				1,00																				
					1,00																			
				-1,00																				

E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	---		
										=	200,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										=	0,00
										<=	0,00
										>=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										>=	0,00
										>=	0,00
										>=	0,00
										>=	0,00
										>=	0,00
										>=	0,00
										<=	0,00
										>=	0,00
										>=	0,00
										<=	30000,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
										<=	0,00
-1,00										<=	0,00
	-1,00									<=	0,00
		*****								<=	0,00
			-1,00							<=	0,00
				-1,00						<=	0,00
					-1,00					<=	0,00
						-1,00				<=	0,00
							-1,00			<=	0,00
								-1,00		<=	0,00
									-1,00	<=	0,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	<=	50000
										<=	25000
										<=	200000
										<=	100000
										<=	0,00

ANNEXE F
SCHEMA DES SIGNES QUI COMPOSENT LA MATRICE DE PROGRAMMATION LINEAIRE.

F.O.	Blé	Engrais	Soja	Maïs	Rota-tions	Blé-Soja	Vache	Boeuf	Pivot	Porc	Int. Coût	Int. Rev.	Maïs Grain	Cap. Fixe	Chisel	Mini-male	Amm. Chisel	Amm. Minim.	Main d' Oeuvre	M.O. Porcins	Empr. L.T.	Empr. M.T.	Int. Rev.	Int. Coûts	Ecarts Type	RHS
SOL	+		+																							+
UREE		+		+	+	+				+																+
SUPER		+		+	+	+																				+
FOU BQ P	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
FOU BQ E	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
FOU BQ A	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
FOU BQ H	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
FOU RQ V	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
FOU RQ A	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
FOU RQ H	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
CAP FIXE																										+
ARROSE	+	o	o				+																			+
MM ERODE			+	+	+	+																				+
INT TR 3				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
INT TR 4				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
INT TR 1				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
INT TR 2				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
RINT TR 1				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RINT TR 2				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tra mais																										+
Mais uti					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M O 3			+	+	+	+	+	+																		
M O 4			+	+	+	+	+	+																		
M O 1			+	+	+	+	+	+																		
M O 2			+	+	+	+	+	+																		
ACT CHI	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
ACT MIN	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
CHI AM	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
VEAU																										+
MIN AM	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o	o	-	o
MO PORC																										+
MAX CAP																										
a1	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a2	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a3	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a4	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a5	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a6	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a7	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a8	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a9	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a10	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a11	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a12	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a13	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a14	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a15	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a16	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a17	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a18	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a19	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a20	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a21	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a22	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a23	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a24	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
a25	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o	-	+	o
ECARTS																										
CAP P 1AN																										
CAP P LT																										
CAP P MT																										
INV LT																										+

ANNEXE G
MATRICE DE PROGRAMMATION LINEAIRE UTILISEE

BIBLIOGRAPHIE

1. ASOCIACIóN ARGENTINA DE CONSORCIOS REGIONALES REGIONALES AGROPECUARIOS. (AACREA).-Serie de Precios Agropecuarios.- Buenos Aires: (AACREA), 1987. 115 p.

2. ANDERSON(J), DILLON(J), HARDAKER(B).-Agricultural decision analysis.- Ames: The IOWA State University Press, 1977. 344 p.

3. ARGENTINA. MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS. PROVINCIA DE BUENOS AIRES.-Censo Ganadero y empadronamiento agropecuario 1983. Buenos Aires : Ministerio de Asuntos Agrarios, 1984. 80 p.

4. BADOIN(R).-Économie rurale.- Paris : Librairie Armand Colin, 1971. 598 p. (Série "Sciences économiques et gestion").

5. BANCO CENTRAL DE LA REPUBLICA ARGENTINA.(BCRA).-Boletines 1980-1982.- Buenos Aires: BCRA, 1982. 56 p.

6. BARSKY(O).-Producción y tecnología en la región pampeana.- Buenos Aires : Centro editor de America Latina, 1971. 88 p. (Collección Polémica N°55).

7. BARSKY(O), MURMIS(M).-Elementos para el análisis de las transformaciones en la región pampeana.- Buenos Aires : Centro de Investigaciones Sociales sobre el Estado y la Administración (CISEA), 1986. 110 p.

8. BARSKY(O), PIÑEIRO(M).-Evolucion de la productividad y el cambio técnico en el sector agropecuario de América Latina.- Buenos Aires: Centro de Investigaciones Sociales sobre el Estado y la Administración (CISEA),1985. 106 p.

9. BAUMOL(W).-Economie theory and operations analysis.- New Jersey: Prentice Hall, inc., 1965. 606 p.

10. BENSON(V), BOGUSCH(H), WILLIAMS(J).-Evaluating alternative soil conservation and crop tillage practices with EPIC.- Temple, 1987. 9 p.Miméographié. Soil Conservation Service.

11. BIAGI(B).-Developpement of a data base of land characteristics and computerized analysis of actual and potential land degradation risks.- *in* CHISCHI(G), MORGAN(R) (Eds.).-Soil erosion in the European Community.- Rotterdam, Balkema:125-141.

12. BOUSSARD(J.M).-A french perspective on supply control and management.- présenté dans le Congres de l'Agricultural Economics Society, Manchester, U.K. 8 Avril 1988. Paris: INRA, 1988. 20 p.

13. BOUSSARD(J.M).-Dynamic Linear Models for the study of Agricultural System.- Laxenburg: Csaki & Propoi Ed., 1982. pp.:55-80

14. BOUSSARD(J.M).-Economie de l'agriculture.-Paris: Economica, 1987. 310 p.

15. BOUSSARD(J.M).- Dynamic Linear Models for the Study of Agricultural System. Laxenburg : Csaki & Propoi Ed, 1967. 156 p.

16. BOUSSARD(J.M).-Programmation Mathématique et théorie de la production agricole.- Paris: Cujas, 1970. 251 p.(Col. Recherches et structures agricoles.)

17. BOUSSARD(J.M), BOURLIAUD(J).-Possible consequence of agricultural policies for the district of Sedhiou (Central Casamance, Republique of Senegal). An application of a linear programming model.- Paris : INRA, 1974. 121 p.

18. BOUSSARD(J.M), DAUDIN(J).-La programmation linéaire dans les modèles de production.- Paris : Ed. Masson, 1988. 128 p. (Col. INRA. Actualités scientifiques et agronomiques.)

19. BOUSSARD(J.M), PETIT(M).-Representation of farmers behaviour under incertainty with a focus loss constraint.-Londres, 1967. (Journal of farm economics, 49). pp. : 869-880.

20. BRODERSOHN(M).-Política económica de corto plazo, crecimiento e inflación en Argentina. *in* Problemas económicos argentinos, diasnóstico y política. Buenos Aires : Ed. Macci, 1974. pp. : 34-58.

21. CAVALLO(D), MUNDLAK(Y).-Agricultural and economic growth fin an open economie : the case of Argentina. New York : International Food Policy Research Institute, 1982. 162 p. (Research report, 36).

22. CENTRO PARA LA PROMOCION DE LA CONSERVACION DEL SUELO Y DEL AGUA. Buenos Aires.-El deterioro del ambiente en la Argentina.- Buenos Aires : Fundación para la Educación la Ciencia y la Cultura, 1986.

23. CHALMIN(Ph), et alii.-Les Marches Mondiaux en 1986/87. Rapport Cyclope.- Paris : Economica, 1988. 454 p. (Collection : Bibliothèque des matières premières.)

24. CHISCHI(G).-Time-lapse landscape computerized analysis and socio-economic dynamics : a tool for trend assesment and planning.- Presenté dans le colloque "Some economic criteria for the evaluation of future land and water use". Bruxelles : mimeographié,1989. 16 p.

25. CIRIO(F).-Situación del sector agrario pampeano ante la actual crisis del mercado mundial.- Buenos Aires : Centro de Investigaciones Sociales sobre el Estado y la Administración (CISEA), 1986. 79 p.

26. CIRIO(F), SOLA(F).-Distribución del ingreso agrícola y modificaciones del mismo frente a cambios de política.- Buenos Aires : Centro de Investigaciones Sociales sobre el Estado y la Administración (CISEA), 1986. 110 p.

27. COMITÉ INTERAMERICANO DE DESARROLLO AGRICOLA.(CIDA).-Tenencia de la tierra y desarrollo socio-económico del sector agrícola. Argentina.- Washington : Ed. Unión Panamericana, 1965. 168 p.

28. CORDONNIER,P.-Programmation linéaire. Applications à la modélisation de la décision dans l'entreprise agricole.- Paris, 1975. 50 p. (Techniques Agricoles, 760).

29. COSCIA(A).-Desarrollo Maicero Argentino.(Cien años de maiz en la Pampa). Buenos Aires : Ed. Hemisferio Sur, 1980. 120 p.

30. CUCCIA(L).-La política agropecuaria y la economía argentina. Manuscrite. Santiago de Chile : CEPAL-PNUD-UN,1983.

31. DASMANN(R).-Environmental conservation.- Los Angeles : Wiley, 1972. 3e éd. 473 p.

32. DEYBE(D).-Programación de empresas agropecuarias del partido de Saladillo bajo condiciones de riesgo.- Informe final Beca CONICET. Balcarce : Mimieographie, 1986. 46 p.

33. DEYBE(D).-Análisis económico de la incorporación de riego en el área maicera típica. Estudio de factibilidad técnica, económica y financiera del riego complementario en el área maicera típica.- Buenos Aires : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura(IICA), 1987. 73 p. (Convenio de Cooperación SAGyP-IICA-PNUD-BIRF).

34. DEYBE(D), FLICHMAN(G).-Agriculture policies, technical choice, supply estimates.- Présenté dans le Congres international d'Économie Rurale à Buenos Aires. Montpellier : Institut Agronomique Méditerranéen, 1988. 11 p.

35. DEYBE(D), RAZQUIN(A).-Programación de empresas agropecuarias bajo condiciones de riesgo. Aplicación practica del método MOTAD (Minimization of total absolute deviation).- Presenté dans la XVI Réunion Annuelle d'Economie Rurale Argentine à Bahía Blanca. Balcarce: Instituto Nacional de Teecnología Agropecuaria, 1985. 20 p.

36. DIAZ ALEJANDRO(C.F).-Ensayos sobre la historia económica argentina.- Buenos Aires: Amorrortu Ed., 1975. 455 p.

37. DORFMAN(R), SAMUELSON(P), SOLOW(R).-Linear programming and economic analysis. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc, 1958. 352 p.

38. ESCUDE(C).-1942-1949, Gran Bretaña, Estados Unidos y la declinación argentina.- Buenos Aires: Ed. de Belgrano, 1983. 348 p.

39. FIORENTINO(R).-La política agraria para la region pampeana en las últimas décadas.- Buenos Aires: Centro de Investigaciones Sociales sobre el Estado y la Administración (CISEA), 1984. 89 p. (Documento N°5, Versión Preliminar).

40. FLICHMAN(G).-Notas sobre el desarrollo agropecuario en la región pampeana argentina. (o porque Pergamino no es Iowa).- Buenos Aires : Estudios CEDES, 1978. pp. : 1-51 (Vol. 1, 4/5).

41. FLICHMAN(G).-La renta del suelo y el desarrollo agrario argentino.- Buenos Aires : Siglo XXI editores, 1986. 242 p.

42. FLICHMAN(G), DEYBE(D).-Alternativas tecnológicas y política agropecuaria. La producción de granos en la región pampeana.- Buenos Aires : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1987. 66 p. (Convenio de Cooperación SAGyP-IICA-PNUD-BIRF).

43. FRANK(R).-Costos y administración de la maquinaria agrícola.- Buenos Aires : Hemisferio Sur, 1977. 385 p.

44. FREUND(R.J).-The introduction of risk into a programming model.- New York : Econometrica, 21, 1956. pp. : 253-263.

45. GALLACHER(G).-Aspectos económicos de la conservación del suelo.- Buenos Aires : Centro de Investigaciones sobre Política Agropecuaria, 1988. 34 p.(Documento de Trabajo de Investigación Número 10).

46. GIBERTI(H).-El desarrollo agrario argentino.- Buenos Aires : Eudeba, 1964. 96 p.

47. GIBERTI(H).-Evolución y perspectivas del sector agropecuario argentino.- extrait de : La economía agraria argentina : consideraciones sobre su evolución y su situación actual. Buenos Aires : Asociación argentina de economía agraria, 1988. 420 p. pp.1-115.

48. HAZELL(P.B.R).- A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty.- New York : American Journal of Agricultural Economics 53, 1971. pp:53,62.

49. HAZELL(P.B.R), NORTON(R. 1986. Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture. New York : Mac Millan Publishing Company, 1986. 400 p.

50. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS. (INDEC).-Censo nacional de población y vivienda.- Buenos Aires : INDEC, 1982. 342 p.

51. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. (INTA).-Centros Regionales Buenos Aires Norte, Córdoba, Entre Rios y Santa Fé. Proyecto de Agricultura Permanente (sintesis). Buenos Aires : INTA, 1986. 80 p.

52. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. (INTA).- Carta de suelos de la Republica Argentina HOJA 3360 – 32 (PERGAMINO).- Buenos Aires : INTA, 1972. 140 p.

53. INTERNATIONAL MONETARY FUND. (IMF).-International financial statistics. Vol XLI N. 5. Washington : International Monetary Fund, 1988. 30 p.

54. INTERNATIONAL MONETARY FUND.-World grain situation and outlook. Washington: IMF, May 1988. 40 p.

55. JONES(C), KINIRY(J).-Ceres-Maize.- College Station : Texas A&M Uni. Press, 1986. 254 p.

56. KIRBY(M), MORGAN(R).-Erosión de suelos.- Buenos Aires : Limusa, 1980. 320 p.

57. KUHN(H), TUCKER(A).-Nonlinear programming.- extrait de : Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. Berkeley : J. Neyman Ed. University of California Press, 1951. pp. : 481-91.

58. MALLON(R), SOUROUILLE(J).-La política económica en una sociedad conflictiva. El caso Argentino.- Buenos Aires : Ed. Amorrortu, 1973. 240 p.

59. MARKOWITZ(H) 1952.-Portfolio selection.- Chicago : Journal of finance, 7, 1952. pp. : 82,92.

60. MARTINEZ DE HOZ(J).-La agricultura y la ganadería argentina en al período 1930-1960.- Buenos Aires : Ed. Sudamericana, 1967. 360 p.

61. MARX(K).-El capital.- Mexico : FCE, 1959. 800 p.

62. MICHELENA(R) et al.-Degradación de los suelos del sector norte de la Pampa Ondulada.- Buenos Aires : INTA, CIRN, Departamento Edafología, 1985. 68 p.

63. MIELKE(M).-Argentine agricultural policies in the grain and oilseed sectors.- New York : United States Department of agriculture, 1984. 26 p. (Foreign agricultural economic report number 206).

64. MILWARD(A).-La segunda guerra mundial, 1939-1945.- Barcelona : Ed. Crítica, 1986. 68 p.

65. NOCETTI(S).-El proceso de mecanización agrícola en la Argentina. Sus principales etapas.- Buenos Aires : INTA,1983. 89 p.

66. NOVICK(S) 1986.- I.A.P.I. : Auge y decadencia.- Buenos Aires : Centro Editor de América Latina, 1986. 124 p. (Biblioteca política Argentina N°136).

67. OBSCHATKO(E).-La transformación económica y tecnológica de la agricultura pampeana. 1950/1984.- Buenos Aires: Ed. Peri Peña, 1988. 192 p.

68. OBSCHATKO(E).-Proyecciones de producción y exportacion de granos. 1990-1995.- Buenos Aires : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Oficina en la Argentina, 1988. 20 p.(Proyecto de cooperación para la modernización del sector agropecuario. Documento N° 1).

69. OBSCHATKO(E)1988.-Aptitud de suelos en la región pampeana y potencial de producción de granos.- Buenos Aires : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Oficina en la Argentina, 1988. 18 p. (Proyecto de cooperación para la modernización del sector agropecuario. Documento N° 2).

70. OBSCHATKO(E), DEL BELLO(J).- Tendencias productivas y estrategia tecnológica para la agricultura pampeana.- Buenos Aires : Centro de Investigaciones Sociales sobre el Estado y la Administración (CISEA), 1986. 117 p.

71. ONSTAD(C), FOSTER(G).-Erosion modeling on a watershed.- New York : Trans. ASAE 18(2), 1975. pp. : 288-292

72. PICHON-RIVIERE(J).-L'avenir de l'Argentine.- *in* Paris : Bulletin S.E.D.E.I.S., Futuribles, 883, 1964. 30 p.

73. PIñEIRO(M);GUTIERREZ(M), JACOBS(E).-Reflexiones para la política tecnológica agropecuaria.- Buenos Aires : Centro de Investigaciones Sociales sobre el Estado y la Administración (CISEA), 1984. 30 p. (Proyecto organizacion de la investigación agropecuaria. Doc., 3).

74. PUCCIARELLI(A).-Las clases sociales del capitalismo agrario dependiente. Argentina. 1880-1930.- Buenos Aires : Miméografié, 1985. 80 p.

75. PUTMAN(J), DYKE(P).-The erosion-productivity impact calculator as formulated for the resource conservation act appraisal.- New York : United States Department of Agriculture. Natural resource economics division, 1987. 40 p.

76. RAMADE(F).- Écologie des ressources naturelles.- Paris : Mason, 1981. 322 p.

77. RAS(N).- Una interpretación sobre el desarrollo agropecuario de la Argentina.- Buenos Aires : Ed. Hemisferio Sur, 1977. 300 p.

78. RECA(L).-Argentina : Country case study of Agricultural Prices and Subsidies.- Washigton : World Bank, 1980. 72 p. (World Bank Staff Working Paper N. 386).

79. REGUNAGA(M).-La competitividad de la producción de granos argentina en el mercado internacional. Evolución y perspectivas.- Buenos Aires : Junta Nacional de Granos, mimeografié, 1988. 52 p.

80. RICARDO(D).-Principes de l'économie politique et de l'impôt.- Paris : Ed. Calmann-Levi, 1970. 368 p.

81. SCOBIE(J).-Revolución en las Pampas. Historia social del trigo argentino 1860-1910.- Buenos Aires : Ed. Solar/Hachette, 1965. 256 p.

82. SOBRAL(T).-Experience with economic indexes for land evaluation : the Alentejo Case Study.- extrait de : Agriculture. Socio-economic factors in land evaluation. Proceedings of a conference held in Brussels 7 to 9 October 1987. Bruxelles : Comission of the European Communities, 1988. pp.22-35.

83. TIREL(J).-La localisation des productions : une décision politique?.- Paris : INRA, miméografié, 1988. 15 p.

84. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOLI CONSERVATION SYSTEM.-Soil taxonomie : a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.- Washington : UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOLI CONSERVATION SYSTEM AH-436, 1975. 580 p.

85. VAN DE VEN(G).- Modelling the nitrogen cycle of intensively managed grasslands to estimate nitrogen losses.-
presenté dans le colloque "Some economic criteria for the evaluation of future land and water use", Bruxelles. Bruxelles : mimeographié, 1989. 5 p.

86. VAN DIEPEN(C), RAPPOLDT(C), WOLF(J), VAN KEULEN,H).- CWFS crop growth simulation model WOFOST documentation (Version 4.1).- Wageningen : CWFS, 1987. 130 p.

87. VAN KEULEN(H), VAN DER VEN(G).-Application of interactive multiple goal linear programing techniques for analysis and planning of regional agricultural development : a case study for the Mariut region (Egypt).- *in* Agriculture. Socio-economic factors in land evaluation. Proceedings of a conference held in Brussels 7 to 9 October 1987. Bruxelles : Comission of the European Communities, 1988. pp.36-56.

88. VAN KEULEN(H), WOLF(J).-Modelling of agricultural production : wheather, soils and crops.- Wageningen : Simmulation Monographs, 1986. 479 p.

89. WILLIAMS(J.R).-Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor.- Washington : USDA. ARS-S-40, 1975. 80 p.

90. WILLIAMS(J.R), JONES(C.A), DYKE(P.T).-EPIC, the Erosion Productivity Impact Calculator.- (Draft). Temple : USDA, Agricultural Research Service, Economics Research Service and Soil Conservation Service, 1987. 148 p.

91. WISCHMEIER(W.H), SMITH(D.D).-Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning.- Washington : USDA Agric., 1978. 58 p. (Handbook N. 537).

92. WOHLETZ(L), DOLDER(E).-Know California's Land, Sacramento : California Department of Natural Ressources, 1952. 300p.

Index

A
amortissement 40, 42, 51, 53
avicole 45

B
biens d'équipement 19, 20, 21, 23, 33, 34, 37, 40, 42, 49, 50, 51, 52, 53
blé 21, 22, 33, 45, 48, 51, 55, 58, 59
blé-soja 16, 22, 47, 48, 55, 57
bovin 14, 17, 18, 19, 20, 45, 48, 51, 52, 56

C
capital 19, 20, 25, 42, 53, 54, 56, 57, 58, 61
capital d'opération 53
capital fixe 40
capital opérationnel 40
Chisel 51
chisel 56
climat 11, 13, 21, 25, 33, 34, 36, 37, 47
climatique 35
climatiques 34
colonne 28, 38
colonnes 26
conservation du sol 20, 47, 56
consommations intermédiaires 20, 50
contrainte 25, 26, 27, 28, 32, 42, 45, 53, 56, 61
cours mondiaux 20, 39, 59
coût 15, 21, 26
coût d'opportunité 40, 53
coût marginal 29
coûts d'opération 42, 53
coûts de production 26, 40, 48, 53, 57
coûts operationnels 53

D
défertilisation 21, 22
dégradation 47
dégradation de sol 15, 18, 19, 23, 50
dégradation des sol 9
développement 11, 15, 17

E
économie 19, 25, 40, 45
élevage 13, 14, 17, 19, 22, 28, 45, 48, 51, 52, 53, 56
emprunt 40, 42, 53, 61
engrais 21, 33, 50, 55, 57
érosion 9, 10, 11, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 33, 34, 36, 37, 47, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 61, 62
érosion hydrique 47
exode 20
exploitation 10, 11, 15, 17, 19, 20, 21, 25, 26, 28, 29, 31, 40, 42, 45, 48, 51, 56, 57
exportation 14, 15, 17, 18, 19, 20, 39, 61

F
faire-valoir 23
faire valoir direct 16
faire-valoir direct 23
faire valoir indirect 16
faire-valoir indirect 23
fertilité 16, 18, 19, 21
fonction d'utilité 30
fonction objectif 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 38, 39, 41, 42

G
grandes cultures 13, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 47, 48, 50, 56

I

importation 19, 20
industrialisation 17, 19

L

ligne 26, 28, 31, 38, 42, 53, 62
lignes 26
liquidité 42, 55, 56, 57

M

main d'oeuvre 18, 19
main-d'oeuvre 19, 20, 48, 49, 53
maïs 21, 22, 33, 38, 45, 48, 51, 55, 56, 57, 58, 62
marchés mondiaux 40
matrice 11, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 38, 42, 45, 52, 53, 54, 61
matrice d'écarts types 31
maximalisation 26, 40, 58
maximisation 25
maximum d'écarts-types 54
minimale 51
modèles de croissance de plantes 11
modélisation 28, 45
modifications de prix 54

O

optimiser 26

P

pampéen 40
pampéenne 10, 13, 14, 15, 16, 17, 19
pâturage 18, 47, 56
pâturages 47
perte admissible 30
perte de structure 22
politique 10, 17, 19, 20, 23, 25, 30, 39, 45, 51, 56, 59, 62
porcin 45, 48, 52, 55, 56, 57, 58
prix 10, 14, 20, 21, 23, 25, 28, 29, 38, 39, 48, 49, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 61
production agricole 19, 21, 25, 58
programmation linéaire 10, 11, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 38, 41, 42, 45, 51, 53, 61
programmation quadratique 30
propriétaire 15, 18, 19, 20, 23, 49, 52

R

région pampéenne 40, 45
rendement 22
rentabilité 17, 19, 20, 23, 48, 54
rente 15, 26, 40
ressource 26
revenu minimal 30
revenus 11
RHS 26
risque 11, 25, 29, 30, 31, 32, 37, 40, 41, 42, 48, 49, 55, 56, 58, 59, 61, 62
rotation 16, 19, 34, 38, 47, 52, 56, 58

S

salaire 53
scenarii 10, 54
simulation 10, 55
simulation de croissance de plantes 33
soja 21, 22, 45, 48, 51, 55
sorgho 21, 22
sous-région *Maicera Típica* 45
système d'exploitation 41, 55
système de culture 20, 23
systèmes de production 16
systèmes productif 16

T

taux d'intérêt 10, 19, 23, 25, 50, 54, 55, 57, 58, 61
tournesol 21
transferts des écarts types 53

LISTE DE TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 2.1 Participation régionale à la production agricole 14
Tableau 2.2 Exportations Agricoles. 1982/84 15
Tableau 2.3 Exploitations agricoles par catégories. Province de Buenos Aires 16
Tableau 3.1 Tableau de Programmation linéaire 27
Tableau 3.2 Tableau de programmation linéaire avec l'introduction du risque selon la méthode développée par Hazell 32
Tableau 3.3 Tableau de programmation linéaire selon la méthode de Hazell avec la modification de l'introduction du risque 41
Tableau 4.1 Nombre d'exploitations et superficie par catégorie dans la région *Maicera típica*, 1983 49
Tableau 4.2 Population de la région *Maicera típica*, urbaine et rurale 50
Tableau 4.3 Produit National Brut de la région et du pays 50

Figure 1.1 L'érosion dans le monde 9
Figure 2.1 L'Argentine: les différentes régions 13
Figure 3.1 Relations entre les différents modules d'EPIC 34
Figure 3.2 Schéma de la démarche faite avec les données obtenus avec le logiciel EPIC 43
Figure 4.1 Localisation de la zone *Maicera típica* dans le nord de la région pampéenne 46

DEYBE D.
– Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine 37000

NOM DU LECTEUR	SORTI LE :
[illegible]	6/5/94

CIHEAM

Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier

★

Série "Thèses et Masters"

Numéros parus

- **Fernandez Canadas (Priscilla)**, 1987.- *Les importations de céréales pour l'alimentation animale en Espagne : l'impact de l'entrée dans la CEE.*- 135 p.
- **Koutsou (Stavriani)**, *1988.- Impact de l'émigration sur les sytèmes agraires et le marché foncier (Etude comparative de deux villages de la Thrace du Nord-Est de la Grèce).*- 102 p. + ann.
- **Bokias (Efthimios)**, *1988.- Le marché des oléagineux en Grèce : enjeux et perspectives.*- 89 p. + ann.
- **Brum (Argemiro Luis)**, *1988.- L'évolution et les tendances du marché du soja. Le rôle de la CEE.*- 189 p. + ann.
- **Deybe (Daniel)**, *1989.- Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine : Une méthodologie pour leur analyse.- 95 p.*

★

Ces numéros peuvent être commandés au :

Bureau des Publications
CIHEAM / IAM
3191, route de Mende
34060 Montpellier Cédex 1 (France)
Tél. : 67 63 28 80

Prix : 75 FF (le numéro)