



National Library
of Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Canadian Theses Service

Service des thèses canadiennes

Ottawa, Canada
K1A 0N4

NOTICE

The quality of this microform is heavily dependent upon the quality of the original thesis submitted for microfilming. Every effort has been made to ensure the highest quality of reproduction possible.

If pages are missing, contact the university which granted the degree.

Some pages may have indistinct print especially if the original pages were typed with a poor typewriter ribbon or if the university sent us an inferior photocopy.

Reproduction in full or in part of this microform is governed by the Canadian Copyright Act, R.S.C. 1970, c. C-30, and subsequent amendments.

AVIS

La qualité de cette microforme dépend grandement de la qualité de la thèse soumise au microfilmage. Nous avons tout fait pour assurer une qualité supérieure de reproduction.

S'il manque des pages, veuillez communiquer avec l'université qui a conféré le grade.

La qualité d'impression de certaines pages peut laisser à désirer, surtout si les pages originales ont été dactylographiées à l'aide d'un ruban usé ou si l'université nous a fait parvenir une photocopie de qualité inférieure.

La reproduction, même partielle, de cette microforme est soumise à la Loi canadienne sur le droit d'auteur, SRC 1970, c. C-30, et ses amendements subséquents.

Dynamique de l'organisation écologique d'un paysage
rural du comté de Dundas.

JOANNE F. SÉGUIN

Thèse
présentée à l'université d'Ottawa
qui remplit les conditions requises
pour être reçu au niveau de la
Maîtrise
en
Géographie





National Library
of Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Canadian Theses Service Service des thèses canadiennes

Ottawa, Canada
K1A 0N4

The author has granted an irrevocable non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of his/her thesis by any means and in any form or format, making this thesis available to interested persons.

The author retains ownership of the copyright in his/her thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without his/her permission.

L'auteur a accordé une licence irrévocable et non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de sa thèse de quelque manière et sous quelque forme que ce soit pour mettre des exemplaires de cette thèse à la disposition des personnes intéressées.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège sa thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

ISBN 0-315-60069-1



UNIVERSITÉ D'OTTAWA
UNIVERSITY OF OTTAWA

DEDICACE

Je dédie cette thèse à mes parents,
Thérèse et Marcel; leur appui et leur
encouragement m'aidèrent à
compléter avec succès ce projet

REMERCIEMENTS

Je désire remercier mon superviseur Dr. M. Phipps; car son aide, ses conseils et sa patience ont été constants tout au long de cette thèse.

Je voudrais également offrir mes remerciements:

Au Ministère de l'Alimentation et de l'Agriculture, Centre Agricolaire de Guelph, qui m'a fourni les cartes nécessaires.

Aux employés de Énergie, Mines et Ressources Canada, Département des relevés et cartographies, qui m'ont fourni les photographies aériennes.

Aux employés de la cartotheque qui étaient toujours prêts à m'aider.

Aux étudiants du département qui ont aidé à faire de ce projet une expérience mémorable.

TABLE DES MATIERES

I

Introduction..... p.15

II

Fondements théoriques

2.1 Les ressources en sol agricole au Canada..... p.17

2.2 Fondement théorique de la thèse: l'écologie du paysage p.19

2.3 Études déjà existantes p.21

2.4 Objectif de la thèse p.24

III

3.1 Aire d'étude..... p.25

3.2 Géologie p.28

3.3 Climat p.28

3.4 Relief p.29

3.5 Sols p.29

3.5.1 Sols développés sur le till p.31

3.5.2 Sols développés sur du matériel deltaïque..... p.32

3.5.3 Sols développés sur du matériel lacustre p.32

3.6 Drainage p.33

IV

4.1 Données expérimentales p.34

4.2 Traitement des données p.36

4.3 La procédure "PEGASE" p.43

V

Résultat généraux

Analyse des trois périodes

5.1 Analyse de 1958 p.48

5.2 Analyse de 1965 p.55

5.3 Analyse de 1978 p.60

5.4 Synoptique des trois périodes p.64

5.5 La structure spatiale..... p.66

5.6 Spécificité des niches paysagiques p.72

VI

Discussion

6.1 Évolution de l'organisation écologique:La perspective géographique p.75

6.2 Modèle théorique de McCuzig et Manning p.78

VII

Conclusion p.82

Références p.84

TABLEAUX.

Tab.1 -Taux d'urbanisation des divers types de terres rurales par zones urbaines, pour l'Ontario et le Canada entre 1966 et 1971.

Tab.1.1 -Taux d'urbanisation des terres rurales selon leur potentiel agricole par zones urbaines, pour l'Ontario et le Canada entre 1966 et 1971.

Tab.2 -Liste des systèmes d'utilisation du sol.

Tab.3 -Descripteurs utilisés dans l'analyse du milieu physique.

Tab.4 -Ensemble des entropies et des néguentropies pour les trois périodes.

Tab.4.1 -Décroissance de l'entropie pour 1958.

Tab.4.2 -Fréquence (F(J)) et spécificité environnementale (T(E/J)) pour 1958.

Tab.4.3 -Matrice des fréquences des SUS dans différentes unités de paysage pour 1958.

Tab.4.4 -Contribution des caractéristiques à la négentropie pour 1958.

Tab.5.1 -Décroissance de l'entropie pour 1965.

Tab.5.2 -Fréquence (F(J)) et spécificité environnementale (T(E/J)) pour 1965.

Tab.5.3 -Matrice des fréquences des SUS dans différentes unités de paysage pour 1965.

Tab.5.4 -Contribution des caractéristiques à la négentropie pour 1965.

Tab.6.1 -Décroissance de l'entropie pour 1978.

Tab.6.2 -Fréquence (F(J)) et spécificité environnementale (T(E/J)) pour 1978.

Tab.6.3 -Matrice des fréquences des SUS dans différentes unités de paysage pour 1978.

Tab.6.4 -Contribution des caractéristiques à la néguentropie pour 1978.

Tab.7 -Fréquence en pourcentage des SUS au premier palier pour les trois périodes.

FIGURES.

Fig.1 -Terres à l'intérieur d'un rayon de 100 milles/161 kilomètres dans les régions métropolitaines de recensement.

Fig.2 -Carte montrant la zone d'étude; études déjà existantes et étude en cours.

Fig.3 -Plan 1-2 de l'analyse factorielle pour 1958.

Fig.4 -Spécificité des systèmes d'utilisation du sol.

Fig.5 -Plan 1-4 de l'analyse factorielle pour 1965.

Fig.6 -Plan 1-2 de l'analyse factorielle pour 1978.

Fig.7 -Graphique relatif des nombres.

Fig.8 -Poids des facteurs écologiques.

Fig.9 -Dendrogramme issu de la procédure "PEGASE" représentant les divisions successives des points-échantillons jusqu'à la formation des unités paysagiques pour 1958.

Fig.10 -Dendrogramme issu de la procédure "PEGASE" représentant les divisions successives des points-échantillons jusqu'à la formation des unités paysagiques pour 1965.

Fig.11 -Dendrogramme issu de la procédure "PEGASE" représentant les divisions successives des points-échantillons jusqu'à la formation des unités paysagiques pour 1978.

Fig.12 -Évolution de l'occupation du sol: Fréquence des différents systèmes d'utilisation du

sol.

Fig.13 -D'après la dynamique de l'organisation écologique d'un paysage rural: effet désorganisateur d'un stimulus allogène (Pression urbaine).

Fig.14 -Dynamique de la frontière intérieure.

RESUME

Les centres urbains exercent une influence considérable sur l'utilisation des ressources environnantes. La distance de la ville constitue une variable importante dans le changement de l'utilisation du sol affectant les zones rurales. Avant de pouvoir attribuer ces changements à l'effet de la pression urbaine, il convient de voir ce qui se passe en terme de changement dans une zone qui est plus éloignée de la ville.

Le but de la thèse est donc de déterminer si le modèle dynamique de l'organisation écologique à distance reflète les mêmes tendances ou des tendances différentes que celles qui ont agi à proximité de la ville. Pour se faire, des études déjà existantes, de Phipps, Baudry et Burel mesurant l'organisation écologique d'un paysage rural dans deux segments soumis à une pression d'urbanisation faible (entre 1 Km et 10 Km de la ville) et forte (moins de 1 Km de la ville) seront utilisées. De plus, le modèle théorique de McCuaig et Manning sera utilisé pour localiser notre étude dans un contexte tenant compte de l'effet de la distance de la ville sur le paysage rural.

La question est donc posée sous l'angle du paysage, de son organisation mesurée dans le temps et sous l'effet variable de la pression urbaine. Avec les résultats de cette étude, nous devrions être capables de compléter le tableau de l'étude de la dynamique de l'organisation écologique du paysage en fonction de la distance à la ville. L'objectif de la thèse consistera donc à analyser ces changements dans les comtés de Dundas et Stormont. Il s'agit d'abord de mesurer l'organisation écologique du paysage aux trois périodes et ensuite de faire un portrait global de cette dynamique en incluant celle des deux segments des études existantes.

L'organisation écologique d'un paysage rural de l'Ontario a été mesurée à trois périodes (1958, 1965 et 1978) dans un segment UR0 (plus de 10 Km des centres urbains). Dans ce segment (UR0) on constate: 1) une diminution de l'organisation pré-existante suivie de 2) l'émergence d'un nouveau mode d'organisation. Le phénomène d'intensification de l'utilisation du sol s'est produit avec une vague de retard qui est relié en partie à la distance de la ville et en partie aux politiques de planification établies vers la fin des années 1960. La distance de la ville affecte la rapidité et l'intensité du phénomène. Près de la ville les répercussions sont immédiates tandis que loin de la ville elles se font sentir plus tard.

ABSTRACT

The cities exert a considerable influence on the use of the surrounding resources. The distance to the urban center constitutes an important variable in the changing of land use in rural areas. Before attributing those changes to the urban pressure effect, it is important to consider what happens in term of change in an area which is located further from the city.

The goal of this thesis is to establish if the dynamic model of ecological organization at a distance reflect the same influence or different influences than the ones which acted upon the areas in the vicinity of the city. In order to accomplish this, existing studies of Phipps, Baudry and Burel measuring the ecological organization of a rural landscape in two segments submitted to a low urban pressure (between 1 Km and 10 Km from the city) and high urban pressure (less than 1 Km to the city) will be used. Further more, the theoretical model of McCuaig and Manning will be used to localize our study in a context which consider the effect of the distance of the city on the rural landscape.

The problem is seen from a landscape point of view, from the organization measured in time and from the variable effect of the urban pressure. With the results of this study, we should be able to complete the picture of the study of the dynamic of the ecological organization of a landscape in view of the distance to the urban center. The purpose of this thesis will be to analyze the changes in the Dundas and Stormont counties. Also, it is first to measure the ecological organization of the rural landscape at three periods and second to complete the global picture of the dynamic including the ones from the two segments of the existing studies.

The ecological organization has been measured in a rural landscape of Ontario at three periods (1958, 1965, 1978) in one segment, UR0 (more than 10 Km of the urban centers). In this segment (UR0), we found evidence of 1) a diminution of the existant organization followed by 2) the emergence of a new organization. The intensification phenomena of the land use was produce at a later time which is related in part to the distance from the city and in part to the planification policies established at the end of the 1960's.

INTRODUCTION

La thèse consiste à analyser la dynamique d'un paysage rural de l'Ontario à trois périodes différentes: 1958, 1965 et 1978. C'est une zone assez éloignée de toute ville et par conséquent soumise à une influence urbaine atténuée. La dynamique du paysage sera vue surtout sous l'angle du changement dans l'organisation écologique qui est définie comme l'agencement spatial des différents modes d'utilisation du sol en fonction des variations du milieu écologique. La distribution des systèmes d'utilisation du sol est, en partie, corrélée avec la disponibilité des ressources dans l'écosystème et plus particulièrement avec les caractéristiques des sols (Dumanski *et al*, 1987). L'organisation écologique reflète donc les rapports d'adéquation entre les systèmes d'utilisation du sol et les ressources. Par exemple, les terres de bonne qualité pour l'agriculture, sans contraintes majeures, tendront à supporter des systèmes d'utilisation intensifs et extensifs tandis que les terres de moindre qualité supporteront plutôt des systèmes uniquement extensifs. L'ajustement reflète donc le poids des facteurs écologiques différents qui influencent les systèmes d'utilisation du sol. Cependant cet ajustement n'est pas absolu car il varie dans le temps et dans l'espace. Il doit donc être mesuré et il peut effectivement l'être. Par exemple, une contrainte comme le drainage a pu jouer un rôle majeur à une époque ancienne, mais grâce à une amélioration, elle a été réduite, permettant d'augmenter la capacité des terres humides pour l'agriculture. Le rapport entre les systèmes d'utilisation du sol et la qualité des terres est un facteur majeur dans le choix des cultures fait par l'agriculteur. Le sol est l'une des ressources qui influence directement et qui a un impact continu sur les systèmes d'utilisation agricoles du sol (Vink,

1975; Phipps, Dumanski & Huffman, 1987; Phipps *et al*, 1983).

La distance de la ville constitue aussi une variable importante dans le choix des systèmes d'utilisation du sol (Found, 1972). Les centres urbains exercent une influence considérable sur l'utilisation des ressources environnantes (Russwurm, 1977). C'est par le prélèvement de l'espace nécessaire à leurs expansion que les régions urbaines exercent la pression la plus directe sur les terres (Rapport du groupe de travail interministériel sur la politique de l'utilisation des terres, 1980). La qualité des terres, près des villes, pourra donc avoir un effet différent de celui qu'elle a dans une zone plus éloignée (Russwurm, 1977). C'est pourquoi, dans cette thèse, nous voulons savoir ce qui se passe au niveau de l'organisation du paysage dans une zone qui est faiblement influencée par l'urbanisation. Une comparaison pourra être faite avec les études déjà existantes (Phipps *et al*, 1986 a et b) qui ont été faites dans la zone périurbaine au Sud d'Ottawa. Ensuite en ancrant le problème de l'organisation écologique dans le modèle théorique décrit par McCuaig et Manning (1982), on peut supposer que les changements de la dynamique sont affectés par la distance de la ville. Le but de la thèse est donc de déterminer si le modèle dynamique de l'organisation écologique à distance reflète les mêmes tendances ou des tendances différentes que celles qui ont agi à proximité de la ville.

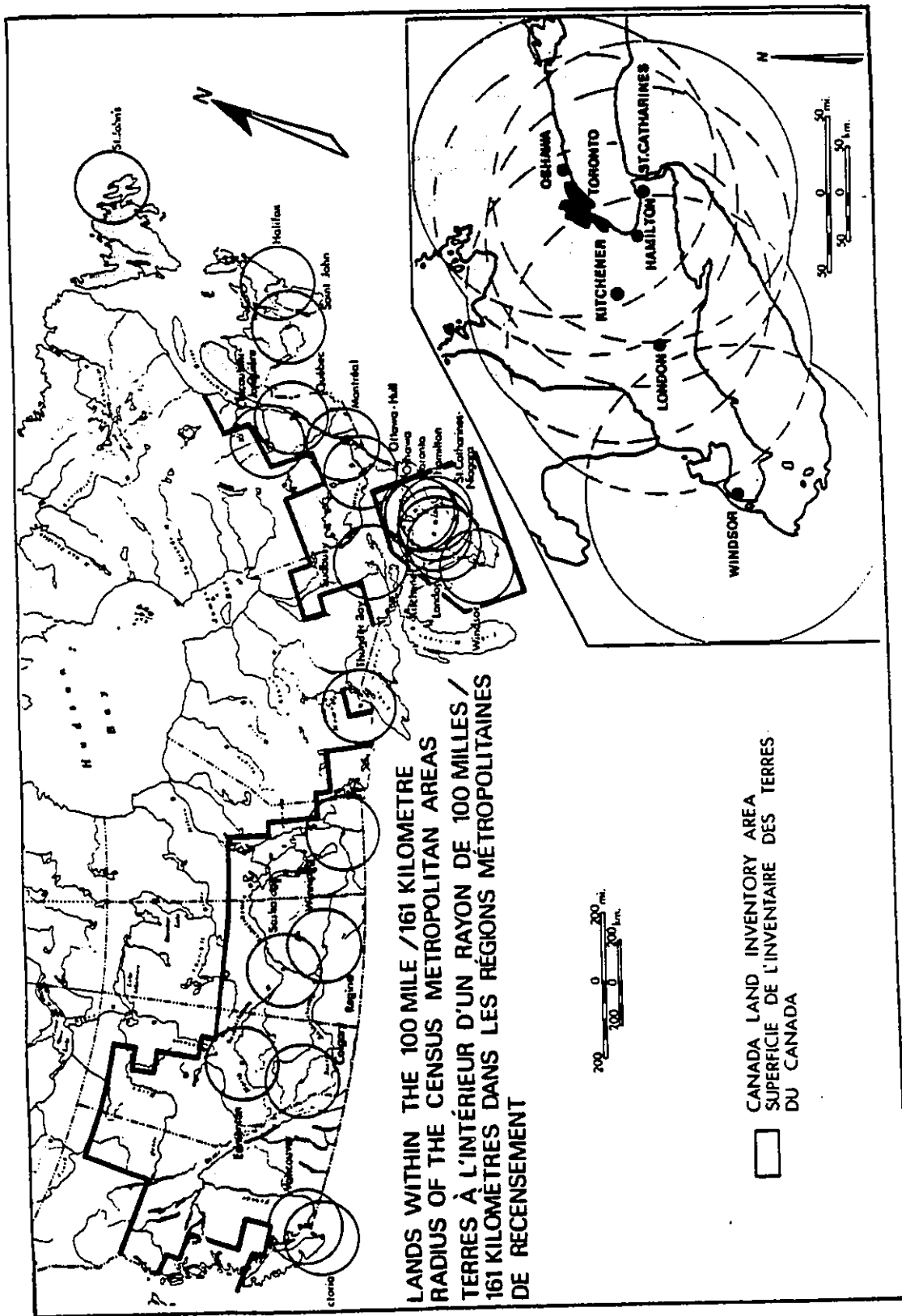
FONDEMENTS THEORIQUES

2.1 Les ressources en sol agricole au Canada

La base de ressources en terres agricoles est une des plus importantes de nos ressources naturelles. Bien que les terres du Canada aient une superficie de 9,2 millions de Km², les conditions climatiques, topographiques, pédologiques et hydriques réduisent considérablement l'étendue du territoire utilisable. (Rapport du groupe de travail interministériel sur la politique de l'utilisation des terres, janvier 1980). Les bonnes terres agricoles ne sont pas réparties uniformément (sud de l'Ont., vallée d'Annapolis, vallée des zones montagneuses de C-B., prairies de l'ouest). En outre, environ 87% des terres agricoles exceptionnelles du Canada (ITC, classe 1) sont situées dans un rayon de 160 Km du centre de 23 principales villes du Canada (Neimanis, 1979; Russwurm, 1977), (Figure 1).

L'accroissement urbain apparaît donc comme étant un des facteurs majeurs (positif ou négatif) dans le changement de l'utilisation affectant les zones rurales (Bryant *et al*, 1982). Son influence s'étend au delà des zones qui ont été actuellement converties pour l'utilisation urbaine (Coleman, 1978; Gierman, 1979). En conséquence, les frontières économiques de chaque type d'utilisation du sol sont dynamiques. Les terres de la périphérie urbaine deviennent plus susceptibles à un changement lorsque la capacité des citadins à acheter des terres dépasse la capacité des exploitants agricoles à tirer profit de leurs terres (McCuaig &

FIGURE 1



Manning, 1982). Le conflit inhérent à l'utilisation des terres à fort potentiel agricole à des fins agricoles en opposition à d'autres utilisations soulève la question fondamentale de l'approvisionnement alimentaire à même les ressources en sol et la conservation des terres (Neimanis, 1979; McCuaig & Manning, 1982). L'escalade de la concurrence entre les divers modes d'utilisation n'aboutit pas toujours aux meilleurs intérêts sociaux et environnementaux à long terme (Coleman 1978). Le médium le plus important dans le processus de changement d'utilisation des terres est donc le marché. Les terres, près des grands centres, sont sujettes à des changements rapides d'utilisation (Found, 1972). Cependant les changements qui se produisent en marge de la conversion proprement dite peuvent être importants également: intensification, abandon, etc... Avant de pouvoir les attribuer à l'effet de la pression urbaine, il convient de voir ce qui se passe au delà de la zone soumise à cette pression. Que se produit-il en terme de changement dans des zones qui ne sont que faiblement influencées par une pression urbaine?

2.2 Fondement théorique de la thèse: l'écologie du paysage.

Le paysage rural est un agencement des différents systèmes d'utilisation du sol tels que champs cultivés, boisés, terres abandonnées. Les systèmes d'utilisation du sol correspondent à des ensembles de parcelles de terre formant une ferme et à l'intérieur desquelles l'intensité et le pourcentage des cultures permet d'établir un classement de l'utilisation de cette ferme (Huffman et Dumanski, 1983). Un système d'utilisation du sol correspond à une stratégie particulière d'utilisation de l'écosystème, qui consiste à prendre le contrôle du flux énergétique au niveau des producteurs primaires et secondaires. Dès lors, on peut concevoir

le système comme une unité globale organisée d'interrelations entre les éléments, les actions et les individus (Morin, 1977). Ces systèmes reflètent bien un niveau de contrôle de l'homme sur les éléments écosystémiques pour obtenir des bénéfices de l'activité agricole (Vink, 1975). La production d'aliment à long terme par l'agriculture industrialisée est contrôlée par un nombre de contraintes énergétiques et environnementales. Les fermes deviennent plus grandes avec des systèmes écologiques simplifiés, ce qui fait décroître la stabilité environnementale (Troughton, 1984). La distribution spatiale des divers systèmes d'utilisation du sol peut être liée aux variations du milieu écologique (sol, relief). Ce phénomène constitue l'organisation écologique du paysage rural (Phipps *et al*, 1986a).

Le patron* des systèmes d'utilisation du sol aide à comprendre l'interaction des éléments biologiques et physiques dans l'espace et la structuration de l'espace basée sur ces relations (Phipps, 1981a). L'organisation écologique s'ensuit, reflétant les relations fonctionnelles dans le paysage qui constitue un ensemble d'éléments ou systèmes en interactions (éléments biotiques et abiotiques). Ces relations fonctionnelles entraînent l'intégration des éléments en un nouveau système (Phipps, Baudry & Burel, 1986 a et b; Morin, 1977).

Le paysage écologique est défini comme la variation organisée des systèmes écologiques dans l'espace, que ces systèmes soient naturels (communautés biotiques) ou anthropiques (systèmes d'utilisation du sol). Ce concept est à l'origine du développement de l'écologie du paysage et constitue une base solidement fondée de la planification régionale de l'espace non urbain (Vink, 1983; Forman, 1984).

La théorie générale des systèmes a inspiré le développement d'études et d'approches quantitatives rigoureuses dans tous les domaines des sciences; des mathématiques à la technologie, des systèmes d'aménagements aux problèmes environnementaux et d'utilisation

* (système hétérogène d'unités écologiques différentes juxtaposées)

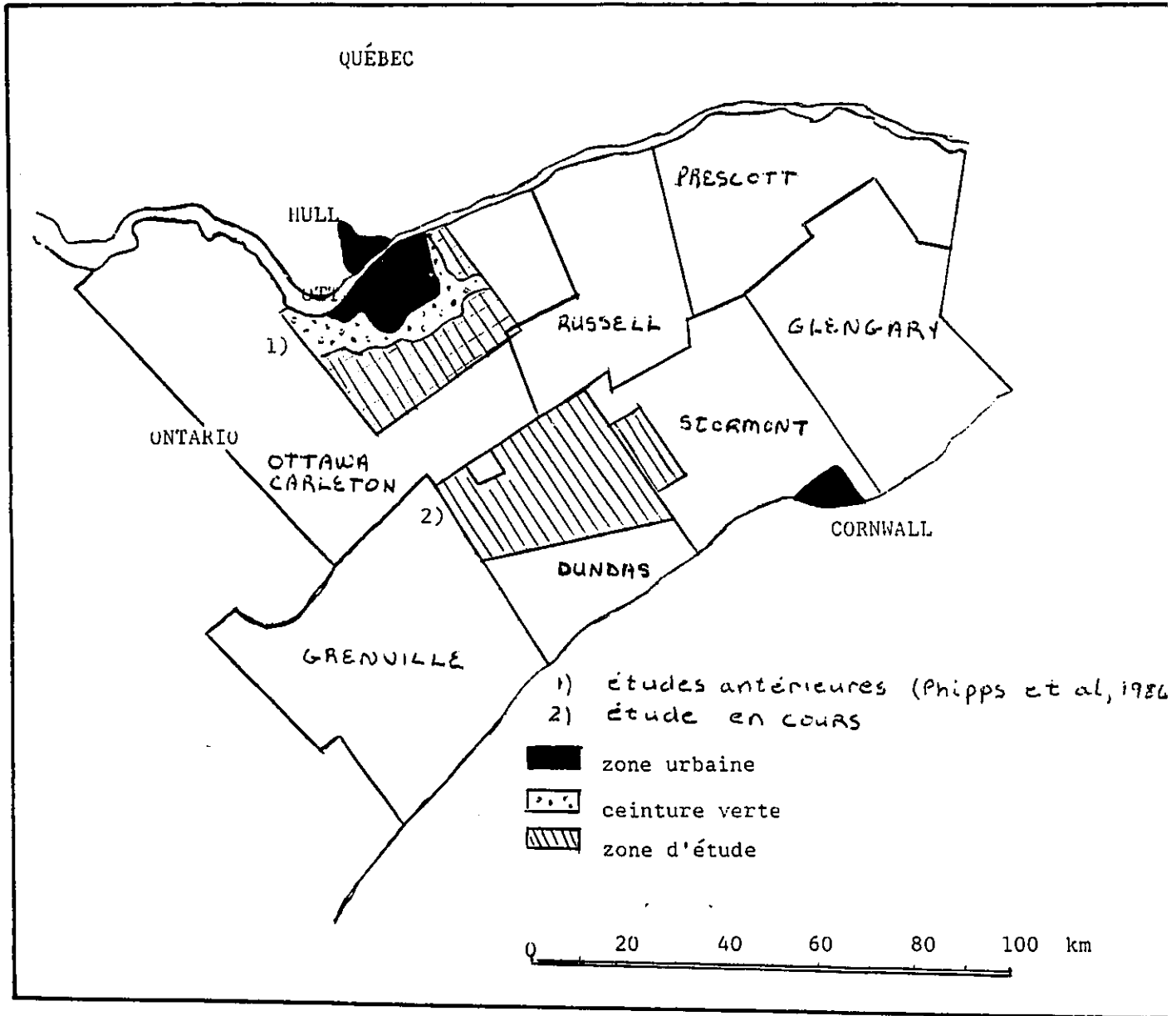
des ressources à petites, moyennes et grandes échelles (Naveh & Lieberman, 1984; von Bertalanff, 1968). Plusieurs théories sont reliées à la théorie générale des systèmes et ont rendu possible la formalisation et la quantification de l'approche au paysage, telle que la théorie de l'information pour n'en mentionner qu'une seule. La théorie de l'information paraît pouvoir jouer un rôle important dans l'avancement de la compréhension des paysages. Elle permet de mesurer l'information contenue dans un paysage et d'apprécier les échanges d'information entre écosystèmes (Baudry & Burel, 1985). Les approches basés sur l'entropie sont devenus des méthodes de recherche qui permettent de résoudre de nombreux problèmes rencontrés dans ce type d'analyse (Webber, 1977). Tels que la classification en types de communautés ou encore la recherche des indicateurs écologiques (Phipps, 1981a; Phipps *et al*, 1986b).

2.4 Études déjà existantes

Le propos des études de Phipps, Baudry et Burel (Phipps *et al* a et b, 1986). était de mesurer l'organisation écologique d'un paysage rural dans deux segments soumis à une pression d'urbanisation faible (entre 1 Km et 10 Km de la ville) et forte (moins de 1 Km des noyaux périphériques d'urbanisation). Une étude diachronique fut faite à partir des données recueillies en 1956, 1965 et 1978. L'aire d'étude couvrait 27,000 ha et était localisée au Sud de la ville d'Ottawa. Elle est situé sur les municipalités de Nepean et Gloucester au sud de la ceinture verte d'Ottawa (figure 2). Les données ont été extraites de trois cartes: 1978, carte des Systèmes d'utilisation du sol, 1965, minutes corrigées des cartes de l'Inventaire des Terres du Canada, et 1956, photographies aériennes. Les descripteurs étaient 13 variables

FIGURE 2

Carte montrant la zone d'étude; études déjà existantes et étude en cours



pédologiques et physiographiques ainsi que deux autres descripteurs spatiaux. En plus, 10 systèmes d'utilisation du sol (SUS) ont été utilisés pour l'analyse. Ils ont été établis à partir des utilisations parcellaires (Huffman et Dumanski, 1983).

Les procédures de calcul sont celles de la procédure "PEGASE" et de l'analyse factorielle des correspondances. La procédure "PEGASE" est la Partition d'un Ensemble Géographique pour l'Analyse Spatiale Écologique (Phipps, 1981a). La méthode consiste en une division successive de l'ensemble initial de sites représentant un échantillon systématique de la région selon les caractéristiques des sols de telle sorte que l'entropie relative à l'utilisation du sol soit réduite au minimum. Cette méthode a permis d'effectuer plusieurs mesures dans le temps et de déterminer deux types de dynamique: UR1 et UR2.

Les résultats des études de Phipps, Baudry et Burel montraient, dans le segment UR1, le plus éloigné de la ville, un accroissement de l'ordre écologique régulier entre 1956 et 1978. L'utilisation du sol se diversifie de façon régulière de 1956 à 1978 et est très bien intégrée dans la structure d'organisation. De plus l'accroissement de la complexité environnementale indique une corrélation entre l'utilisation du sol et les conditions environnementales de plus en plus diverses. Les résultats indiquent clairement un accroissement de l'ordre écologique du paysage. Dans le segment UR2, l'étude a montré d'abord une forte diminution de l'ordre de 1956 à 1965 suivie dans un deuxième temps de l'émergence d'un nouveau mode d'organisation écologique. De 1956 à 1965 il y a eu un accroissement considérable de la diversité de l'utilisation du sol, dû à l'accroissement du nombre de fermes intensives. Les auteurs ont observé une utilisation de plus en plus uniforme de l'environnement qui s'est traduite par l'abaissement de la complexité environnementale. Ceci indique que la diversité de l'utilisation du sol n'est pas bien intégrée dans la structure d'organisation qui se traduit par une diminution de l'ordre écologique du paysage pour cette période. De 1965 à 1978, la dynamique s'est inversée pour en arriver à l'émergence d'une autre dynamique du paysage.

Les politiques de planification semblent, selon les auteurs, avoir été responsables de cette réorganisation du paysage entre 1965 et 1978. Leur étude a donc montré que la distance de la ville est cruciale pour la dynamique du paysage rural. Selon les auteurs la différence entre les deux segments semble être le résultat d'une différence d'intensité de stimulus.

2.4 Objectif de la thèse

Avec les résultats de cette étude, dans cette troisième zone, nous devrions être capables de compléter le tableau de l'étude de la dynamique de l'organisation écologique du paysage en fonction de la distance à la ville. La question est donc posée sous l'angle du paysage, de son organisation mesurée dans le temps et sous l'effet variable de la pression urbaine. L'objectif de la thèse consistera donc à analyser ces changements dans une aire d'étude située dans les comtés de Dundas et Stormont (30,000 hectares) entre 1958, 1965 et 1978. Il s'agit d'abord de mesurer le niveau d'organisation aux trois périodes citées et ensuite, de comparer cette dynamique à celle des deux zones de l'étude de Phipps (Phipps *et al* a et b, 1986).

III

3.1 AIRE D'ETUDE

La zone étudiée couvre environ 30,000 hectares dont la plus grande partie est située dans le comté Dundas et le reste dans Stormont. Ces deux comtés sont situés dans l'est ontarien sur la rive nord du St-Laurent (figure 2).

Le comté de Dundas s'étend sur 110,592 hectares ou 1,105 Km². De cette zone, environ 95% de la surface est utilisée à des fins agricoles (Matthews & Richards, 1952). Les comtés de Grenville et Stormont lui sont contigus à l'ouest et à l'est respectivement, et les comtés de Carleton et Russell au nord.

Le comté de Stormont s'étend sur 118,656 hectares. De sa surface, 90% est occupée par différents modes d'utilisation agricole du sol (Matthews & Richards, 1954). Les comtés de Dundas et Glengarry lui sont adjacents à l'ouest et à l'est respectivement, et les comtés de Russell et Prescott au nord. L'aire d'étude ne recouvre qu'une partie de la commune de Finch, située au nord ouest du comté. Sa géologie, son climat et son relief sont les mêmes que pour le comté de Dundas.

Le choix de ce secteur a été fondé sur la diversité des sols et de la prédominance à l'exploitation agricole. Etant relativement éloigné d'Ottawa, donc étant faiblement influencée par l'effet d'urbanisation, cette zone était idéal pour notre étude. D'après les statistiques (Gierman, 1977), entre 1966 et 1971, 42,548 acres de terres agricoles ont été urbanisées annuellement au Canada. L'Ontario a un taux annuel d'urbanisation assez élevé, 18,132

acres, si on le compare avec le taux du Canada. De même, le tableau 1 montre que la grosseur des centres urbains affecte le taux annuel d'urbanisation. Ottawa, étant une ville plus importante, a un taux de conversion plus élevé (2,281 acres) que celui de Cornwall (31 acres). Ce tableau montre qu'un taux de conversion, dans la zone environnante de la ville de Cornwall et d'Ottawa se produit. Donc on peut assumer que notre aire d'étude, située entre les deux centres urbains (fig. 2), n'est pas sans influence urbaine, mais qu'elle reste quand même faible. Le tableau 1.1 montre que les terres à grande possibilités pour l'agriculture sont les plus touchées par le phénomène d'urbanisation.

TABLEAU 1 ET 1.1

Taux d'urbanisation annuel moyen

| zone urbaine | terres agricoles amendées | pâturages naturels | forêts | marais et marécages | terres improductives | industries extractives | eaux non classifiées | total du sol converti |
|--------------|---------------------------|--------------------|--------|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| Canada | 22,854 | 9,481 | 9,278 | 159 | 173 | 555 | 29 | 42,548 |
| Ontario | 11,372 | 3,691 | 2,652 | 100 | 127 | 190 | - | 18,132 |
| Ottawa | 1,061 | 636 | 521 | 4 | 4 | 55 | - | 2,281 |
| Cornwall | 17 | 4 | 10 | - | - | - | - | 31 |

Tab. 1 - Taux d'urbanisation des divers types de terres rurales par zones urbaines, pour l'Ontario et le Canada entre 1966 et 1971.

Taux d'urbanisation annuel moyen

| zone urbaine | Classe 1, 2 & 3 à grande possibilités | Classe 4, 5 & 6 à faible possibilités | Classe 7 sans possibilités | Classe 0 sols organiques | Classe 8 non classifiées | eaux non disponibles | total du sol converti |
|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|
| Canada | 26,918 | 8,491 | 2,176 | 629 | 3,539 | 9 | 42,548 |
| Ontario | 14,301 | 2,282 | 788 | 195 | 566 | - | 18,132 |
| Ottawa | 1,278 | 715 | 191 | 49 | 48 | - | 2,281 |
| Cornwall | 24 | 6 | 1 | - | - | - | 31 |

Tab. 1.1 - Taux d'urbanisation des terres rurales selon leur potentiel agricole par zones urbaines, pour l'Ontario et le Canada entre 1966 et 1971.

D'après: Urbanisation des terres rurales, Direction générale des terres, Ministre des Approvisionnement et Services Canada, Publication Hors-Série, no. 16, D. M. Gierman (1977).

3.2 Géologie

L'est ontarien a été soumis à trois périodes glaciaires. Lors de la dernière glaciation, les glaciers du Wisconsin se sont retirés il y a environ 15,000 ans. Ensuite la mer de Champlain a recouvert la zone de 12,000 à 9,000 BP. Les sols sont dérivés en partie de débris de roche transportés et déposés par la glace et l'eau. Les dépôts transportés par la glace consistent en matériel pierreux et fragments de roches emballés dans une matrice de sable et d'argile. Les moraines de fond sont les principaux dépôts glaciaires dans le comté. Les dépôts transportés par l'eau occupent une grande partie du comté. On y retrouve des eskers et des dépôts deltaïques ainsi que des dépôts lacustres. Ces derniers sont le plus important type de matériel de sol du comté. Ce matériel consiste d'argiles, de limons, et de sables fins.

3.2 Climat

Le climat est relativement frais et humide. La température moyenne annuelle est de 5.2 C à 5.3 C. Les températures moyennes d'hiver varient entre -10 C à -12.5 C, et la moyenne d'été est de 19 C ce qui représente en fait des conditions hivernales froides et estivales relativement chaudes. Les précipitations annuelles varient entre 864 mm à 914 mm dont 432 mm à 457 mm tombent durant la saison de croissance.

Le climat est l'un des facteurs affectant la formation du sol. Il y a deux groupes de sols importants pour le comté; les sols podzoliques brun gris et les sols bruns. Le climat a aussi un effet important sur les types de cultures produites. Les températures basses d'hiver sont la cause du peu de production de blé d'hiver ainsi que de l'absence de production fruitière. La distribution des précipitations est favorable à la culture de céréales et de foin. Les périodes de sécheresse étant rares, on retrouve donc de bon pâturage durant les mois d'été. Ces conditions permettent une production laitière efficace et économique.

3.4 Relief

La topographie varie de plane jusqu'à ondulée, avec très peu de pentes où les processus d'érosion se produisent. L'altitude moyenne est de 76 mètres.

3.5 Sols

L'interaction de tous les facteurs environnementaux tels que; le matériel parental, le climat, la topographie, la végétation, les organismes vivant dans le sol et le temps sont à l'origine du développement des sols. Le nombre d'horizons, leur épaisseur et leurs caractéristiques varient selon les conditions qui ont présidé à la formation des sols.

Le matériel parental du sol est dérivé soit des formations de roche en place ou soit par des remaniements de roches adjacentes. La composition chimique du matériel parental est déterminée, dans une mesure importante, par ces formations des roches en place. La texture du matériel parental est aussi un facteur important dans la formation des sols. Pour la zone étudiée, les textures types peuvent être divisées en deux groupes: a) tills non-triés et déposés par les glaciers et b) argiles, limons, sables et graviers triés et déposés par l'eau. Les tills sont différenciés entre eux selon la grosseur et le type de roches ainsi que par la matrice qui les composent. Les matériaux déposés par l'eau sont différenciés selon la grosseur des particules.

Comme on l'a vu, le développement des sols est influencé par plusieurs facteurs simultanément. Il y a trois points importants à considérer dans la classification des sols: 1) origine des dépôts du matériel parental (ex. dépôt glaciaire, deltaïque ou lacustre); 2) la nature pétrographique du matériel parental (ex. la texture et la proportion relative de certaines roches et minéraux); 3) les conditions de drainage qui ont un effet direct sur le nombre, la couleur et l'arrangement des horizons de sol.

Les sols varient les uns des autres mais ont quand même certaines similarités. Ces similarités forment la base pour le regroupement et la classification des sols. Par exemple, deux sols qui se sont développés sur du matériel parental semblable mais sous des conditions de drainage différentes auront des profils différents. Cependant ils sont regroupés ensemble et forment ce que l'on appelle une association de sol. L'association de sol prend le nom du sol le mieux drainé. Donc l'association de sol Grenville comprend la série de Grenville (bien drainé), la série de Matilda (drainage imparfait) et la série de Lyons (drainage pauvre).

Vingt-neuf associations de sols différentes ont été reconnues et cartographiées (Matthews et Richard, 1952) pour le comté de Dundas. Les sols varient en texture, allant du sable à l'argile, avec une zone appréciable de sols organiques. Les sols à textures légères

(sable et sable loameux) couvrent environ 18% de la zone totale; les sols à textures moyennes (loam) 23%; et les sols à textures lourdes (argile loameuse, argile) 47%. Le restant (12%) consiste en sol organique. Vingt-sept différents types de sols ont été cartographiés (Matthews & Richard, 1954) pour le comté de Stormont. Dans la zone qui nous intéresse, les types de sols sont les mêmes que pour le comté de Dundas.

3.5.1 Sols développés sur le till

Les associations de sol classées dans cette catégorie se sont développées sur du matériel morainique. Le type dominant est le loam de Grenville que l'on retrouve sur les sites les mieux drainés. Le loam sableux de Grenville se retrouve à des endroits relativement restreints où le till est plus sableux. Le loam de Matilda se retrouve à des endroits où le drainage est imparfait et le loam de Lyons où le drainage est pauvre.

Le matériel parental consiste en till grossier dominé par des éléments de calcaires. Dans certaines zones des roches et des blocs rocheux sont assez nombreux pour être un inconvénient pour l'agriculture. Les roches présentes dans le sol, dans la partie ouest du comté, sont du calcaire de Beekmantown. Dans la partie est près de Winchester, on retrouve des schistes Chazy en quantité assez importante pour influencer le profil du sol. Le profil a une couleur plus rouge, la texture du matériel est plus grosse et le pH est alcalin.

3.5.2 Sols développés sur du matériel deltaïque

L'eau de fonte des glaciers transportait des particules de sable et de gravier fin. Ce matériel s'est déposé, formant une plaine de sable et de gravier trié. La topographie est douce et ondulée. On retrouve ce matériel dans la zone ouest du comté. L'association d'Uplands comprend les séries suivantes: Uplands, Rubicon et Granby

Le sol est excessivement drainé, légèrement acide et la proportion de matière organique est faible. Il y a des endroits où le sol est érodé par le vent. Une proportion importante des associations d'Uplands a été défrichée et cultivée. Le sol, n'étant pas adéquat pour des cultures intensives, a donc été laissé en pâturage.

3.5.3 Sols développés sur du matériel lacustre

Les lacs glaciaires étaient alimentés par des cours d'eau qui transportaient en suspension du matériel de différentes grosseurs. Le matériel s'est déposé graduellement au fond de la mer de Champlain, ce qui forme aujourd'hui des plaines à texture fine de loam, de loam argileux et d'argile. Les associations de sol d'Osgoode, de Carp, de North Gower et de Belmeade font partie de ces sols. Le drainage est la principale limitation, cependant il peut être amélioré artificiellement. Le pH varie de neutre à légèrement alcalin.

3.6 Drainage

Le comté est drainé par la rivière Castor Est au nord, par la rivière Nation Sud au centre, et par le fleuve St-Laurent au sud. Les lits des rivières sont étroits et peu profonds (20 pieds). La municipalité de Finch est drainée par la rivière Nation Sud. Des inondations se produisent souvent au printemps à plusieurs endroits le long des rivières. Les conditions naturelles du drainage sont variables. Seulement 10% des sols sont bien drainés; 32% sont imparfaitement drainés; 36% ont un drainage pauvre et 22% un drainage très pauvre. La majeure partie du comté de Dundas consiste en un sol à texture lourde avec un drainage très pauvre.

4.1 DONNEES EXPERIMENTALES

Les données ont été recueillies à l'aide d'une grille d'échantillonnage régulière de 1114 points (sites) distant de 750 m. Les données concernant les variables environnementaux (sol) ont été extraites de 2 cartes; carte des sols (Matthews & Richards, 1952 et 1954) et carte des capacités des sols pour l'agriculture (Marshall *et al*, 1979). Pour les systèmes d'utilisation du sol, les sources ont été les suivantes; pour 1978, la carte des "Systèmes d'utilisation des terres agricoles" (Ministère de l'alimentation et de l'agriculture, 1978), pour 1958 et 1965, des photographies aériennes. Les systèmes d'utilisation des terres sont décrits dans le tableau 2.

Pour 1978, la liste des systèmes comportait 8 systèmes d'utilisation du sol (SUS). Les systèmes d'utilisation du sol ont été regroupés en 5 classes pour les rendre homogènes avec les deux autres périodes 1958 et 1965. Les classes sont composées des systèmes suivants: intensif, extensif, pâturage, abandon et boisé.

Le système intensif englobe les systèmes de monoculture, maïs et mixte, le système de monoculture étant le plus intensif parmi les systèmes dont la rotation comprend le maïs (plus de 90% de parcelles consacrées au maïs). Le système de maïs est le deuxième en intensité (entre 40 et 75% de superficie de parcelles consacrées en maïs). Le système mixte est le plus faible en intensité (moins de 40% de superficie de parcelles consacrées au maïs).

Le système extensif comprend les systèmes de foin et de foin-pâturage. Le système de foin occupe la plus grande superficie. Les céréales et le foin de prairies améliorées

TABLEAU 2

Liste des systèmes d'utilisation du sol.

1956 et 1965

| | |
|----------|--|
| Intensif | système de monoculture, système de maïs, système mixte |
| Extensif | système de foin, système de foin-pâturage |
| Pâturage | système extensif de pâturage permanent |
| Abandon | terres abandonnées |
| Bois | terres boisés (boisés naturels ou reboisements) |

1978

| | | |
|----------|---------------|--|
| Intensif | Monoculture | système monocultural (généralement maïs sans rotation) |
| | Maïs | système intensif mixte (de 40-75% de surface en maïs) |
| | Mixte | système intensif mixte (moins de 40% de surface en maïs) |
| Extensif | Foin | système semi-intensif de foin, céréale et pâturage |
| | Foin/Pâturage | système de foin-pâturage |
| Pâturage | Pâturage | système extensif de pâturages permanents |
| Abandon | Abandon | terres abandonnées |
| Bois | Bois | terres boisés (boisés naturels ou reboisements) |

constituent la base du programme de culture. Le système de foin-pâturage est une pratique culturale de faible intensité où il y a une rotation entre le foin et le pâturage.

Le système de pâturage consiste soit en pâturage naturel non cultivé soit en parcelles améliorées qui n'ont pas été entretenues et qui ne servent que de pâturage.

L'abandon consiste en parcelles qui supportent une végétation naturelle, point de départ d'une succession biologique secondaire.

Le système de boisé comprend des parcelles boisées avec un recouvrement de la couronne des arbres supérieur à 45% et des parcelles reboisées artificiellement.

A partir des utilisations parcellaires, chaque unité a été catégorisée parmi une des 5 classes établies et décrites (Huffman & Dumanski, 1983). L'homogénéisation aux 3 périodes, a permis une analyse diachronique cohérente.

Les descripteurs de l'environnement sont 12 variables pédologiques et physiographiques: 1) l'association de sol, 2) le matériel parental, 3) l'origine du matériel parental, 4) le pH, 5) le drainage, 6) la pente (topographie), 7) la pierrosité, 8) quatre facteurs limitants relatifs à 1) la fertilité, 2) la perméabilité, 3) la variation de la nappe phréatique et 4) la sécheresse (voir tableau 3).

4.2 Traitement des données

L'analyse des structures des systèmes écologiques a pour but de comprendre comment les éléments physiques et biologiques se relient entre eux dans l'espace et comment l'espace

TABLEAU 3

Descripteurs utilisés dans l'analyse du milieu physique.

Association de sol

| | |
|---------------------------------|-------------|
| A01: sable | Rubicon |
| A02: loam sableux | |
| A03: loam | Grenville |
| A04: loam phase mince | |
| A05: loam | Matilda |
| A06: loam | Lyons |
| A07: loam argileux | Wolford |
| A08: loam argileux | Morrisburg |
| A09: loam argileux | Osnabruck |
| A10: loam gravelleux et sableux | Kars |
| A11: sable | Uplands |
| A12: sable | Gramby |
| A13: loam sableux | |
| A14: loam | Osgoode |
| A15: loam limoneux | |
| A16: loam argileux | Carp |
| A17: loam argileux | North Gower |
| A18: argile | |
| A19: muck | Belmeade |
| A20: loam sableux | Manotick |
| A21: loam sableux | Allendale |
| A22: muck | Muck |
| A23: loam sableux | Mountain |
| A24: loam sableux fin | Marionville |

Origine du matériel parental

| |
|------------------------------|
| OP1: calcaire de Beekmantown |
| OP2: shiste de Chazy |
| OP3: calcaire de Chazy |
| OP4: calcaire de Black River |

Matériel parental

| |
|---|
| MP1: till à texture moyenne |
| MP2: till à texture grossière |
| MP3: dépôt deltaïque peu assorti |
| MP4: dépôt deltaïque bien assorti |
| MP5: lacustrine à texture moyenne |
| MP6: lacustrine à texture fine |
| MP7: dépôt deltaïque sur dépôt lacustre |
| MP8: dépôt mince sur dépôt lacustre |
| MP9: organique |

TABLEAU 3 (SUITE)

Texture

TX1: sable
TX2: loam graveleux et sableux
TX3: loam sableux
TX4: loam
TX5: loam argileux
TX6: argile
TX7: organique

pH

pH1: modérément acide
pH2: modérément acide à légèrement acide
pH3: légèrement acide
pH4: légèrement acide à neutre
pH5: neutre
pH6: neutre à légèrement alcalin
pH7: légèrement alcalin
pH8: alcalin

Drainage (naturel)

DR1: bon
DR2: variable
DR3: imparfait
DR4: pauvre
DR5: très pauvre

Pente

PO1: fortement ondulée à rolling
PO2: ondulée à rolling
PO3: très légèrement ondulée à rolling
PO4: modérément à légèrement ondulée
PO5: ondulée à plat
PO6: très légèrement ondulée à plat
PO7: légèrement ondulée
PO8: plat à légèrement ondulée
PO9: plat à dépressionnaire
PO10: légèrement ondulée à légère dépression
PO11: légèrement ondulée à dépression
PO12: ondulée à dépression
PO13: dépression

TABLEAU 3 (SUTTE)

Pierrosité

PI1: pas pierreux
PI2: légèrement pierreux à modérément pierreux
PI3: modérément pierreux
PI4: modérément pierreux à bouldery
PI5: roche en place

Fertilité

FE1: classe 1
FE2: classe 2
FE3: classe 3
FE4: classe 4
FE5: classe 5
FE6: classe 6
FE7: classe 7
FE8: organique

Perméabilité (S)

PR0: pas affecté
PR1: affecté

Nappe phréatique (W)

NPO: pas affecté
NP1: affecté

Secheresses (M)

SE0: pas affecté
SE1: affecté

peut être structuré en se basant sur ces relations (Phipps, 1981a). A ceci s'ajoute aussi comment ces structures se développent dans le temps. Les méthodes d'analyse quantitative permettent l'examen approfondi des relations entre les systèmes d'utilisation du sol et les descripteurs de l'environnement (Phipps, 1985).

La théorie de l'information est un outil particulièrement approprié pour ce genre d'étude. Des concepts tels que l'entropie, la néguentropie, la redondance et le canal d'information sont des outils indispensables pour éclairer le processus de l'organisation de l'espace (Phipps, 1981b; Atlan, 1979). Elle fournit à l'écologiste une méthodologie d'approche globale des phénomènes à étudier.

Dans la théorie mathématique de l'information, le concept d'information a été élaboré par Shannon et est exprimé par la formule suivante:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

où H est la mesure de l'incertitude et correspond à l'entropie d'un système d'information; p_i est la probabilité des différents événements i dans le vecteur-descripteur p (Legendre & Legendre, 1984; Phipps, 1979; Marchand, 1972). Une augmentation de l'entropie correspond à un accroissement de la diversité qui équivaut à une augmentation de l'information et, par conséquent de l'indétermination (Webber, 1979). Lorsqu'on compare la distribution des systèmes d'utilisation du sol et celle des caractères des facteurs du sol, on acquiert une information mutuelle qui s'oppose à l'indétermination de l'utilisation du sol. La quantité d'information que l'on a acquise sera directement à l'opposé de la quantité d'incertitude. Elle prend le sens d'une quantité d'indétermination levée ou soustraite c'est-à-dire d'une quantité

de néguentropie. Par exemple, une entropie initiale (à priori) de $H(U) = 1.00$ sur laquelle on trouve une information de $I(U) = 0.34$; il restera une entropie résiduelle de $H(U) - I(U) = 0.66$. C'est-à-dire qu'après analyse, le nombre de distinctions établies sur des facteurs du sol apporte 34% d'information expliquée et 66% qui reste inexpliquée.

A n'importe quel temps durant la procédure l'entropie du système peut être calculée par:

$$H_t(U/C) = 1/N \left[\sum_{s=1}^t H_s(U/C_s) \cdot f_s \right]$$

ou:

t est le nombre de sous-ensembles apporté par une combinaison particulière C de tous les éléments environnementaux;

$H_u(U/C_s)$ et f_s sont respectivement l'entropie et la taille du sous-ensemble correspondant à la combinaison C_s .

Par exemple, en 1958, l'entropie initiale des systèmes d'utilisation du sol dans le paysage de Dundas est de 0.76 dans l'ensemble initial de 1107 sites.

$$H(U/O) = 0.76$$

Ensuite, l'entropie diminue tout au long de la procédure pour arriver à une valeur finale (entropie finale) de 0.62 après formation de 20 divisions.

$$H_t(U/C) = 0.62$$

à partir de l'ensemble des 1107 sites.

La redondance peut être calculée par la formule suivante:

$$R_f = 1 - \frac{H_t(U/C)}{H_o(U)}$$

ce qui représente les contraintes générales subies par le système. La redondance correspond à une néguentropie relative par rapport à l'entropie initiale et elle exprime donc le résultat d'un certain ordre.

La recherche de descripteurs qui ont le pouvoir de créer cette néguentropie et qui ont donc une valeur de prédiction sur les systèmes d'utilisation du sol consiste à chercher la quantité d'information mutuelle que les descripteurs ont sur les systèmes d'utilisation du sol (Phipps, 1979).

4.3 La procédure "PEGASE"

PEGASE: Partition d'un Ensemble Géographique pour l'Analyse Spatiale
Écologique.

Dans la procédure "PEGASE" un ensemble (N) de points-échantillon d'un paysage est repéré dans l'espace. Chaque point est caractérisé par une utilisation du sol U_i et un ensemble de descripteurs du sol. Chaque site est classé dans un ensemble de site type (unités de paysage) qui permet la meilleure prédiction des systèmes d'utilisation du sol. Une unité de paysage est un ensemble de sites qui ont des caractéristiques écologiques semblables. Elle est aussi caractérisée par un profil particulier de fréquences des utilisations (profil d'utilisation). L'analyse a pour but de mettre en évidence les relations écologiques liant les systèmes d'utilisation du sol (U_i) à des unités paysagiques (E_i) (Phipps, 1981a).

Les bases de la méthode consistent en une division successive en palier de l'espace environnemental initial selon le descripteur de sol qui apporte la plus grande information mutuelle par rapport à l'utilisation du sol; de telle sorte que la plus grande redondance soit introduite dans le canal ($E \Rightarrow U$). A chaque fois qu'une division s'opère, l'indétermination diminue (l'entropie à postériori $H(U/E)$) tandis que l'entropie de l'environnement ($H(E)$) croît puisqu'un morcellement significatif de l'environnement se produit (Goodall, 1973). Ceci forme un dendrogramme (i.e. voir figure 9, 10 et 11). La néguentropie est apportée par les unités environnementales caractérisées par des conditions de sol déterminantes pour les systèmes d'utilisation du sol. Les résultats de ces divisions génèrent une quantité de redondance et leurs sommes pour chaque descripteur permettent de mesurer leur rôle en tant que facteur

d'organisation (Phipps, 1979). Cette méthode hiérarchise ces rôles en faisant un classement par information mutuelle. Il y a maximisation de l'information mutuelle dans le canal.

Certaines conditions sont requises pour le processus d'arrêt de la procédure divisive.

Elles sont de trois ordres:

- la procédure doit être arrêtée quand le nombre de points dans les sous-ensembles est faible (moins de 30 points) et ne permet plus d'exécuter les tests statistiques.
- le second se produit lorsqu'il y a une entropie faible c'est-à-dire une faible diversité des types d'utilisation dans un sous-ensemble (par exemple une entropie de 0.30 correspond généralement à un type dominant).
- le troisième type d'arrêt se produit lorsqu'il n'existe plus de variable significative (caractéristique) permettant d'ajouter à la négentropie afin de différencier l'environnement (aucune autre variable qui explique le reste de l'indétermination).

Le programme exécute en plus une analyse factorielle simple des correspondances, effectuée sur la matrice $F(E,U)$ des fréquences des systèmes d'utilisation du sol dans les unités de paysage. Cette analyse met en évidence les relations entre les différents types de l'utilisation du sol (patron U) et leur organisation dans l'espace (patron E) ainsi qu'avec les descripteurs possédant des caractéristiques propres de l'environnement. Les systèmes d'utilisation du sol tendent à se localiser sur certains sites selon la nature et la disponibilité des ressources. Donc la méthode mesure et met en évidence les ajustements entre les systèmes d'utilisation du sol et les ressources. Il apparaît donc crucial d'être en mesure de

mesurer cet ajustement comme critère permettant d'apprécier l'évolution d'un paysage dans une situation où les conditions économiques et technologiques sont changeantes. Du fait de cet ajustement, un système d'utilisation du sol sera donc relié préférentiellement à une combinaison de ressources qui définissent sa "niche" dans le paysage (niche paysagique) (Phipps *et al*, 1986 a et b). Concrètement, la niche paysagique d'un système d'utilisation du sol U est déterminée par la position du point représentant ce système d'utilisation du sol dans l'espace factoriel de l'analyse des correspondances appliquées à la matrice F, produite par la procédure PEGASE. Sa spécificité est déterminée par la redondance d'information entre les unités de paysage et la présence/absence du système U par rapport à cette présence/absence sur l'ensemble du paysage, selon la formule:

$$R(U\Psi/E) = \frac{T(E, U\Psi)}{H(U\Psi)}$$

$R(e, u\Psi)$ varie entre 0 (le système est absolument indépendant des unités de paysage et des facteurs de sols qui les définissent) et 1 (le système est totalement déterminé par ces unités de paysage). Cette corrélation peut changer dans le temps car les systèmes d'utilisation du sol peuvent aussi changer dans le temps. En outre, une évolution des techniques de drainage, par exemple, permettrait à un système d'utilisation du sol d'occuper des sols qui autrefois étaient considérés des sols marginaux de par leurs caractéristiques écologiques. Il se produit donc un changement dans le degré de corrélation. La procédure PEGASE permet de mesurer la corrélation et le modèle d'organisation à plusieurs étapes et de voir la variation dans le temps.

L'aire sera examinée, pour suivre l'évolution, à chacune des trois époques avec des

mesures informationnelles se rapportant à l'ordre écologique. L'analyse conduite sur le paysage rural permettra, dans le cadre de l'étude systématique, de déterminer le poids des facteurs écologiques, la dynamique du paysage ainsi que la hiérarchisation des systèmes dans le paysage.

Les mesures faites au cours de la procédure sont:

- $H(U)$

entropie à priori du patron U (mesure de la diversité spatiale des systèmes d'utilisation du sol).

- $H(E)$

entropie de l'environnement (mesure la diversité d'unités environnementales définies par les combinaisons de descripteurs environnementaux déterminant le patron U)
-(mesure de l'hétérogénéité environnementale calculée sur les unités paysagiques).

- $H(U/E)$

entropie à postériori du patron U sachant E (mesure l'ambiguïté ou désordre du canal résiduel d'information ($E \Rightarrow U$)).

- $T(E,U)$

information mutuelle entre E et U = $H(U) - H(U/E)$

- R(E,U)

redondance du canal d'information ($E \Rightarrow U$) (ordre écologique qui est la part de l'hétérogénéité $H(U)$ "expliquée" par les descripteurs pris en compte) (mesure de l'ordre écologique du paysage).

RESULTATS GENERAUX

ANALYSE DES TROIS PERIODES

5.1 Analyse de 1958

Pour 1958, l'entropie initiale de l'ensemble comprenant les 1107 sites est de 0.76 et l'entropie finale est de 0.62 après subdivision de l'ensemble en 20 unités paysagiques (tab. 4). Selon le tableau 4.1, l'entropie initiale ($H(U/E)$) est assez élevée, ce qui montre que l'utilisation du sol est diversifiée. Cette entropie est fonction de l'information apportée par les descripteurs de l'environnement et du fractionnement successif de l'échantillon selon ces mêmes descripteurs. Dans le tableau 4, on trouve l'entropie de l'environnement qui, contrairement à l'entropie initiale, augmente au fur et à mesure que les divisions s'opèrent. À la fin, elle est de 2.57. Elle traduit le fait que plus on découvre d'unités paysagiques, donc de diversité, plus on découvre la complexité environnementale en rapport avec l'utilisation du sol.

La redondance du système pour les 20 unités paysagiques est de 18.99%. La connaissance des descripteurs du sol lève ce pourcentage de l'indétermination tandis que 81.01% reste inexpliqué ou serait susceptible d'être expliqué par d'autres facteurs. Mais on doit se rappeler que nous ne cherchons pas à expliquer "tout" le paysage mais seulement à

TABLEAU 4

Ensemble des entropies et néguentropies pour les trois périodes.

| | 1958 | 1965 | 1978 |
|------------------------------------|--------|--------|--------|
| entropie initiale | 0.76 | 0.66 | 1.21 |
| entropie finale | 0.62 | 0.52 | 1.00 |
| entropie réelle de l'environnement | 2.57 | 2.56 | 3.04 |
| nombre d'unité paysagique | 20 | 24 | 32 |
| néguentropie réelle | 18.99% | 22.22% | 16.90% |
| restant inexplicé | 81.01% | 77.78% | 83.10% |
| néguentropie théorique | 21.60% | 28.24% | 21.86% |

TABLEAU 4.1, 4.2, 4.3 & 4.4

| | N.SES | H(U/E) | H(E) |
|----|-------|--------|------|
| 1 | 1 | 0.76 | 0.00 |
| 2 | 4 | 0.72 | 1.32 |
| 3 | 5 | 0.71 | 1.47 |
| 4 | 7 | 0.69 | 1.71 |
| 5 | 8 | 0.66 | 1.82 |
| 6 | 10 | 0.65 | 1.92 |
| 7 | 13 | 0.64 | 2.31 |
| 8 | 15 | 0.64 | 2.35 |
| 9 | 16 | 0.63 | 2.37 |
| 10 | 19 | 0.62 | 2.53 |
| 11 | 20 | 0.62 | 2.57 |

Tab. 4.1 Décroissance de l'entropie pour 1958.

| | BIN | BEX | BGR | BAC | BBO | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| F(J) | 30 | 874 | 27 | 52 | 124 | 1107 |
| T(E/J) | 0.14 | 0.15 | 0.13 | 0.19 | 0.20 | |

Tab. 4.2 Fréquence (F(J)). et spécificité environnementale (T(E/J) pour 1958.

| | BIN | BEX | BGR | BAD | BBO |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 8 | 208 | 7 | 8 | 12 |
| 2 | 0 | 99 | 5 | 12 | 8 |
| 3 | 1 | 76 | 6 | 5 | 11 |
| 4 | 0 | 22 | 2 | 17 | 34 |
| 5 | 0 | 53 | 0 | 0 | 7 |
| 6 | 1 | 14 | 0 | 2 | 7 |
| 7 | 3 | 23 | 1 | 0 | 1 |
| 8 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 2 | 28 | 1 | 0 | 5 |
| 10 | 0 | 9 | 0 | 0 | 13 |
| 11 | 0 | 14 | 0 | 1 | 14 |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 13 | 1 | 16 | 0 | 3 | 3 |
| 14 | 0 | 10 | 3 | 0 | 0 |
| 15 | 3 | 28 | 0 | 0 | 1 |
| 16 | 4 | 110 | 1 | 0 | 3 |
| 17 | 0 | 23 | 1 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 4 | 0 | 0 | 3 |
| 19 | 4 | 93 | 0 | 2 | 7 |
| 20 | 3 | 10 | 0 | 1 | 3 |

Tab. 4.3 Matrice des fréquences des systèmes d'utilisation du sol dans différentes unités de paysage pour 1958.

| RANG | DESCRIPTEURS | INFORMATION MUTUELLE INITIALE | INFORMATION MUTUELLE UTILISEE | % de la NEGUENTROP |
|------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| 1 | drainage naturel | 0.04 | 0.04 | 29.02 |
| 2 | mat. par. | 0.08 | 0.03 | 23.40 |
| 3 | pente | 0.10 | 0.03 | 18.84 |
| 4 | fertilité | 0.06 | 0.01 | 9.18 |
| 5 | texture | 0.05 | 0.01 | 7.61 |
| 6 | perméabilité | 0.00 | 0.01 | 6.24 |
| 7 | nap. phréatique | 0.01 | 0.01 | 5.72 |
| 8 | ass. de sol | 0.08 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | ori. mat. par. | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | pH | 0.04 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | pierrosité | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | secheresse | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Tab. 4.4 Contribution des descripteurs à la néguentropie pour 1958.

mesurer la part expliquée par les facteurs environnementaux et à comprendre les relations sol/utilisation du sol que sous-tendent cet ajustement (Phipps & Dumanski, 1983).

Pour chaque système d'utilisation du sol, la fréquence (F(J)), et sa spécificité environnementale (T(E/J)) ont été calculées (tableau 4.2). La fréquence donne le nombre de sites classés dans chaque système d'utilisation du sol. La spécificité environnementale est une valeur relative permettant de définir l'exigence d'un système par rapport aux conditions de sol. La spécificité varie entre 0 et 1, la valeur 1 étant très spécifique. Donc le gradient de spécificité environnementale pour les systèmes d'utilisation du sol se ferait comme suit: pâturage (0.13), intensif (0.14), extensif (0.15), abandon (0.19), et boisé (0.20). Les systèmes d'utilisation semblent se séparer en deux groupes; pâturage, intensif, et extensif dans celui où la spécificité est basse et abandon et boisé dans celui où la spécificité est plus élevée. Le système de boisé (BBO) et d'abandon (BAD) montre des types de systèmes d'utilisation très sélectifs. Du point de vue écologique, ces systèmes sont très influencés par leurs préférences vis-à-vis des facteurs écologiques. Au contraire le système de pâturage (BGR), intensif (BIN) et extensif (BEX) montrent des types de systèmes d'utilisation du sol ubiquistes qui tendent à se retrouver sur des sites associés à n'importe quels facteurs écologiques.

Le programme classe également les descripteurs selon leur contribution à la néguentropie (tableau 4.4). Les descripteurs qui apportent de l'ordre sont, par ordre d'importance: 1) le drainage, 29.02%, 2) le matériel parental, 23.40%, 3) la pente (topographie), 18.84% 4) la fertilité, 9.18%, 5) la texture, 7.61%, 6) la perméabilité, 6.24%, et 7) la nappe phréatique, 5.72%. Ces descripteurs influencent donc les systèmes d'utilisation du sol en 1958. D'autres caractéristiques auraient pu contribuer à l'information, mais elles sont exprimées à travers des variables qui sont en corrélation avec elles et qui lèvent une plus grande quantité d'indétermination. Par exemple, les caractéristiques "till" et "rochosité" sont très rapprochées l'une de l'autre. La caractéristique "till" va sortir en premier dans l'ordre d'importance car

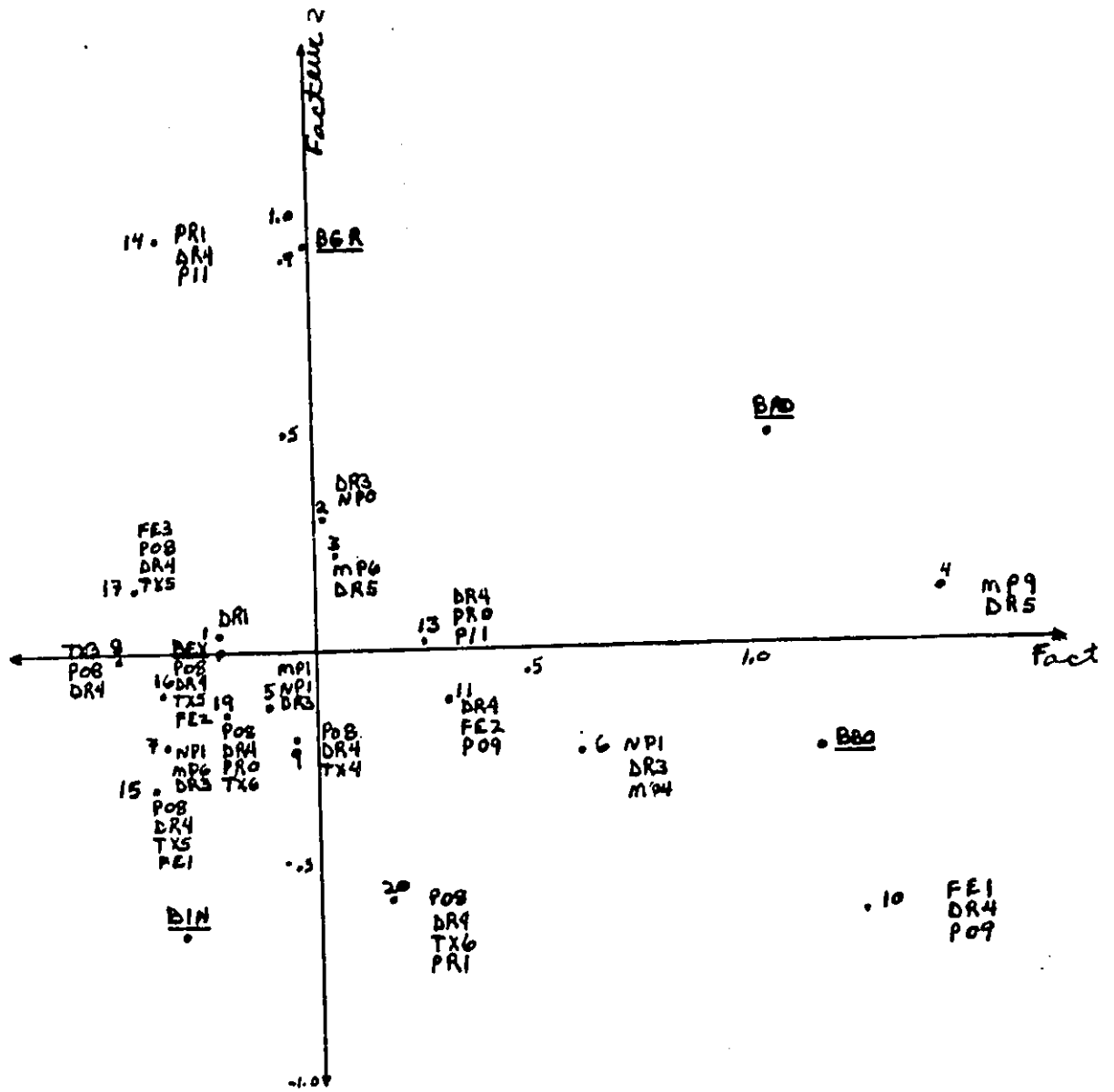
elle soulève le plus d'information.

Une analyse factorielle des correspondances (Legendre & Legendre, 1984) a été effectuée sur la matrice de fréquences des systèmes d'utilisation du sol dans les différentes unités paysagiques. Ceci permet d'analyser les relations entre les systèmes d'utilisation du sol et les facteurs écologiques. Les points de l'ensemble se rangent en progression sur une parabole (figure 3). Il est très fréquent d'observer, dans le plan 1 - 2, un nuage en croissant parabolique qui signale une relation unique entre les systèmes d'utilisation du sol. Chaque fois qu'une telle relation existe, on parle d'effet Guttman (Bastin, Benzécri, Bourgaut et Cazes, 1980). Ici l'ensemble forme une parabole ayant les systèmes les plus productifs à l'extrémité gauche (intensif, extensif et grazing) et les systèmes moins productifs à l'extrémité droite (abandon et boisé). On peut donc supposer l'existence d'un facteur unique qui est un gradient d'intensité de l'utilisation du sol. C'est une chaîne de corrélation où le système intensif est relié au système extensif, le système extensif au système de pâturage etc... et où les deux bouts de la parabole sont indépendants. En substituant les unités paysagiques par une ou plusieurs de leurs caractéristiques, on peut étudier les relations entre les descripteurs de l'environnement et l'utilisation du sol. La proximité d'un système d'utilisation du sol et d'un descripteur dans le plan factoriel indique un ajustement du système d'utilisation du sol à ce facteur du milieu. La proximité entre deux systèmes d'utilisation du sol indique qu'ils utilisent sensiblement le même milieu (Phipps *et al*, a et b, 1986).

En 1958, toujours selon la figure 3, tous les systèmes d'utilisation du sol, sauf l'abandon, sont caractérisés par un relief qui passe de plat à légèrement ondulé ou dépressionnaire. Le descripteur relief ne semble pas avoir d'influence sur l'abandon. Le système intensif est associé à des sites caractérisés par du matériel à texture fine (loam argileux, argile). La prédominance de l'argile a pour cause un drainage pauvre. Malgré ce problème, le sol a été classé parmi l'un des meilleurs pour l'utilisation agricole (classe 1). Ces sols sont utilisés

FIGURE 3

Représentation des unités paysagiques et des systèmes d'utilisation du sol dans le plan factoriel 1 - 2 pour 1958.



intensivement malgré leur drainage désavantageux grâce à une amélioration des techniques de drainage qui permettent d'augmenter la capacité de ces sols pour l'agriculture. De plus, ces sols sont riches en matière organique, ce qui favorise les échanges de nutriments entre le sol et les plantes.

Le système extensif est associé à des sites caractérisés par du till à texture moyenne (loam sableux) ainsi que du matériel lacustre à texture fine (loam). Le drainage varie de bon à très pauvre. Le sol a été classé dans les catégories de fertilité 2 et 3. Il y a des problèmes au niveau de la nappe phréatique mais non pas au niveau de la perméabilité.

Le système de pâturage est associé à des sites avec un drainage pauvre et aucun problème au niveau de la perméabilité.

Le système d'abandon est associé à des sites caractérisés par un drainage très pauvre et un sol organique.

Le système de boisé est caractérisé par des dépôts deltaïques bien triés. Le drainage varie d'imparfait à pauvre sans problème au niveau de la nappe phréatique. Le sol a été classé dans la classe 1 de fertilité.

5.2 Analyse de 1965.

Pour 1965, l'entropie initiale de l'ensemble comprenant les 1105 sites est de 0.66 et l'entropie finale est de 0.52 après subdivision de l'ensemble en 24 unités paysagiques (tableau 5.1). L'utilisation du sol est moins diversifiée qu'en 1958, donc la complexité environnementale est moindre aussi. L'entropie réelle de l'environnement est de 2.56.

Selon le tableau 3, 22.22% de la redondance du système est expliqué par les descripteurs de l'environnement tandis que 77.78% reste inexpliqué.

Les spécificités environnementales sont intéressantes à considérer (Tableau 5.2). Par exemple, CBO (boisé) se montre très sélectif (0.24) du point de vue écologique tandis que CIN (intensif) l'est beaucoup moins (0.13); en conséquence c'est un système d'utilisation du sol qui se retrouve un peu dans toutes des conditions écologiques (figure 4).

La contribution des caractéristiques écologiques à la néguentropie (tableau 5.4) par ordre d'importance décroissantes: 1) le matériel parental, 52.52%, 2) la fertilité, 19.04%, 3) le pH, 8.36%, 4) le drainage, 7.56%, 5) l'origine du matériel parental, 5.59%, 6) la pente (topographie), 4.57% et 7) la sécheresse, 2.35%. Ces caractéristiques influencent le type d'utilisation du sol. En 1965 (figure 5), le système intensif n'a aucune unité paysagique près de son site. Donc il est logique d'assumer que ces caractéristiques sont semblables à celles du système extensif, vu leur lien.

Les systèmes extensif et de pâturage sont très rapprochés l'un de l'autre. Le système extensif est caractérisé par des zones où le matériel parental est très diversifié: till à texture moyenne, et grossière, dépôt lacustre à texture moyenne et à texture fine, et dépôts deltaïques

TABLEAU 5

| | N.SES | H(U/E) | H(E) |
|----|-------|--------|------|
| 1 | 1 | 0.66 | 0.00 |
| 2 | 7 | 0.59 | 1.67 |
| 3 | 9 | 0.58 | 1.84 |
| 4 | 11 | 0.57 | 2.01 |
| 5 | 12 | 0.56 | 2.05 |
| 6 | 13 | 0.56 | 2.26 |
| 7 | 15 | 0.55 | 2.34 |
| 8 | 16 | 0.54 | 2.36 |
| 9 | 19 | 0.53 | 2.43 |
| 10 | 20 | 0.53 | 2.49 |
| 11 | 22 | 0.52 | 2.51 |
| 12 | 24 | 0.52 | 2.56 |

Tab. 5.1 Décroissance de l'entropie pour 1965.

| | CIN | CEX | CGR | CAD | CBO | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| F(J) | 7 | 895 | 12 | 59 | 131 | 1105 |
| T(E/J) | 0.13 | 0.23 | 0.21 | 0.16 | 0.24 | |

Tab. 5.2 Fréquence (F(J)) et spécificité environnementale (T(E/J)) pour 1965.

| | CIN | CEX | CGR | CAD | CBO |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 0 | 47 | 0 | 0 | 8 |
| 2 | 2 | 84 | 1 | 7 | 9 |
| 3 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 45 | 3 | 2 | 2 |
| 5 | 0 | 11 | 1 | 2 | 10 |
| 6 | 0 | 7 | 0 | 3 | 9 |
| 7 | 3 | 318 | 3 | 6 | 14 |
| 8 | 2 | 76 | 2 | 8 | 11 |
| 9 | 0 | 34 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 10 | 0 | 2 | 2 |
| 11 | 0 | 28 | 1 | 3 | 4 |
| 12 | 0 | 3 | 1 | 0 | 5 |
| 13 | 0 | 42 | 0 | 1 | 0 |
| 14 | 0 | 21 | 0 | 0 | 1 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 16 | 0 | 4 | 0 | 1 | 3 |
| 17 | 0 | 43 | 0 | 0 | 3 |
| 18 | 0 | 32 | 0 | 8 | 5 |
| 19 | 0 | 31 | 0 | 3 | 8 |
| 20 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 5 | 0 | 6 | 6 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 24 | 0 | 13 | 0 | 7 | 24 |

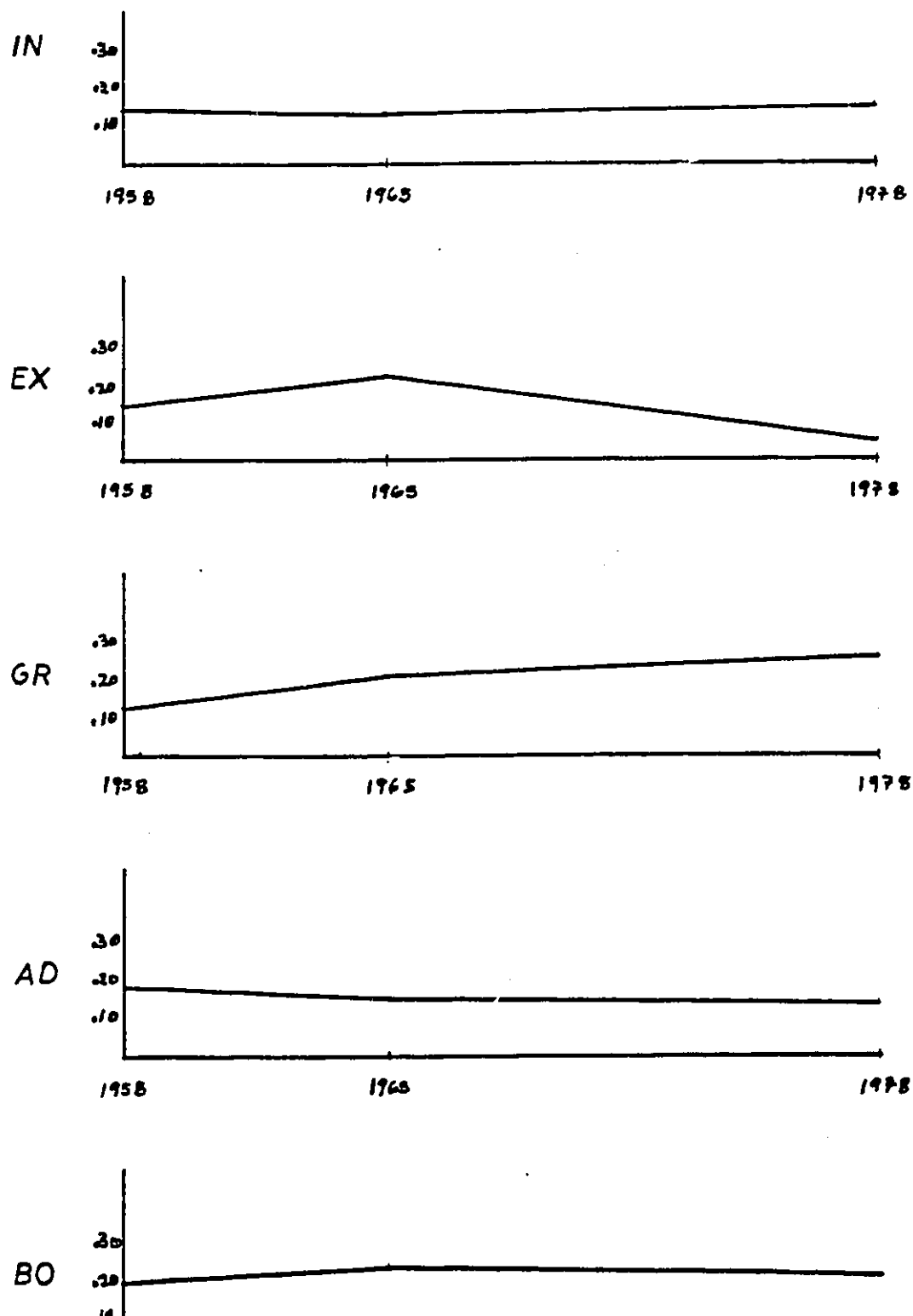
Tab. 5.3 Matrice des fréquences des systèmes d'utilisation du sol dans différentes unités de paysage pour 1965.

| RANG | DESCRIPTEURS | INFORMATION MUTUELLE INITIALE | INFORMATION MUTUELLE UTILISEE | % de la NÉGUENTROPIE |
|------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1 | mat. par. | 0.08 | 0.08 | 52.52 |
| 2 | fertilité | 0.06 | 0.03 | 19.04 |
| 3 | pH | 0.03 | 0.01 | 8.36 |
| 4 | drainage naturel | 0.04 | 0.01 | 7.56 |
| 5 | ori. mat. par. | 0.02 | 0.01 | 5.59 |
| 6 | pente | 0.09 | 0.01 | 4.57 |
| 7 | secheresse | 0.00 | 0.00 | 2.35 |
| 8 | ass. de sol | 0.08 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | texture | 0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | pierrosité | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | perméabilité | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | nap. phréatique | 0.01 | 0.00 | 0.00 |

Tab. 5.4 Contribution des descripteurs à la néguentropie pour 1965.

FIGURE 4

Spécificité des système d'utilisation du sol.



sur dépôts lacustres. Le relief varie de modérément à légèrement ondulé avec un drainage variant de bon à imparfait. Le sol a été classé dans les catégories de fertilité 1 et 3, et a un pH neutre.

Le système de pâturage est associé à des sites caractérisés par du matériel parental dont l'origine est surtout de la dolomie de Beekmantown. Le matériel parental est très diversifié aussi: till à texture moyenne et grossière, dépôt deltaïque bien trié, dépôt lacustre à texture fine et dépôts deltaïques sur dépôts lacustres. La topographie varie de légèrement ondulée à dépressionnaire avec un drainage imparfait. Le sol a été classé dans les catégories de fertilité de 1 et 3, et a un pH qui varie de modérément acide à légèrement acide et de neutre à légèrement alcalin.

Le système d'abandon est caractérisé par du till à texture grossière et un drainage pauvre.

Le système boisé est caractérisé par du matériel deltaïque bien trié et du matériel organique. Le sol qui a un pH neutre n'est pas affecté par des problèmes de sécheresse. Ce système se localise sur des sols dont la fertilité est très bonne (classe 1) et des sols organiques (classe 8).

5.3 Analyse de 1978.

Pour 1978, l'entropie initiale de l'ensemble comprenant les 1078 sites est de 1.21 et l'entropie finale de 1.00 après subdivision de l'ensemble en 32 unités paysagiques (tab. 6.1). L'entropie de l'environnement est de 3.04.

La redondance du système pour les 32 unités paysagiques est de 16.90% tandis que 83.10% reste inexpliqué. La redondance théorique du système serait de 21.86%

Là encore la spécificité environnementale est utile à considérer. Par exemple, DGR (pâturage) se montre un système d'utilisation du sol très sélectif (0.27) où l'ordre est important et DEX (extensif) (0.06) se montre un type de système d'utilisation du sol qui se retrouve dans toute condition écologique (Tab. 6.2).

Les caractéristiques qui apportent de l'ordre (Tab. 6.4) sont, par ordre d'importance décroissante: 1) le matériel parental, 40.20% 2) la fertilité, 14.66% 3) le pH, 14.00% 4) la nappe phréatique, 7.70% 5) le drainage, 6.64%, 6) l'origine du matériel parental, 4.75%, 7) la pente, 4.42%, 8) la perméabilité, 3.17% 9) la pierrosité, 2.59% et 10) la texture, 1.87%.

En 1978 (figure 6), les systèmes intensif et extensif sont caractérisés par le même matériel parental qu'en 1965. Cependant le système intensif a une topographie qui varie de modérément ondulée à légèrement ondulée avec un drainage pauvre. La texture du sol est fine (loam argileux, argile) avec un problème de pierrosité (de modérément pierreux à rocheux). Le sol a une fertilité de classe 1 et 2 avec un pH variant de neutre à légèrement alcalin et est affecté par des problèmes au niveau de la nappe phréatique et de la perméabilité.

TABLEAU 6

| | N.SES | H(U/J) | H(E) |
|----|-------|--------|------|
| 1 | 1 | 1.21 | 0.00 |
| 2 | 8 | 1.13 | 1.71 |
| 3 | 9 | 1.12 | 1.79 |
| 4 | 10 | 1.11 | 1.89 |
| 5 | 11 | 1.10 | 1.92 |
| 6 | 12 | 1.09 | 2.14 |
| 7 | 13 | 1.08 | 2.19 |
| 8 | 17 | 1.07 | 2.24 |
| 9 | 18 | 1.06 | 2.29 |
| 10 | 21 | 1.05 | 2.68 |
| 11 | 22 | 1.05 | 2.69 |
| 12 | 23 | 1.04 | 2.71 |
| 13 | 24 | 1.04 | 2.73 |
| 14 | 25 | 1.03 | 2.79 |
| 15 | 26 | 1.03 | 2.88 |
| 16 | 27 | 1.02 | 2.93 |
| 17 | 28 | 1.02 | 3.01 |
| 18 | 29 | 1.01 | 3.01 |
| 19 | 32 | 1.00 | 3.04 |

Tab. 6.1 Décroissance de l'entropie pour 1978.

| | DIN | DEX | DGR | DAD | DBO | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| F(J) | 566 | 259 | 7 | 127 | 119 | 1078 |
| T(E/J) | 0.16 | 0.06 | 0.27 | 0.14 | 0.22 | |

Tab. 6.2 Fréquence (F(J)) et spécificité environnementale (T(E/J)) pour 1978.

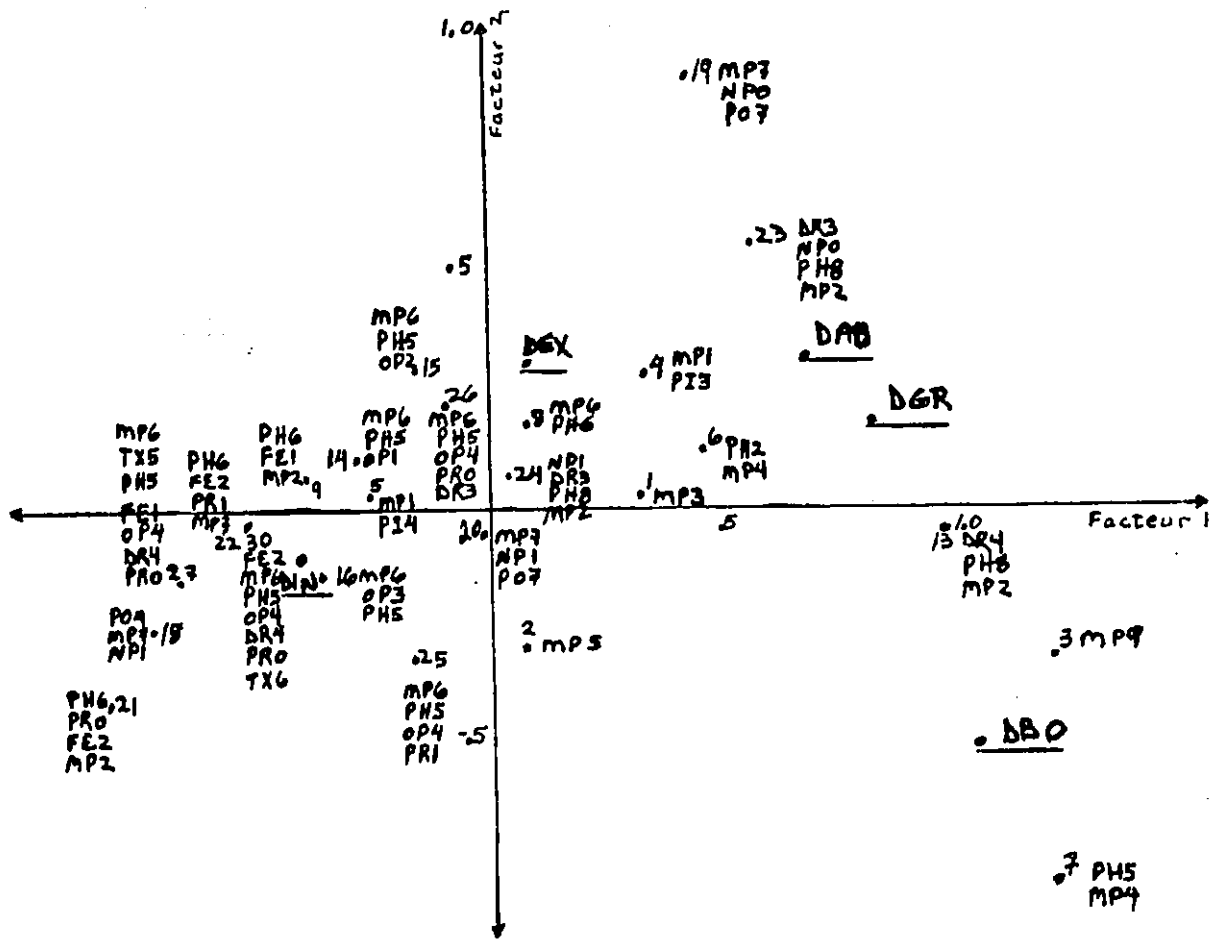
| | DIN | DEX | DGR | DAD | DBO |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 6 | 6 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | 32 | 6 | 2 | 5 | 9 |
| 3 | 8 | 11 | 1 | 19 | 28 |
| 4 | 11 | 11 | 0 | 7 | 4 |
| 5 | 96 | 39 | 0 | 11 | 8 |
| 6 | 13 | 14 | 0 | 8 | 8 |
| 7 | 4 | 1 | 0 | 4 | 10 |
| 8 | 43 | 33 | 0 | 13 | 10 |
| 9 | 7 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 12 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 13 | 1 | 10 | 0 | 3 | 8 |
| 14 | 38 | 17 | 0 | 5 | 2 |
| 15 | 25 | 16 | 0 | 6 | 1 |
| 16 | 38 | 13 | 0 | 0 | 4 |
| 17 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 29 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 2 | 5 | 0 | 4 | 0 |
| 20 | 22 | 6 | 0 | 6 | 4 |
| 21 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 19 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 11 | 15 | 2 | 17 | 4 |
| 24 | 19 | 15 | 1 | 2 | 5 |
| 25 | 26 | 4 | 0 | 3 | 5 |
| 26 | 13 | 2 | 0 | 6 | 0 |
| 27 | 56 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 29 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 30 | 32 | 8 | 0 | 2 | 0 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 32 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 |

Tab. 6.3 Matrice des fréquences des systèmes d'utilisation du sol dans différentes unités de paysage pour 1978.

| RANG | DESCRIPTEURS | INFORMATION MUTUELLE INITIALE | INFORMATION MUTUELLE UTILISÉE | % de la NÉGUENTROPIE |
|------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1 | mat. par. | 0.08 | 0.08 | 40.20 |
| 2 | fertilité | 0.06 | 0.03 | 14.66 |
| 3 | pH | 0.05 | 0.03 | 14.00 |
| 4 | nap. phréatique | 0.01 | 0.01 | 7.70 |
| 5 | drainage naturel | 0.04 | 0.01 | 6.64 |
| 6 | ori. mat. par. | 0.03 | 0.01 | 4.75 |
| 7 | pente | 0.10 | 0.01 | 4.42 |
| 8 | perméabilité | 0.00 | 0.01 | 3.17 |
| 9 | pierrosité | 0.02 | 0.01 | 2.59 |
| 10 | texture | 0.05 | 0.00 | 1.87 |
| 11 | ass. de sol | 0.09 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | secheresse | 0.01 | 0.00 | 0.00 |

FIGURE 6

Représentation des unités paysagiques et des systèmes d'utilisation du sol dans le plan factoriel 1 - 2 pour 1978.



Le système extensif est caractérisé par un sol qui est modérément pierreux avec un pH variable (de modérément acide à légèrement acide, neutre, de neutre à légèrement alcalin, alcalin). Le drainage est imparfait avec des problèmes au niveau de la nappe phréatique mais non pas au niveau de la perméabilité.

Le système d'abandon est caractérisé par du matériel parental consistant de till à texture grossière et de dépôts deltaïques sur dépôts lacustres. La pente est légèrement ondulée. Le sol a un drainage imparfait, un pH alcalin et n'a pas de problème au niveau de la nappe phréatique.

Le système de grazing est caractérisé par du till à texture grossière, un drainage pauvre et un pH alcalin.

Le système de boisé est caractérisé par du matériel parental consistant de dépôt deltaïque bien trié et du matériel organique.

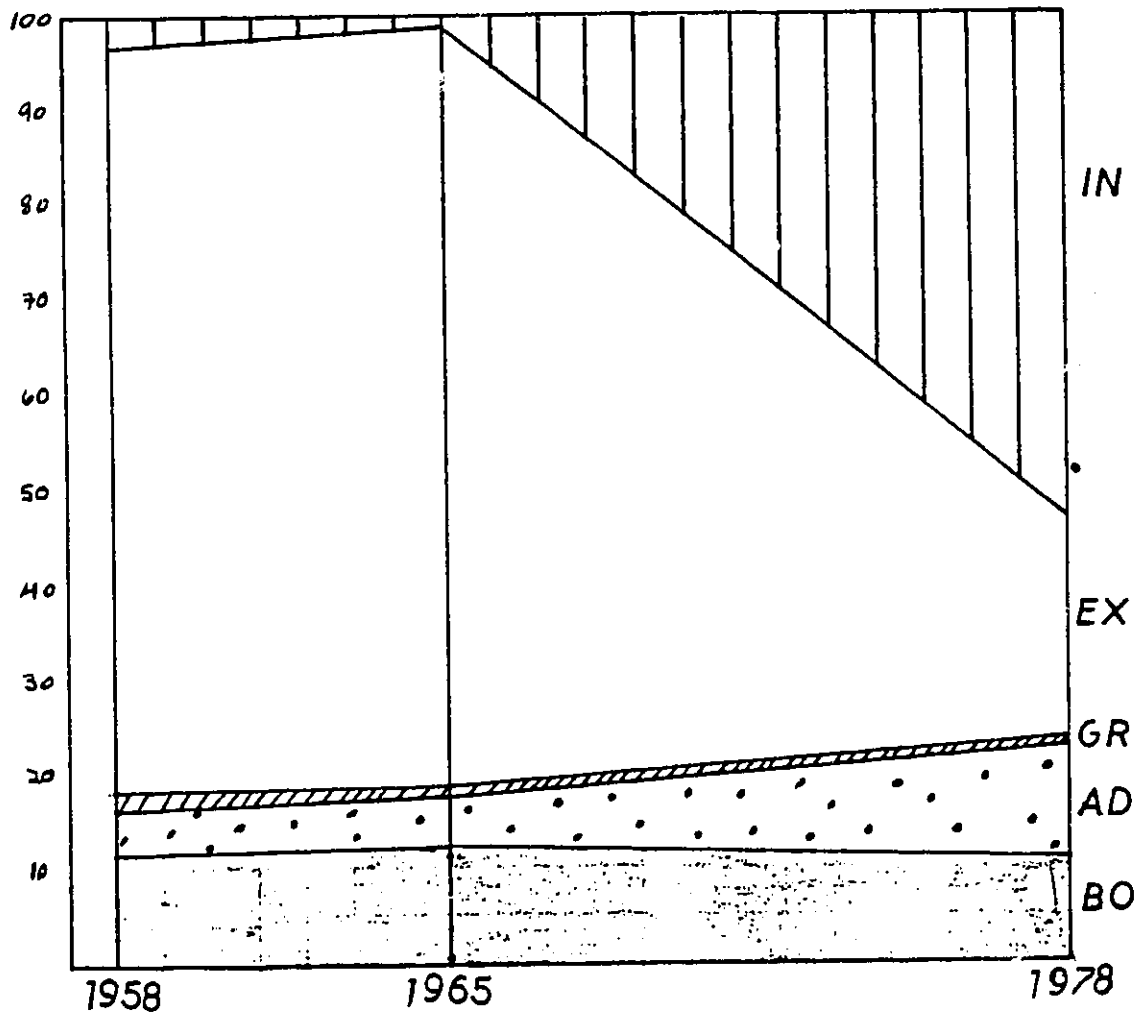
5.4 Synoptique des trois périodes.

Du début à la fin de la période totale on remarque qu'il y a une tendance à l'intensification (figure 7). Mais le changement majeur dans les systèmes d'utilisation du sol ne s'est fait qu'entre 1965 et 1978 au profit du système de culture intensive et au détriment du système extensif. En effet, entre 1958 et 1965, la fréquence des sites consacrés à la culture intensive reste faible (30 à 7) tandis qu'elle est très élevée pour l'extensif (874 à 895). C'était le mode d'agriculture traditionnel qui était l'option de la plupart des agriculteurs. Le paysage était relativement stable. Cependant de 1965 à 1978 le système d'utilisation intensif a gagné en importance, passant à 566 sites, tandis que l'extensif a diminué jusqu'à 259 sites. L'intensification de l'agriculture crée une plus grande diversité. Ce changement tardif a provoqué une mutation dans l'organisation du paysage. La fréquence des sites consacrés au système de pâturage diminue régulièrement durant les trois périodes. Le système d'abandon augmente légèrement entre 1958 et 1965 et plus rapidement entre 1965 et 1978. Le système de boisé subit une légère augmentation entre 1958 et 1965, suivie d'une diminution entre 1965 et 1978.

De façon générale, trois systèmes d'utilisation du sol ont subi une augmentation assez constante de leurs spécificités: l'intensif (IN), le pâturage (GR) et le boisé (BO) (figure 4). Le système d'abandon (AD) a vu la sienne diminuer régulièrement au cours des trois périodes. La spécificité du système extensif (EX) a augmenté jusqu'en 1965 puis a diminué très fortement jusqu'en 1978. Ceci veut dire que l'agriculture est beaucoup plus organisée avec l'intérêt visant une rentabilité supérieure et une utilisation de l'espace plus efficace et plus structurée.

FIGURE 7

Graphique relatif des nombres.



5.5 La structure spatiale

Comme on peut le voir à la figure 8, le poids des facteurs écologiques diffère pour les trois périodes (Fig. 9, 10 et 11). Pour 1958, le drainage a été le principal facteur de division de l'espace écologique. Les sols, ayant un drainage qui variaient de bon à pauvre ont été cultivés les plus intensivement. Une opposition est apparue entre les systèmes les plus productifs; intensif (IN), extensif (EX) et les systèmes les moins productifs; pâturage (GR), abandon (AD) et boisé (BO). Les premiers se trouvent sur des sols où le drainage est bon (DR1), imparfait (DR3) et pauvre (DR4) et les seconds sur des sols où le drainage est très pauvre (DR5).

En 1965 et 1978, la nature du substrat (matériel parental) a été le principal facteur de division de l'espace écologique. Ce sont les substrats d'origine glaciaire, deltaïque et lacustre qui ont été les plus intensivement cultivés (tableau 7). Le système intensif se retrouve sur le matériel à texture fine et moyenne en 1965 et sur toutes les textures en 1978 tout comme le système extensif pour les mêmes périodes. Le système de pâturage se localise à peu près partout. Cependant, les systèmes d'abandon et de boisé se retrouvent principalement sur les sols organiques.

En 1965 et 1978, le drainage a donc perdu de son importance sans doute suite à des améliorations technologiques, devenant le quatrième facteur de division de l'environnement en 1965 et le cinquième en 1978. La nature du substrat (matériel parental) a été le principal facteur de division de l'espace écologique pour 1965 et 1978.

FIGURE 8

Poid des facteurs écologiques pour les trois périodes.

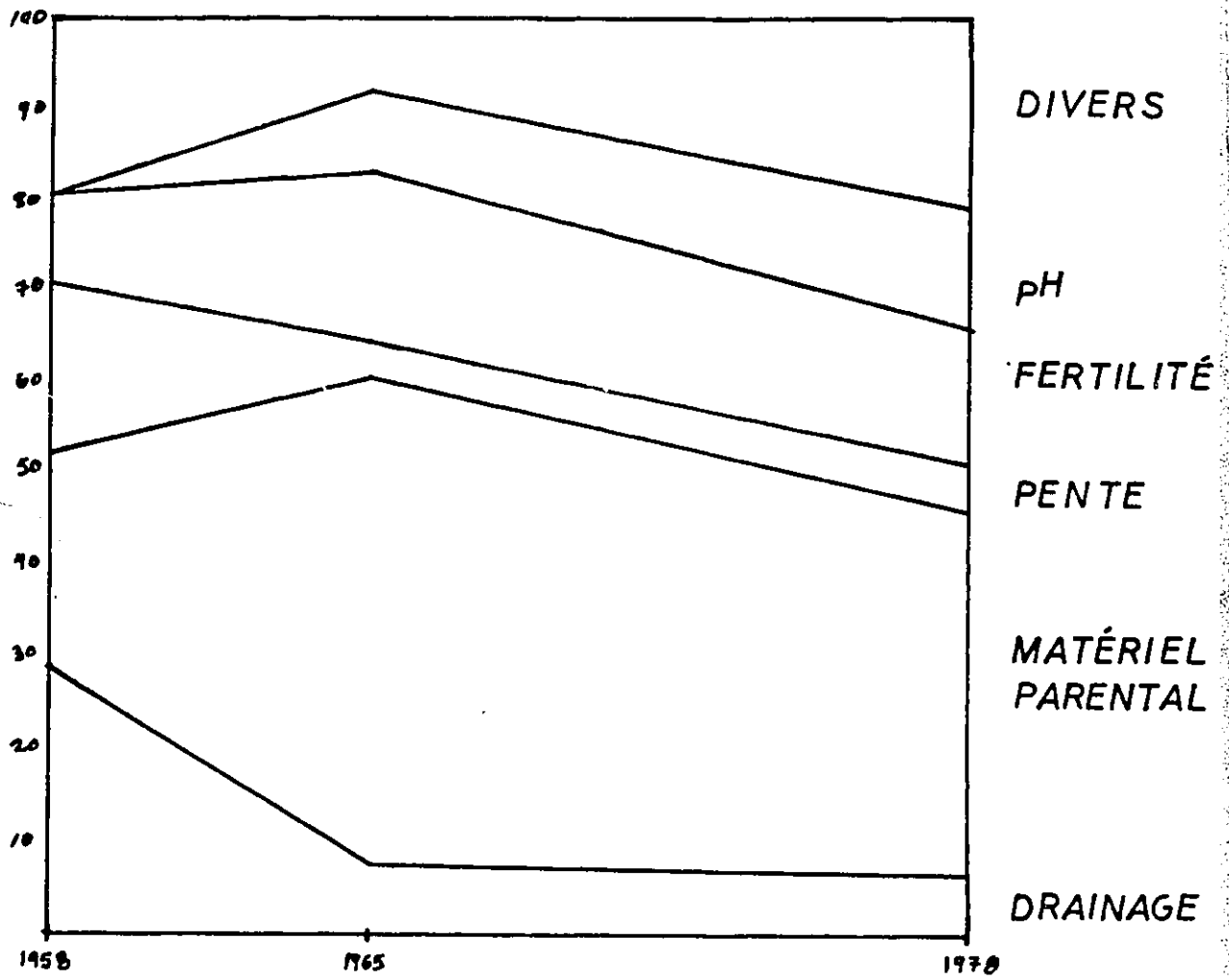
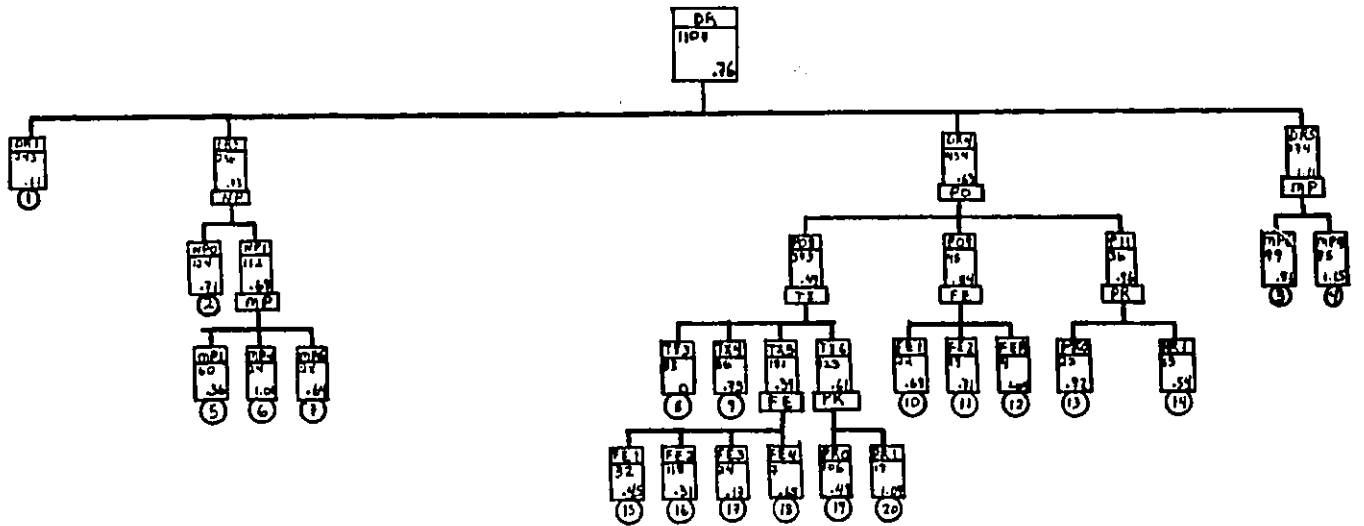


FIGURE 9

Dendrogramme issu de la procédure PEGASE représentant les divisions successives des points-échantillons jusqu'à la formation des unités paysagiques, pour 1958.



| | |
|------|----------------------|
| DR1 | variable class |
| 1114 | number of points |
| .76 | residual entropy |
| NP | significant variable |

(code des variables sur le tableau 2)

FIGURE 10

Dendrogramme issu de la procédure PEGASE représentant les divisions successives des points-échantillons jusqu'à la formation des unités paysagiques, pour 1965.

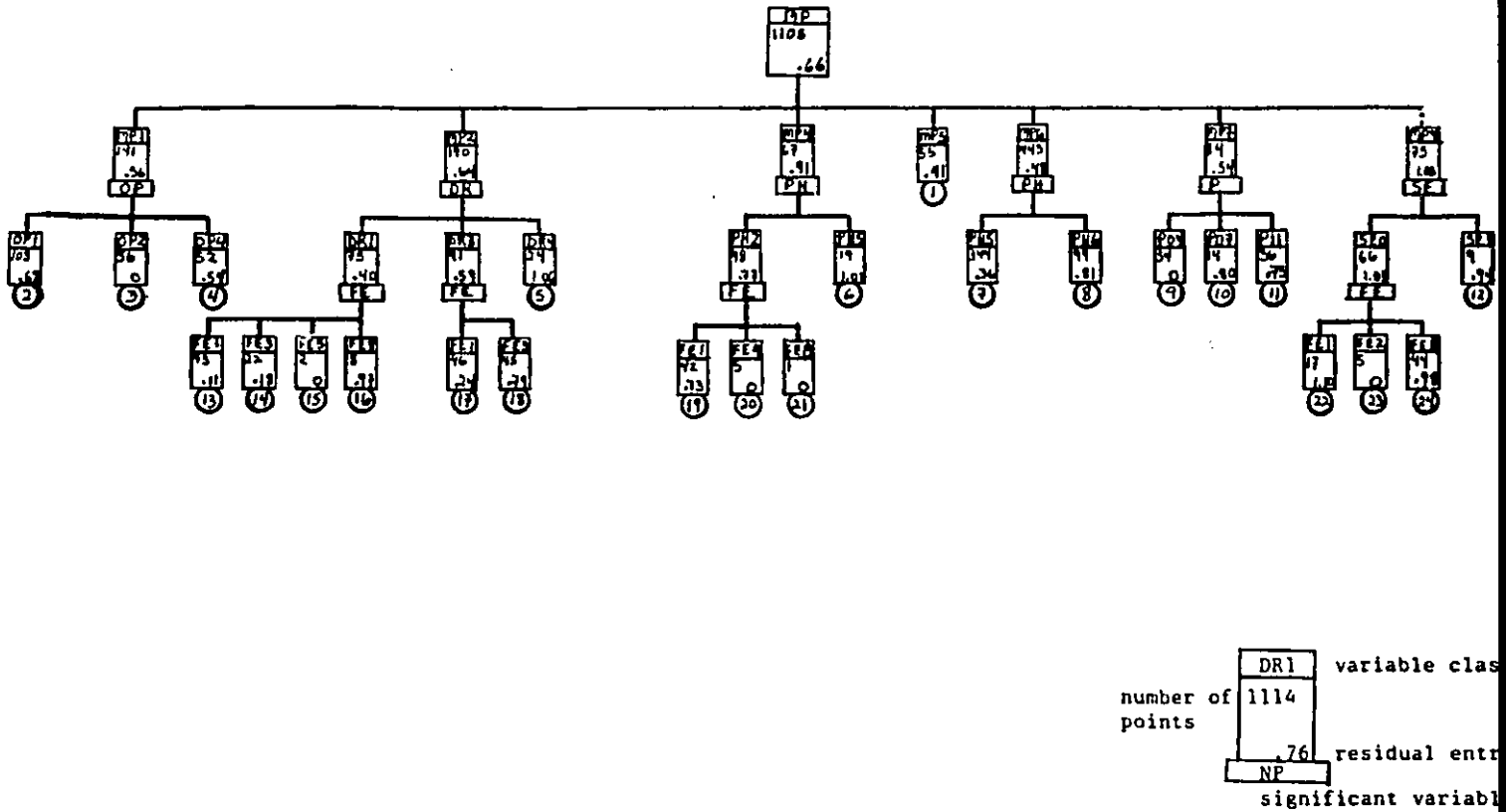


FIGURE 11

Dendrogramme issu de la procédure PEGASE représentant les divisions successives des points-échantillons jusqu'à la formation des unités paysagiques, pour 1978.

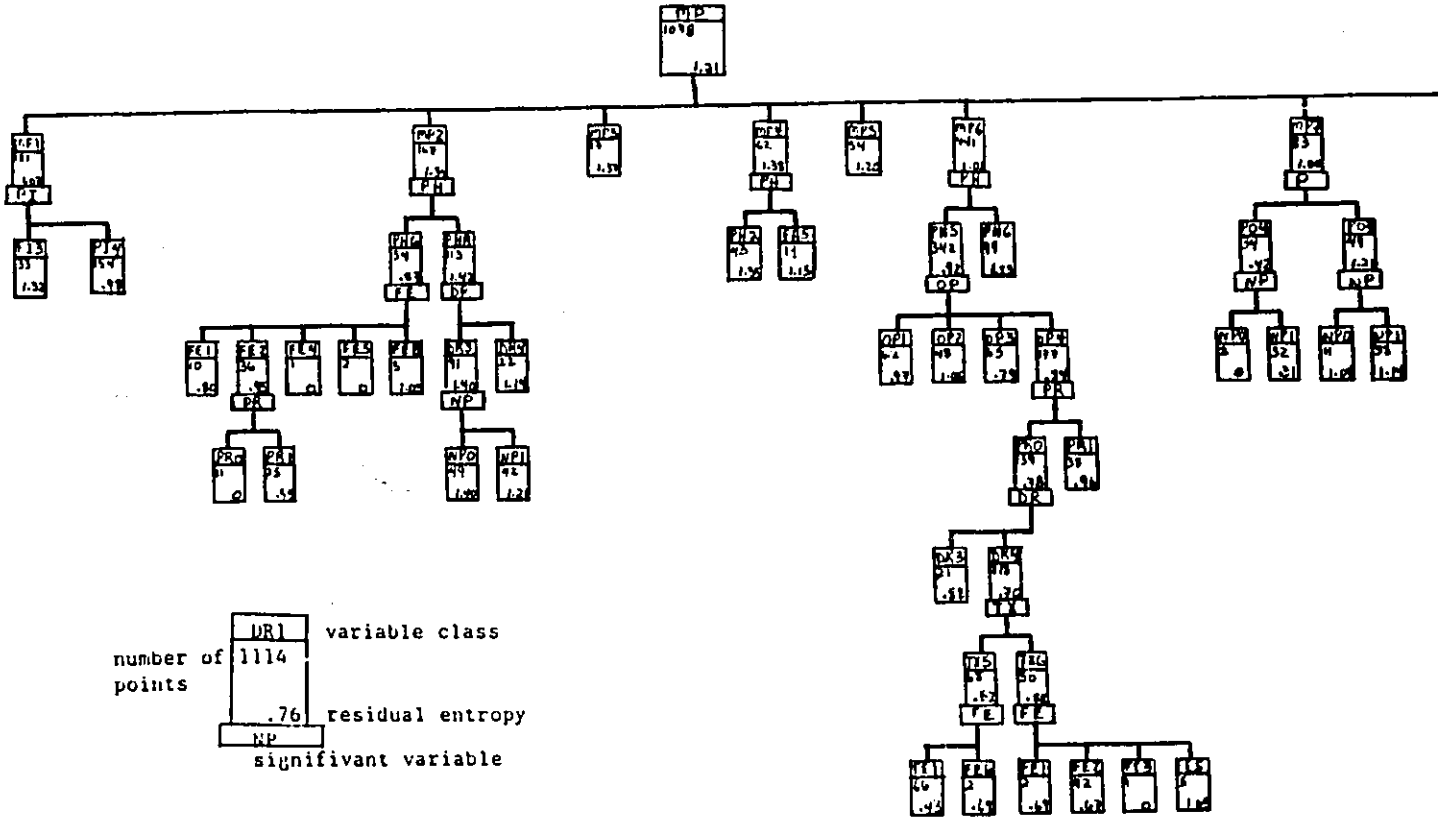


TABLEAU 7

Fréquence en pourcentage des SUS pour le premier facteur divisif pour les trois périodes.

A. 1958

| DRAINAGE NATUREL | | SUS | BIN | BEX | BGR | BAD | BBO |
|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| DR1 | BON | | 03 | 86 | 03 | 03 | 05 |
| DR3 | IMPARFAIT | | 02 | 80 | 02 | 06 | 10 |
| DR4 | PAUVRE | | 04 | 83 | 01 | 02 | 10 |
| DR5 | TRÈS PAUVRE | | 01 | 56 | 05 | 13 | 26 |

Fréquence en pourcentage des systèmes d'utilisation du sol dans les divers types de drainage.

B. 1965

| SUBSTRAT | | SUS | CIN | CEX | CGR | CAD | CBO |
|----------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| M01 | till à texture moyenne | | 01 | 86 | 02 | 05 | 06 |
| M02 | till à texture grossière | | 00 | 80 | 00 | 06 | 13 |
| M04 | dépôt deltaïque bien assorti | | 00 | 64 | 02 | 09 | 25 |
| M05 | lacustrine à texture moyenne | | 00 | 85 | 00 | 00 | 15 |
| M06 | lacustrine à texture fine | | 01 | 89 | 01 | 03 | 06 |
| M07 | dépôt deltaïque sur dépôt lacustre | | 00 | 86 | 01 | 06 | 07 |
| M09 | organique | | 00 | 28 | 01 | 17 | 53 |

C. 1978

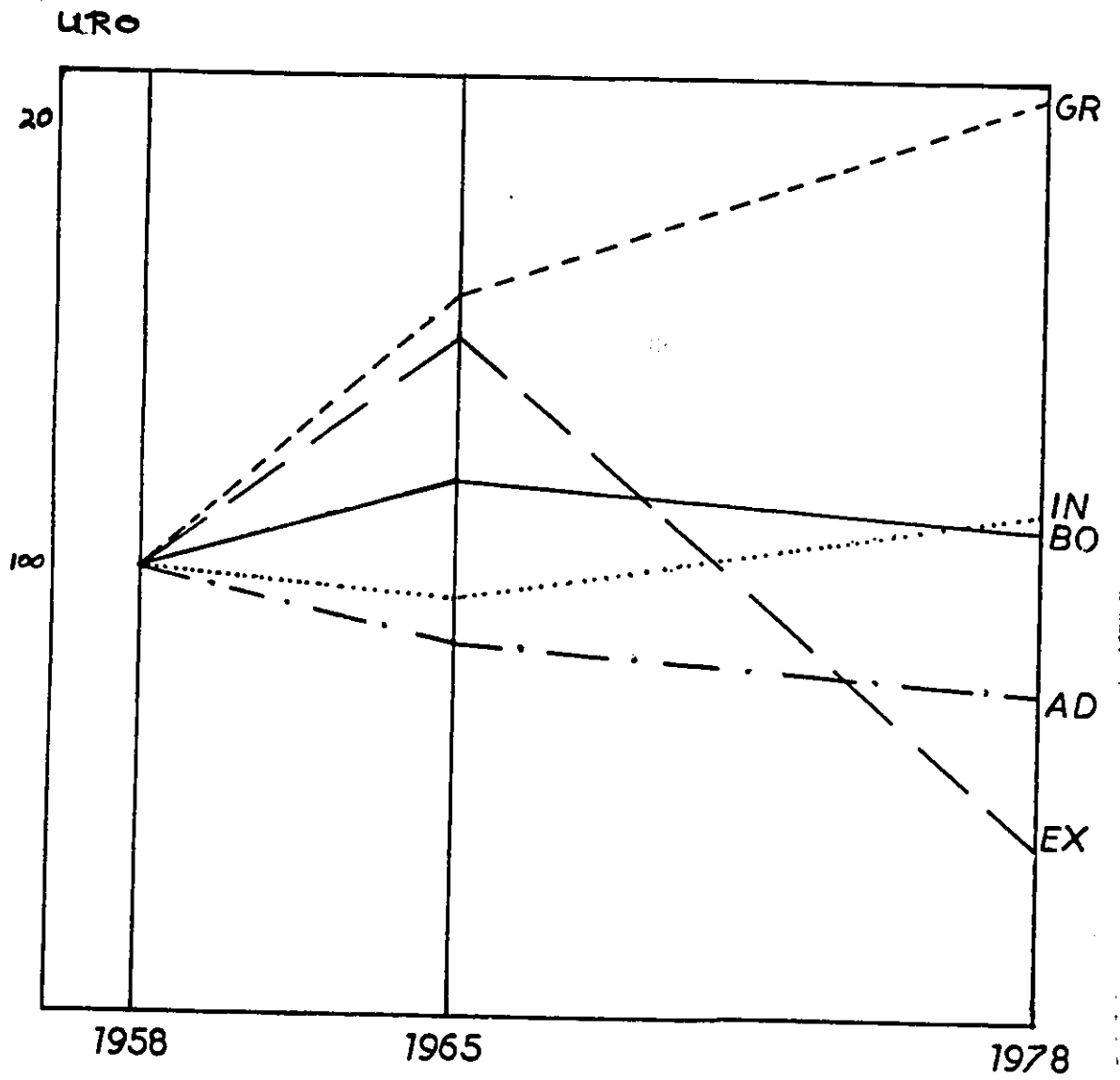
| SUBSTRAT | | SUS | DIN | DEX | DGR | DAD | DBO |
|----------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| M01 | till à texture moyenne | | 57 | 27 | 00 | 10 | 06 |
| M02 | till à texture grossière | | 42 | 29 | 02 | 15 | 12 |
| M03 | dépôt deltaïque peu assorti | | 35 | 35 | 06 | 06 | 18 |
| M04 | dépôt deltaïque bien assorti | | 27 | 24 | 00 | 19 | 29 |
| M05 | lacustrine à texture moyenne | | 59 | 11 | 04 | 09 | 17 |
| M06 | lacustrine à texture fine | | 62 | 24 | 00 | 08 | 05 |
| M07 | dépôt deltaïque sur dépôt lacustre | | 64 | 19 | 00 | 12 | 05 |
| M09 | organique | | 12 | 16 | 02 | 28 | 42 |

5.6 Spécificité des niches paysagiques

L'analyse factorielle a mis en évidence les diverses contraintes pesant sur l'utilisation du sol et montré la position des niches paysagiques ainsi que leurs spécificités (Tab. 4.2, 5.2, 6.2). Les changements de l'organisation écologique reflètent à la fois celle des surfaces consacrées aux différents systèmes d'utilisation du sol et celle de la spécificité des niches paysagiques, c'est-à-dire du caractère plus ou moins strict des relations entre chaque système et l'environnement (Phipps & Dumanski, 1983). La spécificité des différentes niches paysagiques des systèmes d'utilisation du sol sont données à la figure 12. De façon générale, les systèmes de (GR) grazing et (IN) intensif voient leur spécificité augmenter, tandis que les systèmes de (BO) boisé, (AB) d'abandon et (EX) d'extensif voient la leur diminuer. Le système de pâturage, n'a pratiquement pas augmenté en nombre (figure 7) et possède en outre, au cours des trois périodes, la niche la plus spécifique. Ceci peut s'expliquer par le fait que les exploitants améliorent les techniques de gestion et réservent les terres à potentiel marginal pour ce genre d'activité agricole. Le système de pâturage est très bien défini du point de vue environnemental, surtout en 1978. Il s'agit de terres au potentiel le plus marginal. Le pâturage s'intègre donc parfaitement à la stratégie agricole. Le système intensif a aussi augmenté la spécificité de sa niche. Pour des raisons inverses, la spécificité du système intensif a augmenté avec ce système s'établissant sur des terres bien définies du point de vue environnemental et à haut potentiel agricole. L'amélioration des techniques de gestion et des cultures ainsi que des améliorations comme le drainage a permis à cette activité agricole d'être beaucoup plus pratiquée. La perte de spécificité des systèmes extensif, boisé

FIGURE 12

Évolution comparé de la spécificité des niches paysagiques des différents systèmes d'utilisation du sol (1958=100).



et d'abandon traduit une plus grande diversité des types de sols sur lesquels ces genres d'activités agricoles ont perduré. On peut donc les rencontrer aussi bien sur un bon sol que sur un sol de moindre qualité. Ceci traduit l'augmentation des surfaces d'agriculture de l'extensif, de l'abandon et de boisé sur une grande diversité de types de sols.

Le graphique relatif des nombres (figure 8) nous montre que de 1958 à 1965 les systèmes d'utilisation du sol étaient plutôt extensifs tandis que de 1965 à 1978 l'utilisation du sol était plus intensive. Il y a eu une diversification et une intensification de l'utilisation du sol durant cette dernière période. Donc certains systèmes d'utilisation du sol (ex: grazing) se sont retrouvés avec une niche écologique très spécifique même si leur nombre n'a pas augmenté.

DISCUSSION

6.1 Évolution de l'organisation écologique: La perspective géographique

D'après les résultats obtenus des études déjà existantes (Phipps *et al*, 1986 a et b), la figure 13 montre une opposition entre une dynamique modérée et régulière en présence d'une pression urbaine faible (UR1) et une dynamique radicale et contradictoire au contact direct de l'urbanisation (UR2).

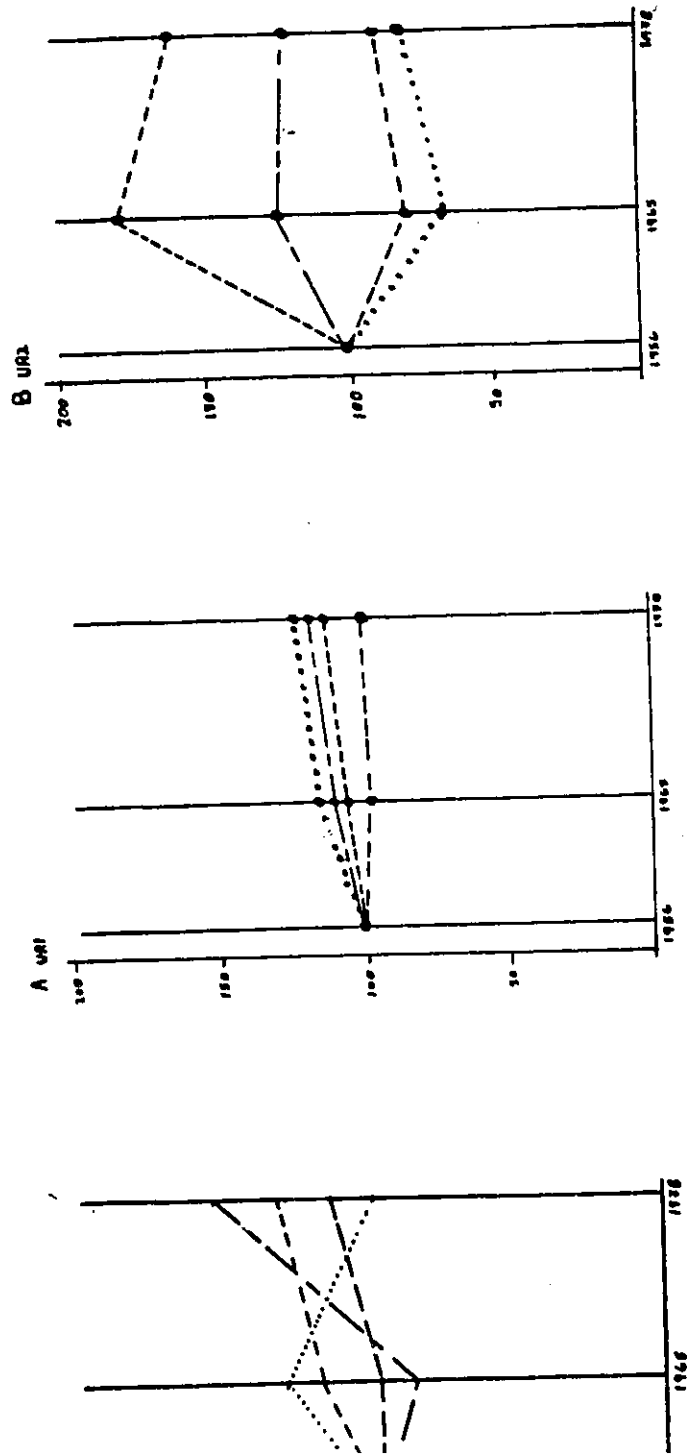
Dans le segment UR2, les auteurs ont montré qu'il y a une diversification de l'utilisation du sol mais, en même temps qu'il y a une utilisation de plus en plus uniforme de l'environnement qui se traduit par l'abaissement de la complexité environnementale $H(E)$. La vague d'intensification frappe très tôt (1956-1965) et affecte fortement le segment UR2. Le phénomène est tel que les changements dans la diversité ne peuvent s'intégrer dans la structure d'organisation. La diversification globale croît plus vite que la redondance, ce qui provoque une diminution de l'ordre écologique du paysage.

Dans la deuxième période, l'intensification régresse et certains systèmes d'utilisation du sol (ex. AD) s'accroissent et deviennent non spécifiques écologiquement. Une reprise de l'urbanisation apparaît mais correspond à un ordre de type "periurbain". Cette nouvelle organisation reflète l'effet des politiques de planification mises en oeuvre vers la fin des

FIGURE 13

D'après la dynamique de l'organisation écologique d'un paysage rural: effet désorganisateur d'un stimulus allogène (Pressions Urbaines).

R (RU)
H₀ (O)
H₁ (N)
H₂ (B)



années 1960 (Phipps *et al*, 1986 a et b).

Dans le segment UR1, la vague d'intensification est aussi précoce mais beaucoup plus modérée. Les changements qu'elle entraîne s'intègrent à la structure d'organisation. La redondance croît légèrement plus vite que la diversité, cependant le paysage reste organisé. Il y a un accroissement de la complexité environnementale H(E) et un accroissement de l'ordre écologique du paysage. La diversification est régulière de 1956 à 1978. Entre 1956 et 1965, l'augmentation de l'activité agricole est plus active tandis que, de 1965 à 1978, c'est le prolongement de ce qui a été commencé.

Dans le segment UR0 (Dundas), la vague d'intensification n'arrive que plus tard (1965-1978). Elle est modérée mais elle ne semble pas s'intégrer totalement à la structure d'organisation car la redondance décroît. Nous constatons un accroissement de la complexité environnementale de plus en plus diverse et nuancée. La variation des 4 mesures indique une décroissance de l'ordre écologique du paysage (fig. 13).

En comparaison avec les études déjà existantes, le segment UR0 reflète un mode d'organisation, de 1958 à 1965, très faible avec une dynamique modérée et régulière (figure 13a). La diversification est bien intégrée dans la structure d'organisation. Il y a un accroissement de la complexité environnementale ainsi que de l'ordre écologique du paysage. Le même segment reflète un mode d'organisation, de 1965 à 1978, plus accentué avec une dynamique plus forte (figure 13b). Il y a une diversification rapide de l'utilisation du sol qui n'est pas bien intégrée dans la structure d'organisation. L'utilisation devient uniforme, ce qui provoque une baisse de la complexité environnementale ainsi qu'une baisse de l'ordre écologique.

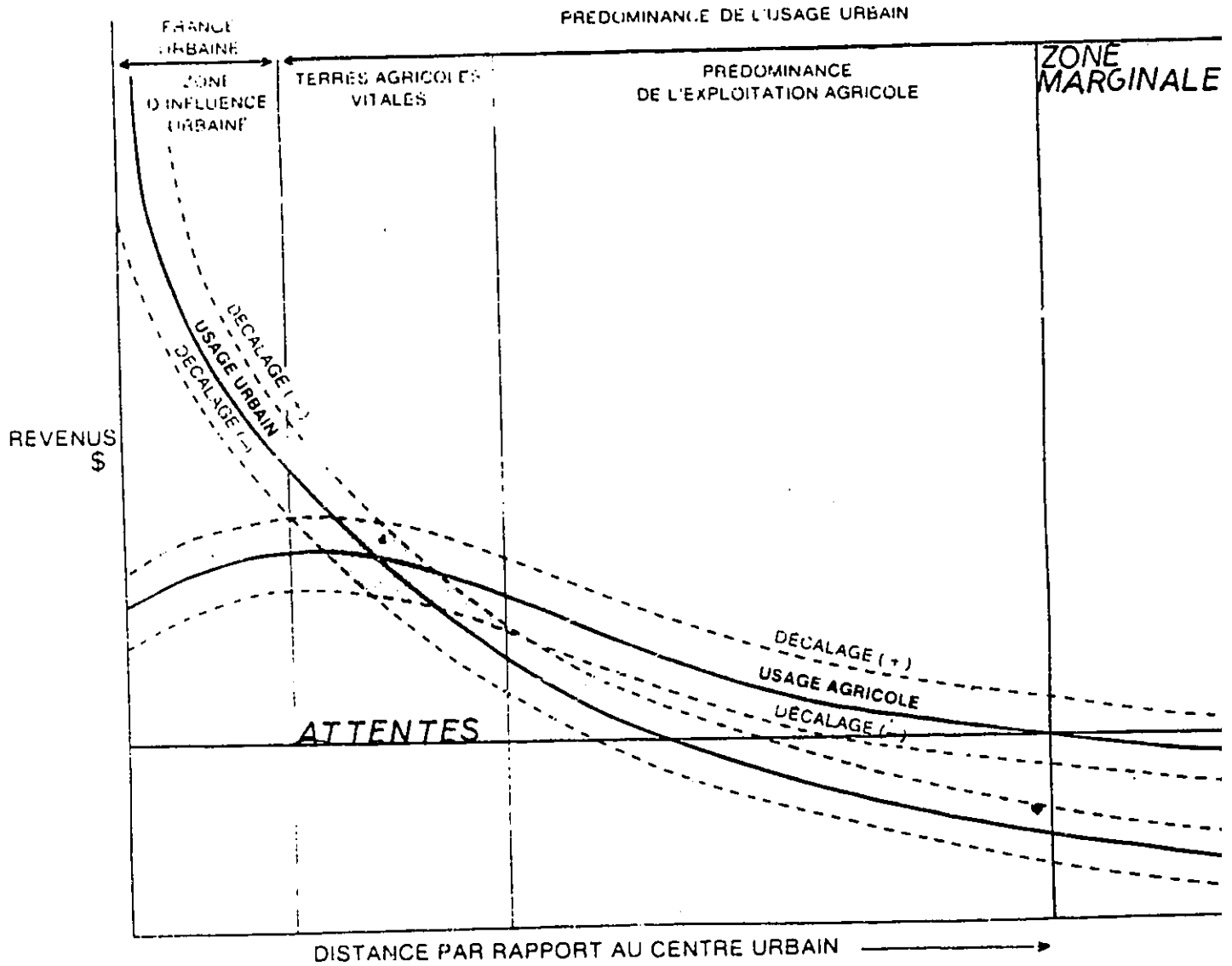
6.2 Modèle théorique de McCuaig et Manning.

Des changements substantiels causés par de nombreux facteurs ont eu lieu dans l'utilisation des terres agricoles. Selon McCuaig et Manning il y a deux aspects du changement visible survenu dans l'utilisation des terres rurales: a) l'urbanisation des terres agricoles situées à proximité des centres urbains; b) les pertes et gains dans le nombre de fermes et d'agriculteurs. Pour comprendre ce phénomène ils ont développé un modèle théorique se basant sur la distance relative à partir des limites des centres urbains.

A partir de ce modèle théorique, les auteurs ont identifiés des régions spécifiques, où les changements de l'utilisation du sol présentent des caractéristiques différentes. L'espace agricole se trouve divisé en quatre zones: *zone d'influence urbaine*, *zone de terres agricoles vitales*, *zone de prédominance de l'exploitation agricole*, et *zone marginale*. Ces divisions de l'espace agricole sont le résultat des diverses fonctions de la distance, (McCuaig & Manning, 1982), (figure 14). Les demandes urbaines en terres diminuent fortement à mesure qu'on s'éloigne des villes. (concept de von Thünen) (Chisholm, 1969; Found, 1971). Cette diminution est en fonction de la baisse des revenus que rapportent les usages selon la distance de la ville. Les gains économiques de l'exploitation agricole varient beaucoup moins en fonction de l'éloignement des centres que les revenus provenant d'usages urbains grâce à des facteurs tels que la qualité des sols ou des techniques de gestions. Selon la figure 14, la zone d'influence urbaine est définie comme étant une zone de terres rurales où le marché urbain prédomine. La rente liée à un usage urbain dépasse la rente liée à la production agricole et les attentes. Les exploitants qui se trouvent dans cette zone subissent plus de pression que ceux qui se trouvent dans les trois autres zones. Ces pressions poussent

FIGURE 14

Dynamique de la frontière intérieure.



D'après: L'évolution de l'utilisation des terres agricoles au Canada; processus et conséquences. No. 21, J. D. McCuaig et E. W. Manning.

l'agriculteur à changer ses activités pour répondre aux besoins du marché urbain en augmentant l'utilisation du sol ou en vendant sa propriété pour usages non-agricoles. L'infrastructure de base est transformée avec l'accent mis sur les besoins de la ville plutôt que sur ceux des exploitations agricoles.

La seconde zone importante est la zone de terres agricoles vitales. L'utilisation agricole rapporte généralement plus que toute autre utilisation du sol et constitue aussi l'entreprise prédominante. Les changements dans l'utilisation des terres peuvent être produits par les fluctuations dans l'évolution de l'offre et de la demande. Les régions vitales sont, elles aussi, soumises aux pressions exercées par la ville, mais à un degré moindre que la zone d'influence urbaine. Ces pressions se font sentir surtout par l'utilisation du sol à des fins de récréation et par l'infiltration de valeurs urbaines à l'intérieur des communautés rurales. A l'intérieur de cette seconde zone, on trouve une ombre de l'influence urbaine où il y a une compétition certaine entre les deux types d'utilisation: urbaine et agricole. On peut se demander si la qualité des sols peut faire une différence en faveur de l'agriculture. En effet l'agriculteur a plus de chance de rentabiliser l'exploitation agricole de sa ferme, ce qui va l'inciter à continuer ce genre d'entreprise. Les deux types d'affectations des sols coexistent donc, mais l'agriculture occupe la majorité des terres.

La zone de prédominance de l'exploitation agricole est la zone où la rente agricole est inférieure à celle des régions vitales. Celle de l'usage agricole dépasse quand même celle de l'usage urbain et en dépasse les attentes. La zone marginale est la limite extrême des terres utilisées à des fins agricoles. La rente provenant de l'agriculture est moindre que le niveau de vie minimal acceptable. C'est un secteur économiquement marginal en raison de divers facteurs physiques, économiques et sociaux.

Toutes les zones possèdent une frontière en progression et une marge de recul. Avec le temps, la position de la frontière peut se déplacer vers l'une ou l'autre à cause de l'évolution

de la demande.

Ce modèle est la contribution d'une étude tenant compte de l'effet de la distance de la ville sur le paysage rural. Cet effet de la distance est vu d'un point de vue géographique et économique. Le modèle de McCuaig et Manning n'est pas le but de notre étude mais plutôt un cadre géographique dans lequel nous situons notre analyse pour cette étude de l'effet de la distance à la ville sur les changements écologique du paysage rural. Selon le modèle théorique de Manning et McCuaig (1982) (fig. 14) la zone d'influence urbaine est la plus apte à changer à cause des spéculations d'ordre non-agricole et correspondrait, selon nous, au segment UR2 des études de Phipps *et al*, 1986 tandis que la zone de terres agricoles vitales, de transition, correspondrait au segment UR1. Enfin notre étude s'appliquerait à la zone de prédominance de l'exploitation agricole toujours selon ce même modèle théorique. et représenterait le segment UR0. L'association des résultats des études précédantes et de notre étude au modèle théorique de McCuaig et Manning nous a permis de délimiter géographiquement les trois segments obtenus; UR2, UR1 et UR0.

Il semblerait que la distance de la ville affecte la rapidité et l'intensité du phénomène. Près de la ville il y a des répercussions immédiates tandis que loin de la ville elles se font sentir plus tard. Ce travail, l'étude de Phipps *et al* ainsi que le modèle théorique de McCuaig et Manning semblent donc confirmer l'hypothèse qu'une proximité moyenne à la ville (UR1) serait un facteur positif du maintient et même de croissance de l'organisation écologique du paysage rural (Bryant *et al*, 1982; Bryant, 1976b). Ceci l'expliquerait par le fait que dans cette zone (no. 3 de McCuaig et Manning) la qualité des ressources confère un avantage crucial dans la compétition avec d'autres types d'usages. C'est là, l'apport principal de ce travail.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'apporter des connaissances sur le paysage rural ainsi que sur les relations entre différents types de systèmes d'utilisation du sol et leur organisation dans l'espace selon les caractéristiques dominantes des descripteurs. Elle apporte des renseignements pertinents et détaillés sur la nature et les liens entre les différentes activités agricoles d'une région.

L'organisation écologique d'un paysage rural de l'Ontario a été mesurée à trois périodes (1958, 1965, 1978) dans un segment sans effet d'un stimulus allogène (Pression Urbaine). Dans le segment UR0, n'étant influencé par aucune pression urbaine, on retrouve deux modes d'organisation. De 1958 à 1965 il y a dégradation d'un type d'organisation lié à l'activité agricole et émergence d'un nouveau type, de 1965 à 1978.

Cependant il y a une vague de retard pour le phénomène d'intensification. Selon les études de Phipps *et al*, a et b (1986), l'intensification a eu lieu entre 1956 et 1965. tandis que pour celle-ci, le phénomène a eu lieu entre 1965 et 1978. Les systèmes d'utilisation du sol reflètent l'effet de facteurs économiques et d'innovations techniques. L'étude montre que la distance des centres urbains est cruciale dans la dynamique du paysage rural.

La pression urbaine influence de manière significative les zones agricoles à moins de 1 Km (UR2) ainsi que les zones agricoles à plus de 10 Km (UR0). Les changements d'utilisation du sol provoquent une dégradation de l'ancienne structure d'organisation, puis

l'émergence d'une nouvelle structure. La zone intermédiaire (UR1), entre 1 Km et 10 Km, absorbe la pression urbaine. Les changements d'utilisation du sol sont stables et s'intègrent dans la structure d'organisation.

Le paysage étudié montre une corrélation entre les systèmes d'utilisation du sol et les diverses caractéristiques pédologiques. Les facteurs d'organisation dominants relèvent de relations fonctionnelles écologiques. Chaque système d'utilisation du sol est caractérisé par une niche paysagique qui définit ces relations vis-à-vis des descripteurs de l'environnement. Ceci met en évidence un champ d'organisation liée à l'espace des ressources.

REFERENCES

- Atlan, H. (1979) *Entre le Cristal et la Fumée*, Seuil, Paris, 27-60.
- Bastin, C, J. P. Benzéri, Ch Bourgaut et P. Cazes, (1980). *Pratique de l'Analyse des Données*, Vol. 2, Bordas, Paris.
- Baudry, J & F. Burel (1985), Système écologique, espace et théorie de l'information, dans Berdoulay V. et M. Phipps, dir., *Paysage et Système*, éditions de l'université d'Ottawa, 7:87-102.
- Bertalanffy (von), L., (1968) *General System Theory*, Braziller, New-York, 30-53.
- Bryant, C. R. (1976b) *Farm-Generated Determinants of Land Use Change in the Rural-Urban Fringe in Canada, 1961-1975*, Technical Report, Lands Directorate, Environment Canada, Ottawa.
- Bryant, C. R., Russwurm, L. H. & A. G. McLellan (1982) *The city's countryside, Land and its management in the rural-urban fringe*, Longman, London.
- Chisholm, Michael (1969) *Rural Settlement and Land Use*, W. G. East (ed), Hutchinson University Library, London.
- Coleman, A., (1978). Ottawa's Changing Rurban Fringe. In: *Ottawa-Hull Spatial Perspectives and Planning*, Dir. R. Wesche & M. Kugler-Gagnon, University of Ottawa Press, Ottawa, 101 - 114.
- Daget, J., (1976). *Les modèles mathématiques en écologie*, Masson, Paris.
- Da Silva, J. V., (1979). *Introduction à la théorie écologique*, Masson, Paris.

- Dumanski J. & M. Phipps (1983) *Application of Information Theory to the Study of Agricultural Land Use Adjustment to Natural Environments*, Applied Geography Conferences, Frazier J. W., Epstein, B. J., Bardecki, M., & H. Jacobs (eds), 6:61-72.
- Dumanski, J., M. Phipps and E. Huffman (1987) A study of relationships between soil survey data and agricultural land use using information theory, *Can. J. Soil Sci.*, 67:95-102.
- Forman, R. T. T. & M. Godron (1984) Landscape ecology principles and landscape function In: *Methodology in landscape ecological research and planning*, Tome I, *Landscape ecological concepts*, Brandt J. & P. Agger (eds), Rodkilde University Center, Denmark, 4 - 15.
- Found, W. C. (1972) *A Conceptual Approach to Rural Land Use - Transportation Modelling in the Toronto Region*, research report No. 8, University of Toronto - York University Joint Program in Transportation, Downsview: York University Transport Center.
- Found, W. C. (1971). *A Theoretical Approach to Rural Land-Use Patterns*, Butler & Tanner Ltd., London.
- Gierman, D. M. (1977). *Urbanisation des terres rurales*, Direction: général des terres, Ministre des Approvisionnements et Services Canada, Publication Hors-Série, no. 16, Ottawa.
- Gierman D. M., (1979). *Rural Land Use Changes in the Ottawa-Hull Urban Region*, Lands Directorate Environmental Management Service, Environment Canada, No. 9, Ottawa.
- Goodall, D. W., (1973). Numerical Classification In: *Ordination and Classification of Communities, Handbook of Vegetation Science*, R. H. Whittaker (ed.), B. W. Junk, The Hague, 577 - 615.
- Huffman E., J. Dumanski, (1983). *Agricultural Land Use Systems of the Regional*

Municipality of Ottawa-Carleton, L.R.R.I., Contribution No. 82-07, Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario.

Legendre L., P. Legendre, (1984) *Écologie numérique, La structure des données écologiques*, Tome 2, Masson, Paris et les Presses de l'université du Québec.

Legendre L., P. Legendre, (1984) *Écologie numérique, Le traitement multiple des données écologiques*, Tome 1, Masson, Paris et les Presses de l'université du Québec.

Marchand, B. (1972) *Information Theory and Geography*, *Geogr. Analys.*, 4:234

Marshall, I. B., J. Dumanski, E. C. Huffman et P. J. Lajoie, (1979) *Soils, Capability and Land Use in the Ottawa Urban Fringe*, *Ontario Soil Survey*, Rpt. 47, Ontario Ministry of Agriculture and Food, Toronto, Ont.

Matthews, B. C., N. R. Richards, (1954) *Soil Survey of Stormont County*, Rpt. No. 20 of the Ontario Soil Survey, Guelph.

Matthews, B. C., N. R. Richards, (1952) *Soil Survey of Dundas County*, Rpt. No. 14 of the Ontario Soil Survey, Guelph.

McCuaig J. D., E. W. Manning (1982) *L'évolution de l'utilisation des terres agricoles au Canada: Processus et Conséquences*, Environnement Canada No. 21, Ottawa, Ontario.

Morin, E., (1977) *La méthode*, Tome I, Editions du Seuil, Paris.

Naveh Z., A. Lieberman, (1984) *Landscape Ecology, Theory and Applications*, Springer Verlag, New-York.

Neimanis, V. P., (1979) *L'inventaire des terres du Canada: Les villes canadiennes et les terres environnantes*, *L'inventaire des terres du Canada*, No. 15, Environnement Canada,

Ottawa.

- Phipps, M., (1984). Structure and Development in agricultural landscape, *Ekologia* 3: 179 - 192.
- Phipps M., (1981a). Entropy and Community Pattern Analysis. *Journal of Theoretical Biology*, 93: 253-273.
- Phipps, M., J. Baudry, F. Burel, (1986a). Ordre topo-écologique dans un paysage rural: Les niches paysagiques, *C. R. Acad. Sc.* t. 302, Série III, No. 20, Paris, 691 - 696.
- Phipps, M., J. Baudry, F. Burel, (1986b). Écologie du paysage, Dynamique de l'organisation écologique d'un paysage rural: Effet désorganisateur d'un stimulus allogène, *C. R. Acad. Sc.*, Paris.
- Phipps, M. (1979) *Information Theory and Spatial-Ecological Analysis: The "PEGASE" Procedure*, no. 23, Research Notes, University of Ottawa, Ottawa, Ontario.
- Phipps, M. (1985) Théorie de l'information et problématique du paysage dans Berdoulay V. et M. Phipps (dir.), *Paysage et Système*, Éditions de l'Université d'Ottawa, 5:59-74.
- Phipps, M. (1981b) Information theory and landscape analysis In S. P. Tjallingii and A. A. de Veer (eds) *Perspectives in Landscape Ecology*, Wageningen, Pudoc, 57-64.
- Rapport du groupe de travail interministériel sur la politique de l'utilisation des terres, (1980). *L'utilisation des terres au Canada*, Environnement Canada, Direction générale des terres, Ottawa.
- Russwurn, L. H. (1977) *The Surroundings of Our Cities Problems and Planning Implications of Urban Fringe Landscape*, Community Planning Press, Ottawa, Ontario.

Troughton, M. J. (1984) Modelling Change in the Canadian Rural System, In *The Pressures of Change in Rural Canada*, Edited by M. F. Bunce & M. J. Troughton, Geographical monograph, No. 14, 368-383.

Vink, A. P. A. (1975) *Land Use in Advancing Agriculture*, Berlin, Spangerverlag.

Vink, A. P. A., (1983) *Landscape Ecology and Land Use*, Davidson D. A. (ed), Longmen, London and New-York.

Webber, M. J. (1977) *Pedagogy Again: What is Entropy?* Annals, Association of American Geographers, vol. 67, 254-266.

Webber, M. J. (1979) *Information Theory and Urban Spatial Structure*, Croom Helm, London.