**Zeitschrift:** Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech.

Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

**Herausgeber:** Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

**Band:** 65 (1978)

**Artikel:** Comparaison d'écosystèmes de prairies permanentes exploitées de

manière conventionnelle et biodynamique

**Autor:** Porret, Marianne

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-308552

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 29.11.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

# Comparaison d'écosystèmes de prairies permanentes exploitées de manière conventionnelle et biodynamique

par Marianne Porret

Ame des plantes

animisme

et pourtant

si pourtant les plantes avaient une âme

si les plantes prenaient la liberté

de ne pas aimer

cet homme actif productif

ses tracteurs

azote, phosphate, potasse

herbicides, insecticides, pesticides

si les plantes prenaient la liberté

de ne pas aimer

être empoisonnées

si elles n'aimaient plus

ni la saveur de l'eau

ni l'odeur de l'air

ni même le goût de la terre

si elles décidaient de nous laisser

tomber

de se suicider

on aurait l'air de quoi

avec nos goudrons

nos bagnoles

notre pétrole

on se retrouverait les yeux ouverts

exploiteurs les mains vides

# TABLE DES MATIERES

Avant	propos	7
1.	Introduction	9
1.1	Choix et localisation des parcelles étudiées	9
1.2	Différences dans l'exploitation de ces parcelles	10
2.	Végétation	12
2.1	Analyse floristique	12
2.11	Méthodes	12
2.12	Inventaire floristique et analyse phytosociologique	14
2.13	Discussion sur la diversité	20
2.14	Hypothése d'un groupement de plantes caractéristiques de la prairie biologique	28
2.2	Observations portant sur l'enracinement	28
2.3	Observations portant sur la teneur en matière sèche de la végétation	33
2.4	Valeur fourragère	34
2.5	Résumé	39
3.	Sol	41
3.1	Introduction	41
3.2	Chimie et physique du sol	42
3.21	Méthodes	42
3.22	Etude du profil de la paire de prairies l	45
3.23	Résultats et discussion des mesures effectuées sur les paires de prairies 1 - 7	50
3.24	Résumé	59
3.3	Lombriciens	62
3.31	Le rôle des vers de terre	62
3.32	Méthodes	63
3.33	Résultats	65
3.34	Interprétation des résultats	72

3.4	Microarthropodes	82
3.41	Le rôle des microarthropodes	82
3.42	Méthodes	83
3.43	Résultats et discussion	84
3.5	Carabides	88
3.51	Le rôle des carabides	88
3.52	Méthodes	88
3.53	Résultats et discussion	89
3.6	Nématodes	93
3.61	Le rôle des nématodes	93
3.62	Méthodes	96
3.63	Résultats et discussion	96
4.	Essai de culture de trèfle	100
4.1	Méthodes	100
4.2	Résultats et discussion	100
5.	Productivité	105
5.1	Méthodes	105
5.2	Résultats	106
5.3	Discussion	114
5.4	Résumé	116
6.	Discussion générale	118
6.1	De l'interprétation de mes résultats	118
6.2	De la possibilité de distinguer à partir des résultats entre prairies maigres, grasses et biologiques	121
6.3	Etude théorique permettant de soutenir l'hypothèse de l'agriculture biologique comme une troisième voie	122
6.31	Données écologiques théoriques	122
6.32	Exposé de l'hypothèse et confrontation de mes résultats avec cette hypothèse	125
Annex	e l Localisation des parcelles étudiées	130

Résumé	133
Zusammenfassung	137
Summary	141
Bibliographie	144



#### Avant-propos

On peut distinguer deux aspects de la protection de la nature, soit :

- a) des mesures d'urgence qui ont pour but de protéger intégralement certains biotopes intéressants par leur richesse zoologique et botanique et de créer ainsi des réservoirs géniques,
- b) une réflexion et une recherche sur un rapport homme/nature tendant à conserver et même à accroître la diversité des espèces et des biotopes, débouchant entre autres sur l'étude d'alternatives dans l'exploitation des écosystèmes.

Cette étude comparative des modes d'exploitation conventionnel et biodynamique se situe dans le cadre du deuxième type de préoccupations.

A l'origine, dans un travail financé par la Division de l'Agriculture, Département de l'Economie Publique, sur les causes de la stérilité croissante du bétail en Suisse, on a remarqué dans une étude de deux exploitations biodynamiques, entre autres, une diversité plus élevée de la végétation prairiale. Cette observation, basée sur un nombre trop faible d'exploitations pour qu'il soit possible de conclure, servit de point de départ à ma recherche. Malheureusement, le choix des prairies permanentes comme objet d'études peut prêter à controverse car c'est là que les différences entre les deux modes d'exploitation (p.11) se font le moins sentir; en effet les prairies permanentes sont dans l'agriculture conventionnelle de polyculture/élevage les surfaces les moins intensives de l'exploitation.

Une partie du travail fut consacrée à des études bibliographiques historiques, théoriques et pratiques sur la situation de l'agriculture biologique comme alternative écologique, ainsi que sur les moyens qu'elle s'est donnés pour réaliser cette alternative. Les résultats de cette étude sont résumés dans les annexes II et III (PORRET 1978), que l'on peut obtenir en publication séparée à l'Institut de géobotanique.

L'autre partie du travail consiste en observations et mesures les plus diversifiées possible sur les deux écosystèmes prairiaux. J'ai en effet préféré aborder de nombreux aspects de ces écosystèmes plutôt que de me limiter à l'étude exhaustive d'un seul, dans l'espoir de pouvoir mettre ainsi en évidence des points qu'il pourrait être intéressant d'étudier en dehors de ce travail plus en détail. Et même, si les résultats des recherches s'avèrent nombreux, essayer d'esquisser un mode de fonctionnement représentatif de chacun de ces deux types de prairies. Un tel choix est accompagné de risques (difficultés de maîtriser les nombreuses méthodes, échantillonnage trop restreint, résultats malaisés à interpréter), obstacles inhérents à l'étude solitaire d'un problème global.

J'ai donc prévu des études diverses portant sur le mode d'exploitation, la végétation, le sol, la faune du sol et aussi, pour avoir une idée de la productivité de ces prairies, une courte étude de la productivité des exploitations dont elles faisaient partie; en effet l'étude de la productivité des prairies dépassaient le cadre de ce travail et était en outre rendue impossible par le refus de certains paysans de collaborer.

Je tiens à remercier ici toutes les personnes qui ont rendu ce travail possible :

M le professeur E. Landolt, actuel directeur de l'institut de géobotanique, qui a accepté la conduite de cette thèse et a mis à ma disposition les moyens de sa réalisation.

M le professeur J. Nösberger qui en a accepté la co-référence.

M le professeur F. Klötzli dont les conseils m'ont été utiles pour l'interprétation des données phytologiques.

M A. Gigon qui m'a communiqué son intérêt pour les problèmes traités dans cette thèse.

MM M. Beugnot, M.B. Bouché et A. Kretzschmar, de la station de recherches sur la faune du sol de l'INRA à Dijon, pour les heures passées à déterminer les lombriciens et pour l'intérêt qu'ils ont montré et l'aide qu'ils m'ont apportée lors de l'interprétation de ces résultats; la station de biométrie de Nancy et son chef M Millier qui a rendu possible le traitement statistique des données.

M le professeur E. Vallat et plus spécialement M Paul Müller de l'institut d'économie rurale de l'EPFZ, sans l'aide soutenue duquel je n'aurais pu mener à bien le traitement à l'ordinateur et l'interprétation de l'enquête économique.

M R. Valloton, du service de nématologie de la station fédérale de recherches agronomiques de Changins, dans les laboratoires duquel les nématodes ont été déterminés et qui a aimablement mis à ma disposition ses connaissances dans ce domaine encore peu exploré.

M H. Keller qui s'est chargé de la détermination des carabides.

Les étudiants qui ont participé à cette recherche au cours d'un travail de semestre ou d'un travail de diplôme.

M E. Brouillet, jardinier dans notre institut, pour son aide lors des essais de culture. Mme M. Siegl et Mme A. Hegi pour leur aide au laboratoire, M M. Sigg pour les photographies ainsi que Mme D. Weber qui a obligeamment accepté de revoir la bibliographie.

Mme B. Egger pour les conseils, encouragements et critiques dispensés au cours de nombreuses conversations et qui a pris une part importante à la correction du manuscrit ainsi qu'à la mise au point des figures et des tableaux.

Mme M. Porret qui a eu la gentillesse de se charger du long travail de dactylographie.

MM les agriculteurs qui ont bien voulu mettre leurs prairies à ma disposition et participer à l'enquête économique.

L'Ecole Polytechnique Fédérale de Zürich pour le crédit de recherche qui a permis la réalisation de ce travail.

A tous mes plus sincères remerciements.

#### 1 INTRODUCTION

## 1.1 Choix et localisation des parcelles étudiées

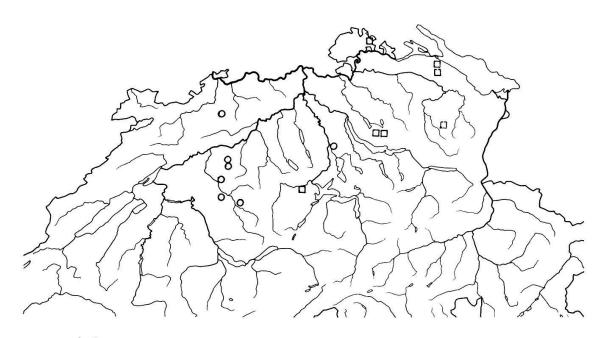
Après avoir visité une vingtaine de paysans pratiquant la biodynamie depuis cinq ans au moins et leurs voisins exploitant conventionnellement, j'ai retenu, chaque fois que c'était possible, une paire de prairies permanentes adjacentes ou voisines dont on pouvait supposer le substrat, la pente, l'orientation et le mésoclimat semblables.

En Emmenthal, où les prairies permanentes sont rares, j'ai fait des relevés de végétation sur les plus vieilles prairies artificielles des exploitations (âge variant entre 4 et 21 ans, 6 ans en moyenne). Par la suite, j'ai abandonné l'étude de ces prairies difficilement comparables aux prairies permanentes "sempervirenti herbosa" au sens de Rubel, pour me concentrer sur l'étude de ces dernières.

Pour l'étude du sol et de la faune, je me suis limitée aux paires de prairies où la végétation présentait les différences les plus grandes.

A l'exception d'une paire de prairies située dans le Jura schaffhousois (paire no 6), les prairies retenues pour cette étude sont toutes des prairies permanentes du Plateau suisse, situées entre 510 et 630 m d'altitude, (Voir carte no 1).

Carte no 1 localisation des parcelles étudiées



- o prairies permanentes
- o prairies artificielles

# 1.2 Différences dans l'exploitation de ces parcelles

Le détail des méthodes propres à l'agriculture biodynamique est décrit dans PORRET 1978 et les différences apportées à l'exploitation sont décrites dans le tableau 1.

## Tableau 1

Caractéristiques du mode de gestion des prairies permanentes conventionnelles et biodynamiques étudiées dans ce travail.

	agriculture conventionnelle	agriculture biodynamique
fumure		
- fumier	fumier non composté	fumier composté
- purin	purin lisier	purin préparé
- boues d'épuration	parfois	
- engrais minéraux	P (souvent farine Thomas) N, K	
- amendements	lorsque le pH devient trop acide	(en période de transi- tion éventuellement)
fauches, pâtures		
	3 - 5 x première fauche ou pâture avant la florai- son	2 - 4 x première fauche après ou pendant la floraison
soins intensifs	herbicides	préparats utilisés direc- tement sur les prairies, observation des rythmes astraux

Remarque: Pour l'intensité de ces diverses interventions sur chacune des prairies étudiées, se référer à la tête du tableau de végétation (Tableau 2)

Parmi les paires étudiées, il n'y a pas de prairie vraiment maigre. Toutes reçoivent au moins une fumure annuelle sous forme de fumier, purin

ou engrais minéral (voir en tête du tableau de végétation). Il arrive (comme dans la paire de prairies no 5) que la prairie conventionnelle ne reçoive que du purin et du fumier, et la prairie biodynamique que du purin non préparé et du fumier peu composté (Tableau 2 et Tableau 15, relevés de végétation et résultats d'analyse du sol semblables sur cette paire). Il est d'autre part fréquent que la prairie biodynamique ne soit pas ou peu traitée avec des préparats (prairies no 3, 5, 8), ni exploitée selon les rythmes astraux. Les différences très faibles dans la gestion des prairies permanentes sont éventuellement explicables par le fait que celles-ci sont traditionnellement les surfaces d'exploitation les moins intensives.

C'est en Thurgovie, où la proportion des surfaces labourées est faible (sols lourds, argileux et peu propices au labour), que l'on trouve les prairies naturelles les plus intensivement exploitées (5 - 6 fauches/pâtures par année, herbicides etc.).

- 2 VEGETATION
- 2.1 Analyse floristique
- 2.11 Méthodes

## a) Méthodes d'inventaire floristique

#### Méthode de l'école zuricho-montpelliéraine

Ont été effectués sur chacune des 14 prairies permanentes 5 relevés de 1 m² selon la méthode Braun-Blanquet décrite dans BRAUN-BLANQUET (1964) et dans ELLENBERG (1956). Pour chaque relevé, une liste des espèces présentes a été dressée et la surface couverte par chaque espèce estimée selon l'échelle suivante :

5	recouvrement	de l'espè	èce supérieur à	75	% du recouvrement total
4	11	compris e	entre	75	à 50 %
3	11	11	11	50	et 25 %
2	11	inférieur	r à	25	%
ı	espèce bien	représenté	ée		
1	II nrása	nte			

- + " présente
- r " å un exemplaire

Les plantes sont nommées d'après HESS, LANDOLT et HIRZEL (1967-1972)

## Méthode du relevé de points quadrats

Afin d'obtenir une bonne estimation de l'abondance des espèces et de leur recouvrement, on a complété le relevé floristique par un procédé de mesure s'appuyant sur la statistique, à savoir le relevé des points quadrats. La technique utilisée fait appel à un dispositif simple décrit par DAGET et POISSONET (1971).

On dispose au hasard (j'ai procédé en faisant 10 pas dans une direction, puis 10 pas dans une direction perpendiculaire) à même la surface du sol, un double mètre, le long duquel on observe 50 points distants de 4 cm. Chaque station recensée a été définie par deux séries de mesures, de manière à échantilloner 100 points. Quant à la mise en place du double mètre, on le glisse complètement déployé, à même le sol, à travers la végétation, puis on le rabat. L'observateur vise une verticale sur le point choisi, (une fine tige plantée dans le sol peut y aider) et note toutes les espèces qui la touchent.

Par convention, chaque espèce n'est recensée qu'une fois par point. Les chiffres de présence des espèces varient de 1 à 100 selon le nombre de points où l'espèce a été trouvée. Les espèces présentes dans la prairie mais absentes le long du double mètre sont consignées par le signe +.

# b) <u>Calcul des indices moyens d'exigence</u> en azote, lumière et eau pour les relevés de prairies permanentes

Sont définis la fréquence, variant de 1 à 100, en donnant à + la valeur 1; et l'indice d'exigence, ELLENBERG 1974, indices, variant de 1 à 10, renseignant sur les besoins de chaque espèce présente dans la liste en eau, H, lumière, L, azote, N; les valeurs élevées de l'indice indiquent des exigeances élevées concernant ce facteur. Pour chaque plante présente dans le relevé, j'ai multiplié la fréquence par l'indice, puis additionné les valeurs ainsi obtenues et divisé par le nombre d'individus total. Les plantes indifférentes à l'un ou l'autre de ces facteurs ont été éliminées du calcul de ce facteur.

#### c) Traitement statistique

### Test de Mann & Whitney

Le test U développé par Mann & Whitney (STÜCKER 1967) vise à montrer si deux échantillons indépendants, comportant respectivement  $n_1$  et  $n_2$  observations, se distinguent de manière significative. Pratiquement les données sont rangées par ordre de grandeur et le test U indique le nombre de fois où une valeur y de l'échantillon B  $(n_2)$  se situe avant une valeur x de l'échantillon A  $(n_1)$ . Les valeurs significatives ou critiques de U sont réunies dans une tabelle.

#### Test de Wilcoxon

Le test de Wilcoxon (STÖCKER 1967) traite des échantillons couplés et soumis à une variation commune. Les différences n entre les valeurs y de l'échantillon B (n) et les valeurs x de l'échantillon A (n), ordon nées par ordre de grandeur, sont munies d'un numéro de rang portant le signe de la différence. On constitue les sommes S et S des numéros de rang. On retient l'hypothèse d'une différence significative lorsque les deux sommes se distinguent de manière significative. Ces valeurs significatives ou critiques de la différence des sommes sont réunies dans une tabelle.

Les indices mentionnés dans les tableaux, multipliés par 100, indiquent la probabilité en % d'une erreur dans l'hypothèse de départ selon laquelle il existe une différence significative entre les deux groupes testés.

# 2.1.2 Inventaire floristique et analyse phytosociologique

"Toutes les activités des Hanunoo ou presque exigent une intime familiarité avec la flore locale et une connaissance précise des classifications botaniques contrairement à l'opinion selon laquelle les sociétés vivant en économie de subsistance n'utiliseraient qu'une petite fraction de la flore locale, celle-ci est mise à contribution dans la proportion de 93 %". LEVY STRAUSS, La pensée sauvage (1962)

#### Inventaire floristique

Les relevés de végétation ont été faits en avril 1974 selon la méthode de "relevé des points quadrats". Ils ont été complétés d'après les relevés faits en juillet 1974 selon la même méthode et des relevés faits au printemps 1975 selon la méthode de l'école zuricho-montpelliéraine. Ces résultats sont réunis en un tableau de végétation.

#### Remarques:

- En plus des indications habituelles en tête du tableau de végétation, j'ai introduit des indications sur l'intensité d'exploitation pour les prairies permanentes et sur l'âge pour les prairies artificielles.
- Les chiffres de l à 100 indiquent le nombre de fois où sur 100 points, la plante a été trouvée selon la méthode du point quadrat.
- Au bas du tableau, j'ai introduit les valeurs indicatrices moyennes pour l'azote (N), l'humidité (H), la lumière (L), d'après les valeurs indicatrices d'ELLENBERG 1974.
- Dans une même paire, la prairie biologique est celle qui est marquée d'un B, la prairie conventionnelle, celle qui est marquée d'un C.

#### Analyse phytosociologique

L'étude du tableau de végétation permet de classer les prairies étudiées parmi les variantes appauvries de l'Arrhenatheretalia dont SCHNEIDER (1954) donne la liste suivante d'espèces caractéristiques : Arrhenatherum elatius , Chaerophyllum silvestre, Crepis biennis, Heracleum sphondylium, Ranunculus friesianus, Tragopogon orientalis, Pimpinella major, Campanula patula, Lolium multiflorum.

Toutes ces prairies sont au moins partiellement fauchées. Les prairies les plus fréquemment pâturées (4B, 2C, 3C) pouvant être assimilées à un Lolio-Cynosuretum non typique et les prairies plus fréquemment fauchées

(les autres) relevant de l'Arrhenatheretum elatioris.

SCHNEIDER (1954) définit l'Arrhenatheretum elatioris par un mode d'exploitation: première fauche en fin de floraison, en moyenne 3 coupes annuelles, fumier, purin, phosphate (farine Thomas), potasse et plus rarement nitrate. On trouve cette association en Suisse sur les sols de série des terres brunes, avec un pH neutre ou très légèrement acide (entre 6,5 et 7), une humidité régulièrement répartie, une bonne aération du sol et une teneur en humus généralement supérieure à 5 %. L'auteur distingue en plus de la sous-association typique, 3 sous-associations en fonction de l'humidité et de la température, pour lesquelles il indique les espèces différentielles suivantes:

sous-association sèche variante thermophile	sous-association sèche	sous-association humide
Salvia pratensis	Ranunculus bulbosus	Lysimachia nummularia
Plantago media	Helictotrichon pubescens	Ranunculus ficaria
Bromus erectus	Medicago lupulina	Melandrium diurnum
Luzula campestris	Daucus carota	Alchemilla vulgaris
	Lotus corniculatus	Alopecurus pratensis

(cf. aussi à ce propos les variantes définies par SCHREIBER (1962) dans son travail sur les variantes de l'Arrhenatheretum en Allemagne du Sud.)

L'analyse du tableau de végétation a permis de mettre en évidence quelques groupes indicateurs.

<u>Le groupe 1</u>: Luzula campestris, Daucus carota, Allium scorodoprasum, Festuca ovina, Viola hirta, Primula veris, Helictotrichon pratense, Salvia pratensis, Arabis hirsuta, Achillea millefolium Bromus erectus.

Ce groupe est représentatif des prairies sèches.

Valeur moyenne de 
$$N^{1}$$
  $H^{2}$   $L^{3}$  2.88 3.56 7.11

Ce groupe est représenté uniquement dans la prairie no 6.

1), 2), 3), indices N, azote, H, humidité, L, lumière, d'après ELLENBERG (1974).

Tableau 2

Tableau de végétation

prair	ies pe	ermanen	ites												prair	ies ar	tifici	elles								
numéro de la paire 6B	1B	3Б	2В	7в	8B	5 <b>B</b>	5C	7C	6C	4B	2C	3C	10	4C	9в	10B	118	9C	11C	12B	13C	10C	13B	14B	14C	12C
nombre d'espèces 52	51	46	46	35	34	30	30	23	27	23	27	22	19	16	36	29	25	24	21	22	22	19	18	13	12	11
altitude (m) 610 exposition - pente (%) 0	510 S E 3	520 N NE 4	560 N E 1	540 O NO 3	570 S SE 40	560 N NE 12	560 N NE 12	530 O NO 3	610 <del>0</del>	615 E 4	560 N E 1	520 N NE 3	510 S E 3	630 S SE 1	720 S SE 20	650 N 4	880 N NO 30	720 S SE 15	880 N NO 30	390 0	650 E NE 2	650 <b>NE</b> 3	625 <b>NE</b> 2	675 0	675 0	390 0
recouvrement (%) 100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
nombre d'utilisations  fauches annuelles 3  pâtures annuelles 0  fumier (par an) 1/2  purin (par an) -  boue d'épuration  scories thomas  nitrate d'amoniaque  NPK	3-4 3-4 0-1 1	4 3 1 3/4 1	4 1-2 2-3 1/2	3 0 1/2 1	3 0 1/2	4-5 4-5 0 1 1	5 4 1 - 3	3 0 1 1	4 4 0 1/2 1	5 1-2 3-4 1/2 2	5-6 1-2 3-4 1 2	5-6 2 3-4 3	4-5 4-5 0 2-3	5-6 2-3 2-3 3-4 *												
préparats: bouse de corne 2 silice de corne 1	3 1-3	-	2	1						1																
herbicide (contre Rumex ob.)	1-3		-	-						-																
âge des prairies artifici- elles															20	6	6	15	6	5-6	5	8	4	4-5	<b>4-</b> 5	6
Luzula campestris 1 + Daucus carota + Allium Scorodoprasum + Festuca ovina s.l. + Viola hirta + Primula veris + Helictotrichon pratensis 3 Salvia pratensis 14 Bromus erectus 2 Arabis hirsuta s.l. + Achillea millefolium * 18  Medicago lupulina 2 + Lotus corniculatus + Helictotrichon pubescens 1 Plantago media 5 Campanula rotundifolia 1 Prunella vulgaris * 4 Carum carvi * + Ranunculus bulbosus * + Knautia arvensis 10 Tragopogon orientalis * 5 Chrysanthemum leucanthemum Galium album * 4 Centaurea jacea * 13 Vicia sepium + Colchicum autumnale * Vicia cracca s.l.	+ + 1 3 + + 8 3 10 + 4 3 + +	+	1 + 1 + 6 + + 1 + 4	+ 1 1 1 2	+ 14 + +			1A	+ 21 4 8 + 9						+ r 1 + r r + + + 3	3 r +	r 7 r	1 +	4	r r	r	r	r			

Pimpinella major * Alchemilla vulgaris s.l. Ranunculus ficaria	*		<u>+</u>	3 10	† 1 110		2	+ L 2	2 13		5		+			1		9		+		2					
Melandrium diurnum					+			<del>-</del> 2			٦																
	2	79	+	3		17	29	75			+					23											
Arrhenatherum elatius	8	7	+	8	3	4	1	1	2	1				+		7	19			1		3		r	2		
Phleum pratense s.l.	+	+		+					+	7												-			_		
Veronica arvensis	+	+	r		r		r	+	+	2																	
Trifolium pratense	32	48	4	12	3	4	36	2		6		+	+	r		12	15	r	2	+	4	3		4			
Plantago lanceolata	20	6	7	12	4	+	5	1	14	+		2	r	r		11	+		1	2	+	5		13			
Trisetum flavescens	22	20	8	5	11	19	2	10	4	16	+	+	r	2				2		1							
Veronica chamaedrys	+	5	7	4	1	19	4	13		+	+	2	+			11	1	4	1	1	r	2	2	r	1		
Cynosurus cristatus	3	3	49	8	3			+	5		+	1	r							-		-			-		
Anthoxanthum odoratum	21	32	10	15	8	23	4	12		2	4	4			2	1	+	+					r				
Holcus lanatus	4	13	6	5	13	28	37	11	8	+	2	2	r			17			2	26			·=				
Rumex acetosa *	9	8	14	11	1	10	11	19	2	5	+	+ _	4	1		6	3		1				1				
Cerastium caespitosum	27	7	9	21	10	4	2	1	4	9		+	2	5.			8	3	5		7	1	2		5	2	
Bellis perennis * 4	5	7	9	13	1	+	4	14	+	2	5	2	5		+	3		3	11		1	20	3	7			
Dactylis glomerata	46	14	13	11	10	27	6	8	1	32	6	15	+		19	5	18	16	8	7	24	36	23	31	90	25	15
Taraxacum officinale s.l.	*43	40	60	75	75	33	39	31	51	63	53	15	27	64	23	36	81	86	34	69	24	60	60	85	28	28	22
Ranunculus friseanus *	7	36	42	51	24	2	36	29	11	28	4	16	6	30	19	10		3	9	25	2	r					175.75
Cardamine pratensis *	1	43	11	9	31	31	23	12	3	+	9	28	12	2	11	1			3	1	+	r	7	1	2		+
Ajuga reptans *		+	+	+	1	2	+	4				+				1:		r	5								
Glechoma hederaceum *		2	1	4		9	+				+	+	+	+		3											
Veronica filiformis	4					24															r						+
Agrostis stolonifera						124																					
Bromus mollis	1					[28]											1			1							
Poa pratensis	3	+	+							3	+				+	4		2	23	1							
Ranunculus repens *	1	+		+		9					2	+		1	3		7	10			8	1	4	3	1	2	
Rumex obtusifolius *	1	2	+	+	1	r	+	+			6	+		4	15		+	+		+	12	r		1	10751		13
Lolium multiflorum	8	8	+	1	1	16	1				8		10	48	+	11	6	13		1	51	20	5	3	2		12
Chaerophyllum silvestre	+	18	23	2	16		+	18		r		+	2	60	3	5	3		1				r·	r	<b>-</b>		
Alopecurus pratensis			+	37	16				60			79					+	2									
Heracleum sphondylium * 5		+	5	5	38	r	9	17		45	+	2	40	48	8	37			58	+	4	r	18	r			
Trifolium repens	32	+	33	22	29	4	35	6	50	21	56	59	40	23	3	31	22	38	42	52	40	63	59	74	92	82	59
Lolium perenne	12	34	20	49	7	3	65	51	2	10	90	88	90	+	38	18	1	1	8		5	1	2	4		1	
Poa trivialis	25	10	32	51	92	81	34	84	72	90	96	58	50	83	80	94	97	94	100	83	100	77.	100	82	96	93	100
Agropyron repens *		+		5					4	4							1		4	7					12000	2000000	1756-100
Veronica serpyllifolia			r	+								r						1	r				1				
numéro de la paire	6в	18	3в	2В	7B	8B	5B	5C	7C	6C	4B	2C	3C	1C	4C	9в	10в	118	9C	11c	12B	13C	10C	13в	14B	14C	12C
N (azote)	5.7	5.9	6.1	6.5	6.8	6.2	6.4	6.6	6.8	6.5	7.0	6.9	7.2	7.3	7.1	6.8	6.8	6.8	6.8	6.7	6.9	6.7	6.9	6.9	6.7	6.9	7.1
H (humidité)	4.4	5.4	5.3	5.5	5.9	5.8	5.7	5.8	6.0	5.5	5.8	5.9	5.5	5.4	5.8	6.0	5.8	5.2	5.8	6.0	5.7	5.7	4.7	5.8	5.9	6.3	6.2
L (lumière)	7.0	6.8	7.1	6.9	6.6	6.4	7.1	6.9	6.6	6.9	6.8	6.9	7.2	6.8	6.7	6.8	6.7	6.7	6.8	6.9	6.8	7.3	6.8	7.0	7.0	6.9	6.8

#### \* plantes d'intérêt pharmaceutique

On a en outre trouvé: Capsella bursa pastoris: 6B (+), 9C (1), 12C (+), 13C (r), 14C (1), Cardamine hirsuta: 10C (2), 10B (1), 14C (2), 14B (3), Aegopodium podagraria: 10B (4), 13C (5), 14C (3), Poa annua: 9C (8), 14C (9), 14B (21), Stellaria media: 13C (1), 13B (4), Geranium pyrrhenafcum: 9B (1), 10C (1), Potentilla verna: 8B (r), 12B (1), Veronica praecox: 6B (1), Cirsium arvense: 10B (r), Medicago sativa: 12B (r), Galeopsis tetrahit: 14B (1).

Le groupe lA: Arabis hirsuta, Achillea millefolium, Ranunculus bulbosus, Knautia arvensis, Chrysanthemum leucanthemum, Galium mollugo, Centaurea jacea.

Ce groupe est formé de plantes de prairies sèches ou maigres. supportant l'azote en prairie sèche.

Valeur moyenne de	N	H	L
	3.33	4.17	6.86

Le groupe 2 : est formé par un gradient allant des espèces différentielles de la variante sèche : Lotus corniculatus, Helictotrichon pubescens, Ranunculus bulbosus, Knautia arvensis, Plantago media, Campanula rotundifolia, aux espèces différentielles de la variante humide : Myosotis arvensis, Lysimmachia nummularia, Pimpinella major, Alchemilla vulgaris, Ranunculus ficaria, Melandrium diurnum; en passant par les espèces généralement admises comme caractéristiques d'une prairie maigre : Prunella vulgaris, Carum carvi, Colchicum autumnale, Tragopogon orientalis, Chrysanthemum leucanthemum, Galium album, Centaurea jacea, Vicia sepium, Vicia cracca, Lathyrus pratensis, Crepis biennis, Lychnis flos-cuculi.

Il est toutefois difficile de situer une espèce dans une de ces trois catégories, car les effets de l'azote et de l'eau sur la végétation sont équivalents, comme l'ont déjà mis en évidence les travaux de RÜBEL (1930). Il est donc malaisé d'isoler, dans une analyse de végétation prairiale, les facteurs <u>fumure</u> et <u>sécheresse</u>.

Par exemple, certaines espèces de prairie sèche supportent une certaine humidité en prairie maigre, ainsi : Ranunculus bulbosus, Tragopogon orientalis, Plantago media - variante sèche - sont présents (relevés 2B et 3B) en même temps que Lysimachia nummularia, Pimpinella major, Alopecurus pratensis - variante humide -. Ces mêmes espèces, ou quelques-unes des prairies maigres, supportent de hautes doses d'engrais en prairie sèche, (par exemple : Ranunculus bulbosus, Knautia arvensis, Achillea millefolium, Centaurea jacea, la prairie C6). Toutes ces espèces qui sont là dans des conditions limites de développement, n'atteignent toutefois pas des fréquences très élevées et subissent probablement de fortes variations annuelles. Leur présence dépend en plus d'un troisième facteur, la date de la première fauche, facteur déterminant pour les annuelles. SCHNEIDER parle des facies variables de l'Arrhenatheretum, où une plante, favorisée par le climat annuel, une variation de mode d'exploitation etc., peut atteindre une certaine dominance.

<u>Le groupe 3</u>: est formé de plantes qui, pour des raisons variées, disparaissent avec l'intensification, (KLÜTZLI communications orales, KÜNZLI 1967), Festuca rubra, Arrhenatherum elatius, Phleum pratense, Plantago lanceolata, Trisetum flavescens, Rumex acetosa, Cynosurus Cristatus, Anthoxanthum odoratum, Holcus lanatus: Valeur moyenne de N H L 5.13 5.00 6.11

- soit à cause d'une première coupe précoce, Arrhenatherum elatius,
- soit à cause de la concurrence pour la potasse et dans une moindre mesure le phosphore, *Trifolium pratense*,
- soit à cause de la concurrence pour l'azote, Trifolium pratense, Trisetum flavescens, Holcus lanatus
- soit à cause du manque de lumière, Anthoxanthum odoratum, Festuca rubra, Cynosurus cristatus, Plantago lanceolata qui se maintiennent dans les pâturages.

Le plus souvent deux ou trois de ces causes se conjuguent pour faire disparaître une espèce.

Le groupe 4: est formé de plantes qui réagissent à d'autres phénomènes que l'intensification (sol, climat ou quelque caractéristique particulière du mode d'exploitation): Tarraxacum officinale, Ranunculus ficarius, Cardamine pratensis, Poa pratensis, Ranunculus repens, Rumex obtusifolius, Lolium multiflorum, Chaerophyllum silvestre, etc., (KLÖTZLI communications orale KÜNZLI 1967)

Valeur moyenne de N H L 6.5 5.17 6.50

- des plantes comme *Chaerophyllum silvestre* qui sont toujours là et qui vont jusqu'à donner un facies à une prairie recevant trop d'azote sous forme de purin et fauchée tardivement.
- Ranunculus repens, Bromus mollis, Ajuga reptans, Glechoma hederaceum, qui remplissent des vides.
- Alopecurus pratensis, favorisé par un sol humide.
- Lolium multiflorum présent surtout où le gel n'attaque pas souvent.
- Poa pratensis qui est très sensible à la présence d'espèces concurrentes.

<u>Le groupe 5</u>: est formé d'espèces favorisées par l'intensification : <u>Heracleum sphondylium, Trifolium repens, Lolium perenne, Poa trivialis.</u>

Valeur moyenne de N H L 7.25 5.67 7.25

- soit des nitrophiles élevées à grandes feuilles, Heracleum sphondylium
- soit des nitrophiles supportant l'ombre comme Poa trivialis
- soit des nitrophiles favorisées par le pâturage, Trifolium repens, Lolium perenne.

J'ai réuni dans le tableau 3 les indices d'exigence en azote (N), en humidité (H), en lumière (L) (ELLENBERG 1974) qui caractérisent ces différents groupes. On peut y voir le gradient d'exigences en eau et en azote qui va croissant du groupe l au groupe 5, ainsi que deux groupes d'héliophiles, à savoir les plantes de la variante maigresèche et les plantes élevées de la variante intensive.

Tableau 3

—————
Indices N, H, L moyens (ELLENBERG 1974) caractérisant les groupes 1 à 5 définis dans le tableau de végétation

	i	ndices moye	ns
groupes	N	Н	L
1 1A 3 4 5	2.9 3.3 5.1 6.5 7.3	3.6 4.2 5.0 5.2 5.7	7.1 6.7 6.1 6.5 7.3

# 2.13 Discussion sur la diversité

# a) Diversité des prairies étudiées

Sur toutes les paires de prairies permanentes observées, le nombre d'espèces s'est avéré égal ou plus élevé sur la prairie biodynamique que sur la prairie conventionnelle voisine, qu'il s'agisse du nombre d'espèce total, du nombre d'espèces de graminées, de légumineuses ou encore du nombre de diverses \*.

# cf. Tableau 4, nombre d'espèces.

Le nombre d'espèces, et aussi la répartition des individus entre les espèces, servent à caractériser la diversité d'un écosystème, une espèce peu représentée ne jouant pas le même rôle dans le maintien de l'ordre à l'intérieur d'un écosystème qu'une espèce bien représentée. Les indices de diversité tentent de réunir ces deux informations en un seul chiffre.

### soit : S le nombre d'espèces

P; l'espèce i en proportion de l'échantillonnage total

<sup>\*</sup> J'emploierai le mot "diverses" tout au long de cet travail pour désigner le groupe des plantes qui n'appartiennent ni aux graminées ni aux légumineuses.

J'ai calculé les indices suivants (KREBS 1972, STUGREN 1974).

Tableau 4

Nombre d'espèces

			nomb	re d'	espè	ces			est de ilcox.	min max		écart type
paire		1	2	3	4	5	6	7				
total	C B	18 51	26 46	21 46	17 23	30 30	27 53	23 35	0.014	16 ↔30	24	5.05
grami- nées	C B	6 16	10 14	7 14	7 11	12 10	7 18	12 10	0.031	6 ↔12 10 ↔18	9 13	2.56 3.09
légumi- neuses	C B	1 <sup>+</sup> 7	1 <sup>+</sup> 3	1 <sup>+</sup> 5	1	2 2	2 5	1	0.022	1 ↔2 1 ↔7	1	0.49 2.15
diver- ses	C B	11 28	15 29	13 27	9 11	16 18	18 30	10 23	0.009	9 ↔18 11 ↔30	13 24	3.34 6.97

<sup>+</sup> présence d'une deuxième légumineuse représentée par un ou deux exemplaires dont les graines sont probablement venues de la prairie voisine

L'indice de Simpson: 
$$D = 1 - \sum_{i=1}^{s} (P_i)^2$$
 (variation de 0 à 1)

tient compte surtout des espèces bien représentées, et utilise le carré de la proportion en individus d'une espèce.

L'indice de Shannon: 
$$H = -\sum_{i=1}^{\infty} (P_i) (\log_2 P_i)$$
 (variation de 0 à  $\infty$ )

accorde une importance plus grande aux espèces faiblement représentées.

La diversité maximale d'après Shannon: 
$$H_{max} = -S$$
  $(\frac{1}{S} \log_2 \frac{1}{S}) = \log_2 S$ 

représente la valeur calculée qu'atteindrait la diversité si toutes les espèces étaient également représentées, ou encore la diversité maximale que pourrait atteindre un écosystème caractérisé par un nombre d'espèces donné.

L'indice d'équitabilité : 
$$E = -\frac{H}{H}$$
 (variation de 0 à 1)

indique à quel point la distribution des individus entre espèces se rapproche de la diversité maximale (pour E=1, une distribution égale de toutes les espèces ou diversité maximale, est atteinte).

Tableau 5

Indice de Simpson, indice de Shannon, diversité maximale et équitabilité, calculés pour 7 paires de prairies conventionnelles et biodynamiques

prairie	nombre d' espèces	indice de Simpson	indice de Shannon	diversité maximale (Shannon)	équitabi- lité
6B	52	•948	3.29	3.951	.831
1B	51	.929	3.06	3.932	.778
3B	46	•925	2.97	3.829	.788
2B	46	.926	3.02	3.829	.788
<b>7</b> B	35	.898	2.70	3.555	.760
8B	34	.928	2.95	3.526	.837
5B	30	.917	2.71	3.401	•797
5C	30	.894	2.62	3.401	.770
6C	27	.891	2.61	3.367	•774
2C	27	.850	2.20	3.296	.669
4B	23	.807	1.97	3.135	.629
3C	23	.833	2.12	3.091	.687
7C	23	.860	2.30	3.135	•735
1C	19	.855	2.12	2.944	.720
4C	16	.787	1.92	2.733	.691
test de Wilcoxon	0.014	0.009	0.009	0.087	0.064

On remarque tout d'abord que la diversité est toujours plus élevée sur la prairie biodynamique que sur la prairie conventionnelle correspondante, même sur la paire de prairie no. 5 où le nombre d'espèces était semblable.

On remarque aussi que l'indice de Simpson sur la prairie 8B par exemple est plus élevé que le nombre d'espèces ne le laisserait prévoir. On peut en déduire que les espèces présentes sont pour la plupart bien représentées.

L'indice de Shannon ne fournit guère d'informations supplémentaires par rapport au nombre d'espèces.

On sait, par les nombreux travaux faits sur les prairies, que le nombre d'espèces diminue avec l'intensification (KLAPP 1971, VOISIN 1960, KÜNZLI 1967). Il s'agit là d'un phénomène qui n'est pas particulier aux écosystèmes de prairies. MARGALEF (1968) décrit l'intervention de l'homme dans la nature comme une exploitation avec pour conséquence un rajeunissement de l'écosystème, caractérisé entre autres par une diminution du nombre d'espèces en faveur d'un petit nombre d'espèces bien adaptées aux cataclysmes périodiques (fauche, fumure) et capables de reconstituer rapidement leur population.

Dans la prairie, de nombreux facteurs peuvent expliquer cette baisse de diversité:

- une première fauche ou pâture précoce empêche la reproduction de nombreuses espèces (Arrhenatherum elatius, par exemple);
- un petit nombre d'espèces supportent les fauches et pâturages répétés, les espèces à foliaison basse ou les plantes à rosette sont par exemple favorisées (*Plantago lanceolata* ou *P. media* par exemple);
- la végétation à feuillage dense ne laisse filtrer qu'une lumière insuffisante pour les héliophiles;
- la concurrence pour un engrais soluble élimine les espèces les moins aptes;
- d'autres raisons, telles que la disparition de microorganismes symbiotiques peuvent jouer un rôle (SCHIPPERS 1974).

Toutes ces raisons font de la prairie intensive un milieu extrême auquel seul un petit nombre d'espèces est adapté.

#### b) Importance de la diversité prairiale

- II Meilleure utilisation de l'espace
  - stratification et hétérogénéité spatiale
  - diversité biochimique : MARGALEF (1968) a observé en milieu aquatique une augmentation du nombre de pigments végétaux en cours de succession
  - diversité nutritionnelle (quantité, profondeur du profil utilisé, forme des éléments nutritifs, etc.)

III Sensibilité moins grande aux variations de l'environnement, car la composition de la prairie s'y adapte (Tableau 6). Toutefois, pour que

I Le plaisir de vivre dans un biotope riche et l'ennui qui découle de la monotonie du paysage, de la végétation, de la faune.

le nombre d'espèces se révèle un facteur déterminant, il faut peut-être une situation extrême comme une sécheresse, un surpâturage local, etc;

IV frein à la progression d'épidémies et d'autres situations pathogènes, (voir p. 98 fatigue des légumineuses);

V frein au développement des "mauvaises herbes".

Dans une prairie peu diverse une espèce peut, parce que bien adaptée, connaître un fort développement, comme Lolium multiflorum (1C), Lolium perenne (pâture, (4B, 2C, 3C), Alopecurus pratensis, humidité, (2C, 7C), Rumex obtusifolius (4C), Chaerophyllum silvestre (1C), Heracleum sphondylium (1C, 6C), purin. Ce développement extrême d'une espèce n'a lieu que dans les parcelles où l'on compte moins de 27 espèces (moitié droite du tableau de végétation).

La notion de mauvaise herbe (KLAPP 1971) est une notion qui s'est développée à propos des cultures où l'on souhaitait éliminer au profit de la plante cultivée toute concurrence pour la place, l'eau, le soleil, les nutrients, le gaz carbonique etc.

Elle a été reprise en production fourragère à propos de certaines plantes qui avaient jusqu'alors souvent joué un rôle positif dans la composition du fourrage et qui ont pris à la suite de la baisse de la diversité une expansion indésirable.

STAHLIN (1966) donne les exemples suivants. Des plantes comme Achillea millefolium, Carum carvi, Plantago lanceolata, Alchemilla vulgaris ont une excellente valeur fourragère, mais leur effet favorable diminue quand leur participation au fourrage dépasse 10 %. Des plantes riches en glucosides comme Campanula sp., Phyteuma sp., Polygala sp., Viola sp., Gentiana sp., des plantes riches en huiles essentielles comme diverses ombellifères et papillonacées ou riches en tanins comme certaines rosacées trouvent déjà leur optimum avec une participation de 2 à 5 % au fourrage (certaines ont une fonction d'herbe aromatique plus qu'un rôle quantitatif). Les grandes ombellifères, Chaerophyllum silvestre et Heracleum sphondylium avec un feuillage à teneurs maximales observées en potassium allant jusqu'à 8,6 %, peuvent perturber l'équilibre physiologique des animaux, provoquant des troubles digestifs, des diarrhées et même des baisses de rendement laitier, des avortements etc.

D'autres plantes ne présentent presque que des inconvénients, plantes à rosettes, plantes velues, plantes sclérifiées, plantes galactifuges comme les Euphrasia sp., plantes toxiques comme les Ranunculus sp., Colchicum autumnale, Equisetum palustre. Ces plantes toxiques ne le sont toutefois que lorsqu'elles connaissent un trop grand développement, Colchicum autumnale ne provoque la mort qu'à partir de 10 % du fourrage vert, Equisetum palustre à partir de 1 % déjà. STÄHLIN cite plusieurs fois Paracelse à ce propos : "Dosis sola venenum est".

VI Influence sur la remontée des ions et sur l'équilibre ionique d'un sol.

Par leur enracinement profond et leur teneur spécifique élevée en minéraux, les "diverses" participent activement à la lutte contre le lessivage et à l'introduction des macro- et oligo-éléments dans les divers cycles écologiques (voir à ce propos les travaux de GERLOFF et al. 1966, LAMBERT et al. 1973 ainsi que l'étude de CAFLISCH 1974 sur la modification de l'équilibre ionique du sol en cours de succession sur serpentine. Le sol, montrant au départ des déséquilibres proches de ceux de la roche-mère, a tendance à se normaliser en cours de succession, probablement sous l'influence sélective de la végétation).

VII Influence sur la palatabilité de la nourriture.

VOISIN (1957) a décrit les préférences de la vache pour une nourriture variée, pour certaines diverses comme le plantain ou pour les souches de dactyles non sélectionnées au choix avec certaines variété sélectionnées.

VIII Influence sur la qualité de la nourriture.

Il est des mesures de qualité couramment admises, comme la teneur en protéines brutes, en protéines digestibles, en cellulose, en phosphore, en potassium, en oligo-éléments, le rapport Ca/P, etc. Il y a long-temps que l'on n'estime plus le rendement d'une prairie uniquement en tonnes à l'hectare. (JUCKER 1972, KIRCHGESSNER 1975, IFP 1975, DEMARQUILLY 1974, PERIGAUD 1974).

Parmi les composés organiques, les mieux connus sont les vitamines (PFUTZER et al. 1952 et SCHARPF 1973, entre autres, ont fait des recherches sur la teneur en vitamines de divers légumes en fonction de la fumure) et les composés pharmaceutiques (sans que l'on n'ait fait des recherches systématiques sur leur importance pour la santé du bétail).

Ces connaissances restent très analytiques et l'on ne sait pas toujours quel est le rapport souhaitable entre les éléments mesurés ni ce qui se cache derrière la teneur en protéines, (protéines = azote total x 6,25) en minéraux (minéraux mesurés dans les cendres).

L'effet résultant de l'action concourante de plusieurs facteurs ne peut pas être déduit de l'étude de leur effet isolé. Il est probable que le seul critère utilisable soit en dernière analyse la qualité telle que la définit le consommateur. Nous devons donc renoncer à aborder ici ce problème par les seuls moyens de l'analyse. Il existe d'autres méthodes qui permettent actuellement de donner des aperçus plus synthétiques sur les relations entre qualité et diversité, comme par exemple les essais nutritionnels et la phytopharmacie.

#### Les essais nutritionnels:

AENHELT et HAHN (1964), par exemple, ont montré dans leurs travaux sur la baisse de la fertilité chez les taureaux inséminateurs en été dans

deux stations d'insémination du nord de l'Allemagne, que celle-ci était liée à une différence de fumure des prairies et à la modification de la végétation qui s'en suit. Les taureaux à fertilité diminuée paissaient en été sur des pâturages très pauvres en espèces, recevant une fumure annuelle de 120 kg d'azote, 50-60 kg de  $P_2O_5$ , 80-100 kg de  $K_2O$  alors que les prairies de la station témoin, où la fertilité des taureaux ne diminuait pas en été, recevait une fumure faite de compost, de lisier, de farine Thomas (75 kg  $P_2O_5$ ) et de calcaire (600 kg CaO).

# c) L'influence des diverses sur la teneur en minéraux

"En fait, la façon dont certaines composantes prairiales absorbent les minéraux est très variable et il semble que certaines d'entre elles, mieux adaptées pour le prélèvement minéral dans le sol, pourraient jouer le rôle d'accumulatrices au sein d'une phytocénose" (GERLOFF 1966).

Dans un travail sur les prairies des Ardennes, LAMBERT et al. (1973) ont essayé de quantifier les apports spécifiques des espèces à la teneur en minéraux du fourrage. Ils ont établi une liste d'espèces qui, dans les prairies étudiées, se montraient constantes dans leurs particularités.

#### graminées

Anthriscus silvestris
Heracleum sphondylium
Leontodon hispidus etc.

Plantago lanceolata Hypochoeris radiata espèces ne pouvant que mal assimiler les minéraux espèces contribuant beaucoup à l'absorption de P, K, Ca, Mg

espèces absorbant des quantités de Na 2 à 5 x plus grandes que n'en absorbent les autres composantes de l'association.

#### exemple:

Knautia arvensis et Polygonum bistorta, dans une prairie où elles atteignent 7,2 % de la biomasse, apportent à elles seules 14,4 % du magnésium total. Leontodon hispidus et Rhinanthus minor, représentant 18 % de la biomasse, apportent 38 % du phosphore. Ces mêmes espèces ensemble contribuent à 32 % de la teneur en magnésium. Sur une autre prairie, Plantago lanceolata, représentant 3,5 % de la biomasse, correspond à 12 % du sodium dans le fourrage. (LAMBERT et al. 1973).

# d) Les diverses et la phytopharmacie

Dans les prairies d'Europe, les espèces mentionnées dans les pharmacopées populaires n'appartiennent pour ainsi dire sans exception ni aux graminées ni aux légumineuses (Formulaire pharmaceutique publié sous la direction de LECLERC 1965).

Dans mes relevés, on peut diviser ces espèces en deux groupes :

Espèces représentatives des prairies maigres (gradient d'humidité croissant):

Achillea millefolium

Galium album

Tragopogon orientalis

Centaurea jacea

Pimpinella major

Colchicum autumnale

Ranunculus bulbosus

Alchemilla vulgaris s.l.

Carum carvi

Glechoma hederaceum

Ajuga reptans

Bellis perennis

Prunella vulgaris

Lysimachia nummularia

Espèces constituant la flore des "mauvaises herbes" des prairies intensives :

Cardamine pratensis

Ranunculus sp.

Taraxacum officinale

Chaerophyllum silvestre

Heracleum sphondylium

Rumex obtusifolius

Rumex acetosa

La prairie conventionnelle idéale, composée de quelques graminées, du trèfle blanc ou rouge ne contient aucune de ces espèces. On peut mettre en parallèle les connaissances de la phytopharmacie et les conclusions de LAMBERT et al. (1973):

"Ainsi donc, une quantité minime de plantes diverses peut jouer un rôle fort important dans l'équilibre minéral d'un fourrage. L'intensification de l'exploitation, en amenant la disparition rapide d'espèces comme Knautia arvensis (knautie des champs), Polygonum bistorta (bistorte), Plantago lanceolata (plantain lancéolé), Leontodon hispidus (leontodon changeant), qui cèdent la place aux graminées, s'accompagne nécessairement d'une chute des teneurs en magnésium, en sodium et en phosphore.

C'est surtout pendant la transition, avant que l'on ait atteint un nouvel équilibre de la flore, qu'il faut attacher une importance toute particulière à l'équilibre minéral du fourrage en y remédiant par l'adjonction de sels minéraux distribués au bétail."

2.14 Hypothèse d'un groupement de plantes caractéristiques de la prairie biologique

Je n'ai pas pu mettre en évidence un groupe de plantes caractéristiques de la prairie biodynamique, la distinguant par là de la prairie maigre. Il est probable qu'aucun facteur décisif n'entre en jeu, mais le nombre de prairies étudié est insuffisant pour conclure à ce propos.

S'il est difficile d'imaginer une intensification biologique où la diversité et la productivité culmineraient en un maximum simultané (la précocité ou la fréquence accrue des fauches qui accompagnent toute intensification suffisent à rendre cette hypothèse invraisemblable), on peut imaginer une prairie biologique trouvant un compromis, optimum entre une production de quantité et de diversité, caractérisée par la présence de certaines espèces ou par leur fréquence. Certaines prairies, comme la prairie biologique lB pourraient en être un exemple. Il n'a malheureusement pas été possible (p. 7) dans le cadre de ce travail de faire de mesures de productivité de ces prairies.

2.2 Observations portant sur l'enracinement (sur la paire de prairies no 1)

Au vu de la différence de teneur en humus des sols (respectivement 12 % sur la prairie biologique et 6 % sur la prairie conventionnelle) et de diversité dans la végétation (respectivement 57 et 19 espèces), on pouvait supposer que c'est sur la paire de prairies No. 1 que l'on observerait les plus grandes différences d'enracinement. La prairie biologique présentait d'autre part une couverture beaucoup plus fournie que la prairie conventionnelle.

On espérait pouvoir mesurer cette différence en mesurant le poids des racines.

#### Méthodes

Au moyen d'un cylindre standard (cylindre de Burger) de contenance d'un litre, enfoncé jusqu'à 10 cm de profondeur, on a prélevé 6 échantillons de sol par prairie.

- séchage à 105° C.
- bain d'une nuit dans une solution à environ 3 % de pyrophosphate de sodium de façon à en saturer la terre (comme les particules colloida-

les coagulent sous l'influence des ions plurivalents, ceux-ci doivent être remplacés par des ions qui augmentent la dispersion et stabilisent la suspension, par exemple Li, Na).

- rinçage à l'eau au-dessus d'un tamis chargé de récupérer les racines arrachées (ou plutôt une partie de celles-ci, car les racines fines, très fragiles, ont certainement presque toutes disparu).
- séchage des racines à 75° C.
- pesage des racines.

#### Résultats et discussion

Dans le profil ouvert, on pouvait voir une structure racinaire très différente :

- dans la prairie biologique, des racines fines et très denses, même un léger feutrage dans la zone racinaire principale, mais des racines fines en dessous de cette zone ainsi que des racines profondes jusqu'à la roche mère (40-50 cm) (cf. la description du profil, p. 46)
- dans la prairie conventionnelle, des racines moins denses et de gros pivots, seules racines dans la zone racinaire profonde. Les racines ne dépassent que rarement 25-30 cm.

En cours de travail j'ai pu faire les observations suivantes :

- les cylindres standards utilisés pour l'extraction des échantillons de sol pénétraient plus facilement dans le sol de la prairie biologique.
- en sortant les échantillons de terre, le sol de la prairie conventionnelle, plus friable, s'est cassé plusieurs fois à 7 cm, ce qui ne s'est pas produit dans l'autre prairie.
- alors qu'il m'a fallu environ une heure et demie pour laver à l'eau courante les échantillons de la prairie biologique, il suffisait d'une demi-heure à trois quarts d'heure pour ceux de la prairie conventionnelle.

Tableau 6

Poids des racines en g par litre de sol

poids des racines en g/l de sol 0-10 cm									Mann &	
répétition	1	2	3	4	5	6	moyenne	écart Withne		
prairie conv.	5.35	2.97	18.90	3.26	1.50	5.28	6.21	6.39		
prairie bio.	4.16	4.25	5.28	5.12	4.55	4.99	4.73	0.47	0.08	

Sur la prairie conventionnelle, le poids des racines varie beaucoup d'un échantillon à l'autre (poids moyen 6,21 g/l, écart type 6,39) et cela en fonction de la présence ou de l'absence d'une plante à grosses racines dans le cylindre. Sur la prairie biodynamique, la masse racinaire, constituée de racines plus fines, est plus constante (poids moyen 4,73 g/l écart type 0,47). (Tableau 6).

La moyenne légèrement plus élevée sur la prairie conventionnelle ne signifie donc pas grand-chose, car les cylindres où les grosses racines sont absentes ont une masse racinaire inférieure à celle de la prairie biodynamique tandis que les autres se trouvent nettement en dessus de la moyenne de la prairie biodynamique.

Ce n'est donc pas, contrairement à notre hypothèse de départ, le poids des racines par volume de sol qui caractérise les deux types de prairie, mais plutôt la différence des structures d'enracinement (grande masse de racines fines sur la prairie biologique, racines moins denses et plus grosses sur la prairie conventionnelle).

Divers facteurs peuvent expliquer ces différences dans la structure de la strate racinaire :

#### 1'humus:

- le taux d'humus plus élevé sur la prairie biologique (meilleure structure du sol) favorise les racines plus fines ainsi qu'un enracinement plus profond.
- Les nutrients présents sous forme de composés humiques indirectement assimilables demandent pour être absorbables, la présence d'un système radiculaire beaucoup plus important.
- Dans un sol éventuellement plus maigre, la plante cherche des nutrients jusque dans les zones plus profondes. (SPRAGUE 1933)

#### les engrais azotés :

- les engrais azotés font reculer les légumineuses (KLAPP 1971). La prairie biodynamique est plus riche en trèfles blancs et rouges avec des racines à poids très faible.
- N favorise en outre le tallage et les racines du plateau de tallage, donc un enracinement superficiel. (SEELHORST 1902) (KAUTER 1933)

#### le rythme d'exploitation :

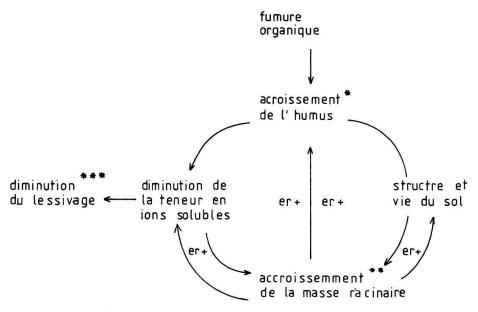
- la prairie conventionnelle est exploitée plus intensivement que l'autre (une coupe de plus par année en moyenne). Les coupes fréquentes provoquent le développement des racines superficielles. (KLAPP 1971)
- une première coupe tardive permet à la prairie de s'égrainer, entraînant une plus grande densité de peuplement ainsi que l'accumulation de réserves plus élevées dans les racines. (Ce qui influence le poids de celles-ci au moment de la prise d'échantillons).

- à une plus forte densité de plantes correspond une plus grande quantité de racines, mais aussi une plus grande compétition pour la place et les substances nutritives, donc des racines plus fines, plus profondes et éventuellement plus nombreuses.

On peut voir dans la diminution du lessivage un effet positif possible du mode de fonctionnement de la prairie biologique et de son enracinement (figure 1).

# Figure 1

Schéma de l'influence possible d'une fumure organique sur la strate racinaire d'une prairie permanente.



er + = effet rétroactif positif

\* Les travaux traitant de l'influence du mode d'exploitation sur l'accumulation de la matière organique dans le sol sont rares. A ce propos, on peut citer l'expérience menée à la station de recherche de Walnut Tree Manor à Haughley dans le Suffolk en Angleterre (McSHEENY et RAWLINGS 1973).

En 1941, la surface agricole de la ferme a été divisée en 3 soles dont une sole de 30 ha fumée organiquement (élevage de bétail associé aux cultures), une sole de 30 ha recevant une fumure minérale et organique (avec bétail), et une troisième sole de 12 ha exploitée sans bétail, recevant uniquement une fumure minérale. Ces trois soles ont été exploitées sans changement depuis cette date. En 1971, les résultats des mesures de la teneur du sol en matière organique étaient les suivants (tableau 7):

## Tableau 7

Teneur en matière organique du sol des trois sections (organique, mixte, sans bétail) de l'exploitation de la station de recherche de Walnut Tree Manor, Suffolk, Angleterre. (Selon les données de McSHEENY et RAWLINGS 1973).

Valeur moyenne de la matière organique (% du poids) pour chaque section								
	section	moyenne (%)	écart type					
surface labourée	organique	3.38	0.08					
	mixte	3.34	0.03					
	sans bétail	2.81	0.05					
prairie permanente	organique	5.57	0.20					
	mixte	4.96	0.26					

<sup>\* \*</sup> RUNGE 1973 (recherches menées dans le cadre du projet de Solling) donne les chiffres suivants pour caractériser l'évolution de la biomasse et nécromasse racinaire d'une prairie (Festuca rubra-facies du Trisetetum flavescentis hercynicum, SPEIDEL 1970) sous l'effet de la fumure.

Tableau 8

Biomasse et nécromasse d'une prairie soumise à 3 différents types de fumure (valeurs maximum et minimum au cours de la période de végétation 1969) exprimée en 10<sup>5</sup> kcal/ha. (D'après RUNGE 1973).

		variante non fumée		nte <b>à</b> e PK		variante à fumure NPK		
date	20.5.	13.8	20.5	13.8	20.5	13.8		
feuilles	40	78	73	148	53	128		
litière	20	67	19	71	27	84		
racines	<u>314</u>	<u>386</u>	290	310	242	<u>329</u>		
total	374	531	382	529	322	541		

RUNGE remarque à ce sujet que c'est dans la variante NPK que la masse racinaire est la plus faible. Il émet à ce sujet deux hypothèses, soit que la croissance racinaire diminue à la suite de la fumure azotée, soit que la décomposition des racines y est plus rapide.

La biomasse totale ne diffère guère d'une variante à l'autre, mais sur la prairie non fumée la proportion des racines dans la biomasse est plus élevée.

#### \*\*\*

Les risques de lessivage des ions solubles s'accroissent parallèlement à l'utilisation des engrais minéraux et cela pour des sols nus, plus que sur les sols occupés par la végétation, causes à la fois de pertes pour le cultivateur et de pollution pour l'écosystème (KOEPF 1971).

On trouve dans le travail de KOEPF des données sur le lessivage des ions d'origine agricole. Il indique que le lessivage est 10 à 20 fois plus élevé dans les sols labourés que dans les sols forestiers ou prairiaux.

Les pertes annuelles dans les régions observées varient entre 10 et 50 kg par ha et par an pour l'azote. Le lessivage de P est très dépendant du type de sol, mais il dépend aussi du type de fumure. Les pertes de P par lessivage peuvent atteindre 100 g par ha et par an.

Cet effet positif possible du fonctionnement de la prairie biologique, soit un lessivage moindre, l'agriculteur le paye éventuellement d'un rapport pour lui défavorable entre la productivité de la strate souterraine et celle de la strate aérienne qui l'intéresse en premier lieu. Ce développement de la strate souterraine est peut-être un des coûts du maintien de la fertilité des sols et de la "qualité" de la production agricole.

# 2.3 Observations portant sur la teneur en matière sèche de la végétation

#### Méthode

On pèse au champ (balance romaine) 16 poignées d'herbe prises à un pas de distance les unes des autres. Cette herbe est séchée à 105° C et repesée après séchage.

La teneur en eau correspond à la différence entre le poids de l'herbe aux champs et le poids de l'herbe après séchage. On en déduit la teneur en matière sèche que l'on exprime en %.

#### Résultats et discussion

#### Tableau 9

Comparaison du % de matière sèche de la végétation de 7 paires de prairies conventionnelles et biodynamiques voisines (ordonnées par ordre de diversi-

#### té décroissante).

	% de matière sèche										
paire no	6	1	2	3	7	5	4	moyen-			
prairie conv.	17.35	17.71	20.27	18.36	19.29	19.35	15.71	ne 18.29	1.41	de Wilc	
	17.65	20.59	17.64	18.42	20.24	16.66	18.75	18.56	1.32	0.20	

Ces mesures ont été faites en avril 1975. Au printemps, la végétation croît plus vite sur les prairies conventionnelles que sur les prairies biologiques. On ne mesure donc pas la teneur en matière sèche sur des plantes au même stade de végétation. Comme les fauches ne sont pas simultanées, il est difficile de trouver un moment favorable à la comparaison de la teneur en matière sèche de la végétation sur les prairies.

En outre, le fait que la végétation soit plus jeune sur les prairies biologiques au moment des mesures exerce certainement une influence négative sur leur teneur en matière sèche (JUCKER 1974, KLAPP 1971) et rend difficile l'interprétation de ces résultats.

# 2.4 Valeur fourragère

(analyse chimique de l'herbe de 14 paires de prairies)

#### Méthode

Dans la deuxième moitié d'avril 1974 (début de l'épiaison des graminées), j'ai prélevé des échantillons d'herbe en utilisant la même méthode que pour la mesure de la teneur en matière sèche (p.33).

Les analyses ont été faites selon les méthodes en vigueur à la station fédérale de recherches agricoles de Berne-Liebefeld.

Protéines brutes: on obtient la teneur en protéines brutes en multipliant la teneur mesurée en azote (méthode Kjedahl) par le coefficient 6,25.

<u>Cendres</u>: les cendres sont le résidu de la calcination de l'herbe, elles sont exprimées en % de la matière sèche.

Fibres brutes: l'herbe est bouillie d'abord avec un acide faible puis avec une base. Le résidu, considéré comme la partie non digestible par l'animal est lavé avec un acide faible, avec une base, à l'eau et enfin séché à l'acétone, pesé et calciné. On considère que les pertes en cours de calcination correspondent aux fibres brutes.

<u>Protéines digestibles</u>: les protéines digestibles sont calculées selon la formule suivante lorsque l'échantillon est considéré comme normal et l'herbe coupée avant le 15 juin.

protéine digestible = 0.948 (protéine brute-18) + 0.038 (cendres-10) + 13.62

<u>Unités amidon (UA)</u>: les unités amidons sont calculées selon la formule suivante, valable pour l'herbe coupée avant le 15 juin.

UA = 0.970 (100 - cendres) - 0.3238 x fibres brutes -  $\frac{2.65771}{100\text{-cendres}}$  fibres brutes

Minéraux: les minéraux, Na, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Mo, Co, Zn, sont déterminés dans la solution suivante: les cendres sont mélangées à de l'acide chlorhydrique puis filtrées. Le filtrat est additionné d'eau jusqu'à un volume donné.

Ces méthodes sont décrites dans : Handleiding voor de berekening van de voederwaarde van ruwvoedermiddelen; Central Veevoederbureau in Nederland, 1958.

#### Résultats et discussion

On s'est heurté à la même difficulté que pour la mesure de la teneur en eau, à savoir la phénologie différente des deux types de prairie (p.34).

Les teneurs en protéines, en sucre, le rapport Ca/P et probablement toute la composition de la plante en a été influencée (JUCKER 1972, KIRCH-GESSNER 1975) ce qui rend l'interprétation des résultats délicate.

Les résultats des mesures effectuées sont réunis dans le tableau 10.

# I Teneur en protéines brutes (azote total x 6.25)

Les deux types de prairies ne se distinguent pas de manière significative. On peut toutefois remarquer que les prairies biodynamiques, quoique généralement à un stade de végétation moins avancé, ont une teneur en azote légèrement inférieure à celle de la prairie conventionnelle. (Teneur en azote plus élevée, 8 fois, égale, 2 fois, plus faible que sur la prairie conventionnelle, 4 fois).

Remarques : Les teneurs en composés azotés des deux types de prairies sont dans les normes citées par l'agriculture conventionnelle :

teneur en protéines brutes (JUCKER 1972)

herbe à la hauteur du poing 21 % début de l'épiaison des graminées 14 % début de la floraison 13 %

Tableau 10

Comparaison des résultats des analyses chimiques de la strate aérienne de

la végétation de 14 paires de prairies conventionnelles et biodynamiques.

	protéines brutes % mat.sèche	ines s % èche	fibres brutes	0 0 8 8	cenc	cendres %	protéines digest. %		unités amidon Ca	S &		D1 86		Ca/P		× ≈		Mg %		Mn mg/kg	, p	Cu mg/kg		Mo mg/kg	
paire	ນ	В	U	В	ပ	В	C	В (	C B	ပ	В	၁	В	၁	В	C	В	C	В	υ	В	0	В	υ	В
г Г	19.0	14.9	15.6	17.2	8.7	6.7	14.6	10.7	77 77	1.06	0.77	0.42	0.19	2.52 4	4.05	2.50 2.	2.00	0.37	0.28	111	82	8.0	7,5	1.05	0.83
∾ 776	16.0	16.0	17.4	16.0	8.1	7.9	11.7	11.7	75 77	0.69	0.85	0.31	0.24	2.23 3	3.54	2.78 2.	5,46	0.20	0.25	22	3 17	8.8	4.8	0.39	64.0
em:	22.9	15.3	19.9	16.3	10.3	8.6	18.3	11.0	92 89	0.86	96.0	0.48	0.27	1.79 3	3.56	3.18 2.	2.34	0.27	0.27	76 1	33 12	2.2	8.7	0.71	64.0
ten ⇒	18.7	18.5	14.2	15.5	8.5	8.2	14.3	14.1	77 87	0.81	29.0	0.41	0.41	1.98 1	1.63	2.71 2.	2.81	0.21	0.21	#	72 10	9.01	8.2	0.82	0.72
səi rv	16.3	17.1	17.5	15.5	9.2	8.6	12.0	12,8	75 77	1.13	0.99	0.35	0.20	3.23 4	4.95	1.95 2.	2.87	0.31	0.23	82	3 56	8.1	4.6	0.71	0.39
ais O	18.6	13.3	21.3	21.7	11.3	7.5	14.2	9.5	65 70	0.99	1.13	0.36	0.26	2.75 4	4.35	4.18 1.	1.97	0.21	0.26	99	63 8	8.9	4.8	0.49	64.0
r ≥ud	15.5	14.6	19.7	16.2	9.2	8.2	11.3	10.4	72 77	0.71	1.43	0.32	0.38	2.22 3	3.76	2.44 1.	1.86	0.22	0.31	140	34 5	9.6	8.9	0.49	0.71
ω	11.4	11.7	22.9	24.8	8.3	7.1	7.4	7.7	t9 99	0.62	0.55	0.35	0.26	1.77 2	2.12	2.79 2.	2.45	0.14	0.15	52	27 6	6.3	7.4	1.04	64.0
26 Q	14.8	15.7	19.0	17.6	8.2	7.3	10.6	11.3	73 75	96.0	1.06	0,40	0.36	2,40 2	2.94	2.21 1.	1.62	0.36	0.55	36	1 64   64	8.7	8.8	1.11	0.83
A PITE	17.3	18.2	17.7	18.1	8.7	7.9	13.0	13.8	74 74	0.83	0.89	0,40	74.0	2.08	1.89	2.67 2.	2.21	0.24 0	0.29	74 1	15 8	8.3	9.5	0.50	0.83
ioi H	20.3	19.7	14.7	13.3	10.5	11.2	15.8	15.2	16 77	1.04	1.24	0.47	0.45	2.21 2	2.76	3.66 3.	3.15	0.21	0.33	72	63 5	9.8	11.5		0.72
ii Z	14.6	13.4	18.4	17.6	8.0	7.7	10.4	9.3	73 75	0.62	0.77	0.36	0.28	1.72 2	2.75	2.63 2.	2,40	0.22	0.19	14	38 82	8.1	6.7	1.31	0,98
9L	20.4	19.6	15.7	16.1	9.6	7.6	15.9	15.1	76 75	0.90	1.04	0.42	0.38	2.14 2	2.74	3.36 3,	3.22	0.19	0.34	83	99	0.01	9.5	0.50	0.72
₽. 14	19.9	22.0	15.3	15.4	8.7	8.7	15.4	17.4	77 77	1.01	1.07	0.39	0,41	2.59 2	2.61	2.65 2.	2.54	0.21	0.29	65	59 8	8.9	8.9	0.71	0.72
moyenne	e 17.6	16.4	15.2	16.3	8.9	8.2	13.2	12.1	73.2 74.8	0.87	96.0	0.39	0.33	2.26 3	3.12	2.84 2.	2,42	0,24 0	0.28	65 (	65 9	9.0	8.8	0.74	0.67
écart- type	3.0	2.9	2.1	2.9	1.1	1.2	2.8	2.7	0.4 0.4	0.17	0.23	0.05	0.09	0.42 0	96.0	0.59 0.	0.47	0.07	0.09	28.6	31,5	1.4	1.0	0.22	0.17
Wilcox,	0	0.139	•	0.165	0.037	237	0.124	24	0.020	0.079	62	0.010	0	0.002		0.007		940.0	,,	0.330	8	0.300		0.2	201
								-													1		1		

Les prairies biodynamiques sont fauchées plus tardivement et l'on sait que la teneur en composés non protéiques dans les composés azotés baisse avec l'âge de l'herbe (15 à 25 % pour l'herbe jeune, 5 à 10 % pour l'herbe âgée, JUCKER 1972).

Il est possible en outre que, sous l'influence des engrais azotés solubles (SAUBERLICH et al. 1953, MAC GREGOR et al. 1961), la teneur en composés non protéiques dans les composés azotés soit plus élevée, au même âge, sur la prairie conventionnelle ou encore que la répartition des divers acides aminés soit différente (teneur en légumineuses plus élevée, diversité plus grande dans la prairie biodynamique).

#### II Teneur en fibres brutes :

Sur ce point aussi, les deux types de prairies ne se distinguent pas de manière significative.

Les prairies biodynamiques, quoiqu'à végétation en moyenne moins avancée, ont une teneur en fibres brutes plus élevée, ce qui (comme c'est le cas pour les protéines brutes) tend à confirmer la différence existante : la végétation des prairies conventionnelles serait moins riche en fibres, sans que l'on puisse distinguer si l'on assiste à une différence causée principalement par la composition de la plante ou par celle de la prairie.

Remarques: Les teneurs en fibres brutes des deux groupes de prairies sont dans les normes reconnues par l'agriculture conventionnelle:

teneur en fibres brutes (JUCKER 1972)

herbe à la hauteur du poing 20 % début de l'épiaison des graminées 25 % début de la floraison 28 %

Contrairement à l'agriculture conventionnelle, qui a tendance à considérer la teneur en fibre brute comme une composante peu productive de la ration alimentaire, l'agriculture biologique tend à estimer les fibres brutes comme une composante indispensable à une bonne digestion et à une flore normale de la panse des ruminants et craint un fourrage jeune, riche en composés azotés non protéiques et pauvre en fibres.

#### III Teneur en cendres :

Elle est légèrement <u>plus basse sur la prairie biodynamique</u> (différence non significative). Ce phénomène est causé ou simplement renforcé par le retard de la végétation sur la prairie biodynamique.

(Voir la discussion du résultat des analyses de la teneur en divers minéraux).

# IV Unités amidon (UA):

Les UA sont presque toujours plus élevées sur la prairie biodynamique (différence significative selon le test de Wilcoxon). Ceci s'explique par les différences existant dans la teneur en cendres et en fibres brutes intervenant dans le calcul des UA.

Remarque: Les UA sont quelque peu supérieures aux normes admises pour de l'agriculture conventionnelle, cela sur les deux types de prairies :

UA (JUCKER 1972)

herbe à la hauteur du poing 66

début de l'épiaison des graminées 62

début de la floraison 54

# V Teneur en minéraux :

Les teneurs en Ca souhaitées par l'agriculture conventionnelle se situent autour de 1 %, les teneurs en P autour de 0.35 %. Plus important encore est le rapport Ca/P qui doit se situer entre 1.5 et 2.5 (JUCKER 1972, KIRCHGESSNER 1975). Un Ca/P supérieur à 3 est estimé défavorable.

Sur les prairies étudiées, <u>la teneur en P était plus élevée sur la prairie conventionnelle que sur la prairie biologique</u> (différence significative), <u>la teneur en Ca plus élevée sur la prairie biodynamique que sur la prairie conventionnelle et en conséquence un rapport Ca/P bien supérieur sur la prairie biodynamique que sur la prairie conventionnelle (en moyenne 3.12 sur la prairie biodynamique contre 2.26 sur la prairie conventionnelle).</u>

Ces différences sont d'autant plus remarquables que la phénologie moins avancée de la prairie biodynamique permettrait d'attendre un résultat contraire, soit une teneur en P plus élevée et en Ca moins élevée que sur la prairie conventionnelle, la teneur en P diminuant et celle en Ca croissant avec la maturation (KLAPP 1971, KIRCHGESSNER 1975).

SCHAUMANN (1973), citant les travaux de SCHILLER et al. (1967 et 1969) prend la défense d'un rapport Ca/P élevé. Dans ses essais, il est arrivé à la conclusion que l'effet positif sur la fertilité du bétail de l'accroissement de la diversité était plus important que l'effet négatif de la hausse du rapport Ca/P qui lui est liée. La durée entre deux vêlages croissait malgré la hausse de la teneur en P (Teneur élevée des diverses en Ca).

La teneur en K est significativement supérieure sur la prairie conventionnelle. JUCKER (1972), KIRCHGESSNER (1975) parlent du danger d'une teneur en K trop élevée. La station fédérale de recherches sur la production animale de Grangeneuve admet une teneur de 3 % comme limite supérieure, et considère 2 à 2.5 % comme une teneur en K favorable.

K présent en grande quantité dans l'urine a tendance à croître dans le cycle des prairies trop intensivement ou unilatéralement purinées, provoquant des carences en Na (antagonisme K/Na), des déséquilibres de l'alimentation en oligo-éléments, à la limite des cas de stérilité et de paralysie (JUCKER 1972). La teneur en K moyenne sur la prairie conventionnelle est de 2,8 %, sur la prairie biodynamique de 2,4 %; cela malgré une plus forte proportion de diverses à teneur en K plus élevée sur la prairie biodynamique.

La teneur en Mg est significativement plus élevée sur les prairies biodynamiques que sur les prairies conventionnelles. JUCKER (1972) et KIRCHGESSNER (1975) donnent Mg comme un nutrient souvent à la limite de l'insuffisance.

Mg est présent en plus grande quantité chez les plantes plus âgées que chez les jeunes et plus chez les diverses que chez les graminées (KIRCHGESSNER 1975). Un symptôme fréquent de carence en Mg est la tétanie des herbages contre laquelle on lutte par une alimentation de la vache en sels riches en Mg.

Les teneurs en Mn, Cu, Mo ne présentent pas de différences significatives mais accusent de fortes variations d'une prairie à l'autre. Cela peut être dû au fait qu'il s'agit là de vrais oligo-éléments. Sur les exploitations conventionnelles ils font partie de la ration courante du bétail et peuvent de cette manière s'accumuler dans le cycle de la prairie. Ce ne serait pas le cas pour Mg qui est présent en quantité trop élevée pour être influencé de cette façon dans le cycle (hypothèse).

Les variations dues aux variations de la roche-mère achèvent de rendre ces teneurs difficilement corrélables avec un type d'agriculture.

#### Conclusions

Les seules différences significatives concernent les teneurs en P, plus élevée sur la prairie conventionnelle; en Ca, plus élevée sur la prairie biodynamique; le rapport Ca/P qui en découle; enfin la teneur en Mg, plus élevée sur la prairie biodynamique. On peut expliquer ces différences, au moins partiellement, par la teneur en légumineuses et en diverses plus élevée sur les prairies biodynamiques.

2.5 Résumé

(cf. figure 2)

Figure 2

Résumé des observations et des mesures portant sur les caractéristiques de la végétation de paires de prairies biodynamiques et conventionnelles

		1	conventionn moyenne, min, max	elles Wilcoxon	r	& biodyna noyenne, nin, max		es remarques
nombre (	d'espèces total		24 16-30	0.014		40.4 23-52	1-7	
	graminée	:5	9 6 -12	0.031		13 10 -18	1-7	
	légumine	uses	1 1 - 2	0.022		1 - 7	1 <i>-</i> 7	
	diverses		13 9 - 18	0.009		24 11 -30	1-7	
	plantes of pharmac		8 5 -10			12 7 – 16	1-7	
· mauvai	ises herbe	?S »					1-7	avec des extrêmes be plus marqués dans prairies convention.
analyse de la véç	chimique jétation		moyenne écart type			noyenne Écart type		
acines			7 T	X.	4,		1	variation < de la masse racinaire sur la prairie biodynam
orotéines	Ĩ	°/•	17.4 ± 3.0	0.139		16.4 ± 2.9	1-14	
ibres b	rules	°/。	15.2 ± 2.1	0.165		163 ± 2.9	1-14	
endres		°/ <sub>°</sub>	8.9 ± 1.1	0.037		8.2 ± 1.2	1-14	
ınités a	midon	°/ <sub>°</sub>	73.2 ±0.4	0.020		74.8 ±0.4	1-14	
•		°/•	0.39 ±0.05	0.010		0.33 20.09	1-14	
Ca		°/。	0.87 ±0.17	0.079		0.96 ±0.23	1-14	
à/P	n	ng/kg	2.26 ± 0.42	0.002		312 ±0.96	1-14	
<	n	ng/kg	2.84 ± 0.59	0.007		2.42 ± 0.47	1-14	
<b>1</b> g	n	ng/k	0.24 ±0.07	0.046		2.28 ±0.09	1-14	
Mn , Cu ,	Мо п	ng/kg		$\mathbb{C}$			1-14	fortes variations sans tendances visibles

# 3 SOL

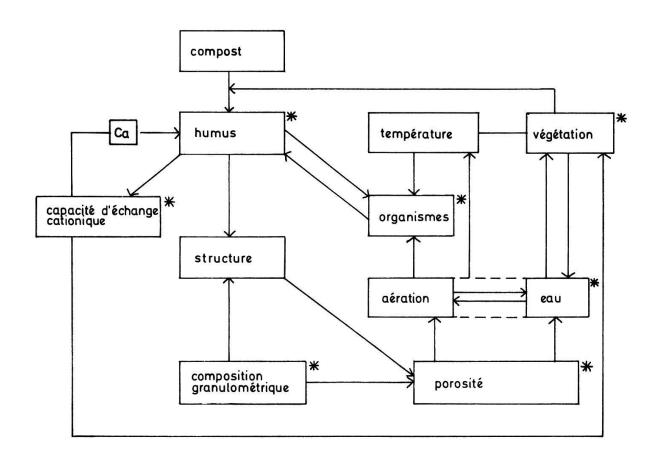
# 3.1 Introduction

On a vu au chapitre précédent que la végétation des deux types de prairie différait, la diversité étant plus élevée sur la prairie biologique. Dans ce chapitre, je vais essayer de donner une idée du sol sur lequel croissent ces prairies. Logiquement, le chapitre sur le sol aurait dû précéder le chapitre sur la végétation, mais j'ai préféré traiter d'abord ce qui frappait le regard et essayer ensuite d'en chercher quelques explications dans l'étude du sol.

A partir des données bibliographiques, (DUCHAUFOUR 1960, 1968, DOMMERGUES 1970, HENIN 1969, JENNY 1942, PFEIFFER 1972, SCHEFFER et SCHACHTSCHABEL 1973) j'ai résumé ce qui me semble être les relations les plus importantes entre les diverses caractéristiques d'un sol. (Figure 3).

Figure 3

Relations entre divers facteurs et divers caractères d'un sol.



Les mesures que j'ai effectuées portent sur divers points (signifiés par une astérisque) de la figure ci-dessus.

Sur toutes les prairies naturelles, j'ai mesuré le pH, la teneur en carbone organique, le rapport C/N, la densité et la porosité, les teneurs en P, K, Mg, Mn solubles dans l'eau et la capacité d'échange cationique.

Sur la paire de prairie 1 (travail de diplôme de ZÜNDEL, 1975) le profil a été étudié plus en détail. On a procédé à des mesures de la variation de la capacité d'échange cationique, de la teneur en fer libre et en carbonate de Ca le long du profil, à l'analyse granulométrique du sol, à la mesure du potentiel capillaire (courbe de désorption et tensiomètres sur le terrain).

Pour avoir une idée de l'influence du mode d'exploitation sur la faune du sol, j'ai étudié la faune des vers de terre (prairie 1, 2, 3), des nématodes (prairie 1, 2), des microarthropodes et des carabides (prairie 1).

- 3.2 Chimie et physique du sol
- 3.21 Méthodes
- a) Acquisition des données
- I Détermination du pH

Détermination électrométrique (appareil du type Metron E 512) dans une solution d'eau distillée à raison d'une part de sol frais (échantillon de 12 prélèvements mélangés pour 5 parts d'eau.

#### II P, K, Mg, Mn

Les analyses ont été faites selon les méthodes standard développées ou améliorées par la station de recherche agricole de Zürich-Reckenholz.

P et K ont été extraits dans de l'eau saturée en carbonate (1 part de sol pour 2 parts d'eau). Les teneurs en P et K ont été mesurées dans le même extrait. Il s'agit là d'une méthode d'extraction faible qui donne une idée du K et du P momentanément à disposition des plantes.

#### III Dosage de l'azote total

Méthode Kjeldahl-Foerster (STEUBING 1965)

#### IV Dosage de la teneur en azote minéralisable

La mesure de la teneur d'un sol en azote (azote total) à un moment donné nous informe sur les réserves d'azote du sol sous une forme stable (capital). Pour se faire une idée de l'azote disponible et de ses variations annuelles (flux), j'ai prélevé toutes les 6 semaines, pendant la période de végétation, des échantillons de sol sur 5 paires de prairies. J'ai fait une mesure immédiate de la teneur en NO<sub>2</sub> et NH<sub>1</sub> et j'ai mis à incuber des échantillons de ce sol au lieu même de leur prélèvement (à l'abri du lessivage de  $\rm NH_{\rm H}$  et  $\rm NO_{\rm J}$  ou de leur utilisation par les plantes) ainsi qu'en chambre d'incubation. Six semaines plus tard, j'ai mesuré à nouveau les teneurs en  $\rm NO_{\rm J}$  et  $\rm NH_{\rm H}$  et j'en ai déduit l'azote minéralisé (STEUBING 1965, GIGON 1968).

#### V Dosage du carbone organique

Par oxydation liquide au bichromate de potassium. Pour mesurer la teneur en C organique, on oxyde totalement le C lié à la matière organique dans une solution d'H<sub>2</sub>SO<sub>1</sub>, puis sous action de la chaleur au moyen du bichromate de potassium. Le reste de bichromate est réduit avec un sel ferrique, dont on titre l'excès (STEUBING 1965).

# VI Extraction de la matière organique

Au moyen de NaOH 0,5 N (Amer. Soc. of Agr., Methods of Soil analysis II, 1965).

# VII Fractionnement de la matière organique

Les acides humiques de l'extrait alcalin sont précipités au HCL conc. à pH 1, puis centrifugés et à nouveau dissous dans une solution chaude de NaOH 0,1 N (Amer. Soc. of Agr., Methods of Soil analysis II, 1965).

#### VIII Dosage des acides humiques et fulviques

Le carbone organique de la fraction humique a été déterminé selon la méthode Walkley-Black. La proportion d'acides fulviques a été réduite de la différence entre le dosage de la matière organique et celui des acides humiques.

# IX Détermination du quotient Q 4/6 des acides humiques

On a mesuré avec un spectrophotomètre de Coleman l'adsorption à 465 et 665 nm et exprimé la pente de la courbe d'adsorption en coefficient Q 4/6. (BLASER 1973).

#### X Dosage du carbonate de calcium

On attaque le carbonate de calcium au HCl (2/1), puis détermine volumétriquement le CO<sub>2</sub> dégagé en cours de réaction. (Appareil de Passon) (STICHER et al. 1971).

#### XI Dosage du fer libre

Les hydroxides ferriques amorphes libres sont dissous en milieu réducteur sous forme d'hydroxides ferreux, puis complexés à l'acide citrique. On mesure le fer en solution au spectromètre d'absorption atomique (appareil du type PEY UNICAM SP 90) (STICHER et al. 1971).

# XII Dosage des ions H échangeables (H)

Les ions H<sup>†</sup> liés sont échangés à l'acétate de baryum contre des ions Ba<sup>2+</sup>, les ions ainsi libérés titrés à l'acide acétique (STICHER et al. 1971).

# XIII Dosage des cations métalliques échangeables (S) et de la capacité d'échange cationique, CEC, (T).

Les cations adsorbés sont échangés contre de l'acétate d'ammonium et déterminés ensuite au spectromètre d'absorption atomique (PEY UNICAM SP 90). S est calculé par addition des valeurs S particulières de Ca, Mg, K et Na; T de la manière suivante, T = S + H (STICHER et al. 1971).

## XIV Détermination du degré de saturation en base (V)

Calculé comme suit, V = 100  $\frac{S}{T}$  %.

## XV Production de gaz carbonique

Le CO, qui se forme dans le sol est lié avec NaOH, l'excès en NaOH titré au HCI (JAGGI 1974).

## XVI Analyse granulométrique

La teneur du sol en sable et en limon grossier est déterminée par criblage en milieu liquide avec un crible électromagnétique (Fritsch 300), la teneur en limon fin et en argile par la méthode de Kopecky (dispersion et prélèvement à la pipette) (STICHER et al. 1971).

#### XVII Détermination de la densité apparente et de la densité réelle

On a prélevé à l'aide d'un cylindre de Burger des échantillons de 1 l de sol.

La densité apparente D'est le rapport du poids sec au volume du sol.

La densité <u>réelle</u> D, rapport du poids sec du sol séché au volume des particules solides du sol, a été déterminée au pycnomètre.

La <u>porosité</u> ainsi que le <u>volume des pores</u> sont des valeurs calculées selon les formules suivantes :

$$P = 1 - \frac{D'}{D}$$
 (sans dimension)  $v_p = P.100$  (en %)

ces valeurs représentent le volume de vide du sol sous forme d'indice ou en fonction du poids total.

#### XVIII Mesure de la rétention de l'eau dans le sol

Tensiomètres: Sur le terrain, on a mesuré la force de rétention de l'eau par le sol au moyen de tensiomètres. Il s'agit de tubes terminés par une bougie poreuse couplée à un manomètre à mercure, qu'on enfonce dans le sol à la profondeur à laquelle on désire connaître la quantité d'eau à disposition des plantes (RICHARD 1974).

Courbes de désorption: (courbe du potentiel capillaire, pF). On établit cette courbe en laboratoire en soumettant des échantillons de sol (volume constant) à une pression qu'on élève progressivement (caisson à pression variable). La courbe de désorption est la représentation graphique du rapport entre la teneur en eau et l'énergie de rétention, quand on soumet le sol à un desséchement artificiel. On exprime cette force en atm ou en cm d'eau. Le mode d'expression le plus commode est le potentiel capillaire (pF), qui est le logarithme de cette force en cm d'eau (RICHARD et BEDA 1953).

# b) Traitement statistique

Test de Mann & Whitney et test de Wilcoxon (p. 13)

3.22 Etude du profil de la paire de prairies 1
d'après ZUNDEL 1975)

Les deux prairies sont adjacentes. La roche-mère et le relief sont identiques. L'analyse granulométrique ne montre pas de différence (figure 6).

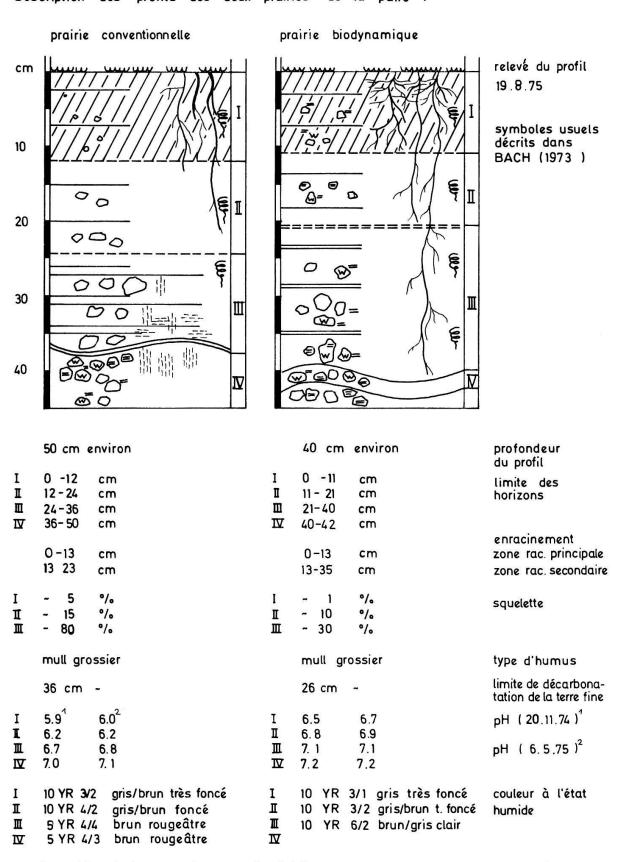
Sur la parcelle biodynamique (figure 4).

- la roche-mère est peu altérée (sur la parcelle conventionnelle, elle est altérée sur 20 cm),
- le sol est utilisable par les racines jusqu'à la roche-mère, l'enracinement y est partout plus dense (p. 29) avec un léger feutrage dans la zone racinaire principale ainsi que des racines nombreuses dans la zone racinaire secondaire (dans la prairie conventionnelle, l'enracinement est moins dense et l'on ne trouve dans la zone racinaire secondaire que quelques racines pivotantes sans radicelles,
- la limite de décarbonatation se trouve à 20 cm environ, (sur la prairie conventionnelle, le sol est décarbonaté jusqu'à la roche-mère),
- la structure est plus grumeleuse,
- le pH légèrement plus élevé,
- la couleur dans tous les horizons plus grise et plus foncée.

Ces différences ne sont probablement pas uniquement dues à une différence dans le mode d'exploitation (altération de la roche-mère, limite de décarbonatation).

Figure 4

Description des profils des deux prairies de la paire 1



Poudingue bigarré (des alluvions du Hörnli) ± mélangé a des matériaux morainiques.

roche - mère

Figure 5

Résultats de l'analyse granulométrique des sols de la paire de prairie 1C et B.

# Analyse granulométrique

Classes granulométriques en % de la terre fine.

pro	ine conventionnelle		prai	rie biodynamique	
I	argile limon sable limon argileux	38.9 36.9 24.2	I	argile limon sable limon argileux	37.6 38.7 23.7
I	argile timon sable limon argileux	36.8 37.7 25.5	I	argile limon sable limon argileux	35.9 38.6 25.5
I	argile limon sable limon argileux	33.3 52.0 14.7	Ш	argile limon sable limon argileux	_ 20.7 54.5 24.8

#### Analyse granulométrique

Courbe cumulative des fractions obtenues par la méthode du tamisage liquide.

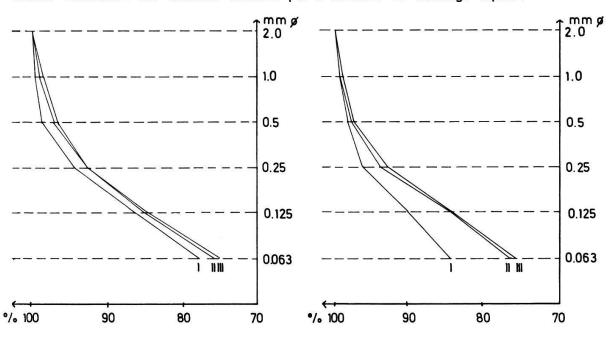
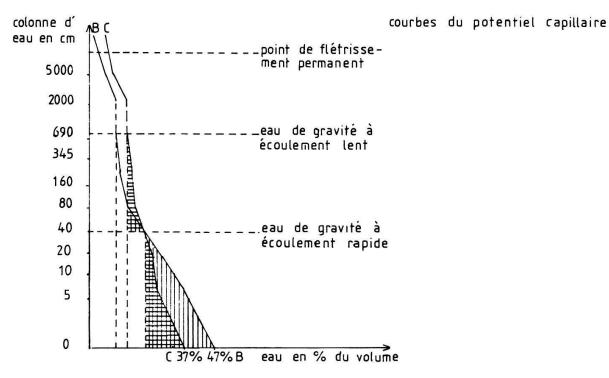


Figure 6

Résultats des mesures portant sur l'économie de l'eau dans les sols de la paire de prairie 1 Cet B

prairie horizons	conventionnelle s	prairie t horizons	oiodynamique :	
I	П	Ī	П	
1.15	1.23	1.05	1.27	densité apparente (g/cm³)
2.60	2.66	2.51	2.64	densité réelle (g/cm³)
0.558	0.537	0.582	0.519	porosité
58.8	53.7	58.2	51.9	volumes des pores en%
37.6	34.2	47.8	31.5	teneur en eau en % (val. mom.)
0.59	0.53	0.78	0.48	taux de saturation en eau en%



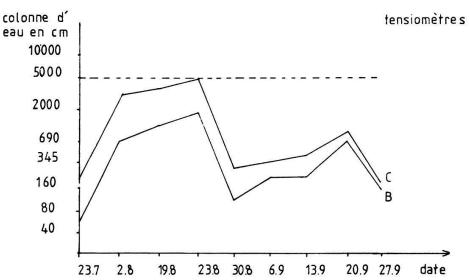


Tableau 11

Résultats des mesures portant sur la chimie et l'activité biologique des sols de la paire de prairies 1 CetB

prairi	e conv	ention	inelle	prairi	e biod	ynamio	que	
	horiz	ons			horiz	ons		
I	I	M	IΣ	I	П	III	ΙX	
								capacité d'échange cationique
								mval/100 g de terre fine
15.0	.15.0	20.0	38.3	21.7	50.0	54.2	50.0	calcium
3.2	3.3	6.2	10.1	4.6	3.3	2.5	1.7	magnesium
0.4	0.2	0.5	0.4	0.6	0.3	0.2	0.1	potassium
0.1	0.1	0.3	0.2	0.5	0.4	0.3	0.3	sodium
18.7	18.6	27.0	48.7	27.3	53.9	57.1	51.0	valeur- S
4.0 .	3.1	2.1	0.3	3.1	1.3	0.4	0.3	valeur- H
22.7	21.7	29.1	49.0	30.4	5 5.2	57.5	51.3	valeur- T
82.	86.	93.	95.5	90.	9.8 .	99.	99.5	valeur-V degré de saturation en bases en %
0.65	0.72	0.79	0.40	0.70	0.63	0.50	0.12	<u>fer libre</u> en % de la terre fine
0.5	0.7	0.4	27.0	0.4	0.7	2.6	37.6	<u>carbonate de calcium</u> en % de la terre fine
0.45	0.21			0.72		0.52		azote total en % de la terre fine
								<u>carbone organique</u> en % de la terre fine
3.4	2.2	0.6		6.4	2.5	0.7		I janvier 1975
3.4	1.5			3.8	2.7			II mai 1975
7.6	7.1			5.3	5.1			<u>C/N</u> mai 1975
								fractionnement des composés
								<u>humiques</u> (mai 1975)
1.5	0.6			1.7	1.1			C humifié extractible en %
42.0	37.5			45.7	39.0			extractibilité en %
0.9	0.3			1.0	0.5			acides humiques en % C
0.6	0.3			0.7	0.6			acides fulviques en % C
47.2	23.1			58.8	33.2			acides humiques en % des acides humiques et fulviques
6.2	5.2			6.7	6.8			quotient Q 4/6
63.3				78.3				production de CO2 en mg/100 g
								de sol.

Le sol de la prairie biodynamique, qui se trouve en bordure d'une gravière, a probablement été enlevé et remis en place dans le passé (pour plus de détails voir ZUNDEL, 1975).

D'autres mesures ont permis de mettre en évidence des différences où le mode d'exploitation joue plus probablement un rôle.

L'horizon supérieur du sol de la prairie biodynamique

- est moins dense, plus poreux (Figure 6), sa capacité de rétention en eau aisément disponible pour les plantes plus élevée (Figure 6),
- contient plus d'humus (tableau 11),
- l'extractibilité de la matière organique y est meilleure (tableau 11),
- le rapport acides humiques / acides fulviques ainsi que le coefficient Q 4/6 y est plus élevé,
- la production de CO, y est plus élevée.

Les différences dans la physique des sols sont probablement influencées par la teneur en humus plus élevée et par une plus grande activité biologique sur la prairie biologique. La meilleure extractibilité des composés humiques indique un état de décomposition plus avancé de la matière organique humifiable et donc, si l'on admet que la matière organique donnant naissance à l'humus ne présente pas une grande différence, une activité biologique plus élevée. Le rapport acides humiques / acides fulviques et le quotient Q 4/6 élevé montrent une condensation plus élevée et un degré d'humification plus élevé.

3.23 Résultats et discussion des mesures effectuées sur les paires de prairies 1 - 7

Dans la discussion qui suit je vais reprendre les différents points formulés dans la figure 3.

#### La composition granulométrique (figure 5)

La composition granulométrique est fonction de la roche-mère et des autres facteurs indépendants de la formation d'un sol, le climat, le relief, le temps et les organismes. J'ai choisi mes parcelles de manière à pouvoir supposer ces facteurs identiques pour les deux membres d'une paire de prairie. Le temps écoulé depuis le changement du mode d'exploitation est court pour expliquer un changement de la composition granulo-métrique.

Les analyses granulométriques effectuées sur la paire de prairie 1 ne montrent aucune différence significative.

#### La matière organique (tableau 12)

La prairie biodynamique ne recevant qu'une fumure organique, on pouvait s'attendre à ce que la teneur en <u>matière organique</u> y soit plus élevée

Tableau 12

Mesures du pH, de la teneur en matière organique, de la teneur en azote et rapport C/N sur 7 paires de prairies biodynamiques et conventionnelles (mai 1974, 1976)

	paire		PH	teneur en mat	en matière	e orga	organique %	azote total		os ap 6/6m)	50	N/0			
	rie n <sup>o</sup>	profondeur 1-6 cm	Jeur	profondeur	eur	profondeur 9-14 cm	eur	profondeur 1-6 cm	eur	profor	profondeur 9-14 cm	profondeur 1-6 cm	deur	profondeur 9-14 cm	leur L
		J	В	J	80	2	В	J	œ	0	80	2	В	U	83
	_	6.5	8.9	7.7	12.0	4.7	8.3	5.9	1.9	2.8	5.3	7.5	10.2	9.6	9.1
mai 1974	7	0.9	0.9	8.3	6.6	5.9	8.3	2.7	3.	2.0	2.2	17.8	6.91	17.2	1.91
profondeur	3	6.3	0.9	5.3	8.4	3.1	2.8	9.1	5.	Ξ	1.0	19.7	18.4	8.91	13.3
t F	4	9.9	6.3	6.3	7.1	4.1	8. 7	6:	3.2	0.0	5.	19.2	12.8	ı	18.5
	5	6.2	1.9	7.2	7.2	5.9	5.1	2.2	2.8	8.	9.1	8.81	8.41	19.2	18.4
	9	6.7	1.9	9.8	9.5	5.3	0.9	2.4	2.5	9.1	9.1	20.8	9.61	19.4	21.9
	7	1.9	6.5	5.3	5.3	3.6	4	1.5	2.0	=	[]	20.6	15.5	0.61	18.5
	moyenne ecart type	6.34 ±0.36	6 6.33 ±034	£76.7 36.1± 36.0	6 7.97 ±2.61	4.66 ±1.11	1 5.63 ± 2.07	2.60 ± 1.52	3.11	7 67 1 691	±1.69 1.49 ±0.88 2.03 ± 1.51		17.77 ± 4.65 15.46 ± 3.34 16.90 ± 3.65	3.74 16.90 ±3.	65 1797 ± 4.6
	test de Wilcoxon		0.450	0	0.072	0	0.088	)	0.021		0.15		9700		0.45
	_	0.9	8.9	8.9	9.11	١	1	3.4	4.4	1	-	15.2	15.3	1	1
mai 1976	, 2	6.2	1.9	8.8	9.8	(	1	4.4	4.4	١	}	9.11	12.9	1	Ŧ
profondeur	3	6.3	6.3	5.4	6.2	١	1	2.9	3.1	ſ	}	8.01	11.6	1	Ì
(m) c-1)	4	9.9	8.9	8.5	8.0		1	4.2	3.7		1	11.7	12.5	1	I
	5	5.9	0.9	8.9	6.0	1	١	3.5	2.8	1		11.3	12.4	1	1
	9	1.9	6.3	7.4	9.4	1	١	3.5	3.4	l		12.3	14.3	1	
	7	1.9	1.6	4.6	8.4	1	}	2.1	4.1	1		12.7	1.9	I	Ĺ
	moyenne écart type	6.76 ±0.30	0 629 ± 0.4	7.20 ± 1.70	96:1∓ 4€:8	1	1	3.43 ± 0.77	7 3.70 ± 0.63	0.63	1	12.73±1	12.73 ±1.45 12.99 ±1.34	 	
	test de Wilcoxon		0.765	0	0.088	1	,		0.300	·		_	0.250		***

que sur les prairies voisines.

Bien que les résultats des mesures exécutées en 1974 à l'institut de géobotanique de l'EPFZ et de celles effectuées en 1976 à la station fédérale de recherches agricoles de Zürich-Reckenholz présentent de grandes variations, dues entre autres à la différence de profondeur de la prise des échantillons (1-6 cm en 1974, 1-5 cm en 1976) et malgré la différence assurée avec une probabilité d'erreur de plus de 5 % (respectivement 7,2 et 7,8 % d'après le test de Wilcoxon), on peut parler d'une tendance des sols des prairies biodynamiques à être plus riches en matière organique que les sols des prairies conventionnelles.

Les analyses des <u>composés humiques</u> de la matière organique sur la prairie l (p. 46) permettent de supposer que les différences entre les deux types de prairies, en ce qui concerne l'humus, ne sont pas uniquement quantitatives mais qu'elles portent aussi sur le type d'humus.

Un des critères de distinction entre deux types de matière organique les plus simples à mesurer est le rapport C/N .

Les mesures de l'azote total (méthode Kjeldahl)en 1974 et de manière moins nette en 1976, (tableau 13) montrent une teneur en azote qui tend à être plus élevée sur les prairies biologiques.

SCHNEIDER (1954) avait observé dans son étude sur l'Arrhenatheretum que les réserves du sol y étaient plutôt moins élevées que sur la prairie maigre correspondante. Il semble que ce soit la rapidité de circulation, plus que l'accumulation de réserves dans le sol, qui distingue une prairie grasse d'une prairie maigre.

Le rapport C/N dépend de la teneur en carbone et de la teneur en azote, qui présentaient toutes deux de si fortes variations entre 1974 et 1976, qu'il est impossible de l'interpréter. Il est peut-être un critère plus valable pour un sol en équilibre, un sol forestier par exemple, que pour un sol soumis aux nombreux chocs d'une exploitation agricole intensive.

#### La porosité et le potentiel capillaire

La porosité dépend principalement de la composition granulométrique et de la teneur du sol en humus.

La granulométrie étant supposée semblable dans les deux types de sols, la teneur en matière organique plus élevée de la plupart des sols des prairies biologiques permet d'expliquer les différences observées dans la porosité des prairies.

La <u>densité réelle</u> était 5 fois sur 7 plus élevée sur les prairies conventionnelles que sur les prairies biologiques, la <u>densité apparente</u> et la <u>porosité</u> étaient toujours plus élevées sur la prairie biodynamique (tableau 14, figure 6).

Une porosité plus élevée permet de conclure à un meilleur régime hydrique et à une meilleure aération des sols. Les sols sont mieux drainés et conservent mieux l'humidité, ce dernier point sous l'effet d'une teneur en matière organique plus élevée (DUCHAUFOUR 1960).

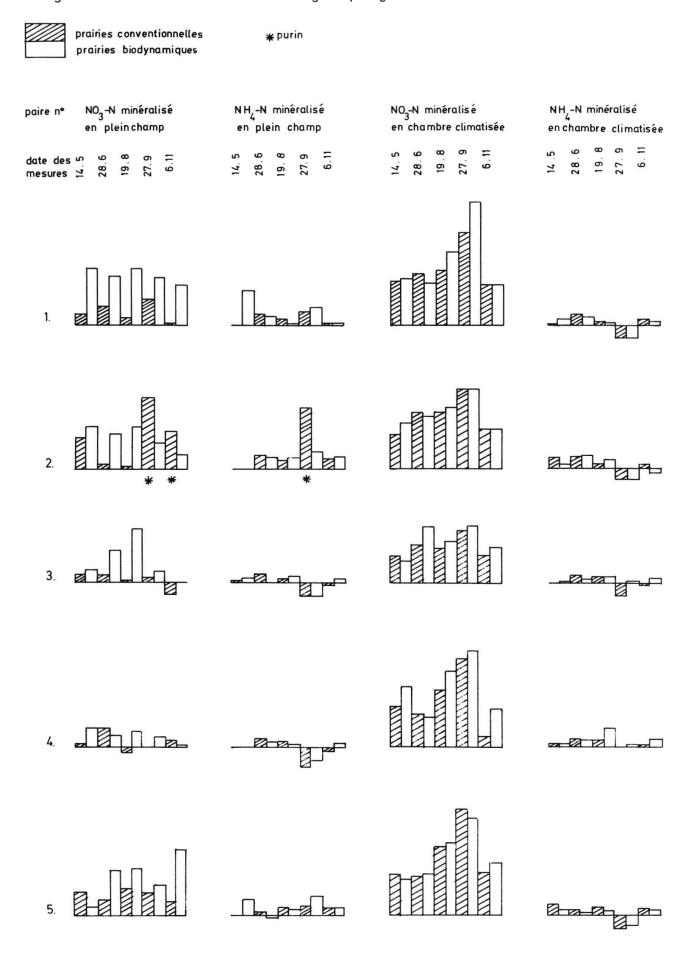
Dosage de la minéralisation de l'azote en mg N par g de sol sur 5 paires de prairies conventionnelle7 bio -dynamique (1974) (profondeur 1-6 cm)

Tableau 13

			ļ													ı																A effet du purin	(chifres suppri-	mes du calcul
test de	Wilcoxon		0.072	0.039	0.021	0.054	0.143												0.150	0.343	0.113	0.137	0.054											
	2	80	77	1.9	6.3	0.4	8.8	5.28	2.85	6900	1.9	+.0 -	0.1	2.4	6.0	1.16	1.07	0.233	5.0	5.7	2.9	12.8	7.1	7.72	3.06	0.250	07	0.5	0.8	- 1.5	0.7	0.18	0.97	0.113
		u	2.9	<b>6</b> 9.	3.7	3.0	1.1	2.67				0.3			1		0.48		5.4				5.8	1			Ξ	42	Ξ	- 18	0.8	0.38	1.23	
	4	8	2.7	9.1	7.7	6.1	4.0	1.48	1.26	0. 233	0.0	9.0	\$ O	- 1.7	0.5	0.03	1.00	0.233	8.3	7.7	9.8	13.3	6.7	8.08	3.75	0.040	0.5	6.0	2.3	9.9	6.0	98.0	0.90	0.143
		U	0.7	2.7	- 0,5	}	7:1	0.92	1.22		0.0	1.7	6.0	-2.4	-0.7	- 0.10	1.4		5.7	9.7	1.7	11.8	7:1	9.30	3.76		α2	1.0	6.0	1	0.5	0.52	0.43	
	3	В	1.5	3.9	1.7	5	0.0	2.76	2.80	9.034	0.1	0.0	97	+:1-	0.5	- 0.05	0.78	0.500	3.0	92	5.7	1.7	9.4	5.72	2.01	070	1:0	9.0	0.7	0.2	9.0	0.74	19.0	0.143
		7	1	1.2	0.1	7.0	- 1.5		.13							1	0.89		١				3.7				ĺ				- 0.7	0.05	1.12	
	2	6	5.7	9.4	2.7	3.5	8.1	3.20	7.96	0.054	0.0	1.3	4:1	2.7	1.7	0.88	0.87	0.211	1.9	6.9	1.7	9.01	5.1	7.26	2.05	0.143	9.0	1.2	6.0	4:	- 03	0.20	90'1	0.113
		)	3.9	4.0	0	49.7	8.4×	0.88	69.		0.0	.5	Ξ	483	2	0.87	0.77					10.5		6.92		_	1					84.0		
	-1	80	7.6	9.9	7.7	6.3	5.7	81.9	98.0	0,022	87	5.	7.0	25	9:0	1.92	<b>3</b> 5	0.357	6.1	5.7	0.01	1.91	9.5	8.82	4.77	0.137	0.7	=	0.3	- 15	0.7	0.15	66:0	0.750
		U	1.6	7.4	6.0	3.7	1.0	1.74	£.3		0.0	9.1	80	6:1	9.0	860	71:0		5.9	6.9	1.7	12.7	9.6	7.76	2.88		-0	7	4:0	<del>1</del> .1.	7.0	0.18	. 10.1	
	dates des	mesures	14.5.74	28.6	8.61	27.9	11.9	moyenne	écoit type	Wilcoxon	14.5.74	9.82	8.61	27.9	6.11	moyenne	écart type	Wilcoxon	14.5.74	28.6	8.61	17.9	9.11	moyenne	écart type	Wilcoxon	14.5.74	28.6	19.8	27.9	11.9	moyenne	ecart type	WILLOXON
					N03- N	•							N- NN	4							NO3-N	,							Z-, T.	+		1		
				d	lω	שמו	pι	اونا	d	иə	ąs	ile	ۇرد 1	uļ	ш	əļ	oz f	+			3	<b>ə</b> 19	ш	рц	o (	ာ	و ج	:   [4	one	ə. İui	esi,	ake nat	ui)	つイ

Figure 7

Dosage de la minéralisation de l'azote en mg N par g de sol (1974)



Cette différence dans la porosité est confirmée par les mesures de rétention de l'eau dans le sol.

Des courbes de potentiel capillaire (figure 6), on peut déduire des teneurs du sol en eau de gravité à écoulement rapide, en eau capillaire absorbable et facilement absorbable toutes trois plus élevées sur la prairie biologique.

La courbe des valeurs obtenues par les mesures au <u>tensiomètre</u> (figure 6) met en évidence une humidité toujours plus importante sur la prairie biologique. Les plus grandes différences mesurées se situent dans la période du 2.8 au 19.8 1974, au moment où la prairie est la plus sèche. On peut mettre ce phénomène en relation avec la teneur en humus plus élevée de la prairie biologique mais aussi avec les pertes dues à une respiration et une transpiration éventuellement plus élevée de la prairie conventionnelle, ceci sous l'effet du mode de fonctionnement des espèces caractéristiques et de la productivité élevée d'une prairie grasse.

# La minéralisation de l'azote et l'activité des microorganismes

On a vu que l'azote total (tableau 12) était plutôt plus élevé sur les prairies biologiques. Les mesures momentanées de l'azote minéral ( $NH_{ll}$ ,  $NO_{2}$ ) donnent des quantités très faibles d'azote ammoniacal et quelque peu plus élevées d'azote nitrique.

Les mesures de l'azote minéral après une durée de minéralisation de 6 semaines en chambre climatisée donnent une idée de l'azote facilement minéralisable. Les résultats obtenus pour les deux groupes de prairies sont semblables.

Les mesures de l'azote minéral, après une durée de <u>minéralisation de 6</u> semaines dans le sol de la prairie, renseignent en outre sur l'activité minéralisatrice des organismes du sol encore mieux que les mesures de la production de CO<sub>2</sub> (DUCHAUFOUR 1960).

Les mesures de respiration du sol sur la paire de prairie 1 (tableau 11) ont été effectuées au laboratoire. La respiration était plus élevée sur la prairie biologique.

La minéralisation de l'azote en plein champ, supérieure sur les prairies biologiques, phénomène spécialement bien observable sur les prairies l et 2, permet elle aussi de conclure à une activité minéralisatrice plus élevée des micro-organismes dans le sol biologique (figure 7).

#### Le complexe absorbant

Les mesures de la capacité d'échange cationique (CEC) dans les 5 premiers cm du sol, effectuées à la station fédérale de recherches agricoles de Zürich-Reckenholz en mai 1976, donnent des valeurs supérieures pour tous les ions sur la prairie conventionnelle (tableau 15). Les mesures effectuées sur la paire 1, à l'institut de pédologie de l'ETHZ, sur la variation de l'état du complexe absorbant le long du profil, dans les horizons I à IV, montrent, elles, une capacité d'échange cationique plus élevée

dans le premier horizon (1-12 cm) de la prairie biologique (tableau 11). Ces mesures ont en outre montré des valeurs S et T (plus grandes dans les premiers horizons que dans l'horizon le plus profond sur la prairie biologique et l'inverse sur la prairie conventionnelle.

Des mesures supplémentaires permettraient de voir si ce phénomène se répète sur d'autres prairies ou encore d'étudier la variation du CEC au cours de l'année.

Les mesures du phosphore, du potassium, du magnésium solubles dans l'eau, exécutées en 1974 et en 1976 à la station fédérale de recherches agricoles de Zürich-Reckenholz n'assurent aucune différence statistiquement assurée entre les deux groupes de prairies (tableau 16).

Tableau 14

Mesure de la densité réelle, densité apparente et valeurs calculées de l'indice de porosité sur 7 paires de prairies biodynamiques et conventionnelles (mai 1976) (profondeur 1 - 5 cm)

paire de prairies		é réell /cm3		apparente /cm3	porosité	(en %)
	С	В	C	В	С	В
1	2.41	2.35	0.72	0.49	70	79
2	2.34	2.33	0.62	0.62	74	74
3	2.44	2.41	0.77	0.75	69	69
4	2.38	2.40	0.67	0.63	72	74
5	2.41	2.44	0.67	0.64	72	75
6	2.40	2.39	0.75	0.71	69	70
7	2.45	2.33	0.75	0.54	69	77
moyenne et écart type	2.40±0.04	2.38 <u>+</u>	0.04 0.71±0.05	0.63 <u>+</u> 0.09	71 <u>+</u> 2	74 <u>+</u> 3.6
Wilcoxon	0.13	6	0.01	4	0.02	2

Tableau 15

Mesures de la capacité d'échange du sol en cations (mai 1976) sur 7 paires de prairies conventiannelles et biodynamiques (profondeur 1-5cm).

1         2         3         4         5         6         7         Pype           C         20,50         13,54         12,24         16,93         12,61         13,97         11,61         14,49         3,17           B         12,19         13,64         12,25         13,94         10,22         13,58         8,53         12,05         201           C         4,69         2,09         2,17         2,80         14,8         1,07         1,51         2,26         121           B         3,60         2,17         2,80         14,8         1,07         1,51         2,26         121           C         0,21         2,08         1,40         0,74         0,36         1,21         1,00           C         0,21         0,28         0,16         0,74         0,36         1,21         1,00           C         0,23         0,17         0,18         0,13         0,13         0,13         0,13         0,13         0,13         0,14         0,15         0,14         0,15         0,14         0,15         0,14         0,15         0,14         0,15         0,14         0,15         0,14         0,15         0,14 </th <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>paire no</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>moyenne</th> <th>écart</th> <th>test de</th>						paire no				moyenne	écart	test de
C   20.50   13.54   12.14   16.93   12.61   13.97   11.61   14.49   3.17     C   20.50   13.64   12.25   13.94   10.22   13.58   8.53   12.05   2.01     C   4.69   2.19   2.17   2.80   1.48   1.07   1.51   2.26   1.21     C   0.21   0.28   0.31   0.56   0.16   0.73   0.19   0.19   0.19     C   0.22   0.24   0.14   0.14   0.19   0.14   0.15   0.19   0.13   0.15   0.15     C   0.22   0.17   0.18   0.19   0.19   0.19   0.19   0.19   0.19   0.19   0.19     C   0.24   0.14   0.14   0.14   0.14   0.15   0.15   0.12   0.10   0.10     C   0.25   0.15   0.14   0.14   0.14   0.15   0.15   0.12   0.10   0.10     C   0.25   0.26   0.14   0.14   0.14   0.15   0.15   0.12   0.15   0.10     C   0.25   0.26   0.14   0.14   0.14   0.15   0.15   0.15   0.10   0.10     E   c.chang   B   16.04   16.05   14.93   10.59   12.06   14.57   10.17   14.35   2.38     C   22.64   22.64   19.01   29.09   20.19   19.85   14.65   19.81   2.91     C   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64     C   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   22.64   2			-	2	3	4		9	7		adk	Wilcoxon
B         12.19         13.64         12.25         13.94         10.22         13.58         8.53         12.05         201           C         4.69         2.09         2.17         2.80         1.48         1.07         1.51         2.26         1.21           C         0.21         2.48         2.13         1.40         0.74         0.85         1.91         1.00           C         0.22         2.17         2.48         2.13         1.40         0.74         0.85         1.91         1.00           C         0.21         0.28         0.31         0.56         0.16         0.38         0.51         0.24         0.17           C         0.23         0.14         0.38         0.19         0.19         0.24         0.17         0.17           C         0.23         0.14         0.15         0.12         0.24         0.17         0.17           C         0.23         0.14         0.15         0.12         0.24         0.15         0.17           C         0.04         0.14         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.15           C         0.05         1.40 </td <td>Ca+2</td> <td>S</td> <td>20.50</td> <td>13.54</td> <td></td> <td>16.93</td> <td>12.61</td> <td>13.97</td> <td>11.61</td> <td>67.41</td> <td>3.17</td> <td>000</td>	Ca+2	S	20.50	13.54		16.93	12.61	13.97	11.61	67.41	3.17	000
C         4.69         2.09         2.17         2.80         1.48         1.07         1.51         2.26         1.21           C         0.21         2.48         2.13         1.40         0.74         0.35         1.91         1.00           B         3.60         2.17         2.48         2.13         0.56         0.16         0.38         0.51         0.29         0.19         0.15         0.15         0.17         0.19         0.17         0.19         0.17         0.19         0.19         0.19         0.19         0.17         0.19         0.19         0.19         0.19         0.19         0.19         0.19         0.19         0.19         0.19         0.11         0.10         0.18         0.19         0.12         0.14         0.15         0.12         0.14         0.15         0.12         0.14         0.15         0.12         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.15         0.14         0.14         0.14	mval /100 g 50 l	Ф	12.19	13.64		13 94	10.22	13.58	8.53	12. 05	2.01	200
B         3.60         2.17         2.48         2.13         1.40         0.74         0.85         1.91         1.00           C         0.22         0.23         0.16         0.38         0.17         0.15         0.15         0.24         0.15           C         0.23         0.14         0.36         0.16         0.13         0.29         0.24         0.17           C         0.13         0.30         0.18         0.18         0.29         0.24         0.17           C         0.13         0.30         0.16         0.13         0.20         0.20         0.21         0.04           B         0.14         0.11         0.14         0.15         0.12         0.24         0.17         0.15           C         10.0         8.16         4.16         8.5         5.76         4.48         4.72         6.54         2.38           C         10.0         8.16         4.40         4.0         6.16         5.28         4.48         5.46         1.26           C         25.64         16.04         4.0         6.16         5.28         4.48         5.46         1.26           C         25.64	Mg <sup>+2</sup>	J	69. 7	2.09	2.17	2.80	87.1	1.07	15.	2.26	1.21	i
C         0.21         0.28         0.31         0.56         0.16         0.38         0.51         0.35         0.15           B         0.11         0.10         0.14         0.38         0.13         0.29         0.13         0.29         0.24         0.17           C         0.13         0.30         0.18         0.18         0.29         0.21         0.04           B         0.14         0.11         0.14         0.15         0.12         0.24         0.15         0.04           C         10.0         8.16         4.16         8.5         5.76         4.48         4.72         6.54         2.33           C         10.0         8.16         4.40         4.0         6.16         5.28         4.48         4.72         6.54         2.33           C         25.64         14.63         4.0         6.16         5.28         4.48         5.46         1.26           C         25.64         16.05         14.43         16.50         14.43         15.60         13.92         17.30         4.29           C         25.64         26.24         26.39         14.43         12.06         14.57         14.43	mval/1009 sol	m	3.60	2.17	2.48	2.13	04.1	97.0	98.0	1.9.1	1.00	0.034
B         0.11         0.10         0.14         0.38         0.29         0.13         0.29         0.13         0.29         0.13         0.20         0.13         0.20         0.14         0.15         0.12         0.21         0.05           C         0.13         0.14         0.14         0.15         0.12         0.21         0.06           C         0.14         0.11         0.14         0.15         0.15         0.14         0.15         0.04           C         10.0         8.16         4.16         8.5         5.76         4.48         4.72         6.54         2.32           B         6.56         7.36         4.0         6.16         5.28         4.48         5.46         1.26           C         25.64         16.08         14.85         20.59         14.43         15.60         13.92         17.30         4.29           B         16.04         14.98         16.59         14.43         15.60         13.92         17.30         2.38           C         25.64         16.05         14.98         16.59         14.57         10.17         14.35         2.38           C         35.64         22.60 </td <td>+ *</td> <td>J</td> <td>0.22</td> <td>0.78</td> <td>0.31</td> <td>0.56</td> <td>91.0</td> <td>0.38</td> <td>0.51</td> <td>0.35</td> <td>0.15</td> <td>,</td>	+ *	J	0.22	0.78	0.31	0.56	91.0	0.38	0.51	0.35	0.15	,
C         0.73         0.13         0.30         0.18         0.18         0.29         0.21         0.06           B         0.14         0.11         0.14         0.15         0.12         0.14         0.15         0.02         0.21         0.06           C         10.0         8.16         4.16         8.5         5.76         4.48         4.72         6.54         2.32           B         6.56         7.36         4.40         4.0         6.16         5.28         4.48         5.46         1.26           C         25.64         16.08         14.35         20.59         14.43         15.60         13.92         17.30         4.29           B         16.04         16.05         14.38         20.59         14.43         15.60         13.92         17.30         4.29           C         35.64         24.24         19.01         29.09         20.19         20.08         18.64         23.84         6.39           B         22.50         23.41         19.38         20.59         18.22         19.85         14.65         19.81         2.31	mval/10003 sol	89	0.11	0.10	41.0	0.38	0.19	0.13	0.55	0.24	0.17	0.006
B         0.14         0.15         0.15         0.14         0.15         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.04         0.05         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.04         0.05         0.05         0.04         0.	† <b>5</b> N	ں	0.13	71.0	0.13	0:30	0.18	81.0	0.29	0.21	90.0	
C         10.0         8.16         4.16         8.5         5.76         4.48         4.72         6.54         232           B         6.56         7.36         4.40         4.0         6.16         5.78         4.48         5.46         1.26           C         25.64         16.08         14.85         20.59         14.43         15.60         13.92         17.30         4.29           B         16.04         16.05         14.48         16.59         12.06         14.57         10.17         14.35         2.38           C         35.64         24.24         19.01         29.09         20.19         20.08         18.64         23.84         6.39           B         22.60         23.41         19.38         20.59         18.22         19.85         14.65         19.81         2.91	mval/ 1009 sol	8	71.0	71.0	0.11	0.14	0.15	0.12	0.74	0.15	0.04	0.020
B         6.56         7.36         4.40         4.0         6.16         5.28         4.48         5.46         1.26           C         25.64         16.08         14.85         20.59         14.43         15.60         13.92         17.30         4.29           B         16.04         16.05         14.98         16.59         12.06         14.57         10.17         14.35         2.38           C         35.64         24.24         19.01         29.09         20.19         20.08         18.64         23.84         6.39           B         22.60         23.41         19.38         20.59         18.22         19.85         14.65         19.81         2.91	ŧ	ں	0.01	91.8	91.4	8.5	5.76	84.4	4.72	6.54	2.33	•
C 25.64 16.08 14.95 20.59 14.43 15.60 13.92 17.30 4.29  B 16.04 16.05 14.98 16.59 12.06 14.57 10.17 14.35 2.38  C 35.64 24.24 19.01 29.09 20.19 20.08 18.64 23.84 6.39  B 22.60 23.41 19.38 20.59 18.22 19.85 14.65 19.81 2.91	mval/ 1009 sol	80	95.9	7.36	944	0.4	91.9	2.78	87.7	5.46	1.26	0.700
B 16.04 16.05 14.98 16.59 12.06 14.57 10.17 14.35 2.38 C 35.64 24.24 19.01 29.09 20.19 20.08 18.64 23.84 6.39 B 22.60 23.41 19.38 20.59 18.22 19.85 14.65 19.81 2.91	S somme des		25.64	16.08	14.85	20.59	64.41	15.60	13.92	17.30	4.29	
C 35.64 24.24 19.01 29.09 20.19 20.08 18.64 23.84 6.39 B 22.60 23.41 19.38 20.59 18.22 19.85 14.65 19.81 2.91	cat. méł. echang.		70.91	16.05	86.41	16.59	12.06	14.57	10.17	14.35	2.38	0.035
B 22.60 23.41 (9.38 20.59 18.12 19.85 14.65 [9.81 2.91	T capacite'	J	35.64	24.24	10.61	29.09	20.19	20.08	18.64	13.84	6.39	3600
	tot. d'échange	മ	22.60	23.41	19.38	20.59	18.12	19.85	14.65	18.61	1.91	0.039

Tableau 16

The second secon	paire de	P mg P	los / 100 g sol	K mg K	los 9001/	ρ 6	mdd	Ω	mdd
	prairies no	J	8	J	) B	J	a		ac
	_	1.03	89.0	6.0	9.1	387	920	218	260
	2	89.0	0.62	0.1	0.1	217	245	233	137
	3	0.54	0.32	1.3	1.2	217	212	388	402
mai 1974	4	080	101	6.1	2.1	178	189	426	191
(1-6 cm)	5	0.53	0.39	9 1	0.1	129	129	358	375
	9	0.55	0.32	6.2	7.1	88	102	١	1
	7	0.25	79.0	1.9	1.2	154	Ξ	1	1
	moyenne	69.0	0.57	203	1.36	961	220	325	268
	écart type	0.25	0.25	1.89	66.0	96	155	76	611
	Wilcoxon		0.249		0.342		0.173		6.343
	-	08.0	89.0	6	Ξ	1	1	1	1
	2	1.0.1	69.0	2.0	0.1	1		}	}
	3	1.07	0.43	2.9	0.1	1	1	1	1
Mai 1976	7	>1.57	71.57	4.7	7.7	1	1	1	1
(1-5 cm)	5	69.0	94'0	1,4	2.2	1		1	1
	9	949	0.27	5.0	5.1	}	1	1	1
	7	0.55	1.53	1.7	9.01	1	1	1	l
	moyenne	92.0	890	3.53	2.97	1	}	1	1
	écart type	0.15	0.45	2.14	2.63		1	1	١
	Wilcoxon		71.0		0.18		1		1

3.24 Résumé

(c.f. figure 8)

Figure 8

Résumé des mesures portant sur quelques caractéristiques des sols de 7 paires de prairies permanentes conventionnelles et biodynamiques.

	prairies conve	entionnelles	prairies biodynami	ques
mesures effectuées	moyenne	test de	moyenne	paires
	écart type	Wilcoxon	écart type	considérées
densité réelle	2.40 0.04	0.136	2.38 0.04	1 – 7
densité apparente	0.04		0.63	1 – 7
основно оррания	0.05	0.014	0.09	
porosité	71 2	0.022	74 3.6	1 – 7
	2		5.0	
matière organique 1974 %	6.96 1.36	0.072	7.97 2.61	1 – 7
matière organique 1976 %	7.20		8.34	1 – 7
•	1.70	0.088	1.96	
azote total 1974 g/mg sol	2.60 1.52	0.021	3. 11 1. 69	1 – 7
azote total 1976 g/mg sol	3.43	W 0.700	3.70	1 - 7
C. I.V. 407/	0.77	0.300	0.63	4 5
C/N 1974	17.77 4.65	0.046	15.46 3.24	1 – 7
C/N 1976	12.23	0.250	12.99	1 – 7
	1. 45	0.000	1.34	
NQN minéralisé en plein	1.74	W	6.78	1 ( 5 dates )
champ en mg/g de sol	1.39	0.022	0.86	
	0.88 1.69	0.054	3.20 2.96	2 ( 3 dates)
	0.05	0.034	2.76	3 ( 4 dates)
	1.13 0.92		2.80 1.48	4 ( 4 dates)
	1.22	0.233	1. 26	+ ( + daics /
	2.62 0.85	0.069	5. 28 2. 85	5 (5dates)
	0.03		2. 03	
NO <sub>3</sub> N minéralisé en chambre	7.76	III 0.137 III	8.82	1 (5 dates )
climatisée en mg/g de sol	2.88	0.137	4.77	0.1541>
	6.92 2.36	0.143	7.26 2.05	2 (5dates)
	4.74	0.040	5.72 2.01	3 (5 dates)
	1.43		2.01	

	prairies con	ventionnelles	prairies biodynami	ques
mesures effectuées	moyenne	test de	moyenne	paires
	écart type	Wilcoxon	écart type	considérées
	6.30 3.76	0.040	8. 08 3. 75	4 ( 5 dates )
	7.98	0. 250	7.72 3.06	5 ( 5 dates)
capacité d'échange cationique (1976) mval				
Ca <sup>2+</sup>	14.49 3.17	0. 030	12. 05 2. 01	1 – 7
Mg <sup>2+</sup>	2.26 1.21	0.054	1.91 1.00	1 - 7
K*	0.35 0.15	0.046	0.24 0.17	1 – 7
Na⁴	0.21 0.06	0.020	0.15 0.04	1 – 7
н*	6.54 2.32	0.200	5. 46 1. 26	1 – 7
ions solubles dans l'eau saturée en carbonate				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (1974) 1 -6 cm mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g sol	0.63 0.25	0.249	0.57 0.25	1 - 7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (1976) 0-4 cm mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g sol	0.76 0.25	0.170	0. 68 0. 45	1 - 7
K (1974)	2.03 1.89	0.342	1. 36 0. 39	1 - 7
K (1976)	3.53 2.14	0.180	2.97 3.63	1 – 7
Mg (1974)	1.96 0.96	0.173	2.20 1.55	1 - 7
Mn (1974)	3.25 0.94	0. 343	2.68 1.19	1 - 7
pH (1974)	6.34 0.26	0.450	6. 33 0. 34	1 – 7
pH (1976)	6.26 0.30	0. 265	6. 29 0. 40	1 – 7

## 3.3 Lombriciens

En collaboration avec MM M. Beugnot, M. Bouché et A. Kretzschmar de la station de recherche sur la faune du sol de l'I.N.R.A. de Dijon.

# 3.31 Le rôle des vers de terre

DARWIN (1837 et 1881) a attiré notre attention sur l'importance des vers de terre et doutait qu'il y ait beaucoup d'autres animaux qui aient joué dans l'histoire du globe un rôle aussi important.

Depuis, de nombreux travaux ont amélioré nos connaissances et l'on peut, à grands traits, décrire les différents aspects de ce rôle.

Les vers de terre représentent la zoomasse la plus importante sous nos climats. Leur action métabolique sur la décomposition de la matière organique est assez faible en zone tempérée (5 %), mais ils agissent directement par un important travail mécanique du sol et indirectement par la stimulation de l'activité microbienne.

Le rôle mécanique direct des vers de terre est essentiellement lié à trois processus :

- le brassage du sol (environ 200 à 500 tonnes (poids sec) par hectare et par an) qui effectue un mélange intime des fractions organiques et minérales,
- l'établissement d'un réseau de galeries, depuis la surface jusqu'aux horizons profonds, qui facilite la circulation rapide des fluides (eau et gaz),
- la production de rejets, en surface et dans les espaces libres du sol, dont les propriétés physico-chimiques particulières (haute teneur en éléments fins et en bases échangeables, stabilité structurale supérieure à celle du sol non ingéré) sont peu à peu conférées à une grande partie du sol.

Ces activités mécaniques ont pour conséquence principale une stimulation de la microflore. Le substrat organique est mis à portée des microorganismes sur l'ensemble du profil par le brassage du sol. Les parois des galeries sont un milieu favorable au développement des peuplements microbiens.

Les vers de terre jouent donc un rôle de premier ordre dans la pédogénèse caractéristique d'un type de sol.

Par ailleurs, les différents taxons (niveau spécifique) de vers de terre ne remplissent pas la même fonction. Les connaissances acquises sur leur mésologie, en particulier les études sur la faune française, permettent de les répartir en trois catégories principales (BOUCHE, 1971) :

- <u>les épigés</u>: ils vivent au-dessus du sol, dans la litière de surface, leur rôle fouisseur est pratiquement nul (petite forme brun-rouge).
- <u>les anéciques</u>: ces animaux fouissent le sol parfois très profondément. Ils s'alimentent essentiellement dans la matière organique de surface (litière) la nuit, et développent pour ce faire un système de galeries verticales (grande forme brun-rose à musculature bien développée),
- <u>les endogés</u>: cette catégorie regroupe des taxons aux fonctions diverses. Ils peuvent être regroupés en épi-endogés vivant près de la surface du sol et endogés typiques vivant en profondeur, se nourrissant de terre et de racines (tailles diverses, pigmentés).

Il existe de nombreux intermédiaires. Un exemple, qui joue un rôle important dans les prairies étudiées dans ce travail, est *Lumbricus terrestris*, épi-anécique, de grande taille, présentant un comportement d'épigé en présence d'une abondante litière de surface, mais exploitant une partie de la profondeur du profil en situation moins favorable.

Cette classification écologique s'est confirmée au fur et à mesure des recherches récentes sur le rôle fonctionnel de ces animaux.

L'importance des vers de terre dans le fonctionnement des sols prairiaux a conduit à rechercher, dans le cadre de cette étude, les différences entre les faunes lombriciennes des deux types de prairies dans l'espoir de pouvoir confirmer, étayer ou expliquer les différences révélées par les autres approches.

#### 3.32 Méthodes

On a choisi les paires de prairies 1, 2 et 3 pour faire cette recherche au vu d'une grande différence entre les deux prairies de chaque paire en ce qui concerne la diversité et la forme de la végétation.

# a) Acquisition des données

Les vers de terre ont été récoltés par la méthode au formol (RAW 1959, modifiée BOUCHE 1969).

- On arrose le sol avec de l'eau formolée (25 cm3 de formol, soit une solution acqueuse à 30 % de formaldéhyde, pour 10 litres d'eau par demi m2) et on prélève pendant 10 minutes les vers qui gagnent la surface.
- On effectue la même opération une seconde fois.

- On effectue la même opération une troisième fois avec une solution contenant 50 cm3 de formol pour 10 litres d'eau par demi m2. Le temps de collecte est le même.
- On effectue la même opération (50 cm3 de formol pour 10 litres d'eau) une quatrième fois.

Les animaux récoltés sont plongés dans une solution à 4 % de formol.

Sur chaque prairie, j'ai effectué des prélèvements sur 12 fois un demi m2, couplés deux à deux et ceci au printemps et à l'automne (soit 144 prélèvements élémentaires au total).

## b) Traitement statistique

Pour mettre en évidence les différences dans la structure des peuplements lombriciens de chaque station, on a utilisé trois systèmes d'analyse :

- 1. <u>Le coefficient de corrélation</u> entre la biomasse de chaque taxon en considérant l'ensemble des prélèvements (144), ou chaque prairie en particulier au printemps et à l'automne, ou à chaque date séparément. (Idem pour le nombre d'individus.)
- 2. Le test F de la signification des différences entre traitements C et B pour l'ensemble des prélèvements ou, comme en l, pour chaque cas particulier.
- 3. <u>L'analyse factorielle de correspondances</u> appliquée aux biomasses de chaque taxon sur l'ensemble des prélèvements et comme ci-dessus pour chaque cas particulier.

Cette analyse descriptive permet d'obtenir une représentation graphique de la position respective des différents prélèvements dans un espace conventionnel.

Les données (biomasse de chaque taxon dans les 144 prélèvements) sont réunies en un tableau. Les différents taxons s'inscrivent dans les colonnes et les prélèvements dans les lignes.

On calcule une "distance" entre deux prélèvements de façon à mettre en évidence les différences dans le profil des taxons. La différence entre ces deux est d'autant plus grande que, dans l'un et l'autre, les taxons identiques ont une contribution différente à la biomasse totale du prélèvement; réciproquement, si, entre deux prélèvements, le rapport des biomasses des taxons identiques est égal pour chaque couple de taxons la distance sera nulle.

L'ensemble des prélèvements et des taxons ainsi placés les uns par rap-

port aux autres forme un nuage de points. Ce nuage est repéré par une combinaison successive de plusieurs axes (ou facteurs) qui en décrivent de plus en plus précisément la forme (l'inertie) au fur et à mesure que l'on considèrera le premier seulement, les deux premiers, les trois premiers, etc.

A chaque axe factoriel est affecté un pourcentage d'explication de l'inertie du nuage; ce pourcentage d'explication va décroissant du premier au dernier axe factoriel. Dans cette étude nous ne considérerons que la répartition des prélèvements et des taxons sur le plan défini par les deux premiers axes factoriels qui expliquent dans notre cas de 45 à 65 % de l'inertie des nuages.

Les différences que l'on pourrait mettre en évidence en tenant compte des axes suivants sont trop marginales pour être interprétables.

## 3.33 Résultats

Les résultats des prélèvements ont été réunis dans les tableaux 17 et 18.

Pour l'ensemble des prélèvements, on dispose du nombre d'individus par taxon et de la biomasse correspondante. Les analyses peuvent donc être faites tant avec l'un qu'avec l'autre. En pratique, ce sont les biomasses que l'on a utilisées, ceci pour la raison suivante : l'impact fonctionnel d'une population de vers de terre est d'autant plus grand que cette population a une forte biomasse; la biomasse est donc un moyen d'introduire une composante fonctionnelle dans les comparaisons, ce que ne permet pas l'étude des nombres seulement.

Dans l'ensemble des prélèvements d'une même station, on peut observer des différences entre les prélèvements d'automne et ceux faits au printemps. On a choisi de n'en pas tenir compte puisque, d'une part, elles masquent les différences entre traitements et, d'autre part, elles ne sont pas interprétables sur seulement deux séries de prélèvements effectués la même année. La description des faunes qui suit est donc faite à l'aide des moyennes des biomasses observées à l'automne et au printemps.

On trouve dans la figure 9 la codification des taxons ainsi que la définition des groupes fonctionnels.

en mai et en octobre 1974

Tableau 17

Nombre d'individus par prélevat et nombre d'individus exprimé en % dunambre total d'individus

			IC							
	pri	ntemps	au	tomne	prir	itemps	automne		printemps	
	n	%	h	%	n	%	n	%	n	%
taxons										
N. cal.cal. para	5.08	5.92	13.33	12.36	2.0	2.82	4.42	7.44	17.25	20.99
N. cal. col. altern.									3.83	4.66
N. cal. cal. typicus									0.08	0.1
N. cal. (larves confondues)	2.33	2.71	6.83	6.33	1.83	2.56	2.42	4.07	6.08	7.4
N. noct. var. cist.			0.58	0.54			0.33	0.56		
V. noct. var. typ.	0.75	0.87	5.75	5.33	0.17	0.24	2.0	3.37		
N. longus longus	0.83	0.97	8.67	8.04	0.33	0.46	3.92	6.6		
N. indéterminés	0.75	0.87	7.67	7.11	1.5	2.11	5.08	8.55	0.08	0.01
A, rosea rosea	10.17	11.86	15.83	14.63	4.25	5.99	7.42	12.49	11.75	14.30
A. icterica			0.08	0.07						
larves (A.ros. + A.ict.)										
A. chlorotica vert										
A. chlorotica blanc	0.08	0.09							2.08	2.53
L. castaneus typicus	0.08	0.1			0.25	0.35	0.17	0.29	0.25	0.3
L. rubellus rubellus	3.17	3.70	0.92	0.85	19.92	28.06	5.33	8.97	0.25	0.3
L. rubellus disjonctus										
L. terrestris	34.33	40.03	32.83	30.45	3.17	4.46	7.83	13.18	19.5	23.73
larves des L	24.58	28.66	10.5	9.74	21.33	30.04	5.25	8.84	19.6	23.85
0. cyaneum			0.25	0.33	0.25	0.35	0.17	0.29		
0. lacteum	2.08	2.42	2.08	1.93	13.92	19.61	13.25	2230	1.08	1.31
larves sans provenance	1.5	1.75	2.5	2.32	2.08	293	1.83	3.08	0.33	0.4
groupes fonctionnels										
Á	27.83	32.45	11.41	10.53	41.5	58.45	10.75	18.09	20.08	24.44
В	2.33	2.72	22.67	21.03	2.	2.82	11.33	19.07	0.08	0.1
·· C	7.42	8.65	20.17	18.71	3.83	5.39	6.83	11.49	27.25	33.16
D	62.17	72.50	44.25	41.04	44.67	62.92	18.58	31.27	39.58	48.17
	36.67	42.75	55.50	51.47	5.17	7.28	19.17	32.26	19.58	23.83
=	64.50	75.22	66.91	62.06	46.67	65.73	29.92	<i>5</i> 0. 35	39.67	48.28
3	12.33	14.38	18.24	16.92	18.42	25.94	20.83	35.06	14.91	18.14
4	19.75	23.03	38.41	35.62	22.25	31.34	27.67	46.57	42.17	51.32
T (total)	85.75	10 0.00	107.83	100.00	71.00	100.00	59.42	100.00	82.17	100.00

par prélevat, récoltés sur les paires de prairies conventionnelle/biodynamique 1,2 et 3

C				2 B		3 C				3B			
aut	omne	pri	ntemps	aut	omne	pri	ntemps	aul	omne	pri	intemp	s aut	omne
n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
15.7	2011	r 00	716	12.00	10.05	0.05	0.67	0.00	0.10	g 00		0.00	0.60
15.17	20.41	5.92	7.46	23.92	18.05	0.25	0.67	0.08	0.12	0.92		0.92	0.68
2.25	3.03	1.58	1.99	6.67	5.03	3.33	8.9	5.08	7.58	3.75	4.18	13.0	9.68
600		0.08	0.1	. 7 00		0.08	0.21		0	0.25	0.28		
6.29	8.46	8.5	10.71	17.92	13.52	1.83	4.89	5.58	8.33	3.33	3.71	(3.17	9.80
0.42	0.57			0.17	0.13	1.33	3.55	1.0	1.49	0.17	0.19		
0.17	0.23			0.25	0.19	0.42	1.12	2.58	3.85	0.08	0.09	1.33	0.99
8.5	11.44	6.58	8.29	9.92	7.49	4.08	10.90	12.25	18.28	11.92	13.29	6.25	4.65
		0.17	0.2	0.25	0.19	1.83	4.89	1042	15.60				
								0.5	0.75			0.33	0.25
1.17	1.57			0.58	0.44							1.83	1.36
0.83	1.12	2.92	3.68	1.58	1.19	0.5	1.34	0.33	0.49	1.33	148	0.75	0.56
0.08	0.11	1.67	2.1	0.67	0.51	-				0.25	0.28	0.42	0.31
0.17	0.23	1.58	1.99	١.	0.75	1.08	2.87	0.08	0.17	21.25	23.7	3.5	2.61
0.17	0.23	0.33	0.4	1.08	0.82								
19.92	26.80	9.83	12.39	18.83	14.21	7.33	19.59	12.83	19.15	3.75	4.18	12.5	9.91
11.83	15.92	34.00	42.86	44.25	33.40	4.25	11.36	2.42	3.61	11.83	13.19	61.83	46.03
										0.08	0.09		
0.58	0.78	5.08	6.4	1.42	1.07	10.83	28.94	10.75	16.04	28.83	32.15	11.42	8.50
3.25	4.37	1.08	1.36	3. 83	2.89	0.25	0.69	3.08	4.60	1.92	2.14	7.08	5.27
12.25	16.48	37.58	47.37	47.00	35.47	5.33	14.24	2.5	3.73	33,33	37.17	65.75	48.95
0.58	0.78			0.42	0.32	1.75	4.68	3.58	5.34	0.25	0.28	1.33	6.99
27.25	36.66	16.08	20.27	48.67	36.73	5.5	14.7	10.75	1604	8.25	9.20	27.08	20.16
32.17	43.28	47.41	59.76	65.83	49.68	12.67	33.86	15.33	22.88	37.08	41.35	78.25	58.25
20.5	27.58	9.83	12.39	19.25	14.53	9.08	24.27	16.42	24.51	4.00	4.46	13.83	10.30
32.75	44.06	47.41	59.76	66.25	50.00	14.42	38.54	18.92	28.24	37.33	41.53	79.58	59.24
11.08	14.91	14.58	18.38	13.75	10.38	17.24	46.07	34.24	51.10	41.16	45.90	20.58	15.32
38.33	51.57	30.83	38.86	62.42	47.11	22.75	60.8	45.00	67.16	50.42	56.24	47.67	35.49
74.33	100.00	19.33	100.00	132.5	100.00	37.42	100.00	67.00	100.00	89.67	100.00	134.33	100.00

Tableau 18

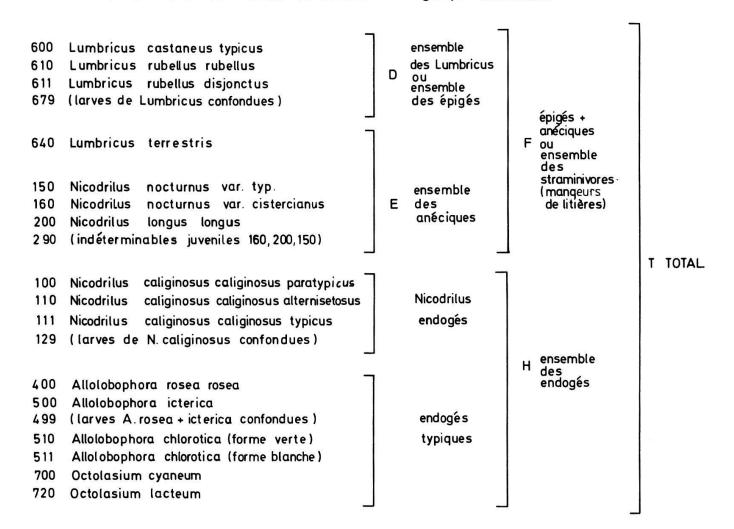
Poids plein fixé au formol (9/prélevat) et poids exprimé en % de la biomasse au en mai et en octobre 1974

			10		IB					2
	prin	temps	aut	omne	prin	temps	automne		printemps	
	poids	%	poids	%	poids	%	poids	%	poids	%
taxons										
N. cal. cal. para.	1,21	1.25	4	3.44	0.52	0.70	1.3	2.95	4.32	5.38
N. cal. cal. altern.	180001101			20021 1 10	I. 30	- Anna Pa	6 1/5		1.88	2.34
N. cal. cal. typicus									0.02	0.02
N. cal. (larves confondues)	0.31	0.32	0.86	0.74	0.21	0.69	1.24	2.81	0.091	0.12
N. noct. var. cist.			0.9	0.77		700	1.28	2.90		
N. noct var typ.	0.91	0.94	12.72	10.93	0.20	0.66	5.00	11,35		
N. longus longus	0.81	0.84	12.09	10.39	0.58	1.90	6.03	13.68		
N. indéterminés	0.25	0.26	4.69	4.03	0.47	1.54	2.45	5.56	0.10	0.12
A. rosea rosea	0.97	1.0	1.54	1.32	0.42	1.38	1.67	3.79	1.23	1.53
A. Icterico			0.01	0.01						
larves (A.ros. + A. ict.)										
A. chlorotica vert										
A. chlorotica blanc	0.03	0.03							0.43	0.54
L castaneus typicus					0.05	0.16	0.04	0.09	0.05	0.06
L rubellus rubellus	1.50	1.55	0.5	0.43	12.58	41.25	1.99	4.52	0.08	0.1
L rubellus disjonctus										
L. terrestris	85.82	88.79	74.24	63.78	7.04	23.08	17.49	39.69	65.77	81.86
larves des L.	3.02	3.12	2.78	2 39	2.16	7.08	1.19	2.70	4.14	5.15
O. cyaneum			0.23	0.2	0.34	1.11	0.26	0.59		
0. lacteum	1.40	1.45	1.30	1.12	5.35	17.54	5.22	11.85	1.69	2.10
larves sans provenance	0.02	0.02	0.11	0.09	0.04	0.13	0.04	0.09	0.003	0.003
poids des tronçons	0.41	0.42	0.44	0.38	0.54	1.77	0.87	1.97	1.65	2.05
groupes fonctionnels										
A	4.52	4.68	3.28	282	14.79	48.49	3.22	7.31	4.27	5.31
В	1.97	2.04	30.39	26.11	1.25	4.1	14.77	33.52	0.10	0.12
C	1.52	1.57	4.86	4.18	0.74	2.43	1.54	3.50	7.19	8.95
D	90.34	9346	77.52	66.60	21.82	71.54	20.70	46.98	70.04	87.18
E	87.79	90.82	104.63	89.89	8.29	27.18	32.25	73.18	65.87	81.99
F	92.31	95.50	107.91	92.71	23.07	75.64	35.47	80.40	70.14	87.30
G	2.39	247	308	2.65	6.11	20.03	6.15	13.96	2.35	2.93
Н	3.92	4.06	7.94	6.82	6.84	22.43	7.69	17.45	9.55	11.87
T (total)	96.66	100.00	116.40	100.00	30.50	100.00	44.07	100.00	80.34	100.00

prélevat, des individus récotés sur les paires de prairies conventionnelle: /biodynamique 1, 2 et 3

2 B				330	3C		38						
auto	mne	prın	temps	auto	mne	prin	temps	auto	mne	prir	ntemps	auto	mne
poids	%	poids	%	poids	%	poids	%	poids	%	poias	%	poids	%
	* <del>5</del>												
4.06	5.65	1.51	3.10	6.83	8.13	0.05	0.11	0.02	0.03	0.18	0.36	0.26	0.35
1.08	1.50	0.81	1.66	3.34	3.98	2.00	4.4	3.37	4.63	2.07	4.16	9.39	12.48
		0.02	0.04			0.03	0.07			0.06	0.12		
1.64	2.28	1.34	2.75	3.76	4.48	036	0.79	0.76	1.04	0.68	1.37	1.22	1.62
0.57	0.79			0.22	0.26	2.75	5.05	1.11	1.52	0.27	0.54		
0.09	0.13			0.18	0.21	0.28	0.62	1.01	1.39	0.01	0.02	0.34	0.4
0.77	1.07	0.51	1.05	1.1	1.31	0.49	1.08	1.73	2.38	1.27	2.55	0.89	1.18
		0.02	0.04	0.05	0.06	0.57	1.25	4.04	5.55				
								0.03	0.04			0.022	0.0
0.09	0.13			0.04	0.05							0.18	0.2
0.14	0.18	0.48	0.99	0.31	0.37	0.1	0.22	0.06	0.08	0.3	0.6	0.17	0.2
0.01	0.01	0.18	0.37	0.12	0.14		= :		ā	0.04	0.08	0.29	0.3
0.1	0,14	0.69	1.42	0.48	0.57	0.86	1.89	0.06	0.08	15.92	31.96	2.7	3.5
0.1	0.14	0.17	0.35	0.54	0.64								
50.87	84.72	34.09	70.04	59.64	70.98	30.91	68.01	53.70	73.77	13.5	27.10	41.1	54.6
1.76	2.45	5.44	11.18	5.78	6.88	0.91	2.0	0.42	0.58	3.05	6.12	10.42	13.8
			• 110-12111111111111111111111111111111111							0.16	0.32		
0.19	0.26	2.94	6.04	0.75	0.89	5.77	12.7	5.59	7.68	11.91	23.91	7.44	9.58
0.13	0.18	0.03	0.06	0.24	0.29	0.01	0.02	0.29	0.32	0.5	0.1	0.30	0.40
0.25	0.35	0.42	0.86	0.6	0.71	0.34	0.75	0.67	0.92	0.3	0.6	0.55	0.7 <u>.</u>
1.97	2.74	6.47	13.29	6.92	8.24	1.77	3.8 <b>9</b>	0.47	0.65	19.02	38.19	13.41	17.8
1.66	0.92			0.40	0.48	3.03	6.67	2.12	2.91	0.29	0.58	0,34	0.4
6.79	9.45	3.68	7.56	13.97	16.63	2.44	5.37	4.14	5.69	3.00	6.02	10.87	14.4
62.83	87.45	40.57	83.36	66.57	79.23	32.69	71.93	54.17	74.42	32.52	65.29	54.50	72.4
61.53	<b>8</b> 5.64	34.1	70.06	60.04	71.46	33.95	74.7	55.83	76.7	13.79	27.69	41.43	55.04
3.49	88.36		83.36	66.97	79.71	35.73	78.61	56.3	77.35	32.81	65.87	54.84	72.86
1.19	1.66	3.83	7.87	2.24	2.67	6.93	15.25	11.45	15,73	13.64	27.38	9.23	12.26
7.98	11.11	7.64	15.7	16.21	19.29	9.37	20.62	15.59	21.42	16.65	33.43	19.57	26.0
11.85	100.00	48.67	100.00	84.02	100,00	45.45	100.00	72.79	100.00	49.81	100.00	75.27	100.0

Lombriciens : codification des taxons et définition des groupes fonctionnels



# Tableau 19

# Description des faunes de lombriciens des 6 praines étudiées

praine	biomasse en 9	rapport de la biomasse C / B	épigés en °/. de la biomasse et principaux représentants	anéciques en º/. de la biomasse et principaux représentants	endogés en %. de la biomasse et principaux représentants	épianéciques en % de la biomasse et principaux représentants
1 C	106 .6	2.0	3.8 L. rubellus larves de L.	14,0 N. longus N. nocturnus	5.4 N. caligimosus para. A. rosea O. lacteum	76. 3 L.terrestris
1 B	37.3	2.9	28.0 L.rubellus	19. 0 N. longus N. nocturnus	20.0 O .lacteum A. rosea N. caliginosus para.	32.0 L. terrestris
2 C	76.1	1.15	4.0 larves de L.	0.5 N. longus	11.5 N.caliginosus para. N.caliginosus alter. A.rosea	83.0 L. terrestris
2 B	66.9		10.8 larves de L,	0.2 N. longus	17.8 N.caliginosus para. O.lacteum N caliginosus alter.	70.5 L. terrestris
3 C	59.2	0.95	2 . 3 L . rubellus (arves de L.	4. 8 N . longus	21. 0 O. lacteum N. caliginosus alter A. icterica	71.0 L. terrestris
3 B	62 . 5		28.0 L. rubellus larves de L.	0.3 N. longus	30.0 O. lacteum N. caliginosus alter A.rosea	41.0

# 3.34 Interprétation des résultats

Nos connaissances sur les aptitudes fonctionnelles respectives de chaque taxon sont encore rudimentaires, ce qui ne permet donc pas de dresser, à l'aide des caractéristiques du peuplement lombricien de chaque traitement, un schéma fonctionnel précis.

Mais on peut s'attacher à raprocher un ensemble de faits qui, de part et d'autre, sont cohérents entre eux, mettent en évidence la particularité de chaque système (à un stade plus descriptif qu'explicatif) et suggèrent une tendance propre à chacun des traitements conventionnels ou biodynamiques.

D'un point de vue général, les peuplements lombriciens des deux types de prairies sont différents à plusieurs égards. L'analyse de la différence entre prairie conventionnelle et prairie biodynamique des biomasses de chaque taxon sur l'ensemble des 144 prélèvements (tableau 18) permet de dresser, grâce au test F, la liste des taxons qui diffèrent de façon significative et la valeur de leur biomasse respective, de les classer comme plutôt caractéristiques d'un traitement ou d'un autre (tableau 19).

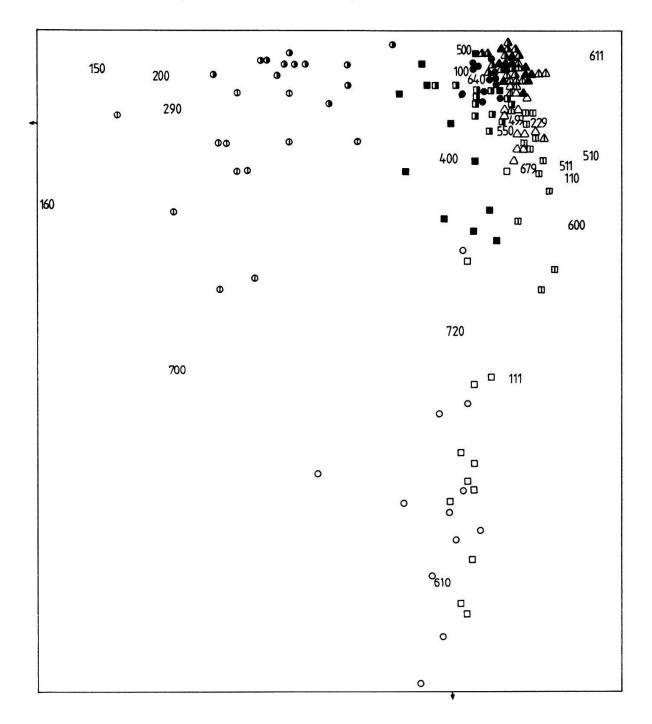
Les sols biodynamiques sont caractérisés principalement par les taxons L.rubellus (épigé strict) et 0. lacteum (endogé) et à un moindre degré par Nicodrilus caliginosus caliginosus alternisetosus (endogé).

Le peuplement lombricien des sols conventionnels est dominé par L. terrestris (épi-anécique) et secondairement par N. longus (anécique), A. icterica et A. rosea (endogés). L. terrestris y constitue à lui seul 75 % de la biomasse des vers de terre.

L'analyse des correspondances sur les 144 prélèvements (figure 10) confirme cette différence globale et met l'accent sur le particularisme des deux systèmes. En effet, la direction du premier axe (32 % d'explication) est définie pour 95 % par l'opposition L. terrestris (640) (conventionnel) et le couple L. rubellus (610) et 0. lacteum (720) (biodynamique). Cette analyse permet encore de hiérarchiser l'importance des différences secondaires. En effet, seuls les anéciques, en particulier N. longus (200) et l'endogé A. icterica (500) (respectivement 31 et 36 %) contribuent à la direction du deuxième axe (18 % d'explication).

L'examen des nuages de points représentatifs des trois couples de prairies au printemps et à l'automne (figure 11, 12, 13) montre que les paires de prairies 3 et l sont bien marquées par ces différences. En revanche, les deux prairies de la paire 2 sont très peu différentes. On peut remarquer à ce propos que les sols et la forme de la végétation de la paire de prairies 2 sont semblables. La prairie conventionnelle reçoit du fumier de ferme en plus de la fumure minérale. La diversité de la végétation est le seul facteur étudié qui distingue les deux prairies, la date de la première fauche (mais à un mois et demi plus précoce sur la prairie conventionnelle) en est peut-être la cause principale.

<u>Figure 10</u>
Distribution des 144 prélevats et des 20 taxons sur le plan défini par les 2 premiers axes factoriels (analyse factorielle des correspondances)

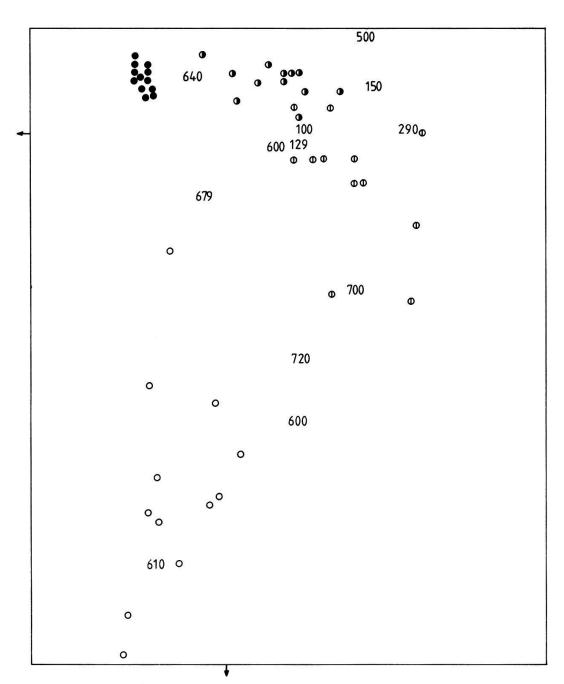


symbolique utilisée pour distinguer les prélevats

codification des taxons: voir figure 9

Figure 11

Distribution des 48 prélevats (printemps et automne) de lα paire de prairies 1 sur le plan défini par les 2 premiers axes factoriels (analyse factorielle des correspondances)

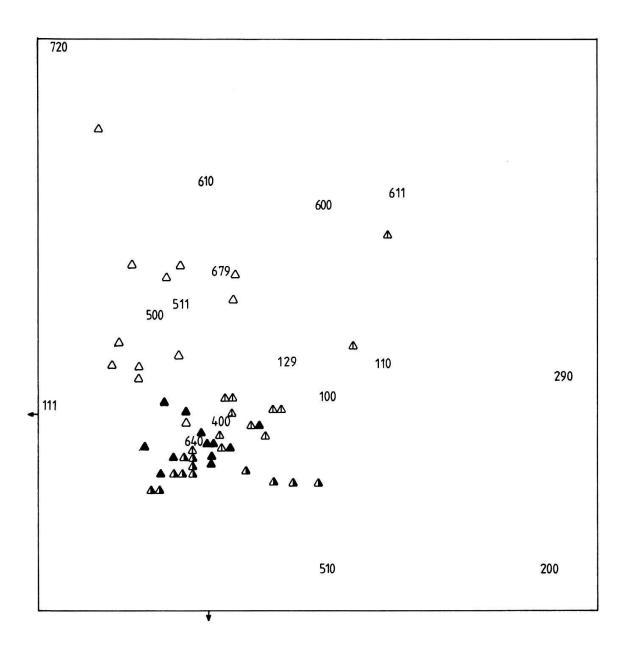


symbolique utilisée pour distinguer les prélevats
printemps automne
paire 1 1
C • • • • • • • • • •

codification des taxons : voir figure 9

Figure 12

Distribution des 48 prélevats (printemps et automne) de la paire de prairies 2 sur le plan défini par les 2 premiers axes factoriels (analyse factorielle des correspondances)

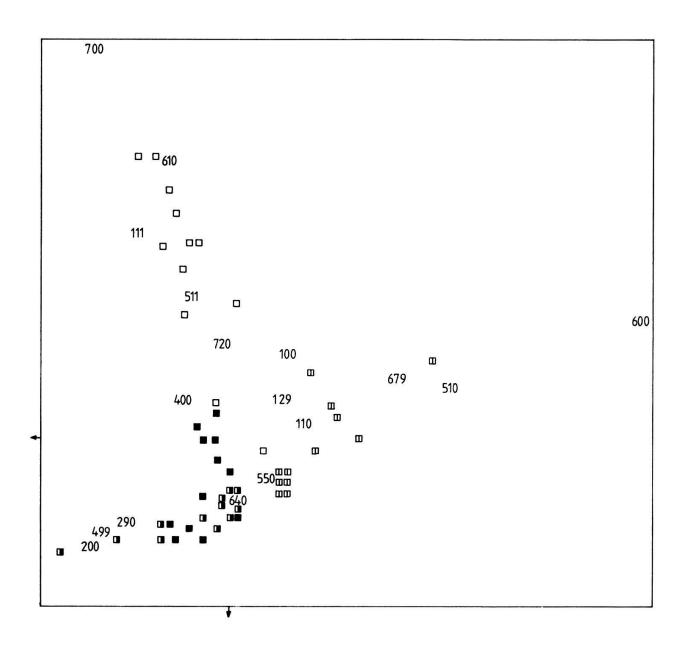


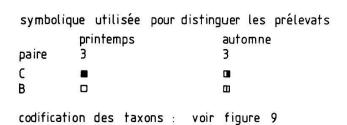
symbolique utilisée pour distinguer les prélevats

codification des taxons: voir figure 9

Figure 13

Distribution des 48 prélevats (printemps et automne) de la paire de prairies 3 sur le plan défini par les 2 premiers axes factoriels (analyse factorielle des correspondances )





Une chance supplémentaire d'interprétation nous est donnée : pour la prairie 3 le traitement biodynamique n'a que 5 ans d'ancienneté alors qu'il est beaucoup plus ancien sur la paire 1 (15 ans). Cette différence est très nettement mise en évidence par l'analyse des correspondances appliquée à chacune de ces prairies.

La figure 14 montre que les points représentatifs des prélèvements et des taxons sont rangés suivant une disposition caractéristique connue sous le nom d'effet Guttman (BACHACOU 1973). Cette particularité (forme parabolique du nuage) indique que les prélèvements sont rangés sous l'influence principale du premier facteur qui représente un facteur écologique. On remarque en effet que sur le graphique les taxons sont distribués de haut en bas, suivant la profondeur à laquelle ils vivent. Les taxons les plus superficiels sont en haut de la figure (L. rubellus, 610, L. castaneus, 600 : épigés typiques), puis les épi-endogés (en particulier O. lacteum, 720); ensuite L. terrestris, 640 dont la position intermédiaire manifeste le comportement à la fois épigé et anécique et, enfin, vers le bas de la figure, les anéciques (N. longus, 200) et les endogés profonds (A. icterica, 500).

Par ailleurs, on remarque que les prélèvements biodynamiques sont tous situés dans la moitié supérieure du nuage et que les prélèvements conventionnels sont regroupés vers le bas.

On peut conclure de cette disposition (que l'on retrouve à un moindre degré dans les prélèvements de ces mêmes prairies au printemps (figure 15) et que l'on distingue aussi sur le nuage des 144 points) que le traitement biodynamique a tendance à favoriser une activité de surface alors que le traitement conventionnel est caractérisé par une exploitation plus profonde du profil par les vers de terre. l'application relativement récente du traitement biodynamique ne laisse apparaître que des tendances mais celles-ci sont confirmées dans le cas de la paire de prairies 1, où les prélèvements conventionnels et biodynamiques sont beaucoup plus nettement séparés (figure 11).

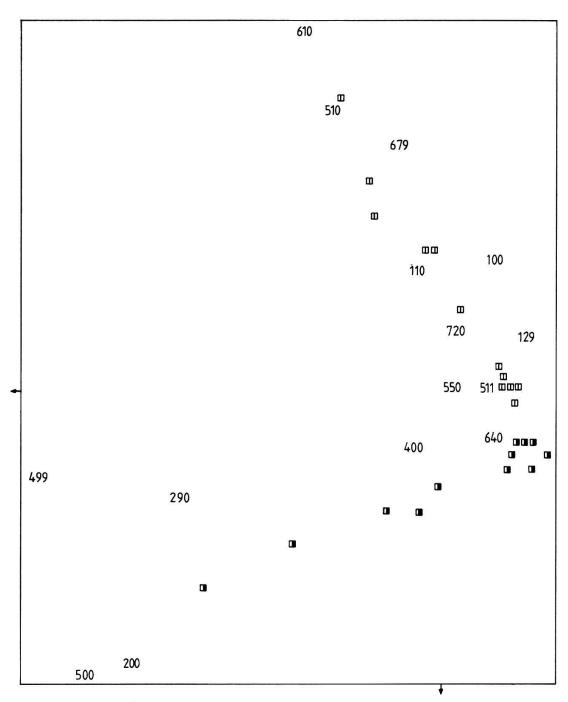
Ces particularités des peuplements lombriciens doivent être rapprochées de certaines caractéristiques de chacun des traitements pour mettre en évidence la cohérence de ces deux systèmes.

Mais, en raison de notre ignorance des aptitudes propres des taxons endogés, ceci ne peut vraiment être fait que pour les fonctions épigée et anécique.

Il est possible de voir une corrélation entre la forme de la végétation et les caractéristiques des peuplements épigés et anéciques. Dans le cas de la prairie conventionnelle, on peut remarquer que la densité de la végétation est telle que le sol nu apparaît entre des plantes de grande taille; par contre, en prairie biodynamique, une végétation très dense de plantes fines est telle qu'ilya presque un continuum de matière organique en place entre les feuilles mortes encore attachées à la plante,

Figure 14

Distribution des 24 prélevats (automne) de la paire de prairies 3 sur le plan défini par les 2 premiers axes factoriels (analyse factorielle descorrespondances)



symbolique utilisée pour distinguer les prélevats

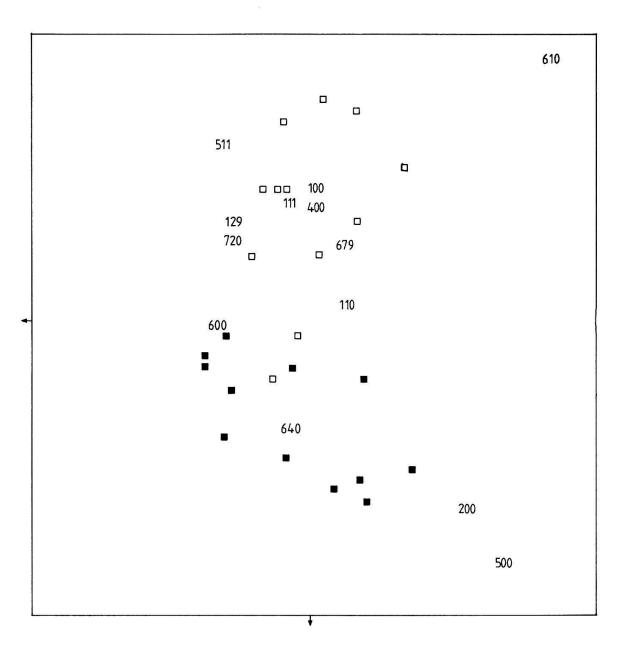
automne

paire 3

codification des taxons : voir figure 9

Figure 15

Distribution des 24 prélevats (printemps) de la paire de prairies 3 sur le plan défini par les 2 premiers axes factoriels (analyse factorielle des correspondances)



symbolique utilisée pour distinguer les prélevats
printemps
paire 3
C 
B 

codification des taxons : voir figure 9

la litière et les premiers horizons du sol.

La coriacité joue peut-être aussi un rôle. On trouve sur la prairie conventionnelle surtout des graminées et de grandes ombellifères. Sur la prairie biodynamique, des diverses de plus ou moins grande taille peuvent livrer des feuilles plus tendres.

Ces différences sont parfaitement concordantes avec les aptitudes des peuplements lombriciens respectifs.

Dans la prairie conventionnelle, on trouve une faune dominante de *L. ter-*restris et d'anéciques : animaux de grande taille (2 à 8 g) qui consomment la litière et sont capables d'ingérer une matière végétale même assez coriace (cf. le rôle de *L. terrestris* dans la consommation des litières forestières). Adaptés à la source de nourriture, ces animaux "nettoient"
la surface du sol entre les plantes; ceci interdit aux épigés typiques de
trouver nourriture et abri en ces lieux.

Par contre, dans la prairie biologique, la petite taille des végétaux en partie éventuellement plus tendres permet à des espèces plus petites de s'en nourrir; de plus, la densité et la forme de cette végétation sont susceptibles de fournir un abri aux épigés stricts. Il n'est donc pas étonnant d'y trouver une biomasse importante de *L. rubellus* en particulier.

Un antagonisme réel entre le groupe anécique (*L. terrestris* compris) et le groupe épigé strict, marqué par le très fort coefficient de corrélation négative (-0,65), apparaît sur la prairie biodynamique (l'absence de corrélation pour ces animaux en prairie conventionnelle est seulement due à l'absence quasi totale des épigés stricts sur cette dernière.)

On ne peut, faute de connaissances fonctionnelles plus précises et en l'absence d'estimations des quantités de compost épandusen prairie biodynamique, tenir compte du rôle de cette matière organique (dont la décomposition est déjà entamée) dans l'interprétation de l'importance des épigés stricts que l'on y trouve.

De même, il est certain que la connaissance des aptitudes d'O. lacteum serait d'un grand intérêt pour préciser encore la particularité des deux systèmes.

On peut cependant tenter de corréler ces faits avec les analyses de la matière organique. Les analyses pédologiques mettent en relief un taux de matière organique plus important en prairie biodynamique (p.46) et les analyses de la composition de l'humus sur la paire de prairies l permettent de conclure à un état de décomposition plus avancé de la matière organique ainsi qu'à un humus plus stable sur la prairie biodynamique.

Une étude micromorphologique de cet humus permettrait de déterminer ces

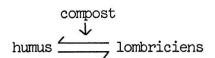
différences avec plus de précisions. (KUBIENA 1955).

Il y a probablement effet rétroactif entre l'humus et les vers de terre. Müller (1889) a montré que les faunes lombriciennes sont un des agents principaux de l'évolution de la forme de l'humus.

#### Résumé

En résumé ce sont la dominance du groupe fonctionnel des anéciques et l'importance de la biomasse lombricienne qui caractérisent la prairie conventionnelle. Cette biomasse est quasi identique dans la prairie 3 (début de différentiation), mais triple dans la prairie 1 (la profondeur moindre sur une partie de la prairie 1B peut expliquer en partie cette différence). Cette dominance des anéciques et cette biomasse élevée peuvent indiquer un cycle de la matière organique de type "rapide". Les formes de l'humus couramment associées à cette sorte de peuplement sont des mulls caractéristiques.

Sur la prairie biodynamique, le groupe fonctionnel des épigés et l'activité superficielle en général gagnent en importance. La biomasse relativement faible et la limitation de l'activité anécique sont des indications d'un cycle de la matière organique plus lent et d'un humus différent. On assiste éventuellement à un effet rétroactif du type :



L'interprétation des résultats ne peut guère aller plus loin que ces hypothèses; l'étude des formes de l'humus et une connaissance plus approfondie des fonctions endogées et épigées permettront de mieux décrire les systèmes et leurs conséquences.

L'étude des peuplements de vers de terre a mis toutefois en évidence la dissemblance des deux types de prairies. Ces différences ont une signification fonctionnelle, mais cette dernière ne peut pas être élucidée de façon précise en raison des limitations citées plus haut.

# 3.4 Microarthropodes

En collaboration avec M. Auer, M. Bieri, B. Meyer dans le cadre d'un travail de semestre à l'institut d'entomologie de l'EPFZ (1974).

Dans ce travail, notre attention s'est portée plus particulièrement sur 2 groupes, les Collemboles et les Acariens.

## 3.41 Le rôle des microarthropodes

Les <u>Collemboles</u> (MASSOUD 1971) sont des insectes aptérigotes de taille relativement grande (2 - 10 mm). Les espèces les plus grandes vivent à la surface (hémiédaphiques, épiédaphiques) et les plus petites en plein sol (euédaphiques).

La majorité des Collemboles du sol se trouvent dans la litière ou dans les couches superficielles du sol. Ils ne sont pas répartis uniformément à la surface du sol, mais forment des colonies. Ils se nourrissent de matière végétale décomposée, d'hyphes et de spores de champignons, de pollen, de bactéries, d'excréments d'autres animaux et même de feuilles non décomposées, de radicelles et de plantules. Leurs parasites et prédateurs se trouvent parmi les virus, bactéries, champignons, Nématodes, insectes (des Myriapodes, araignées, pseudo-scorpions, Carabides, Staphylinides). Leurs ennemis les plus acharnés sont les Acariens carnivores (Gamasides en particuliers).

Les <u>Acariens</u> (BACHELIER 1971, BRAUNS 1968) du sol sont de plus petite taille que les Colembolles (0,1 à 0,2 mm). Comme eux, on les trouve surtout dans la litière et les couches superficielles du sol.

On distingue deux groupes selon leur mode d'alimentation :

Les <u>Acariens phytophages</u> (groupe principal : les oribates) jouent un rôle mécanique dans la décomposition de la matière organique, rôle non négligeable si l'on admet avec BACHELIER (1971) que , d'après un calcul théorique, au cours de la réduction mécanique des débris végétaux par la faune du sol, compte tenu des aliments utilisés, la multiplication des surfaces végétales pourrait être de l'ordre de 50 à 250 selon les cas. (Les microarthropodes jouent un rôle particulièrement important dans cette fragmentation), multiplication des surfaces favorables à l'activité des champignons et des bactéries. Incapables de décomposer la lignine ou la cellulose, ou d'humifier la matière organique, leur rôle semble se limiter, à préparer la matière organique à une humification bactérienne.

Les <u>Acariens carnivores</u> (groupe principal : les gamasides) se nourrissent essentiellement de Collemboles, de nématodes, de stades juvéniles des Oribates et de petites larves d'insectes. Ils jouent un rôle important

comme ralentisseurs de la minéralisation en se nourrissant d'organismes qui sans eux seraient directement minéralisés par les microorganismes (rallongement de la chaîne alimentaire).

Les parasites et les ennemis des acariens phytophages sont plus ou moins les mêmes que ceux des Collemboles.

En ce qui concerne les effets éventuels des pratiques culturales sur la faune des microarthropodes, la littérature est fragmentaire et contradictoire. Gerd HÖLLER (1962) dans son étude sur les Acariens et Gisela HÖLLER (1962) dans son étude sur les Collemboles de diverses parcelles de la ferme expérimentale de l'université de Bonn (Dikopshof) soumises à des essais de fumure à long terme, mentionnent une liaison de la faune de microarthropodes d'un sol avec le mode d'exploitation. La prairie permanente aurait une population de microarthropodes plus nombreuse que les surfaces labourées. Cela est dû à la porosité et à la teneur en matière organique plus élevée de la prairie permanente que de la surface labourée ainsi qu'au caractère mieux tamponné du sol protégé en permanence par une couverture végétale.

#### 3.42 Méthodes

Les échantillons ont été prélevés toutes les deux semaines, soit aux dates suivantes: 9.5, 23.5, 6.6, 20.6, 4.7 1974, en 6 points par parcelle, avec un "humax" (appareil à prélever des carottes de sol de 30 cm de longueur et de 5 cm de diamètre). Les échantillons ont été conservés jusqu'à leur analyse dans une enveloppe en cellophane à une température de 2°C. On a divisé la carotte en trois tranches (profondeur de 0-10, 10-20, 20-30 cm) pour étudier la répartition de la faune dans le profil.

Les organismes ont été extraits du sol par la <u>méthode de Berlese</u>. Le dispositif de Berlese (BERLESE 1905) consiste en un crible posé sur un entonnoir posé lui-même sur un bécher. On étale l'échantillon de terre sur le crible au-dessous d'une ampoule allumée. Sous l'effet de la chaleur, les organismes mobiles du sol fuient vers le bas et tombent dans le bécher rempli d'alcool. On rince le contenu du récipient dans une boîte de Petri et on détermine les ordres au binoculaire.

On a procédé au comptage des ordres suivants : Collemboles, Acariens, Diptères, Coléoptères, Annélides, Nématodes, divers. Les échantillons après comptage ont été conservés dans l'alcool à 70 % en vue d'une détermination ultérieure. L'analyse des premiers échantillons a montré qu'on ne trouvait plus guère d'insectes au-dessous de 20 cm.

L'analyse des deux premières séries d'échantillons a montré que les résultats pour la couche de sol de 10 à 20 cm étaient statistiquement inutilisables. Par la suite on s'est restreint à l'analyse de la couche de 0 à 10 cm.

# 3.43 Résultats et discussion

## Tableau 20

Résultats du comptage des Acariens et des Collemboles dans les 10 premiers cm du sol d'une paire de prairies conventionnelle/biodynamique

			Nom	bre	d <sup>.</sup> Ac	arier	ns e	t de		llemb de s		déc	ompt	és d	ans	les 10	pre	mier	s cm	
			pra	irie	con	ventio	onne	lle					prar	ie b	iody	nami	que			
date	9. 5	. 75	23.5	5.75	6.6	.75	20.	6.75	4.7	.75	9. 5	.75	23.	5.75	6.6	. 75	20.	6.75	4.7.	75
répétition	Ac.	Coll.	Ac.	Coll.	Ac.	Coll.	Ac.	Coll	Ac.	Coll	Ac.	Coll.	Ac.	Coll	Ac.	Coll.	Ac.	Coll.	Ac.	Coll
1	5	7	7	25	9	74	4	35	9	96	24	22	28	18	15	2 3	41	57	16	49
2	4	6	7	85	7	42	6	82	10	60	15	3	14	8	25	13	32	4	8	7
3	-	-	Ĭ	13	2	26	7	128	8	26	41	13	39	17	8	15	33	17	5	8
4	18	-	1	20	6	1	7	7	3	11	46	-	13	0	3	1	33	15	18	5
5	10	15	6	32	4	34	4	35	3	17	1	1	31	5	17	5	5	8	4	18
6	7	5	8	15	15	43	6	25	9	31	10	2	11	15	23	13	16	10	24	27
total	44	33	30	190	43	220	34	312	42	241	137	41	136	63	93	70	160	111	75	114
moyenne	7.33	6.00	5.29	31.67	7.17	36.67	5.67	52.0	7.00	40.17	22.83	6.83	22.67	10.50	15.50	11.67	26.67	18.50	12.50	19.00
écart type	6.19	5.54	2.98	27.02	4.54	23.90	1.37	44.74	3.16	32.20	17.72	8.80	4.72	7.29	8.89	7.76	13.40	19.44	8.04	16.89
Acariens + Collembales	7	7	2	20	2	53	3	46	21	83	17	18	19	19	1	63	2	71	1	89
moyenne et écart type					237	± 10	I								200	± 42				
TOTAL					11	96									10	00				

J'ai réuni dans le tableau 20 les résultats des captures de microarthropodes. On remarque l'écart-type très élevé des résultats. Les microarthropodes ne sont pas répartis régulièrement mais aggrégativement à la surface du sol, ce qui explique la variation très élevée du nombre d'individus trouvés dans chaque échantillon, rendant ainsi nécessaire un échantillonnage plus grand. Toutefois, les moyennes obtenues ne varient que peu au cours de l'été (exception faite du premier comptage où se sont peut-être glissées des erreurs dues à l'inexpérience).

Quoique le nombre de microarthropodes observés soit le même sur les deux prairies (tableau 20), il existe une différence frappante entre la structure des deux populations (figure 16).

Nombre d'individus moyen et rapport Acariens/Collemboles sur les prairies biologiques et conventionnelles aux différentes dates.

Figure 16

date	Acariens		Collemboles		rapport Acariens / Col	lemboles
9.5.75		7.3 22.8	<b>*</b>	6.0 6.8	****	1.33 3.35
23.5.75 6.6.75	<b>*</b>	5.3 22.7 7.2 15.5		31.7 10.5 36.7 11.7		0.16 2.15 0.20 1.32
20.6.75		5.7 26.7		52.0 18.5		0.11 1.44
4.7.75		7.0 12.5		40.2 19.0		0.17 0.66
légende :	*****	conv. biol.				

Les Collemboles dominent sur la prairie conventionnelle et les Acariens dominent sur la prairie biodynamique. Le rapport Acariens/Collemboles est au cours de l'été constamment inverse.

Quoiqu'on n'ait pas déterminé les espèces, il est apparu en cours de travail que le spectre des espèces différait d'une prairie à l'autre et que leur analyse pourrait livrer des renseignements intéressants. Une différence observée portait sur le rapport Acariens carnivores/Acariens phytophages. Les Acariens carnivores sont présents sur les deux prairies, les Acariens phytophages (principalement des Oribates) sur la prairie biodynamique seulement. (Les insectes ont été conservés à l'Institut d'Entomologie de l'EPFZ, Prof. V. Delucchi, en vue d'une détermination ultérieure). Que signifient ces différences? Les données bibliographiques sont unanimes à trouver que la faune des microarthropodes est un excellent critère de l'état d'un sol. (GISIN 1955, GHILAROV 1956).

"dans les biotopes en équilibres, où la pression interspécifique est grande le pourcentage des Collemboles est faible, il augmente en fonction de la dégradation des biocénoses et pourrait être représentatif de l'état d'un milieu." (MALDAGUE 1961).

"... Ainsi donc, l'étude des populations des Microarthropodes constituera un biais par lequel il sera possible d'évaluer le potentiel productif d'un sol et même de comparer le sol des régions différentes. Jusqu'à présent, ces comparaisons s'établissaient sur la seule notion de productivité primaire, c'est-à-dire le produit de la photosynthèse... Nous voulons parler ici de la producivité secondaire. Celle-ci est plus délicate à saisir, car il n'est pas aisé d'estimer la biomasse des individus à un moment donné, ni d'évaluer l'anabolisme par le calcul du coéfficient respiratoire de chaque animal... Pour l'instant, la connaissance du développement numérique des populations microarthropodiennes in situ constitue une bonne approche de l'activité productive du sol." (VANNIER 1971)

Les travaux plus précis portant sur l'utilisation de la faune des microarthropodes comme critère d'évaluation d'un sol manquent encore. La connaissance des populations globales de microarthropodes doit être accompagnée de connaissances plus détaillées sur le spectre des espèces ainsi que la valeur des espèces particulières comme indice pour permettre une telle utilisation.

#### Résumé

En résumé, on peut dire que le but de ce travail était de chercher à mettre en évidence une différence dans la structure des populations de microarthropodes du sol de deux prairies naturelles dont l'une est exploitée de manière conventionnelle et l'autre de manière biodynamique.

Les résultats ont permis de mettre en évidence les faits suivants :

- Le nombre d'individus ne s'est pas avéré être un critère suffisant pour distinguer les deux sols, le nombre des individus observés étant approximativement le même sur les deux prairies.
- Pour observer une différence, il aurait fallu une détermination des individus au moins jusqu'aux ordres. Toutefois à ce niveau de détermination on peut dire que la population des microarthropodes de la prairie conventionnelle était caractérisée par un pourcentage de Col-

lemboles plus élevé et un pourcentage d'Acariens plus bas que celle de la prairie biologique (figure 16). Cette population d'Acariens semblait être composée principalement d'Acariens carnivores, les Acariens phytophages n'étant présents que sur la prairie biologique.

Les observations de nombreux spécialistes de la faune du sol, permettent de supposer qu'on aurait là un excellent critère pour la caractérisation et l'estimation de la valeur d'un sol, mais les connaissances actuelles sont encore insuffisantes pour permettre une telle interprétation.

#### 3.5 Carabides

Ce travail a été fait en collaboration avec H. Keller, collaborateur scientifique à l'Institut de géobotanique ainsi qu'à l'Institut d'entomologie de l'EPFZ.

## 3.51 Le rôle des carabides

Les carabides sont les seuls représentants de la faune non étroitement liée au sol que j'aie étudiés dans ce travail.

Ils sont fréquents sur les sols de prairies. La littérature donne des valeurs moyennes de 30'000 et 50'000 individus par ha (KIRCHNER 1960). Il est toutefois impossible de conclure de leur importance numérique à leur importance écologique très mal connue.

Les carabides sont presqu'exclusivement carnivores, avec des exceptions comme *Clivinia fossor* (présent dans mes prises), connu pour manger les pousses des betteraves sucrières (BECKER 1975). Ils se nourrissent de tout ce qu'ils trouvent, sans grande spécialisation, entre autres de larves d'insectes, de larves et d'adultes de lombriciens (même les gros dont ils mordent un morceau) et de microarthropodes (BRAUNS 1968).

Ils ne jouent pas de rôle mécanique ou chimique connu dans la décomposition de la litière. Ils se déplacent à la surface du sol sans fouir, creuser ou grimper sur les plantes. Généralement, ils ne vivent qu'une année, et il n'y a qu'une génération par an.

#### 3.52 Méthodes

Sur la paire de prairies 1, on a récolté les carabides dans des pièges de Barber (BARBER 1931).

Comme pièges, on a utilisé des pots en PVC, profonds de 7,4 cm et de diamètre d'ouverture 6,8 cm, que l'on enfonçait dans des trous faits dans le sol, en prenant soin d'avoir un joint à niveau et sans faille avec la surface du sol, on les recouvrait d'un toit en plastique transparent (11 x 16 cm) à 3 cm au-dessus de la surface du sol.

Un groupe de pièges comprenait 3 pièges placés en triangle (lm de côté). Sur chaque parcelle deux groupes de pièges ont été disposés à 10 m de distance à 4 m de part et d'autre de la limite entre les prairies.

Les pots, remplis de formaline à 4 %, étaient relevés toutes les deux semaines (soit le 8.7.75, 21.7.75, 2.9.75, 18.9.75).

Les Carabides ont été déterminés d'après JEANNEL (1941, 1942).

La méthode des pièges de Barber ne renseigne pas sur les populations

réelles de carabides : les captures dépendent entre autres de l'état de la surface du sol, de l'activité, de la nutrition, du stade de développement, des réactions des animaux à la formaline, etc... L'influence de chacun de ces facteurs diffère pour chaque espèce et dépend en outre de la température, de l'humidité, etc.

Cependant, pour ce qui nous concerne, la distance très courte de 8 m qui sépare les deux groupes de pièges, l'absence d'obstacles entre eux, permettent d'utiliser les listes d'espèces ainsi établies en vue d'une comparaison.

## 3.53 Résultats et discussion

La détermination des prises effectuées sur les deux prairies (tableau 21) a permis de reconnaître 18 espèces classées en 5 groupes.

Sur ces 18 espèces, 9 espèces montrent une répartition autre sur les deux types de prairies, ces 9 espèces appartenant aux groupes 1, 2(avec une fréquence plus élevée sur la prairie conventionnelle) et 4(avec une fréquence plus élevée sur la prairie biodynamique). Cette différence ne peut guère être imputée au hasard. L'échantillonnage est toutefois trop restreint pour que ces différences soient statistiquement assurées et le fait que cette étude n'ait été exécutée que sur une paire de prairies ne permet pas de tirer des conclusions valables généralement.

Ce sont les espèces suivantes qui caractérisent la différence entre les deux prairies, les espèces caractérisant la prairie conventionnelle sont réunies dans le groupe 1 et 2; celles caractérisant la prairie biodynamique dans les groupes 4 et 5.

Poecilus cupreus (groupe 1) et Poecilus coerulescens (groupe 4) sont deux espèces apparentées par l'aspect, la taille et probablement la fonction. Elles sont très répandues dans les prairies maigres ou fumées, les cultures, les zones incultes. On les trouve dans tous les milieux, des prairies à litière (Molinietum) aux prairies plutôt sèches (Mesobrometum) (KELLER 1976, communication orale). Selon le cas, l'une ou l'autre espèce domine. Elles n'apparaissent avec une fréquence égale que là ou les deux espèces sont peu nombreuses. Toutefois, les facteurs favorisant une des deux espèces n'ont pu être mis en évidence.

Nebria brevicollis (groupe 1) est une espèce qui apparaît ici et là suivant les années en petits groupes agglomérés, dans les prairies et les forêts humides (KELLER 1976, communication orale).

Platysma anthracinum (groupe 1) est une espèce typique des prairies à litière et des forêts humides, elle est inconnue dans l'Arrhenatheretum sauf dans le voisinage d'un lieu humide.

Lorocera pilicormis (groupe 1) apparaît dans les prairies à litière et les champs labourés en particulier dans les cultures de pommes de terre.

Tableau 21

Comparaison des carabides (nombre d'individus par groupe de 3 pièges) décomptés après piègeage sur une paire de prairies conventionnelle/biodynamique (1975).

	9																	
	Praj	Prairie		conventionnelle	ionn	elle			Pra	Prairie	bic	biodynamique	miqu	a)			C	Mann &
Date	8.7	8.7.75	ł	4.7.75	2.9	.75	18.	18.9.75	ω.	8.7.75	4.	4.7.75	2.9.75	.75	18.9.75	.75	Total	- wnichey test
Echantillons	-	2	*-	1+2		2	н	2	m	4	2	7	2	4	~	4	1+2 3+4	
Nebria brevicollis Platysma anthracinum Lorocera pilicormis Carabus cancellatus	7 7	0 0		9 8		0	2 1	15									17 12 7	1 1 1 1
Poecilus cupreus Carabus monilis Agonum mülleri	13	6 8		36 10 13	4 0 4	H 0 H -	7	9	N	Ч 2	7	м <b>м</b> го -	Н	нн -	7 7	9	70 17 16 4 29 15	0.01** 0.13 0.12
stomis vermalis	7	7		7	`	H	н Н		Ч	3	4	4 4		4 ~		ч		0.14
Clivinia fossor Metallina lampros Procustes violaceus Amara lunicollis	2	νч ч				Н	НН		Н	М	Н	0 0				н н	9 8 7 1 1	1.19
Amara nitida Anysodactylus binotatus Poecilus coerulescens Calathus fuscipes	1 1 3	7		33			Н	нн	44	10 7 28	1 25	27	~	4 W	$\kappa$	7 7 7	1 14 6 18 41 132 1 3	0.71 0.19 0.07**
Dyschirius globosus 5	10									2							0	1
Nombre d'individus	36	34		109	6	ω	13	24	9	99	72	63	2	11	∞	13	233 232	0.58
Nombre d'espèces	8	6		8	3	9	ω	2	5	8	7	10	2	9	2	2	17 14	0.69

pièges détruits par le paysan différences assurées avec une probabilité d'erreur

1%

Carabus monilis (groupe 2) est très largement répandu à proximité des points d'eau (rivières, marais). On le retrouve à des distances allant jusqu'à 200 m des prairies à litières.

Agonum mulleri (groupe 2) est répandu dans les prairies plutôt humides et dans les champs labourés (répartition semblable à Lorocera pilicornis. On ne le trouve pas dans les prairies sèches (Mesobrometum).

Amara nitida (groupe 4) on ne sait rien sur ses exigences dans nos régions.

Anisodactylus binotatus (groupe 4) est présent dans tous les types de prairies, des prairies humides aux prairies sèches.

En considérant ces espèces de Carabides, on acquiert l'impression que la prairie conventionnelle est plus humide que la prairie biologique, ce que reflétait déjà la végétation (présence limite de Bromus erectus, Ranunculus bulbosus, Helictotrichon pratensis sur la prairie biologique. Par contre, les tensiomètres et les courbes de désorption (figure 6) montraient une tendance à une humidité du sol supérieure sur la prairie biologique.

Or, on a vu (p. 18) que l'azote et l'humidité ont un effet semblable sur la végétation. Ces deux facteurs s'avèrent difficilement distingables.

Le métabolisme de la végétation fonctionne éventuellement avec des pertes en eau par respiration et évaporation, plus élevée sur la prairie conventionnelle, ce qui explique, en plus de la teneur en humus plus basse, l'humidité moindre de son sol. Les pertes en eau pourraient par contre accroître l'humidité de l'air à la surface du sol. Or il se peut que les carabides réagissent à l'humidité non du sol mais de l'air.

La différence de la surface du sol sur les deux prairies pourrait-elle aussi jouer un rôle ? On a vu que la présence d'une litière plus abondante et d'une végétation plus dense pouvait favoriser les lombriciens épigés (p. 77), avec un apport de nourriture intéressant pour les carabides. Mais les prises indiquent une population égale ou inférieure sur la prairie biologique.

La surface nue de la prairie conventionnelle pourrait être considérée comme favorable au déplacement des carabides. Ce fait est considéré par certains auteurs (GREENSLADE 1964) comme ayant un effet positif sur le nombre de prises effectivement légèrement plus élevé sur la prairie conventionnelle (tableau 20).

Mais il n'est pas évident que ce soit un facteur influençant la population totale des carabides. Certaines espèces ont développé des techniques de marche et de chasse dans la végétation close. Carabus monilis par exemple, gros carabide qui atteint 35 mm, avance plus vite dans l'herbe qu'un carabide de la moitié de sa taille venant des zones forestières. La taille n'est pas toujours un facteur déterminant. Il agit de manière spécifique à chaque espèce de carabides, et serait suffisant pour

Figure 17

expliquer la dominance de certaines espèces. Les exemples connus manquent pour illustrer cette hypothèse. La répartition des prises par classe de grandeur est par ailleurs la même sur les deux prairies, comme le montre la figure 17.

D'autres facteurs pourraient jouer un rôle, comme la date et la fréquence des fauches. Les différents dates de fauche pourraient provoquer des décalages dans le développement des espèces ou jouer un rôle dans les phénomènes de concurrence.

Il est possible aussi, surtout sur la prairie conventionnelle, où le sol est nu après les fauches, que les oiseaux les attrapent mieux, ou encore qu'un déplacement massif des carabides vers la prairie voisine ait lieu.

Cette étude de la faune des carabides nous a permis de mettre en évidence l'existence d'une différence dans la faune des deux prairies. Il pourrait être intéressant d'en pousser l'étude en direction d'une recherche causale qui reste toutefois difficile, vu le manque de connaissances sur les espèces particulières.

Répartition des carabides en classes de grandeur sur la paire de prairies l

<u></u>	prairie convention	nelle	prairie biodynar	nique
répétitions	1	2	3	4
n.individus	58	175	89	143
70 % 60 % 50 % 40 % 30 % 20 % 10 %				
taille en mm	0-5 5-10 10-15 15-20	0-5 5-10 10-15 15-20 <20	0-5 5-10 10-15 15-20 , 20	0-5 5-10 10-15 15-20

Si l'on tenait compte des pièges détruits dans cette prairie, en les remplaçant par les valeurs du groupe de piège 2 pour le calcul, la courbe de répartition serait comme en 2.

## 3.6 Nématodes

En collaboration avec M R. Valloton spécialiste en nématologie de la station fédérale de recherche agronomique de Changins.

## 3.61 Le rôle des nématodes

Les connaissances sur la fonction et la signification des nématodes dans la vie du sol sont fragmentaires (BRAUNS 1968).

La recherche en nématologie du sol est surtout orientée vers l'étude des nématodes phytoparasites. Les espèces non parasites des plantes ou saprobiontes sont, quoique les plus nombreuses, les moins bien connues. Leur étude est rendue difficile tant par leur taille microscopique que par le nombre élevé d'espèces existant. Toute tentative de synthèse est en outre rendue impossible par l'ignorance où l'on se trouve sur les moeurs et habitudes alimentaires de nombreuses espèces.

Quelques fonctions des nématodes dans la vie du sol

Les nématodes se nourrissent principalement de <u>matière organique vivan</u>te et jouent un rôle négligeable dans la décomposition des détritus (voir p. 82, l'importance des microarthropodes pour la décomposition des détritus organiques) ou des composés humiques.

Ils joueraient plutôt un rôle (important vu la masse des nématofaunes) dans un cycle court de la matière organique en favorisant un recyclage rapide de l'azote. Ils décomposent la matière organique fraîche, dont l'azote est mis à disposition du sol sous forme soluble lors de leur propre décomposition. C'est donc dans un sol présentant une forte croissance des radicelles et un fort taux de matière organique fraîche plutôt que dans un sol riche en humus que l'on peut s'attendre à une population élevée de nématodes. L'humidité, l'acidité, le type de couverture végétale ne semblent jouer qu'un rôle secondaire.

STOCKLI (1952), ainsi que plus tard NIELSEN (1961, in TWINN 1974) dans ses travaux sur les nématofaunes prairiales danoises, ont mis en évidence une tendance de la nématofaune à croître parallèlement à la productivité de la prairie. Sur les prairies les plus grasses étudiées par NIELSEN, elles atteignaient 20.10 m<sup>-2</sup> individus sur 30 cm de profondeur.

R. VALLOTON (non publié) a fait l'observation suivante lors d'essais en pot d'infection par des nématodes. Une légère attaques des nématodes semble agir comme stimulant sur la croissance des plantes, phénomène dont le mécanisme n'a pas été étudié.

Le spectre d'espèces (STÖCKLI (1952) indique plus de 5000 espèces inventoriées) est très dépendant de tous les facteurs influant sur le sol (facteurs de formation du sol, mode d'exploitation, culture, etc.)

## Groupes fonctionnels

On divise généralement les nématodes en groupes selon leur mode alimentaire, reconnaissable en partie à la morphologie de leur cavité buccale.

- Omnivores

- Prédateurs et saprophages

bactériophages

(bactéries)

mycophages

(champignons)

phycophages

(algues)

nématophages

(nématodes)

Phytophages

ectoparasites

sédentaires ou migrateurs

(se nourrissent sur les racines, comprennent les nématodes vecteurs de virus)

semi-

endoparasites

sédentaires ou migrateurs fixés sur les radicelles et pondant à l'extérieur.

Spécialement étudiés parce que c'est parmi eux que l'on compte la plupart des ra-

vageurs des cultures

Heterodera sp.

- kyste des racines

Meloidogyne sp.

- cécidogène

Pratylenchus sp.

- endoparasite du sys-

tème racinaire

Ditylenchus sp.

- des tiges et des bulbes

Aphelenchoides ssp.- des feuilles

Anguina ssp.

- des graines

#### Parasites et ennemis

Leurs principaux parasites et ennemis se trouvent parmi les champignons, les géophages (Enchytréides, Lombriciens), les Scarabides, larves de Diptères, Myriapodes, Isopodes, etc.

## Estimation des nématofaunes globales

Il existe quelques données sur les nématofaunes globales in TWINN 1974 concernant surtout les sols forestiers (travaux de YEATES 1967) par exemple. Les travaux sur les sols de prairies sont beaucoup plus rares. L'étude des prairies suisses par STOCKLI (1952) a donné, elle, les estima-

tions de populations suivantes (tableau 21).

Tableau 21

Estimation de nématofaunes prairiales en Suisse par STOCKLI (1952)

		nombre d'individus sur une profondeur de 10 cm	biomasse en g/m2
terre labourée	Plateau	4.5 10.6 m-2	4.5
	Préalpes	3.4 10.6 m-2	3.4
prairies art.	Plateau	3.6	3.6
	Préalpes	0.9	0.9
prairies perm.	Plateau	5.2	5.2
	Préalpes	8.8	8.8
pâtures perm.	Plateau	8.7	8.7
	Préalpes	5.4	5.4

Par un calcul (STOCKLI 1952) on peut tenter d'estimer la teneur moyenne d'un sol de prairie en azote sous forme de nématodes (voir plus haut,p. 93, cycle court de l'azote). On peut, par calcul, en admettant le poids moyen de 1 g pour 10 nématodes (NIELSEN 1961), (STOCKLI 1952), estimer un poids moyen de 9 à 50 kg de nématodes par ha dans les 10 premiers cm du sol, avec une teneur moyenne en azote de 2 %, ce qui revient à une teneur du sol en azote-nématode de 180 à 1800 g par ha. En admettant que la population de nématodes ne diminue pas plus de la moitié jusqu'à une profondeur de 25 cm, on obtient au total une teneur calculée augmentée en conséquence.

## Problèmes posés par l'estimation des espèces d'une nématofaune

L'estimation des populations des différents genres et leur dynamique se heurte à de nombreux obstacles. En effet, les populations de nématodes réagissent aux moindres fluctuations de l'environnement. On observe des cycles en relation avec la plante-hôte, le climat (sécheresse, humidité, baisse de température), les populations de nématophages, etc.)

BERGE et al. (1973) cite une espèce ne présentant que des jeunes au moment de la prise d'échantillons qui ne correspond pas forcément à une espèce en plein rajeunissement, car elle peut avoir été bloquée à un

stade larvaire (anabiose de *Dytilenchus dipsaci* par exemple). Les conditions défavorables du milieu augmentent la longévité (quiescence) alors que les conditions favorables la diminuent (métabolisme élevé).

Une espèce endoparasite peut plus ou moins disparaître du sol (et des prises) à certains stades phytoparasitaires, comme éventuellement *Pratylenchus pratensis* ou *irregularis*.

#### 3.62 Méthodes

On a étudié, en juin 1974, la faune des nématodes sur les paires de prairies 1 et 2.

Dans chacune des 4 prairies on a prélevé 5 échantillons de sol (cylindre de 6 cm de diamètre environ, pris entre 5 et 20 cm de profondeur).

L'extraction des nématodes a été effectuée selon la méthode classique de la double centrifugation (eau, solution sucrée à densité de 1,8) par le Service de nématologie de la RHL, Changins sur Nyon.

L'analyse nématologique s'est intéressée en premier lieu aux espèces phytophages connues pour leur nocivité potentielle et leur décomptage a été plus détaillé. La détermination s'est limitée exclusivement aux familles et aux genres. L'estimation de population a été réalisée à raison de deux échantillons par parcelle.

## 3.63 Résultats et discussion

Je commencerai par citer la conclusion de BERGE et al. (1973) après leur travail de deux ans sur une prairie naturelle.

"Grâce à la grande malléabilité des cycles biologiques. qui est une caractéristique de la biologie des nématodes (c.f. DALMASSO 1970), la plupart des populations phytoparasites ont adopté chacune une évolution propre en réaction aux multiples facteurs écologiques. Cette malléabilité n'exclut pas une grande sensibilité, aussi les moindres influences sont répercutées sur la dynamique et chaque cas étudié offre une originalité. Ces phénomènes entraînent bien des difficultés lorsqu'il convient d'interpréter les données recueillies sur une telle échelle."

La seule différence mise en évidence par le test de Mann & Whitney (certitude d'une différence avec une probabilité d'erreur inférieure à 5 %) est une différence portant sur le nombre total d'individus. (Tableau 23). Il est plus élevé dans les échantillons de sol des prairies conventionnelles (différence qu'il faudrait tester sur un plus grand nombre de prairies). On peut mettre ce résultat en parallèle avec les observations de STÜCKLI et NIELSEN se rapporter au début du chapitre). Ils ont tous deux observé que l'importance des populations de nématodes croissait des prairies maigres aux prairies grasses.

Tableau 23 \_\_\_\_\_\_\_

Estimation des populations de nématodes sur deux paires de prairies conventionnelle/biodynamique.

	Nomb	ore de	néma	todes	par	100 cc	de s	sol	Mann &
Prairies		rc		2C		1B		2B	Whitney test
Echantillons	1	2	1	2	1	2	ı	2	
Phytophages									
Tylenchidae									
Ditylenchus	4	8	9	4	5	3	41	9	0.443
Helicotylenchus	22	32	74	63	101	115	27	17	0.443
Tylenchus	151	81	163	126	155	82	122	115	0.343
Tylenchorhynchus	34	25	19	14	12	25	17	20	0.443
Rotylenchus	115	134	698	536	423	399	62	75	0.557
Pratylenchus	9	16	10	6	12	2	7	17	0.557
Psilenchus	8	17	216	176	-	=	214	248	0.443
Criconematidae	129	168	154	136	82	55	198	199	0.557
Paratylenchus	11	15	29	31	11	20	7	9	0.100
Heterodera kystes/larves	3	8	3	5	_	_	8	6	0.100
Meloidogyne	-	-	-	-	22	18	-	-	=
Aphelenchoides	_	-	_	-	8	-	-	-	: <b>-</b>
Longidoridae									
Longidorus	_	-	-	-	-	-	-	-	-
Xiphinema	_	-	-		£—	-	-	-	8-
Trichodoridae									
Trichodorus	-		-	-:	· <del>-</del>	-	1-	-	-
Phytophages : total	486	504	1375	1097	831	719	708	715	0.171
Prédateurs et saprophages	1718	2137	1133	1421	1556	1258	1136	1174	0.243
Pop. tot. / 100 cc de sol	2204	2641	2508	2518	2387	1977	1844	1899	0.029

On n'a pas réussi à mettre en évidence (comme c'est le cas pour les vers de terre ou les microarthropodes) de différences dans la <u>répartition des individus entre les espèces</u> (tableau 24 et 25) : cette répartition est relativement homogène sur les 4 prairies. Toutefois le petit échantillonnage, ainsi que le fait que les espèces saprobiontes n'ont pas été analysées en détail, empêchent d'affirmer l'absence de différences entre ces faunes, tant sur le plan des espèces représentées que sur celui de la diversité.

Aucune espèce ne paraît atteindre un niveau nuisible au rendement des prairies examinées dans le cadre de ce travail. En effet :

- les genres *Dytilenchus* (parasite des légumineuses), *Pratylenchus* (parasite des graminées) ne sont que faiblement représentés dans nos échantillons,
- les genres *Heterodera* et *Meloidogyne* (parasites des légumineuses) sont encore plus rares,
- les genres *Psilenchus*, *Rotylenchus*, *Tylenchus* ainsi que les *Cricone-matidae* sont sans importance économique connue pour les prairies (WEBSTER 1972).

Ces résultats corroborent la remarque de KLAPP (1971) sur les nématoses des légumineuses dans les prairies : dans une prairie où une seule espèce de légumineuse est présente (*Trifolium pratense*, *T. repens*, *Medicago sativa*), celle-ci est soumise à une croissance cyclique appelée fatigue des légumineuses, due aux nématodes. Cette fatigue n'est pas visible si différentes espèces de légumineuses sont présentes.

Mettre en évidence une différence dans les nématofaunes est une entreprise d'une ampleur dépassant le cadre de cette recherche, s'étendant éventuellement à :

- l'étude de la variation annuelle des nématofaunes
- la détermination des espèces non parasites
- une détermination plus précise que la famille ou le genre
- un nombre plus élevé d'échantillons
- un nombre plus élevé de prairies

Quand on sait le travail nécessité par la détermination au microscope et le comptage des différentes espèces, on voit la quasi impossibilité où l'on se trouve d'entreprendre une telle recherche.

Il serait d'un intérêt plus immédiat de connaître mieux la fonction des nématodes dans un sol et sur la végétation, dans un système où ils ne sont pas encore développés en parasite des cultures.

Tableau 24

Comparaison des populations de nématodes phytophages et saprophages en % de la faune totale.

			234		
prairie		e phytophages cc de sol		le saprophages cc de sol	Nématofaune globale
	Total	%	Total	%	
Cl	498	20.95	1928	79.5	2426
C2	1237	49.2	1277	50.8	2574
Bl	777	35.5	1412	64.5	2189
B2	713	36.2	1255	63.8	1968

Tableau 25

Structure de la population de phytophages d'après la fréquence d'apparition des divers genres ou familles.

Prairie		Ordre de fréd	quence	
	I	II	III	IV
C1 C2	Spiralés Spiralés	<u>Criconematidae</u> Psilenchus	<u>Tylenchus</u> Criconematidae	
B1	Spiralés	<u>Tylenchus</u>	Criconematidae <u>Tylenchus</u>	
B2	Psilenchus	<u>Criconematidae</u>	<u>Tylenchus</u>	Spiralés

## 4. ESSAI DE CULTURE DE TREFLE

En 1974, j'ai procédé à un essai de culture de trèfle en pot dans les jardins de l'Institut de géobotanique. J'ai répété cet essai en 1975.

#### 4.1 Méthodes

#### Essai de 1974

J'ai semé sur le sol récolté entre 1 et 6 cm des prairies 1 C, B, 2 C, B, 3 C, B, des graines de trèfle blanc pour gazon (6 répétitions par sol). J'ai laissé trois plantules par pot. L'essai a duré du 3 avril au 2 octobre 1974. J'ai mesuré le poids frais des feuilles, le poids sec des feuilles et des racines et j'ai compté les nodosités sur les racines.

#### Essai de 1975

J'ai semé sur les mêmes sols 4 sortes de trèfle rouge, soit des graines récoltées sur la prairie 1 B, une variété locale "Leisi", une variété diploïde "Renova" et une variété tétraploïde "Temara" (2 répétitions par graine). J'ai laissé comme l'année précédente trois plantules par pot. L'essai a duré du 27 juin au ler novembre 1975. J'ai mesuré le poids frais des feuilles, le poids sec des feuilles et des racines ainsi que la hauteur des plantes à la fin de l'essai.

#### Traitement statistique

Pour l'interprétation statistique des résultats, j'ai utilisé le programme suivant : Least-squares and maximum likelihood general purpose programme de W.R. Harvey mixed model version (CDC/RZETH mars 1973) mis à ma disposition par l'institut de production végétale de l'ETHZ.

## 4.2 Résultats et discussions

J'ai résumé dans la figure 18 les résultats des mesures effectuées en 1974. Ils ont montré une différence dans la croissance des plantes. Les cultures se sont développées plus vite et ont atteint une taille plus é-levée sur les prairies conventionnelles que sur les prairies biologiques et cela sur les trois paires de prairie. Cette différence, confirmée par le calcul de la valeur F au niveau de confiance 0.01, a rendu tout à fait aléatoire l'interprétation des résultats du comptage des nodosités. J'ai répété cet essai l'année suivante avec différentes sortes de graines pour voir si les différences de croissance étaient explicables par le fait que les graines employées étaient des graines sélectionnées pour réagir aux engrais minéraux.

Les résultats de l'essai de 1975 (figure 19) ont confirmé les résultats de 1974 pour les trois types de graines utilisées (variété locale, diploïde et tétraploïde). Les résultats obtenus avec les graines récoltées sur la prairie biologique 1B ont été éliminés de l'interprétation, vu leur germination et leur croissance irrégulière. Ces plantes n'ont at-

teint sur aucun sol une taille élevée.

Le traitement statistique des données, au moyen d'un test de covariance, a donné les valeurs F suivantes (tableau 26) caractérisant les influences du sol, du mode d'exploitation et du type de graines sur les paramètres mesurés.

Figure 18

Observations faites sur une culture de trèfle blanc en pot sur trois paires de sol de prairie conventionnelle / biodynamique en 1974.

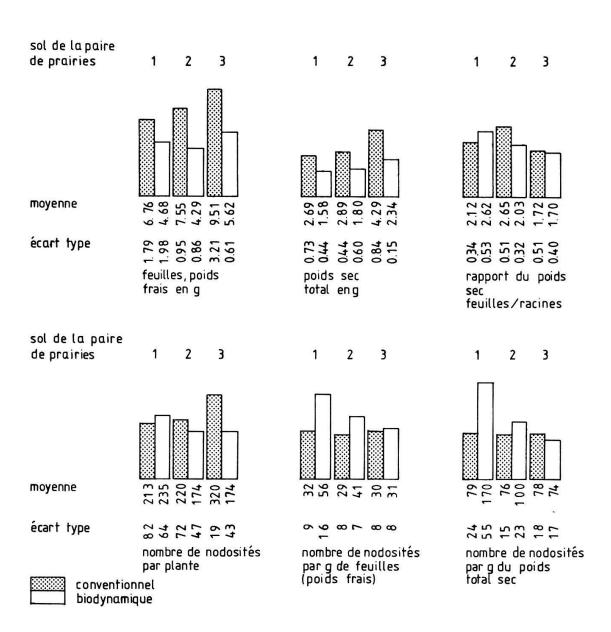
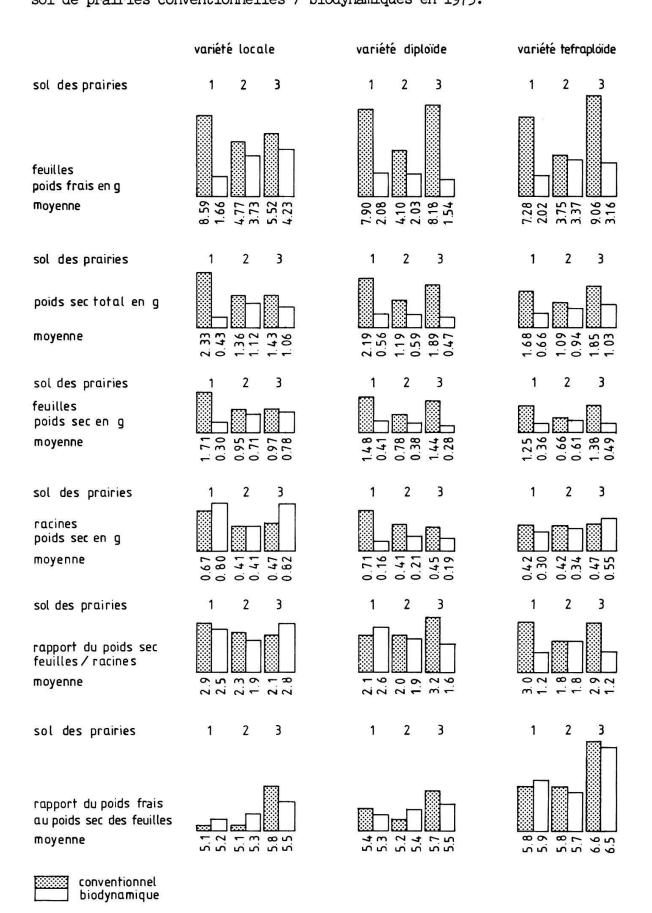


Figure 19

Observations faites sur une culture de trèfle rouge semé sur trois paires de sol de prairies conventionnelles / biodynamiques en 1975.



#### Tableau 26

Valeur F caractérisant l'effet des facteurs sol, mode d'exploitation, semence, ainsi que l'interaction de ces facteurs sur quelques paramètres mesurés à l'issue d'un essai de culture de trèfle rouge sur trois paires de sols conventionnel / biodynamique

			origin	e de la	variatio	n	
		effet:	s princip	aux	ir	nteraction	S
	paramètres mesurés	sol	mode d'exploi- tation	sorte	sol - expl.	sorte - expl.	sol - sorte
	hauteur en cm	4.402	67.082	0.303	7. 486	1.138	0.728
15Se	feuilles poids frais	4. 590	70.852	0. 410	9.552	1.138	0.728
biomasse	feuilles poids sec	2.929	64.944	0.730	8. 917	1.002	0.502
_	racines poids sec	0. 246	21. 392	0.693	4.563	3.839	1.270
	poids sec total	2. 429	71. 381	0. 584	10.362	2.317	0.981
	feuilles / racines	1.528	5.599	1.391	0.930	2.322	0.074
	poids frais/poids sec	14.043	0.094	25.702	1. 132	0.060	0.946
valeur 0.05 d	F ayant la probabilité l'être dépassée	3. 44	4.30	3.44	3. 44		2.82
valeur 0.01 d	F ayant la probabilité 'être dépassée	5.72	7. 95	5.72	5.72	2	4.31

On voit (tableau 26) une influence hautement significative du mode d'exploitation sur la biomasse des plantes. Cet effet est dépendant du sol comme le montre l'interaction sol-exploitation, elle aussi significative, mais indépendant de la graine utilisée (interaction sorte / exploitation non significative). La biomasse sur sol conventionnel est nettement plus élevée (figure 19).

Le rapport feuilles / racines est lui quelque peu influencé par le mode d'exploitation, les plantes poussant sur le sol conventionnel ont tendance à avoir un rapport feuilles /racines plus élevé (figure 19).

Ces différences, quoique manifestes, sont difficiles à interpréter

La durée de l'essai est un peu courte (1974 : 6 mois, 1975 : 4 mois). Peut-être que le phénomène observé se serait atténué au cours du temps.

Toutefois quelques hypothèses peuvent expliquer cette différence :

- Les trèfles blancs et rouges réagissent négativement à l'humus. (L'existence de la prairie 3 B dont la teneur en humus est plus basse (p.51) que sur la prairie conventionnelle correspondante infirme cette hypothèse).
- Le sol plus riche en nutrients des prairies conventionnelles. Les analyses de teneur du sol en PK montrent des teneurs si quelque peu moins élevées toujours suffisantes sur les prairies biodynamiques (mesures et normes de la Station Fédérale de Recherches Agricoles de Zürich-Reckenholz). La teneur en azote total et en azote minéralisable est spécialement élevée sur la prairie 1 B où la croissance du trèfle est spécialement mauvaise. (C'est par ailleurs la prairie où le pourcentage de légumineuses est le plus élevé). La capacité d'échange cationique de la prairie 1 B dans l'horizon racinaire (p.49) est lui aussi plus élevé que celui de la prairie conventionnelle.

On peut donc difficilement expliquer cette différence par la quantité de nutrients uniquement.

- Les essais de STADLER (1951) mettent en évidence une réaction du trèfle à de très petites quantités de nitrate qui suffisent à rendre la plante résistante à l'infection par les bactéries. Ces plantes, dont les racines présentent moins de nodosités, ont une croissance réduite. Il est possible que dans les sols fraîchement criblés utilisés pour le semis, l'activité minéralisatrice des bactéries ait libéré des nitrates. Cette activité minéralisatrice est spécialement élevée sur la prairie 1 B, plus faible sur les prairies conventionnelles.

Toutefois, indépendamment du mode d'exploitation conventionnel / biodynamique, on assiste à un gradient dans la croissance du trèfle dans les
deux groupes. Ce sont sur les sols des prairies 1 B et 2 B (herbe fine
et serrée, flore diverse) que la croissance est la moins bonne, sur les
prairies 3 B et 2 C, prairies en quelque sorte intermédiaires, la croissance est meilleure. Sur les prairies 1 C et 3 C, (végétation élevée,
peu serrée, présence de nombreuses ombellifères, nombreuses coupes annuelles) la croissance est la meilleure.

Il serait intéressant de poursuivre cet essai pour pouvoir mieux cerner les causes de cette différence.

#### 5. PRODUCTIVITE

On a vu dans les chapitres précédents les résultats des observations portant essentiellement sur la flore et sur le sol des prairies biologiques et conventionnelles. Mais les renseignements obtenus restaient difficiles à interpréter en l'absence d'informations sur la productivité des prairies.

Pour procéder à des mesures de productivité, il <u>était nécessaire</u> d'obtenir la collaboration des paysans, soit qu'ils acceptent de me louer des surfaces que j'aurais exploitées moi-même, soit qu'ils m'avertissent de la date de la récolte de l'herbe pour que je puisse exécuter les mesures aux mêmes dates qu'eux et obtenir ainsi des informations sur la productivité réelle.

Le travail que représentait l'exécution de ces mesures sur la prairie, ainsi que le refus de certains agriculteurs de coopérer, ont rendu cette solution impossible.

Pour ne pas renoncer complètement à toutes informations sur la productivité de ces prairies, je me suis décidée à faire une enquête comptable sur les exploitations dont ces prairies faisaient partie. Tous les agriculteurs sauf l'exploitant de la prairie 1 C ont accepté de collaborer.

#### 5.1. Méthodes

La plupart des agriculteurs à l'exception des exploitations 2 B, 3 C, 4 C, ne tenaient pas de comptabilité. Les services consultatifs de vulgarisation agricole (Suisse) ont mis au point une méthode rapide (budget d'exploitation) qui permet de se faire une idée de la structure et de la productivité des diverses branches d'une exploitation. Cette méthode a été utilisée au départ dans les groupes de vulgarisation pour permettre de comparer les exploitations entre elles ou avec d'autres du même type ou encore avec des moyennes régionales. Elle permet de déceler les points faibles et forts d'une exploitation. Par la suite les services de vulgarisation ont automatisé le travail des données ainsi récoltées et il devint possible de comparer des résultats à d'autres résultats stockés dans une banque de données. Les données sont réunies au cours d'une enquête détaillée portant sur le produit et les frais spécifiques des diverses branches de l'exploitation, le bétail (entrées, sorties, âge, lactations), les frais de mécanisations et de main-d'oeuvre. Le coût de la dette et les frais d'entretien des bâtiments ne sont pas pris en considération, car ce mode d'enquête a pour but de comparer le fonctionnement de diverses exploitations entre elles, indépendamment des frais qui relèvent de la situation privée de chacune d'elles.

Les données sont travaillées de manière à nous livrer les grandeurs

suivantes pour les diverses branches de l'exploitation :

<u>le rendement brut</u> (RB), constitué par le produit des ventes et services et l'accroissement des stocks, sans qu'il soit tenu compte des livraisons internes (ménage, céréales fourragères etc.),

<u>le rendement épuré</u> (RE), qui est la valeur obtenue en soustrayant du rendement brut les valeurs suivantes : achat de fourrage, frais d'estivage, achat de bétail, achat de semis et de plants.

Le rendement épuré permet, mieux que le rendement brut, la comparaison de la productivité d'une branche de production entre diverses exploitations.

#### 5.2 Résultats

Les principaux résultats de l'analyse économique des exploitations ainsi que l'index alphabétique des abréviations utilisées sont réunis dans le tableau 27. Je citerai des extraits de ce tableau en cours de discussion.

Parmi les exploitations conventionnelles, on peut distinguer deux exploitations intensives, fermes neuves avec fort investissement en machines (MEC) par unité de travail humain (UTH) comme par unité de surface agricole utile (SAU) et deux exploitations plus traditionnelles caractérisées par une moindre mécanisation.

	expl	oitati	ons bi	ologiq	ues	expl trad			nvention ernes	n.
	Bl	B2	B3	B4	B5	$^{\mathtt{C2}_{\mathtt{t}}}$	C5 <sub>t</sub>	C3 <sub>m</sub>	C4 <sub>m</sub>	
UTH	1.3	4.8	1.7	2.0	1.8	1.5	2.0	1.3	1.6	
SAU	5.2	27.7	16.6	9.0	8.0	7.5	15.0	17.7	22.5	
SAU/UTH	3.9	5.7	9.8	4.5	4.5	5.0	7.5	13.5	14.1	
MEC/UTH	4748	2014	7976	2391	6125	6197	6225	15494	14829	
MEC/SAU	1227	352	817	531	1352	1239	830	1150	1054	

Les chiffres ci-dessus permettent les constatations suivantes :

les différences entre les exploitations biologiques et conventionnelles traditionnelles ne sont pas très importantes. Les deux exploitations traditionnelles sont des exploitations qui vieillissent et ne seront probablement pas reprises par les jeunes. Une certaine mécanisation est nécessaire car un couple âgé de 50 à 60 ans (sur les deux exploi-

tations) s'occupe seul du domaine alors que les exploitations biologiques sont entretenues et qu'il est partout prévu que l'exploitation sera reprise par la nouvelle génération.

Les exploitations modernes ont, elles, une structure très différente. Elles permettent l'exploitation d'une grande surface par un seul homme (ou couple) grâce à un investissement très élevé en machines et bâtiments.

Certains chiffres caractérisent assez bien ces trois groupes et permettent de mettre quelques différences en évidence.

## I Différences portant sur la mécanisation

Comme le montrent les chiffres cités plus haut, la mécanisation est plus intensive sur les exploitations conventionnelles, surtout sur les exploitations modernisées. Cela s'exprime autant dans les chiffres renseignant sur la mécanisation par unité de surface (MEC/SAU) que dans les chiffres renseignant sur la mécanisation par unité de main-d'oeuvre (MEC/UTH). Le coût de la mécanisation par ha peut rester important sur une petite exploitation (exemple : Bl avec une surface agricole utile (SAU) de 5,2 ha).

La mécanisation moins intensive des 5 fermes biologiques ressort encore mieux du coefficient suivant : traction / mécanisation (T/MEC). Sur les exploitations biologiques, la traction constitue une part importante de la mécanisation (tableau 29).

B1 B2 B3 B4 B5 
$$C2_t$$
  $C5_t$   $C3_m$   $C4_m$  T/MEC % 69 31\* 55 85 60 46 42 51 36

# II <u>Différence dans la proportion et la diversité des cultures intensives (I)</u>

La proportion d'intensives (I/SAU) est plus élevée sur les exploitations biologiques et la gamme de production (NPRO), soit le nombre de cultures et d'élevages différents de même y est plus élevée.

B1 B2 B3 B4 B5 
$$C2_t$$
  $C5_t$   $C3_m$   $C4_m$ 

NPRO \* 4 12 6 1\*\* 7 5 6 4 2

\*\* élevage bovin uniquement

<sup>\*</sup> utilise en partie des chevaux pour la traction

<sup>\*</sup> il n'est pas tenu compte des petits élevages pour l'autoconsommation

Tableau 27

Présentation regroupée des résultats comptables des exploitations biodynamiques (1B - 5B) et conventionnelles (2B - 5B) après travail des données recu eillies dans les "budjets d'exploitation"

exploitatio	n	BI	B2		В3		B4	B5		C2		<i>C</i> 3		C 4	<i>C</i> 5	
altitude	m	520	360		5 30		620	550	)	550		536	5	610	550	
SAU	ha	5.2	27.7		16.6		9.0	80		7.5		17.7		225	15.0	
/SAU	*	3	19		10		0	32		13		16		0	9	
/SAU	%	4	4		2		0	4		1		0		0	1	
F/SAU	%	93	71		78		100	65		85		84		94	90	
51	m³	0	30		60		250	50		0		0		360	70	
//SAU	%	0	5		9		0	0		С		0		6	0	
M>6		2	20		17		8	1		7		0		50	11	
A<6		4	8		17		8		bovins d'engrais	6		25		50	12	
IB		2	20		4		6	10	rengials	4		16		35	6	
JGBT		6.6	37.2		17.8		17.0	8.0		14.2		314		53.4	24.3	
étérinaire	e fr/UGBT/an	45	22		?		12	0		25		73		56.	9	
ITH		1.3	4.8		1.7		20	1.8		1.5		1.3		1.6	2.0	
AU/UTH	ha	39	5.7		9.8		4.5	4.5		5.0		13.5		14.1	7.5	
//UTH	ha	0	03		0.9		0	0		0		0		09	0	
L/UTH	ha	0.2	0.2		0.2		0	0.2		0.1		0		٥	0.1	
JGBT/UTH		50	7.7		10.5		85	4.5		9.5		23.8	3	33.3	12.1	
HTU/NVA	fr	24.525	9.677	,	400	00	11.000	28 7	55	38.0	00	784	.33	84 694	32 :	500
E - MA/UTH	f fr	8219	16 67	4	15 3	33	16.386	1519	93	7.26	4	49	262	80'870	187	87
OLDE		10.958	80 81	3	26 0	66	32 772	26 8	42	10.8	396	64	862	129 392	37 5	75
E SAU/UTH	fr	12 967	13 68		23 3		18 778	21.3	18	13.7	161	64	756	95 699	25 0	
RE SAU/SAU	fr	3 351	3 27	0	2 3	387	4173	47	08	2. 6	92	4	906	6.805	3 3	335
REE / E	fr	2.107	181	9		552	0	110000	14		55	4	30 1	0		155
REI/I	fr	16.833	8 04		_	294	0	12.3			00		0	0		00
RE SF/SF	fr	2 331	998	37	· -	177	3995	3.3	189	2.5	09	4	896	6634	3.2	72
E V/V	fr	0		0		896	0		0		0		0	9 386		0
E TO/TO	fr	10.697	3.75			591	0		123	3.6			301	0		139
E PC/PC	fr	2915	317	7 1	2 :	233	3995	3.5	295	2.4	15	4	801	6.634	3 2	168
EPIS / SAU		436	20	02		0	178		0	:	777		6	0		67
EE en %		2	16		11		0	14		20		14		0	8	
REI en %		20	10		2		0	9		0		0		0	2	
RESFen %		65	67		72		96	47		70		86		91	89	
REV en %		0	0		15		0	0		0		0		g	0	
REPIS en%	6	13	6		0		4	30		10		0		0	2	
		q/ha RE/h	ia													
peautre		33 2107	35	2530	43	2907						10000	100000			100000000000000000000000000000000000000
lé de printe	emps									40	3320	48	3950		31	2566
lé d'hiver			40	3320	33	2733		27	2047	46	3848					
eigle d'hiv			43	7860	45	3090		200.00	012000040120			079340	Hammon and the			
rge de pri					34	2.267		29	2192			52	3406		45	3035
rge d'hive	er		56	3618				30	2010	50	3300					
ivoine			39	2723											29	2164
eves			1.	1117												

mais-grain							80 5460	5460		70 4860
cultures fruit	ières		0 0	0 0				0 93%		
RBUGBT/SF	fr	1742	3417	2686	4718		3128	5690	8'356	4039
RBSF/SF	fr	2742	3417	2686	4718		3128	5690	8356	4039
RESF/RBSF		95	87	81	85		71	86	79	81
RBUGBT/UGBT	fr	1194	1869	1964	2498		1410	2698	3 30 5	2256
RESF/UGBT	fr	1695	1634	1592	2115		995	2322	2623	1827
REUGBBO/UGB	BO fr	(711	1667	1592	2116		996	2335	2623	1827
RBUGBBO/UGE	BO fr	1994	1888	1964	2498		1410	2.698	3 30 5	2256
RBUGBBO/RBU	16BT %	100	96	100	100		100	100	100	100
REUGBBO/RBL	16BB0 %	86	88	81	85		71	87	79	81
LAIT/VA	L	3167	3908	2602	3988		1503	5016	5078	3500
LAIT/SF	L	4354	7145	3585	7532		5564	10 578	12245	6266
VA / UGBBO		91	79	90	94		92	80	78	95
SF/UGBT	o	73	55	73	53	65	45	47	41	56
PP/UGBT	a	69	39	66	53	54	37	46	32	50
PA/UGBT	a	2	13	6	0	6	7	2	4	5
MS/ UGBT	a	0	1	0	0	4	0	0	6	0
BF/UGBT	a	1	2	1	0	0	1	0	0	0
FCD/UGBT	0	0	0	3	0	0	1	4	0	0
SI/UGBT	m³	0	1	3	15	6	0	0	7	3
SF corr/UGBT	a	73	55	73	53	65	45	47	42	56
FC / UGB BO	fr	0	6	19	98	100	40	45	472	32
FC +D /UGBBO	fr	0	6	130	98	226	156	162	472	142
C/TA	%	26	40	52	0	70	36	55	0	40
TA/PC	%	11	46	22	0	46	29	19	23	18
ENG/SAU	fr	3	63	33	1	0	153	218	144	64
N/PC	fr	0	0	0	0	0	30	57	62	10
P/PC	fr	0	0	0	0	0	69	73	34	36
K/PC	fr	0	0	0	0	0	23	13	13	13
TVN / SAU	fr	848	108	452	453	806	567	582	378	350
MA/SAU	fr	353	239	343	79	375	640	524	677	440
TT	fr	26	5	22	0	171	33	44	0	40
MEC/SAU	fr	1227	352	817	531	1352	1239	1150	1054	830
MEC/UTH	fr	4748	2014	7976	2391	6125	6197	15494	14 829	6225
T/MEC		69	31	55	85	60	46	51	36	42
T VN / MEC VN		54	26	44	73	51	30	40	25	32
VN-10/VN		82	87	47	11	95	0	60	71	81

index alphabétique des abréviations: BF betterave fourragères, C céréales, E cultures extensives, ENG achat engrais, FC fourrages concentrés achetés, FCD fourrage en culture dérobée, FD fourrages concentrés du domaine, I cultures intensives, IB jeunes bovins, K engrais potassiques, MA machines, MAVN machines, valeur neuve, MEC mécanisation, MS mais silo, N engrais azotés, P engrais phosphorés, PA prairies artificielles, PC prés et champs, P15 productions indépendantes du sol, PP prairies permanentes, RB rendement brut, RE rendement épuré, RE-MEC/ITH rendement épuré - frais de mécanisation par unité de travail humain, SAU surface agricole utile, SF surface fourragère, SF une surface fourragère corrigée entenant compte de l'utilisation de fourrages concentrés, SI volume des silos, SOLDE rendement épuré-frais de mécanisation, T traction, TA terres assolées, TO terres ouvertes, T'T travaux exécutés par des tiers, UGB unité-gros-bétail, bovins, UGBT unités-gros-bétail totales con sommant des fourrages grossiers, UTH unité-travail-humain, V cultures spéciales, VA vache, VN valeur neuve, VN-10 valeur neuve des machines de moins de 10 ans en % de la valeur neuve du parc de machines

# III <u>Différences portant sur la productivité et le rendement épuré</u> de la surface fourragère

La productivité de la surface fourragère est plus élevée sur les exploitations conventionnelles. Ceci ressort clairement des chiffres suivants. La surface fourragère par unité de gros bétail mangeant du fourrage grossier (SF/UGBT) est plus élevée sur prairie biologique que conventionnelle

	Bl	B2	B3	B4	B5	$^{\text{C2}}_{\text{t}}$	<sup>C5</sup> t	C3 <sub>m</sub>	$^{\text{C4}}_{\text{m}}$
SF/UGBT	73	55	73	53	65	45	56	47	41

Sur les prairies biologiques, on constate une exception, l'exploitation B4 qui ne pratique que l'élevage.

Divers facteurs peuvent expliquer cette différence: la différence d'altitude, l'utilisation d'engrais minéraux (N, P, K) par les exploitants conventionnels, l'utilisation d'aliments concentrés pour les bovins (FC/UGBBO) ou encore la proportion de prairies permanentes et artificielles dans la surface fourragère (PP/UGBT, PA/UGBT).

	Bl	B2	B3	B4	B5	$^{ exttt{C2}_{ exttt{t}}}$	$^{ extsf{C5}_{ extsf{t}}}$	$^{\text{C3}}_{\text{m}}$	$^{\text{C4}}_{\text{m}}$
alt. m	520	360	530	620	550	550	550	536	610
N	0	0	0	0	0	30	10	51	62
P	. 0	0	0	0	0	69	36	73	34
K	0	0	0	0	0	23	13	13	13
FC/UGBBC	0	6	130	98	226*	156	142	162	472
PN/UGBT	69	39	66	53	54	37	50	46	32
PA/UGBT	2	13	6	0	6	7	2	4	5

<sup>\*</sup> engraissement de bovins uniquement

L'influence de <u>l'altitude</u> sur la surface fourragère par unité de bétail n'est pas <u>visible</u>. Les exploitations B4 et C4, qui ont un bon rendement fourrage, sont situées à 620 m d'altitude, soit l'altitude la plus élevée parmi les exploitations étudiées.

Seules les prairies conventionnelles reçoivent des engrais minéraux.

Les deux exploitations intensives C3 et C4 utilisent les doses d'azote les plus élevées et ont les valeurs de productivité de la surface fourragère les plus élevées. Ceci reste vrai, à un degré moindre pour les exploitations C2 et C5. Les engrais potassiques et phosphorés n'ont pas un effet aussi immédiat sur la croissance de la végétation.

L'utilisation de <u>concentrés pour l'alimentation des bovins</u> est pratiquée, mais à un degré moindre, sur les 5 exploitations biologiques. Il y a lieu de faire les mêmes remarques que pour l'utilisation d'engrais azotés.

Dans toutes les exploitations étudiées, y compris les deux exploitations intensives, les <u>prairies permanentes</u> fournissent l'essentiel du fourrage.

Le rendement épuré de la surface fourragère (RESF) ne diffère qu'insensiblement, sur les prairies biologiques et les prairies conventionnelles traditionnelles. La production laitière plus élevée de la surface fourragère des prairies conventionnelles traditionnelles, lait/SF, est compensée partiellement par les frais supplémentaires que représentent les engrais minéraux et les concentrés pour le bétail, cela sans qu'une production laitière plus élevée (lait/VA) soit assurée par un bétail à haut rendement laitier comme sur les exploitations modernes C3 et C4.

	Bl	B2	B3	B4	B5	<sup>C2</sup> t	<sup>C5</sup> t	C3 <sub>m</sub>	C4 <sub>m</sub>
RESF/SF	2231	2987	2177	3995	3389	2209	3272	4886	6634
LAIT/VA	3167	3908	2602	3988	-	2503	3500	5016*	5078*
LAIT/SF	4354	7145	3585	7532	-	5554	6266	10578*	*12245**

\*
\*\* effet conjugué d'un bétail sélectionné pour la production laitière,
de l'utilisation de concentrés pour son alimentation et d'engrais
azoté sur les prairies (cf. plus haut).

La production laitière n'est pas forcément plus importante pour le paysan que l'apport de fumier, mais il s'agit là d'exploitations d'élevage où le rôle des cultures comme source de revenu est insignifiant. La situation suisse fait que l'accroissement du revenu n'est possible que par l'intensification de la production, en l'occurence laitière, l'accroissement de la surface exploitée n'étant pas possible.

D'autres secteurs des exploitations ne présentent par contre aucune différence significative.

Les rendements des cultures ne présentent pas de différences majeures et sont partout assez bas.

	Prod	uction	en kg/						
	Bl	B2	B3	B4	B5	$^{\rm C2}_{\rm t}$	<sup>C5</sup> t	$^{\rm C3}_{\rm m}$	$^{\text{C4}}_{\text{m}}$
<i>épeautre</i>	3300	3500	4300	-	-	-	-	-	-
blé de p.	-	-	-	-	-	4000	3100	4800	-
blé d'h.	-	4000	3300	-	2700	4600	-	=	_
seigle d'h		4300	4500	-	-	-	-	-	-
orge de p.	-	-	3400	-	2900	-	4500	5200	-
orge d'h.	-	5600	-	-	3000	5000	-	-	-
avoine	-	3900	-	-	-	-	2900	-	-
p.d.t.	14200*	40000	14100*	-	30000	5000*	40000	, <b>_</b>	-

<sup>\*</sup> petites surfaces

Si l'on compare ces chiffres aux rendements moyens suisses (WIRZ Kalender 1977),

rendements moyens suisses en kg/ha	1973	1974
blé de printemps	3730	4410
blé d'hiver	3790	4710
orge	3950	4560
avoine	4040	4760
p.d.t.	34970	37190

on remarque que les rendements sont effectivement assez bas et que cela n'est pas explicable par l'année (les moyennes suisses 1974 sont plutôt élevées), mais plutôt par le fait que les cultures jouent un rôle marginal sur les sols lourds et peu favorables au labour de la Turgovie.

Les rendements épurés des cultures extensives (REE/E), des cultures intensives (REI/I), des terres labourées (RETO/TO) ainsi que des prés et champs (REPC) ne présentent pas de grandes différences non plus.

	Bl	B2	B3	B4	B5	$^{\text{C2}}_{\text{t}}$	C5 <sub>t</sub>	$^{\text{C3}}_{\text{m}}$	$^{\text{C4}}_{\text{m}}$
REE/E	2107	2819	2652	-	2114	3955	2955	4301	-
REI/I	16883	8043	2294	-	12321	200	5700	-	-
RETO/TO	10967	3750	2591	3995	3123	3614	3239	4301	-
REPC/PC	2915	3171	2233	-	3295	2415	3268	4801	6634

Sur les exploitations conventionnelles les frais supplémentaires, engrais, pesticides, doivent être compensés par un accroissement de la production. Calculé selon les moyennes suisses (WIRZ/Kalender 1977), on obtient les valeurs suivantes en Fr/ha 1974.

	engrais	pesticides	engrais + pesticides	prix de vente du produit en fr/100 kg	production en kg/ ha correspondant aux coûts suppl.
blé	250	99	349	88	397
seigle	187	59	246	72	342
épeautre	240	94	334	78	428
avoine	164	64	228	53	430
orge	184	63	147	53	277
p.d.t.	392	459	851	39	2182
maīs grai	n 329	134	453	65	697

# IV Le revenu de l'exploitation présente lui aussi des différences

<u>Le rendement épuré - les frais de mécanisation</u> (SOLDE) permet une approximation du revenu de l'exploitation. Rapporté à l'unité de main-d'oeuvre (BE-MEK/AK), cela permet une approximation du revenu du travail.

	Bl	B2	B3	B4	B5	$^{\text{C2}}_{\text{t}}$	C5 <sub>t</sub>	$^{\rm C3}_{\rm m}$	$^{\text{C4}}_{\text{m}}$
solde	10955	80813	26066	32772	26842	10'896	37575	64862	129392
RE-MEC/ UTH	8219	16674	15333	16386	15293	7264	18787	49262	80870

On obtient le revenu de l'exploitation du travail en décomptant, des valeurs ci-dessus les postes de frais suivants :

- l'eau, l'électricité
- les assurances
- le coût de la dette
- la location des terres
- l'entretien des bâtiments
- l'achat de paille
- les engrais et les pesticides
- les frais de vétérinaire
- les frais de gestion (téléphone, commercialisation, revues etc.)

Quatre postes de frais peuvent amoindrir considérablement le rendement élevé (cf. chiffres ci-dessus) des exploitations modernisées :

- le loyer et le remboursement de la dette. Un fort endettement préside à la modernisation de l'exploitation : bâtiments neufs, mécanisation poussée, achat de bétail sélectionné nécessaire à la rentabilisation des investissements en bâtiments et machines.
- les primes d'assurance qui s'élèvent en conséquence (bâtiments neufs, parc de machine neuf, bétail cher).
- l'entretien des bâtiments.
- les engrais, les pesticides et le vétérinaire, le prix élevé de l'unité de bétail fait qu'on ne procédera à un abattage qu'en dernière nécessité.

Les statistiques suisses, (WIRZ Kalender 1977) donne les estimations suivantes des coûts moyens en Suisse (1974):

engrais 230 - 255 fr/ha pesticides 93 - 114 fr/ha

vétérinaire 73 fr/unité de gros bétail

# 5.3 Discussion

Le coût de la production agricole s'est accru progressivement au cours du XXe siècle pour aboutir à une situation où l'accroissement du coût est plus rapide que celui de la production.

PIMENTEL et al. (1973) ont fait une étude sur l'évolution des coûts et de la production de mais entre 1945 et 1970 aux USA. Ils ont exprimé les résultats en kcal de mais produit par kcal d'énergie investie. La quantité de mais produite est passée de 3,70 kcal par kcal d'énergie investie en 1945 à 2,82 en 1970. L'étude conteste en outre le chiffre de 48 personnes non occupées dans l'agriculture par personne occupée dans l'agriculture en 1971 contre 10 en 1930. Elle donne le chiffre de deux personnes employées dans l'industrie de soutien à l'agriculture (engrais, tracteurs, pesticides) par personne employée dans l'agriculture. En considérant en plus l'industrie de conditionnement de transport et de commercialisation des produits agricoles, ils arrivent au chiffre de 20 % de la main-d'oeuvre totale occupée à la production alimentaire, l'énergie investie dans les activités para-agricoles dépassant l'énergie investie dans la production agricole proprement dite.

Les auteurs constatent en outre que le remplacement de l'énergie humaine par l'énergie du carbone fossile n'est rendue possible que par le coût très bas de cette dernière. Son renchérissement menacerait tout le système de production.

LOCKERETZ et al. (1975) ont fait une étude sur la productivité économique et le niveau d'intensité de 60 fermes du "cornbelt" américain en

considérant à chaque fois une paire d'exploitations conventionnelle/biologique. Ils sont arrivés aux conclusions suivantes :

- La valeur sur le marché à prix égal de la production à l'ha des fermes biologiques était en moyenne de 8 % inférieure à celle des exploitations conventionnelles (différence statistiquement non significative).
- Cette différence résultait de la proportion moins élevée de culture à haut rendement économique (maïs, soja) dans la rotation des exploitations biologiques que dans celle des exploitations conventionnelles, la production moyenne à l'ha des deux cultures mentionnées plus haut étant la même dans les deux groupes de fermes.
- Les frais spécifiques des cultures étaient plus élevés sur les exploitations conventionnelles si bien que les rendements (produits moins frais spécifiques) étaient le même sur les deux groupes d'exploitation.
- L'échantillon d'exploitations conventionnelles utilisait en moyenne trois fois plus d'énergie pour assurer la même production que l'échantillon biologique. Cette différence était due pour la plus grande partie à l'énergie nécessitée par la fabrication des pesticides et surtout des engrais azotés.

Ces deux études ne tiennent pas compte des coûts secondaires dûs à la pollution par les pesticides et les engrais minéraux, ni ceux occasionnés par la baisse de santé du consommateur.

Quoique l'on puisse sans autre conclure de la situation américaine à la situation suisse, il est possible de discuter à la lumière de ces deux études les deux tendances qui se dessinent dans les exploitations que j'ai étudiées.

- Un premier type caractérisé par des branches de production plus diversifiées, une moindre mécanisation du travail, des investissements et des gains plus modérés que dans le second type (agriculture conventionnelle traditionnelle et agriculture biologique).
- Un second type caractérisé par une haute productivité du travail humain et du sol rendue possible par une forte mécanisation et des frais élevés (semences sélectionnées, engrais, pesticides, aliments concentrés, etc.) et par une spécialisation de la production (Agriculture conventionnelle moderne.)

La diversité des branches de production est un problème en soi. Sur une exploitation familiale, la spécialisation est rendue nécessaire par les frais de mécanisation et par les connaissances de l'exploitant qui ne peut devenir simultanément spécialiste en élevage, en cultures, en cultures intensives, en production fruitière, etc. Pour que cette diversité ne nuise pas à la productivité de l'exploitation, il faudrait avoir à faire à des groupes d'exploitants, ce qui n'est pas le cas actuellement des exploitations biologiques.

Le niveau de mécanisation souhaitable est lui aussi discutable. L'évolution de l'agriculture vers "l'exploitation à un seul homme" rend le risque de surmécanisation de plus en plus réel. La mécanisation nécessitée par la réduction de la main-d'oeuvre n'est pas rentable sur des exploitations dont la surface reste petite.

J'ai reçu, au service cantonal vaudois de vulgarisation agricole, l'information suivante (communication orale). Sur une ferme suisse, jusqu'à une quinzaine d'ha, le cheval peut être aussi rentable que le tracteur pour peu qu'on ait sur l'exploitation une demi-unité de main-d'oeuvre supplémentaire (un grand-père par exemple) à disposition pour les moments utiles.

La production à l'ha des principales cultures semble selon les études, malheureusement trop peu nombreuses faites jusqu'à ce jour, pouvoir être aussi bien assurée par la fumure organique que la fumure minérale (LOCKERETZ et al. 1975).

En conclusion, on peut affirmer que les deux formes d'exploitations rencontrées dans cette étude sont viables dans le contexte économique actuel, mais qu'elles sous-entendent des attitudes très différentes de la part de l'exploitant. Dans un cas, le centre d'intérêt et la source de plaisir de l'agriculteur se situe dans l'activité agricole elle-même, dans l'observation et la connaissance des plantes et des animaux. Dans l'autre, le centre d'intérêt est déplacé vers la satisfaction d'utiliser les techniques les plus modernes mises à disposition de l'agriculteur, vers l'accroissement de la production et des revenus et vers l'accroissement de capacité de consommation que cette évolution procure.

Les agriculteurs américains étudiés par PIMENTEL et al. (1973) semblent, eux, avoir opté à la fois pour une agriculture biologique et une haute technicité. A technicité égale, les exploitations biologiques emploient toutefois 1/3 d'énergie en moins pour assurer la même production, ce qui contribue à diminuer la dépendance de l'exploitant face au coût de l'énergie et à économiser les réserves mondiales de carbone fossile.

5.4 Résumé

(cf. figure 20)

Figure 20

Résumé des différences observées dans la structure économique de 5 paires d'exploitations conventionnelles / biodynamiques.

	exploitations exploitations conventionnelles biodynamiques	remarques
pesticides enqrais mineraux		
mécanisation		la mécanisation est plus inten- sive sur les exploitations conventionnelles surtout sur les exploitations modernisées
proportion de terres ouvertes et d'intensives		
diversité des branches de production		
rendement de la surface fourragère		
production lait/vache		
lait par unité de surface fourragère		
rendement des cultures		le rendement des cultures est partout assez bas ce qui est explicable par le rôle marginal que jouent les cultures dans ces zones consacrées tradition- nellement a l'élevage
revenu de l'exploitation par unité de travail humain		le revenu de l'exploitation est nettement plus élevé sur les exploitations conventionnelles modernisées

# 6. DISCUSSION GENERALE

Les nombreux résultats apparus en cours de travail (résumé p. 154-155) permettent de conclure à l'existence d'une différence entre les deux types de prairies observées. Leur interprétation se heurte toutefois à de nombreuses difficultés, imputables entre autres au faible développement de la recherche dans le domaine considéré ainsi qu'au manque de travaux interdisciplinaires.

La faune et la flore du sol sont des composantes des écosystèmes encore peu connues. Les recherches existantes portent principalement sur la taxonomie, la répartition géographique et les exigences édaphiques des espèces ou, quand il s'agit de descriptions plus globales, de travaux sur des situations ponctuelles et non sur des écosystèmes en développement. Les recherches plus systématiques sur les interactions et associations d'organismes, sur la description de groupes fonctionnels manquent, si bien que l'on ne peut tirer que peu de conclusions sur les rapports des organismes du sol entre eux ainsi que sur leurs rapports avec le sol ou la végétation.

Les variations de la productivité, caractéristiques de ces divers écosystèmes de prairies, sont mieux étudiées, cela dans le cadre de la productivité des prairies maigres et grasses, sans que leurs rapports fonctionnels avec les associations végétales, le type de sol et les pédofaunes ressortent clairement. Leurs rapports avec la santé du consommateur ainsi que leurs rapports avec la vie économique, sociale et individuelle de l'homme qui conditionnent le paysage agricole n'ont été abordés, de manière peu spécifique aux prairies, que par le biais des études sur la pollution et la protection de la nature, etc.

La végétation est la seule composante de ces écosystèmes étudiée systématiquement et dont les rapports avec d'autres facteurs de l'environnement (le sol entre autres) aient fait l'objet de nombreuses études.

# 6.1 De l'interprétation de mes résultats

Dans chaque chapitre particulier, j'ai tenté d'interprèter les résultats obtenus et je les ai confrontés avec des données bibliographiques. Au cours de ces discussions, de nombreuses questions sont apparues. J'ai réuni dans le tableau 28 les principales différences observées ainsi que les questions qui leur sont liées.

Mon propos initial qui était d'utiliser les résultats partiels pour décrire deux systèmes de fonctionnement, s'est heurté à ce faible développement de la recherche interdisciplinaire.

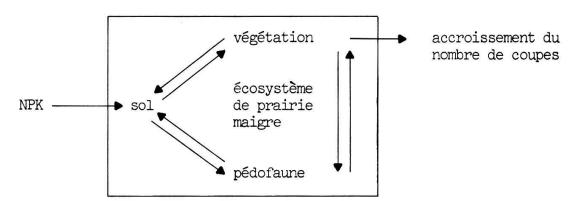
# 6.2 De la possibilité de distinguer à partir des résultats entre prairies maigres, grasses et biologiques

Au vu des résultats obtenus dans ce travail, on peut se poser la question suivante: les prairies biologiques qui présentent des caractéristiques de prairies maigres (végétation plus diverse, taux d'humus plus élevé, populations de nématodes moins nombreuses) ne sont-elles pas simplement des prairies à mi-chemin entre les prairies grasses et les prairies maigres? Pour résoudre cette question, il est indispensable de réunir des connaissances fondamentales sur le fonctionnement des écosystèmes de prairies maigres et de prairies grasses:

Etudier tout d'abord comment fonctionne une prairie maigre, ou plus précisément (problématique détaillée, PORRET 1978):

- Quelles sont la matière organique (critères qualitatifs, quantitatifs), les biocénoses, les mécanismes de régulation allélopathiques, les cycles caractéristiques d'un sol maigre?.
- Comment se nourrit une plante? Quelles sont ses préférences envers les matières minérales, organiques ou éventuellement vivantes ainsi que l'influence du mode de nutrition sur la composition, la forme, la quantité et la qualité de la végétation ainsi produite?
- Quel est le rôle ou l'absence de rôle des forces cosmiques dans ces équilibres?

Puis étudier l'effet sur chacun de ces éléments de l'apport de phosphore et de potassium, puis d'azote, sous forme minérale et à haute dose, de manière générale, et aussi en fonction des divers types de sol (quelle est la stabilité des divers types de sol face à cette évolution?).



Les endroits où la première phase de cette étude est possible disparaissent rapidement, car les prairies maigres (de même que les cultures maigres) sont soit abandonnées au reboisement naturel ou actif, soit engraissées.

# Tableau 28

Principales différences observées entre les écosystèmes de prairies permanentes exploitées de manière biologique et conventionnelle et questions associées.

observations prairie biologique par rapport à la prairie conventionnelle

questions ouvertes

#### sol

généralement plus élevée

- teneur en carbone organique matière organique qualitativement différente? (p. 50)
  - stabilité de l'humus? (p. 50)
  - nutrients sous forme différente?(p. 30)

pédofaune les rapports acariens/ collemboles et acariens carnivores/acariens total sont plus élevés

- rapport avec la fumure? (p. 83)
- fonction des acariens? (p. 82)
- allongement de la chaîne alimentaire, cycle des nutrients plus long, avec quels effets? (p. 83)

Lumbricus terrestris ver de terre épi-endogé de grande taille est remplacé sur les prairies biologiques par des espèces plus petites et spécialisées, épigés (surtout) et endogés

- Lumbricus terrestris s'avère éventuellement plus efficace provoquant ainsi une accélération du recyclage de la matière organique sur la prairie conventionnelle?
- minéralisation plutôt qu'humification? (p. 81)
- effet rétroactif?

type d' humus

population de vers de terre (p. 81)

population de nématodes moins nombreuses, phénomène décrit par STÖCKLI (1952) et NIELSEN (1961 in TWINN 1974), comme caractéristique d'une prairie plus maigre, la nématofaune croissant avec l'intensification

- Quelle est la fonction des nématodes?

racines

ramifié, plus profond sur la prairie biologique

enracinement différent plus - effets rétroactifs nombreux entre l'enracinement (p. 29) la structure du sol la microfaune et la faune du sol 1'humification le régime hydrique, etc.

végétation

diversité plus élevée, pré- - stabilité? (p. 23) sence de diverses à composition chimique riche en minéraux et à l'enracinement profond

- production plus régulière grâce à l'adaptation de la composition prairiale aux modifications de l'environnement? (p. 23)
- influence sur la remontée des ions en surface? (p. 25)
- Ca/P de la végétation plus élevé
- modification de l'équilibre ionique? (p. 26)
- valeur nutritive du fourrage, de la fumure (p. 25)

#### rendement

de surface fourragère en moyenne moins élevée. (Les bons rendements biologiques rejoignent les rendements conventionnels moyens. Les rendements conventionnels de pointe sont rendus possibles par l'utilisation d'aliments concentrés, de compléments minéraux, debétail sélectionné en vue de la production laitière uniquement).

- rendement laitier par unité la production de lait (gain immédiat) est elle plus importante pour le paysan que la production de fumier (fertilité à long terme)? (p. 111)
  - surplus laitier? diminution de la surface fourragère, accroissement de la surface labourée, deux causes pour la diminution d'intensité de la fumure organique?
  - aliments concentrés: alimentation à coût énergétique élevé, alimentation chère, alors que parallèlement les zones dites marginales ne sont plus pâturées?
  - bétail de pointe: (p. 111) valeur élevée de l'unité, frais élevés d'assurance, de vétérinaire et d'entretien? durée de production courte? valeur bouchère faible du bétail éliminé? espêces moins rustiques, moins bien adaptées au pâturage extensif des zones marginales.

A ce moment là il serait possible de se poser la question de savoir où se situe l'agriculture biologique. S'agit-il là d'une agriculture intermédiaire entre l'agriculture traditionnelle et l'agriculture moderne ou d'une troisième voie? Les seuls arguments que l'on puisse donner en faveur de cette hypothèse ne sont actuellement encore que d'ordre historique et écologique théorique (PORRET 1978).

- 6.3 Etude théorique permettant de soutenir l'hypothèse de l'agriculture biologique comme une troisième voie.
- Les cultures existent en Europe centrale depuis 5000 ans (ELLENBERG 1963) sans que le sol soit devenu infertile.
- Le défrichage systématique en vue de l'accroissement de la surface arable n'existe en Europe que depuis le Moyen-âge (ELLENBERG 1963).
- Il y a 200 ans que les cultures se suivent année après année, la pratique de la jachère ayant commencé à reculer au cours du XVIIIème siècle (GUYER 1972).
- Tout l'écosystème européen est anthropogène. A la fin du Moyen-âge les sols des prairies comme les sols de forêt sont appauvris par les exports (pâturage, ébranchage, litière) et le lessivage. La teneur en bases a diminué et les sols sont devenus plus acides (ELLENBERG 1963). L'introduction de la faux qui permet de faire du foin ne date que de 300 ans environ. Jusqu'à il y a 200 ans, les forêts constituaient en Europe la principale source de fourrage hivernal. Les sols européens étaient à l'aube de l'agriculture moderne des sols maigres
- L'agriculture chimique exerce son influence sur les écosystèmes depuis une quarantaine d'années seulement.
- L'agriculture biologique n'existe que sur de petites surfaces, souvent depuis peu de temps et cherche encore ses méthodes. D'une certaine manière on peut la définir comme une hypothèse-projet qui compte de nombreuses réalisations à son actif.

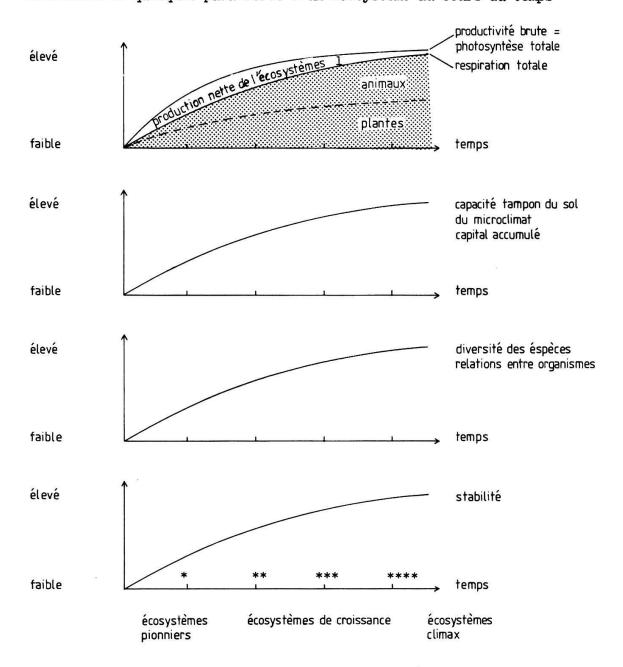
Comme le montre ce bref aperçu, les écosystèmes agricoles actuels sont des écosystèmes en pleine évolution.

# 6.31 Données écologiques théoriques

La recherche écologique théorique nous donne entre autres les informations suivantes (d'après GIGON 1974, MARGALEF 1968, ODUM 1971). Au cours du temps, un écosystème se développe dans le sens d'une plus grande complexité. La diversité des organismes et la quantité de matière organique accumulée (capital) s'accroissent et par conséquent le nombre des interactions (effets rétroactifs stabilisateurs) s'accroît (figure 21).

Figure 21

Evolution de quelques paramètres d'un écosystème au cours du temps



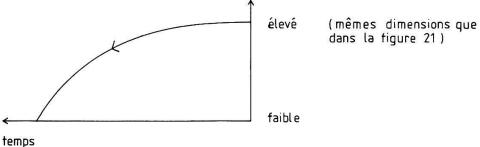
L'intervention de l'agriculteur modifie l'écosystème dans le sens d'une simplification. Il travaille avec des écosystèmes relativement simples (jardins, prés, champs, monocultures, quelques espèces animales) qui sont assimilables à des écosystèmes de croissance à forte productivité nette. Chaque année la production nette (une partie de la biomasse) est retirée de l'écosystème, les cycles

<sup>1</sup> Net community productivity (ODUM 1971)

et les chaînes de consommation interrompues plusieurs fois, ce qui empêche le système d'évoluer vers une plus grande complexité. Dans un écosystème climax, la quasi totalité de la production nette est respirée le long de chaînes alimentaires complexes, chaînes qui permettent justement le jeu stabilisateur de mécanismes rétroactifs nombreux.

- a) <u>Les prairies intensives</u> (l'agriculture intensive) seraient assimilables à des écosystèmes en développement ( \* figure 21): petit nombre d'espèces, capital peu élevé, cycles ouverts, stabilité faible et production nette élevée.
- b) <u>Les prairies maigres</u> (l'agriculture maigre) seraient assimilables à des écosystèmes plus mûrs ( \*\*\* figure 21): nombre d'espèces, capital, stabilité plus élevés que sur la prairie intensive, production nette de l'écosystème plus faible.

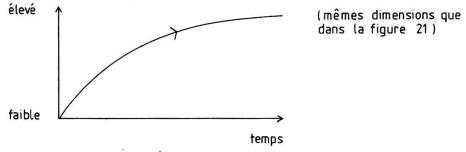
Les courbes de la figure 21 ne représentent toutefois pas des situations momentanées mais un développement et il y a lieu de remarquer que dans le cas de l'agriculture maigre comme dans le cas de l'agriculture intensive, le développement se passe dans le sens inverse de celui d'une succession.



- Le capital (teneur du sol en matière organique) diminue au lieu d'augmenter et se stabilise à un seuil plus haut sur la prairie maigre que sur la prairie intensive. MERCIER (1976), cite un coefficient de destruction de l'humus stable de l à 2 % dans les régions tempérées. Ce taux de 2 % en période de début d'épuisement des sols se stabilise autour de l % par an par la suite. Ce taux est accru par l'apport d'engrais azotés, d'engrais organiques et tout ce qui favorise l'accroissement de l'activité des organismes.
- le nombre d'espèces diminue avec l'intensification (p. 23).
- Ces écosystèmes, au lieu d'être soumis à des mécanismes de contrôle par autorégulation stabilisante (effets rétroactifs négatifs) comme c'est le cas dans un écosystème évoluant vers un système de plus grande complexité, sont dominés par des effets rétroactifs positifs (GIGON 1974) qui provoquent le développement exponentiel des déséquilibres jusqu'à ce qu'interviennent des changements fondamentaux dans l'écosystème, catastrophes généralement suivie d'une stabilisation à un autre palier.

- C) Qu'en est-il des <u>prairies biologiques</u> (de l'agriculture biologique)? Se présentent-elles <u>comme un compromis</u> (\*\* figure 21) entre les impératifs de la production (\* figure 21) et les impératifs de la stabilité (\*\*\* figure 21) ou comme une troisième solution (\*\*\*\* figure 21) (hypothèse).
- 6.32 Exposé de l'hypothèse et confrontation de mes résultats avec cette hypothèse

(Hypothèse selon laquelle l'agriculture biologique n'est pas une agriculture de compromis (\*\*) entre les impératifs de la production et de la stabilité (\*\*\*), mais la création consciente d'un écosystème artificiel, anthropogène qui à l'inverse d'une agriculture maigre ou intensive, va dans le même sens que la nature, utilisant à ses propres fins ses modes de régulation (\*\*\*\*).



Reprenons les paramètres de la figure 21 et voyons comment l'agriculture biologique les considère.

a) L'intervention humaine porte sur le <u>capital</u> qu'elle essaie d'amener à un niveau qualitativement et quantitativement supérieur à ceux de la prairie maigre (figure 22).

Les taux d'humus observés sur les prairies biologiques que j'ai étudiées étaient généralement plus élevés que sur les conventionnelles, et sur la paire 1, les analyses de la forme d'humus ont montré un humus plus stable.

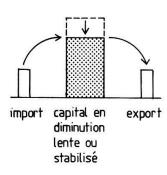
b) Le spectre des espèces et des associations végétales peut être accru par l'influence humaine (LANDOLT, communication orale sur l'enrichissement de la flore du canton de Zürich sous l'influence de l'agriculture maigre qui a provoqué une diminution de la surface boisée au profit de phytocénoses agricoles variées).

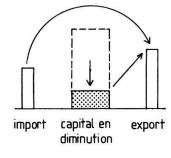
Cette augmentation de la diversité n'est peut-être pas sensible sur une seule prairie (quoique l'on ignore ce que deviendrait la végétation prairiale d'une région où les prairies seraient traitées longtemps de manière biologique et que les méthodes biologiques puissent être améliorées) mais sur l'ensemble du fourrage ou sur l'ensemble de l'exploitation ou de la région.

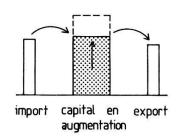
Sur les 7 paires de prairies conventionnelle et biologique étudiées, la végétation était effectivement plus riche en espèces sur les exploitations biologiques

# Figure 22

Rapport entre le capital, les imports et les exports dans l'agriculture maigre, conventionnelle et biologique (schématisation des tendances)







fumure maigre

l'agriculture intensive nourrit la plante par un import élevé et parfois unilatéral sous forme d' engrais soluble,accrois – sant ainsi la vitesse des cycles et la photosynthèse totale; processus pouvant aboutir à une diminution des réserves du sol : diminution de la teneur du sol en matière organique, pertes par lessivage l'agriculture biologique nourrit le sol et non la plante,provoquant une augmentation du capital

c) La création d'un nombre de niches (capables de s'auto-maintenir) plus élevé que dans un écosystème naturel ou maigre peut favoriser la diversité des espèces animales.

Un travail non publié du Technicum agricole de Zollikofen sur les insectes et les oiseaux du verger de l'exploitation 14B, a mis en évidence dans les deux cas une faune plus diverse que sur les vergers avoisinants.

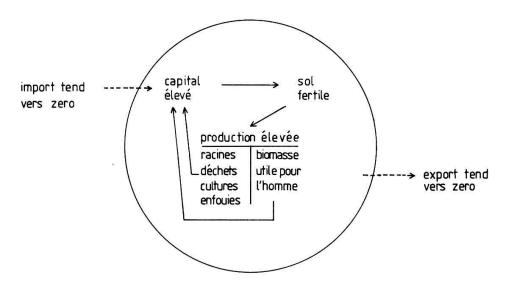
- d) La stabilité des écosystèmes est obtenue par toute une série de mesures portant sur :
- la création d'un capital élevé (voir plus haut),
- l'allongement des chaînes de prédateurs, parasites, saprobiontes (DUVIGNEAUD 1974) et en conséquence la multiplication des effets rétroactifs stabilisateurs.

Les résultats de l'étude des faunes de lombriciens, soit le remplacement de Lumbricus terrestris, épi-endogé de grande taille, par des espèces plus petites et plus spécialisées ainsi que les résultats de l'étude des faunes de microarthropodes, soit la présence d'acariens et, parmi les acariens, d'acariens carnivores en plus grand nombre sur la prairie biologique, peuvent tous deux être considérés dans l'état actuel des connaissances comme un allongement des cycles (respectivement p. 81 et p. 82). La population de nématodes moins nombreuse sur la prairie biologique peut être interprétée de la même manière (P. 93).

- le maintien de cycles fermés (MATILE 1973), (voir figure 23 et p. 128, les implications sociales).
- e) une <u>productivité primaire brute élevée</u> (figure 23) qui permet à l'écosystème d'entretenir des populations animales et humaines nombreuses (décomposeurs, herbivores, carnivores). L'homme n'y est plus intéressé à une production nette de l'écosystème élevée qu'il exporte à son profit, mais au maintien de cycles complexes dans lesquels il s'insère.

Figure 23

Production primaire brute élevée et maintien de cycles fermés dans l'agriculture biologique.



On peut comparer ici l'attitude de l'agriculture biologique à l'attitude des civilisations indiennes.

"Les blancs se moquent de la terre, du daim, de l'ours. Lorsque nous, indiens, chassons le gibier, nous mangeons toute la viande. Lorsque nous cherchons les racines, nous faisons de petits trous. Lorsque nous construisons nos maisons, nous faisons de petits trous. Lorsque nous brûlons l'herbe à cause des sauterelles, nous ne ruinons pas tout. Nous secouons les glands et les pommes de pins des arbres. Nous n'utilisons que le bois mort. L'homme blanc, lui, retourne le sol, abat les arbres, détruit tout. L'arbre dit : "Arrête, je suis blessé, ne me fais pas mal." Mais il l'abat et le débite. L'esprit de la terre le hait. Il arrache les arbres, et ébranle jusqu'à leurs racines. Il scie des arbres. Cela leur fait mal. Les indiens ne font jamais de mal, alors que l'homme blanc

démolit tout. Il fait exploser les rochers et les laisse épars sur le sol. La roche dit "Arrête, tu me fais mal". Mais l'homme blanc n'y fait pas attention. Quand les indiens utilisent les pierres, ils les prennent petites et rondes pour y faire leur feu... Comment l'esprit de la terre pourrait-il aimer l'homme blanc?... Partout où il la touche, il laisse une plaie." (une sage "Wintu" in McLUHAN 1974).

Les sociétés indiennes utilisaient leurs connaissances de la nature pour ne pas faire sauter les mécanismes de contrôle de l'écosystème par une cueillette et une chasse trop intensive et ne pas provoquer de dégradation de l'écosystème, ce qui leur a permis de survivre dans des écosystèmes aussi sensibles à toutes perturbations que les forêts tropicales (Amazonie) ou encore de ne pas épuiser leurs réserves de chasse (indiens d'Amérique du Nord, esquimaux) (PORRET 1978).

L'agriculture biologique utilise le même état d'esprit fait de respect, de modestie et de patience dans l'observation et un niveau de connaissances accru pour mettre ces mécanismes en jeu et créer un écosystème agricole évoluant dans le sens d'une plus grande complexité-stabilité, essayant par là de créer un écosystème autocontrôlé (p. 139).

En résumé, l'agriculture biologique peut être considérée dans cette hypothèse comme une agriculture "climax" caractérisée par:

- un capital élevé,
- une diversité élevée,
- une production primaire élevée,
- de longues chaînes de consommateurs, de saprophages et de parasites auxquels l'homme s'intègre,
- des cycles fermés.

L'homme n'y vit pas de <u>la production primaire nette</u> qu'il soustrait à l'écosystème pour satisfaire ses besoins, mais il la partage avec le groupe des hétérotrophes, ce qui permet à ce groupe de jouer son rôle stabilisateur. En évitant d'exporter la production nette sous forme de récolte, il permet des cycles d'éléments nutritifs fermés ainsi que l'accumulation ou le maintien des réserves humiques. <u>La production primaire</u> brute élevée permet une population hétérotrophe (dont l'homme) nombreuse.

On sait déjà (p.115) que l'agriculture biologique bien conduite permet un rendement semblable à celui de l'agriculture conventionnelle avec un coût énergétique inférieur, cela dans les conditions actuelles des société industrielle caractérisée par des cycles ouverts et une haute consommation d'énergie (carbone fossile, énergie atomique).

L'hypothèse-projet esquissé ci-dessus ne s'inscrit pas dans le cadre d'une agriculture extensive mais bien dans le cadre d'une agriculture intensive caractérisée par un haut niveau de connaissances, un investissement travail et une production élevée par unité de surface. Elle n'est vérifiable que par la pratique, pratique qui s'insère dans une conception globale des rapports entre l'homme et la nature et implique de nombreuses transformations de l'individu et de la société.

Elle a l'aventage d'offrir un mode de développement possible au tiers monde qui ne peut pas se permettre (réserves mondiales, pollution) de procéder avec le même gaspillage que les pays déjà industrialisés.

Quelques implications humaines et sociales d'une agriculture écoloque

- une intensification du travail manuel (société sans chômage),

- un haut niveau de connaissances biologiques et techniques du travailleur manuel,
- une "déspécialisation" (SCHUMACHER 1974) permettant à l'individu d'appréhender un problème globalement (intellectuellement, affectivement, physiquement, manuellement) présupposant une intimité de l'individu avec la nature, la technique, les autres êtres humains,
- une décentralisation de la production, des vivres, des biens et de l'énergie (indispensable au maintien de cycles fermés et à l'économie énergétique),
- une décentralisation des centres de décisions et une planification comme alternative à la liberté qu'offre la propriété privée,

décentralisation

autonomie nécessaire au développement de solutions individuelles, locales, régionales qui constituent les sources de progrès et d' impulsions nouvelles, qui garantissent une haute diversité dans les solutions, qui permettent de lutter contre l'immobilisme et la sclérose dus à la planification.

planification

centralisation des données circulation de l'information établissement de conceptions globales défense de l'intérêt général

- le développement de chaque individu, de chaque communauté, qui en fait des organismes non manipulables et la garantie nécessaire du maintien de l'équilibre entre les forces qui viennent du centre (facteur d'ordre) et les forces qui viennent des individus (désordre favorable à la créativité).

ANNEXE I

Localisation des parcelles étudiées

expl.	agr.	ferme/commune	coordonnées	alt.	pente	orient.
ıc	W.O	Fuchsrüti <u>Gossau</u> (ZH)	702 525/236 950	510	3 %	SE
1B	н.О.	Fuchsrüti <u>Gossau</u> (ZH)	702 525/236 950	510	3 %	SE
2C	A.S.	Klarsreuti (TG)	733 750/272 400	560	1 %	ΝE
2B	K.O.	Oswaldhof <u>Klarsreuti</u> (TG)	733 750/272 400	560	1 %	N E
3C	E.T.	Lindenhof Illighausen (TG)	733 430/275 425	520	3 %	N-N E
3B	P.W.	Ekkhardthof Oberhofen (TG)	733 250/275 450	520	4 %	N-N E
4C	K.Z.	Blumenau Gossau (SG)	735 175/254 200	630	1 %	S-S E
4B	L.H.	Nutzenbuch Gossau (SG)	734 550/254 875	615	4 %	E
5C	K.D.	Hundsruggen Gossau (ZH)	701 850/240 150	560	12 %	N-N E
5B	E.M.	Hundsruggen Gossau (ZH)	701 850/240 150	560	12 %	N-N E
6C	A.B.	Lohn (SH)	691 650/289 325	610	0 %	
6в	E.B.	zur Grünau <u>Lohn</u> (SH)	691 650/289 325	610	0 %	
7C	R.W.	Obersteckholz (BE)	629 250/227 600	530	3 %	O-N O
<b>7</b> B	W.K.	am Wald Obersteckholz (BE)	629 475/227 550	540	3 %	O-N O
8C	н.в.	Neuhalden <u>Malters</u> (LU)	656 200/210 700	550	35 %	S-S E
8B	F.H.	Urnishalden <u>Malters</u> (LU)	655 925/210 650	570	4 %	SE

9C	H.N.	Sonnenhof <u>Liederswil</u> (BL)	621 000/249 300	720	15 %	S-S E
9B	E.H.	Theurillathof Reigoldswil (BL)	620 950/249 250	720	20 %	S-S E
10C	Gebr. S.	Aschbacher Heimiswil (BE)	617 625/215 250	650	3 %	ΝE
10B	W.F.	Kaltacker <u>Heimiswil</u> (BE)	618 080/202 320	650	4 %	N
110	K.P	Oberried Schwanden (BE)	618 080/202 320	880	30 %	N <b>-</b> N O
11B	P.B.	Niederried Schwanden (BE)	618 080/202 320	880	30 %	и <b>-</b> и о
12C	К.Н.	Maschwanden (ZH)	673 650/231 300	390	0 %	
12B	P.L.	Unterdorf Maschwanden (ZH)	673 650/231 300	390	0 %	
13C	H.D.	Breitacker Busswil b.M.(BE)	628 750/225 525	650	2 %	E-N E
13B	W.L.	Busswil b.M. (BE)	629 750/225 750	625	2 %	ΝE
14C	E.R.	Mbnit <u>Lauperswil</u> (BE)	623 950/262 250	675	0 %	
14B	R.S.	Mbnit Lauperswil (BE)	623 950/202 250	675	0 %	



### RESUME

Ce travail s'est intéressé à l'influence de deux modes d'exploitation, soit le mode conventionnel et le mode biodynamique sur 7 paires de prairies permanentes du plateau suisse (répartition géographique, carte 1, p. 9). Chaque paire est constituée de deux prairies voisines dont l'une est exploitée de manière conventionnelle et l'autre de manière biodynamique.

Il a été possible grâce à l'aide de spécialistes de chacun des domaines étudiés de procèder à des observations portant sur divers aspects de ces écosystèmes.

Sur les 7 paires de prairies, la végétation s'est avérée plus riche en espèces de graminées, légumineuses et diverses sur la prairie biodynamique que sur la prairie conventionnelle correspondante. Sur le tableau de végétation, les 2 groupes se distinguent très bien en suivant un gradient de diversité (résumé détaillé p. 40).

Sur les paires de prairies 1 à 7, on a étudié la chimie du sol. On a effectué des mesures portant sur la teneur des sols en carbone organique, en azote total, en azote minéralisable, en phosphore, potassium, magnésium soluble dans l'eau, ainsi que sur la capacité d'échange cationique. Sur les prairies 1 à 5, on a mesuré l'azote minéralisable et la teneur en manganèse.

Sur la paire de prairies 1, où les différences observées sur la teneur en humus et la végétation étaient spécialement élevées, on a procédé à des mesures de physique du sol, analyse granulomètrique, densité, courbe du potentiel capillaire et mesures au tensiomètre (résumé détaillé p. 60 - 61).

Sur les paires 1 à 3, on a étudié la faune de lombriciens, sur les paires 1 et 2, la faune des nématodes, sur la paire 1, la faune de microarthropodes et de carabides.

Un essai de culture de trèfle blanc en pots sur les sols des paires de prairie 1 à 3, conçu au départ pour étudier la formation des nodosités a permi de mettre en évidence une biomasse plus élevée sur les sols conventionnels. L'essai répété l'année suivante avec différentes graines de trèfle rouge a abouti aux mêmes résultats quelque soient les sortes utilisées.

Pour avoir une idée de la productivité de ces prairies, j'ai exécuté une étude de la productivité des paires d'exploitations l à 5. Résumé détaillé p. 117.

Les points où des différences ont été observées sont brièvement résumés dans la figure 27.

Figure 27

Influence des modes d'exploitation biodynamique et conventionnelle sur 7 paires de prairies permanentes du Plateau suisse : résumé des différences observées.

	prairies	convention	nelle	es prairies	biodynam	ique	
mesures observations	écart type	moyen- ne		test de Wilcoxon	moyen- ne	écart type	nombre remarques de paires étudiées
végétation							
nombre d'espèces							
total	5.05	24		0.014	40	11.18	1 – 7
graminées	2.56	9		0.031	13	3.09	1 – 7
légumineuse <i>s</i>	0.49	1		0.022	4	2.15	1 – 7
diverses	3.34	13		0.009	24	6.97	1 – 7
analyse chimique							
teneur en cendres%	1.10	8.9		0.037	8.2	1.2	1 – 14
unités amidons	0. 40	73.2		0.020	74.8	0.4	1 – 14
Ca/P	0.42	2.26		0.002	3.12	0.96	1 – 14
Ca %	0.17	0.87		0.079	0.96	0.23	1 – 14
P %	0.05	0.39		0.010	0. 33	0.09	1 – 14
K %	0.59	2.84		0.007	2.42	0.47	1 – 14
Sol							
physique du sol							
densité apparente g/cm <sup>3</sup>	0.05	0.71		0.014	0.63	0.09	1 - 7
porosité %	2.00	71		0.022	74	3.6	1-7
chimie du sol							
matière org. 1974 en %	1.36	6.96		0.072	7.97	2.61	1 – 7
azote total 1974 mg/g sol	1.51	2.60		0.021	3.11	1. 69	1 – 7

	prairies conventionnelles			prairies biodynamiques				
mesures observation <i>s</i>	écart type	moyen - ne	test de Wilcoxon	moyen- ne	écart type	nombre de paires étudiées	remarques	
NO3N minéralisé en plein champ mg/g sol	1. 39	1.74	0.022	6.78	0.86	1-7	vrai aussi pour les paires no Wilcoxon 2 0.054 3 0.034 5 0.069	
T capacité d'échange cationique totale	6.40	23.91	0.035	19.84	2.93	1 – 7		
Ssomme des cations métallique échangeables	4.29	17.30	0.035	15.83	3.67	1 – 7		
culture de trèfles 1975 poids sec en g feuilles racines (5ème mois)	0.36 0.21 0.32	1.48 0.80 1.26		0.35 0.57 0.52	0.07 0.21 0.23	1 2 3	valeur moyenne pour les 3 sortes	
faune du sol lombriciens	Lumbricu terrestri			andogé	s stricts	1-3		
micro-arthropodes carabides	colembol	es		acarien	s	1	les espèces trouvèes en plus grand nombre sur la prairie biologique sont caractéristiques de biotopes plus humides.	
structure et productivit des exploitations	<u>té</u>							
diversité des branches de production								
pesticides engrais minéraux mécanisation				— —				
productivité de la surface fourragère revenu de l' exploitation / UTH								

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Vergleich von konventioneller und biodynamischer Bewirtschaftung von Dauerwiesen. Im schweizerischen Mittelland (Karte 1, S. 9) wurden 7 Wiesenpaare untersucht. Jedes Paar besteht aus zwei benachbarten Parzellen, von denen eine konventionell und die andere biodynamisch bewirtschaftet wird. Dank der Hilfe von Spezialisten war es möglich, verschiedene Aspekte dieser Oekosysteme zu untersuchen

Auf allen 7 Wiesenpaaren erwies sich die Vegetation der biodynamisch bewirtschafteten Bestände als reichhaltiger an Gräser-, Leguminosen- und Kräuterarten als jene der entsprechenden konventionell bewirtschafteten Bestände. Die beiden Gruppen lassen sich auf der Vegetationstabelle, welche nach abnehmender Artenzahl der Aufnahme geordnet ist, sehr gut unterscheiden (ausführliche Zusammenfassung S. 40).

Auf den Wiesenpaaren 1 bis 7 wurden chemische Bodenanalysen durchgeführt. Dabei wurde der Gehalt an organischem Kohlenstoff, an Gesamtstickstoff, an wasserlöslichem Phosphat, Kalium und Magnesium sowie die Kationenaustauschkapazität gemessen. Ferner wurde auf den Wiesenpaaren 1 bis 5 auch die Stickstoffmineralisierung und der Gehalt an Mangan untersucht.

Auf dem Wiesenpaar 1, wo die beobachteten Unterschiede im Humusgehalt und in der Vegetation besonders gross waren, wurden bodenphysikalische Messungen (Korngrössenbestimmung, Dichtebestimmung, Desorptionskurve und Bestimmung der Saugspannung mittels Tensiometer) durchgeführt (ausführliche Zusammenfassung S. 60 - 61).

Die Regenwurmfauna wurde auf den Wiesenpaaren 1 bis 3, die Nematodenfauna auf den Wiesenpaaren 1 und 2 und die Fauna der Mikroarthropoden und Laufkäfer auf dem Wiesenpaar 1 untersucht.

Ein Topfversuch mit Weissklee und den Böden der Wiesenpaare 1 bis 3 ergab eine grössere Biomasse auf den konventionell bewirtschafteten Böden. Ein Topfversuch mit Rotklee, ein Jahr später, führte zu dem selben Ergebnis.

Um einen Einblick in die Produktivität der untersuchten Wiesen zu erhalten, wurden betriebswirtschaftliche Untersuchungen bei den Betriebspaaren 1 bis 5 angestellt (ausführliche Zusammenfassung S. 117).

In der Figur 27 werden die verschiedenen beobachteten Unterschiede zusammengefasst.

Figure 27

Vergleich der bio-dynamischen und der konventionellen Bewirtschaftungsweise auf 7 Paaren von Dauerwiesen im schweizerischen Mittelland : Zusammenstellung der beobachteten Unterschiede

	konventio Wiesen	nell bewir				
Messungen	Standart	Durch -	Wilcoxon-	Durch-	Standart	Wiesen - Bemerkungen
Beobachtungen	Abw.	schnitt	test	schnitt	Abw.	paare
Vegetation						
Anzahl Arten						
Gesamtzahl	5.05	24	0.014	40	11.18	1-7
Gräser	2.56	9	0.031	13	3.09	1 - 7
Leguminosen	0.49	1	0.022	4	2.15	1-7
Kräuter	3.34	13	0.009	24	6.97	1 – 7
Chem. Zusammensetzun	<u>g</u>					
Aschegehalt	1.10	8.9	0.037	8. 2	1.2	1 – 14
Stärkeeinheiten	0.40	73.2	0.020	7 4.8	0.4	1 – 14
Ca / P	0.42	2.26	0.002	3.12	0.96	1 – 14
Ca %	0.17	0.87	0.079	0.96	0.23	1 – 14
P %	0.05	0.39	0.010	0.33	0.09	1 - 14
K %	0.59	2.84	0.007	2.42	0. 47	1 - 14
Boden						
Bodenchemie						
scheinbare Dichte g / cm <sup>3</sup>	0.05	0.71	0.014	0.63	0.09	1-7
Porosität	2.00	71	0.022	74	3.6	1-7
Bodenchemie						
Organische Sub – stanz 1974%	1.36	6.96	0.072	7.97	2.61	1-7
Gesamt-Stickstoff 1974 mg/g Boden	1.51	2.60	0.021	3.11	1.69	1-7

	konvention Wiesen	nell bewirts	schaftete	bio-dynan Wiesen	nisch bewirt		
Messungen	Standart-	Durch -	Wilcoxon	Durch -	Standart-	Wiesen-	Bemerkungen
Beobachtungen	Abw.	schnitt	test	schnitt	Abw.	paare	
NO <sub>3</sub> - N im Feld mineralisiert mg/g Boden	1.39	1.74	0.022	6.78	0.86	1-7	gilt auch für die Paare Nr. Wilcoxon 2 0.054 3 0.034 5 0.069
Tgesamte Kationen austauschkapazität	6. 40	23.91	0.035	19.84	2.93	1-7	
Stotal deraustausch – baren Metallkationen	4. 29	17.30	0.035	15.83	3.67	1 – 7	
Klee Topfversuch 1975							
Trock, Gew. von	0.36	1.48		0.35	0.07	1 2	Durchschnittswert der 3 Sorten
Wurzeln + Blätter 5.Monat , in g	0. 21 0. 32	0.80 1.26	Ш	0.57 0.52	0.21 0.23	3	gers sorrer
5.116/6/ , iii g	•						
Boden fauna							
Regenwürmer	Lumbricu terrestr	is is		strikt E	indogeische	1-3	
Mikroarthropoden	Kollembo	olen		Milben		1	
Carabiden				,,,,,			die Arten welche auf der biologischen Wiese in grösserer Anzahl gefunden wurden, sind charakteristisch für feuchtere Biotope
Struktur u. Produktivit der Betriebe	<u>at</u>						
Mannigfaltigkeit der Betriebszweige							
Pestizide, mineralische Dünger				_			
Mechanisierung							
Produktivität der Futterfläche							
Betriebseinkommen pro Arbeitskraft							

#### SUMMARY

In order to compare the conventional cultivation with the biodynamical one, experimental investigations were carried out in seven different pairs of meadows in the Swiss Midlands (Map 1, p.9); each pair consisted of two neighbouring plots, one being cultivated conventionally, the other - biodynamically. With the help of several specialists, various aspects of these ecosystems were studied.

All the seven biodynamically cultivated plots proved to be richer in grasses, leguminous and herbaceous species than the conventionally cultivated surfaces. The difference is very distinct in the vegetation table listed by decreasing number of species (see detailed summary p. 40).

The soil samples from all the plots were studied as to the content of organic carbon, total nitrogen, hydrosoluble phosphate, potassium, magnesium and the cation exchange capacity. In addition, the nitrogen mineralization and mangan content were analyzed in the pairs 1 - 5.

Within the pair 1, the differences in the humus content and vegetation between the plots were particularly pronounced; for this reason, some physical measurements of soil (determination of the size of particles, density, curve of desorption as well as the suction power) were performed; see also the summary, pp. 60 - 61.

The earthworm fauna was investigated in the meadow pairs l - 3, the nematodes in the pairs l and l, the microarthropods and the carabids in the pair l.

An experiment with white clover potted in the soils from the surfaces 1 - 3 showed that the biomass production in conventionally managed soils was higher than in biodynamically cultivated ones. The same results were obtained in subsequent experiments with various sorts of red clover.

To obtain information on differences in the productivity of the meadows, the productivity of the farms l-5 was studied. Detailed summary see p. l17.

The result of the present investigations are briefly summarized in Fig. 27.

Figure 27

Influence of the biodynamical and the conventional way of cultivation in seven pairs of permanent meadows in the Swiss Midlands: summary of observed differences.

	conventional meadows			brodynamical meadows			
measurings Observations	standard deviation	mean		Wilcoxon test	mean	standard deviation	number of comments investigated meadows
Vegetation							
number of species				in			
total	5.05	2 4		0.014	40	11.18	1-7
grasses	2.56	9		0.031	13	3.90	1-7
legumes	0.49	1		0.022	4	2.15	1-7
herbs	3.34	13		0.009	24	6.97	1-7
Chemical analysis							
contents of ash	1.10	8.9		0.037	8.2	1.2	1 – 14
starch units	0.40	73.2		0.020	74.8	0.4	1 – 14
Ca/P	0.42	2.26		0.002	3.12	0.96	1 – 14
Ca %	0.17	0.87		0.079	0.96	0.23	1 - 14
P %	0.05	0.39		0.010	0.33	0.09	1-14
K %	0.59	2.84		0.007	2.42	0.47	1 – 14
Soil							
Soil physics			Pr				
apparent density g /cm <sup>3</sup>	0.05	0.71		0.014	0.63	0.09	1 - 7
Soil porosity %	2.00	71		0.022	74	3.6	1 – 7
Soil chemistry							
organic matter 1974 %	1.36	6.96		0.072	7.97	2.61	1 - 7
total nitrogen 1974 mg/g soil	1.51	2.60		0.021	3.11	1. 69	1 – 7

	conventional	meadows	brodynamical meadows			awob	
measurings Observations	standard m deviation	nea <b>n</b>	Wilcoxon test	mean	standard deviation	number of investigated meadows	
field mineralized NO <sub>3</sub> -N mg/g soil	1.39 1	1.74 II	0.022	6.78	0.86	1-7	also for the mea- dows Wilcoxon 2 0.054 3 0.034 5 0.069
Ttotal cation exchange capacity	6.40 23	3.91	0.035	19.84	2.93	1 - 7	
S sum of exchangeable metallic cations	4.29 17	7.30	0.035	15.83	3.67	1 - 7	
Clover cultures 1975							
dry weight in g leaves & roots 5th month	0.21	1.48 0.80 1.26		0.35 0.57 0.52	0.07 0.21 0.23	1 2 3	average for 3 sortes
Soil fauna							
earth worms	Lumbricus terrestris			strict end	ogeous	1-3	
microarthropods	springtails				•	1	
carabids		_		mites			the higher amount of samples found on the biological plots are characteristic for more humid biotops.
structure and producti of the farms	<u>vity</u>						
diversity of production branches		Ш					
pesticides fertiliser minerals						×	
mechanization							
productivity of the forage surface							
farm income per labour unit							

### **BIBLIOGRAPHIE**

- ABELE, U., 1973: Vergleichende Untersuchungen zum konventionellen und biologisch-dynamischen Pflanzenbau unter besonderer Berücksichtigung von Saatzeit und Entitäten, Diss., Giessen, 189 p.
- AEHNELT, E. et J. HAHN, 1969: Beobachtungen über die Fruchtbarkeit von Besamungsbullen bei unterschiedlicher Grünlandbewirtschaftung. In: TUEXEN,R.: Exp. Pflanzensoziologie. Ber. Int. Symp. Rinteln, Junk, Den Haag, 117-137.
- American Society of Agronomy, 1965: Methods of soil analysis. 2 vol., Madison, Wisc. USA.
- AUBERT, C., 1970: L'agriculture biologique. Une agriculture pour la santé et l'épanouissement de l'homme. Le Courrier du Livre, Paris, 253 p.
- AUER, M, M. BIERI et B. MEYER, 1974: Untersuchung der Bodeninsekten in einer konventionell und biologisch-dynamisch bewirtschafteten Naturwiesenparzelle. Semesterarbeit, Entom. Inst. ETHZ, 20 p.
- BACH, R., 1973: Bodenkunde, Vorlesung an der ETHZ. Doc. multigraphié, 207 p.
- BACHACOU, J., 1973: L'effet Guttman dans l'analyse des données phytosociologiques. Doc. multigraphié, Station de Biométrie de Nancy, 73-5, 30 p.
- BACHELIER, C., 1971: La vie animale dans les sols. In: PESSON, P., La vie dans les sols. Gauthiers-Villars, Paris, 1-45.
- BECKER, J., 1975: Art und Ursache der Habitatbindung von Bodenarthropoden (Carabidae (Coleoptera), Diplopoda, Isopoda) xerothermer Standorte in der Eifel. Beitr. Landespflege Rhld.-Pfalz, Beiheft 4, 89-140.
- BARBER, H.S., 1931: Traps for cave inhabiting insects. J. Elish. Mitchell, Sci. Soc., 46, 239-266.
- BERGE, J.B., A. DALMASSO et A. KERMARREC, 1973: Etude des fluctuations des populations d'une nématofaune prairiale. Station de recherches sur les nématodes, I.N.R.A., Antibes, Rev. d'Ecol. et de Biol. du Sol, 10, 271-285.
- BERLESE, A., 1905: Apparecchio per raccogliere presto ed in gran numero piccoli artropodi. Redia, 2, 271-285.
- BLASER, P., 1973: Die Bodenbildung auf Silikatgestein im südlichen Tessin. Diss. Mitt. Schw. Anst. Forstl. Versuchswes., 29, 293-314.

- BOUCHE, M.B., 1969: Comparaison critique de méthodes d'évaluation des populations de lombricidés. Pedobiologia, 9, 26-34.
- 1971: Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des écosystèmes, illustrées par le rôle pédobiologique des vers de terre. In: PESSON, P., La vie dans les sols. Gauthiers-Villars, Paris, 187-209.
- 1972: Lombriciens de France. Ecologie et systématique. Ed. I.N.R.A., Ann.Zool.-Ecol. Anim., numéro spécial, 72-2, 671 p.
- BOUCHER, J., 1968: Précis scientifique et pratique de culture biologique (méthode Lemaire-Boucher). Agriculture et Vie, Angers, 287 p.
- BOVEY, R., 1967: La défense des plantes cultivées. Payot, Lausanne, 847 p.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer, Wien, 3<sup>e</sup> éd., 865 p.
- BRAUNS, A., 1968: Praktische Bodenbiologie. Fischer, Stuttgart, 470 p.
- CAFLISCH, P., 1974: Einfluss von Serpentin auf Vegetation und Boden in der subalpinen Stufe bei Davos. Eine vergleichende Untersuchung auf Serpentin, Silikat und Dolomit. Dipl., Geobot. Inst. ETHZ, 99 p.
- CAPUTA, J., 1958: Les plantes fourragères, description et valeur, Payot, Lausanne, 2<sup>e</sup> éd., 208 p.
- CARSON, R., 1968: Printemps silencieux. Le livre de Poche, Paris, 320 p.
- CHABOUSSOU, F., 1973: Le rôle du potassium et de l'équilibre cationique dans la résistance de la plante aux maladies et aux parasites. Le Doc. Techn. de la SCPA, 16, 26 p.
- CRESCENS, P. de, 1530: Le livre des prouffiz champestres et ruraulx. Claude Nourry, Lyon, 171 p.
- CORNEVIN, R. et M., 1964: Histoire de l'Afrique, des origines à nos jours. Payot, Paris, 430 p.
- DAGET, Ph. et J. POISSONET, 1971: Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Ann. Agron., 22, 5-41.
- DAJOZ, R., 1975: Précis d'écologie. Nouv. Ed., Paris, 560 p.
- DALMASSO, A., 1970: Influence directe de quelques facteurs écologiques sur l'activité biologique et la distribution des espèces françaises de la famille des *Longidoridae (Nematoda: Dory laimida)*. Ann. Zool. Ecol. Anim., 2, 163-200.

- DARWIN, C.R., 1837: On the formation of the mould. Proc. Geol. Soc. London, 5, 505-509.
- 1881: The formation of the vegetable mould through the action of worms with observations on their habits. Murray, London, 326 p.
- DEMARQUILLY, M.C., 1974: Influence de la fertilisation sur la valeur alimentaire des fourrages. Bull. Techn. du Centre de Rech. Zootechn. et Vétér. de Theix (France), 18, 47-48.
- DOMMERGUES, A. et Fr. MANGENOT, 1970: Ecologie microbienne du sol. Masson, Paris, 796 p.
- DUCHAUFOUR, Ph., 1960: Précis de pédologie. Masson, Paris, 438 p.
- 1968: Essai sur la dynamique des profils. Masson, Paris, 94 p.
- DUVIGNEAUD, P., 1974: La synthèse écologique. Doin, Paris, 292 p.
- ELLENBERG, H., 1953: Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenarten. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 65, 351-362.
- 1956: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: WALTER, H., Einführung in die Phytologie IV, 1. Ulmer, Stuttgart, 136 p.
- 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Sicht. In: WALTER, H., Einführung in die Phytologie IV, 2. Ulmer, Stuttgart, 943 p.
- 1973: Oekosystemforschung. Springer, Berlin, 123-141.
- 1974: Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobot., 9, 97 p.
- Encyclopédie Permanente d'Agriculture Biologique, 1974. Debard, Paris.
- FRANZ, J.M. et A. Krieg, 1972: Biologische Schädlingsbekämpfung. Parey, Berlin, 208 p.
- GERLOFF, G.C., D.G. MOORE et J.I. CURTIS, 1966: Selective absorption of mineral elements by native plants of Wisconsin. Plant and Soil, 25, 393-405.
- GHILAROV, M.S., 1956: Significance of the soil fauna studies for the soil diagnostics. VI<sup>e</sup> Congr. Intern. de la Sci. du Sol, Paris, vol. C (com. 3), 139-144.
- 1965: Zoological methods in soil diagnostics. Acad. Sci. USSR, Moscou, 278 p.

- GIGON, A., 1968: Stickstoff- und Wasserversorgung von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromiom) im Jura bei Basel. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 38, 28-85.
- 1974: Oekosysteme; Gleichgewichte und Störungen. In: Landschaftschutz und Umweltpflege, publié sous la direction de H. Leibundgut. Huber, Frauenfeld, 16-38.
- GISIN, H., 1955: Recherches sur la relation entre la faune endogée de collemboles et les qualités agrologiques des sols viticoles. Rev. Suisse Zool., 62, 60-648.
- GRAF, U., 1973: Methoden des biologischen Landbaues. Versuch einer vergleichenden Darstellung. Schw. Landw. Monatshefte, 51, 299-309.
- GRAND, R. avec la collaboration de R. DELATOUCHE, 1950: L'agriculture du Moyen-âge, de la fin de l'empire romain au XVI<sup>eme</sup> siècle. In: L'agriculture à travers les âges; histoire des faits, des institutions, de la pensée et des doctrines économiques et sociales. Tome 3, Boccard, Paris, 740 p.
- GREENSLADE, P.-J.M., 1964: Pitfall trapping as a method for studying populations of *Carabidae* (*Coleoptera*). J. Anim. Ecol. 33, 301-310.
- GUYER, W., 1972: Kleinjogg der Zürcher Bauer, 1716-1785. Rentsch, Erlenbach, 151 p.
- HENIN, S., R. GRAS et G. MONNIER, 1969: Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Masson, Paris, 2<sup>e</sup> éd., 332 p.
- HESS, H., E. LANDOLT et R. HIRZEL, 1967-72: Flora der Schweiz. 3 vol., Birkhäuser, Basel, 858 p., 956 p., 876 p.
- HOELLER, G., 1962: Die Bodenmilben des rheinischen Lösslehms in ihrer Abhängigkeit von Düngung und anderen Standortsfaktoren. In: Die Beeinflussung der Bodenfauna durch Düngung, publié sous la direction de E. Klapp et H. Wurmbach. Parey, Hamburg, 44-78.
- HOELLER-LAND, G., 1962: Die Abhängigkeit der bodenbewohnenden Collembolen in ihrer Abhängigkeit von Düngung und anderen Standortsfaktoren unter Dikopshoferverhältnissen. In: Die Beeinflussung der Bodenfauna durch Düngung, publié sous la direction de E. Klapp et H. Wurmbach. Parey, Hamburg, 80-119.
- HOWARD, A., 1943: An agricultural testament. Oxford University Press, London, 253 p.
- IFP (Interdiszipl. Forsch. Projekt über gehäufte Fruchtbarkeitstörungen beim Rind), 1975: Schlussbericht. Doc. multigraphié, Eidg. Forsch. Anst. für Agr. Chem., Bern-Liebefeld, 76 p.

- ILLICH, Y., 1975: Nemesis médicale. Seuil, Paris, 221 p.
- JAEGGI, W., 1974: Bodenmikrobiologische Untersuchungen in einem Düngungsversuch. Schw. Landw. Forsch., 13, 531-547.
- JEANNEL, R., 1941-1942: Coléoptères carabiques. In: Faune de France. Réimpression, Kraus/Nendeln, FL, 1967, 39 et 40, 1-571, 574-1173.
- JENNY, H., 1972: Factors of soil formation. McGraw-Hill, New York, 281 p.
- JUCKER, H., 1972: Fütterungslehre, Leitfaden für landw. Mittelschulen, Berater und Praktiker. Schw. Verb. Ing. Agr. Selbstverlag, 3e éd., 89 p.
- KABISCH, H., 1968: Guide pratique de la méthode biodynamique en agriculture, Triades, Paris, 2º éd., 32 p.
- KAUTER, A., 1933: Beiträge zur Kenntnis des Wurzelwachstums bei Gräsern. Ber. Schw. Botan. Gesell., 42, 37-109.
- KERVRAN, C.L., 1964: Transmutations à faible énergie. Synthèse et développements. Maloine, Paris, 118 p.
- 1968: Preuves relatives à l'existence de transmutations biologiques. Maloine, Paris, 236 p.
- 1970: Transmutations biologiques en agronomie, Maloine, Paris, 118 p.
- KIRCHGESSNER, M., 1973: Tierernährung. Leitfaden für Praxis, Beratung und Studium. DLG-Verlag, Frankfurt, 406 p.
- KLAPP, E., 1971: Wiesen und Weiden. Parey, Berlin, 620 p.
- KLOETZLI, F., 1975: Besonderheiten der Landnutzung im Hochland Aethiopiens. In: Entwicklungsprobleme in Bergregionen (1. Konf. des Club of Munich). Schr. R. Alpeninst. München 3, 40-41.
- KOEPF, H., D. PETTERSON et W. SCHAUMANN, 1974: Biologische Landwirtschaft. Ulmer, Stuttgart, 300 p.
- KREBS, J., 1972: Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row, New York, 694 p.
- KUBIENA, W.L., 1955: Animal activity in soils as a decisive factor in establishment of humus forms. In: Soil Zoology. Butterworths, London, 73-82.
- KUENZLI, W., 1967: Ueber die Wirkung von Hof- und Handelsdüngern auf Pflanzenbestand, Ertrag und Futterqualität der Fromentalwiesen. Schw. Landw. Forsch.,  $\underline{6}$ , 34-130.

- LAMBERT, J., G. DENUDT et C. VAN OUDENHOVE, 1973: Aspects écologiques et sociologiques de l'analyse minérale des herbages. Rev. Agr. Bruxelles, 26, 883-908.
- LECLERC, J., 1965: Formulaire pharmaceutique, publié sous la direction de Jean Leclerc. Vigot Frères, Paris, 2080 p.
- LECOQ, H., 1844: Traité des plantes fourragères. Cousin, Paris, 620 p.
- LOCKERETZ, W. et B. COMMONER, 1975: A comparison of the production economic returns and energy intensiveness of corn belt farms that do and do not use inorganic fertilizers and pesticides. Center for the Biology of Nat. Syst., Washington Univ., St Louis (Miss.), 62 p.
- McGREGOR, J.M., L.T. TASCOWITCH et W.P. MARTIN, 1961: Effects of nitrogen fertilizer and soil type on the aminoacid content of corn grain. Agron. I, 52, 211-214.
- McSHEENY, T. et A. RAWLINGS, 1973: The influence of three different farmingsystems on organic matter in the soils. Qual. Plant. Mater. Veg., 22, 327-333.
- MAESENER, J. de, 1963: Oekologische Beobachtungen an freilebenden Nematoden in Weiden. Nematologica, 9, 255-261.
- MALDAGUE, M., 1961: Relations entre le couvert végétal et la microfaune, leur importance dans la conservation biologique des sols tropicaux. Publ. Inst. Agr. Congo, série sci., 90, 122 p.
- MARGALEF, R., 1968: Perspectives in ecological theory. The University of Chicago Press, Chicago, 111 p.
- MASSOUD, Z., 1971: Un élément caractéristique de la pédofaune: les collemboles. In: Pesson, P., La vie dans les sols. Gauthiers-Villars, Paris, 335-389.
- MATILE, PH., 1973: Biologischer Landbau. In: Interdiziplinäres Seminar in Oekologie, 1972: Sammlung der gehaltenen Referate, document multigraphié, AGU, 1973.
- MOORE, N.W., 1966: Pesticides in the environment and their effect on wildlife. Suppl. to J. Appl. Ecol., 3. 312 p.
- MUELLER, M., 1968: Praktische Anleitung zum organisch-biologischen Gartenbau. Schw. Bauern-Heimatschule, Möschberg-Grosshöchstetten, 64 p.
- ODUM, E.P., 1971: Fundamentals of ecology. Saunders, Philadelphia,  $3^e$  éd., 574 p.

- PERIGAUD, S., 1974: Influence de la fertilisation sur la valeur alimentaire des fourrages. Bull. Techn. du Centre de Rech. Zootechn. et Vétér. de Theix (France), 18, p. 48.
- PFEIFFER, E.E., 1972: La fécondité de la terre. Triades, Paris, 5<sup>e</sup> éd., 346 p.
- PFUTZER, G., G. PFAFF et G. ROTH, 1952: Die Vitaminbildung der höheren Pflanze in Abhängigkeit von ihrer Ernährung. Landw. Forsch., 4, 105-118.
- PIMENTEL, D. et al., 1973: Food production and the energy crisis. Science, 182, 443-448.
- PORRET, M., 1978: Annexes à la publication: comparaison d'écosystèmes de prairies permanentes exploitées de manière conventionnelle et biodynamique. Document multigraphié, Geobot. Institut ETH, Stiftung Rübel. Zürich, 21 p.
- RAW, F., 1959: Estimating earthworm populations using formalin. Nature, 184, 1661-1662.
- RICHARD, F., 1974: Bodenphysik, Vorlesungsunterlage. Doc. multigraphié, ETHZ, 120 p.
- et J. BEDA, 1953: Methoden zur Bestimmung der Wasserbindung und der Porengrössen in natürlich gelagerten Waldböden. Mitt. Schw. Anst. Forstl. Versuchswes., 29, 293-314.
- ROUPNEL, G., 1932: Histoire de la campagne française. Grasset, Paris, 431 p.
- RUEBEL, E., 1930: Pflanzengesellschaft der Erde. Huber, Bern, 463 p.
- RUNGE, M., 1973: Energieumsätze in den Biozönosen terrestrischer Oekosysteme. Scripta Geobot., 4, 78 p.
- RUSCH, H.P., 1972: La fécondité du sol. Pour une conception biologique de l'agriculture. Le Courrier du Livre, Paris, 311 p.
- SAUBERLICH, H.E., W. Chang et W.O. SALMON, 1953: The aminoacid and proteins content of corn as related to variety and nitrogen fertilization. J. Nutr., 51, 623-635.
- SEELHORST, C. von, 1902: Beobachtungen über die Zahl und den Tiefgang der Wurzeln verschiedener Pflanzen bei verschiedener Düngung des Bodens. J. für Landw., 50, 91-112.
- SCHARPF, H.C., 1973: Zur ernährungsphysiologischen Qualität von Gemüse unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Düngung. Dipl., Techn. Univ. Hannover, 73 p.

- SCHAUMANN, W., 1969: Fütterung und Futterbau im Hinblick auf Gesundheit und Fruchtbarkeit des Rindes. In: Biologisch-dynamischer Land- und Gartenbau. Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise, Darmstadt, 1, 66-71.
- SCHEFFER, F. et P. SCHACHTSCHABEL, 1973: Lehrbuch der Bodenkunde. Enke, Stuttgart, 8<sup>e</sup> éd., 448 p.
- SCHIPPERS, B., 1974: Stabilizing mechanisms in soil microflora. In: Proceedings of the first International Congress of Ecology, The Hague, The Netherlands, 1974: Structure, functioning and management of ecosystems. PUDOC, Wageningen, 414 p.
- SCHNEIDER, J., 1954: Ein Beitrag zur Kenntnis des Arrhenatheretum elatioris in pflanzensoziologischer und agronomischer Betrachtungsweise. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz, 34, 102 p.
- SCHREIBER, K.F., 1962: Ueber die standortsbedingte und geographische Variabilität der Glatthaferwiesen in Südwest-Deutschland. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 33, 65-128.
- SCHUMACHER, E.F., 1973: Small is beautifull, a study of economics as if people mattered. Blond & Briggs, London, 288 p.
- SPRAGUE, H.P. 1933: Root development of perennial grasses and its relations to soil conditions. Soil Sci., 36, 189-211.
- STADLER, L., 1951: Ueber Dispositionsverschiebungen bei der Bildung von Wurzelknöllchen. Phytopath. Z., 18, 376-402.
- STEINER, R., 1974: Agriculture, fondements spirituels de la méthode biodynamique. Ed. Anthroposophiques Romandes, Genève, 401 p.
- STEUBING, L.,1965: Pflanzenökologisches Praktikum, Methoden und Geräte zur Bestimmung wichtiger Standortsfaktoren. Parey, Berlin, 262 p.
- STICHER, H., H.W.H. SCHMIDT et T. GEISSMANN, 1971: Agrikulturchemisches Praktikum für Landwirte und Förster. Verlag Fachver. ETHZ, Zürich, 81 p.
- STOCKER, G., 1967: Anwendungsmöglichkeiten von parameterfreien Prüfverfahren bei geobotanischen und ökologischen Untersuchungen. Flora, Abt. B., 157, 112-148.
- STOECKLI, A., 1952: Studien über Bodennematoden mit besonderer Berücksichtigung des Nematodengehaltes von Wald-, Grünland- und ackerbaulich genutzten Böden. Düngung, 59, 97-139.
- 1957: Ueber das Vorkommen der freilebenden pflanzenparasitären Ringnematoden in Wiesen- und Ackerland. Landw. Jahrb. Schweiz, N.F. 6, 963-977.

- STOECKLI, A., 1968: Die Regenwurmarten in landwirtschaftlich genutzten Böden des schweizerischen Mittellandes. Landw. Jahrb. Schweiz, N.F. 7, 699-725.
- STUGREN, B., 1974: Grundlagen der allgemeinen Oekologie. Fischer, Jena, 2<sup>e</sup> éd., 223 p.
- THUN, M. et H. HEINTZE, 1973: Anbauversuche über Zusammenhänge zwischen Mondstellungen im Tierkreis und Kulturpflanzen. 2 vol., Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise, Darmstadt, 105 p., 103 p.
- TITOW, J.Z., 1972: Winchester yields, a study in medieval agriculture productivity. Cambridge University Press, 151 p.
- TWINN, D.C., 1974: Nematodes. In: DICKINSON, C.M. et G.J-F. PUGH, Biology of plant litter decomposition. Academic Press, London, 2, 421-467.
- Umweltprobleme und Landwirtschaft, 1971: Bericht über das Symposium am 13./14. Okt. 1971 in Bern. Eidg. Forsch. Anst. für Agr. Chem., Bern-Liebefeld, 261 p.
- VALNET, J., 1971: Aromathérapie. Maloine, Paris, 408 p.
- VANEC, J., 1971: The cenosis of oribatid mites as an aid in bioindication (Acarina, Oribatoidea). In: Proceedings of the 3rd international congress of acarology held in Prague, 1971. House of the Czech. Ac. of Sci., Prague 1973, 125-128.
- VANNIER, G., 1971: Techniques d'étude des populations des microarthropodes du sol. In: La vie dans les sols. Gauthiers-Villars, Paris, 45-147.
- VOISIN, A., 1957: Productivité de l'herbe. Flammarion, Paris, 469 p.
- 1959: Sol, herbe, cancer. La santé de l'herbe dépend de l'équilibre du sol. La Maison Rustique, Paris, 297 p.
- 1963: Tétanie d'herbe. Mal appliqué, l'engrais minéral peut-il être mortel pour l'animal? La Maison Rustique, Paris, 296 p.
- WEBSTER, J.M., 1972: Enonomic nematology. Academic Press, London, 562 p.
- Wirzkalender, 1977: Red. Neukomm W. Wirz, Aarau, 200 p.
- ZUENDEL, C., 1975: Zwei Bodenprofile verschieden bewirtschafteter Naturwiesen. Dipl., Inst. Lebensmittelwiss. u. Bodenkunde, ETHZ, 27 p.