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

Kapitel: 3: Sol

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: 24.08.2025

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

3 SOL

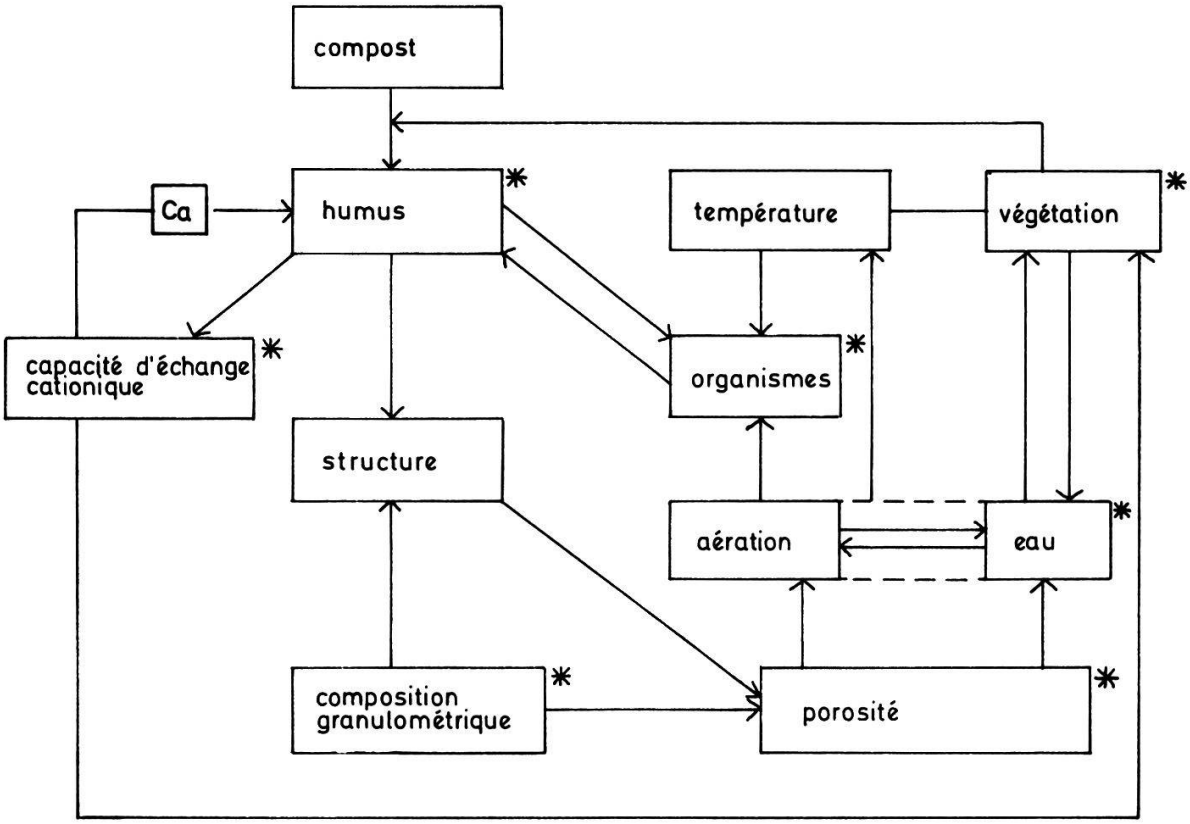
3.1 Introduction

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_3 et NH_4 et j'ai mis à incuber des échantillons de ce sol au lieu même de leur prélèvement (à

l'abri du lessivage de NH_4 et NO_3 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 NO_3 et NH_4 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_2SO_4, 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_2 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^+ liés sont échangés à l'acétate de baryum contre des ions Ba^{2+}, 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_2 qui se forme dans le sol est lié avec NaOH, l'excès en NaOH titré au HCl (JÄGGI 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 réelle D, rapport du poids sec du sol séché au volume des particules solides du sol, a été déterminée au pycnomètre.

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

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

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 ZÜNDEL 1975)

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

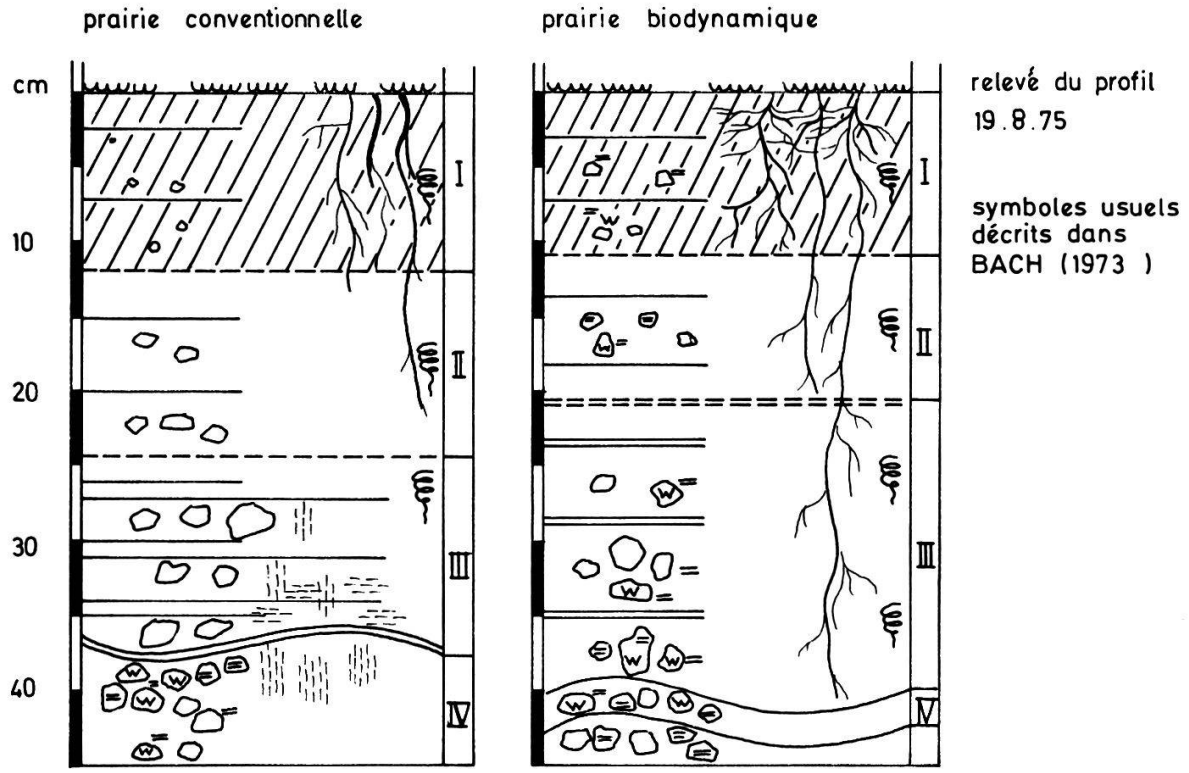
Sur la parcelle biodynamique (figure 4).

- 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



	50 cm environ			40 cm environ		profondeur du profil
I	0 -12	cm	I	0 -11	cm	limite des horizons
II	12-24	cm	II	11- 21	cm	
III	24-36	cm	III	21-40	cm	
IV	36-50	cm	IV	40-42	cm	
						enracinement
	0-13	cm		0-13	cm	zone rac. principale
	13 23	cm		13-35	cm	zone rac. secondaire
I	~ 5	%	I	~ 1	%	squelette
II	~ 15	%	II	~ 10	%	
III	~ 80	%	III	~ 30	%	
	mull grossier			mull grossier		type d'humus
	36 cm	~		26 cm	~	limite de décarbonatation de la terre fine
I	5.9[1]	6.0[2]	I	6.5	6.7	pH (20.11.74)[1]
II	6.2	6.2	II	6.8	6.9	
III	6.7	6.8	III	7.1	7.1	pH (6.5.75)[2]
IV	7.0	7.1	IV	7.2	7.2	
I	10 YR 3/2	gris/brun très foncé	I	10 YR 3/1	gris très foncé	couleur à l'état humide
II	10 YR 4/2	gris/brun foncé	II	10 YR 3/2	gris/brun t. foncé	
III	5 YR 4/4	brun rougeâtre	III	10 YR 6/2	brun/gris clair	
IV	5 YR 4/3	brun rougeâtre	IV			

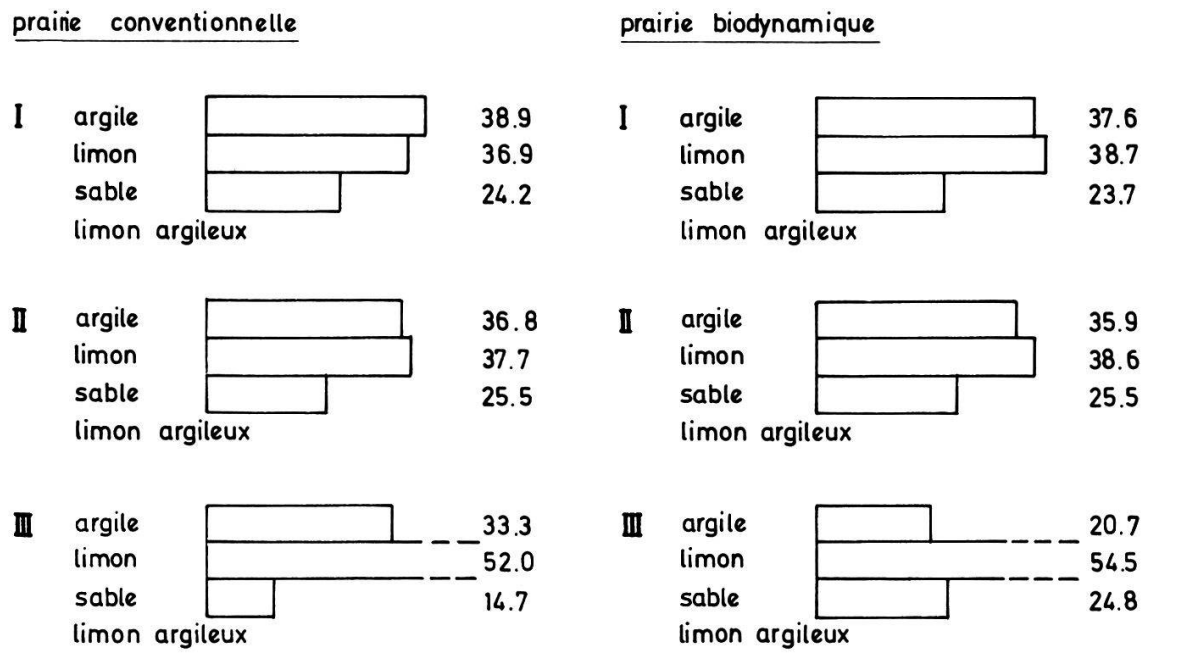
Poudingue bigarré (des alluvions du Hörnli) ± mélangé a des matériaux morainiques. — roche-mère

Figure 5

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

Analyse granulométrique

Classes granulométriques en °/o de la terre fine.



Analyse granulométrique

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

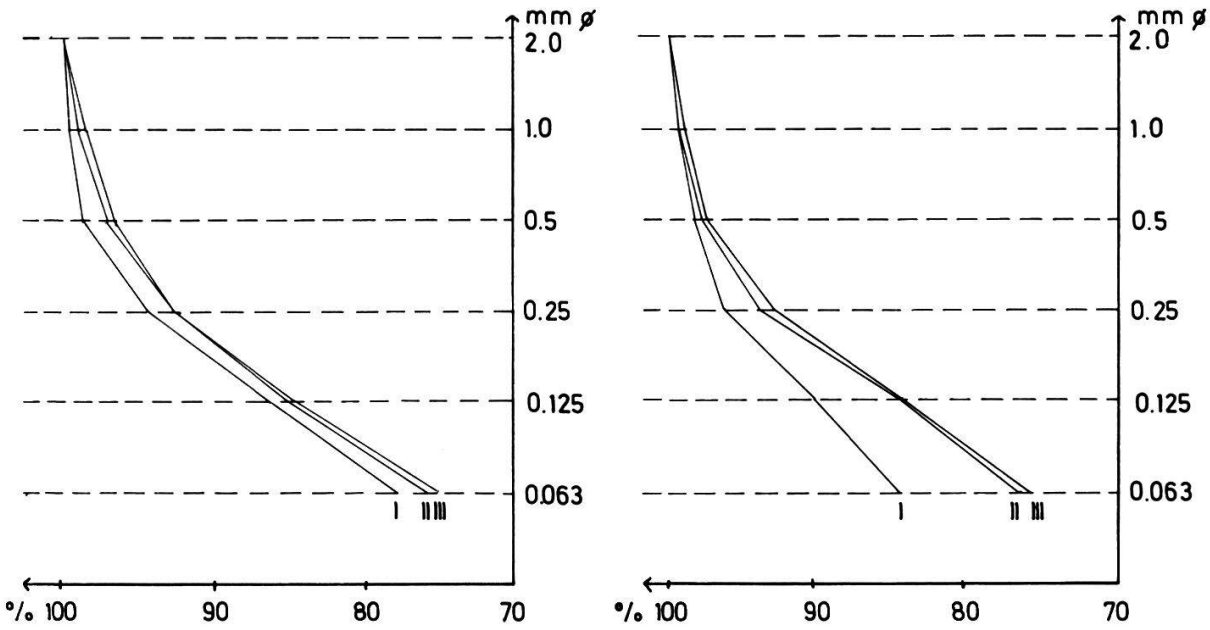
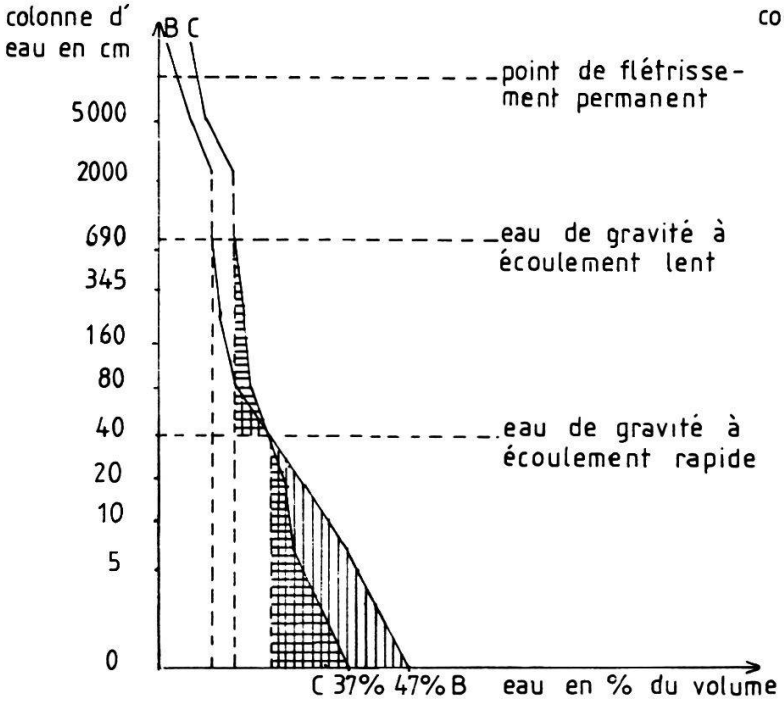


Figure 6

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

prairie conventionnelle horizons I	prairie conventionnelle horizons II	prairie biodynamique horizons I	prairie biodynamique horizons II	
1.15	1.23	1.05	1.27	densité apparente (g/cm^3)
2.60	2.66	2.51	2.64	densité réelle (g/cm^3)
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 %

courbes du potentiel capillaire



tensiomètres

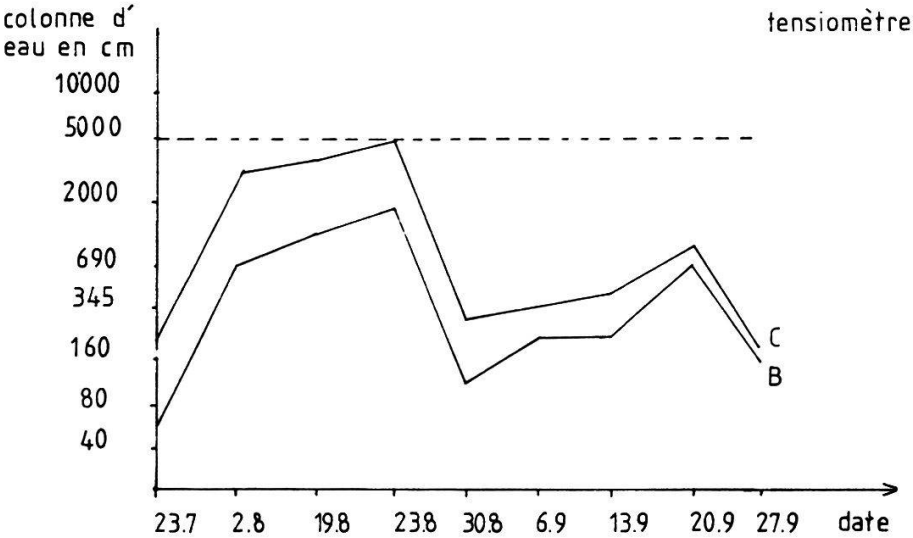


Tableau 11

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

prairie conventionnelle horizons				prairie biodynamique horizons				
I	II	III	IV	I	II	III	IV	
								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	55.2	57.5	51.3	valeur- T
82.	86.	93.	95.5	90.	98.	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	fer libre en % de la terre fine
0.5	0.7	0.4	27.0	0.4	0.7	2.6	37.6	carbonate de calcium en % de la terre fine
0.45	0.21			0.72		0.52		azote total en % de la terre fine
								carbone organique 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			C/N mai 1975
								fractionnement des composés humiques (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 CO_2 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 ZÜNDEL, 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_2 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 granulométrique.

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 matière organique 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 de prairie n°	pH		teneur en matière organique % du poids				azote total (mg/g de sol				C/N			
		profondeur 1-6 cm		profondeur 1-6 cm		profondeur 9-14 cm		profondeur 1-6 cm		profondeur 9-14 cm		profondeur 1-6 cm		profondeur 9-14 cm	
		C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B
mai 1974 profondeur (1-6, 9-14 cm)	1	6.5	6.8	7.7	12.0	4.7	8.3	5.9	6.7	2.8	5.3	7.5	10.2	9.8	9.1
	2	6.0	6.0	8.3	9.9	5.9	8.3	2.7	3.1	2.0	2.2	17.8	16.9	17.2	16.1
	3	6.3	6.0	5.3	4.8	3.1	2.8	1.6	1.5	1.1	0.7	19.7	18.4	16.8	23.3
	4	6.6	6.2	6.3	7.1	4.1	4.8	1.9	3.2	0.0	1.5	19.2	12.8	—	18.5
	5	6.2	6.1	7.2	7.2	5.9	5.1	2.2	2.8	1.8	1.6	18.8	14.8	19.2	18.4
	6	6.7	6.7	8.6	9.5	5.3	6.0	2.4	2.5	1.6	1.6	20.8	19.6	19.4	21.9
	7	6.1	6.5	5.3	5.3	3.6	4.1	1.5	2.0	1.1	1.3	20.6	15.5	19.0	18.5
	moyenne écart type	6.34 ± 0.26	6.33 ± 0.34	6.96 ± 1.36	7.97 ± 2.61	4.66 ± 1.11	5.63 ± 2.07	2.60 ± 1.52	3.11 ± 1.69	1.49 ± 0.88	2.03 ± 1.51	17.77 ± 4.65	15.46 ± 3.24	16.90 ± 3.65	17.97 ± 4.6
	test de Wilcoxon	0.450		0.072		0.088		0.021		0.15		0.046		0.45	
mai 1976 profondeur (1-5 cm)	1	6.0	6.8	8.9	11.6	—	—	3.4	4.4	—	—	15.2	15.3	—	—
	2	6.2	6.1	8.8	9.8	—	—	4.4	4.4	—	—	11.6	12.9	—	—
	3	6.3	6.3	5.4	6.2	—	—	2.9	3.1	—	—	10.8	11.6	—	—
	4	6.6	6.8	8.5	8.0	—	—	4.2	3.7	—	—	11.7	12.5	—	—
	5	5.9	6.0	6.8	6.0	—	—	3.5	2.8	—	—	11.3	12.4	—	—
	6	6.1	6.3	7.4	8.4	—	—	3.5	3.4	—	—	12.3	14.3	—	—
	7	6.7	5.7	4.6	8.4	—	—	2.1	4.1	—	—	12.7	11.9	—	—
	moyenne écart type	6.26 ± 0.30	6.29 ± 0.4	7.20 ± 1.70	8.34 ± 1.96	—	—	3.43 ± 0.77	3.70 ± 0.63	—	—	12.23 ± 1.45	12.99 ± 1.34	—	—
	test de Wilcoxon	0.265		0.088		—		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 composés humiques de la matière organique sur la prairie 1 (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 densité réelle était 5 fois sur 7 plus élevée sur les prairies conventionnelles que sur les prairies biologiques, la densité apparente et la porosité 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).

Tableau 13

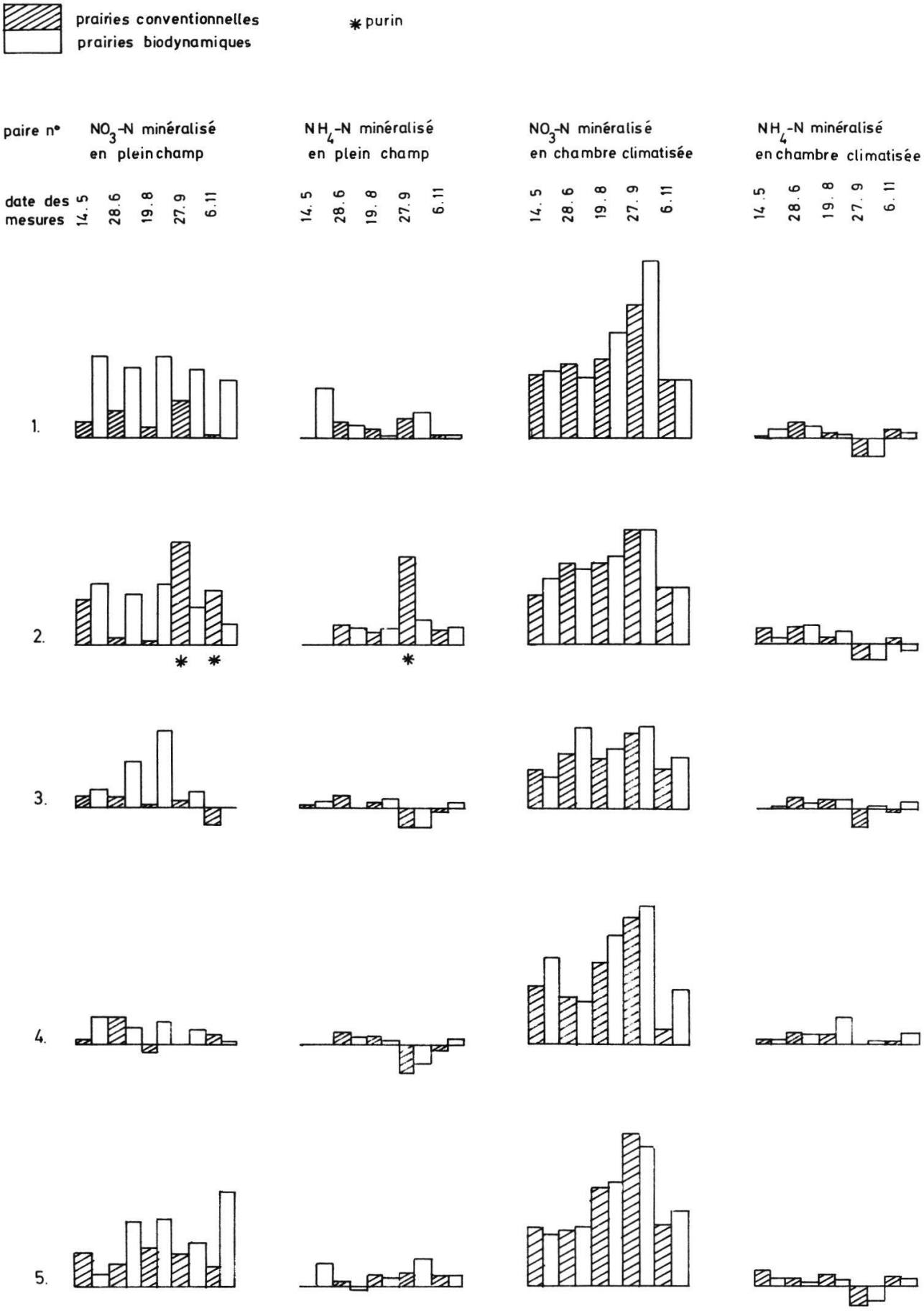
Dosage de la minéralisation de l'azote en mg N par g de sol sur 5 paires de prairies conventionnelle-/ bio-dynamique (1974) (profondeur 1-6 cm)

		dates des mesures	n° des prairies 1 C	1 B	2 C	2 B	3 C	3 B	4 C	4 B	5 C	5 B	test de Wilcoxon
Azote minéralisé en plein champ	NO_3-N	14.5.74	1.6	7.6	3.9	5.7	—	1.5	0.2	2.7	2.9	1.2	0.072
		28.6	2.4	6.6	0.4	4.6	1.2	3.9	2.7	1.6	1.8	6.1	0.039
		19.8	0.9	7.7	0.1	5.7	0.1	7.1	-0.5	2.2	3.7	6.3	0.021
		27.9	3.7	6.3	*9.7	3.5	0.4	1.3	—	1.9	3.0	4.0	0.054
		6.11	0.1	5.7	*4.8	1.8	-1.5	0.0	1.7	0.4	1.7	8.8	0.143
		moyenne	1.74	6.78	0.88	3.20	0.05	2.76	0.92	1.48	2.62	5.28	
		écart type	1.39	0.86	1.69	2.96	1.13	2.80	1.22	1.26	0.85	2.85	
		Wilcoxon		0.022		0.054		0.034		0.233		0.063	
	NH_4-N	14.5.74	0.0	4.8	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	1.9	
		28.6	1.6	1.5	1.5	1.3	1.0	0.0	1.2	0.8	0.3	-0.4	
		19.8	0.8	0.2	1.1	1.4	0.3	0.5	0.9	0.5	1.1	1.0	
		27.9	1.9	2.5	*8.3	2.2	-1.4	-1.4	-2.4	-1.7	1.2	2.4	
		6.11	0.6	0.6	1.5	1.7	-0.3	0.5	-0.2	0.5	0.9	0.9	
		moyenne	0.98	1.92	0.82	0.88	-0.04	-0.05	-0.10	0.02	0.78	1.16	
		écart type	0.77	1.84	0.77	0.82	0.89	0.78	1.41	1.00	0.48	1.07	
		Wilcoxon		0.357		0.211		0.500		0.233		0.233	
Azote minéralisé en chambre climatisée	NO_3-N	14.5.74	5.9	6.1	4.5	6.1	3.4	3.0	5.7	8.3	5.4	5.0	0.250
		28.6	6.9	5.7	7.3	6.9	5.1	7.6	4.6	4.1	5.4	5.7	0.343
		19.8	7.7	10.0	7.2	7.7	4.5	5.7	7.7	9.8	9.4	7.9	0.113
		27.9	12.7	16.7	10.5	10.5	7.0	7.7	11.8	13.3	13.9	12.8	0.137
		6.11	5.6	5.6	5.1	5.1	3.7	4.6	1.7	4.9	5.8	7.2	0.054
		moyenne	7.76	8.82	6.92	7.26	4.74	5.72	6.30	8.08	7.98	7.72	
		écart type	2.88	4.77	2.36	2.05	1.43	2.01	3.76	3.75	3.7	3.06	
		Wilcoxon		0.137		0.143		0.040		0.040		0.250	
	NH_4-N	14.5.74	0.1	0.7	1.2	0.6	-	0.1	0.2	0.2	1.1	0.7	
		28.6	1.4	1.1	1.3	1.2	1.0	0.6	1.0	0.9	0.7	0.2	
		19.8	0.4	0.3	0.7	0.9	0.7	0.7	0.9	2.3	1.1	0.8	
		27.9	-1.4	-1.5	-1.3	-1.4	-1.5	0.2	—	0.5	-1.8	-1.5	
		6.11	0.4	0.2	0.5	-0.3	-0.2	0.5	0.5	0.9	0.8	0.7	
		moyenne	0.18	0.15	0.48	0.20	0.05	0.74	0.52	0.86	0.38	0.18	
		écart type	1.01	0.99	1.05	1.06	1.12	0.61	0.43	0.90	1.23	0.97	
		Wilcoxon		0.250		0.113		0.143		0.143		0.113	

* effet du purin (chifres supprimés du calcul statistique)

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 tensiomètre (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_4^+, NO_3) 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 minéralisation de 6 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_2 (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 1 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	densité réelle g/cm3		densité apparente g/cm3		porosité (en %)	
	C	B	C	B	C	B
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± 0.04	0.71±0.05	0.63±0.09	71±2	74±3.6
Wilcoxon	0.136		0.014		0.022	

Tableau 15

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

		paire n° 1	2	3	4	5	6	7	moyenne	écart type	test de Wilcoxon
Ca^{+2} mval/100g sol	C	20.50	13.54	12.24	16.93	12.61	13.97	11.61	14.49	3.17	0.030
	B	12.19	13.64	12.25	13.94	10.22	13.58	8.53	12.05	2.01	
Mg^{+2} mval/100g sol	C	4.69	2.09	2.17	2.80	1.48	1.07	1.51	2.26	1.21	0.054
	B	3.60	2.17	2.48	2.13	1.40	0.74	0.85	1.91	1.00	
K^{+} mval/100g sol	C	0.22	0.28	0.31	0.56	0.16	0.38	0.51	0.35	0.15	0.046
	B	0.11	0.10	0.14	0.38	0.29	0.13	0.55	0.24	0.17	
Na^{+} mval/ 100g sol	C	0.23	0.17	0.13	0.30	0.18	0.18	0.29	0.21	0.06	0.020
	B	0.14	0.14	0.11	0.14	0.15	0.12	0.24	0.15	0.04	
H^{+} mval/ 100g sol	C	10.0	8.16	4.16	8.5	5.76	4.48	4.72	6.54	2.32	0.200
	B	6.56	7.36	4.40	4.0	6.16	5.28	4.48	5.46	1.26	
S somme des cat. mét. échang.	C	25.64	16.08	14.85	20.59	14.43	15.60	13.92	17.30	4.29	0.035
	B	16.04	16.05	14.98	16.59	12.06	14.57	10.17	14.35	2.38	
T capacité tot. d'échange	C	35.64	24.24	19.01	29.09	20.19	20.08	18.64	23.84	6.39	0.035
	B	22.60	23.41	19.38	20.59	18.22	19.85	14.65	19.81	2.91	

Tableau 16

Mesures de la teneur du sol en P, K, Mg, Mn (mai 1974) et en P et K (mai 1976) sur 7 paires de prairies bio-dynamiques et conventionnelles

	paire de prairies n°	P mg P_2O_5 / 100 g sol		K mg K / 100 g sol		Mg ppm		Mn ppm	
		C	B	C	B	C	B	C	B
mai 1974 (1-6 cm)	1	1.03	0.68	0.9	1.6	387	550	218	260
	2	0.68	0.62	1.0	1.0	217	245	233	137
	3	0.54	0.32	1.3	1.2	217	212	388	402
	4	0.80	1.01	1.9	2.1	178	189	426	167
	5	0.53	0.39	1.0	1.0	129	129	358	375
	6	0.55	0.32	6.2	1.4	88	102	—	—
	7	0.25	0.64	1.9	1.2	154	111	—	—
	moyenne	0.63	0.57	2.03	1.36	196	220	325	268
	écart type	0.25	0.25	1.89	0.39	96	155	94	119
	Wilcoxon	0.249		0.342		0.173		0.343	
mai 1976 (1-5 cm)	1	0.80	0.68	1.9	1.1	—	—	—	—
	2	1.01	0.69	2.0	0.1	—	—	—	—
	3	1.07	0.43	2.9	1.0	—	—	—	—
	4	*>1.57	*>1.57	7.4	4.4	—	—	—	—
	5	0.69	0.46	1.4	2.2	—	—	—	—
	6	0.45	0.27	5.0	1.4	—	—	—	—
	7	0.55	1.53	4.1	10.6	—	—	—	—
	moyenne	0.76	0.68	3.53	2.97	—	—	—	—
	écart type	0.25	0.45	2.14	2.63	—	—	—	—
	Wilcoxon	0.17		0.18		—		—	

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.

mesures effectuées	prairies conventionnelles moyenne écart type	test de Wilcoxon	prairies biodynamiques moyenne écart type	paires considérées
densité réelle	2.40 0.04	0.136	2.38 0.04	1 - 7
densité apparente	0.71 0.05	0.014	0.63 0.09	1 - 7
porosité	71 2	0.022	74 3.6	1 - 7
matière organique 1974 %	6.96 1.36	0.072	7.97 2.61	1 - 7
matière organique 1976 %	7.20 1.70	0.088	8.34 1.96	1 - 7
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 0.77	0.300	3.70 0.63	1 - 7
C/N 1974	17.77 4.65	0.046	15.46 3.24	1 - 7
C/N 1976	12.23 1.45	0.250	12.99 1.34	1 - 7
NO_3-N minéralisé en plein champ en mg/g de sol	1.74 1.39	0.022	6.78 0.86	1 (5 dates)
	0.88 1.69	0.054	3.20 2.96	2 (3 dates)
	0.05 1.13	0.034	2.76 2.80	3 (4 dates)
	0.92 1.22	0.233	1.48 1.26	4 (4 dates)
	2.62 0.85	0.069	5.28 2.85	5 (5 dates)
NO_3-N minéralisé en chambre climatisée en mg/g de sol	7.76 2.88	0.137	8.82 4.77	1 (5 dates)
	6.92 2.36	0.143	7.26 2.05	2 (5 dates)
	4.74 1.43	0.040	5.72 2.01	3 (5 dates)

mesures effectuées	prairies conventionnelles moyenne écart type	test de Wilcoxon	prairies biodynamiques moyenne écart type	paires 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^{2+}	14.49 3.17	0.030	12.05 2.01	1 - 7
Mg^{2+}	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
Na^{+}	0.21 0.06	0.020	0.15 0.04	1 - 7
H^{+}	6.54 2.32	0.200	5.46 1.26	1 - 7
ions solubles dans l'eau saturée en carbonate				
P_2O_5 (1974) 1 - 6 cm mg P_2O_5 / 100g sol	0.63 0.25	0.249	0.57 0.25	1 - 7
P_2O_5 (1976) 0 - 4 cm mg P_2O_5 / 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) :

- les épigés : ils vivent au-dessus du sol, dans la litière de surface, leur rôle fouisseur est pratiquement nul (petite forme brun-rouge),

- les anéciques : 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),

- les endogés : 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. Le coefficient de corrélation 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 1, pour chaque cas particulier.

3. L'analyse factorielle de correspondances 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.

Tableau 17

Nombre d'individus par prélevat et nombre d'individus exprimé en % du nombre total d'individus en mai et en octobre 1974

	1C				1B				2	
	printemps		automne		printemps		automne		printemps	
	n	%	n	%	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. cal. 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		
N. 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
O. cyaneum			0.25	0.33	0.25	0.35	0.17	0.29		
O. lacteum	2.08	2.42	2.08	1.93	13.92	19.61	13.25	22.30	1.08	1.31
larves sans provenance	1.5	1.75	2.5	2.32	2.08	2.93	1.83	3.08	0.33	0.4
groupes fonctionnels										
A	27.83	32.45	11.41	10.53	41.5	58.45	10.75	18.09	20.08	24.44
B	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
E	36.67	42.75	55.50	51.47	5.17	7.28	19.17	32.26	19.58	23.83
F	64.50	75.22	66.91	62.06	46.67	65.73	29.92	50.35	39.67	48.28
G	12.33	14.38	18.24	16.92	18.42	25.94	20.83	35.06	14.91	18.14
H	19.75	23.03	38.41	35.62	22.25	31.34	27.67	46.57	42.17	51.32
T (total)	85.75	100.00	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		2B				3C				3B			
automne		printemps		automne		printemps		automne		printemps		automne	
n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
15.17	20.41	5.92	7.46	23.92	18.05	0.25	0.67	0.08	0.12	0.92	1.03	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
		0.08	0.1			0.08	0.21			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	13.17	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	10.42	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	1.48	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	1.	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	16.04	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	79.33	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 (g / prélevat) et poids exprimé en % de la biomasse au en mai et en octobre 1974

	1C				1B				2	
	printemps		automne		printemps		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.									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			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. icterica			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		
O. 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	2.82	14.79	48.49	3.22	7.31	4.27	5.31
B	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	93.46	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	2.47	3.08	2.65	6.11	20.03	6.15	13.96	2.35	2.93
H	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

C		2B				3C				3B			
automne		printemps		automne		printemps		automne		printemps		automne	
poids	%	poids	%	poids	%	poids	%	poids	%	poids	%	poids	%
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	0.36	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	0.45
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	0.03
0.09	0.13			0.04	0.05							0.18	0.24
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	0.23
0.01	0.01	0.18	0.37	0.12	0.14					0.04	0.08	0.29	0.39
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	3.59
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	13.84
										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	0.73
1.97	2.74	6.47	13.29	6.92	8.24	1.77	3.89	0.47	0.65	19.02	38.19	13.41	17.82
1.66	0.92			0.40	0.48	3.03	6.67	2.12	2.91	0.29	0.58	0.34	0.45
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	14.44
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	72.41
61.53	85.64	34.1	70.06	60.04	71.46	33.95	74.7	55.83	76.7	13.79	27.69	41.43	55.04
63.49	88.36	40.57	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
71.85	100.00	48.67	100.00	84.02	100.00	45.45	100.00	72.79	100.00	49.81	100.00	75.27	100.00

Figure 9

Lombriciens : codification des taxons et définition des groupes fonctionnels

600	Lumbricus castaneus typicus	D	ensemble des Lumbricus ou ensemble des épigés	F épigés + anéciques ou ensemble des straminivores (manqeurs de litières)	T TOTAL
610	Lumbricus rubellus rubellus				
611	Lumbricus rubellus disjonctus				
679	(larves de Lumbricus confondues)				
640	Lumbricus terrestris	E	ensemble des anéciques		
150	Nicodrilus nocturnus var. typ.				
160	Nicodrilus nocturnus var. cistercianus				
200	Nicodrilus longus longus				
290	(indéterminables juveniles 160, 200, 150)				
100	Nicodrilus caliginosus caliginosus paratypicus		Nicodrilus endogés	H ensemble des endogés	
110	Nicodrilus caliginosus caliginosus alternisetosus				
111	Nicodrilus caliginosus caliginosus typicus				
129	(larves de N. caliginosus confondues)				
400	Allolobophora rosea rosea		endogés typiques		
500	Allolobophora icterica				
499	(larves A. rosea + icterica confondues)				
510	Allolobophora chlorotica (forme verte)				
511	Allolobophora chlorotica (forme blanche)				
700	Octolasium cyaneum				
720	Octolasium lacteum				

Tableau 19

Description des faunes de lombriciens des 6 prairies étudiées

prairie	biomasse en g	rapport de la biomasse C/B	épigés en % de la biomasse et principaux représentants	anéciques en % 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	2.9	3.8 L. rubellus larves de L.	14.0 N. longus N. nocturnus	5.4 N. caliginosus para. A. rosea O. lacteum	76.3 L. terrestris
1 B	37.3		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 larves 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 L. terrestris

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 *O. lacteum* (endogé) et à un moindre degré par *Nicodrilus caliginosus caliginosus alternisetosus* (endogé).

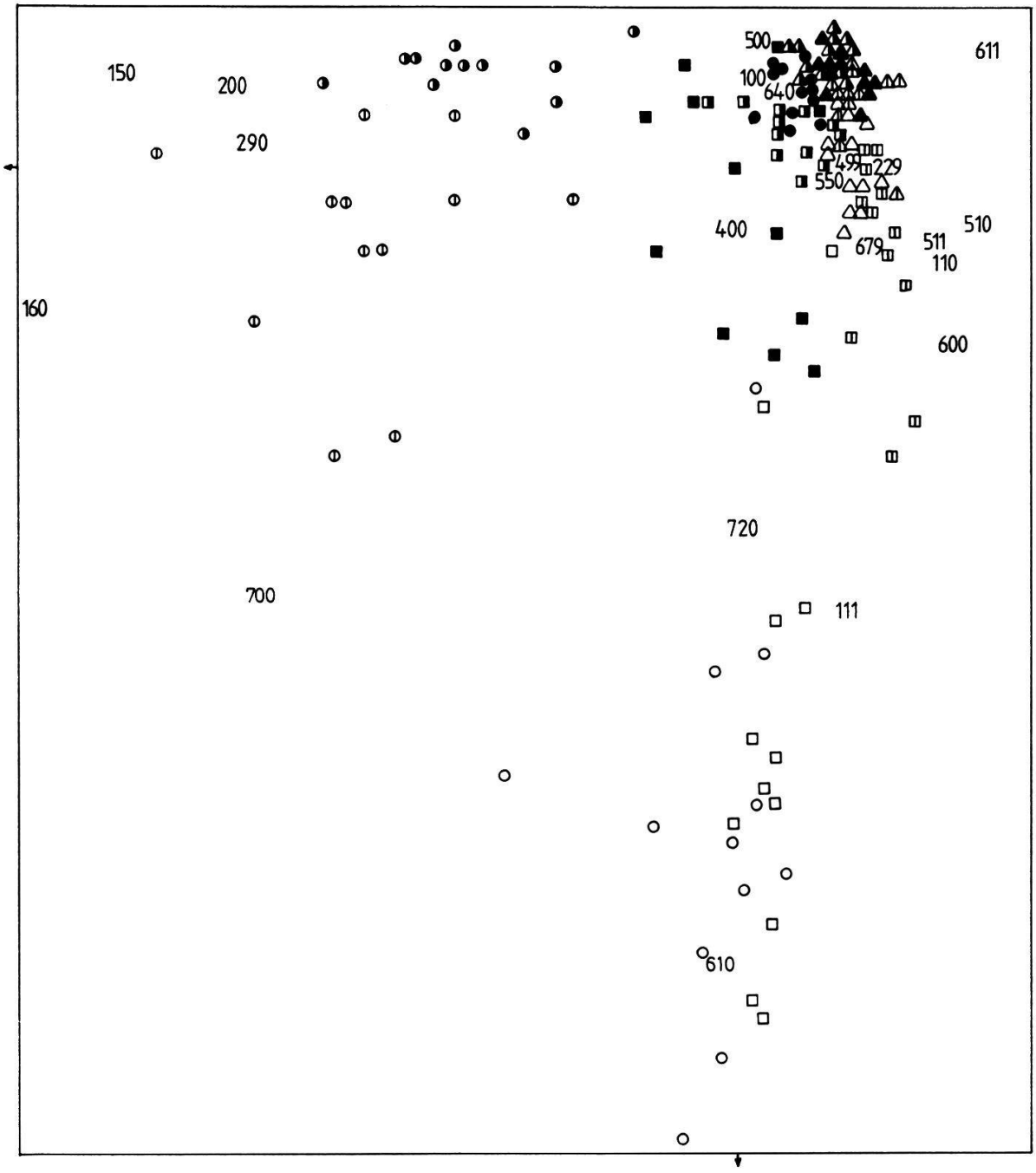
Le peuplement lombricien des sols conventionnels est dominé par *L. terrestris* (épi-anécique) et secondairement par *N. longus* (anécique), *A. icterica* et *A. rosea* (endogés). *L. terrestris* y constitue à lui seul 75 % de la biomasse des vers de terre.

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 *O. 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 1 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.

Figure 10

Distribution des 144 prélevats et des 20 taxons sur le plan défini par les 2 premiers axes factoriels (analyse factorielle des correspondances)



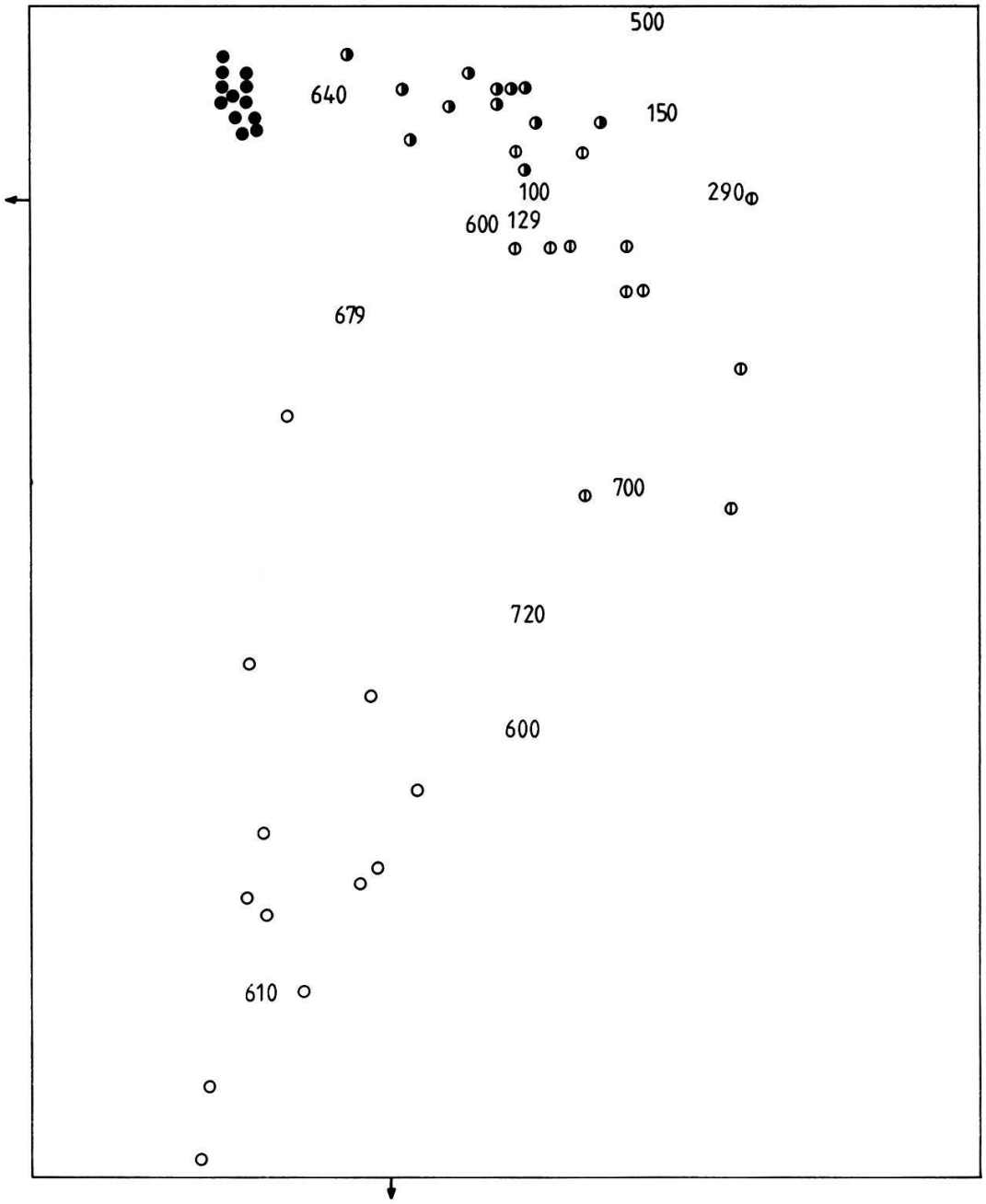
symbolique utilisée pour distinguer les prélevats

	printemps			automne		
paire	1	2	3	1	2	3
C	●	▲	■	◑	◭	◨
B	○	△	□	⦶	⦵	⧈

codification des taxons : voir figure 9

Figure 11

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



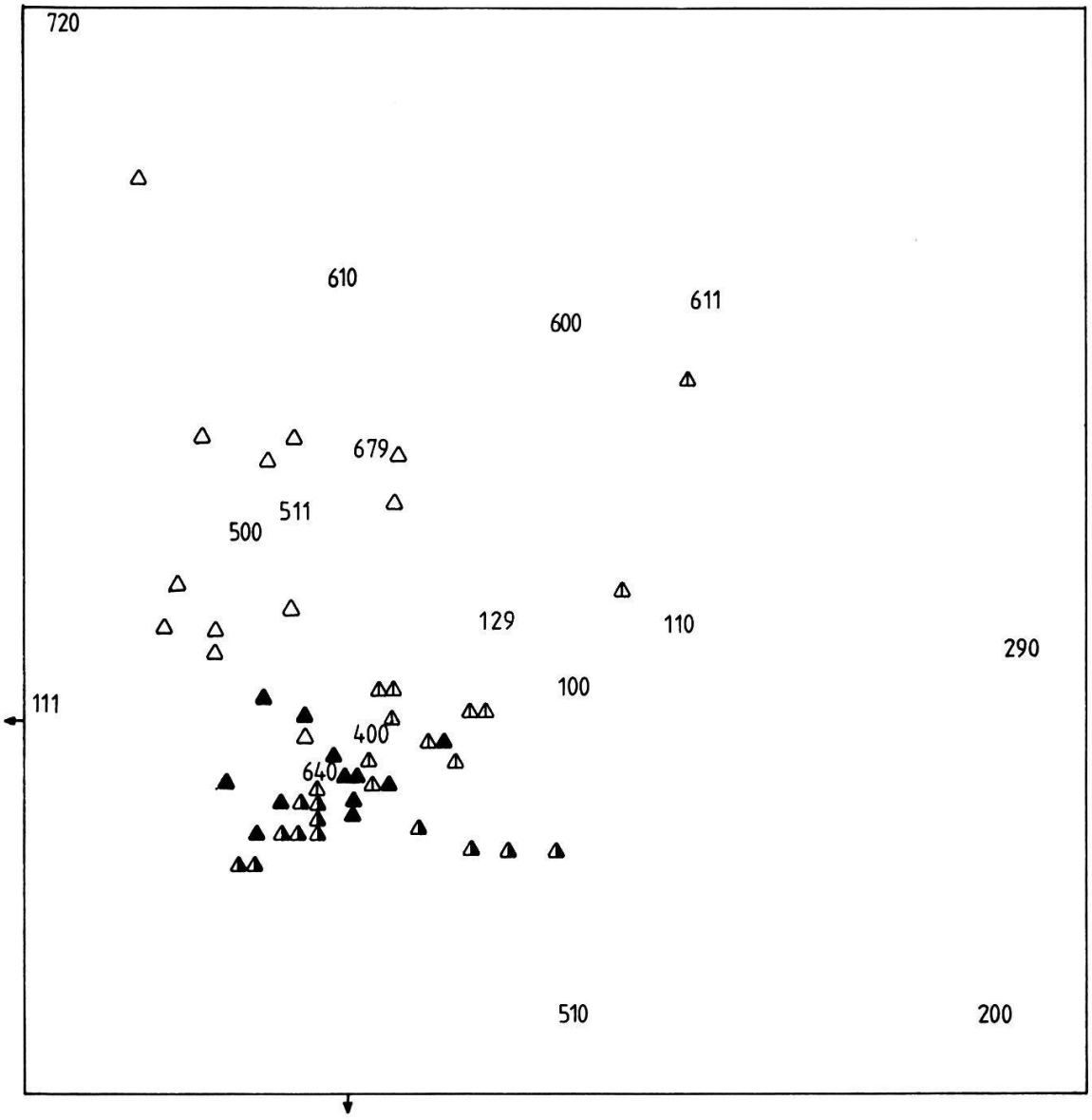
symbolique utilisée pour distinguer les prélevats

	printemps	automne
paire	1	1
C	●	◑
B	○	⦶

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)



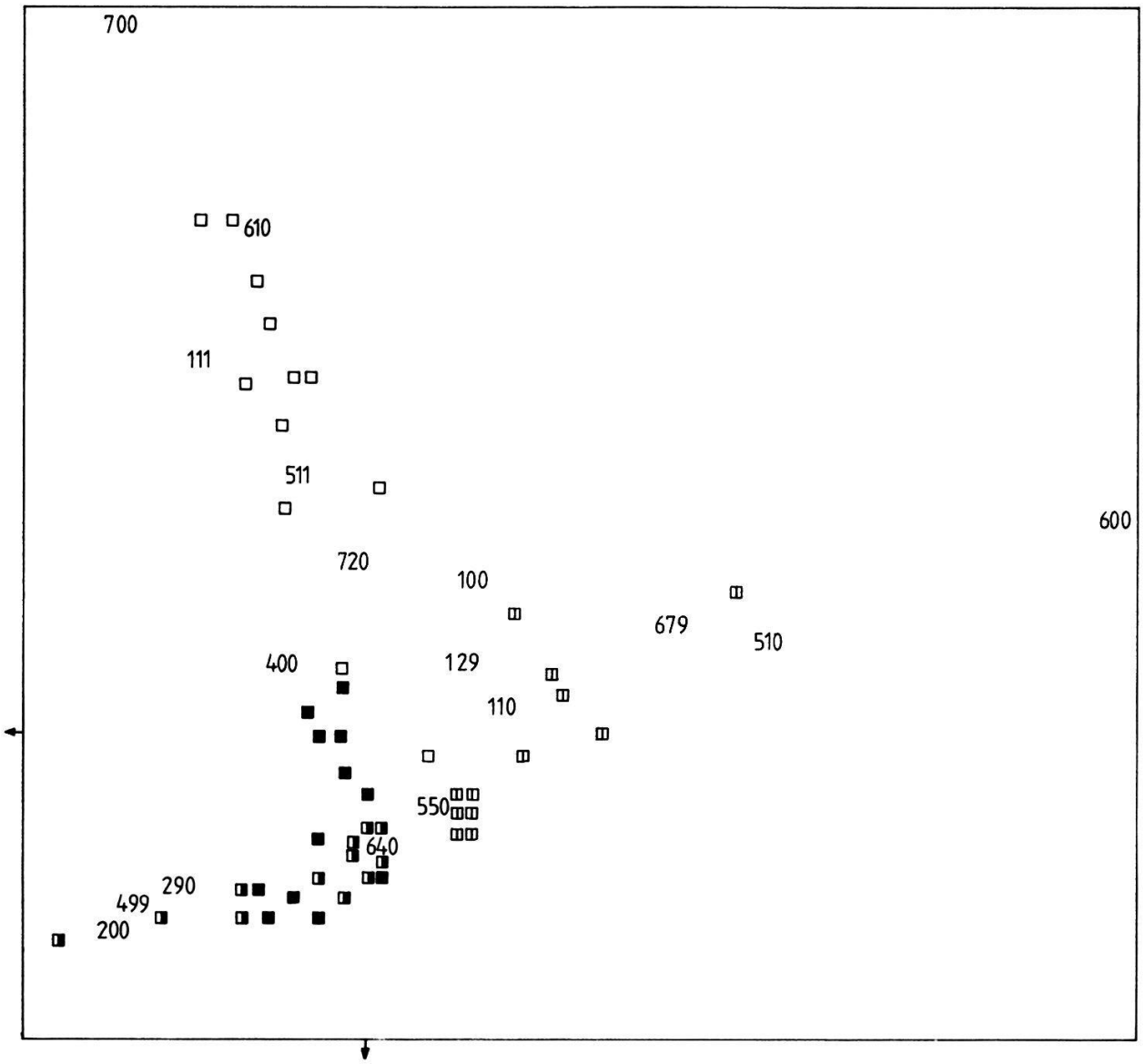
symbolique utilisée pour distinguer les prélevats

	printemps	automne
paire	2	2
C	▲	◭
B	△	◬

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)



symbolique utilisée pour distinguer les prélevats

	printemps	automne
paire	3	3
C	■	◨
B	□	◫

codification des taxons : voir figure 9

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).

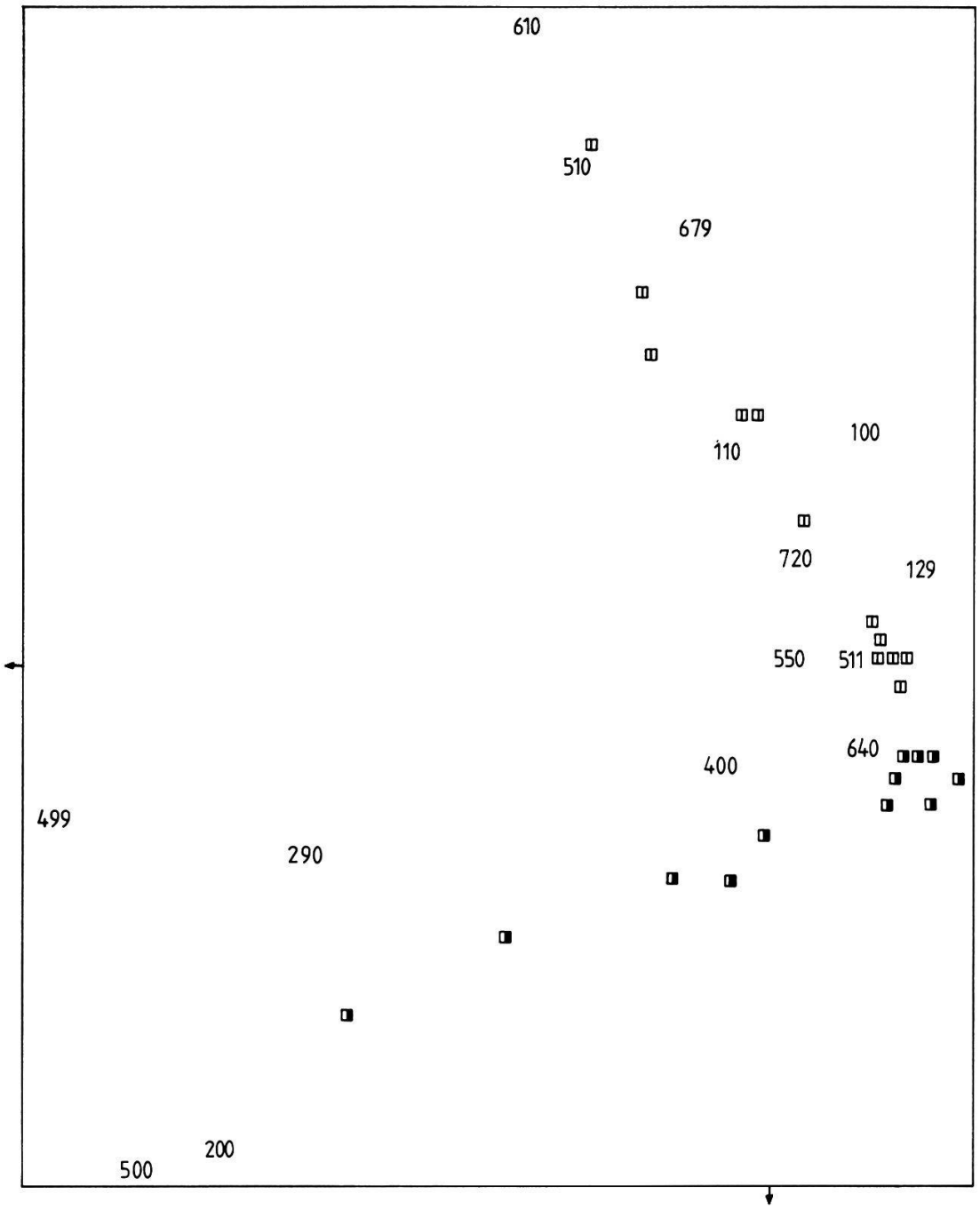
Ces particularités des peuplements lombriciens doivent être rapprochées de certaines caractéristiques de chacun des traitements pour mettre en évidence la cohérence de ces deux systèmes.

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 des correspondances)



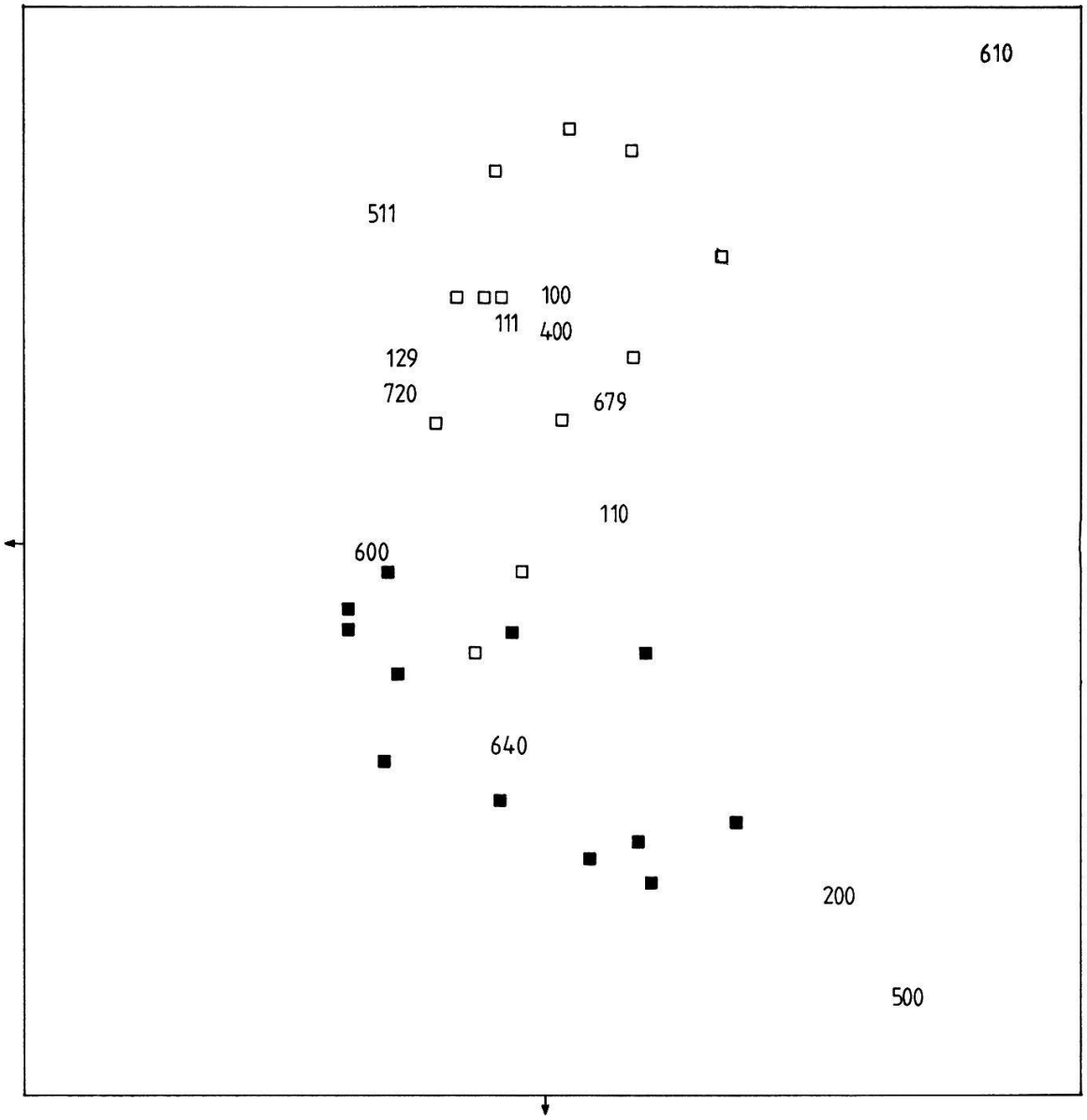
symbolique utilisée pour distinguer les prélevats

	automne
paire	3
C	◨
B	◫

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. terrestris* 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 épandus en 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 1 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

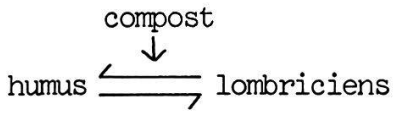
différences avec plus de précisions. (KUBIENA 1955).

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 Collemboles (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 Acariens (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 Acariens phytophages (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 Acariens carnivores (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 méthode de Berlese. 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

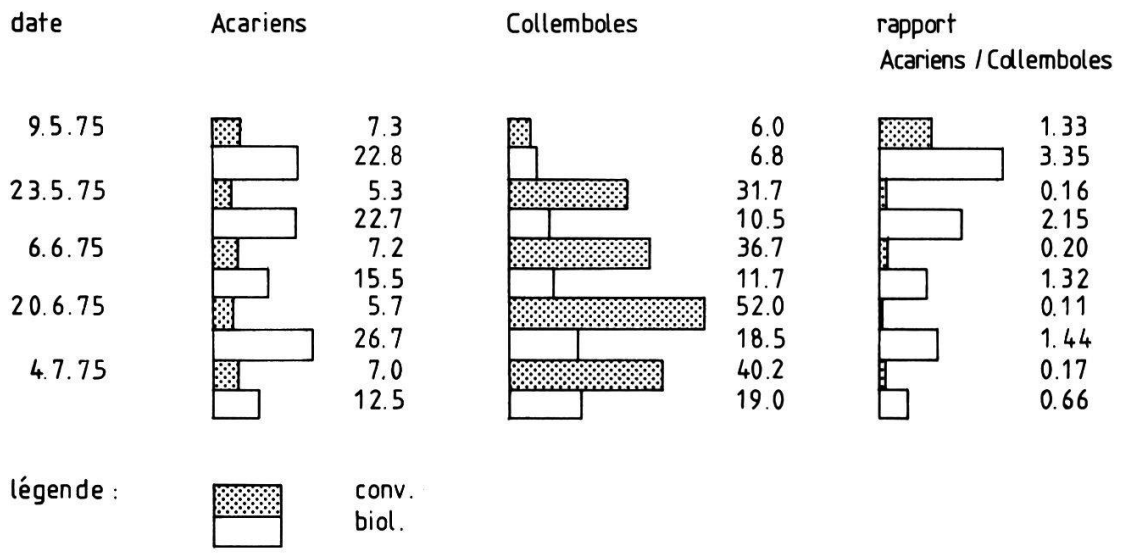
	Nombre d'Acariens et de Collemboles décomptés dans les 10 premiers cm de sol																			
	prairie conventionnelle										prarie biodynamique									
date	9.5.75		23.5.75		6.6.75		20.6.75		4.7.75		9.5.75		23.5.75		6.6.75		20.6.75		4.7.75	
répétition	Ac.	Coll.	Ac.	Coll.	Ac.	Coll.	Ac.	Coll.	Ac.	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	23	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	-	-	1	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 + Collemboles	77		220		263		346		283		178		199		163		271		189	
moyenne et écart type	237 ± 101										200 ± 42									
TOTAL	1196										1000									

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).

Figure 16

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



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 (1m 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 pilicornis (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).

		Prairie conventionnelle								Prairie biodynamique								C B		Mann & Whitney test
Date		8.7.75		4.7.75		2.9.75		18.9.75		8.7.75		4.7.75		2.9.75		18.9.75		Total		
Echantillons		1	2	1*	1+2	1	2	1	2	3	4	3	4	3	4	3	4	1+2	3+4	
Nebria brevicollis	1							2	15									17		-
Platysma anthracinum		1	2		6		2		1									12		-
Lorocera pilicornis		3	2		2													7		-
Carabus cancellatus								1										1		-
Poecilus cupreus	2	13	9		36		1	5	6		1	1	3	1	1	4	6	70	17	0.01**
Carabus monilis					10	4	2						3		1			16	4	0.13
Agonum mülleri		5	8		13	2	1			2	2	5	5			1		29	15	0.12
Platysma vulgare						3	1	1					1		1			5	2	0.58
Stomis vernalis		7	4		4			1		1	3	4	4		1		1	16	14	0.14
Clivinia fossor	3	3	3							1	3		2					6	6	1.19
Metallina lampros			1				1	1					2				1	3	3	0.87
Procustes violaceus								1				1						1	1	-
Amara lunicollis			1														1	1	1	-
Amara nitida	4	1									10	1	2				1	1	14	0.71
Anysodactylus binotatus					5				1	1	7	5	4				1	6	18	0.19
Poecilus coerulescens		3	4		33				1	1	28	55	37	2	4	3	2	41	132	0.07**
Calathus fuscipes								1							3			1	3	-
Dyschirius globosus	5										2								2	-
Nombre d'individus		36	34		109	9	8	13	24	6	56	72	63	3	11	8	13	233	232	0.58
Nombre d'espèces		8	9		8	3	6	8	5	5	8	7	10	2	6	3	7	17	14	0.69

* pièges détruits par le paysan

** différences assurées avec une probabilité d'erreur 7%

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

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.

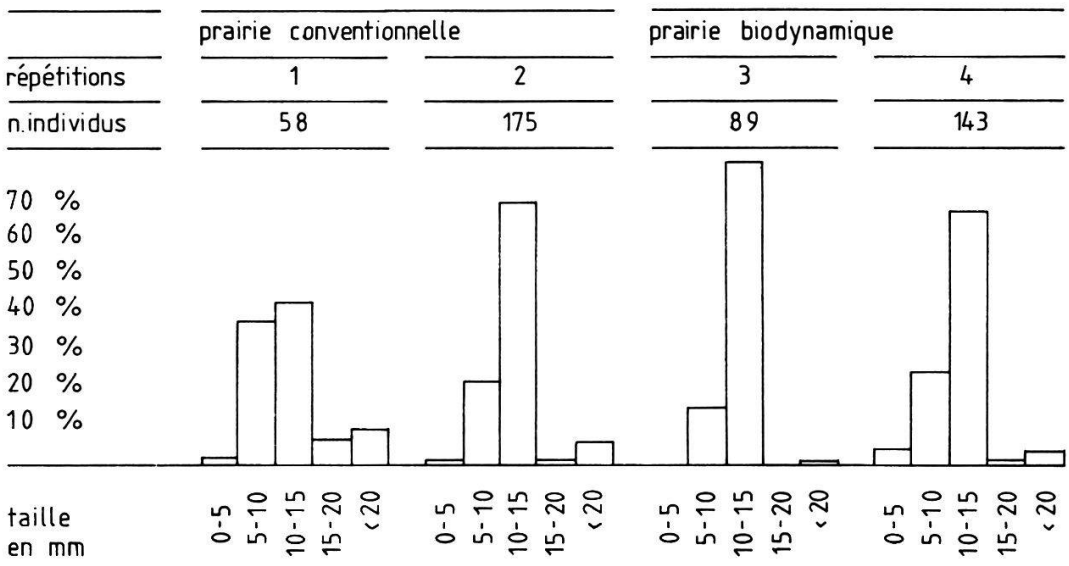
D'autres facteurs pourraient jouer un rôle, comme la date et la fréquence des fauches. Les différents dates de fauche pourraient provoquer des décalages dans le développement des espèces ou jouer un rôle dans les phénomènes de concurrence.

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.

Figure 17

Répartition des carabides en classes de grandeur sur la paire de prairies 1



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 matière organique vivante 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.

STÜCKLI (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^{6} m^{-2} 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 (STÜCKLI (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 ravageurs des cultures
		Heterodera sp. - kyste des racines
		Meloidogyne sp. - cécidogène
		Pratylenchus sp. - endoparasite du système 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 STÜCKLI (1952) a donné, elle, les estima-

tions de populations suivantes (tableau 21).

Tableau 21

Estimation de nématofaunes prairiales en Suisse par STÜCKLI (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 (STÜCKLI 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 10^6 nématodes (NIELSEN 1961), (STÜCKLI 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.

	Nombre de nématodes par 100 cc de sol								Mann & Whitney test
Prairies	1C		2C		1B		2B		
Echantillons	1	2	1	2	1	2	1	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	-	-	-	-
Longidoridae									
Longidorus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xiphinema	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichodoridae									
Trichodorus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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 répartition des individus entre les espèces (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 *Criconematidae* 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.

prairie	Nombre de phytophages par 100 cc de sol		Nombre de saprophages par 100 cc de sol		Nématofaune globale
	Total	%	Total	%	
C1	498	20.95	1928	79.5	2426
C2	1237	49.2	1277	50.8	2574
B1	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 fréquence			
	I	II	III	IV
C1	Spiralés	*Criconematidae*	*Tylenchus*	
C2	Spiralés	*Psilenchus*	*Criconematidae*	
B1	Spiralés	*Tylenchus*	*Criconematidae* *Tylenchus*	
B2	*Psilenchus*	*Criconematidae*	*Tylenchus*	Spiralés