

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: 2: Végétation
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: 14.01.2026

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

2 VEGETATION2.1 Analyse floristique2.11 Méthodesa) Méthodes d'inventaire floristiqueMéthode de l'école zuricho-montpelliéraise

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

5	recouvrement de l'espèce supérieur à	75 % du recouvrement total
4	" compris entre	75 à 50 %
3	" " "	50 et 25 %
2	" inférieur à	25 %
1	espèce bien représentée	
+	" présente	
r	" " à un exemplaire	

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

Méthode du relevé de points quadrats

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

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

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

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

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

c) Traitements statistiques

Test de Mann & Whitney

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

Test de Wilcoxon

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

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

2.1.2 Inventaire floristique et analyse phytosociologique

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

Inventaire floristique

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

Remarques :

- En plus des indications habituelles en tête du tableau de végétation, j'ai introduit des indications sur l'intensité d'exploitation pour les prairies permanentes et sur l'âge pour les prairies artificielles.
- Les chiffres de 1 à 100 indiquent le nombre de fois où sur 100 points, la plante a été trouvée selon la méthode du point quadrat.
- Au bas du tableau, j'ai introduit les valeurs indicatrices moyennes pour l'azote (N), l'humidité (H), la lumière (L), d'après les valeurs indicatrices d'ELLENBERG 1974.
- Dans une même paire, la prairie biologique est celle qui est marquée d'un B, la prairie conventionnelle, celle qui est marquée d'un C.

Analyse phytosociologique

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

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

(les autres) relevant de l'*Arrhenatheretum elatioris*.

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

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

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

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

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

Ce groupe est représentatif des prairies sèches.

Valeur moyenne de	N ¹⁾	H ²⁾	L ³⁾
	2.88	3.56	7.11

Ce groupe est représenté uniquement dans la prairie no 6.

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

Tableau 2

Tableau de végétation
prairies permanentes

prairies artificielles

numéro de la paire	6B	1B	3B	2B	7B	8B	5B	5C	7C	6C	4B	2C	3C	1C	4C	9B	10B	11B	9C	11C	12B	13C	10C	13B	14B	14C	12C	
nombre d'espèces	52	51	46	46	35	34	30	30	23	27	23	27	22	19	16	36	29	25	24	21	22	22	19	18	13	12	11	
altitude (m)	610	510	520	560	540	570	560	560	530	610	615	560	520	510	630	720	650	880	720	880	390	650	650	625	675	675	390	
exposition	-	S E	N NE	N E	O NO	S SE	N NE	N NE	O NO	E	N E	N NE	S E	S SE	S SE	N	N NO	S SE	N NO	E NE	NE	NE	E NE	NE	NE	NE		
pente (%)	0	3	4	1	3	40	12	12	3	0	4	1	3	3	1	20	4	30	15	30	0	2	3	2	0	0	0	
recouvrement (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
nombre d'utilisations	3	3-4	4	4	3	3	4-5	5	3	4	5	5-6	5-6	4-5	5-6													
fauches annuelles	3	3-4	3	1-2	3	3	4-5	4	3	4	1-2	1-2	2	4-5	2-3													
pâtures annuelles	0	0-1	1	2-3	0	0	0	1	0	0	0	3-4	3-4	0	2-3													
fumier (par an)	1/2	1	3/4	1/2	1/2	1/2	1	-	1	1/2	1/2	1																
purin (par an)	-	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	2	3	2-3	3-4	*												
boue d'épuration																												
scories thomas																200	500	+										
nitrate d'ammoniaque																												
NPK												300																
préparats: bouse de corne	2	3	-	2	1										1													
silice de corne	1	1-3	-	1	1										1													
herbicide (contre Rumex ob.)																												
âge des prairies artificielles																20	6	6	15	6	5-6	5	8	4	4-5	4-5	6	

Luzula campestris	1	+																										
Daucus carota		+																										
Allium scorodoprasum		+																										
Festuca ovina s.l.		+																										
Viola hirta		+																										
Primula veris		+																										
Helictotrichon pratensis	3																											
Salvia pratensis	14																											
Bromus erectus	2																											
Arabis hirsuta s.l.		+																										
Achillea millefolium *	18																											
Medicago lupulina	2	+	+																									
Lotus corniculatus		+	+	+																								
Helictotrichon pubescens	1	1	1	1																								
Plantago media	5		+	+																								
Campanula rotundifolia	1	3	1	1																								
Prunella vulgaris *	4	+	11	+																								
Carum carvi *		+	+	+	+																							
Ranunculus bulbosus *		+	+	+	+																							
Knautia arvensis	10	8		+																								
Tragopogon orientalis *	5	3		+																								
Chrysanthemum leucanthemum	5	10	2	1	1	+																						
Galium album *	4	+	1	+	1	+																						
Centaurea jacea *	13	4	+	+	4	+																						
Vicia sepium		3	+	4	+																							
Colchicum autumnale *		+	+																									
Vicia cracca s.l.		+	+																									
Lathyrus pratensis		+																										

1A +
 21

4 8
 +
 3 r 7
 9 11

+ r
+
+ 3 +
3 r 7
+ r 4 r
2 + 4

Pimpinella major *																			
Alchemilla vulgaris s.l. *																			
Ranunculus ficaria																			
Melandrium diurnum																			
Festuca rubra	3	2	79	+	3		17	29	75										
Arrhenatherum elatius	8	7	+	8	3	4	1	1	2	1									
Phleum pratense s.l.	+	+		+															
Veronica arvensis	+	+	r		r		r	+	+	2									
Trifolium pratense	32	48	4	12	3	4	36	2	6										
Plantago lanceolata	20	6	7	12	4	+	5	1	14										
Trisetum flavescens	22	20	8	5	11	19	2	10	4	16									
Veronica chamaedrys	+	5	7	4	1	19	4	13											
Cynosurus cristatus	3	3	49	8	3			+	5										
Anthoxanthum odoratum	21	32	10	15	8	23	4	12		2	4	4							
Holcus lanatus	4	13	6	5	13	28	37	11	8	+	2	2							
Rumex acetosa *	9	8	14	11	1	10	11	19	2	5	+	4	1						
Cerastium caespitosum	27	7	9	21	10	4	2	1	4	9		+	2	5					
Bellis perennis *	4	5	7	9	13	1	+	4	14	+	2	5	2	5	+				
Dactylis glomerata	46	14	13	11	10	27	6	8	1	32	6	15	+		19				
Taraxacum officinale s.l. *	43	40	60	75	75	33	39	31	51	63	53	15	27	64	23				
Ranunculus friseanus *	7	36	42	51	24	2	36	29	11	28	4	16	6	30	19				
Cardamine pratensis *	43	11	9	31	31	23	12	3	+	9	28	12	2	11					
Ajuga reptans *	+	+	+	1	2	+	4												
Glechoma hederaceum *	2	1	4		9	+													
Veronica filiformis	4																		
Agrostis stolonifera																			
Bromus mollis																			
Poa pratensis	3	+	+																
Ranunculus repens *	1	+		+		9													
Rumex obtusifolius *	2	+	+	1	r	+	+												
Lolium multiflorum	8	8	+	1	1	16	1												
Chaerophyllum silvestre	+	18	23	2	16		18	r											
Alopecurus pratensis		+	37	16			60		79										
Heracleum sphondylium *	5	+	+	5	5	38	r	9	17	45	+	2	40	48	8				
Trifolium repens	32	+	33	22	29	4	35	6	50	21	56	59	40	23	3				
Lolium perenne	12	34	20	49	7	3	65	51	2	10	90	88	90	+	38				
Poa trivialis	25	10	32	51	92	81	34	84	72	90	96	58	50	83	80				
Agropyron repens *		+		5															
Veronica serpyllifolia			r	+															

numéro de la paire	6B	1B	3B	2B	7B	8B	5B	5C	7C	6C	4B	2C	3C	1C	4C	9B	10B	11B	9C	11C	12B	13C	10C	13B	14B	14C	12C
N (azote)	5.7	5.9	6.1	6.5	6.8	6.2	6.4	6.6	6.8	6.5	7.0	6.9	7.2	7.3	7.1	6.8	6.8	6.8	6.8	6.7	6.9	6.7	6.9	6.7	6.9	7.1	
H (humidité)	4.4	5.4	5.3	5.5	5.9	5.8	5.7	5.8	6.0	5.5	5.8	5.9	5.5	5.4	5.8	6.0	5.8	5.2	5.8	6.0	5.7	5.7	4.7	5.8	5.9	6.3	6.2
L (lumière)	7.0	6.8	7.1	6.9	6.6	6.4	7.1	6.9	6.6	6.9	6.8	6.9	7.2	6.8	6.7	6.8	6.7	6.8	6.9	6.8	7.3	6.8	7.0	7.0	6.9	6.8	

* plantes d'intérêt pharmaceutique

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

Le groupe 1A: *Arabis hirsuta*, *Achillea millefolium*, *Ranunculus bulbosus*, *Knautia arvensis*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Galium mollugo*, *Centaurea jacea*.

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

Valeur moyenne de	N	H	L
	3.33	4.17	6.86

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

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

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

Le groupe 3 : est formé de plantes qui, pour des raisons variées, disparaissent avec l'intensification, (KLOTZLI communications orales, KUNZLI 1967), *Festuca rubra*, *Arrhenatherum elatius*, *Phleum pratense*, *Plantago lanceolata*, *Trisetum flavescens*, *Rumex acetosa*, *Cynosurus cristatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus* :

Valeur moyenne de	N	H	L
	5.13	5.00	6.11

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

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

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

Valeur moyenne de	N	H	L
	6.5	5.17	6.50

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

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

Valeur moyenne de	N	H	L
	7.25	5.67	7.25

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

J'ai réuni dans le tableau 3 les indices d'exigence en azote (N), en humidité (H), en lumière (L) (ELLENBERG 1974) qui caractérisent ces différents groupes. On peut y voir le gradient d'exigences en eau et en azote qui va croissant du groupe 1 au groupe 5, ainsi que deux groupes d'héliophiles, à savoir les plantes de la variante maigre-sèche et les plantes élevées de la variante intensive.

Tableau 3

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

groupes	indices moyens		
	N	H	L
1	2.9	3.6	7.1
1A	3.3	4.2	6.7
3	5.1	5.0	6.1
4	6.5	5.2	6.5
5	7.3	5.7	7.3

2.13 Discussion sur la diversité

a) Diversité des prairies étudiées

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

cf. Tableau 4, nombre d'espèces.

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

soit : S le nombre d'espèces

P_i l'espèce i en proportion de l'échantillonnage total

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

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

Tableau 4

Nombre d'espèces

paire		nombre d'espèces							test de Wilcox.	min	max	moyenne	écart type
		1	2	3	4	5	6	7					
total	C	18	26	21	17	30	27	23	0.014	16 ↔ 30	24	5.05	
	B	51	46	46	23	30	53	35					
graminées	C	6	10	7	7	12	7	12	0.031	6 ↔ 12	9	2.56	
	B	16	14	14	11	10	18	10					
légumineuses	C	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1	2	2	1	0.022	1 ↔ 2	1	0.49	
	B	7	3	5	1	2	5	2					
diverses	C	11	15	13	9	16	18	10	0.009	9 ↔ 18	13	3.34	
	B	28	29	27	11	18	30	23					

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

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

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

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

accorde une importance plus grande aux espèces faiblement représentées.

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

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

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

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

Tableau 5

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

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

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

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

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

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

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

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

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

b) Importance de la diversité prairiale

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

II Meilleure utilisation de l'espace

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

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

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

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

V frein au développement des "mauvaises herbes".

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

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

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

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

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

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

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

VII Influence sur la palatabilité de la nourriture.

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

VIII Influence sur la qualité de la nourriture.

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

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

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

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

Les essais nutritionnels:

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

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

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

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

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

graminées	} espèces ne pouvant que mal assimiler les minéraux
<i>Anthriscus silvestris</i>	
<i>Heracleum sphondylium</i>	
<i>Leontodon hispidus</i> etc.	
<i>Plantago lanceolata</i>	} espèces absorbant des quantités de Na 2 à 5 x plus grandes que n'en absorbent les autres composantes de l'association.
<i>Hypochoeris radiata</i>	

exemple :

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

d) Les diverses et la phytopharmacie

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

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

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

Achillea millefolium
Galium album
Tragopogon orientalis
Centaurea jacea
Pimpinella major
Colchicum autumnale
Ranunculus bulbosus
Alchemilla vulgaris s.l.
Carum carvi
Glechoma hederaceum
Ajuga reptans
Bellis perennis
Prunella vulgaris
Lysimachia nummularia

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

Cardamine pratensis
Ranunculus sp.
Taraxacum officinale
Chaerophyllum silvestre
Heracleum sphondylium
Rumex obtusifolius
Rumex acetosa

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

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

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

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

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

S'il est difficile d'imaginer une intensification biologique où la diversité et la productivité culminaient en un maximum simultané (la précocité ou la fréquence accrue des fauches qui accompagnent toute intensification suffisent à rendre cette hypothèse invraisemblable), on peut imaginer une prairie biologique trouvant un compromis, optimum entre une production de quantité et de diversité, caractérisée par la présence de certaines espèces ou par leur fréquence. Certaines prairies, comme la prairie biologique 1B pourraient en être un exemple. Il n'a malheureusement pas été possible (p. 7) dans le cadre de ce travail de faire de mesures de productivité de ces prairies.

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

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

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

Méthodes

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

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

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

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

Résultats et discussion

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

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

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

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

Tableau 6

Poids des racines en g par litre de sol

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

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

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

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

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

l'humus :

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

les engrains azotés :

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

le rythme d'exploitation :

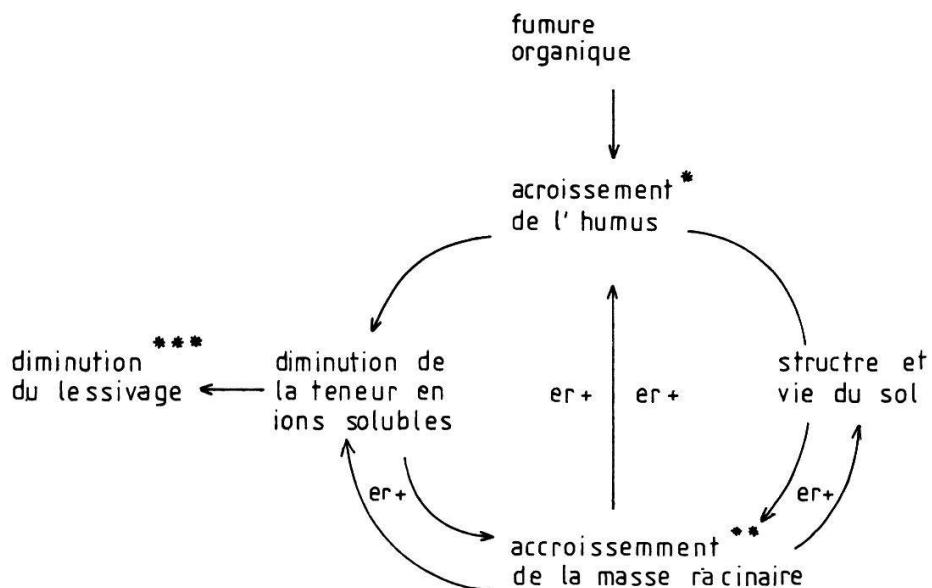
- la prairie conventionnelle est exploitée plus intensivement que l'autre (une coupe de plus par année en moyenne). Les coupes fréquentes provoquent le développement des racines superficielles. (KLAPP 1971)
- une première coupe tardive permet à la prairie de s'égrainer, entraînant une plus grande densité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

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

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

Figure 1

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



er+ = effet rétroactif positif

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

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

Tableau 7

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

Valeur moyenne de la matière organique (% du poids) pour chaque section

	section	moyenne (%)	écart type
surface labourée	organique	3.38	0.08
	mixte	3.34	0.03
	sans bétail	2.81	0.05
prairie permanente	organique	5.57	0.20
	mixte	4.96	0.26

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

Tableau 8

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

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

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

la décomposition des racines y est plus rapide.

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

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

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

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

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

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

Méthode

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

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

Résultats et discussion

Tableau 9

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

té décroissante).

		% de matière sèche							moyen-	écart	test
paire no		6	1	2	3	7	5	4	ne	type	de Wilc.
prairie		17.35	17.71	20.27	18.36	19.29	19.35	15.71	18.29	1.41	
conv.											0.28
prairie		17.65	20.59	17.64	18.42	20.24	16.66	18.75	18.56	1.32	
biod.											

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

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

2.4 Valeur fourragère

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

Méthode

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

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

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

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

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

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

$$\text{protéine digestible} = 0.948 \text{ (protéine brute-18)} + 0.038 \text{ (cendres-10)} + 13.62$$

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

$$\text{UA} = 0.970 \text{ (100 - cendres)} - 0.3238 \times \text{fibres brutes} - \frac{2.65771}{100-\text{cendres}} \times \frac{\text{fibres}_2}{\text{brutes}^2}$$

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

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

Résultats et discussion

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

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

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

I Teneur en protéines brutes (azote total x 6.25)

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

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

teneur en protéines brutes (JUCKER 1972)

herbe à la hauteur du poing	21 %
-----------------------------	------

début de l'épiaison des graminées	14 %
-----------------------------------	------

début de la floraison	13 %
-----------------------	------

Tableau 10

Comparaison des résultats des analyses chimiques de la strate aérienne de la végétation de 14 paires de prairies conventionnelles et biodynamiques.

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

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

II Teneur en fibres brutes :

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

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

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

teneur en fibres brutes (JUCKER 1972)

herbe à la hauteur du poing	20 %
-----------------------------	------

début de l'épiaison des graminées	25 %
-----------------------------------	------

début de la floraison	28 %
-----------------------	------

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

III Teneur en cendres :

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

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

IV Unités amidon (UA) :

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

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

UA (JUCKER 1972)

herbe à la hauteur du poing	66
début de l'épiaison des graminées	62
début de la floraison	54

V Teneur en minéraux :

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

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

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

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

La teneur en K est significativement supérieure sur la prairie conventionnelle. JUCKER (1972), KIRCHGESSNER (1975) parlent du danger d'une teneur en K trop élevée. La station fédérale de recherches sur la production a-

nimale de Grangeneuve admet une teneur de 3 % comme limite supérieure, et considère 2 à 2,5 % comme une teneur en K favorable.

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

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

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

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

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

Conclusions

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

2.5 Résumé

(cf. figure 2)

Figure 2

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

	prairies conventionnelles moyenne, min,max	Wilcoxon	prairies biodynamiques moyenne, min,max	paire	remarques
nombre d'espèces total	24 16-30	0.014	40.4 23-52	1-7	
graminées	9 6 - 12	0.031	13 10 - 18	1-7	
légumineuses	1 1 - 2	0.022	4 1 - 7	1-7	
diverses	13 9 - 18	0.009	24 11-30	1-7	
plantes d'intérêt pharmaceutique	8 5 - 10		12 7 - 16	1-7	
« mauvaises herbes »				1-7	avec des extrêmes bcp plus marqués dans les prairies convention.
analyse chimique de la végétation	moyenne écart type		moyenne écart type		
racines				1	variation < de la masse racinaire sur la prairie biodynam.
protéines %	17.4 ± 3.0	0.139	16.4 ± 2.9	1-14	
fibres brutes %	15.2 ± 2.1	0.165	16.3 ± 2.9	1-14	
cendres %	8.9 ± 1.1	0.037	8.2 ± 1.2	1-14	
unités amidon %	73.2 ± 0.4	0.020	74.8 ± 0.4	1-14	
P %	0.39 ± 0.05	0.010	0.33 ± 0.09	1-14	
Ca %	0.87 ± 0.17	0.079	0.96 ± 0.23	1-14	
Ca / P mg/kg	2.26 ± 0.42	0.002	312 ± 0.96	1-14	
K mg/kg	2.84 ± 0.59	0.007	2.42 ± 0.47	1-14	
Mg mg/k	0.24 ± 0.07	0.046	2.28 ± 0.09	1-14	
Mn , Cu , Mo mg/kg				1-14	fortes variations sans tendances visibles