

CENTRE DE RECHERCHES ET DE FORMATIONS AGRICOLES POUR L'EST DE LA
BELGIQUE



Valorisation de matières organiques en prairie de fauche
GUMIKO

Rapport de synthèse
1993-2001

Décembre 2004

1. Introduction

1.1. But

L'essai GUMIKO est un essai de longue durée. Il s'étale sur 8 années : 1993 à 2001. Dans cet essai, il s'agit de comparer l'efficacité de différentes matières organiques entre elles ainsi que par rapport à des fumures minérales. L'expérimentation se rapporte tant sur le rendement que sur l'évolution de la flore.

1.2. Lieu.

L'essai s'est déroulé sur une parcelle des frères Faymonville à Honsfeld (commune de Büllingen). Ils détiennent leur bétail laitier en stabulation libre sur paille. Le fumier est mis deux fois par an en andains de compostage, qui sont retournés également deux fois par an.

1.3. Description de l'essai.

L'essai a été mis en place en automne 1993. Les applications des différentes matières organiques sont introduites progressivement au cours de la première année ; ainsi, les premiers rendements ont pu être mesurés en 1994.

- **Au départ**, l'essai comprenait 10 traitements différents, 5 apports organiques, 4 minéraux et un témoin zéro (voir ci-dessous).
- **En 1996**, vu l'intérêt grandissant pour ces matières, deux traitements organiques sont ajoutés, à savoir des fientes de poules et des boues d'épuration.
- **Jusqu'en 2000 (inclus)**, des applications d'engrais (minéral, organique, fumures de fond P et K), des mesures de rendements, des déterminations de la flore et des analyses du sol sont réalisées. Agra-Ost dispose également d'analyses de fourrages de toutes les années, sur tous les traitements et pour toutes les coupes (3 ou 4 par an).
- **L'année 2001** fut une année de conclusions, centrée sur les arrière - effets. Plus aucune fumure n'a été appliquée cette année là. Le rendement des 4 coupes a été mesuré et l'évolution de la flore a été observée. Cette année aussi, des analyses de fourrages ont été réalisées.

1.4. Les objets comparés.

Fumures organiques :

<p>depuis 1993</p> <p>depuis 1996</p>	<p>* L = lisier bovin</p> <p>* F = fumier bovin frais</p> <p>* FC = fumier bovin composté</p> <p>* CDV = compost de déchets verts</p> <p>* LB = litière biomâtrisée</p> <p>* FP = fientes de poules</p> <p>* BE = boues d'épuration</p>	}	<p>chacun 200 uN / an / ha</p>
---------------------------------------	--	---	---------------------------------------

Engrais minéral : * **Nmin** = 4 traitements de fumure minérale (**50, 100, 150 et 200 unités N / an / ha**)

Un témoin zéro : * **T** = témoin (ni fumure organique, ni minérale)

2. Fumures organiques et minérales appliquées durant 7 ans

(caractéristiques des matières, totaux et moyennes)

2.1. Fumures organiques

2.1.1. Lisier

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
Quantité m ³ /ha	33,5	103	64	73,7	55	54	110	493
pH Ø	8,4	8,1	8	8,26	8	8,16	7,93	8,08
% MS Ø	6,8	2,4	5,2	6	6,6	3,7	11,1	5,83
N total	190	165,5	214	251	206	172	206	1404,50
N ammon.	102	67	98	94	94	88	91	634
P ₂ O ₅	34	45	59,5	88	72	37	72	408
K ₂ O	200	245	212,5	308	263	199	228	1656
CaO	45	76	65,3	107	91	41	73	498
MgO	29	39	38,4	71	46	25	53	301
Na ₂ O	24,5	61	32	78	55	29	20	300

2.1.2. Fumier bovin frais

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
Quantité t/ha	38,2	32,4	33,1	50	58	58,3	85,4	355
Densité Ø	/	663	719	801,5	877,5	811	912	797,33
pH Ø	8,4	8,2	7,85	7,9	7,8	7,6	7,9	7,88
% MS Ø	20,2	22,5	18,8	15,7	14,4	15,1	12,3	16,47
N total	210	203	145	199	200	200	190	1347
N ammon.	29	15,6	33	28	32	22	15	175
P ₂ O ₅	68,5	93	126	103	103	127	101	722
K ₂ O	363	461	156	288	263	200	207	1938
CaO	99	148	124	91	100	125	92	779
MgO	44,5	61	54	46	51	60	41	358
Na ₂ O	28,5	30	53	31	15	9	50	217

2.1.3. Fumier bovin composté

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
Quantité t/ha	37,4	50	35,8	35,9	31,5	34,6	26,6	252
Densité Ø	750	801	754	659	719	687	700	720
pH Ø	8,1	8,4	8,54	8,3	8,3	8,2	8,5	8,37
% MS Ø	17,2	20,8	18,85	21,1	24,6	24,4	21,5	21,88
N total	200	208	203	200	200	200	201	1412
N ammon.	25	6,4	14,64	9	1,7	15	3,7	75
P ₂ O ₅	84	134	107	110	113	132	121	801
K ₂ O	342	332	386	370	195	211	133	1969
CaO	121	239	143	187	187	190	213	1280
MgO	53	77	63	79	84	101	89	546
Na ₂ O	17	29	30	27	16	24	8	151

2.1.4. Compost de déchets verts

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
Quantité t/ha	45,9	33,6	29,1	31,3	37,2	41,2	25	243
Densité Ø	/	720	702,5	765	795,5	751	833,5	761,25
pH Ø	8	7,7	7,8	7,6	7,9	7,7	8	7,78
% MS Ø	44,8	58,5	54,3	60,2	57,2	53,8	54,9	56,48
N total	194	186	200	200	200	200	124	1304
N ammon.	1,4	0,4	1,9	1	1	3	1	10
P ₂ O ₅	134,5	150	115	146	144	157	74	921
K ₂ O	223	123,5	158	140	113	101	56	915
CaO	462	391	521	618	637	597	442	3668
MgO	139,5	197	144	164	210	189	115	1159
Na ₂ O	19,3	16,5	19	14	15	15	9,5	108

2.1.5. Litière biomâtrisée

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
Quantité t/ha	37,8	27	18	18,1	23,2	21,7	24,2	170
Densité Ø	716	786	443,5	446	391	420	447,3	488,97
pH Ø	8,1	7,9	8,6	9	7,1	6,8	7,3	7,78
% MS Ø	45,4	31,7	51,1	52,3	48,3	40,2	45,4	44,83
N total	378	205	194	200	200	200	200	1577
N ammon.	51	14,5	13,2	23	19	6	4,6	131
P ₂ O ₅	556	111	204	306	290	255	334	2056
K ₂ O	676	118	263	406	334	273	406	2476
CaO	561	150	213	284	237	221	223	1889
MgO	197,5	46	78	162	85	80	113	762
Na ₂ O	129	25	53,5	67	71	55	82	483

2.1.6. Fientes de poules

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
Quantité t/ha			5,8	7,14	6,3	13,3	9,8	42
Densité Ø			459	455	422	378	515,5	445,9
pH Ø			7,5	9,2	7,8	8,1	7,5	8,02
% MS Ø			73,3	60,8	54	30,7	43,5	52,46
N total			200	200	200	200	206	1006
N ammon.			26	65	52	71	76,5	291
P ₂ O ₅			121	112	120	160	119	632
K ₂ O			127	109	128	90	133	587
CaO			68	152	78	22	382	702
MgO			40	42	40	49	51	222
Na ₂ O			20	14	18	10	13	75

2.1.7. Boues d'épuration

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
Quantité t/ha			11,4t + 90m ³ /ha	27,2	31,3	37,9	44,5	152et 90
Densité Ø			921	613,5	707,5	590	926,3	m³ liquides 779,88
pH Ø			6,75	6,6	6,4	6,75	7,2	6,74
% MS Ø			17,2	48,4	40,8	36,5	45,4	37,66
N total			222	200	200	200	200	1022
N ammon.			31	4	9,2	2	1,5	48
P ₂ O ₅			159	240	257	330	301	1287
K ₂ O			37	30	28	56	53	204
CaO			146	206	173	144	144	813
MgO			51	62	78	90	82	363
Na ₂ O			14	7	8	12	13	54

2.2. Le chaulage

Deux chaulages ont été effectués au cours de l'expérimentation sur toute la parcelle :

En janvier 1995 : 1 tonne Duwa 85 – 10 57 VN → 570 VN/ha
 En mars 1999 : 1 tonne Duwa 55 – 40 58 VN → 580 VN/ha

2.3. Fumure minérale

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
Nmin 50	50	50	50	50	50	50	50	350
Nmin 100	110	100	100	100	100	100	100	710
Nmin 150	150	150	150	150	150	150	150	1050
Nmin 200	200	200	200	200	200	180	200	1380

2.4. Fumure de fond (P et K)

<u>Trait.</u>	1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000		Total	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
T	90	140	150	170	100	130	200	200	200	300	200	300	140	130	1080	1370
L	90	140	150	170	100	50	200	0	200	0	200	0	140	0	1080	360
F	90	140	150	170	100	0	200	0	200	0	200	0	140	0	1080	310
FC	90	140	150	170	100	0	200	0	200	0	200	0	130	0	1070	310
CDV	90	140	150	170	100	70	200	0	200	100	200	150	100	140	1040	770
LB	90	140	150	170	100	0	200	0	100	0	100	0	70	0	810	310
FP	90	140	150	170	100	150	200	0	200	100	200	200	100	190	1040	950
BE	90	140	150	170	100	130	200	200	200	300	200	300	140	160	1080	1400
Nmin 50	90	140	150	170	100	140	200	200	200	300	200	300	150	130	1090	1380
Nmin 100	90	140	150	170	100	140	200	200	200	300	200	300	150	140	1090	1390
Nmin 150	90	140	150	170	100	150	200	200	200	300	200	300	140	190	1080	1450
Nmin 200	90	140	150	170	100	150	200	200	200	300	200	300	140	180	1080	1440

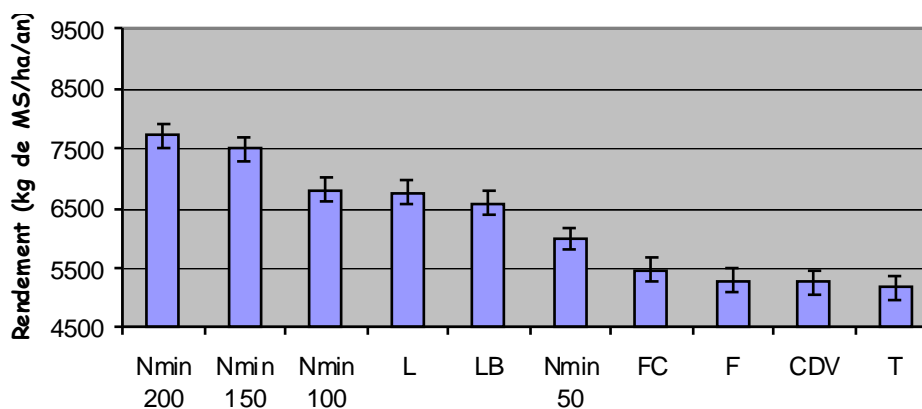
2.5. Fumures totales

Traitements	N total	P ₂ O ₅			K ₂ O		
		org	min	total	org	min	total
Témoin	0	0	1080	1080	0	1370	1370
Lisier	1405	408	1080	1488	1656	360	2016
Fumier frais	1347	722	1080	1802	1938	310	2248
Fumier composté	1412	801	1070	1871	1969	310	2279
Compost déchets verts	1304	921	1040	1961	915	770	1685
Litière biomâtrisée	1577	2056	810	2866	2476	310	2786
Fientes de poules	1006	632	1040	1672	587	950	1537
Boues d'épuration	1022	1287	1080	2367	204	1400	1604
Azote minéral 50	350	0	1090	1090	0	1380	1380
Azote minéral 100	710	0	1090	1090	0	1390	1390
Azote minéral 150	1050	0	1080	1080	0	1450	1450
Azote minéral 200	1380	0	1080	1080	0	1440	1440

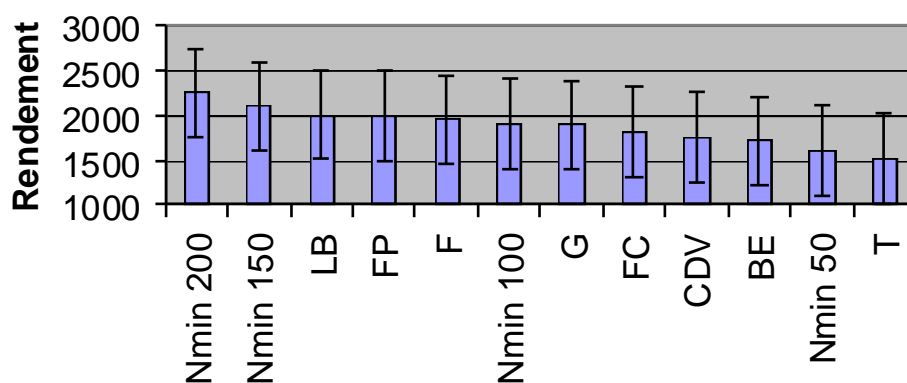
3. Les rendements

3.1. Rendement par année

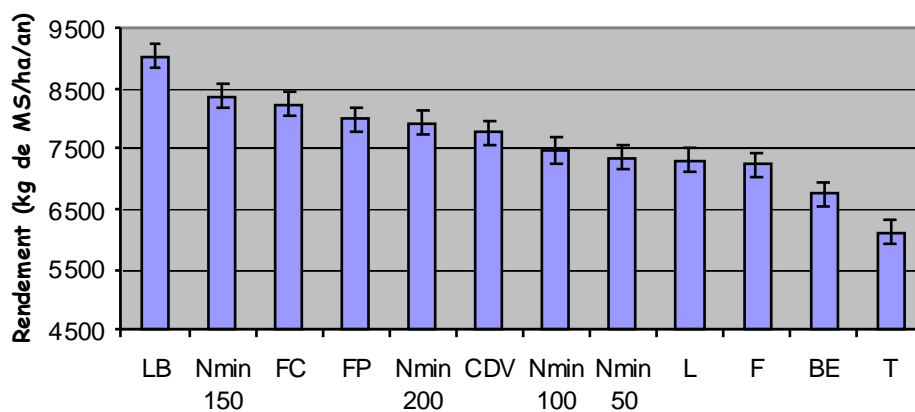
1994



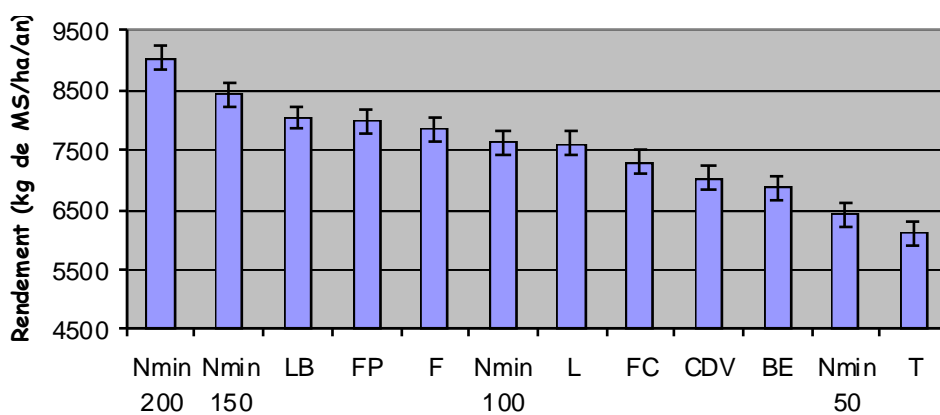
1997



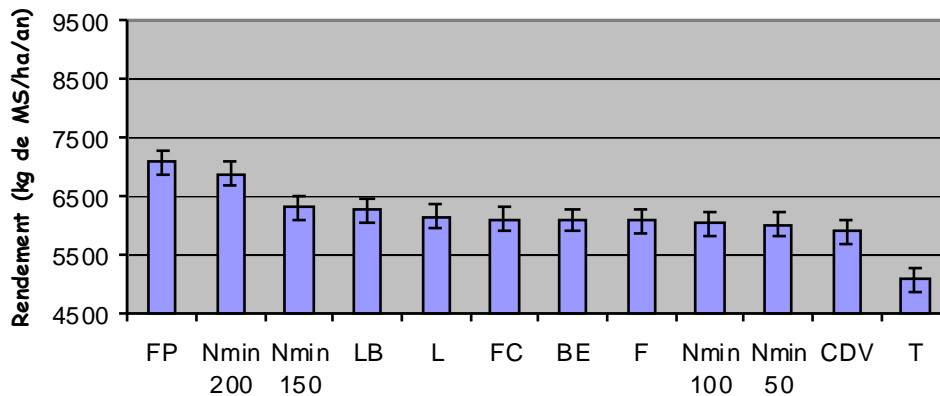
1996



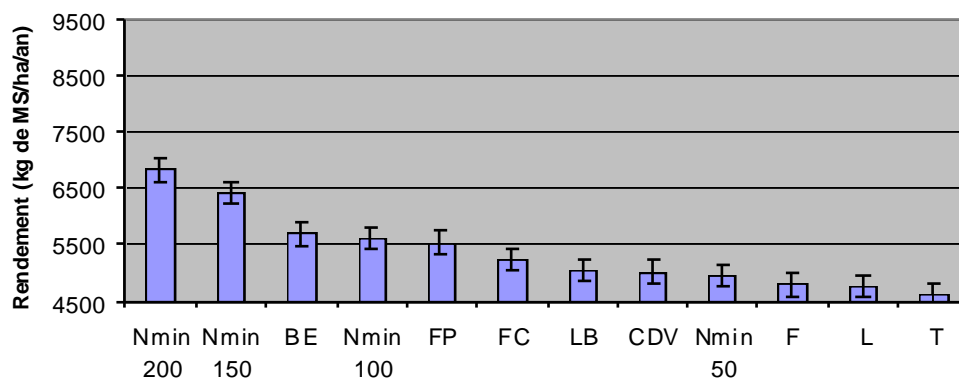
1997

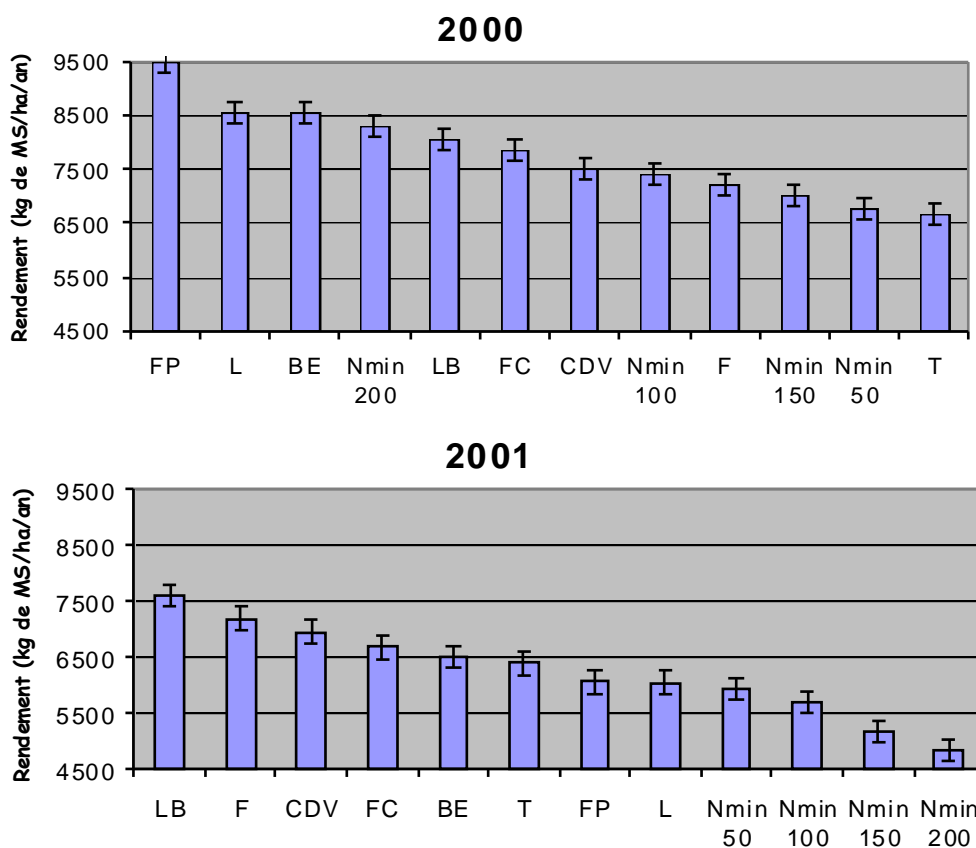


1998



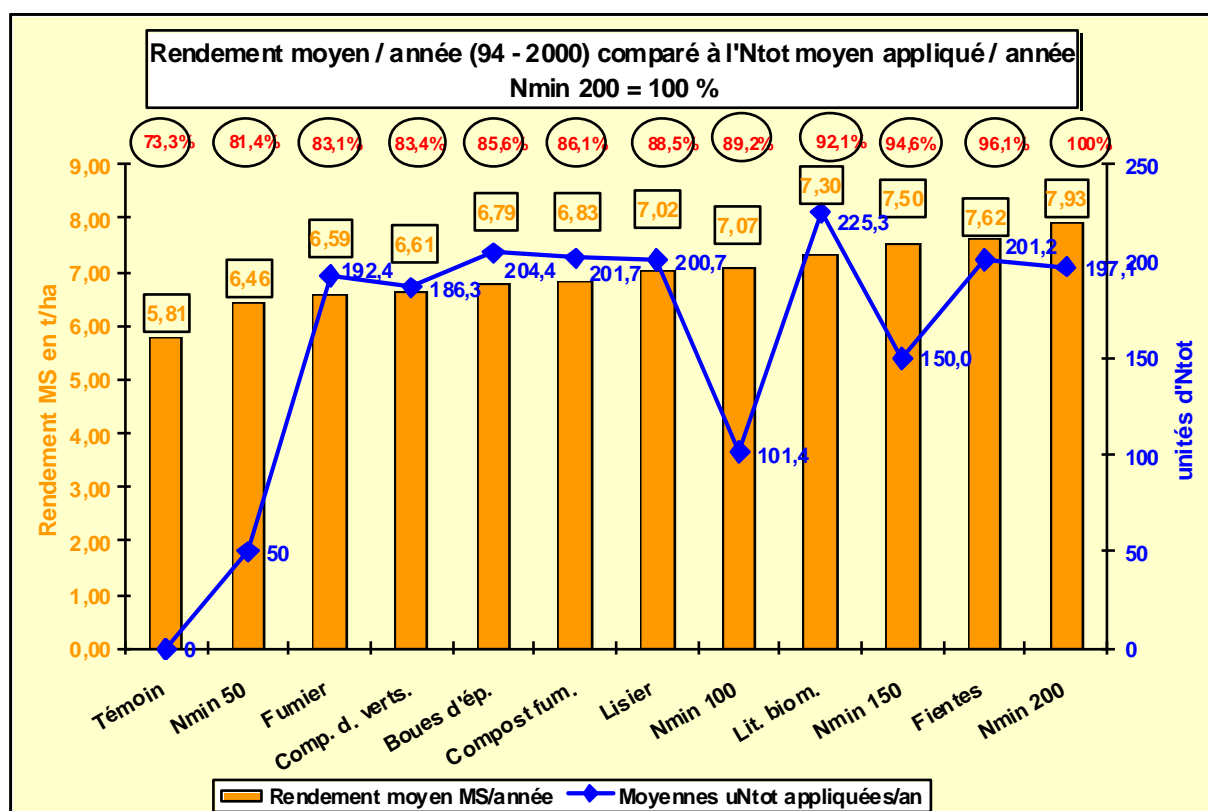
1999



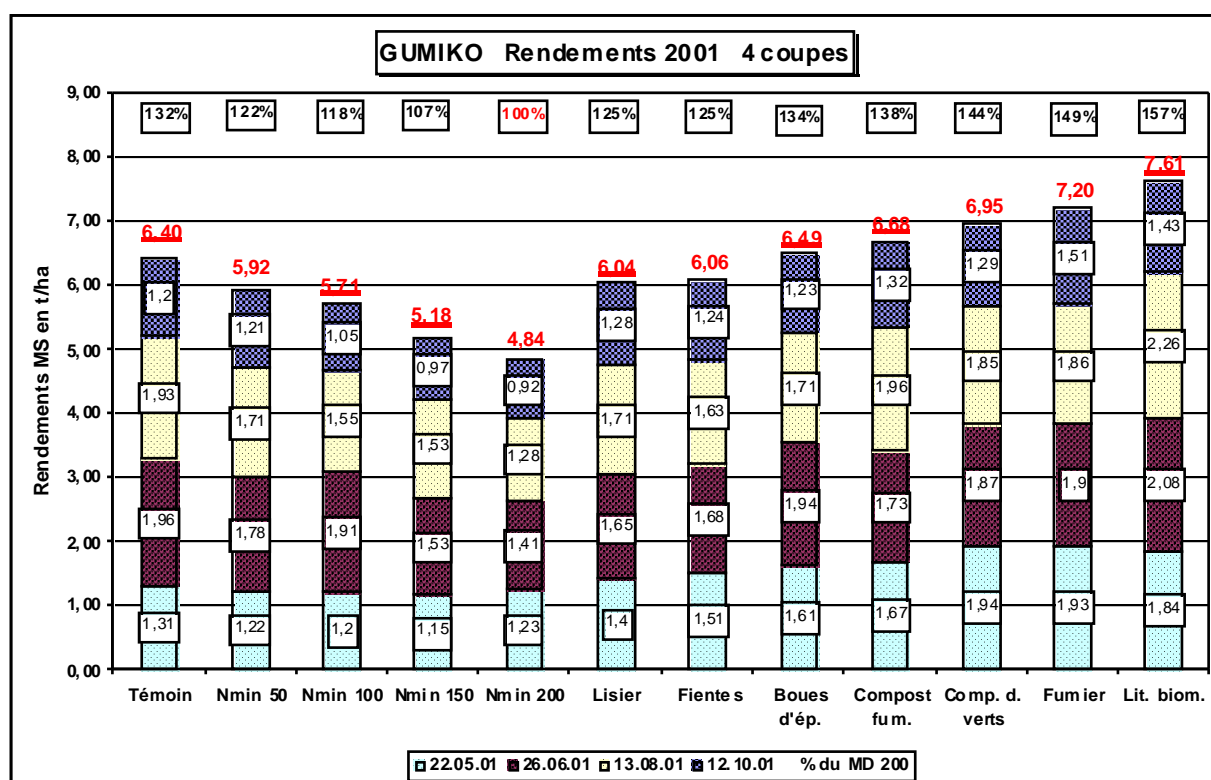


3.2. Rendement moyen de MS par année (94 à 2000)

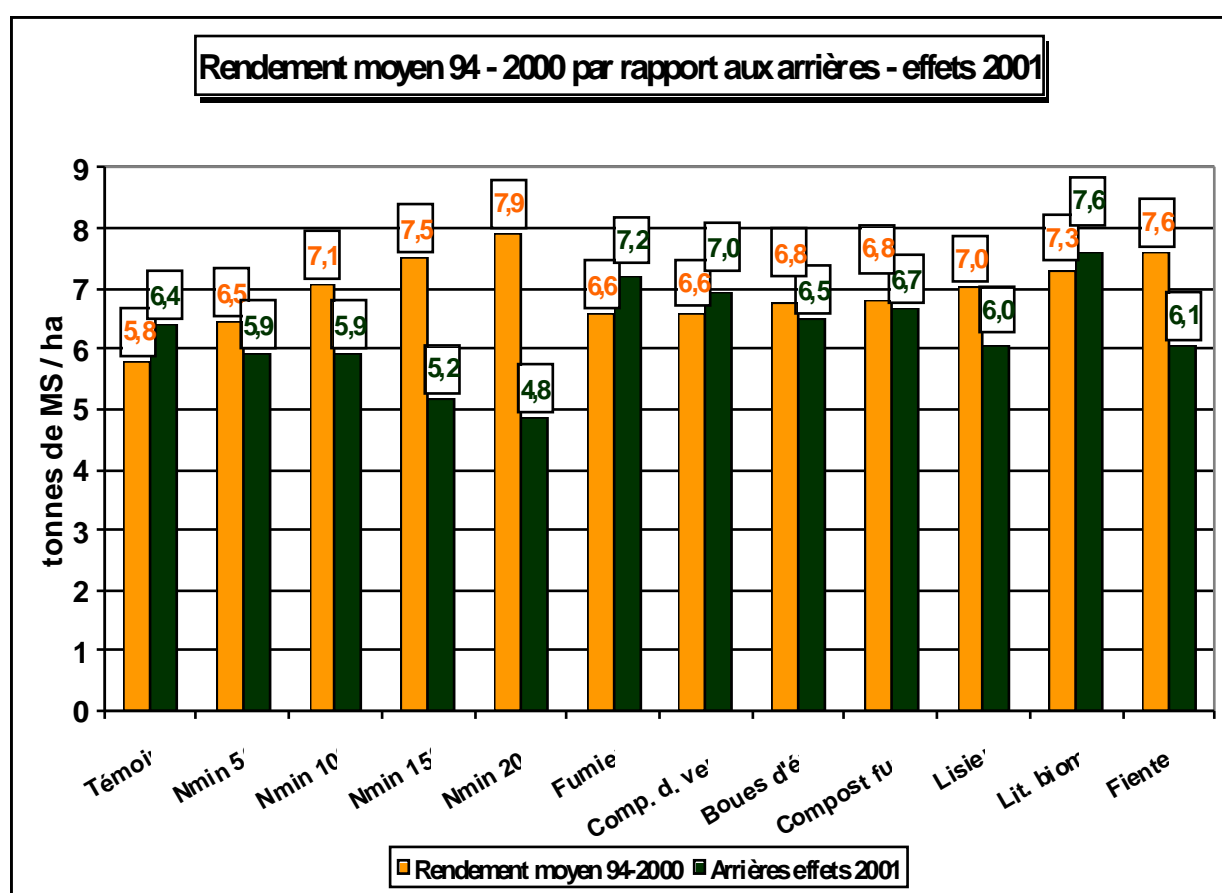
Le graphique ci-dessous montre le rendement moyen de MS durant les années 94 à 2000, en rapport avec les unités d'azote épandues en moyenne par année. De plus ce rendement est exprimé en pour cent, en référence au traitement EM 200 qui représente les 100 %.



3.3. Rendement 2001 – arrière - effets



3.4. Rendement produit par les arrière - effets par rapport à la moyenne 94-2000



3.5. Rendement produit en 2000, dernière année d'essai

Il est également intéressant d'analyser le rendement produit exclusivement au cours de l'année 2000, parce que celui-ci traduit l'état final d'une évolution de 7 ans. Comme on peut le constater dans les petits diagrammes annuels ci-dessus, la production de l'année 2000 est plutôt exceptionnelle. Des rendements de 8,5 à 9,5 tonnes de MS / ha sont atteints, ce qui dépasse les meilleures années d'auparavant 1995, 1996 et 1997.

Ces résultats s'expliquent en partie lorsque l'on observe les conditions climatiques des différentes années. A la fin de la partie « rendement », le lecteur trouvera un tableau résumant ces facteurs météorologiques principaux.

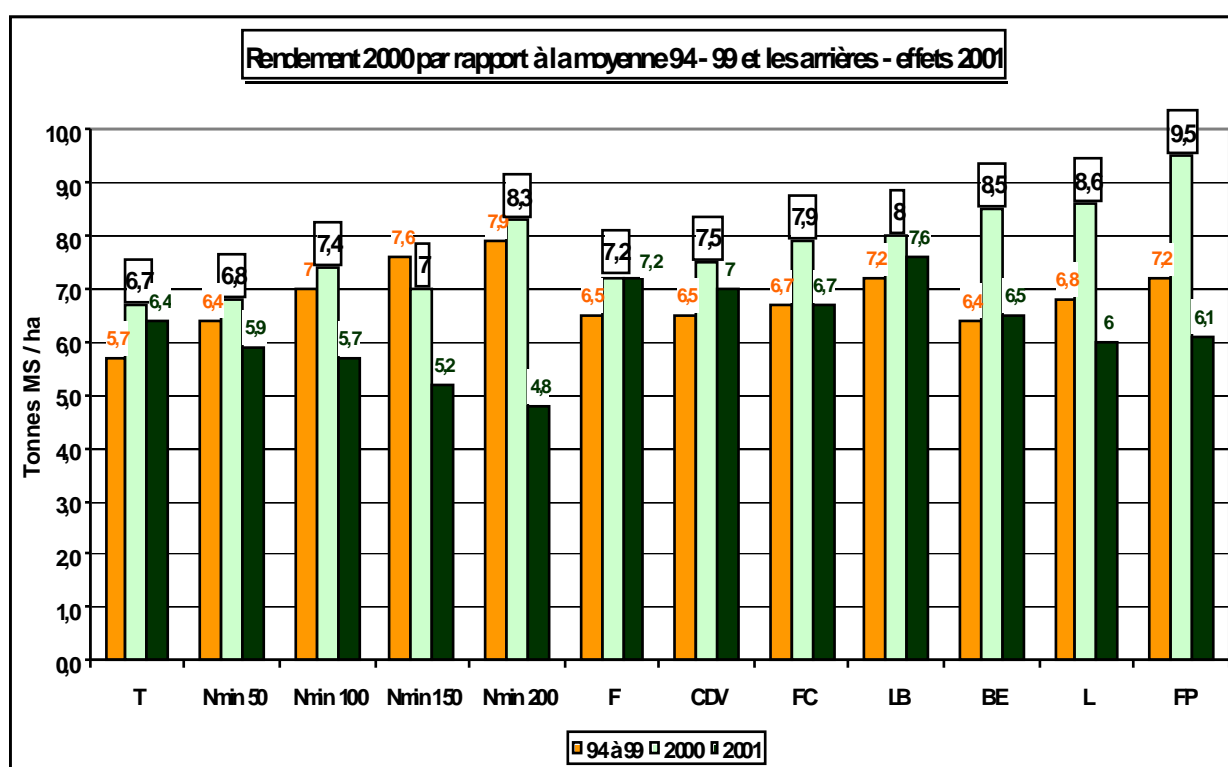


Tableau : rendements Ø 94-99, 2000 et 2001 mis en comparaison

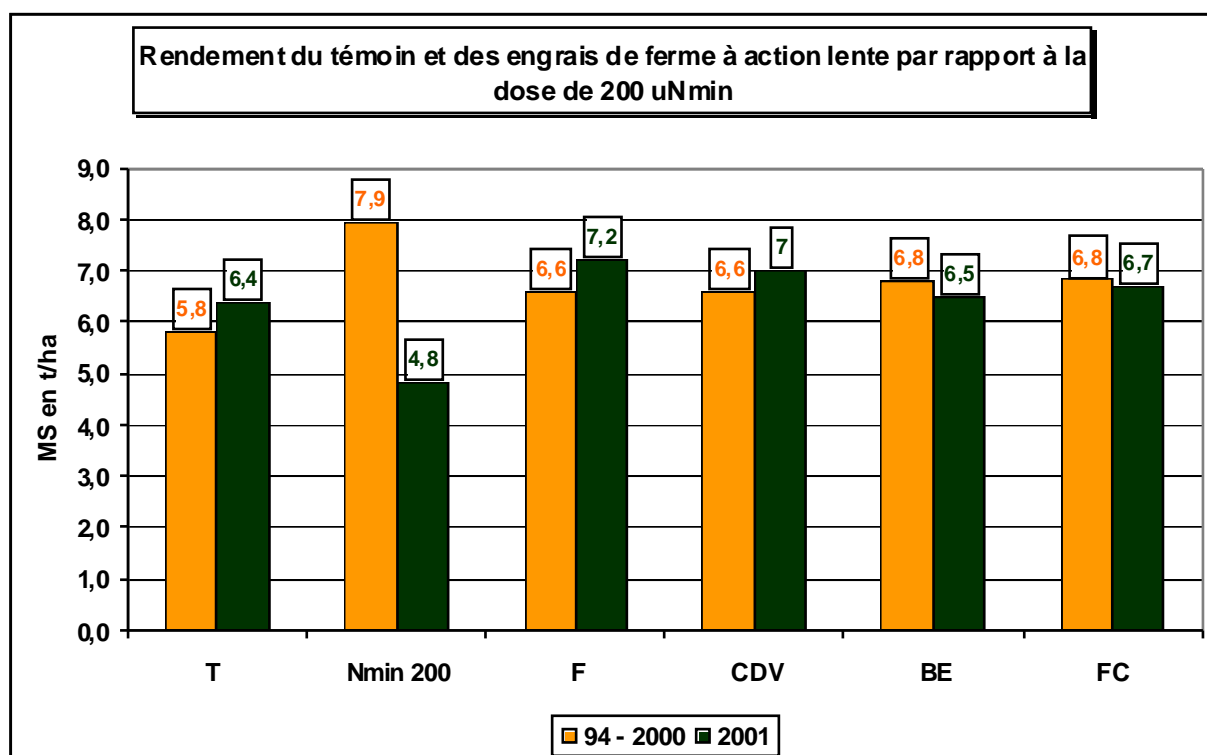
Traitements	Ø 94 - 99	% de Nmin 200	2000	% de Nmin 200	2001	% de Nmin 200
Témoïn	5669	72%	6652	80,3%	6399	132%
Nmin 50	6405	81%	6757	81,5%	5922	122%
Nmin 100	7018	89%	7399	89,3%	5713	118%
Nmin 150	7583	96%	7033	84,9%	5178	107%
Nmin 200	7871	100%	8287	100%	4843	100%
Fumier frais	6489	82%	7192	86,8%	7194	149%
Comp. d. verts	6461	82%	7513	90,7%	6953	144%
Comp. de fum.	6655	85%	7851	94,7%	6678	138%
Litière biom.	7178	91%	8044	97,1%	7600	157%
Boues d'ép.	6351	81%	8536	103,0%	6491	134%
Lisier	6761	86%	8551	103,2%	6041	125%
Fientes de p.	7151	91%	9496	114,6%	6062	125%

3.6. Comparaison entre les engrais de ferme à action lente, à action rapide et les engrais minéraux

En considérant les traitements suivant qu'il s'agit d'engrais de ferme à action lente ou d'engrais de ferme à action rapide ou encore d'engrais minéraux et en les comparant, on remarque une évolution différente entre les rendements moyens de 99 à 2000 et les arrièr – effets 2001. Trois graphiques ci-dessous illustrent cette évolution.

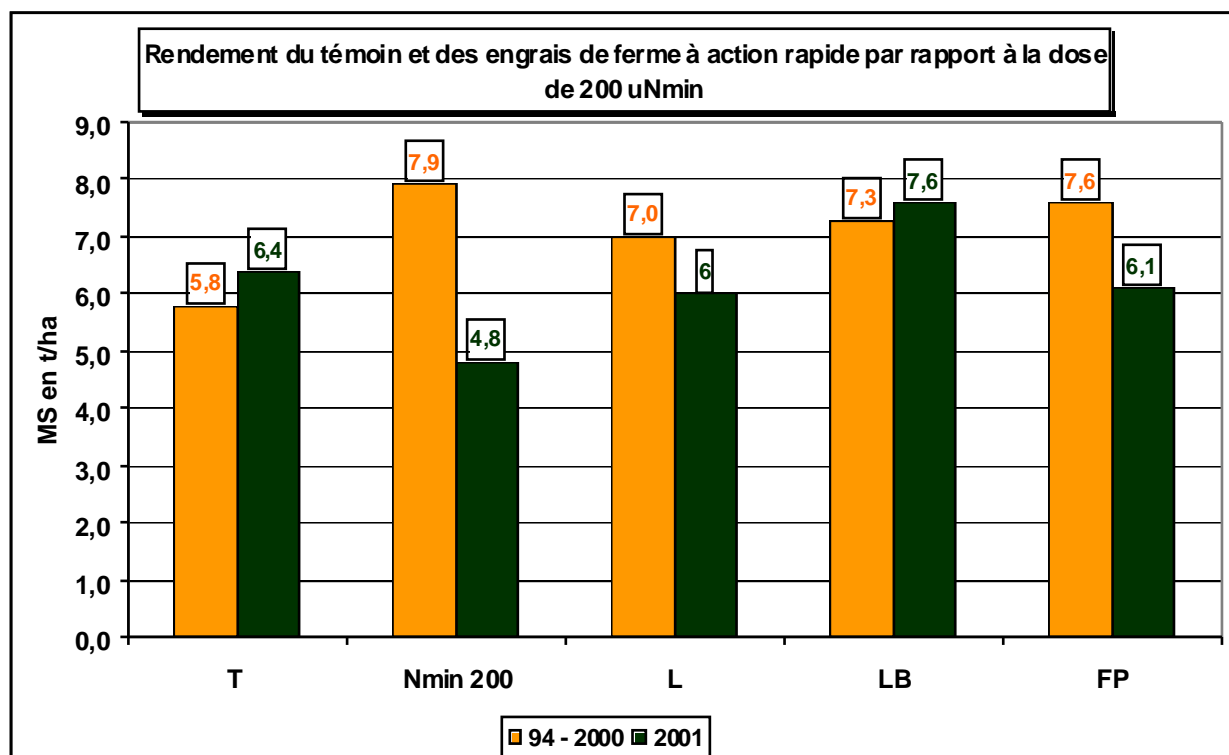
3.6.1. Rendement du témoin et des engrais de ferme à action lente par rapport à la dose de 200 uNmin

Comme engrais de ferme à action lente, nous pouvons considérer le fumier frais (F), le fumier composté (FC), le compost de déchets verts (CDV) et les boues d'épuration (BE). Nous les comparons entre eux, avec le témoin et avec l'engrais minéral 200 uN, traitement de référence dans cet essai.



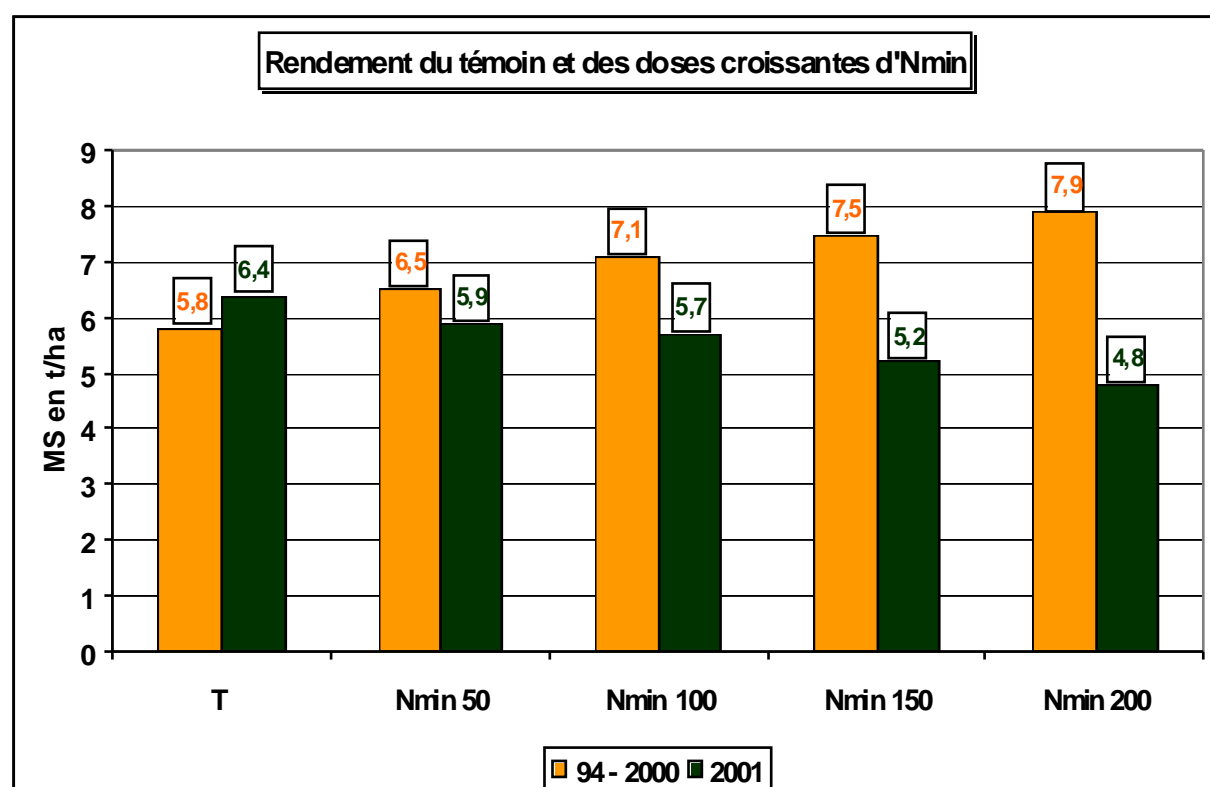
3.6.2. Rendement du témoin et des engrais de ferme à action rapide par rapport à la dose de 200 uNmin

Comme engrais de ferme à action rapide, nous pouvons considérer le lisier (L), les fientes de poules (FP) et la litière biomâtrisée (LB). Eux aussi nous les comparons entre eux, avec le témoin et avec l'engrais minéral 200 uN, traitement de référence.



3.6.3. Rendement du témoin et des doses croissantes d'Nmin

Le dernier graphique représente une comparaison des différents traitements à engrais minéral par rapport au témoin zéro, qui n'a reçu aucune fumure azotée durant les 7 années considérées.



3.7. Conditions climatiques

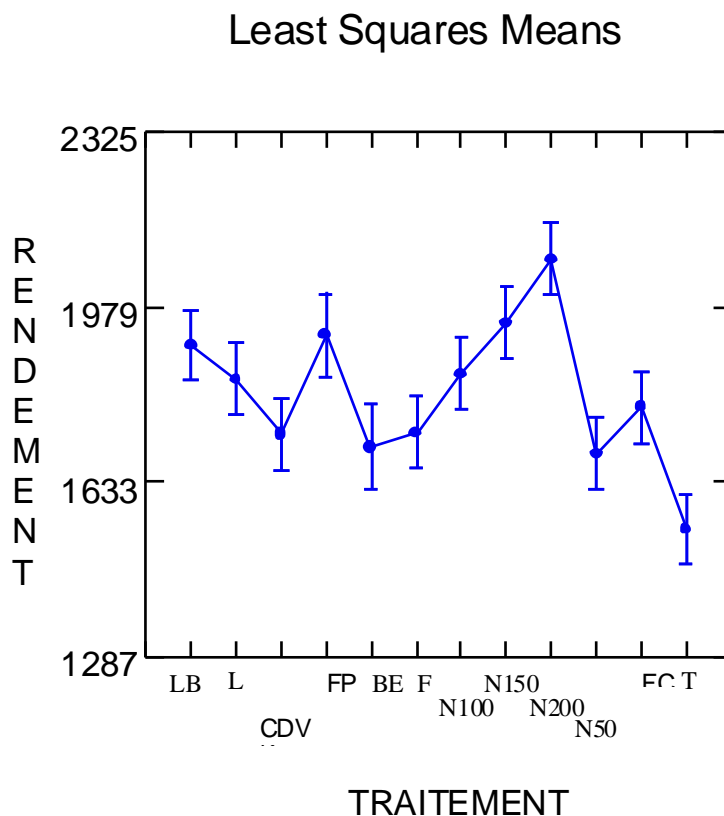
Les conditions climatiques, lors des épandages et durant les semaines qui suivent ceux-ci, sont un facteur décisif dans l'utilisation des matières organiques telles que le lisier, le fumier, le compost.... Très souvent, ce sont ces conditions-là qui expliquent les comportements de différents traitements ou même la situation globale de l'année.

Le tableau ci-dessous résume les températures moyennes de chacune des années ainsi que la pluviosité des mois de croissance, avril à septembre.

		1995	1996	1997	1998	1999	2000
Avril	Ø ° C	6,4	6,2	4,5	5,8	7	7,7
	Plu v i o s i t é (mm)	126,3	7,5	110,3	150,7	124,1	59,7
Mai	Ø ° C	10,1	8,3	10,1	12	12,1	12,2
	Plu v i o s i t é (mm)	59,3	110,1	99,5	66,4	41,8	115,8
Juin	Ø ° C	12	13,1	13	13,4	12,3	14
	Plu v i o s i t é (mm)	109,9	48,7	139,6	128,9	68,3	40,6
Juillet	Ø ° C	17,7	13,5	14,3	12,9	16,5	12,9
	Plu v i o s i t é (mm)	139,1	80,7	107,5	108,8	32,7	235,5
Août	Ø ° C	16,2	17	17,3	14,4	15,3	14,8
	Plu v i o s i t é (mm)	60,4	90,3	59,8	89,3	77,5	78,5
Septembre	Ø ° C	10,7	9,3	11,7	11,8	14,9	12,6
	Plu v i o s i t é (mm)	119,6	62,1	38,2	228,9	112,4	141,8
Total pluviosité 6 mois		614,6	399,4	554,9	773	456,8	671,9

3.8. Analyse statistique des rendements

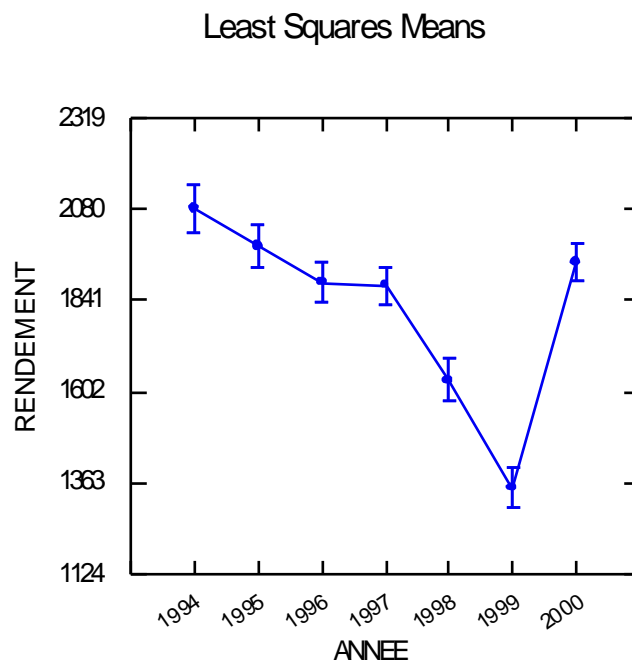
3.8.1. Influence du traitement sur les valeurs de rendement



Ce n'est pas une surprise : l'analyse prouve que les traitements induisent des différences hautement significatives au niveau des valeurs de rendement. Ces valeurs étant réparties sur six ans, nous pouvons tirer des conclusions sur l'action moyenne des fertilisants pendant cette durée. Il est intéressant de savoir si des conclusions similaires peuvent être tirées année par année.

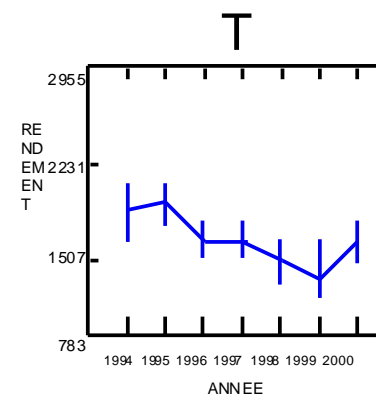
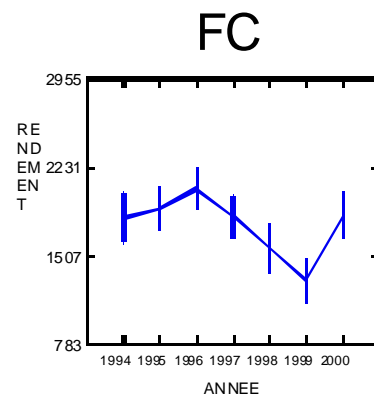
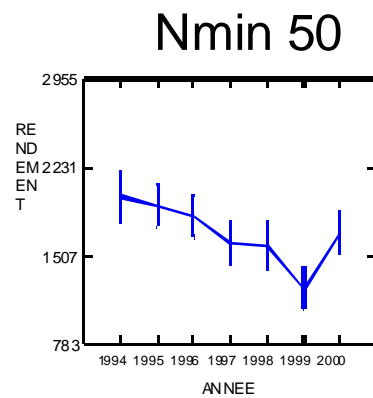
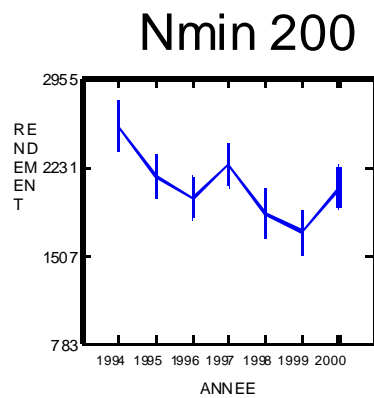
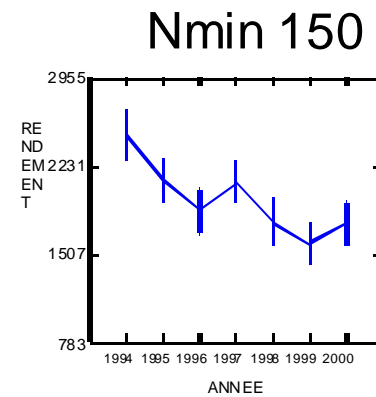
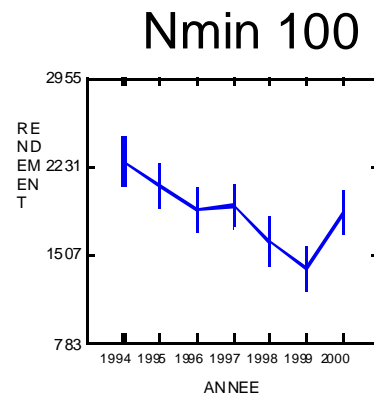
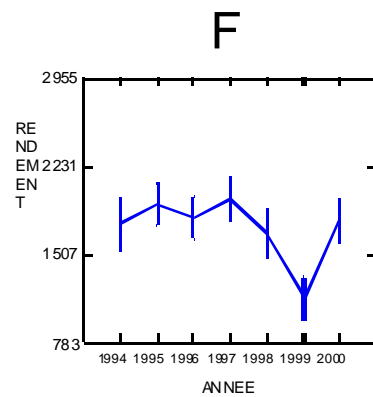
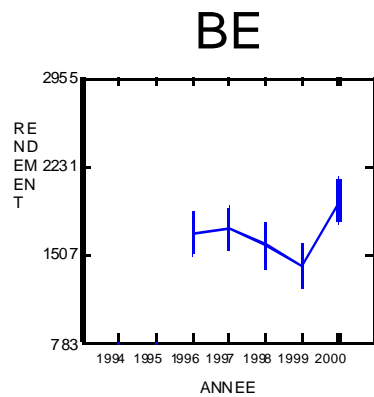
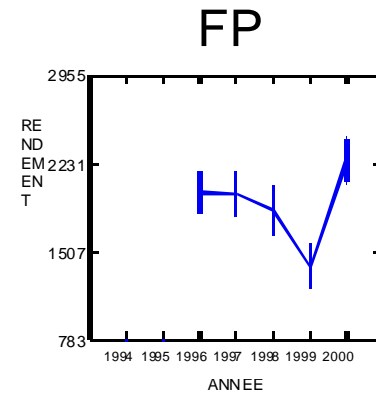
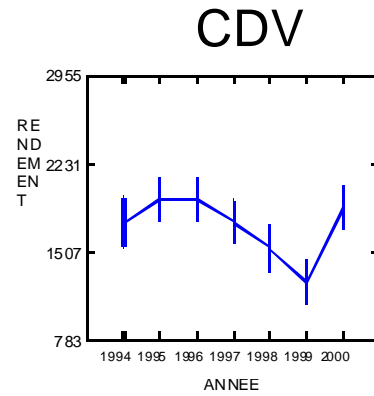
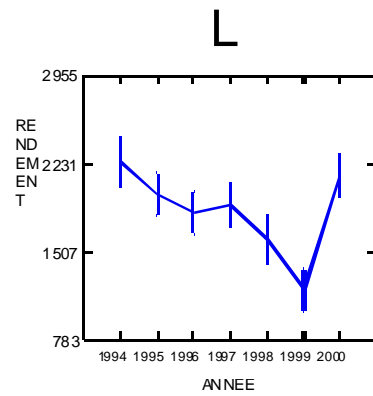
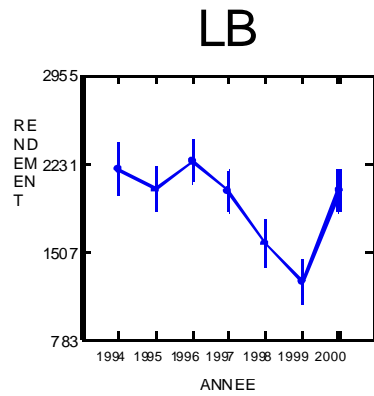
3.8.2. Influence de l'année sur les valeurs de rendement

Le facteur "année" induit également des différences hautement significatives au niveau des valeurs de rendement. Ce facteur "année" regroupe les variations dues aux variations climatiques ainsi qu'à l'action des fertilisants apportés dans le cadre de l'essai. Pour confirmer ce dernier point, il est nécessaire de vérifier si les facteurs "année" et "traitement" interagissent.



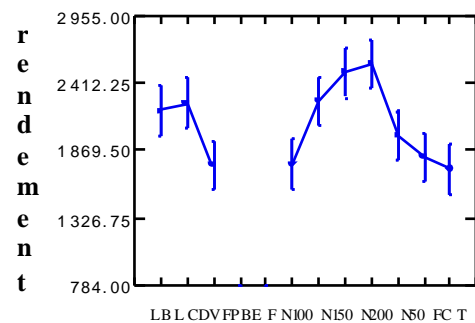
3.8.3. Y a-t-il une interaction entre le facteur "traitement" et le facteur "année" influençant les valeurs de rendement ?

L'analyse montre que oui. Malgré tout, sur les graphiques, on peut constater que pour tous les traitements, l'évolution du rendement au cours des années présente des formes similaires. Pour étudier l'effet des traitements, il faudra cependant éliminer cette variation du rendement due au facteur "année" ; nous devons donc considérer l'évolution du rendement annuellement.

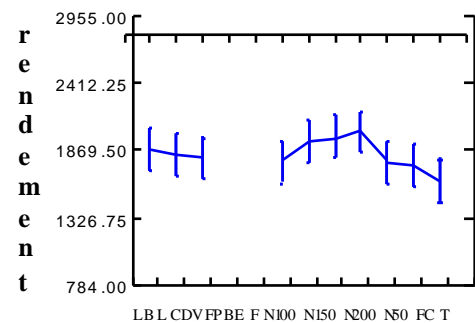


3.8.4. Résultats pris en compte annuellement

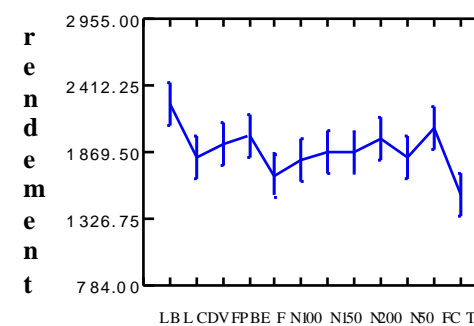
1994



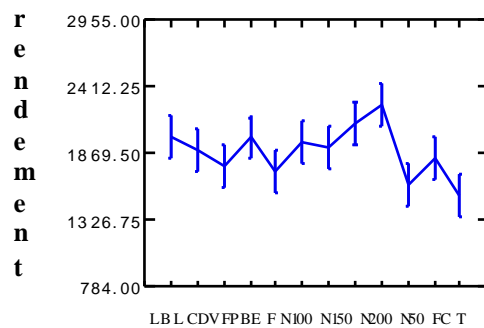
1995



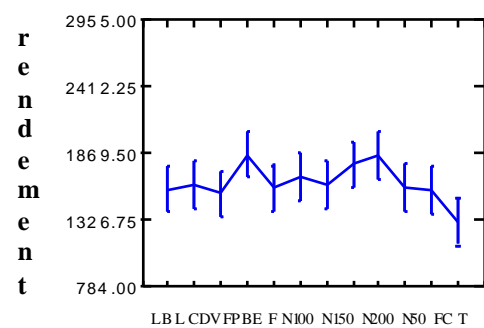
1996



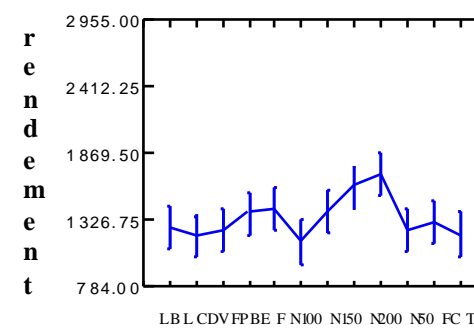
1997



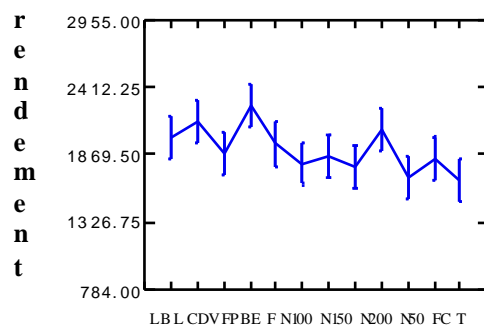
1998



1999

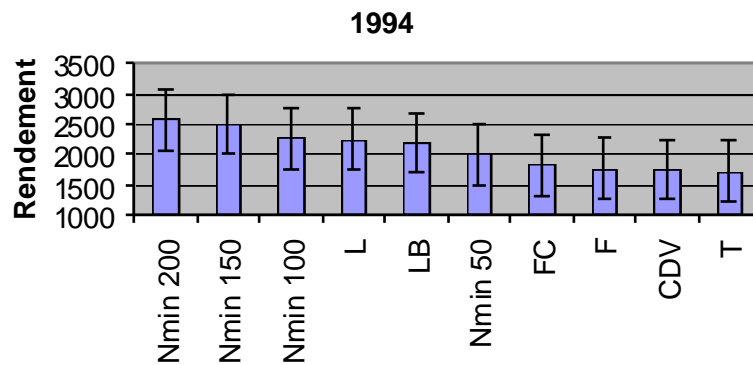


2000



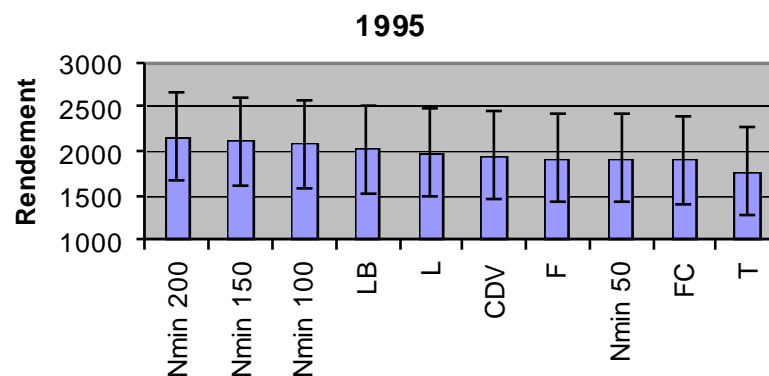
En plus d'une variabilité selon les années, il existe évidemment une variabilité selon les mois. Nous ne nous sommes pas attardés sur l'analyse selon les mois mais sur la moyenne de l'année.

Année 1994 :



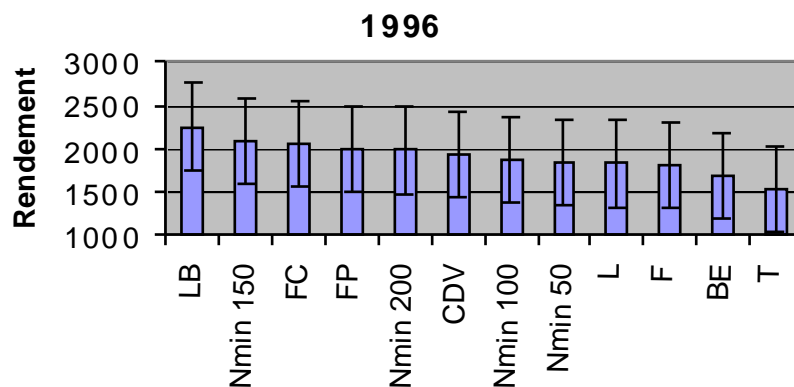
Les traitements recouverts par les lignes de même couleur ne présentent pas de différence significative entre eux.

Année 1995 :



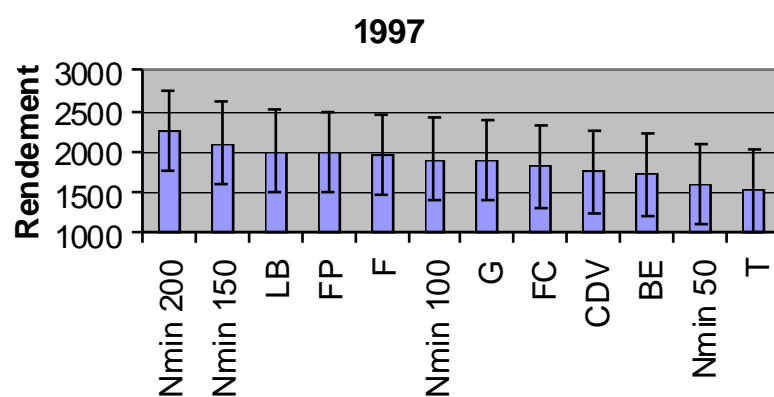
Ici, les résultats des traitements ne sont pas significativement différents.

Année 1996 :



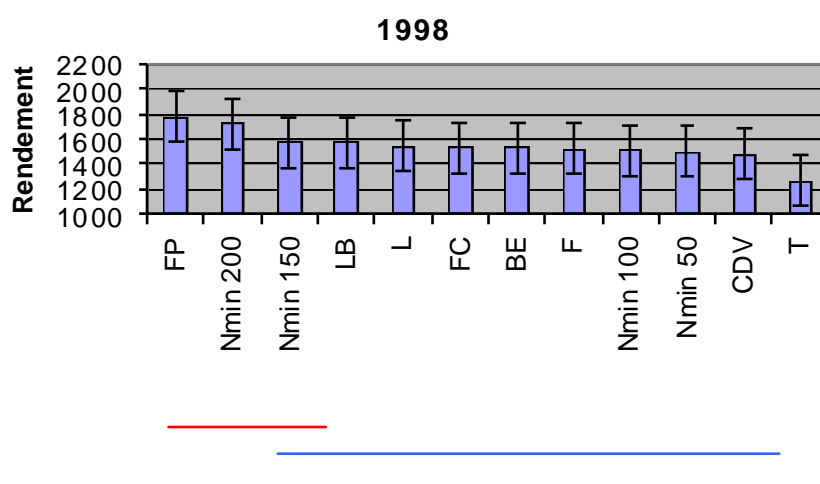
Ici, les résultats des traitements ne sont pas significativement différents.

Année 1997 :



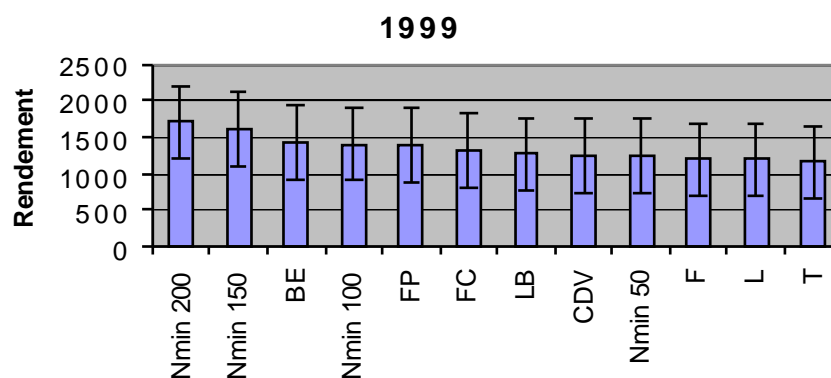
Ici, les résultats des traitements ne sont pas significativement différents.

Année 1998 :



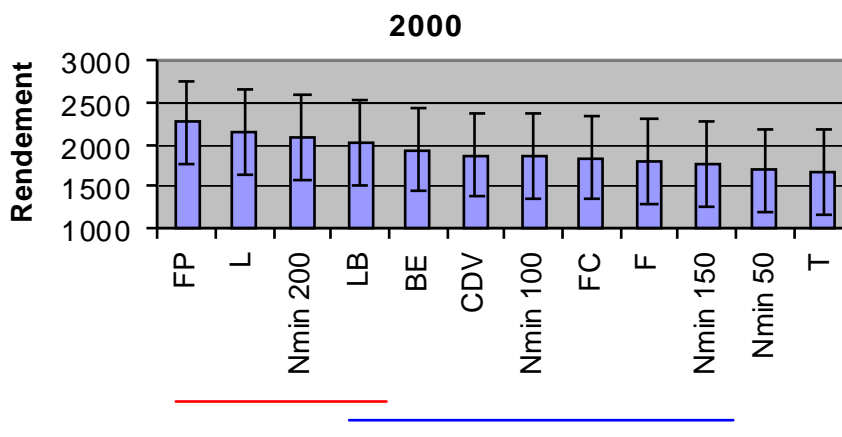
Les traitements recouverts par les lignes de même couleur ne présentent pas de différence significative entre eux.

Année 1999 :



Ici, les résultats des traitements ne sont pas significativement différents.

Année 2000 :



Les traitements recouverts par les lignes de même couleur ne présentent pas de différence significative entre eux.

3.9. Observations et commentaires sur les rendements

En plus des observations qui se déduisent de l'analyse statistique et des moyennes calculées sur la durée totale de l'expérimentation, il s'avère utile d'analyser l'aboutissement d'une évolution qui a duré 7 ans. Voyons pour cela plus particulièrement les rendements de l'année 2000, dernière année de fumure.

De plus, l'année 2001, avec ses résultats d'arrière - effets, fournit des renseignements intéressants pour la pratique agricole.

3.9.1. Moyennes 94 à 2000

Les rendements observés année par année montrent une variabilité allant de $\pm 4,6 - 6,8$ t (1999 = année la plus basse) à $\pm 6,6 - 9,5$ t/ha (2000 = année la plus productrice). Ces différences sont dues aux conditions climatiques qui ont régné au cours de ces années. Les années plus fructueuses sont celles dont le mois d'avril n'était pas trop pluvieux, le mois de mai plus pluvieux et surtout l'été (juin et juillet) arrosé régulièrement. C'est la sécheresse de mai, juin et juillet 99 qui a été fatale aux récoltes de cette année (chute de 24 % par rapport à 97 et de 13 % par rapport à 98).

Pour la moyenne des années d'essai, c'est la fumure minérale 200 Nmin qui apporte le rendement le plus important, 7,93 t MS/ha/an.

La fumure minérale 100 Nmin produit en moyenne plus de 7 tonnes de MS. Elle ne se situe même pas à 1 tonne du traitement à double dose, celui de 200 Nmin. La moitié d'engrais minéral en plus, soit 150 unités, n'apporte qu'une augmentation de rendement d'une petite $\frac{1}{2}$ tonne (7,50 tMS/ha). Rien que d'un point de vue financier, ces informations ne sont pas négligeables.

Le lisier apporte un très léger plus par rapport au fumier composté. Ils atteignent tout deux ± 7 tonnes de MS / ha, ce qui correspond à 86, voire 88 % du rendement atteint avec l'application de 200 uNmin/an.

3.9.2. Rendements 2000

Plusieurs matières organiques dépassent la fumure minérale de référence (200uN) ; ce sont les fientes de poules , le lisier, les boues de station d'épuration

Le niveau des parcelles témoins, ne recevant aucune fumure azotée depuis 7 ans, atteint 80 % du niveau de référence (200uN). Une bonne gestion de la prairie (des coupes régulières à une hauteur de 7 cm, apport de fumure de fond, si nécessaire sursemis de graminées et de trèfle violet) donne droit, sans apport d'azote, à des rendements de base très valables.

Le fumier frais (3 années de fumier frais pailleux + 4 années de fumier de raclage, sans litière) est la matière organique la moins performante, de même que l'engrais de ferme.

3.9.3. Rendements 2001 (arrière - effets)

Ce qui apparaît directement, c'est la chute de rendement des parcelles recevant exclusivement la fumure sous forme minérale. La perte de rendement est d'autant plus importante que le niveau de fumure azotée minérale était élevé.

Les matières organiques présentent un arrière - effet marqué. On distingue les engrais de ferme à action rapide (lisier et fientes de poules) qui montrent un arrière - effet similaire (6 t/ha) et moindre que les autres matières (6,5 à 7,5 t/ha). Les engrais de ferme à action lente (fumier, compost de fumier, compost de déchets verts) gardent ou augmentent même le rendement moyen des 7 années précédentes (6,7 – 7,2 t MS/ha).

On peut en conclure que l'usage des engrais de ferme appliqués régulièrement en prairie assure donc une stabilité de rendement, même si une impasse (pas d'application) doit être décidée une année.

4. Evolution de la flore

➤ Un **sursemis** a été effectué sur toute la parcelle d'essai **le 18.04.1994** :

Mélange de RGA semé à la « Vredo » :	14 kg Meltra
	25 kg mélange fini :
	* 10 kg Meltra
	* 5 kg Magella
	* 5 kg Talbot
	* 5 kg Barenza

5 kg Gambit

Total 44 kg de graminées/ha

Le sursemis est bien réussi parce que les conditions climatiques étaient idéales.

- Pour déterminer le développement de la flore en prairie **deux paramètres** sont à prendre en compte :
 - ◆ **L'importance** d'une graminée dans la composition du gazon : ce pourcentage se rapporte au **poids** que la graminée en question représente dans le rendement total. Logiquement, celui-ci est de 100 %.
 - ◆ **le recouvrement** : ce pourcentage concerne la partie que les différentes graminées présentent dans le recouvrement des parcelles. Vu que plusieurs graminées peuvent recouvrir un même espace, parce qu'elles sont de hauteurs différentes et peuvent se superposer, le pourcentage total du recouvrement n'est pas limité à 100 %. Au contraire, une parcelle bien fournie peut présenter un recouvrement dépassant 200 %.

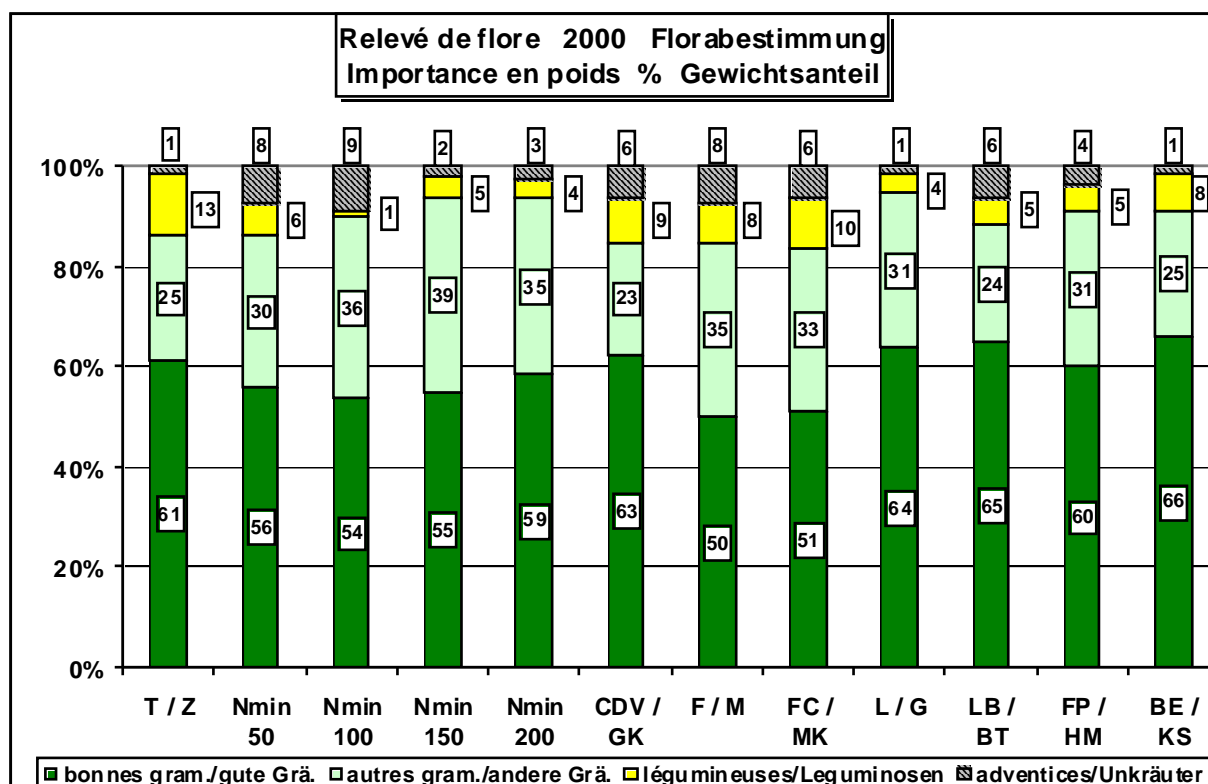
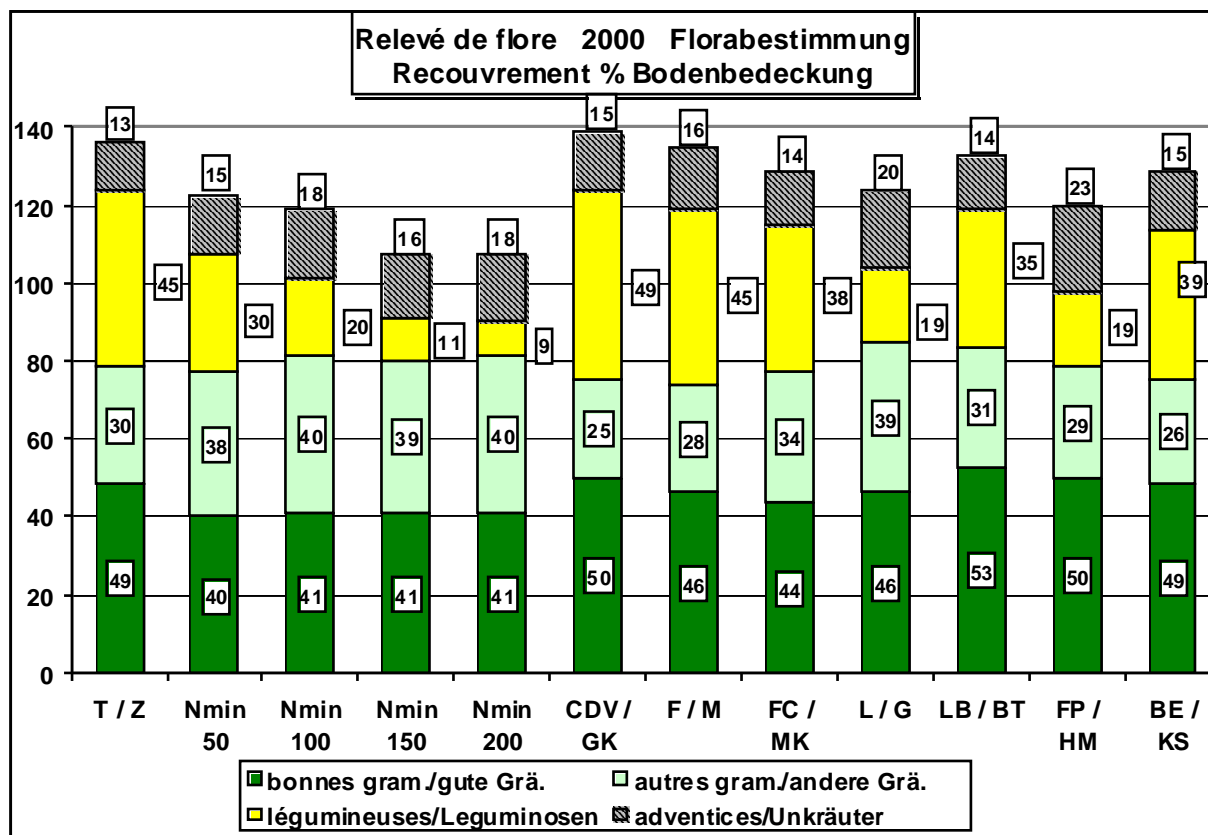
- Les déterminations de la flore en prairie se rapportent à 5 grandes catégories de plantes : **les bonnes graminées, les moyennes graminées, les graminées médiocres, les adventices et les légumineuses.**

Nous considérons comme

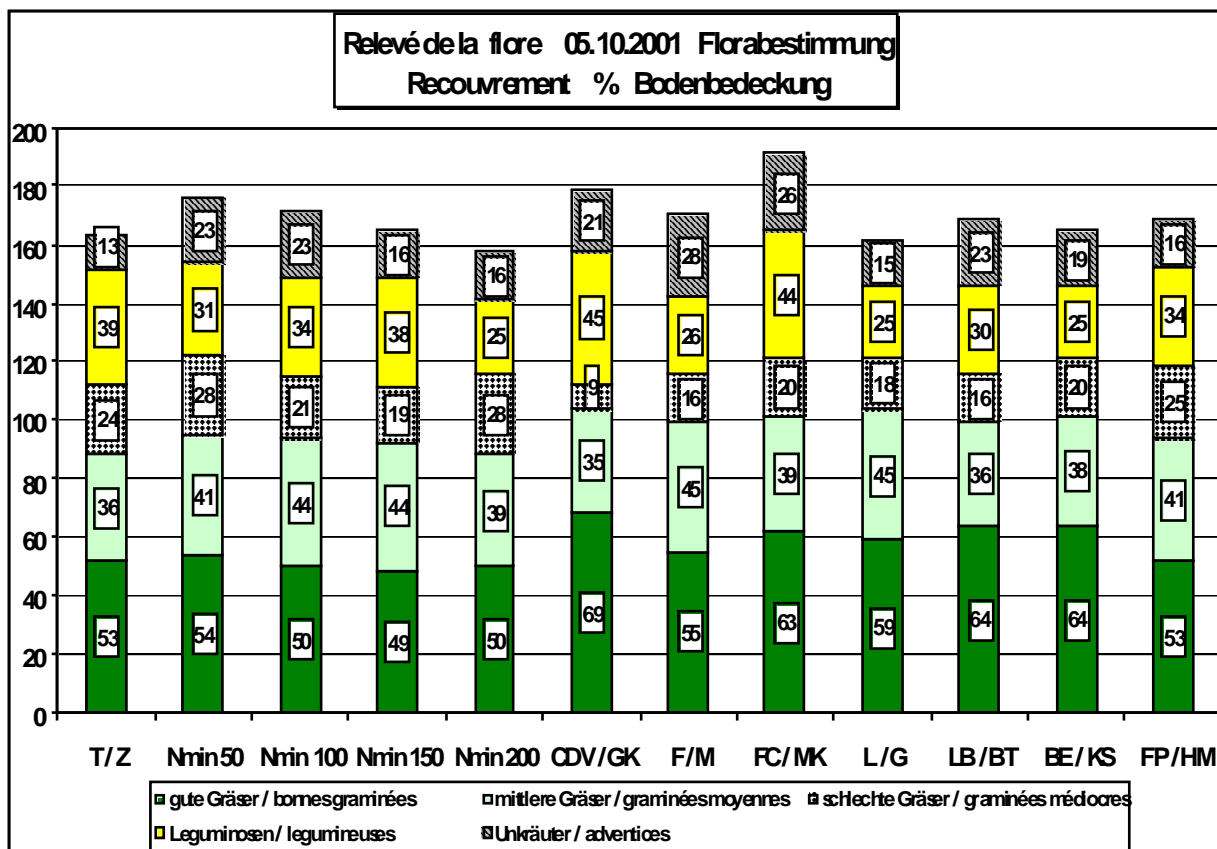
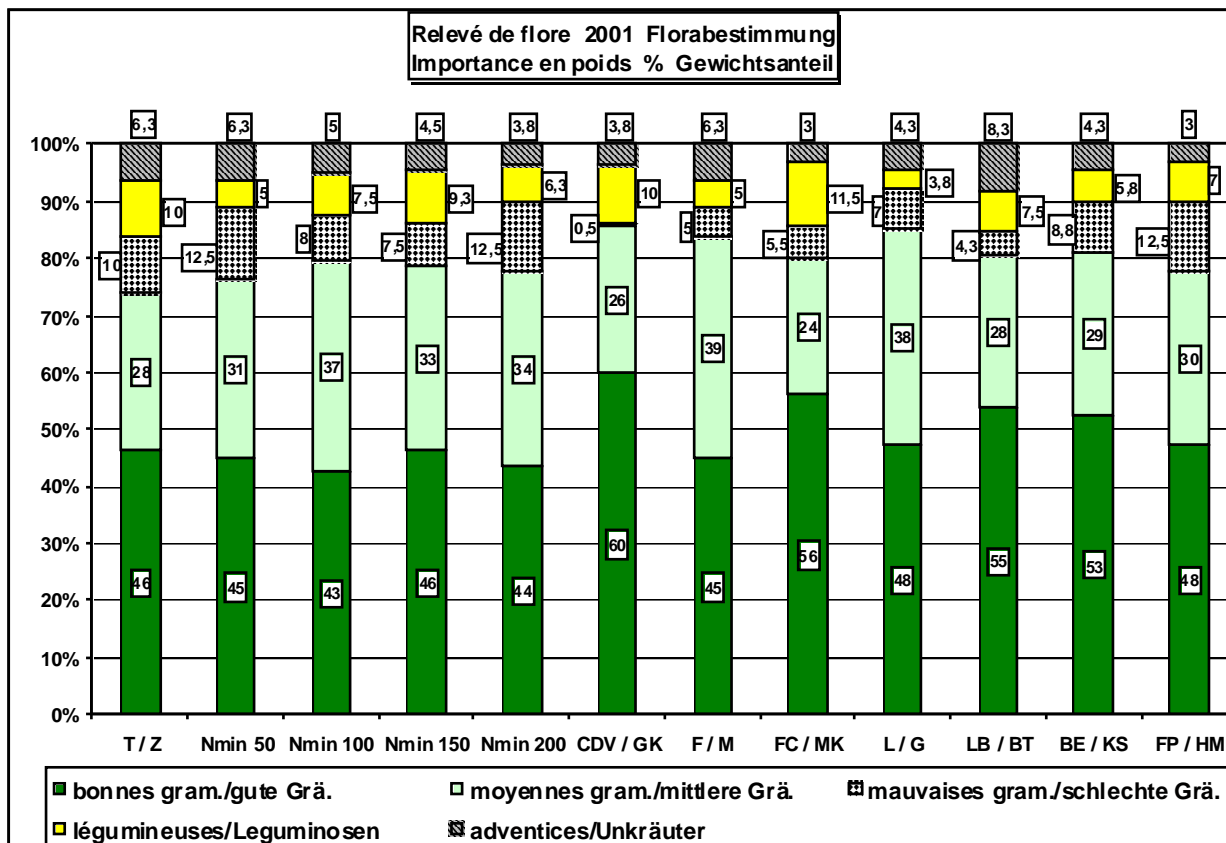
- **bonnes graminées** :
 - le R.G.A.
 - la fétuque des prés
 - la fléole
 - le pâturin des prés
 - **moyennes graminées** :
 - le pâturin commun
 - le fromental
 - le vulpin des prés
 - le dactyle
 - la crénelle
 - la trisète
 - **graminées médiocres** :
 - la flouve odorante
 - l'agrostis
 - le brome mou
 - la houlque laineuse
 - la fétuque rouge
 - le chiendent
 - le vulpin genouillé
 - le pâturin annuel
 - **légumineuses** :
 - le trèfle blanc
 - le trèfle violet
 - **adventices** :

<ul style="list-style-type: none"> - la cardamine - le chardon - la carotte sauvage - la ceraiste - le mouron - l'ortie - la pâquerette - le pissenlit 	<ul style="list-style-type: none"> - le plantain lancéolé - le plantain majeur - l'achillée millefeuille - la renoucle âcre - la renoucle rampante - le rumex acetosa - le rumex obtusifolius - la berce
--	--
- etc.

4.1. La flore en fin d'essai (après 7 ans de traitement)



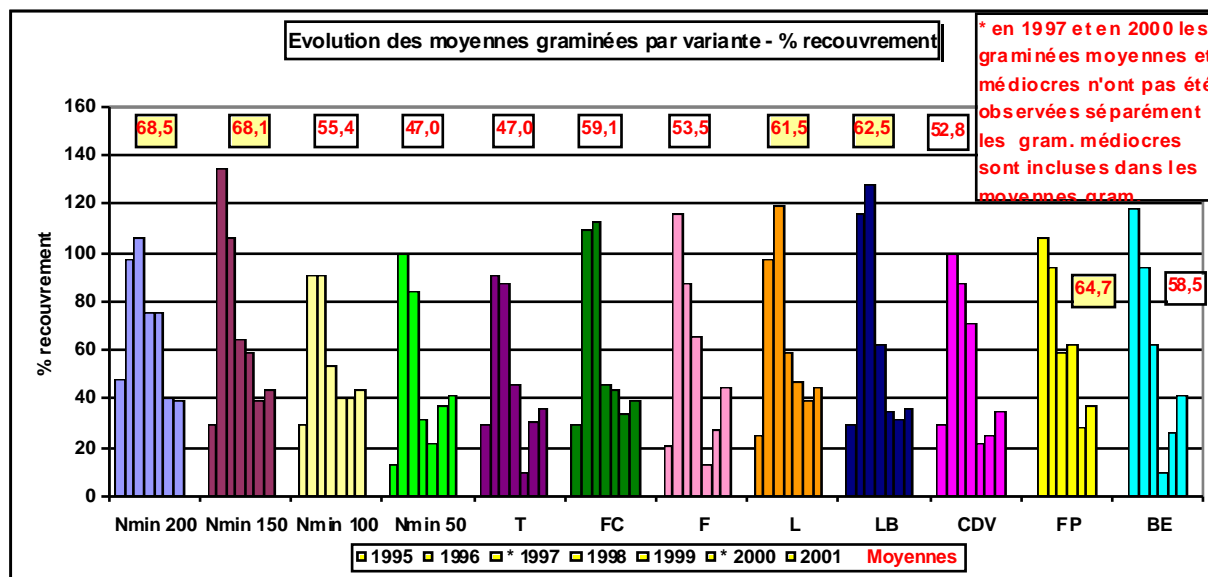
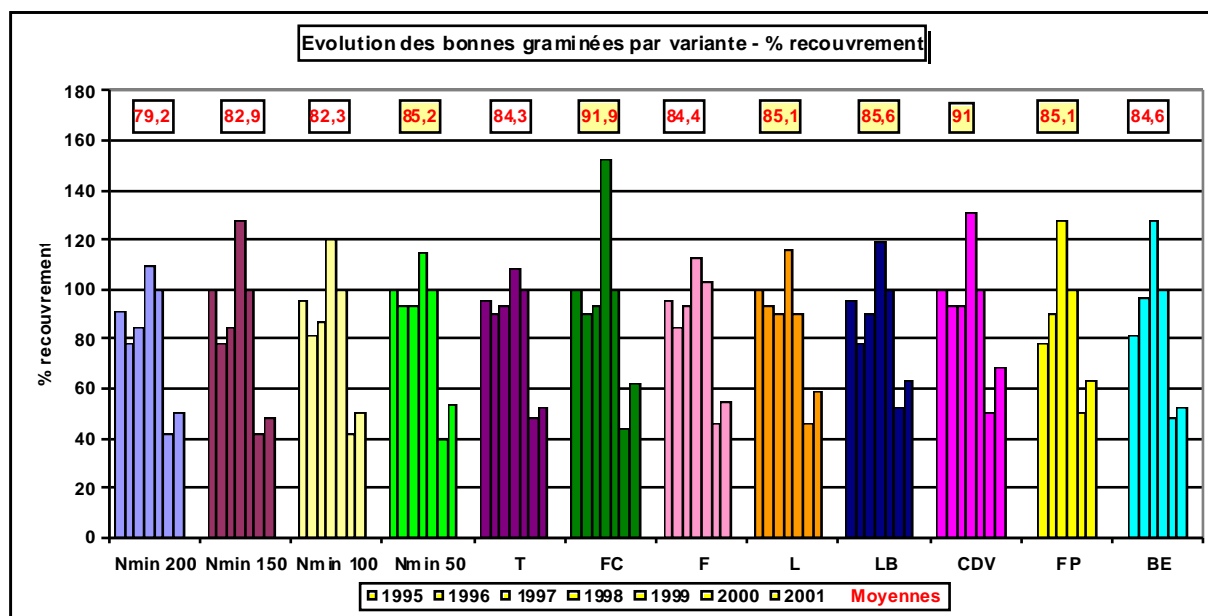
4.2. La flore en 2001 – année des arrièrè - effets

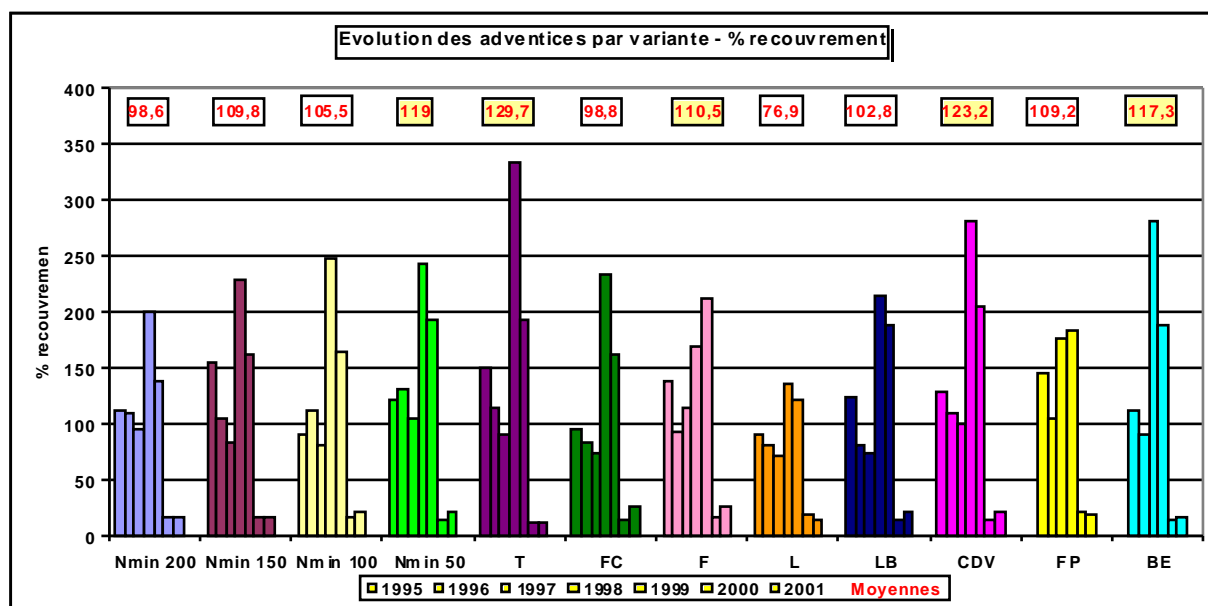
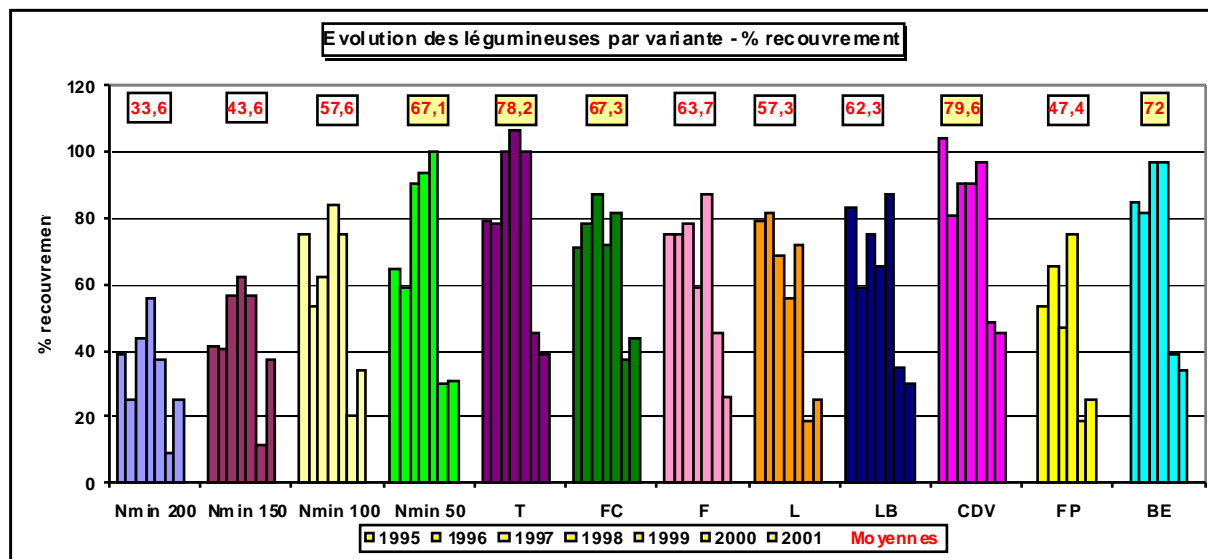
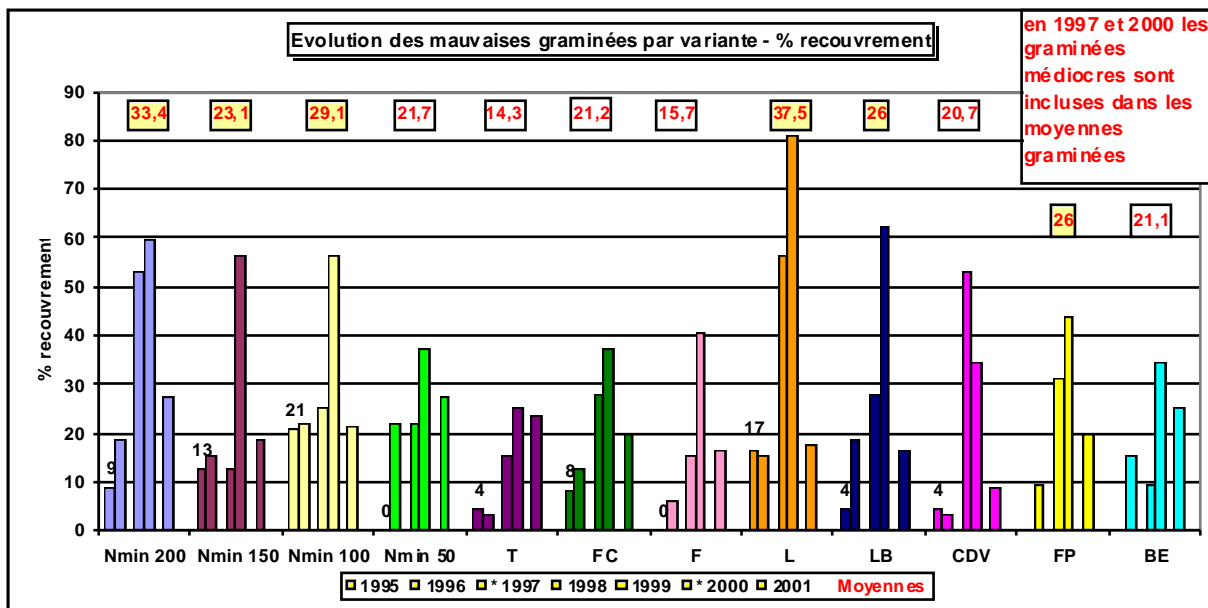


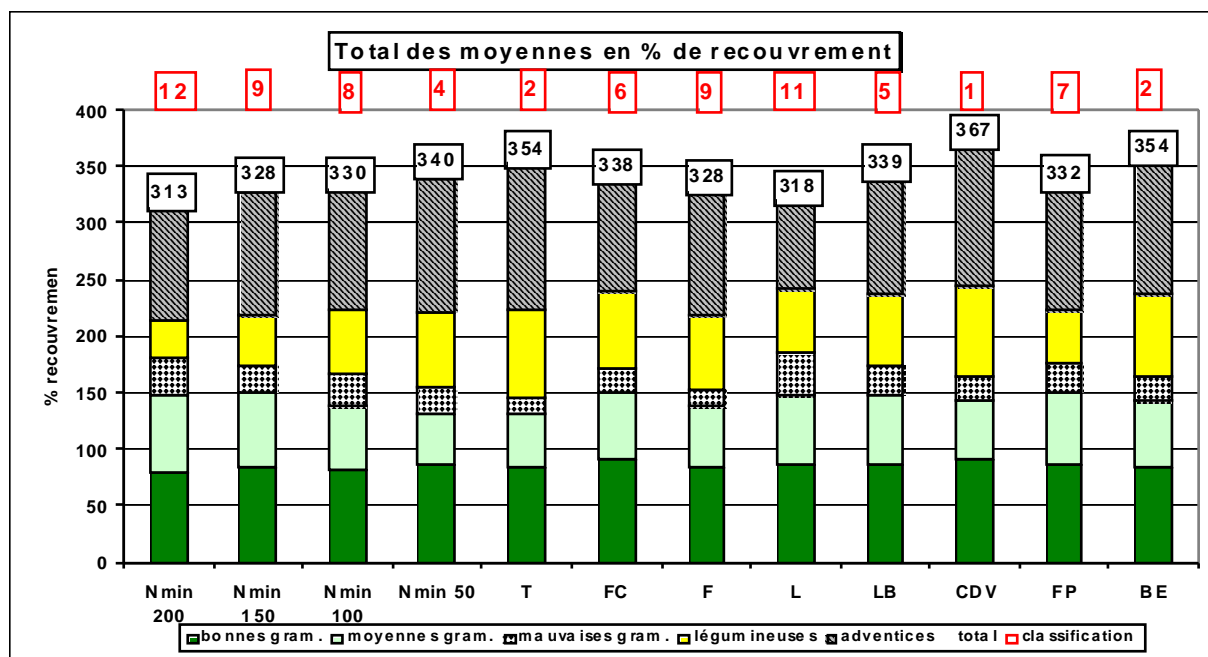
4.3. La flore dans son évolution

Les graphiques suivants expriment l'évolution de chacune des espèces végétales, suite aux différents traitements, du point de vue recouvrement et du point de vue poids.

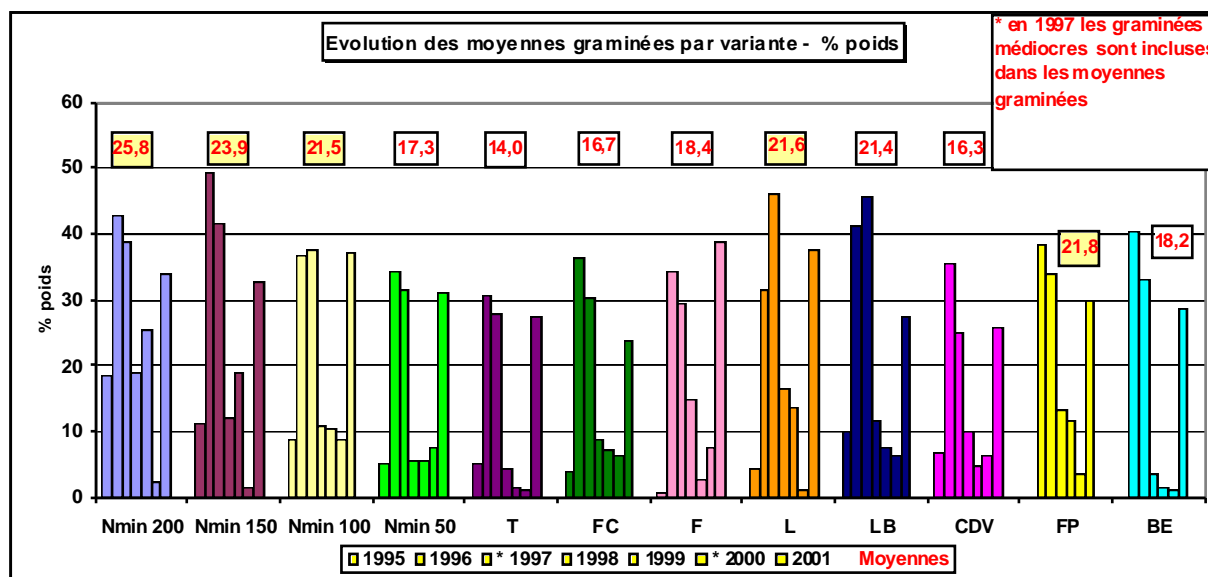
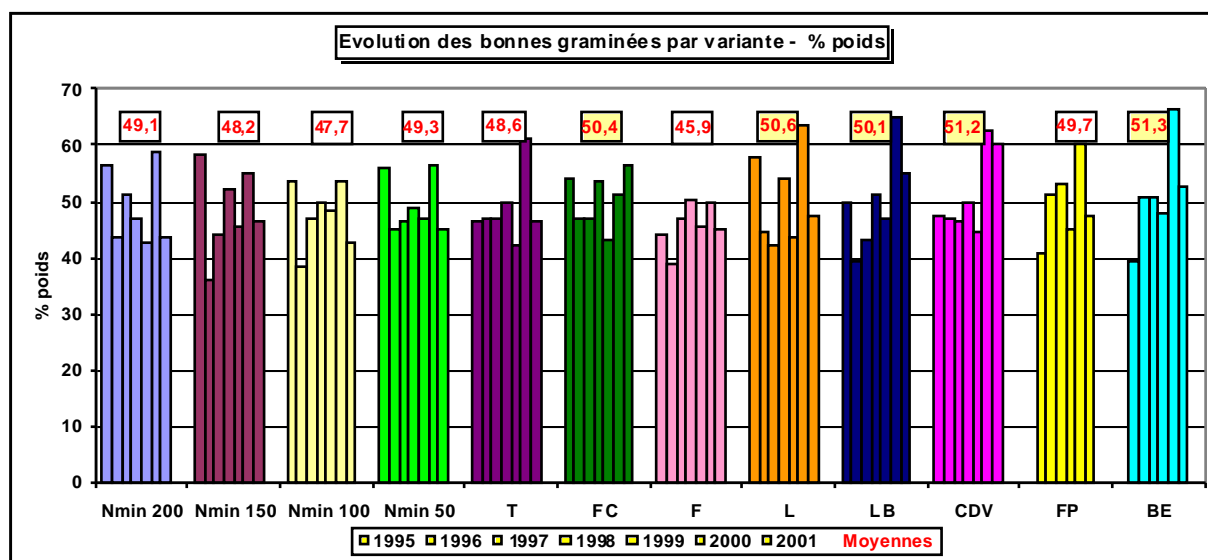
4.3.1. *Du point de vue recouvrement*

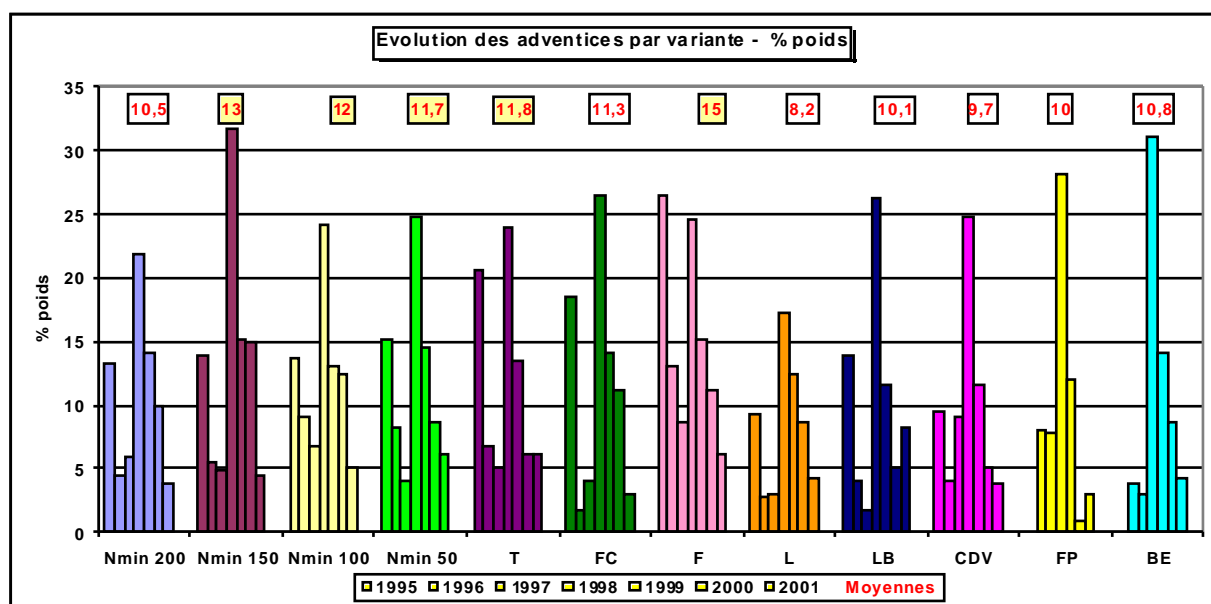
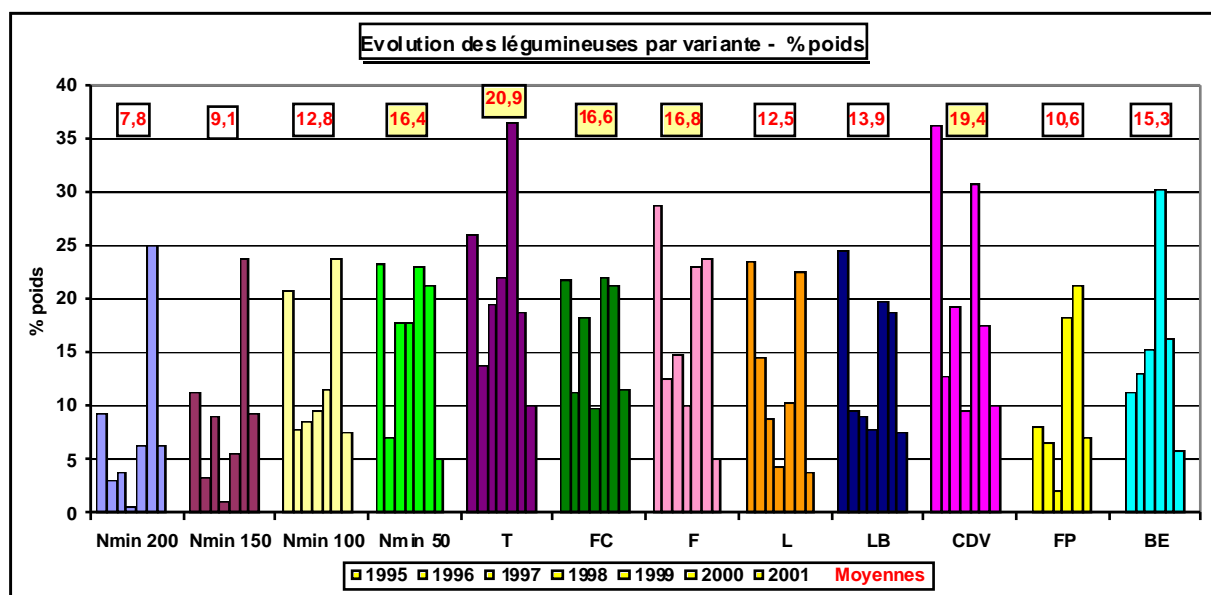
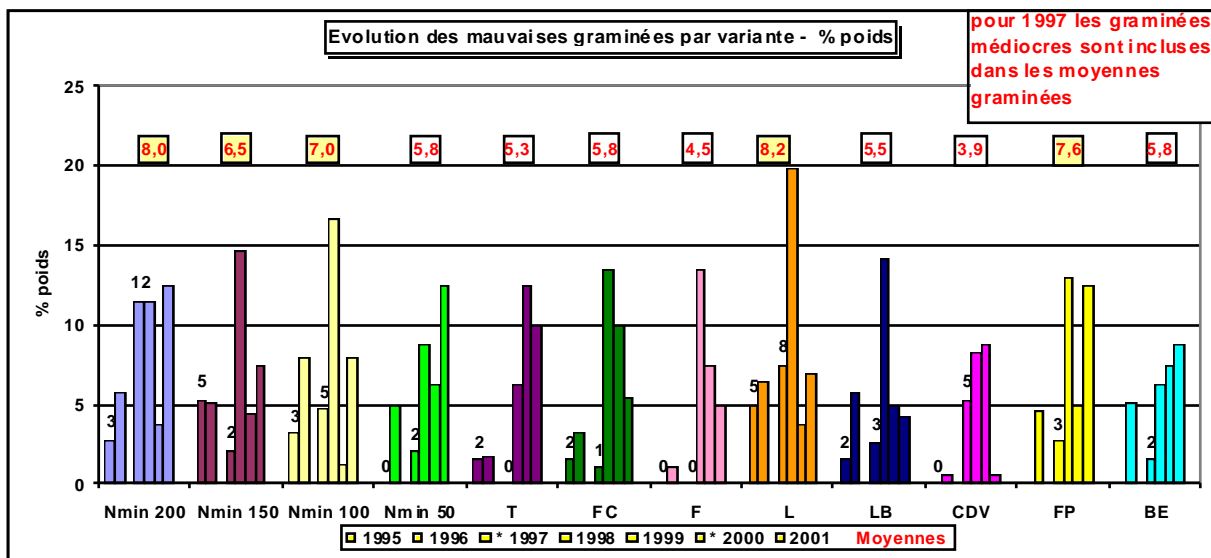






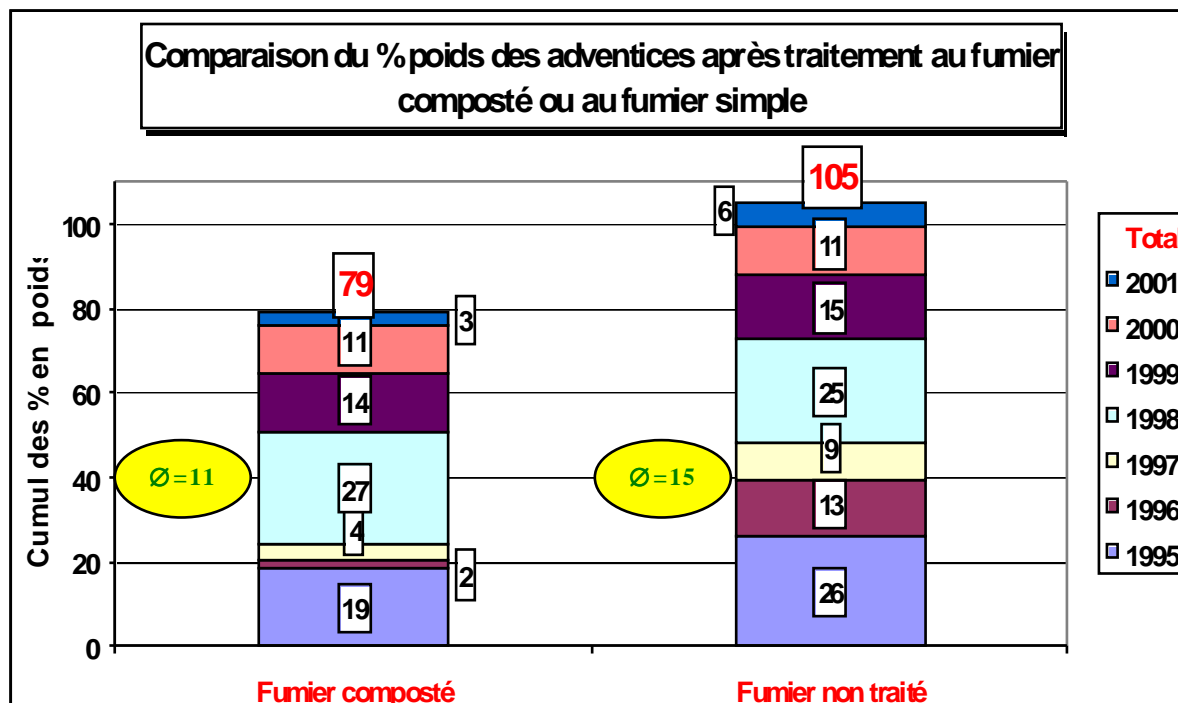
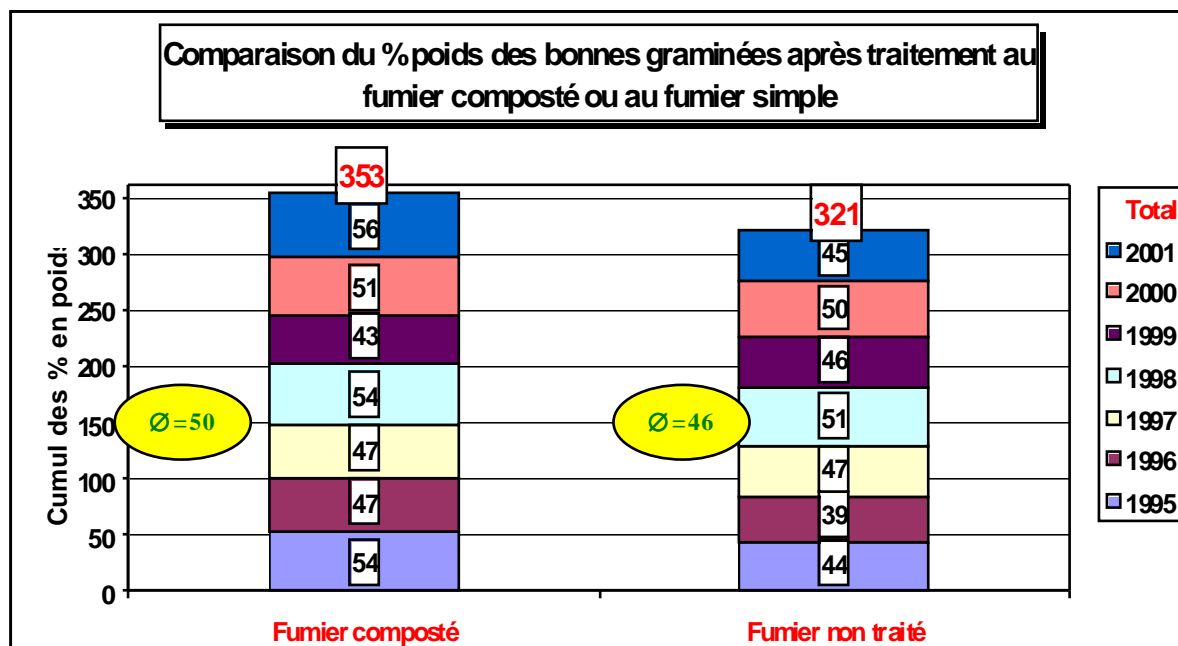
4.3.2. Du point de vue poids





4.4. Comparaison de l'impact de certains traitements sur la flore

4.4.1. *Le fumier composté par rapport au fumier simple*

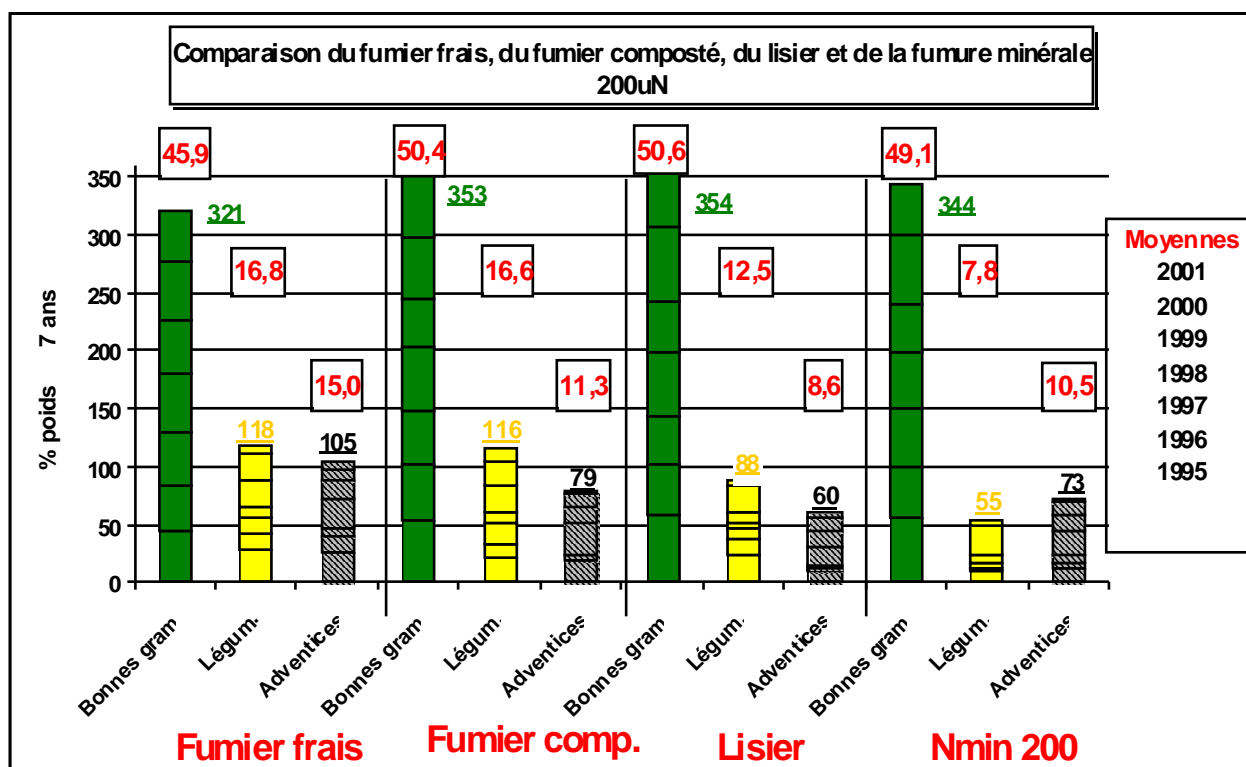


En cumulant les pourcentages des poids de la flore observés durant 7 ans, on peut constater que sur le poids de la récolte totale de ces années (700 %), le fumier composté a produit 353 % de bonnes graminées, ce qui correspond à une moyenne de 50 % du poids total, et 79 % d'adventices, qui correspondent à une moyenne de 11 % du poids total. Le fumier non traité

par contre a produit 321 % de bonnes graminées, soit une moyenne de 46 % du poids total, et 105 % d'adventices, c'est-à-dire en moyenne 15 % du poids total.

Peut-on retrouver une répercussion de ces données dans les fourrages ? L'analyse des qualités des fourrages, dans un chapitre suivant, apportera quelques compléments de réponses à cette question.

4.4.2. Le fumier frais, le fumier composté, le lisier et la fumure minérale Nmin200



4.5. Observations et commentaires sur la flore

4.5.1. La flore en 2000

Les relevés de flore indiquent clairement que l'augmentation du niveau de fumure azotée minérale provoque une réduction du pourcentage de recouvrement en général. Un recouvrement légèrement plus faible est également à observer pour le lisier et les fientes de poules.

L'augmentation du niveau de fumure azotée minérale entraîne également une réduction du pourcentage de recouvrement des légumineuses et une augmentation des adventices (principalement du pissenlit, du rumex acetosa, du mouron, de la renoncule âcre...).

Le lisier et les fientes de poules induisent également une réduction des légumineuses ainsi qu'une augmentation des adventices (rumex acetosa, pissenlit, renoncule âcre,...).

4.5.2. La flore en 2001

On constate une **bonne proportion de légumineuses** (trèfle blanc) **dans** les objets suivants : **fumier composté** (44 %), **compost de déchets verts** (45 %) et **témoin** (39 %). En ce qui concerne le poids, les **bonnes graminées** (R.G.A.) **dominent dans** les objets ayant reçu les **composts de déchets verts** et le **fumier composté**.

Par contre, les **graminées médiocres** (principalement le pâturin annuel, le chiendent et la féтуque rouge) sont **plus présentes dans** les objets ayant reçu la **fumure minérale la plus élevée** (200uN), la **fumure minérale la moins élevée** (50 uN) et les **fientes de poules**.

Les matières organiques à action lente entraînent d'une façon générale une bonne composition floristique en prairie permanente de fauche, tout au moins lorsque les matières sont correctement appliquées.

4.5.3. La flore en évolution

a) recouvrement.

En totalisant les moyennes des différentes espèces végétales, nous constatons que le **meilleur recouvrement des parcelles tout au long de la durée de l'essai est assuré par** : 1) le compost de déchets verts, 2) les boues d'épuration et le témoin, 4) la fumure azotée minérale 50 N, 5) la litière biomâtrisée, 6) le fumier composté, Le recouvrement le plus faible est produit par la fumure minérale 200 N, suivie par le lisier.

C'est le **fumier composté** (91.9 %) , suivi par le **compost de déchets verts** (91 %), qui, après 7 années de traitement, **apporte en moyenne le meilleur recouvrement en bonnes graminées** (R.G.A.). **Le moins bon recouvrement en bonnes graminées** est apporté par le **traitement Nmin 200** (79,2 %).

La part des **moyennes graminées** (dactyles et pâturin commun) est **la plus importante dans les deux traitements à fumure minérale élevée** (68,5 % pour la Nmin 200, 68,1 % pour la Nmin 150).

Les **mauvaises graminées** (pâturin annuel, chiendent et féтуque rouge) **dominent** en recouvrement **dans** le traitement à **lisier** (37,5 %), puis dans le traitement à **fumure minérale 200 unités** (33,4 %).

C'est **sur le témoin** (129,7 %), le **compost de déchets verts** (123,2 %), l'**Nmin 50** (119 %), les **boues d'épuration** (117,3 %) et le **fumier non traité** (110,5 %) que l'on retrouve **le plus d'adventices** (pissenlit, rumex acetosa, renoncule âcre, pâquerette, plantain majeur, véronique officinale,...).

Les **parcelles les plus recouvertes par des légumineuses** (trèfle blanc) sont, en plus du **témoin** (78,2 %), celles traitées au **compost de déchets verts** (79,6 %), au **boues d'épuration** (72 %), au **fumier composté** (67,3 %), à la **fumure minérale 50 Nmin** (67,1 %).

La parcelle fumée à 200 unités d'azote minéral ne présente qu'un recouvrement de 33,6 % de légumineuses.

- exploitation à 25 ha fauchés → - 85 tonnes de MS de **bonnes graminées** pour le compost, 75 tonnes pour le fumier frais
 ⇒ soit **10 tonnes de MS de bonnes graminées en moins pour le fumier frais**
 - 20 tonnes de MS d'**adventices** pour le compost et
 25 tonnes pour le fumier frais
 ⇒ soit **5 tonnes de MS d'adventices en plus pour le fumier frais**

4.5.5. La flore après traitement au lisier, au fumier composté ou à l'Nmin 200

Nous pouvons constater qu'en moyenne le poids des bonnes graminées est égal pour le compost et le lisier (50,4 et 50,6 %) et qu'il fait 1 bon % en moins pour la fumure minérale 200 unités (49,1 %).

Au niveau des légumineuses, les différences sont plus marquées : 16,6 % pour le compost, 12,5 % pour le lisier et 7,8 % seulement pour la fumure minérale 200uN.

Le poids des adventices est de 11,3 % pour le compost, 8,6 % pour le lisier et 10,5 % pour l'Nmin 200.

Exemple d'application :

rendements moyens : Fumier composté : 6,8 tonnes de MS/ha

Lisier : 7 tonnes de MS/ha

Nmin 200 : 7,9 tonnes de MS/ha

- exploitation à 10 ha fauchés → - fourrage comprenant 34 tonnes de MS de **bonnes graminées** si fumure au fumier composté, 35 tonnes si fumure au lisier et 39 tonnes si fumure minérale 200 N
 - des **adventices** : 7,7 tonnes de MS si fumure au fumier composté, 6 tonnes si fumure au lisier, 8,3 tonnes si fumure minérale 200 N
 - des **légumineuses** : 11 tonnes de MS si fumure au fumier composté, 9 tonnes si fumure au lisier, 6 tonnes si fumure minérale 200 N
- exploitation à 25 ha fauchés → - 86 tonnes de MS de **bonnes graminées** pour le compost, 89 tonnes pour le lisier et 97 tonnes si fumure minérale 200 N
 - des **adventices** : 19 tonnes de MS si fumure au fumier composté, 15 tonnes si fumure au lisier, 21 tonnes si fumure minérale 200 N
 - des **légumineuses** : 28 tonnes de MS si fumure au fumier composté, 22 tonnes si fumure au lisier, 15,5 tonnes si fumure minérale 200 N

⇒ Vu que le rendement des parcelles fumées exclusivement à l'**engrais minéral 200 N** est supérieur d'une tonne MS/ha et que leur **rendement en bonnes graminées** ne fait quel % de moins que les deux autres, celui-ci **atteint 10 voire 12 tonnes en plus**.

En ce qui concerne **les adventices et plus encore les légumineuses, les différences s'accroissent dans l'autre sens, en défaveur de la fumure Nmin 200**. Rappelons également dans ce contexte que le recouvrement est le moins bon sur les parcelles fumées à l'engrais minéral 200 N (12^{ème}) et au lisier (11^{ème}), par rapport au fumier composté qui est 6^{ème} sur 12. Un gazon peu dense est exposé à un envahissement par des adventices et demande des soins particuliers (plus de

pulvérisations, plus de sursemis...). Dans un calcul de rentabilité rigoureux, ces aspects doivent être pris en compte.

Les illustrations pratiques démontrent bien combien la flore intervient dans la qualité des fourrages et combien il est important d'aider l'agriculteur à se rendre compte des conséquences directes, mais aussi indirectes, de ses fumures appliquées.

5. Evolution des sols.

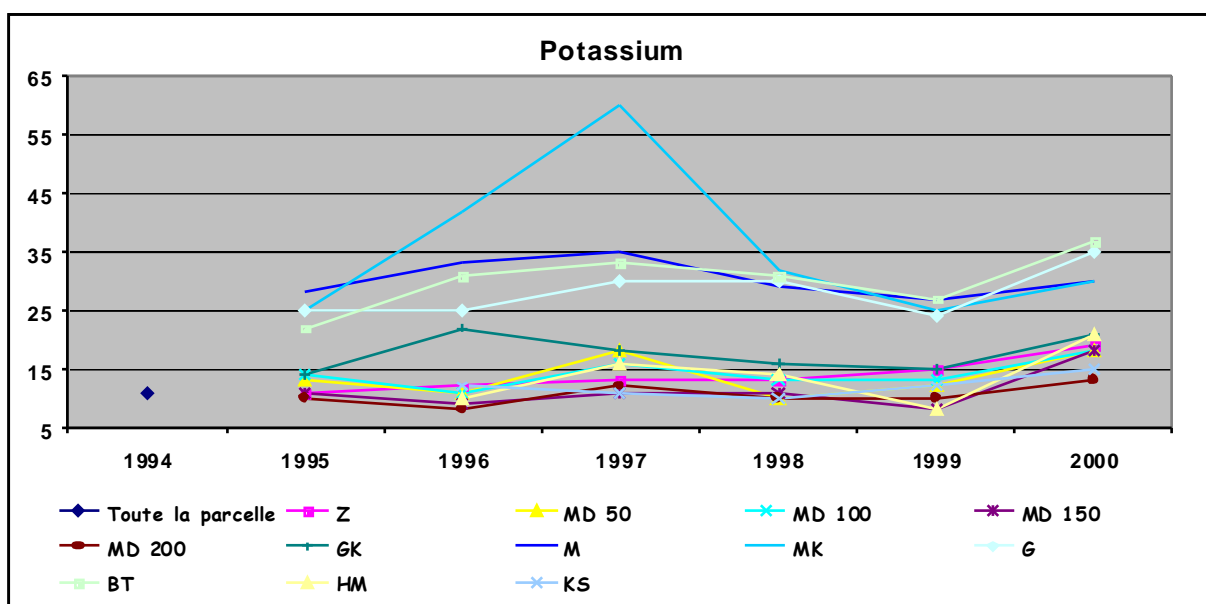
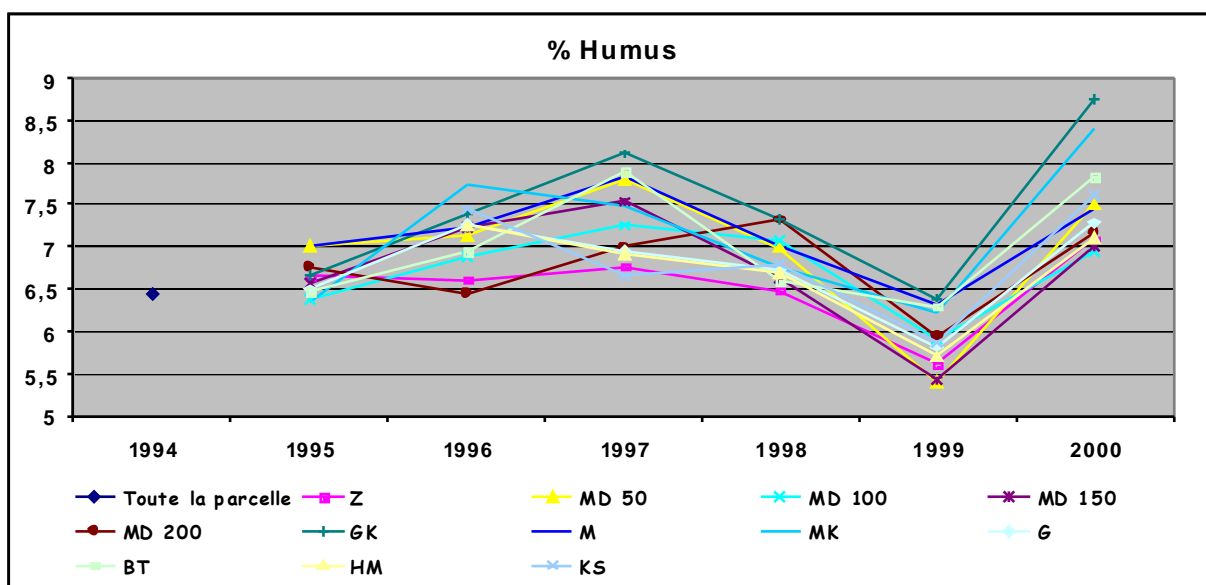
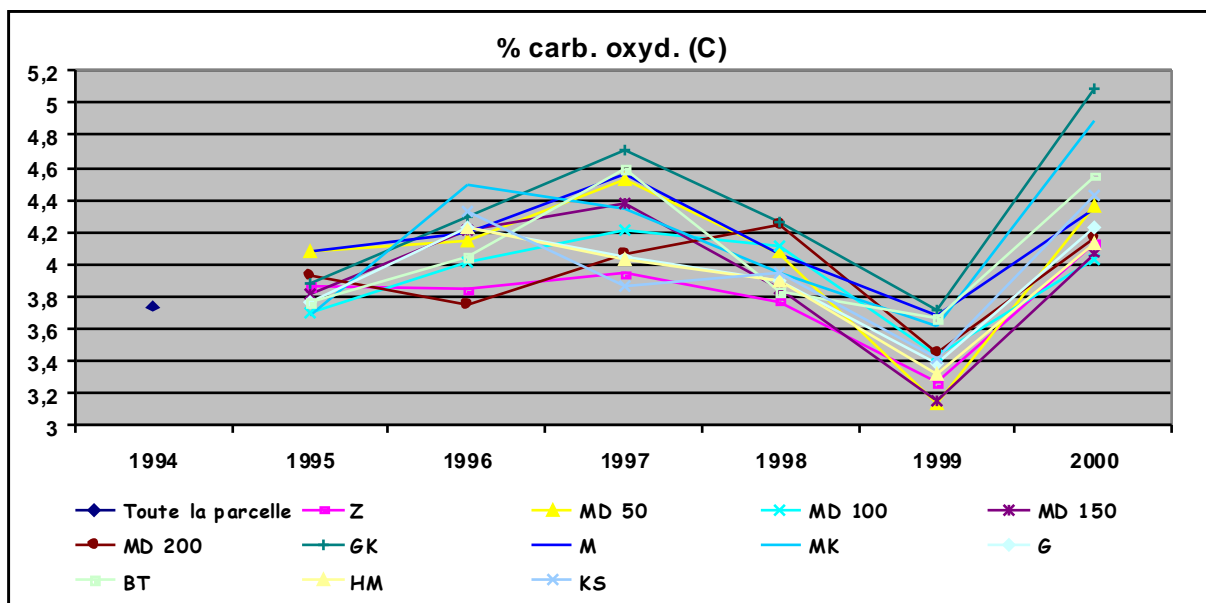
Le développement des éléments et des minéraux dans le sol a été étudié sur base d'analyses annuelles.

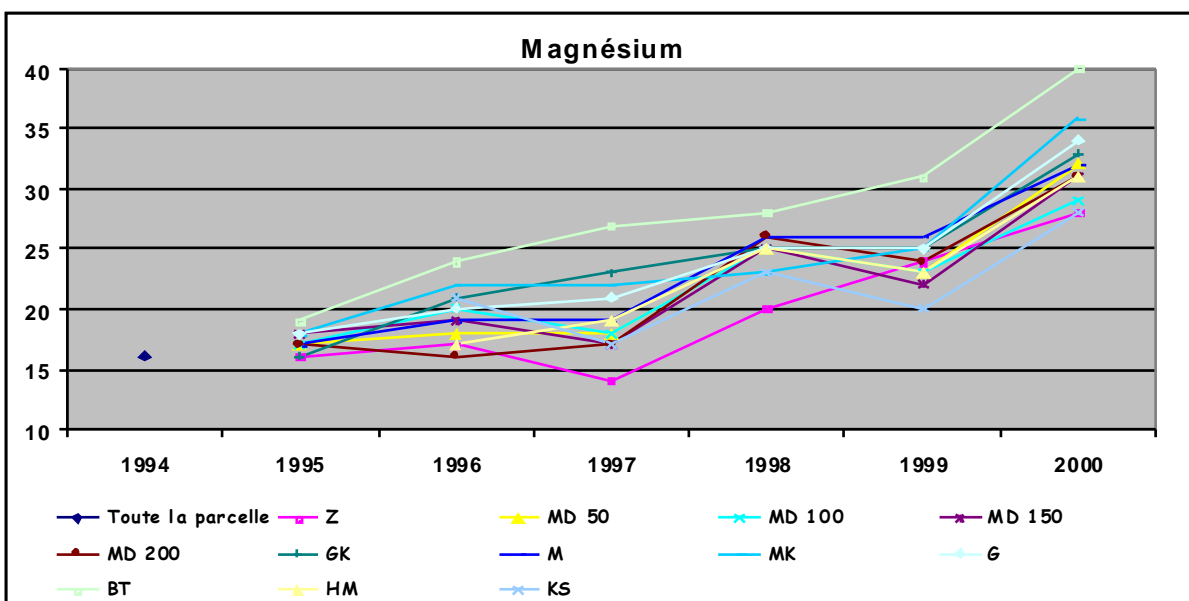
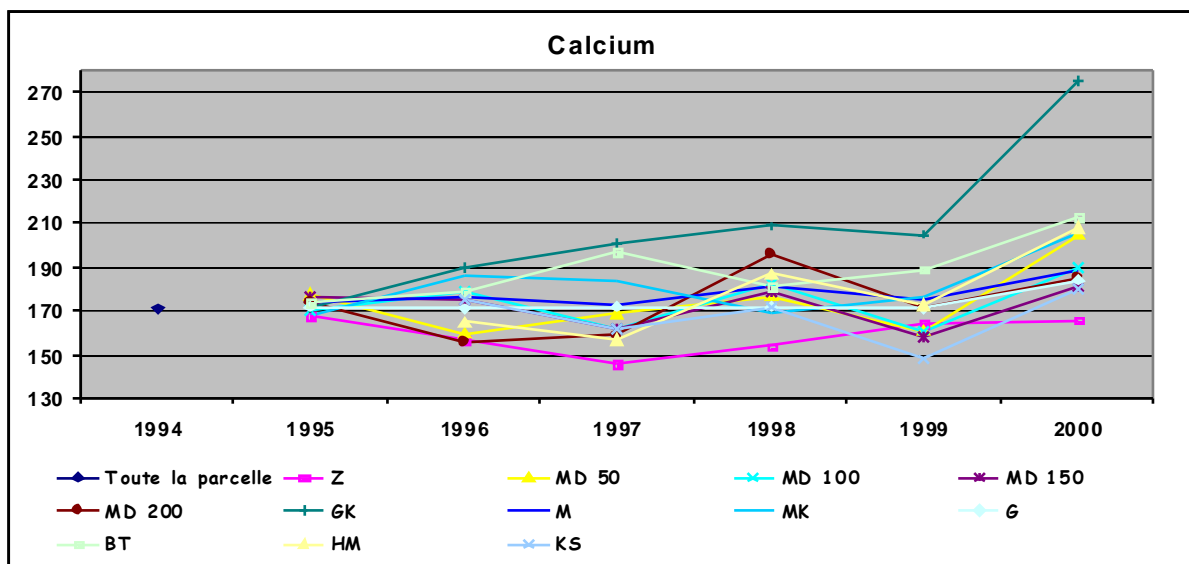
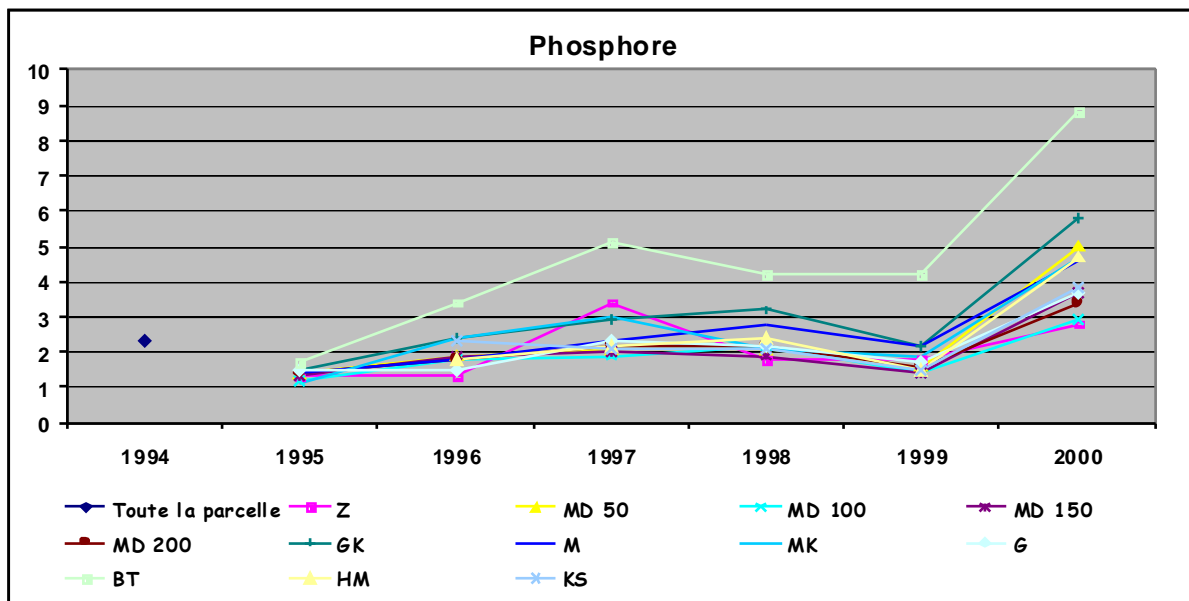
5.1. Les tableaux ci-dessous

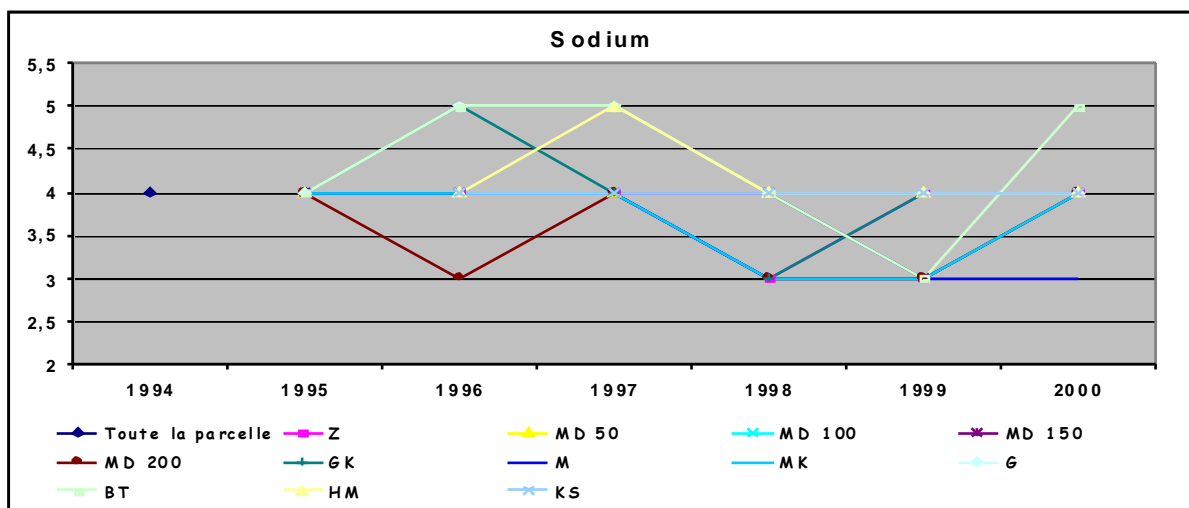
expriment en chiffres l'évolution du point de départ en mars 1994, en passant par mars 1995 (l'année après les premiers épandages ; pour les boues et les fientes 1996), la situation en janvier 2001 et l'état final en février 2002 (fin de l'année sans apports de fumure) .

	T						Nmin 50						Nmin 100						Valeurs références sols moyens
Eléments	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	
pH eau	6,2	6,3	6,4	0,2	6	-0,4	6,2	6,3	6,6	0,4	5,9	-0,7	6,2	6,3	6,4	0,2	6	-0,4	
pH KCL	5,2	5,2	5,4	0,2	5,4	0	5,2	5,2	5,8	0,6	5,4	-0,4	5,2	5,2	5,6	0,4	5,4	-0,2	5,6 à 6,6
% ox.carbone	3,74	3,56	4,12	0,38	3,58	-0,54	3,74	4,08	4,36	0,62	4,17	-0,19	3,74	3,7	4,03	0,29	4,03	0	3,8 à 4,2
% Humus	6,44	6,65	7,09	0,65	6,16	-0,93	6,44	7,01	7,5	1,06	7,17	-0,33	6,44	6,37	6,93	0,49	6,93	0	5,5 à 7,5
Potassium (K)	11	11	19	8	16	-3	11	13	18	7	20	2	11	14	18	7	16	-2	17 à 24
Phosphore (P)	2,3	1,3	2,8	0,5	3,9	1,1	2,3	1,4	5	2,7	4,2	-0,8	2,3	1,2	2,9	0,6	4	1,1	4,5 à 7,5
Calcium (Ca)	171	168	166	-5	182	16	171	178	205	34	184	-21	171	170	190	19	184	-6	110 à 410
Magnésium (Mg)	16	16	28	12	29	1	16	17	32	16	28	-4	16	17	29	13	27	-2	10 à 14
Sodium (Na)	4	4	4	0	3	-1	4	4	4	0	3	-1	4	4	4	0	3	-1	4 à 11
	F						FC						L						Valeurs références sols moyens
Eléments	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	
pH eau	6,2	6,3	6,5	0,3	6	-0,5	6,2	6,4	6,5	0,3	5,9	-0,6	6,2	6,2	6,5	0,3	6,1	-0,4	
pH KCL	5,2	5,3	5,6	0,4	5,5	-0,1	5,2	5,3	5,8	0,6	5,4	-0,4	5,2	5,2	5,7	0,5	5,5	-0,2	5,6 à 6,6
% ox.carbone	3,74	4,08	4,34	0,6	4,65	0,31	3,74	3,68	4,89	1,15	4,61	-0,28	3,74	3,77	4,23	0,49	4,11	-0,12	3,8 à 4,2
% Humus	6,44	7,02	7,46	1,02	8	0,54	6,44	6,33	8,41	1,97	7,93	-0,48	6,44	6,49	7,28	0,84	7,07	-0,21	5,5 à 7,5
Potassium (K)	11	28	30	19	24	-6	11	25	30	19	20	-10	11	25	35	24	24	-11	17 à 24
Phosphore (P)	2,3	1,4	4,6	2,3	4,8	0,2	2,3	1,1	4,7	2,4	4,7	0	2,3	1,5	3,7	1,4	3,9	0,2	4,5 à 7,5
Calcium (Ca)	171	174	189	18	206	17	171	168	206	35	204	-2	171	172	184	13	190	6	110 à 410
Magnésium (Mg)	16	17	32	16	32	0	16	18	36	20	33	-3	16	18	34	18	34	0	10 à 14
Sodium (Na)	4	4	3	-1	3	0	4	4	4	0	3	-1	4	4	4	0	3	-1	4 à 11

	Nmin 150						Nmin 200						CDV						Valeurs références sols moyens
Eléments	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	
pH eau	6,2	6,2	6,4	0,2	6	-0,4	6,2	6,2	6,4	0,2	6,1	-0,3	6,2	6,2	6,6	0,4	6,1	-0,5	6,7 à 7,3
pH KCL	5,2	5,2	5,5	0,3	5,5	0	5,2	5,2	5,4	0,2	5,5	0,1	5,2	5,1	5,8	0,6	5,7	-0,1	5,6 à 6,6
% ox.carbone	3,74	3,82	4,07	0,33	4,14	0,07	3,74	3,93	4,16	0,42	3,96	-0,2	3,74	3,88	5,09	1,35	4,81	-0,28	3,8 à 4,2
% Humus	6,44	6,57	7	0,56	7,12	0,12	6,44	6,76	7,16	0,72	6,81	-0,35	6,44	6,67	8,75	2,31	8,27	-0,48	5,5 à 7,5
Potassium (K)	11	11	18	7	12	-6	11	10	13	2	11	-2	11	14	21	10	16	-5	17 à 24
Phosphore (P)	2,3	1,3	3,7	1,4	4,4	0,7	2,3	1,4	3,4	1,1	3,7	0,3	2,3	1,5	5,8	3,5	6,3	0,5	4,5 à 7,5
Calcium (Ca)	171	177	181	10	192	11	171	174	185	14	189	4	171	171	275	104	278	3	110 à 410
Magnésium (Mg)	16	18	31	15	31	0	16	17	31	15	30	-1	16	16	33	17	33	0	10 à 14
Sodium (Na)	4	4	4	0	3	-1	4	4	4	0	4	0	4	4	4	0	4	0	4 à 11
	LB						BE						FP						Valeurs références sols moyens
Eléments	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	Départ 1994	1995	2000	Evol.	2001	Evol.	
pH eau	6,2	6,3	6,6	0,4	6,1	-0,5	6,2	6	6,3	0,1	5,9	-0,4	6,2	6	6,5	0,3	6,1	-0,4	6,7 à 7,3
pH KCL	5,2	5,2	5,7	0,5	5,6	-0,1	5,2	5,2	5,4	0,2	5,3	-0,1	5,2	5,1	5,7	0,5	5,5	-0,2	5,6 à 6,6
% ox.carbone	3,74	3,76	4,55	0,81	4,34	-0,21	3,74	4,33	4,43	0,69	4,68	0,25	3,74	4,22	4,13	0,39	4,12	-0,01	3,8 à 4,2
% Humus	6,44	6,47	7,83	1,39	7,46	-0,37	6,44	7,44	7,62	1,18	8,05	0,43	6,44	7,25	7,1	0,66	7,09	-0,01	5,5 à 7,5
Potassium (K)	11	22	37	26	31	-6	11	12	15	4	15	0	11	10	21	10	17	-4	17 à 24
Phosphore (P)	2,3	1,7	8,8	6,5	9,1	0,3	2,3	2,3	3,8	1,5	4,4	0,6	2,3	1,8	4,7	2,4	5,1	0,4	4,5 à 7,5
Calcium (Ca)	171	174	213	42	210	-3	171	175	180	9	180	0	171	165	208	37	213	5	110 à 410
Magnésium (Mg)	16	19	40	24	37	-3	16	21	28	12	28	0	16	17	31	15	30	-1	10 à 14
Sodium (Na)	4	4	5	1	3	-2	4	4	4	0	4	0	4	4	4	0	4	0	4 à 11



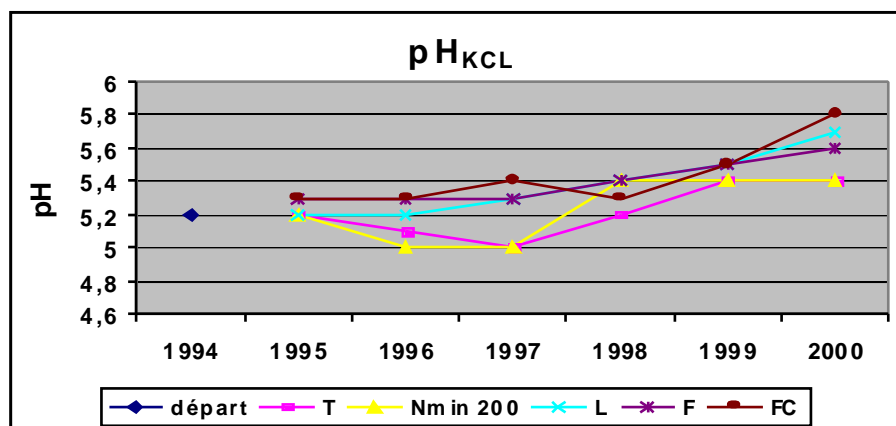




5.3. Comparaison de l'évolution du pH_{KCl} et des minéraux, sous l'influence des matières organiques agricoles courantes (lisier, fumier frais, fumier composté) et par l'engrais minéral 200N

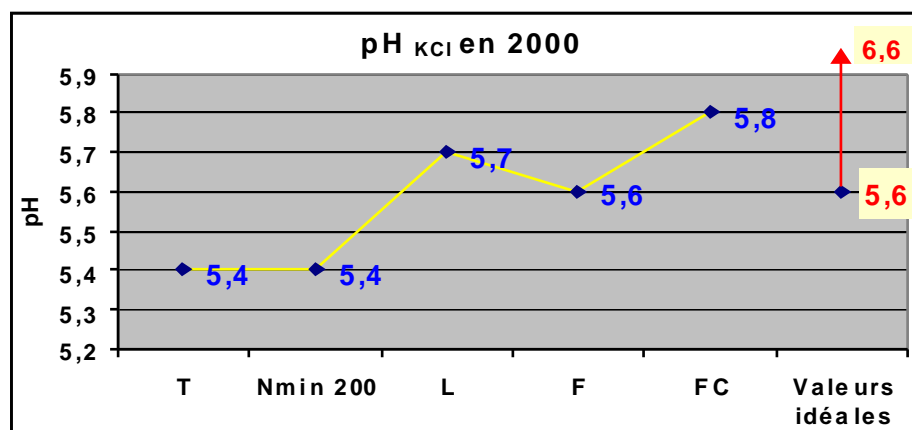
5.3.1. Le pH

a) évolution :

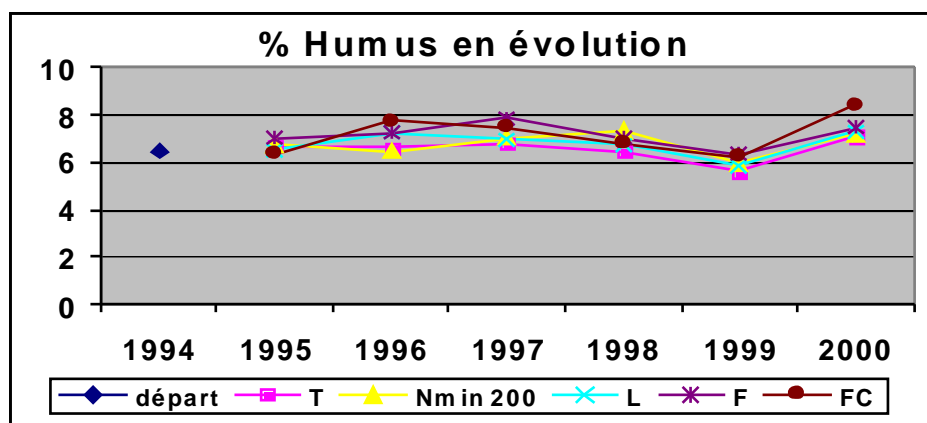


b) en fin d'essai en 2000 :

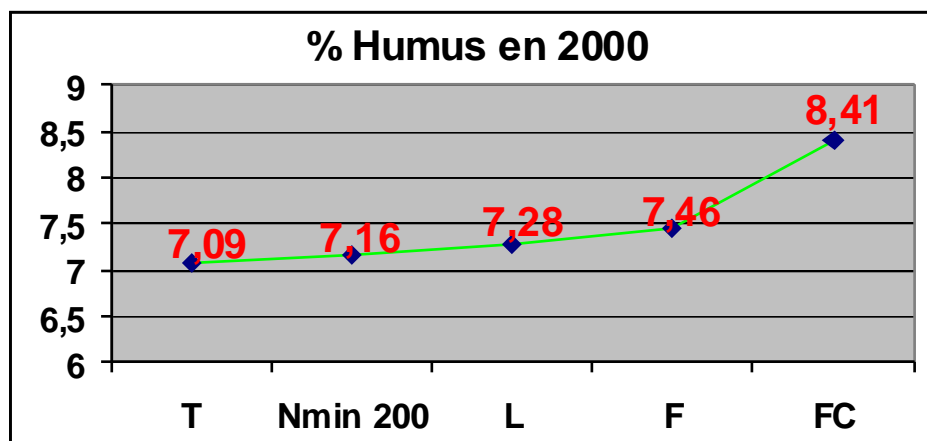
5.3.2. L'humus



a) évolution :

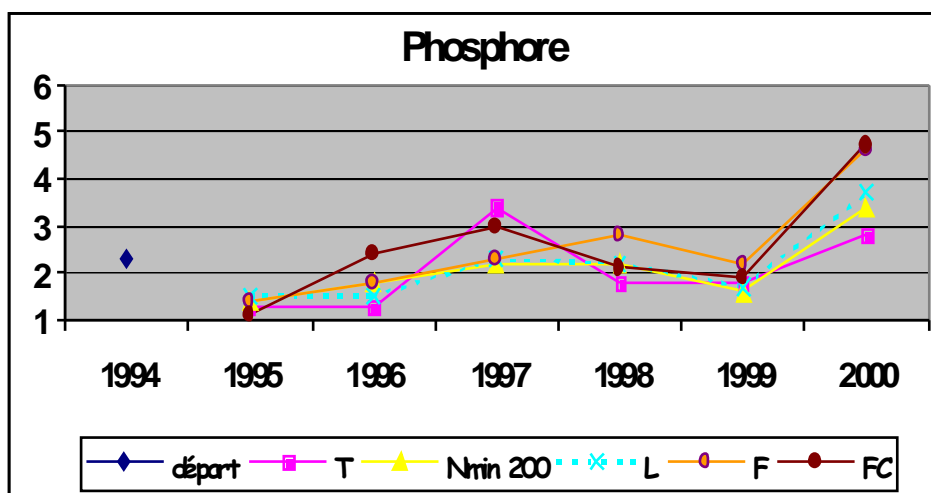


b) en fin d'essai en 2000 :

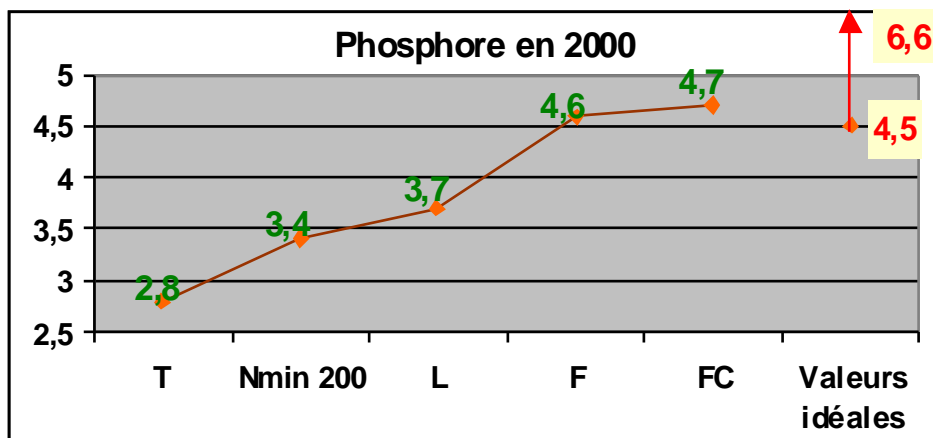


5.3.3. Le phosphore

a) évolution :

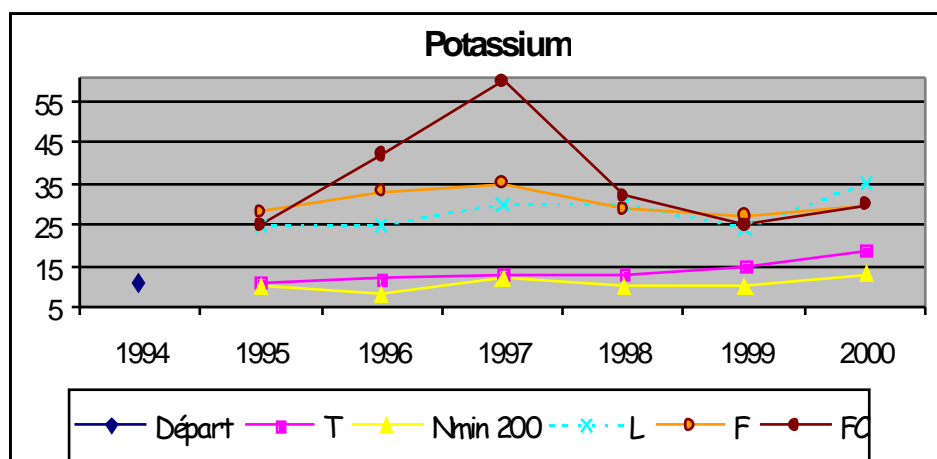


b) en fin d'essai en 2000 :

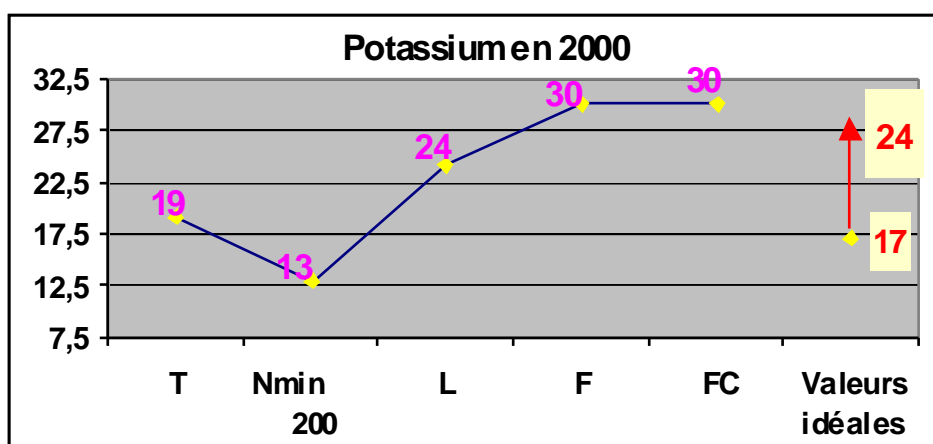


5.3.4. Le potassium

a) évolution :

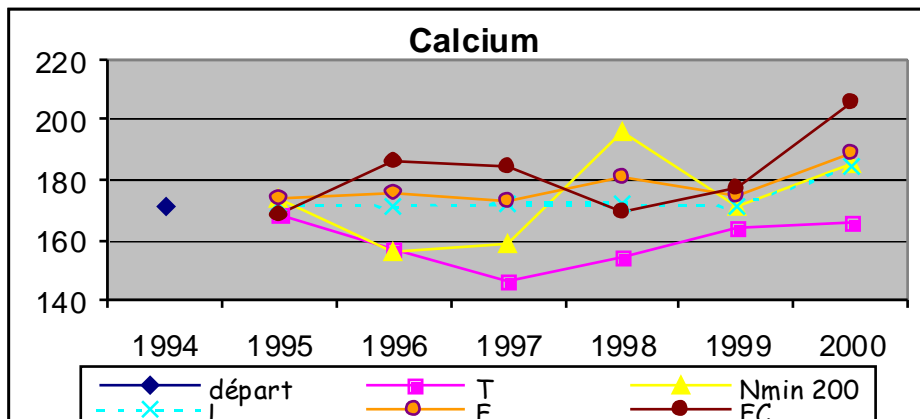


b) en fin d'essai en 2000 :

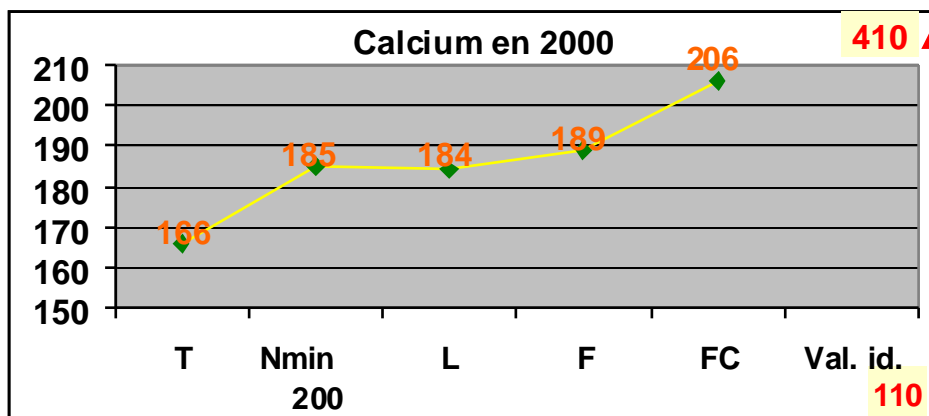


5.3.5. Le calcium

a) évolution :

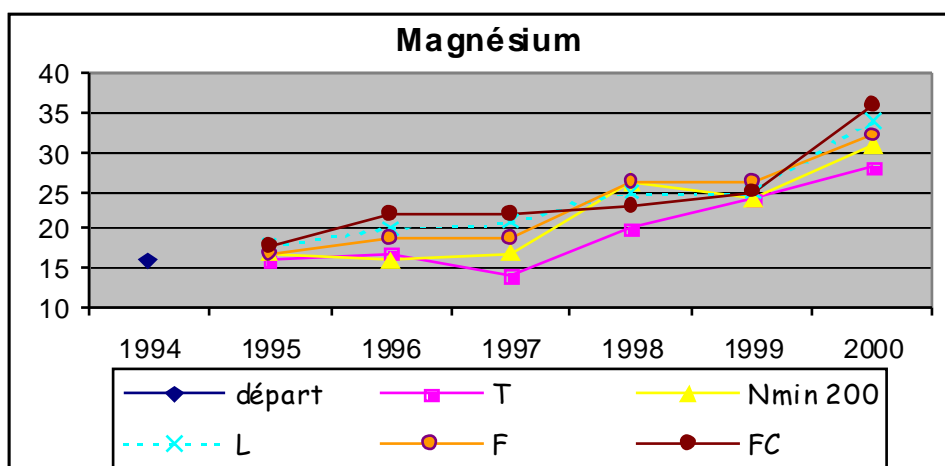


b) en fin d'essai en 2000 :

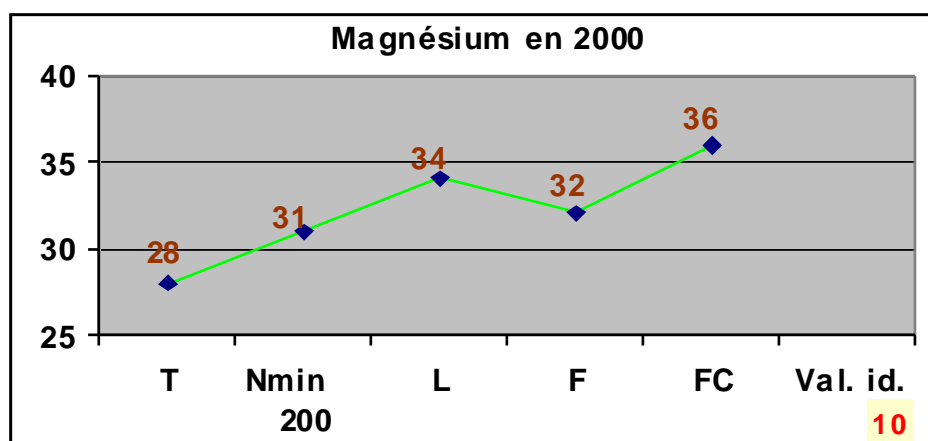


5.3.6. Le Magnésium

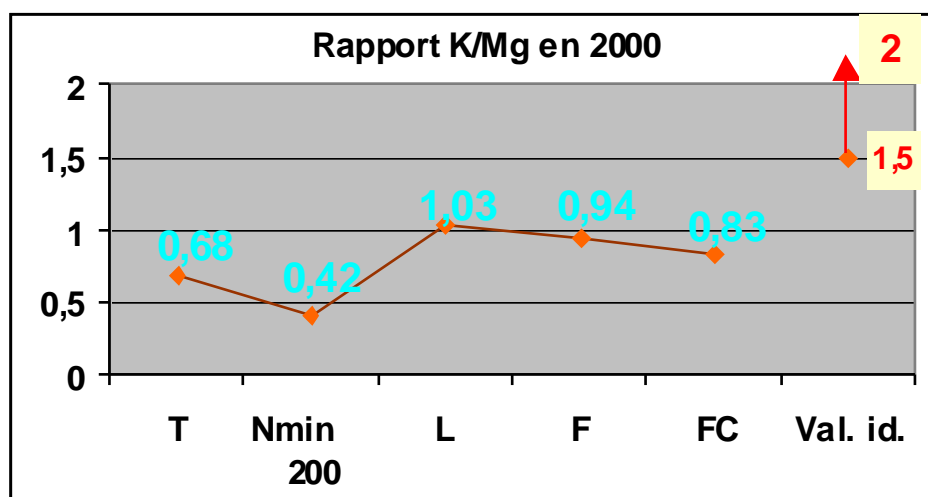
a) évolution :



b) en fin d'essai en 2000 :



5.3.7. Le rapport K/Mg



5.4. Comparaisons entre l'influence du fumier classique et du fumier composté sur la teneur en humus et la présence de microgleyes

Dans le cadre de son travail de fin d'études pour le titre d'ingénieur industriel en agriculture, un étudiant à la Haute Ecole Provinciale de Charleroi – site de Ath, M. Xavier Toussaint, a réalisé à partir de l'essai GUMIKO des comparaisons entre l'épandage de fumier classique et l'épandage de fumier composté au niveau de l'influence sur la teneur en humus des sols et la présence de microgleyes. Pour ce faire, il a réalisé des prélèvements pédologiques sur nos parcelles, parce que celles-ci sont bien connues au niveau de leur fertilisation organique. Un intérêt supplémentaire résidait dans l'ancienneté de l'essai.

Dans ce chapitre, ce sont donc les résultats de la recherche de M. Toussaint que nous présentons.

Le travail concret a été fait au printemps 2002. A ce moment l'essai était considéré comme terminé et avait été remis à un agriculteur. Quelques génisses avaient donc été mises en pâture sur l'essai en automne 2001. De plus, au printemps 2002, avant la présente étude, de l'azote minéral (27-0-0) avait été appliqué à raison de 160-180 unités/ha, ainsi que 12 à 14 m³/ha de lisier bien dilué. Le contexte de l'essai a donc été quelque peu modifié, mais l'étudiant en question considère que cela n'a eu vraisemblablement aucune influence sur l'humus et les microgleyes. Il estime que seuls les profils azotés ont pu être modifiés.

Dans son rapport, il précise que l'essai réalisé se trouve en prairie permanente de fauche, en Ardenne du nord-est. Dans ce contexte, la quantité de matière organique retournant au sol est toujours supérieure à la minéralisation naturelle. Il souligne qu'il faut de plus tenir compte de la situation géographique et qu'un sol ardennais contient toujours plus de matière organique (plus de carbone). Cela s'explique par l'influence d'un climat plus froid, d'où une plus longue minéralisation liée à une faune du sol moins active. Ainsi, selon M. Laroche (unité de géopédologie de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux FUSAGx), on pourrait considérer qu'un sol de la région sablo-limoneuse hennuyère aurait un taux de C de l'ordre de 1,4 %, tandis qu'un sol ardennais aurait une teneur en C voisine de 3,5 %.

5.4.1. Mise en œuvre pratique

- ◆ Seules les parcelles « témoin », « fumier » et « fumier composté » ont été étudiées.
- ◆ Les analyses effectuées ne sont pas réalisées unité par unité, mais une analyse par traitement. Ainsi, pour l'analyse du taux d'humus, c'est le taux d'humus moyen des 4 unités expérimentales qui est obtenu au laboratoire du CARAH. Cela n'a donc pas permis d'effectuer une analyse statistique sur les données.
- ◆ Les échantillons de terre ont été prélevés pour chaque traitement en effectuant 5 coups de sonde par unité expérimentale, soit 20 coups de sonde par traitement. Chaque carotte est mélangée aux autres en vue de l'analyse.

5.4.2. Taux d'humus au cours du temps

Sur base des analyses classiques effectuées en 1995, 2000 et 2001, ainsi que des résultats de l'analyse classique du CARAH, en avril 2002, le taux d'humus au cours du temps se présente comme suite :

	témoin	fumier	fumier composté
1995	6,65	7,02	6,33
2000	7,09	7,46	8,41
2001	6,16	8	7,93
2002	5,14	5,91	5,55

Tableau : évolution du taux d'humus au cours du temps

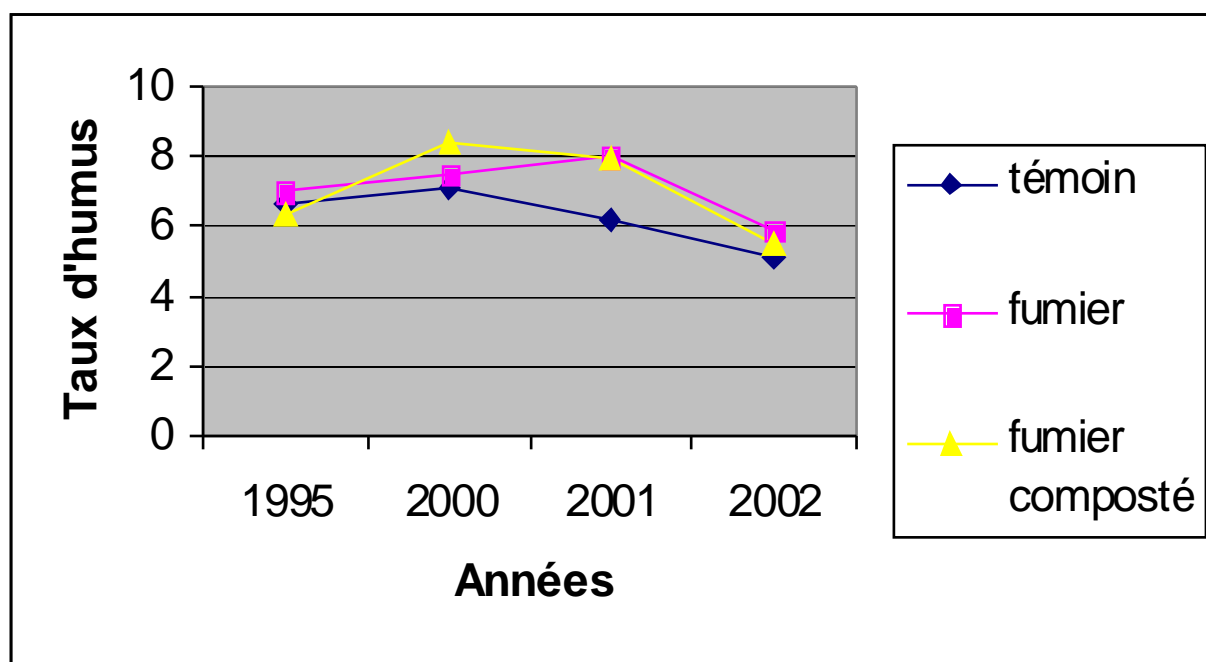


Figure : évolution du taux d'humus au cours du temps

5.4.3. Commentaire et interprétation

- ◆ Après épandage de 1400 unités d'azote sous forme organique (année 2000), le taux d'humus de la parcelle ayant reçu du fumier composté est supérieur à celui de la parcelle ayant reçu du fumier classique de presque 1 %. Par rapport au témoin (année 2000), la parcelle « fumier » possède un taux d'humus supérieur de 0,35 %, et la parcelle « fumier composté » possède un taux d'humus supérieur de 1,32 %.

Cette différence est remarquable, d'autant plus que les quantités épandues sont fortement différentes. En effet, au cours des 7 ans, 355,4 tonnes de fumier classique (soit 1400 unités d'azote) ont été épandues, tandis que 251,8 tonnes de fumier composté (soit également 1400 unités d'azote) ont été épandues.

Par simple calcul, nous voyons que, pour les 7 années, un apport de cent tonnes de fumier classique entraîne une augmentation de 0,098 % du taux d'humus par rapport au témoin,

tandis qu'un apport de cent tonnes de fumier composté entraîne une augmentation de 0,524 % du taux d'humus par rapport au témoin.

- ◆ La première année sans épandage (année 2001) entraîne des comportements différents entre les deux fumures organiques. Pour le fumier classique, le taux d'humus continue à augmenter pour culminer à 8 % (gain de 0,54 %), tandis que, pour le fumier composté, il chute à 7,93 % (perte de 0,48 %) et devient donc légèrement inférieur au premier. Le comportement des deux matières au niveau du taux d'humus en cas d'impasse pendant une année est donc diamétralement opposé. Cependant, remarquons qu'après les 8 ans d'essai, on obtient sensiblement le même taux d'humus pour les deux épandages.
- ◆ La seconde année sans épandage (année 2002) se marque par une chute du taux d'humus dans les deux objets : perte de 2,09 % pour le fumier et perte de 2,38 % pour le fumier composté. La perte au niveau de l'objet « fumier composté » est encore supérieure à la perte de l'objet « fumier ».

Nous observons donc deux comportements différents :

1. Le fumier composté apporte d'avantage d'humus au sol, et cela confirme l'hypothèse théorique : « ...avantage d'ordre agronomique : selon la littérature, on estime que par rapport au fumier, le compost mûr augmente (jusque 50 %) la quantité d'humus stable laissée dans le sol. Il s'agit d'un amendement de première valeur, qui améliore la capacité de rétention en eau des sols et leur capacité à fixer et à restituer des éléments fertilisants. De plus, le C/N de la matière organique a baissé au cours du compostage pour atteindre un taux de 10 à 15, valeur proche de celle de l'humus. Ainsi, les effets dépressifs sur la microflore du sol et les risques d'asphyxie locale sont éliminés. » (Travail de fin d'étude, Toussaint X., page 10). Le fumier composté, quand il est épandu tous les ans, apporte donc plus d'humus au sol que le fumier classique, et cela malgré des épandages à plus faibles doses.
2. En cas d'impasse, l'épandage de fumier classique semble assurer une meilleure stabilité du taux d'humus dans le sol que le fumier composté. A ce niveau, il semble donc que l'épandage de fumier composté doit être régulier (tous les ans) pour éviter une diminution caractéristique du taux d'humus.

5.4.4. Comparaison au niveau des microgleys

Introduction théorique :

Que définit-on par gley ?

« ... Dans le sol c'est un niveau qui a subi une altération imputable à la présence d'eau. C'est un horizon asphyxique dont la couleur bleu-gris est due à la présence de fer réduit, ou blanchi suite au départ de ce fer réduit. Cette couleur particulière contraste avec la couleur rougeâtre du fer sous forme oxydée.

... le compost peut être plus favorable que le fumier au niveau de l'asphyxie du sol. L'idée est que le fumier frais et collant risque de provoquer des fermentations, et donc des asphyxies locales dans le sol à proximité d'où il a été épandu. Ce phénomène risque d'être plus marquant encore là où le fumier a été incorporé. Si cette hypothèse se confirme, nous trouverons un microgley à la profondeur de labour, proche du fumier en cours de fermentation et de décomposition. Ces fermentations, à l'origine des microgleys et du manque d'oxygène, sont évidemment préjudiciables pour les cultures. Par contre, le compost, matière grumeleuse

et plus évoluée, ne provoquerait pas ce type d'asphyxie et de microgley.... » (Travail de fin d'étude, Toussaint X., page 26).

Mise en oeuvre :

La détermination de la présence de microgley se réalise directement sur le terrain.

1. Prélever une carotte de terre à l'aide de la sonde pédologique jusqu'à 30 cm. Un prélèvement plus profond (sous la profondeur de labour) pourrait mettre en évidence la présence de gleys ou microgleys n'ayant aucun rapport avec l'épandage réalisé.
2. A l'aide d'une pissette contenant du bipyridine ou du ferricyanure de potassium, arroser légèrement l'échantillon de terre.
3. Observer la présence ou l'absence d'une réaction colorée. L'échantillon de terre va virer au rouge ou au bleu, en fonction du réactif utilisé, en cas de présence de zone asphyxique. Dans le cas contraire, aucune réaction n'aura lieu.

Remarquons qu'une simple observation de la carotte de terre peut aider au diagnostic, la couleur gris-bleu, caractéristique de la présence de fer réduit, étant le signe d'une asphyxie locale durable.

Résultats :

Malgré un échantillonnage serré (tous les 5 m²), aucun microgley n'a pu être observé sur l'essai. Le bipyridine utilisé n'a marqué aucune réaction colorée synonyme d'asphyxie locale.

Cette constatation est d'autant plus surprenante que la carte pédologique de la parcelle renseigne un sol faiblement gleyifié. Le fait que la matière organique ait été épandue longtemps avant les analyses (2 ans) et que celle-ci n'a jamais été enfouie sont sans aucun doute des éléments justificatifs de cette absence de microgleys.

5.4.5. Profils azotés

également réalisés en 2002 par l'étudiant présenté ci-dessus :

Témoin

	NH₄	NO₃	Total
Profondeur 0 – 30 cm	13	53	66
30 – 60 cm	10	8	18
60 – 90 cm	15	5	20

Soit **104 kg** d'azote minéral utile dans le profil

Fumier composté

	NH₄	NO₃	Total
Profondeur 0 – 30 cm	18	79	97
30 – 60 cm	13	19	32
60 – 90 cm	10	10	20

Soit **149 kg** d'azote minéral utile dans le profil

Fumier

	NH ₄	NO ₃	Total
Profondeur 0 – 30 cm	33	119	152
30 – 60 cm	29	59	88
60 – 90 cm	51	15	66

Soit **306 kg** d'azote minéral utile dans le profil

Ces résultats ne confirment pas l'hypothèse selon laquelle le fumier composté libère son azote plus progressivement que le fumier classique. Après discussion, il semblerait que la différence de reliquat azoté présent dans les sols serait dû à des exportations différentes. En effet, la parcelle « fumier composté » ayant produit plus d'herbe, l'azote du sol a d'avantage été capté par les plantes et ne se retrouve donc plus dans les profils.

5.4.6. Relation entre les courbes du taux d'humus et les courbes de rendements pour les années 2000 et 2001

Les taux d'humus et les rendements semblent liés. Pour le fumier classique, le rendement et le taux d'humus en 2000 sont inférieurs à ceux du fumier composté. En 2001, le rendement et le taux d'humus de l'objet « fumier composté » diminuent simultanément par rapport à ceux de l'objet « fumier ».

A long terme, et en cas d'épandage régulier, nous voyons une meilleure action du fumier composté. Mais en cas d'impasse, le fumier classique assure une stabilité du taux d'humus et du rendement.

	1995		2000		2001	
	Humus	Rendement	Humus	Rendement	Humus	Rendement
Témoin	6,65	7,091	7,09	6,652	6,16	6,399
Fumier	7,02	7,696	7,46	7,192	8	7,194
Fumier composté	6,33	7,597	8,41	7,854	7,93	6,678

Tableau : Relation humus - rendement

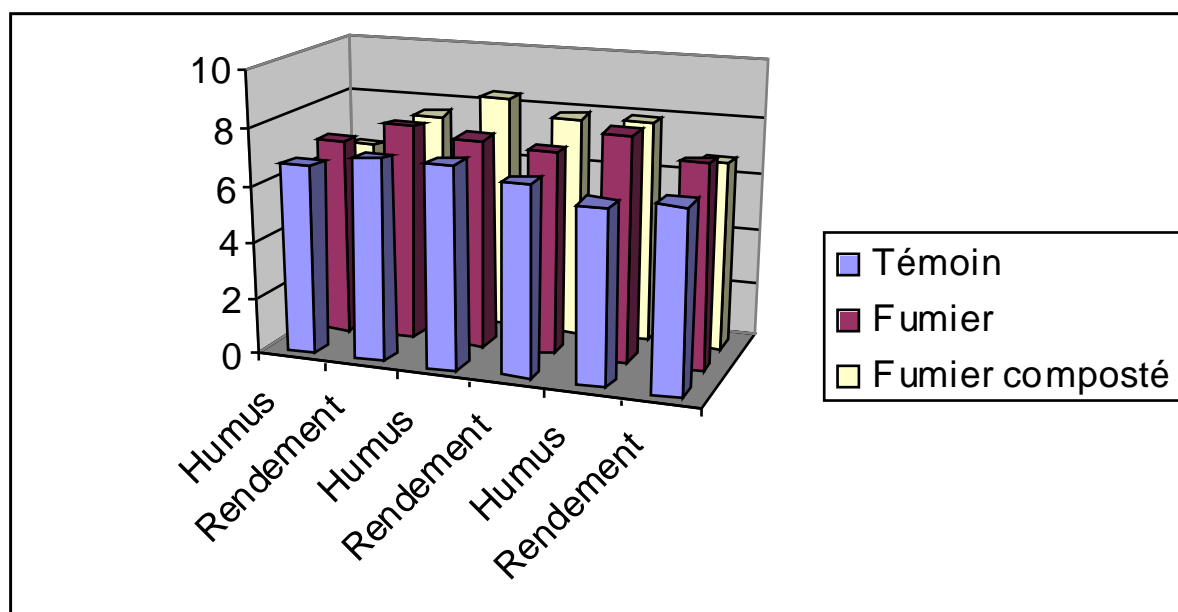


Figure : Relation humus - rendement

5.5. Détermination et comparaison des cinétiques de minéralisation de l'azote et du carbone

C'est M. Pierre Sidon, étudiant en biologie à l'ULB de Bruxelles, qui réalise en 2000 cette recherche dans le cadre de son mémoire. Son travail consistait d'une part à comparer les cinétiques de minéralisation de l'azote et du carbone des différentes matières utilisées dans l'essai, la détermination des cinétiques étant un élément essentiel à une gestion agronomiquement efficiente et respectueuse de l'environnement, d'autre part, étant donné le grand intérêt du biotope d'une prairie de fauche, à comparer la biodiversité floristique des différentes parcelles afin de se rendre compte de l'influence des matières organiques résiduelles sur la flore.

La partie suivante de notre rapport est donc extraite du mémoire de M.Sidon et ce sont ses résultats de recherche que nous présentons dans ce chapitre.

Les échantillons prélevés sur l'essai ont été placés dans des conditions optimales de température et mis en incubation en laboratoire afin de suivre les cinétiques de minéralisation de l'azote et du carbone. L'étude en laboratoire et ses résultats sont extrapolables au champ moyennant un ajustement de l'échelle de temps. En effet, il existe une relation linéaire entre la température et la minéralisation. Ainsi, la transposition des résultats à l'extérieur implique une échelle de temps différente (plus la température est basse, moins la minéralisation est rapide).

5.5.1. Mise en œuvre pratique

◆ Echantillonnage du sol.

Pour chaque parcelle contenant soit un fertilisant organique (lisier, fumier, fumier composté, compost de déchets verts, litière biomâtrisée, fientes de poules et boues d'épuration) ou un engrais minéral (200 unités d'azote), soit aucun amendement (témoin), 16 carottes de terre d'une profondeur de 15 à 20 cm ont été extraites. Celles-ci sont ensuite homogénéisées, tamisées et conservées en chambre froide (6 °C).

◆ Détermination de la matière sèche.

Elle a pour but d'obtenir le rapport poids sec / poids frais du sol (PS/PF) afin d'établir les résultats par rapport au poids sec, indépendant des variations d'humidité.

◆ Détermination du pH des sols.

La mesure du pH est un critère important pour prévoir la capacité à supporter les réactions microbiennes. En effet, la plupart des enzymes produites par les micro-organismes dépendent du pH (dénaturation de protéines, inhibition enzymatique). La transformation biologique de l'ion ammonium (NH_4^+) et des nitrates (NO_3^-) est une des réactions du sol les plus sensibles au pH.

◆ Dosage de la biomasse.

Le dosage de la biomasse est basé sur le principe de la fumigation – extraction. La fumigation repose sur la destruction quasi complète de la biomasse par le chloroforme. Les corps microbiens sont extraits (avec du K_2SO_4) et quantifiés en dosant l'azote sous forme aminée (acides aminés, protéines...) à la ninhydrine.

◆ Minéralisation de l'azote

Des échantillons de sol des parcelles sont placés dans des conditions optimales de température (30 °C) et d'humidité dans des jarres étanches en présence de soude, afin de piéger le dioxyde de carbone pour rester en aérobiose. Ceci permet de suivre, en prélevant en des temps différents (1 semaine, 2 semaines, 3 semaines, 1 mois, 2 mois, 3 mois et 4 mois), la cinétique de minéralisation de l'azote.

• Extraction de l'azote minéral.

- Dosage des nitrites et des nitrates. Les nitrites sont quantifiés à partir de la technique Griess-Ilosvay. Les nitrates également, mais ils doivent préalablement être réduits en nitrites en passant dans une colonne de Cadmium dans un courant de chlorure d'ammonium. Il s'agit d'une méthode de colorimétrie qui se base sur le fait que les nitrites réagissent avec un composé diazoté (sulfanilamide) dans une solution acide afin de produire des sels « diazonium ». Ceux-ci réagissent avec des composés aromatiques pour former un composé coloré, qui est approprié à une mesure spectrométrique (540 nm). Les dosages ont été réalisés sur AQUATEC 5400.

- Détermination de l'ammonium. Le principe est de mélanger l'échantillon contenant l'ammonium (NH_4^+) à une solution basique contenant du NaOH. Le résultat de cette équation est la formation d'ammoniac gazeux (NH_3). Celui-ci passe dans une solution indicatrice dont la concentration en anion augmente et provoque un changement de couleur. Celui-ci est mesuré sur base d'une courbe étalon. Les différents points choisis vont d'une concentration de 0 mg/l jusqu'à 100 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$.

◆ Minéralisation du carbone

Ici aussi des échantillons de sol sont placés dans des conditions optimales de température (étuve à 30 °C = température optimale pour la croissance des micro-organismes) en présence de NaOH. La soude va piéger le CO_2 sous forme de carbonate de sodium (Na_2CO_3). Après avoir précipité le carbonate de sodium formé (à l'aide d'une solution de chlorure de baryum 20 % BaCl_2), on dose l'hydroxyde de sodium restant (par titrage potentiométrique avec de l'acide chlorhydrique). Le point d'équivalence se trouve à pH 8,6.

5.5.2. Résultats

◆ Détermination du poids sec des sols.

	Poids sol frais (en grammes)	Poids sol sec (en grammes)	PS/PF
Témoin	20	13,8	0,69
Lisier	20	13,37	0,6685
Fumier Frais	20	13,26	0,663
Fumier Composté	20	16,88	0,844
Déchets verts	20	10,65	0,5325
Litière biomâtrisée	20	9,82	0,491
Fientes de poules	20	13,63	0,6815
Boues	20	17,05	0,8525
Fumure minérale	20	14,07	0,7035

Tableau : rapports poids sec / poids frais des échantillons de sol

◆ Détermination du pH.

Le pH des sols ne change pas quel que soit l'amendement utilisé. En effet, le pH_{eau} varie seulement entre 6,61 (boues d'épuration et fumure minérale) et 7,01 (compost de déchets verts). Ce sont donc des sols neutres. Pour le pH pris avec une solution neutre de sel, le pH varie entre 6,19 (pour les boues d'épuration) et 6,65 (pour les déchets verts).

	pH (eau)	pH (KCl)	Différence
Témoin	6,75	6,22	0,53
Lisier	6,76	6,45	0,31
Fumier frais	6,77	6,45	0,32
Fumier composté	6,8	6,58	0,22
Déchets verts	7,01	6,65	0,36
Litière biomâtrisée	6,7	6,38	0,32
Fientes de poules	6,79	6,36	0,43
Boues	6,61	6,19	0,42
Fumure minérale	6,61	6,29	0,32

Tableau : pH des échantillons de sol

La différence entre les deux prises de pH ne permet pas de tirer des enseignements.

◆ Biomasse microbienne.

La biomasse regroupe toutes les parties vivantes, sauf plantes et animaux, supérieures à 0,005 mm c'est-à-dire bactéries, champignons, actinomycètes. Elle constitue un réservoir intermédiaire. La biomasse contenue dans un sol est tuée par fumigation avec des vapeurs de chloroforme. Les corps microbiens sont ensuite extraits et quantifiés en dosant les substances réactives à la ninhydrine (acides aminés, protéines...). L'azote dosé à la ninhydrine peut être converti en biomasse N et biomasse C via un facteur de conversion. Celui-ci est respectivement de 3,1 et de 21. Mais ces facteurs peuvent varier selon les sols.

La biomasse a été dosée au temps initial, puis une fois par mois, pour suivre son évolution. Le premier mois, on observe une légère augmentation pour l'ensemble des matières utilisées, avec un maximum pour la litière biomâtrisée. C'est pour la fumure minérale que la quantité de biomasse est la plus faible.

Au deuxième mois, une chute brutale est observée pour la litière biomâtrisée. Une diminution est également observée pour les déchets verts et, dans une moindre mesure, pour le témoin et la fumure minérale. La seule véritable augmentation de la biomasse se passe au niveau du fumier frais.

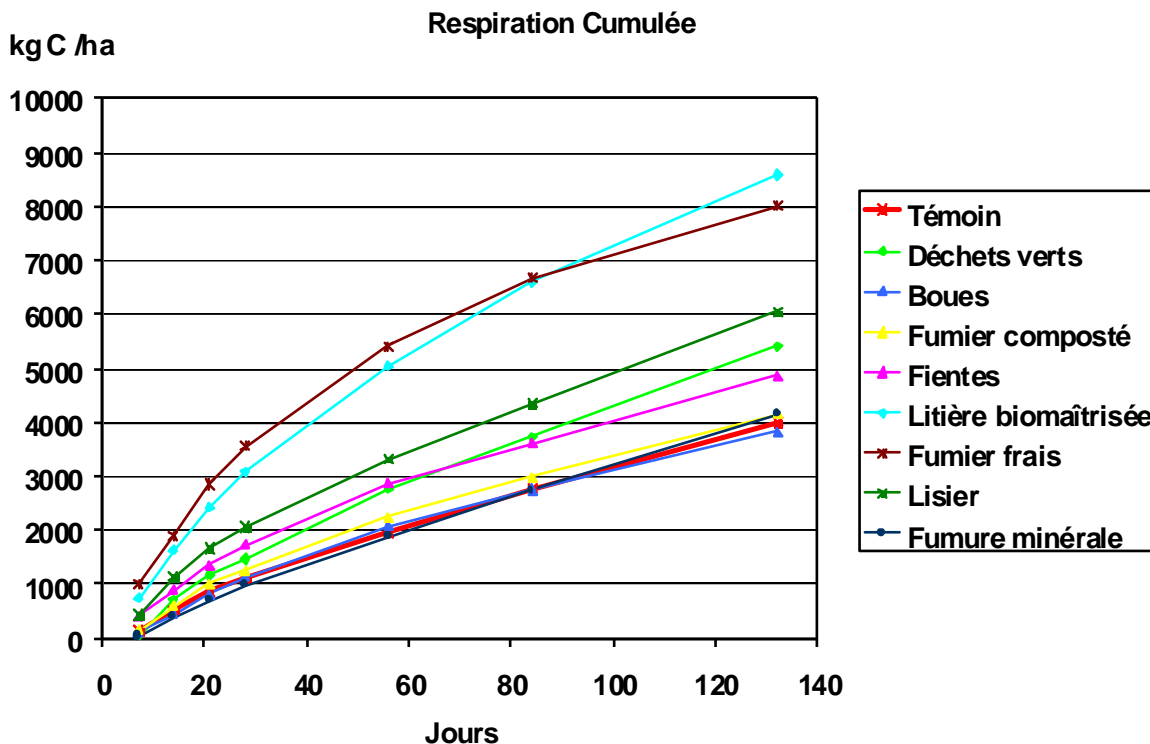
Le troisième mois, le lisier et la fumure minérale augmentent littéralement la biomasse qui atteint des quantités de l'ordre de 5,5 à 6 kg/ha, alors que les autres atteignent des valeurs entre 0,8 à 1,5.

◆ Minéralisation du carbone.

La cinétique de la minéralisation potentielle du carbone s'étudie en laboratoire en plaçant des échantillons de sols en présence de soude (NaOH) dans des conditions optimales de température et d'humidité. Le dioxyde de carbone (CO₂) réagit avec le NaOH pour former du carbonate de sodium. Celui-ci est précipité par du chlorure de baryum et l'excès de soude est titré.

Ainsi, en dosant en des temps déterminés (les quatre premières semaines puis chaque mois) le CO₂ formé, on arrive à déterminer la cinétique de minéralisation du carbone. Un graphique exprimant la somme des concentrations en carbone minéral produit (en kg/ha) en fonction des jours donne l'évolution de cette minéralisation.

(Le détail du graphique se trouve en fin de rapport, en Annexe 1).



De manière générale, on observe pour chaque sol une augmentation rapide de la minéralisation pendant le premier mois (pente de l'ordre de 70 kg C/ha/jour). Ensuite, la vitesse de minéralisation diminue, environ 30 kg C/ha/jour. Ceci s'explique par la présence initiale de composés carbonés facilement utilisables par les micro-organismes. Ces composés sont principalement des sucres simples, des acides organiques et des acides aminés. On peut retrouver d'autres composés plus complexes qui ont été partiellement dégradés lors de l'homogénéisation et du tamisage. Une fois cette source épuisée, les micro-organismes s'attaquent à des composés plus difficiles à dégrader comme l'hémicellulose et surtout la cellulose.

Il faut remarquer également que pour la plupart des matières organiques (sauf avec le fumier frais et la litière biomâtrisée), les écarts entre les courbes de minéralisation sont quasiment constants.

Le fumier frais de bovins et la litière biomâtrisée sont les matières pour lesquelles la minéralisation du carbone est la plus importante à court et à long termes. Après 3 mois, la litière biomâtrisée dépasse le fumier frais. Après 131 jours, plus de 8000 kg de C ont été minéralisés pour un hectare. Pour ces deux engrais organiques, la biomasse est la plus importante pour la litière biomâtrisée pour le premier mois et pour le fumier frais après 40 jours.

Trois autres matières organiques sont proches l'une de l'autre : le lisier de bovins, le compost de déchets verts et les fientes de poules. Les sols ont minéralisé entre 5000 et

6000 kg de carbone par hectare sur plus de quatre mois. Le lisier est en tête et les déchets verts dépassent les fientes de poules après deux mois.

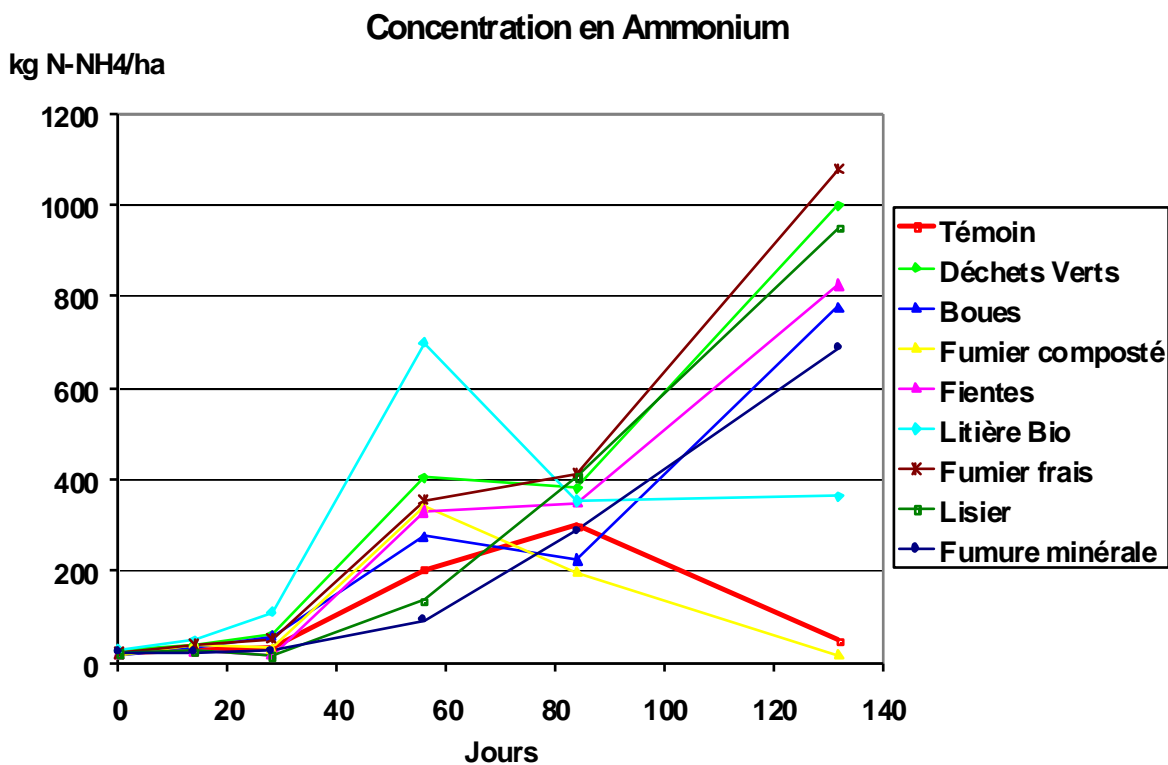
Enfin, les quatre échantillons de sol pour lesquels les traitements sont les moins performants sont ceux avec le fumier composté de bovins, avec les boues de station d'épuration, le sol témoin et la fumure minérale. En ce qui concerne le fumier composté, le résultat est assez normal vu que pendant le compostage, une grande partie du carbone a déjà été transformée sous l'action des micro-organismes. Il n'y a pas de différences notables entre le témoin et la fumure minérale.

Ces résultats de cinétique de minéralisation du carbone devraient être accompagnés d'une analyse des échantillons pour déterminer la quantité de carbone oxydable dans le sol. Une différence dans ces chiffres peut expliquer la différence observée dans les respirations.

◆ Minéralisation de l'azote.

L'azote sous forme minérale (nitrates et ammonium) est la source d'azote utilisable par les plantes. L'étude en laboratoire du potentiel de minéralisation consiste à déterminer la fraction de l'azote organique qui peut être minéralisée en un laps de temps donné, et dans des conditions expérimentales standardisées (incubation d'échantillons de terre in vitro à 28 °C). Pour cela, on dose la quantité de nitrates (NO_3) et d'ions ammonium (NH_4^+) des échantillons initialement, toutes les semaines pendant le premier mois, puis tous les mois. Les résultats obtenus en laboratoire peuvent être transposés au champ.

- Dosage de l'ammonium.



(Le détail du graphique se trouve en fin de rapport, en Annexe 2).

Durant le premier mois, la concentration en ammonium n'augmente pas de façon significative, excepté pour la litière biomâtrisée pour laquelle la concentration triple (de 30 à 110 kg N-NH₄/ha). L'ammonium contenu dans le compost de déchets verts, les boues de station d'épuration et le fumier frais augmente de façon identique (de 20 à environ 55 kg N-NH₄/ha). La concentration pour les autres échantillons (témoin, fumier composté, fientes de poules, lisier et fumure minérale) reste plus ou moins stable aux alentours de 25 N-NH₄/ha.

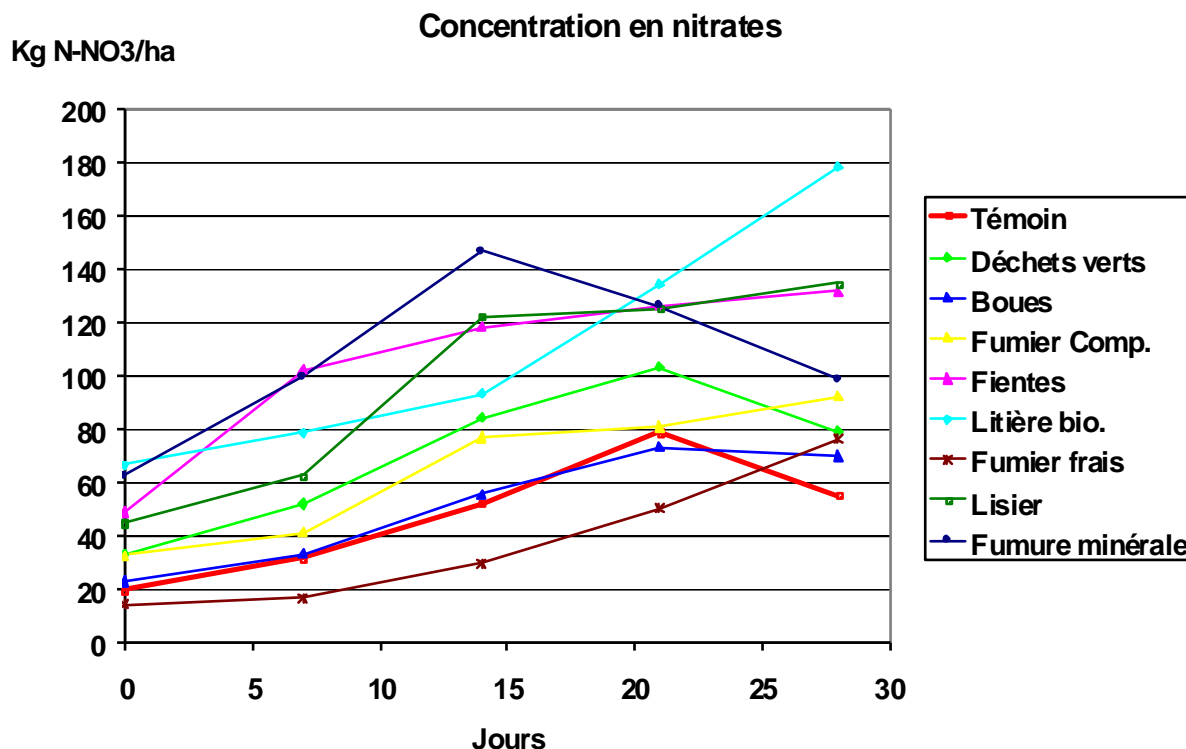
A partir du second mois, il est possible d'établir une meilleure hiérarchie. La litière biomâtrisée présente toujours la meilleure concentration (700 kg N-NH₄/ha). En seconde position, le compost de déchets verts avec une concentration de 400 kg N-NH₄/ha. Très proches les uns des autres, le fumier frais, le fumier composté et les fientes de poules. Le fumier frais et le fumier composté suivent des courbes identiques jusqu'au deuxième mois (avec toujours une prédominance légère pour le fumier frais). Après ce mois, les courbes divergent littéralement avec une augmentation importante pour le fumier frais et une chute pour le fumier composté. Suivent les boues de station, le témoin, le lisier et la fumure minérale.

Après deux mois, trois matières se dégagent : le fumier frais, le compost de déchets verts et le lisier avec une minéralisation en ammonium de l'ordre de 1000 kg N-NH₄/ha. Ensuite, les fientes de poules, les boues d'épuration et la fumure minérale suivent avec une concentration de 700 à 800 kg N-NH₄/ha. La litière biomâtrisée qui était jusqu'alors la matière organique pour laquelle la concentration en ammonium était la plus élevée, montre une diminution de l'azote ammoniacal après le second mois. On observe également une diminution pour le témoin et pour le fumier frais, qui est en dessous du témoin.

En conclusion, la litière biomâtrisée libère rapidement l'ammonium présent, mais sa concentration diminue assez rapidement. A long terme, le fumier frais, le compost de déchets verts et le lisier entraînent les plus grandes concentrations en ammonium. Le fumier frais est le moins performant pour l'apport en ammonium.

- Dosage des nitrites et des nitrates.

Remarque préliminaire : étant donné le temps de mise en route assez important de l'Aquatec (machine utilisée pour doser l'azote minéral), les échantillons prélevés aux différentes périodes ont été stockés en chambre froide pendant quelques semaines. Malheureusement, pour beaucoup de ces échantillons, un précipité se retrouvait au fond des pots. Celui-ci proviendrait d'une réaction du fer (provenant sans doute du porte-filtre utilisé pour filtrer les extraits) avec les nitrates présents dans la solution. Le résultat de cette réaction serait de la rouille avec la formation d'azote diatomique gazeux. De ce fait, certains échantillons montraient une concentration en nitrates très faible voire nulle ; pour d'autres, il existait une grande différence entre les échantillons d'une même série. Ce problème est surtout marqué au niveau du deuxième et troisième mois. Ainsi, il est assez difficile de tirer des conclusions claires vu les incertitudes présentes.



(Le détail du graphique se trouve en fin de rapport, en Annexe 3).

Durant le premier mois, les concentrations en nitrates-nitrites sont légèrement supérieures à celles de l'ammonium (environ 30 kg N/ha). Pour la litière biomaîtrisée, la concentration en nitrates passe de 100 kg N-NO_x/ha à 180 kg N-NO_x/ha en 14 jours. Pour les fientes de poules, la concentration se maintient à un haut niveau au cours du temps. Il en est de même pour le lisier. La fumure minérale libère rapidement beaucoup de nitrates. C'est pour le fumier frais que les concentrations sont les moins bonnes (de 13 à 50 kg N-NO_x/ha en 21 jours).

Les échantillons du quatrième mois (non représentés) ont été filtrés sur un autre porte-filtre et directement dosés. Malheureusement, et malgré le "piège à dioxyde de carbone", l'azote minéral sous forme de nitrates contenu dans les échantillons (excepté pour le compost de déchets verts et la fumure minérale) est passé en phase gazeuse (dénitrification) suite à un manque d'aération. Il aurait fallu ouvrir de temps à autre les jarres hermétiques. Néanmoins, on peut remarquer que la concentration pour le compost de déchets verts vaut autant que celle pour la fumure minérale (près de 500 kg N-NO_x/ha), celle-ci étant inférieure à celle en ammonium (900 kg N-NH₄/ha pour les déchets verts et 700 pour la fumure minérale). Mais il n'est pas possible de dire si une partie de l'azote sous forme de nitrate présent ne s'est pas dénitrifié.

◆ Rendement des parcelles.

De manière générale, les meilleurs rendements sont obtenus avec la fumure minérale et les moins bons sont, comme attendu, ceux de la parcelle "témoin". Néanmoins, on retrouve en 1999 encore plus de 4600 kg de matière sèche par hectare. Cela suppose une bonne minéralisation de la matière organique stockée.

Dès la première année, le lisier et la litière biomâtrisée montrent un bon rendement (environ 130 % du témoin). La présence importante d'azote ammoniacal dans ces engrais organiques a une influence sur le développement de la flore. Dès la deuxième année, cet avantage est déjà nettement moins net. En effet, l'azote organique présent dans les autres matières a pu être minéralisé. Les rendements du lisier sont assez fluctuants dans le temps ; il apparaît même être le moins bon engrais en 1999. Les conditions météorologiques lors de l'épandage ont une grande importance sur l'efficacité du lisier comme engrais. Si la température lors de l'épandage est trop élevée, l'azote ammoniacal contenu dans le lisier s'évapore et ne profite donc pas à la flore.

La différence entre le fumier frais et le fumier composté n'est pas visible. Les deux engrais se comportent approximativement de la même manière. Le fumier composté montre un rendement meilleur en deuxième année d'exploitation et en cinquième année. Mais, ces rendements ne se montrent en moyenne pas très satisfaisants. Les désavantages liés à l'utilisation du fumier frais sont l'envahissement des parcelles par des mauvaises herbes et une mauvaise dégradation de la paille. Par conséquent, une partie de la paille sera récoltée au moment de la fauche. Finalement, les besoins en azote ne peuvent être couverts entièrement avec du fumier frais en prairie. Ces désavantages sont évités avec l'utilisation de fumier composté.

Le compost de déchets verts donne des résultats satisfaisant tout au long de l'année.

Dès la première année, les fientes de poules montrent un rendement élevé et il reste très bon durant les années qui suivent. Ce sont des engrais très riches en éléments minéraux N, P, K.

Les boues de station d'épuration ne montrent pas un rendement élevé en première année. En effet, elles ont une faible valeur fertilisante (très peu de K). En 1999, les boues constituent le meilleur engrais organique. Il faut de plus toujours veiller à la concentration en métaux lourds présents dans celles-ci et dans le sol sur lequel elles sont épandues.

◆ Relevés de la flore.

- Evolution de la flore.

La parcelle témoin présente une flore très diversifiée, surtout depuis 1998 (F% : plus de 40 % pour les adventices). La part des légumineuses augmente pour atteindre en 1999 36 % d'importance en poids. Le pourcentage de recouvrement et celui d'importance en poids des bonnes graminées restent stables au fil des années, respectivement 25 % et 45 %.

La parcelle où les déchets verts ont été utilisés, montre également une grande diversité floristique (F% supérieur à 40 % pour les adventices). En première et en dernière année, la part des légumineuses est importante (B% supérieur à 30 %). Les deux graphiques ressemblent fortement à ceux de la parcelle témoin.

La parcelle ayant reçu des boues de station d'épuration montre un haut pourcentage de bonnes graminées (B% de l'ordre de 50 %). La proportion de légumineuses est aussi très importante (B% : 30 %). La végétation de cette parcelle est toujours appétante et bien verte.

La composition de la flore sur les parcelles ayant reçu du fumier frais ou composté est fort semblable à partir de 1998. C'est une flore très diversifiée, avec un pourcentage de

recouvrement de 46 % d'adventices pour le fumier frais et 38 % pour le fumier composté. La part des légumineuses est légèrement inférieure à celle de la parcelle témoin.

Les parcelles des fientes de poules présentent un grand pourcentage d'importance de bonnes et de moyennes graminées (B% de 60 à 85 %). Mais le fait le plus marquant est une faible part de légumineuses (importance en poids moins de 10 %). En 1999, cette part semble s'améliorer (B% : 18 %).

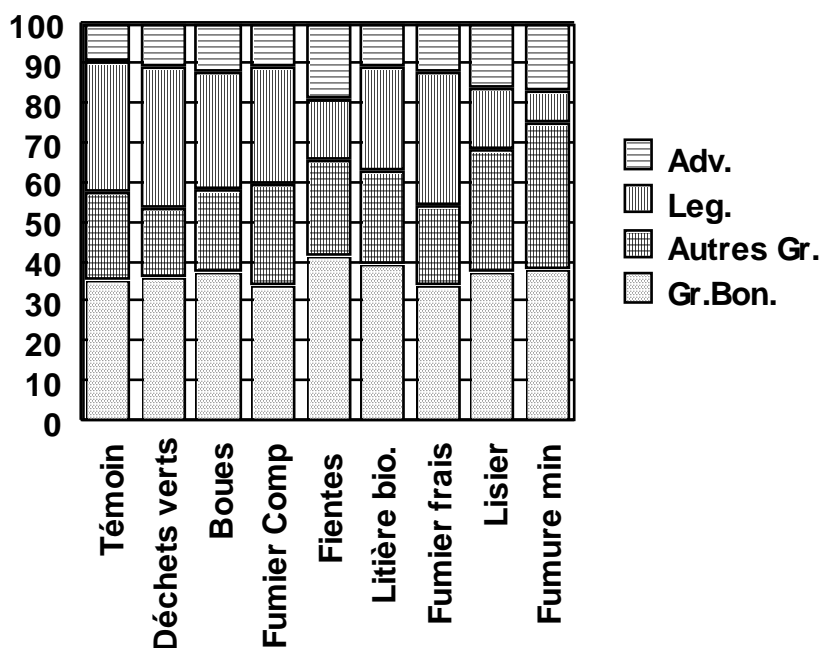
La flore des parcelles sur lesquelles a été épandue la litière biomâtrisée montre une flore variée et bien équilibrée.

Les parcelles avec lisier ont un taux élevé de graminées médiocres en 1998 et 1999 (B% : 20 %). Le pourcentage d'importance en poids des légumineuses est inférieur à 10 %. Le pourcentage de recouvrement par les adventices est inférieur aux autres parcelles.

La fumure minérale entraîne également une grande proportion de graminées (B% : de l'ordre de 80 %). La part de légumineuses et d'adventices est inférieure à celle de la plupart des autres parcelles.

- Relevé 2000.

Le relevé de flore (% de recouvrement) a été effectué au début du mois de septembre. Les parcelles les plus belles au niveau de la biodiversité floristique sont celles ayant reçu la litière biomâtrisée, le compost de déchets verts et le fumier composté. La moins belle est celle ayant reçu la fumure minérale. La figure ci-dessous représente le % de recouvrement (F%), ramené à 100 %, des bonnes graminées (Ray Gras Anglais – Fléole..., Dactyle – Fétuques), des autres graminées (Agrostide – Pâturin annuel – Houlque...), des légumineuses (Trèfle blanc et violet) et des adventices (Rumex, renoncules, pissenlits) pour chaque parcelle.



Graphique : relevé de flore 2000 (% de recouvrement – F%)

Pour la parcelle de la fumure minérale, le % de recouvrement des autres graminées (graminées moyennes et médiocres) est de 40 %, ce qui est largement supérieur au taux des

autres parcelles. Le pourcentage de recouvrement des légumineuses est très faible (moins de 10 %). Ce pourcentage est également faible (moins de 20 %) pour le lisier et les fientes de poules (comme les années précédentes). La part des adventices est élevée (supérieur à 20 %) pour le lisier et les fientes de poules.

5.5.3. Discussion

Les sols des prairies présentent un stock considérable en carbone. Le pourcentage d'humus est de 9 à 10 %, soit environ 400 tonnes à l'hectare (30 cm de profondeur). La quantité d'azote est très faible. La matière organique est apportée en petits apports, de l'ordre de 10 tonnes de matière sèche. La vitesse de minéralisation de l'azote varie d'une matière à l'autre. La matière organique qui possède la plus grande vitesse de minéralisation sur une période de 28 jours (voir tableau ci-dessous) par rapport au témoin est la litière biomâtrisée (plus de 5 kg-N/ha/jour). La quantité de matière utilisable par les plantes dépend de cette vitesse. La plus belle parcelle en 2000 est celle ayant reçu la litière biomâtrisée qui est, comme on l'a vu, la matière pour laquelle la vitesse de minéralisation est la plus élevée. Les autres matières organiques ne montrent pas de grands écarts dans la vitesse de minéralisation (de l'ordre de 1,5 kg-N/ha/jour, toujours par rapport au témoin). Par contre, la fumure minérale n'est pas différente de la parcelle témoin en ce qui concerne la vitesse de minéralisation. C'est la parcelle pour laquelle la flore est la moins riche. Un lien entre la vitesse de minéralisation et la flore semble apparaître. La somme des petites doses apportées sur l'essai depuis son début (1993) a un effet sur la qualité de la flore.

	v. de min.	Différence T.
Témoin	1,56	0,00
Déchets Verts	2,89	1,34
Boues	3,18	1,62
Fumier composté	2,64	1,08
Fientes	2,83	1,28
Litière Bio	6,89	5,33
Fumier frais	3,35	1,79
Lisier	3,01	1,45
Fumure minérale	1,44	-0,12

Tableau : vitesse de minéralisation de l'azote

Un fait marquant est la présence importante d'ions ammonium. En effet, le rapport habituel entre la quantité de nitrates et l'azote minéral total est de l'ordre de 90 % (soit un rapport ammonium / azote minéral total de 10 %). Ici, ce rapport est nettement inférieur : la moyenne est de 60 % pour le rapport nitrates / azote minéral total (voir tableau ci-dessous). La quantité d'ammonium est donc plus élevée que dans les sols habituels. Les populations microbiennes présentes dans le sol de l'essai sont des populations adaptées au froid. Dans les sols froids, l'ammonification est beaucoup plus importante. L'optimum de température de la nitrification est plus élevé. Même dans les conditions optimales pour la nitrification utilisées en laboratoire (28 °C), les populations microbiennes gardent un comportement de sol froid. Les populations qui étaient les mieux adaptées aux températures froides, responsables de l'ammonification, restent donc plus efficaces. L'ammonium s'accumule donc dans les échantillons. Néanmoins, après un mois, le rapport nitrates / azote minéral passe de 60 à 70 %.

	jours	
	0	28
Témoïn	0,45	0,64
Déchets Verts	0,55	0,56
Boues	0,56	0,54
Fumier composté	0,64	0,74
Fientes	0,70	0,88
Litière Bio	0,69	0,62
Fumier frais	0,38	0,58
Lisier	0,67	0,89
Fumure minérale	0,73	0,79
moyenne	0,60	0,69

Tableau : Rapport nitrates / Nminéral total

Le sol de prairie constitue un stock aussi important de carbone que les forêts. Lorsque l'on apporte une source d'azote minéral à ce sol (comme le lisier par exemple), une petite partie de celui-ci est utilisée par les plantes présentes. Le reste d'azote modifie les caractéristiques de la matière organique présente. Il y a formation d'un compartiment organique à taux de dégradabilité élevé. La microflore peut alors l'attaquer et de nouveau apporter de l'azote minéral en grande quantité. Ce principe est nommé la minéralisation induite. Le rapport C/N du sol n'en est pas modifié. La libération d'azote n'est pas rapide car il est, dans un premier temps, incorporé dans la biomasse ou dans des composés organiques labiles, qui constituent un intermédiaire entre la biomasse microbienne et l'humus très stable. Ces composés représentent des matières organiques de genèse récente, mal définies chimiquement, et semblent jouer un rôle dans l'agrégation des particules de sol et la stabilité des agrégats. Ils sont en outre corrélés avec la biomasse microbienne. Une fois que celle-ci décroît, l'azote est libéré et peut alors être utilisé.

Le grand danger environnemental est la destruction de la flore d'une prairie. En effet, les plantes présentes limitent le flux hydrique par évapotranspiration et pompent les nutriments. Si cette flore est éliminée, cette barrière naturelle n'existe plus. Les éléments minéraux diffuseront et seront entraînés avec l'eau avec les conséquences que l'on connaît. Il est donc primordial de conserver ces prairies d'un point de vue écologique.

N'oublions pas dès lors le rôle esthétique et visuel d'une prairie et ceci est d'autant plus vrai si la flore est diversifiée. Cette diversité présente une gamme de couleurs irremplaçables. L'alternance de prairies et de forêts présente un décor idyllique à tout amateur de nature. Les fertilisants organiques ont une importance sur la biodiversité présente. D'après les relevés effectués, les matières organiques pour lesquelles la flore est la plus variée et équilibrée sont la litière biomâtrisée et, dans une moindre mesure, le compost de déchets verts et le fumier composté. La proportion de "mauvaises herbes" peut induire un autre problème. En 2000, les parcelles pour lesquelles la part d'adventices était la plus importante étaient celles contenant les fientes de poules, du lisier et la fumure minérale. L'utilisation de ces amendements sur culture entraînerait une utilisation plus importante en produits phytosanitaires.

Vu les difficultés rencontrées avec les échantillons desquels avaient été extraits les nitrates, il serait nécessaire de recommencer l'expérience afin de percevoir l'évolution de la minéralisation de l'azote à plus long terme. Le calcul, à partir des extraits d'échantillons de sols fumigés et non fumigés en laboratoire, du coefficient servant à convertir l'azote dosé à la ninhydrine à la biomasse N peut également être intéressant. En effet, il s'avère que ce facteur de conversion peut varier.

6. La qualité des fourrages.

Au départ, il n'était pas prévu dans le protocole que les fourrages de l'essai GUMIKO feraient l'objet d'analyses de qualité. Effectuer des analyses complètes sur un aussi grand nombre d'échantillons (12 objets x 4 répétitions x 7 – 8 années) représentait un coût considérable, qui ne pouvait être garanti par les budgets. Malgré tout, "en prévision de temps meilleurs", un grand nombre d'échantillons ont été (après séchage et broyage) étiquetés et stockés dans de petits pots étanches.

C'est en 2000 que nous pouvons, grâce à la collaboration de la SSA de Libramont, mettre en analyse tous les échantillons conservés.

Le tableau ci-dessous résume les années et les coupes qui ont été analysées ; il montre que nous ne disposions pas des échantillons de toutes les coupes. En effet, pour diverses raisons (pas toujours connues par les techniciens actuels) la qualité de certaines coupes a p.ex. été jugée insuffisante pour que l'on décide de les garder (encrassement des échantillons par de la terre - taupes, mulots, renards...-, mauvais séchage dans les étuves, pannes ou erreurs lors du broyage...).

	1 ^{ère} coupe	2 ^{ème} coupe	3 ^{ème} coupe	4 ^{ème} coupe	Analyses
1994	x	x	x		3 coupes/3
1995	x	x	x	x	4 coupes/4
1996	x	x	x	x	4 coupes/4
1997	x	x	x	x	4 coupes/4
1998	x	-	-	-	1 coupe/4
1999	-	x	-	-	1 coupe/4
2000	x	x	-	x	3 coupes/4
2001	x	x	x	-	3 coupes/4

Pour les années 94 à 97, tout est complet. Pour 98 et 99, une seule coupe a été analysée et, pour 2000 et 2001, trois coupes sur quatre ont fait l'objet d'analyses. Rappelons ici également que 2001 est une année à arrière-effets, c.-à-d. une année sans fertilisation, et que les résultats de cette année ne sont pas inclus dans les moyennes des autres années, mais sont exprimés parallèlement.

A partir des résultats d'analyses, nous décidons d'examiner 4 aspects de la qualité des fourrages :

- **La digestibilité** (à la pepsine cellulase - CASEDMOR)
- **Les PBD** (protéines brutes digestibles)
- **Les VEMcs**¹(quantité d'énergie pour produire du lait / kg de MS)
- **Les kg VEM/ha** (rendement MS/ha x VEMcs)

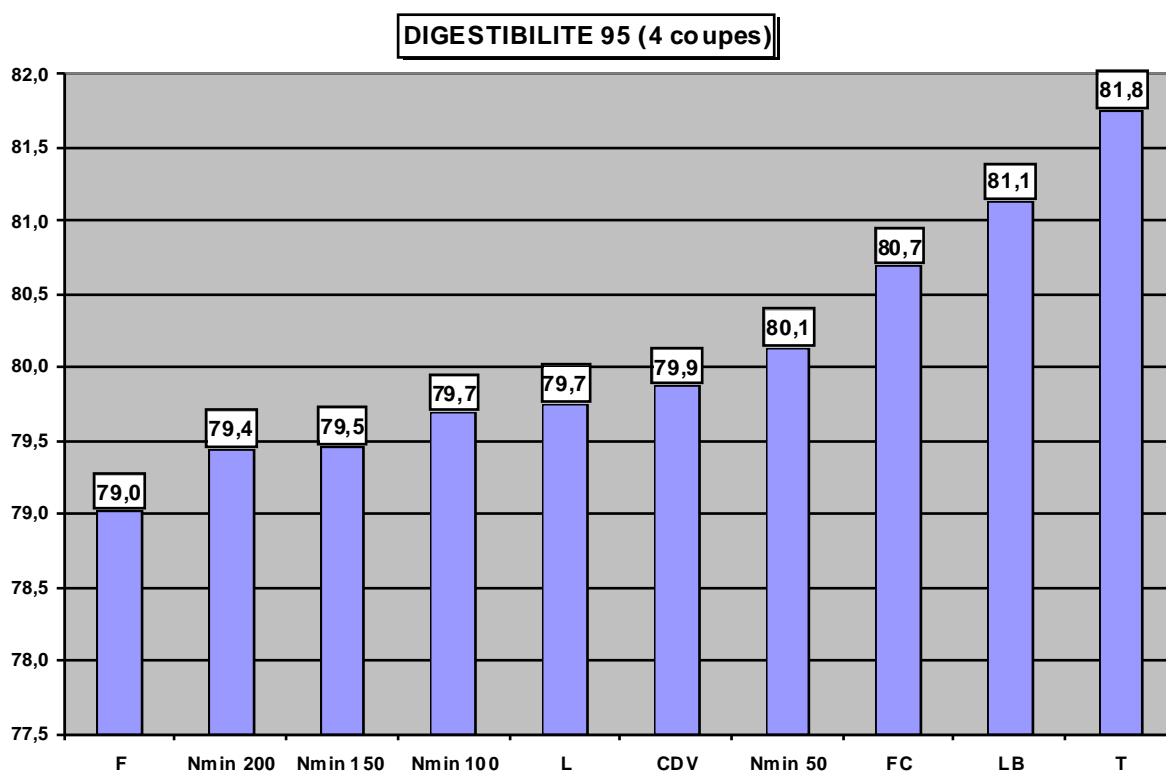
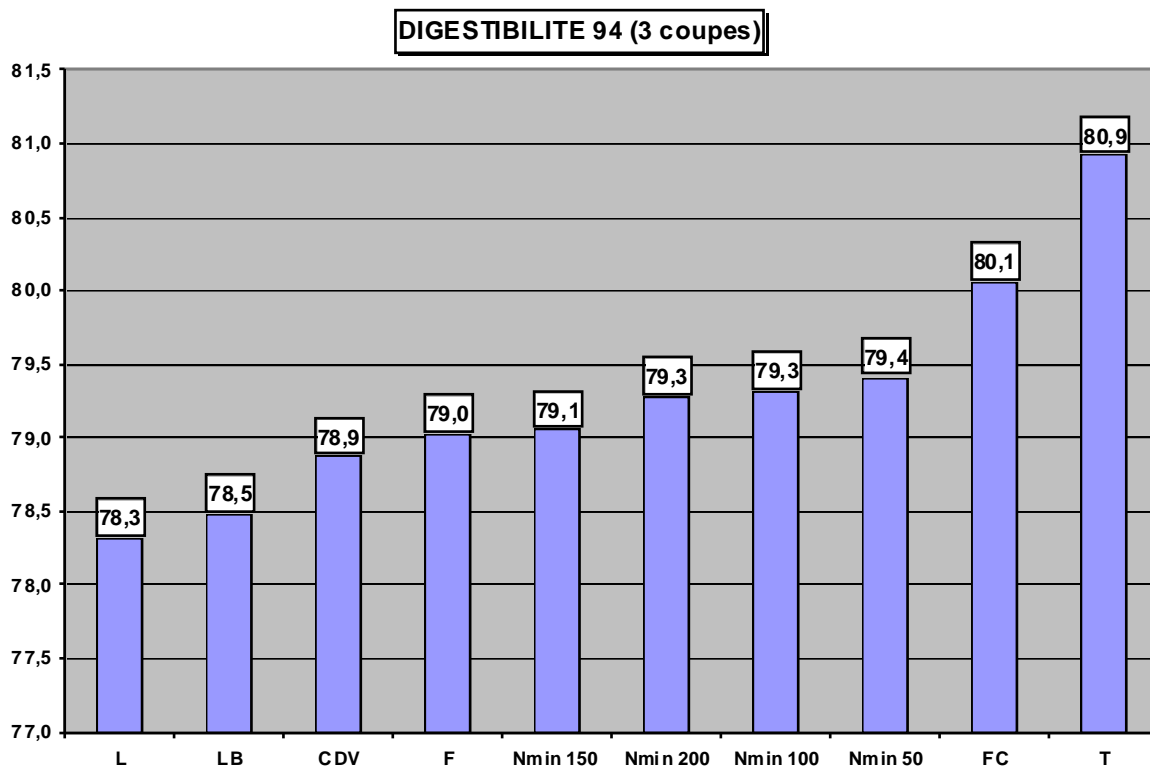
Dans les parties suivantes, nous allons traiter chacun de ces 4 aspects, d'une part par année, c.-à-d. pour l'ensemble des coupes de l'année en question, et, d'autre part, coupe par coupe, à travers toutes les années. Un simple système de points terminera l'examen et donnera une impression plus globale des résultats.

¹ cs = case : digestibilité enzymatique = méthode avec laquelle ont été calculées les VEM au labo agronomique du centre SSA de Libramont

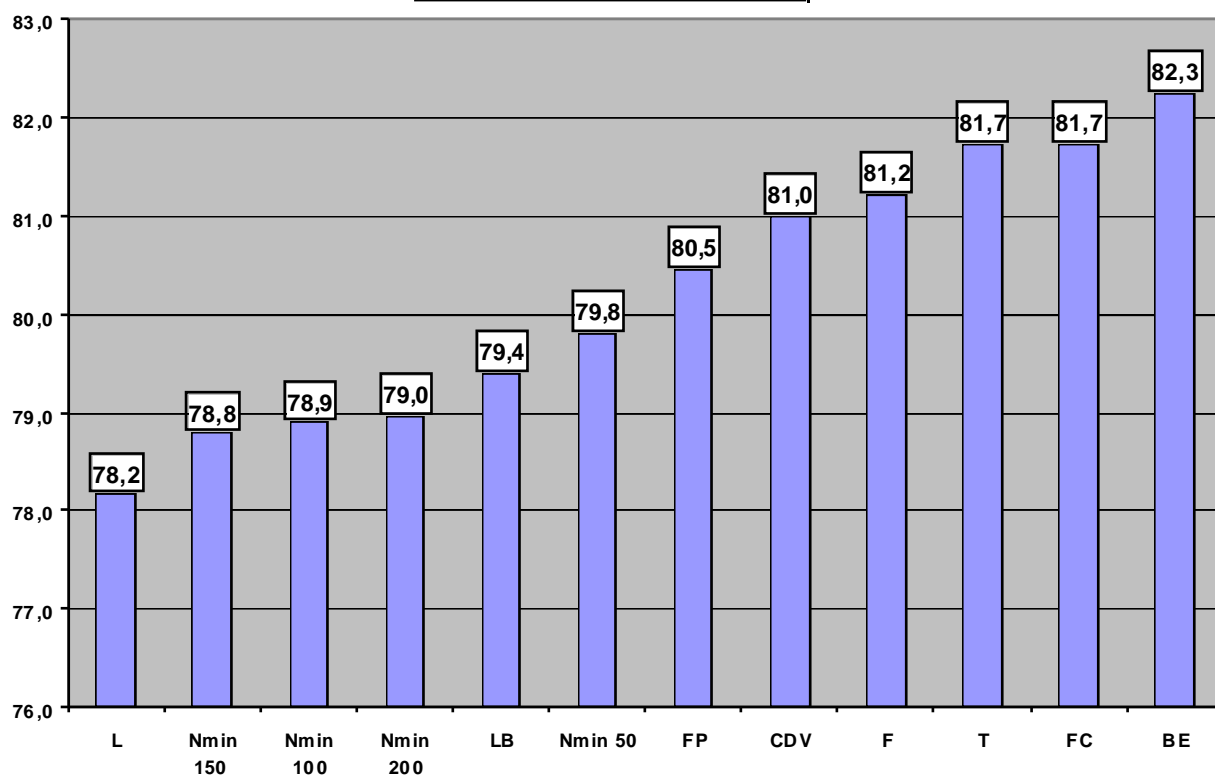
6.1. La digestibilité

6.1.1. *La digestibilité année par année*

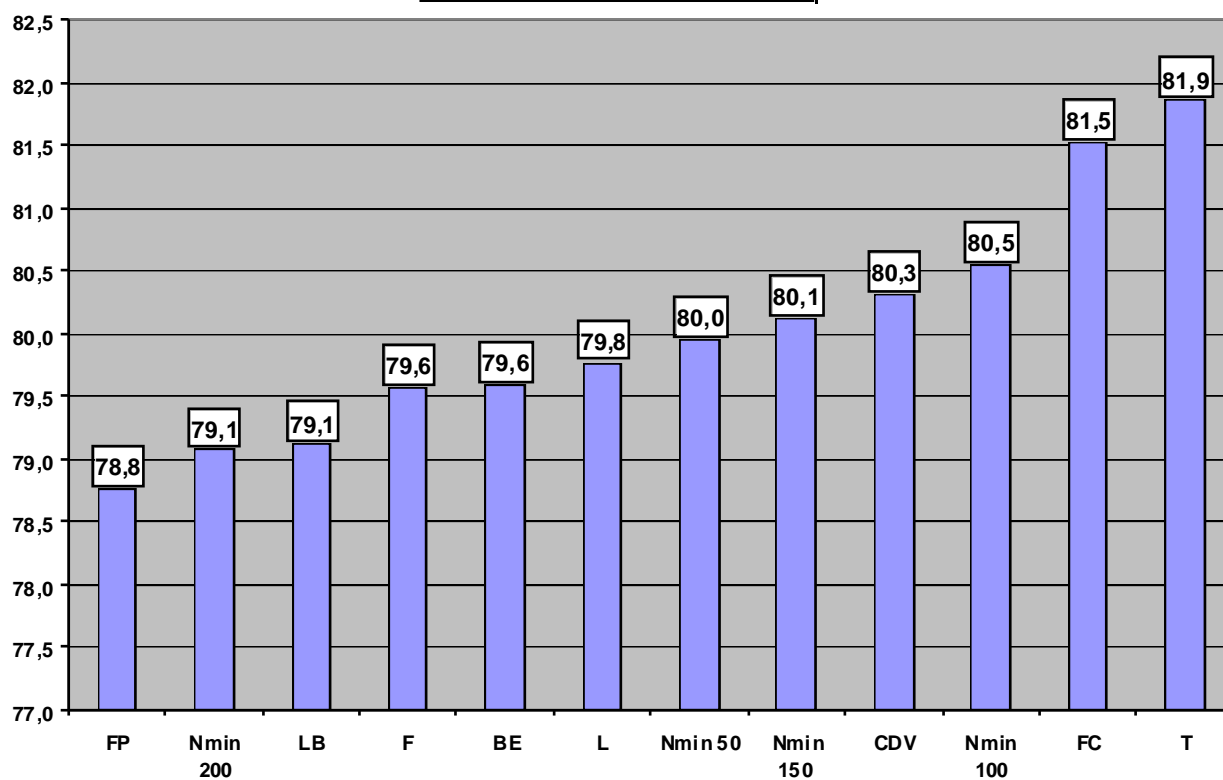
Les diagrammes ci-dessous expriment les moyennes de toutes les coupes et de toutes les répétitions de l'année en question. Lorsque nous ne disposons pas de la qualité de certaines coupes, cela est signalé clairement dans le titre du graphique.



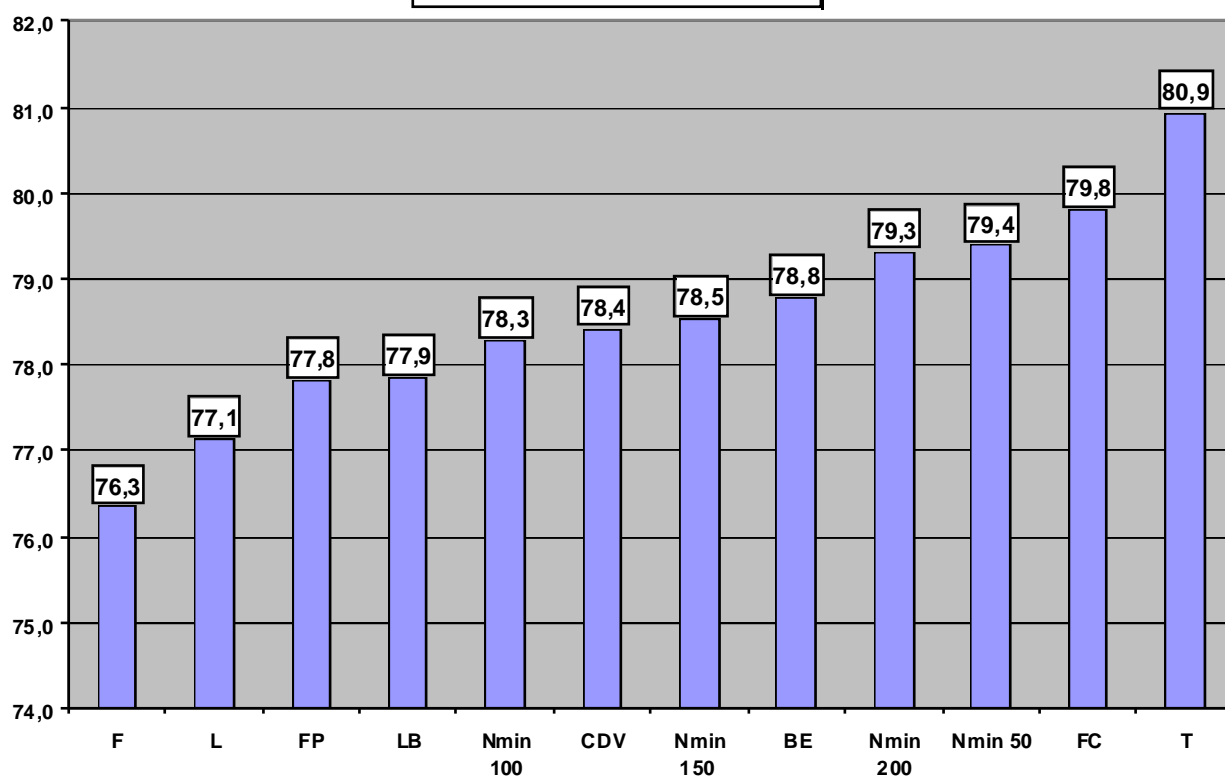
DIGESTIBILITE 96 (4 coupes)



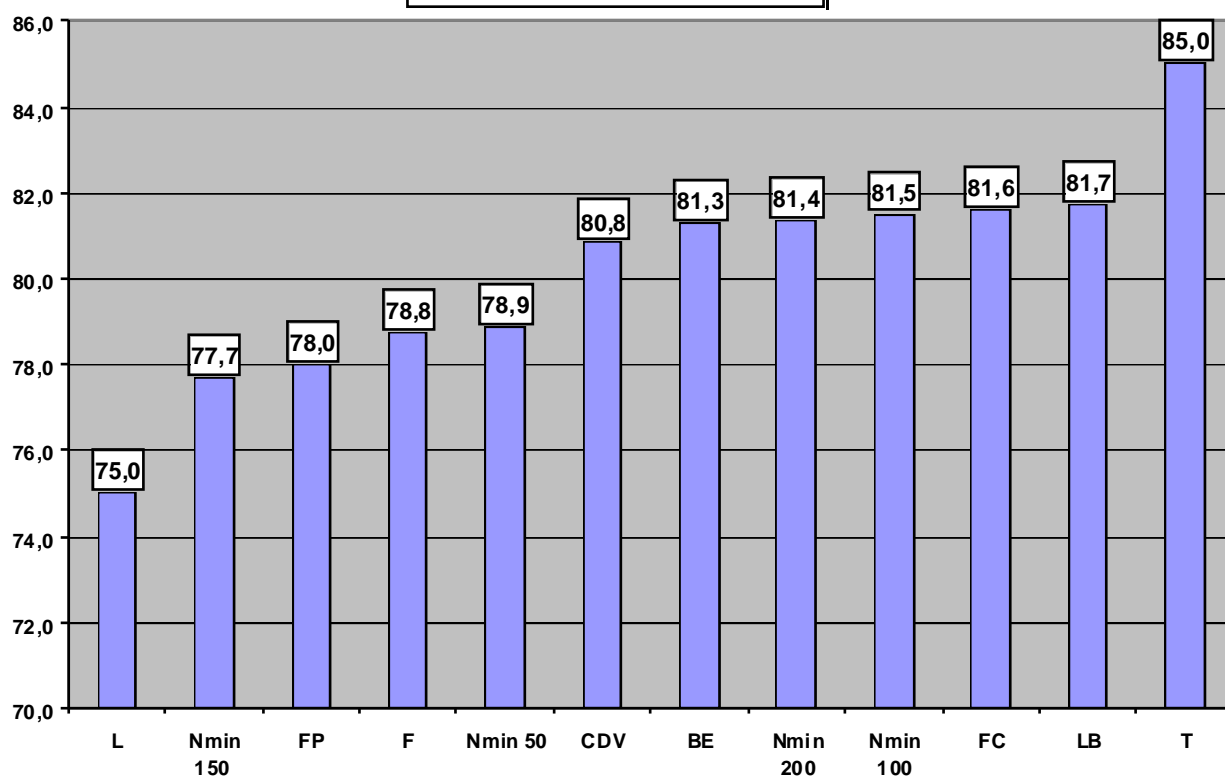
DIGESTIBILITE 97 (4 coupes)



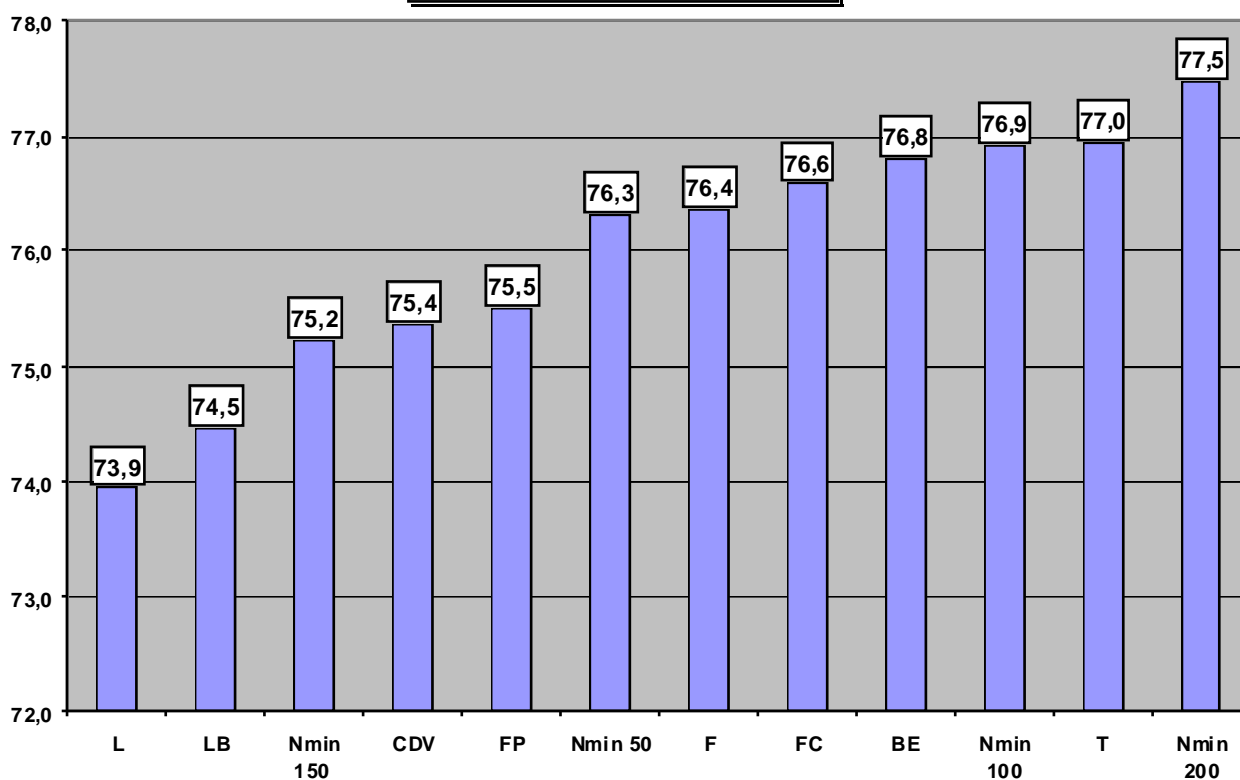
DIGESTIBILITE 98 (1^{ère} coupe)



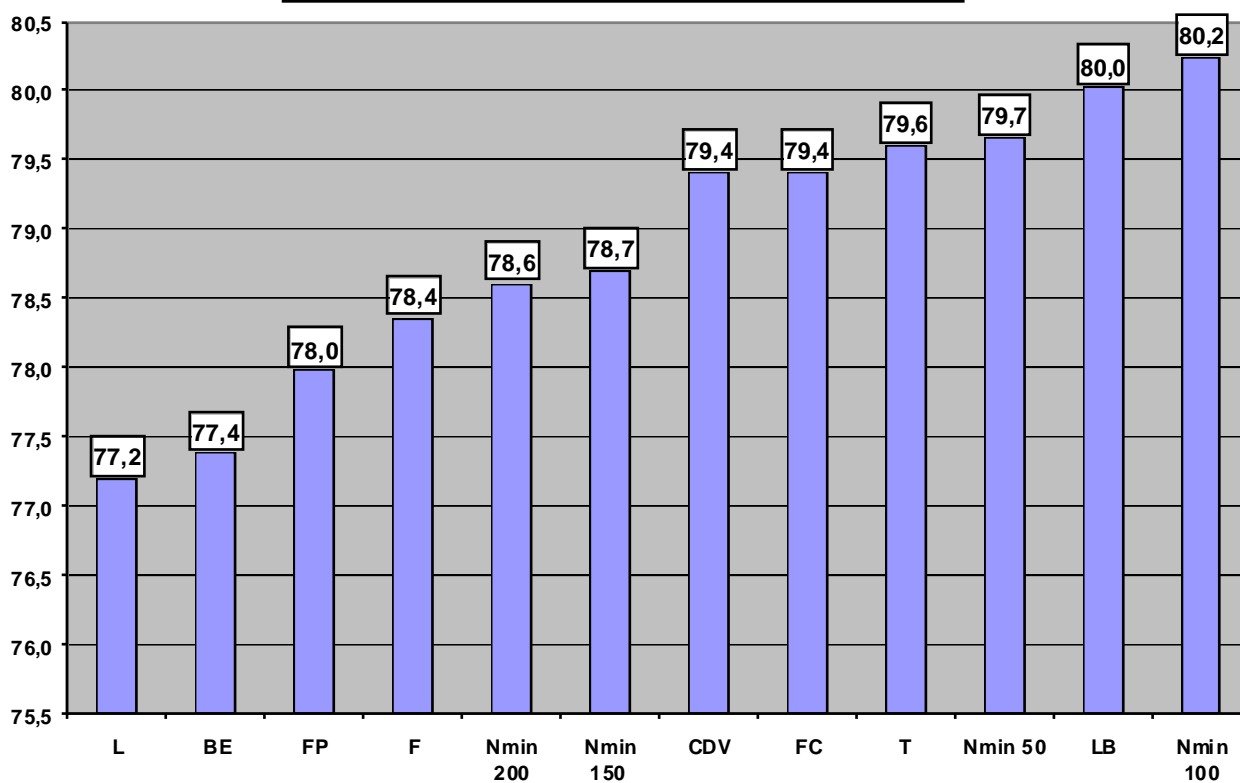
DIGESTIBILITE 99 (2^{ème} coupe)



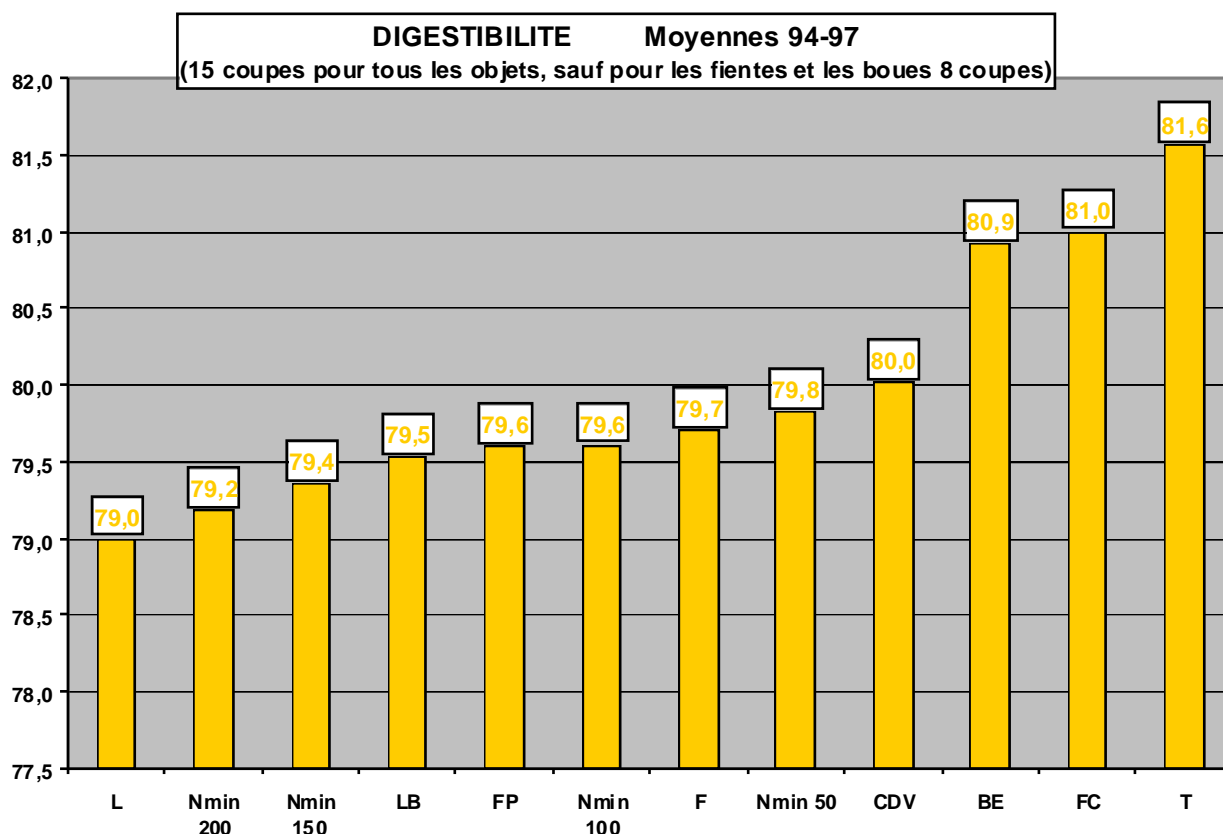
DIGESTIBILITE 2000 (3 coupes)



DIGESTIBILITE 2001 (3 coupes) sur arrières-effets



Le graphique suivant représente la moyenne des années 94 – 97, c'est-à-dire 15 coupes au total pour tous les traitements, sauf pour les fientes de poules et les boues d'épuration, qui n'ont été utilisées qu'à partir de 1996 et qui totalisent, à la fin de l'année 97, huit coupes. Calculer une moyenne sur toutes les années n'aurait pas de sens vu que certaines d'entre elles ne sont pas complètes et que les résultats seraient faussés si on les introduisait dans le calcul de la moyenne. Les différentes coupes sont en effet bien différentes quant à la récolte et à la qualité et elles doivent être différemment pondérées. C'est pourquoi nous nous limitons à la moyenne 94 – 97 et que nous considérons dans la suite les moyennes de toutes les années coupe par coupe.



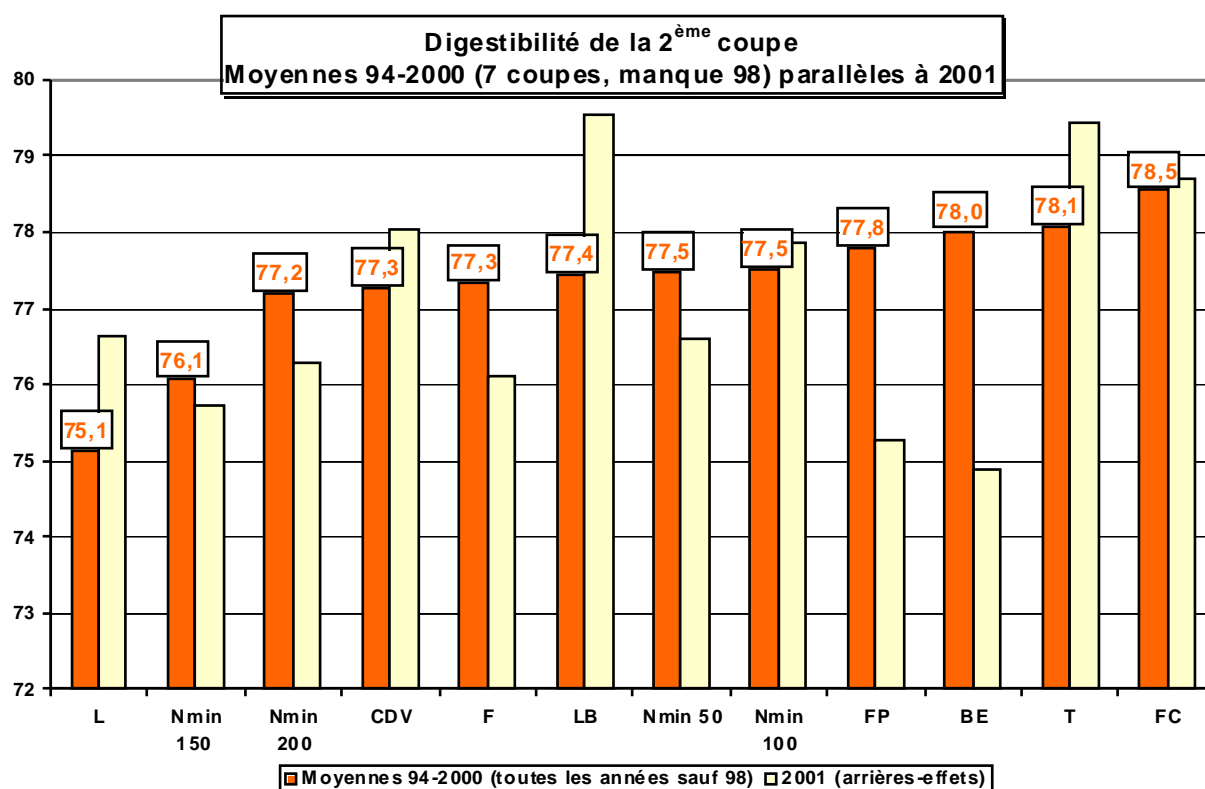
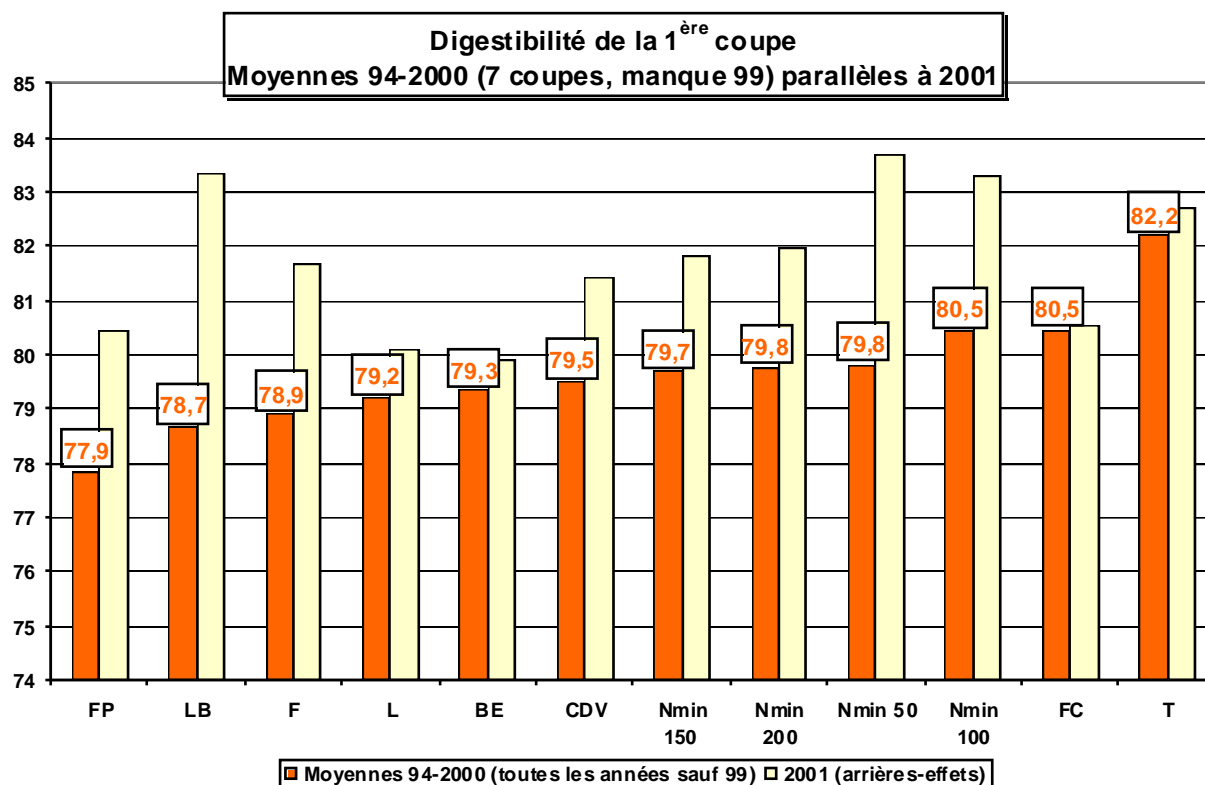
Commentaires.

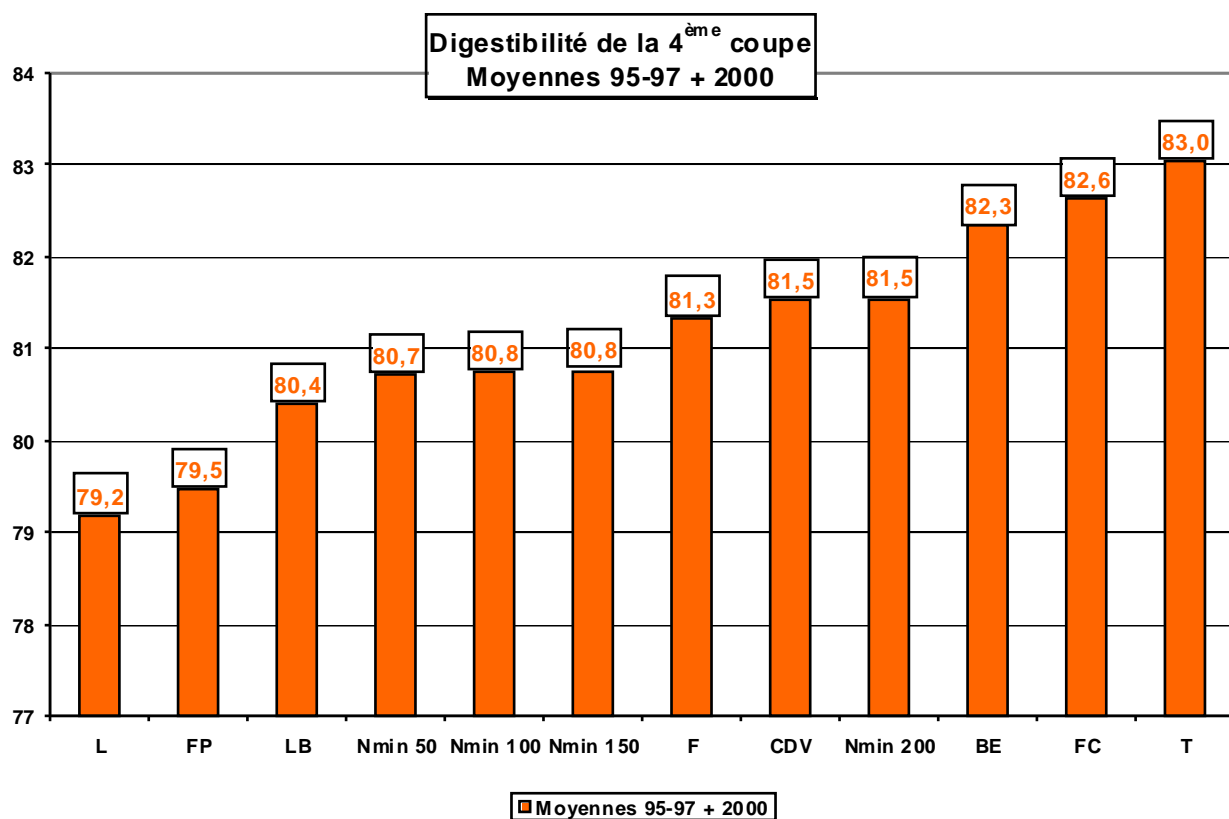
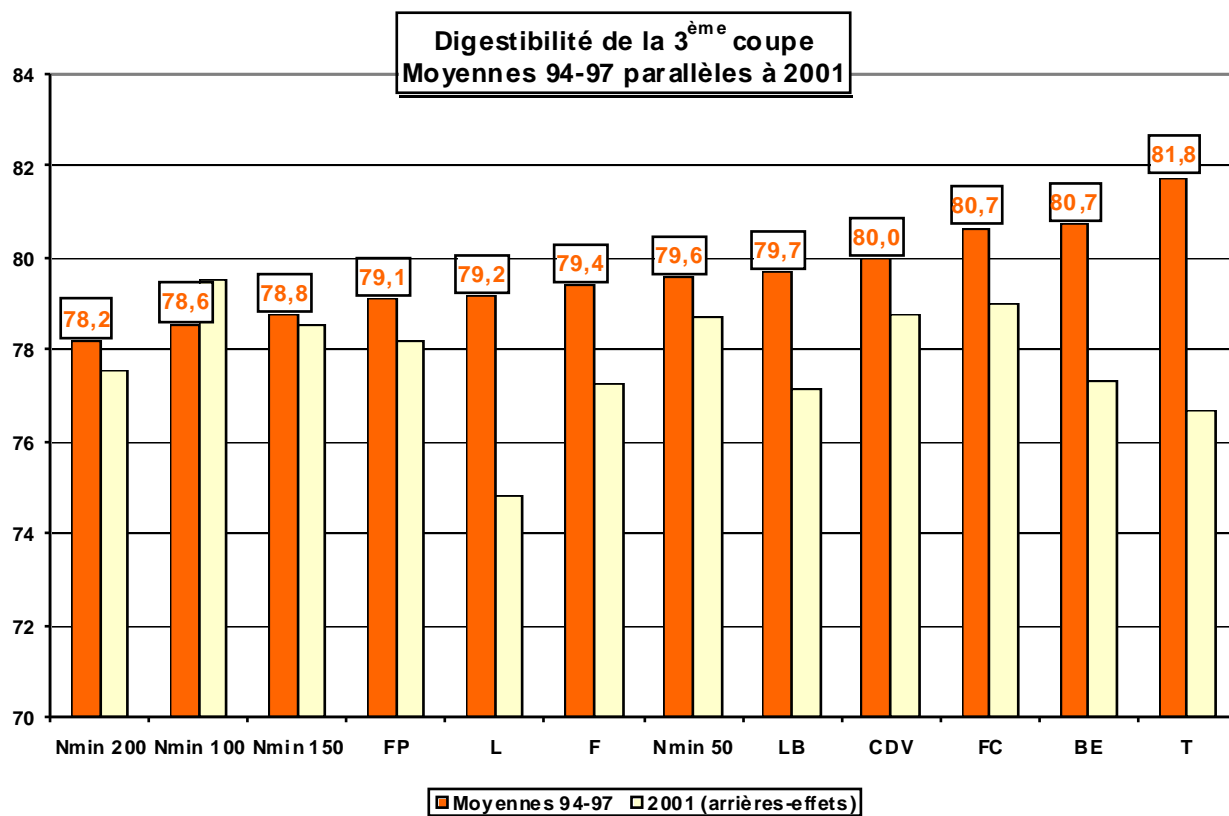
- Lorsque nous examinons les résultats de cette moyenne, mais aussi ceux des autres années restantes, c'est d'abord le « mauvais » résultat du lisier qui saute aux yeux. Ceci surtout sur l'arrière-fond qu'une grande partie des éleveurs en région herbagère travaillent exclusivement avec du lisier. Quelles sont à long terme les conséquences d'une digestibilité de fourrage moindre sur le bétail au point de vue santé, production... ? L'avis d'un spécialiste vétérinaire ou nutritionnel serait certainement éclairant à ce sujet.
- Les objets à forte dose d'engrais minéral (Nmin 200 et 150) présentent également un moins bon résultat.
- Le résultat absolument positif du témoin saute aux yeux, ainsi que celui du fumier composté. En comparant ces deux objets aux trois traitements classés aux dernières positions, il semblerait que la digestibilité du fourrage soit fonction de l'azote minéral épandu et que le fourrage produit par le compost ressemble le plus à celui produit par « le témoin ».

6.1.2. La digestibilité coupe par coupe

Les diagrammes ci-dessous représentent chaque coupe individuellement à travers toutes les années. Il est en effet important d'examiner les moyennes des qualités de fourrage en fonction des moments de récolte.

La qualité de chaque variante est exprimée, pour la coupe en question, par la valeur moyenne de 94 à 2000 et parallèle à celle de 2001.





6.1.3. Cotation de la digestibilité

En donnant pour chaque coupe à chaque variante une cote allant de 1 à 12, en fonction du rang atteint pour sa digestibilité moyenne de 1994 - 2000, nous obtenons l'échelle suivante :

L	4	1	5	1	11
FP	1	9	4	2	16
Nmin 150	7	2	3	6	18
LB	2	6	8	3	19
Nmin 200	8	3	1	9	21
F	3	5	6	7	21
Nmin 100	10	8	2	5	25
Nmin 50	9	7	7	4	27
CDV	6	4	9	8	27
BE	5	10	11	10	36
FC	11	12	10	11	44
T	12	11	12	12	47

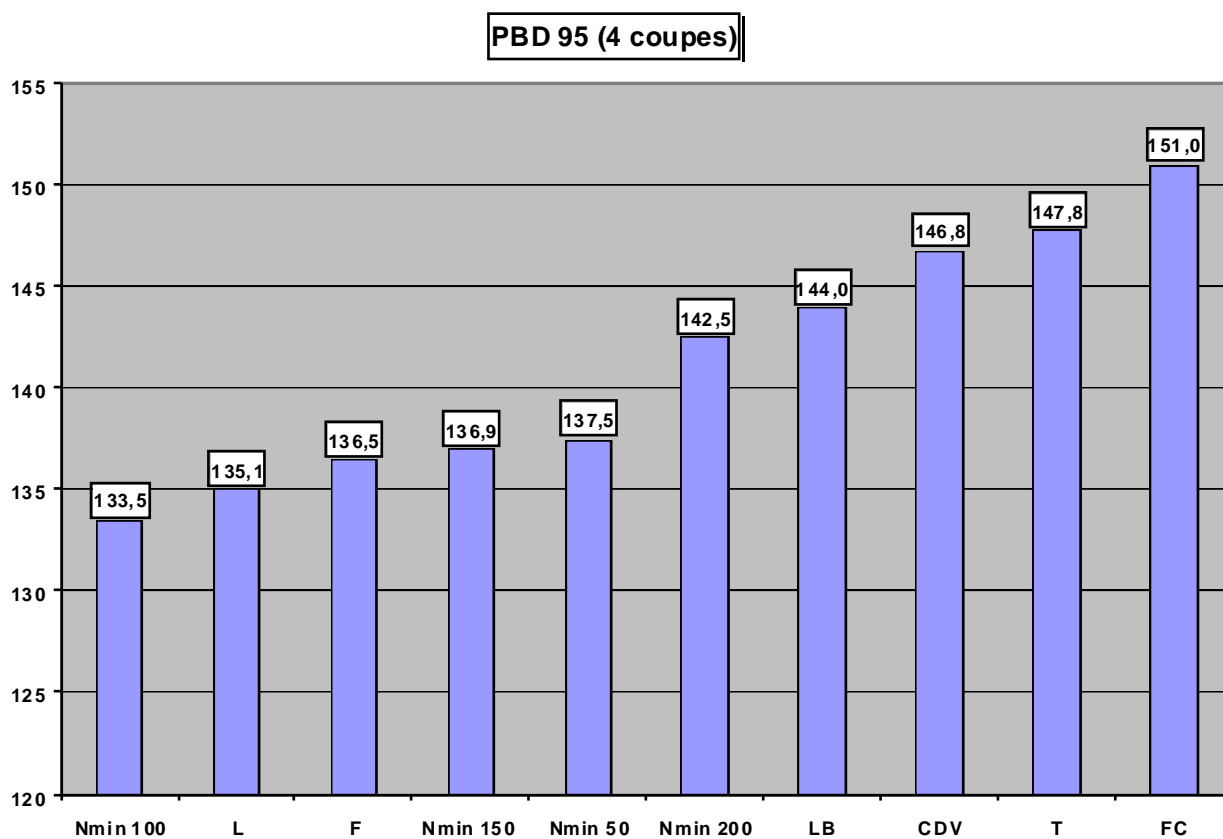
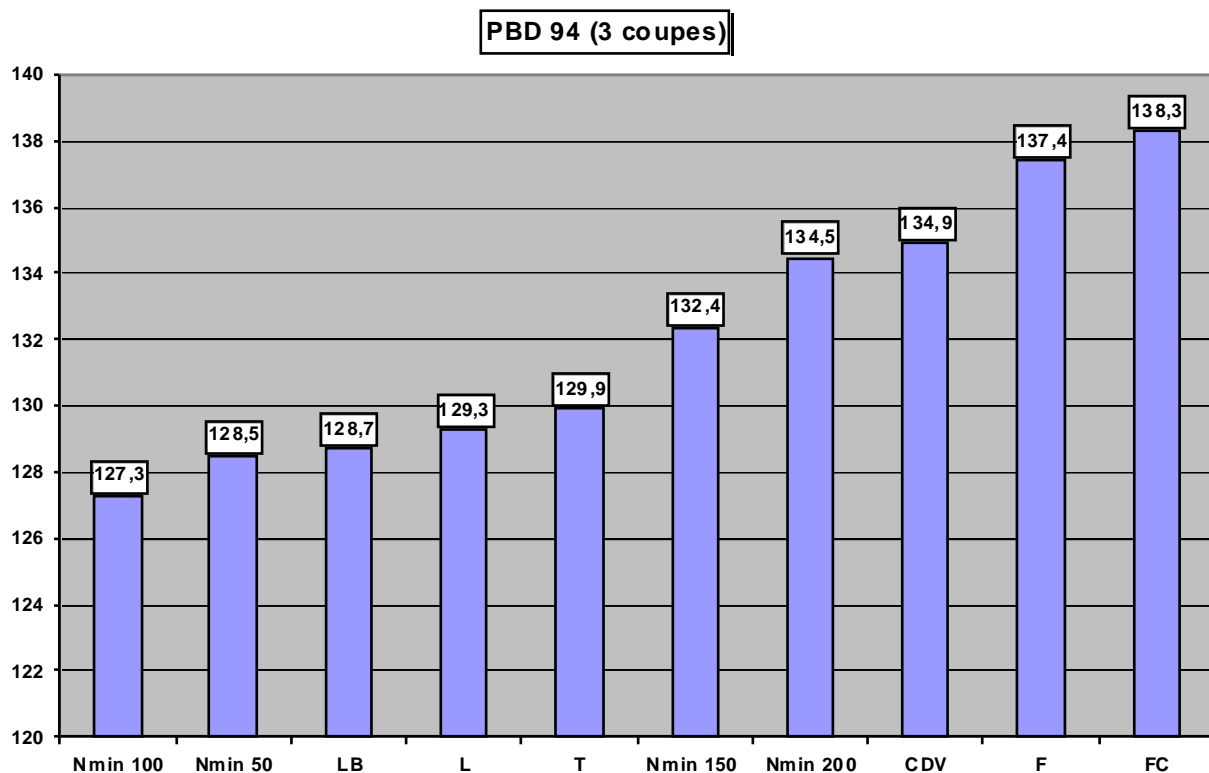
Commentaires.

- Lorsque nous prenons les résultats coupe par coupe, la digestibilité du lisier, du témoin et du fumier composté se confirment. A travers toutes les coupes le lisier est perdant, tandis que le témoin et le fumier composté s'avèrent être les fourrages les plus digestes.
- L'Nmin 200 est un peu moins négatif que dans la moyenne des années 94-97, mais l'impression de la moins bonne digestibilité provoquée par des matières organiques à effet rapide ou des engrais contenant plus d'azote minéral se confirme (lisier, fientes de poules, litière biomâtrisée, Nmin 150 et 200).

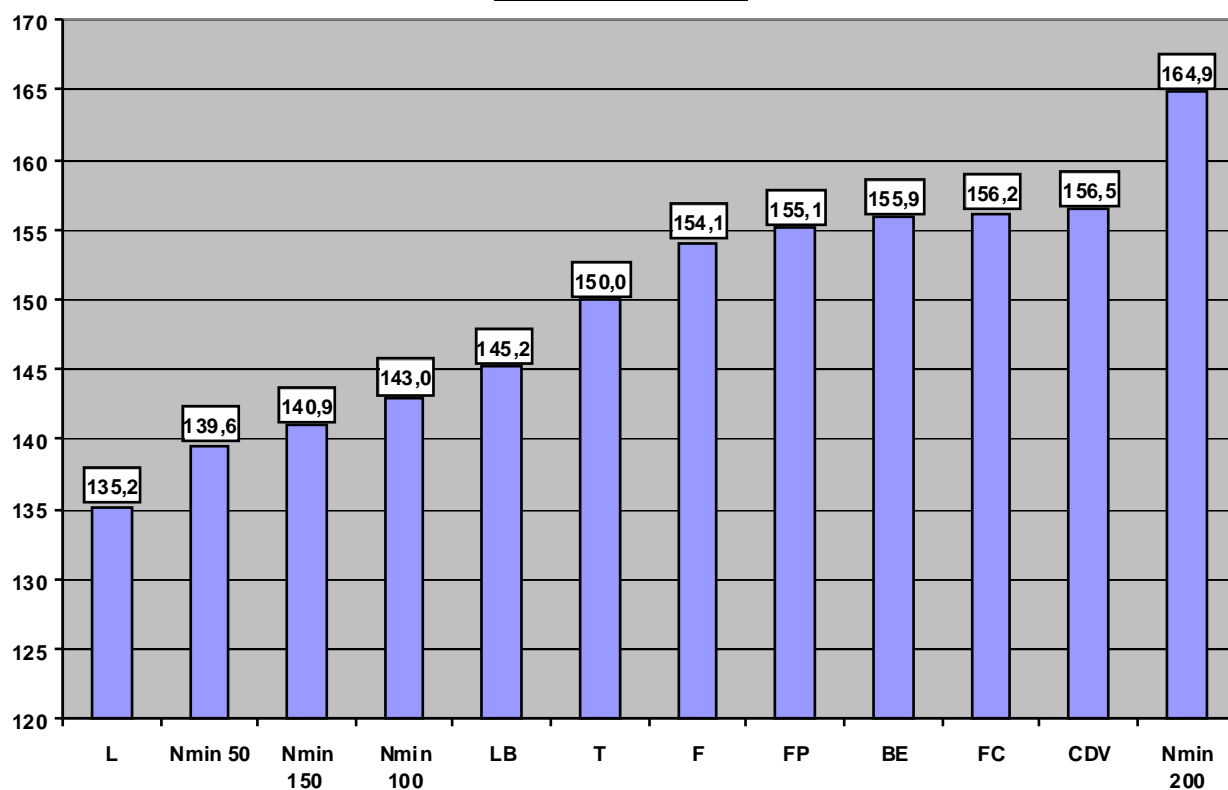
6.2. Les protéines brutes digestibles

6.2.1. Les PBD année par année

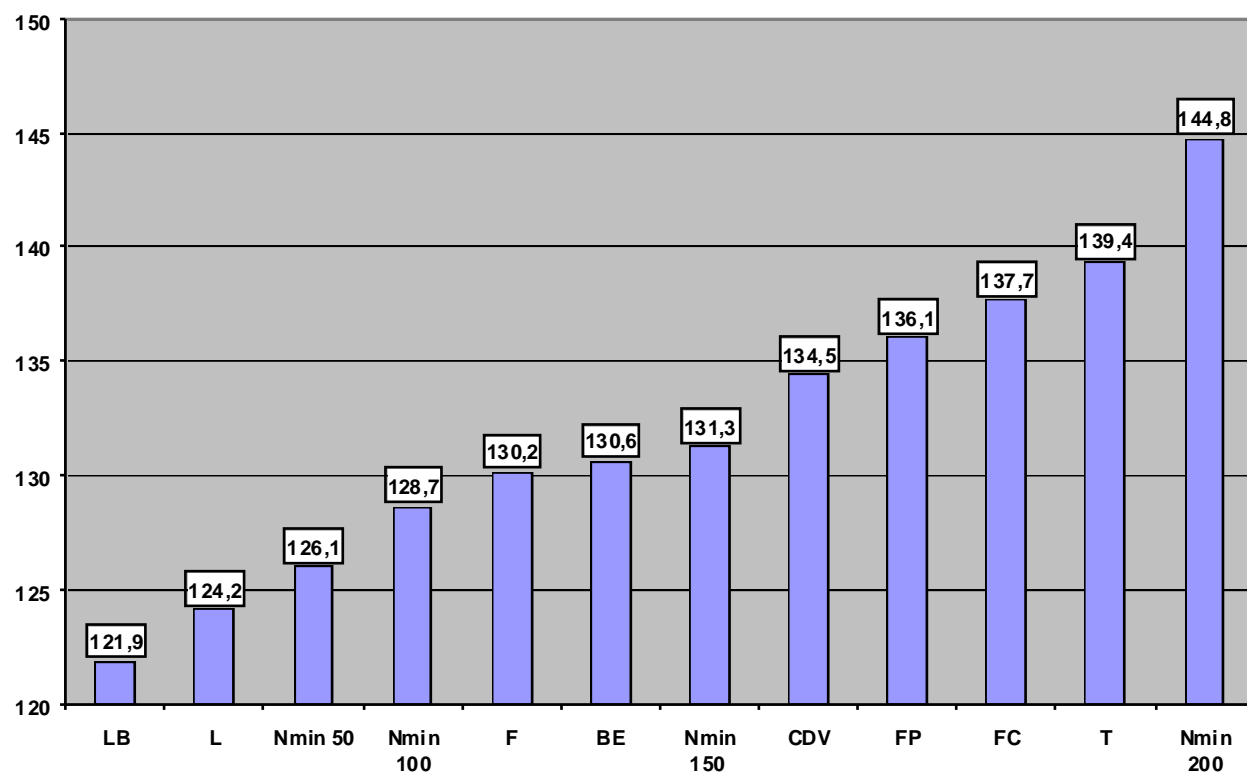
Les diagrammes ci-dessous expriment les moyennes de toutes les coupes et de toutes les répétitions de l'année en question.

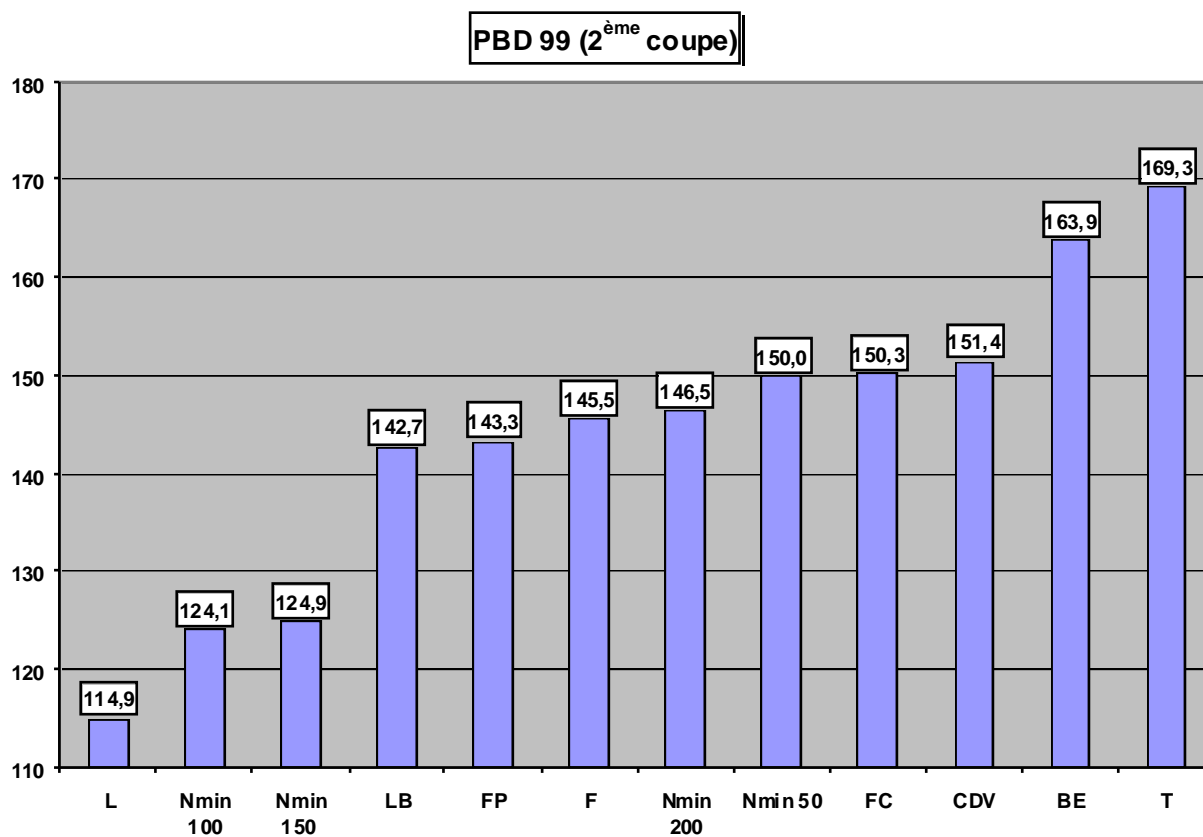
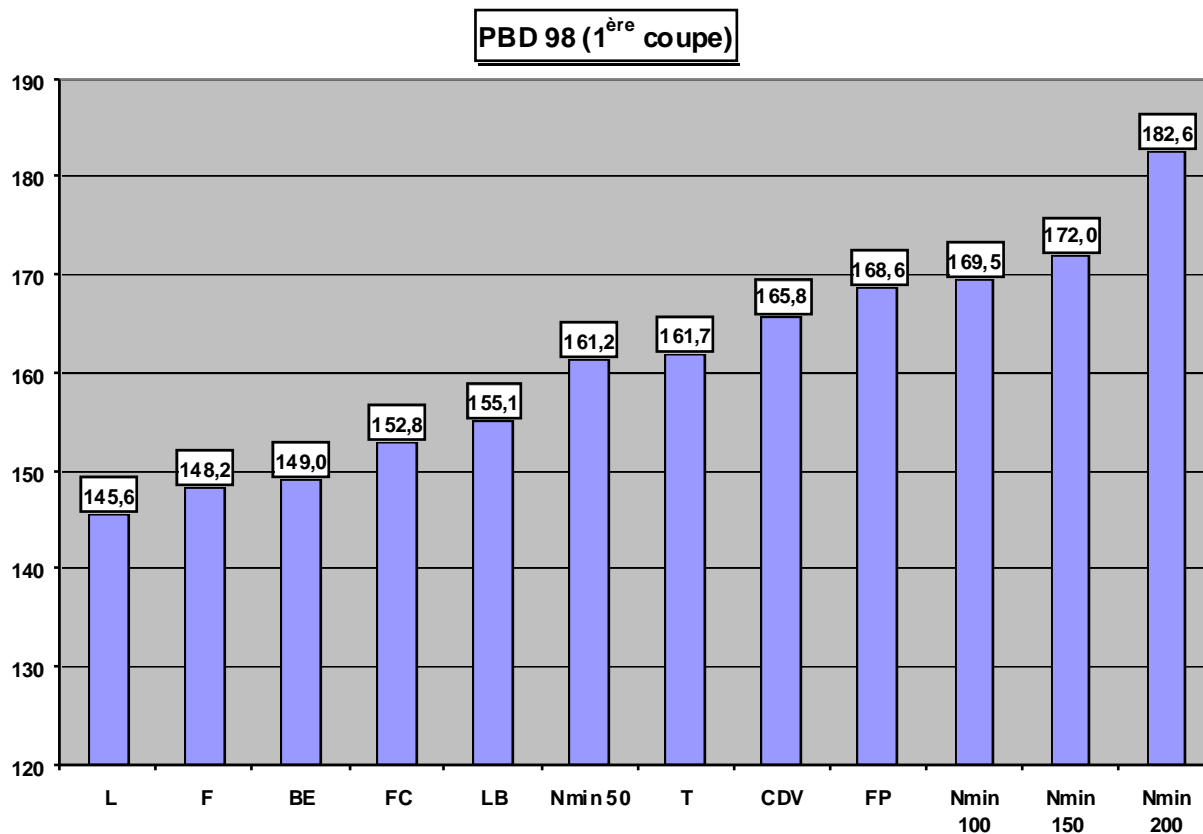


PBD 96 (4 coupes)

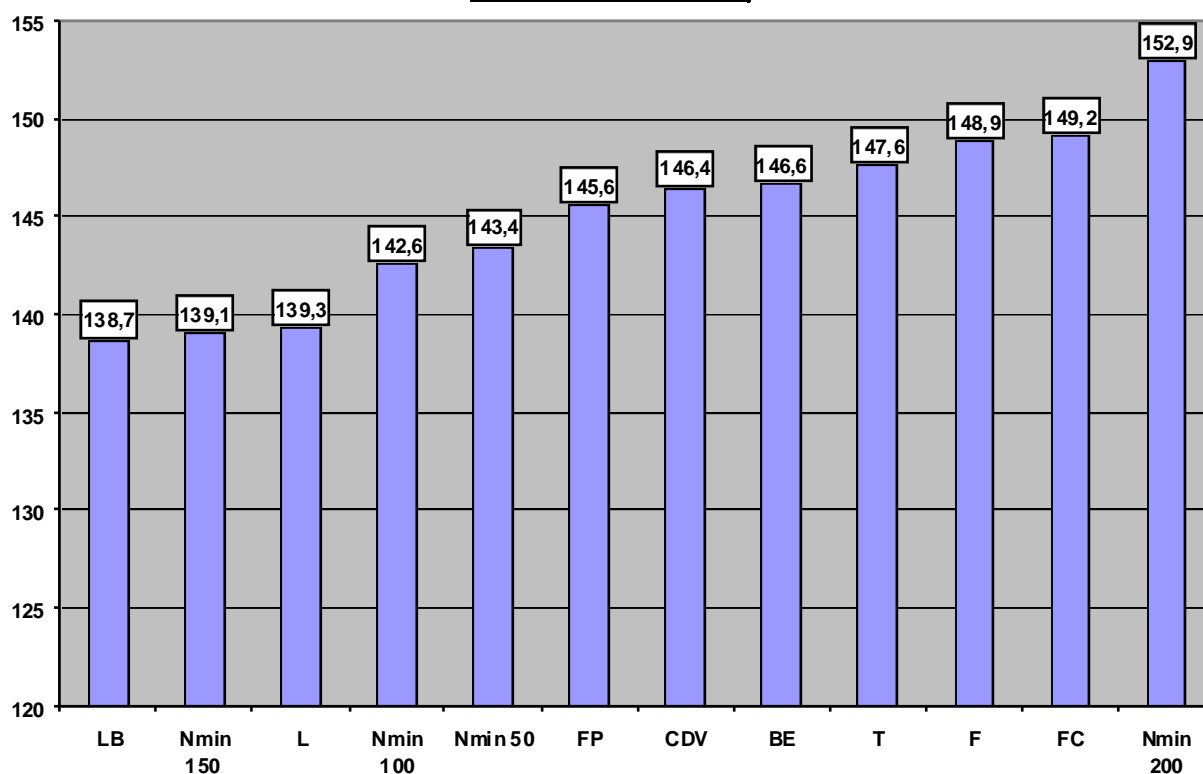


PBD 97 (4 coupes)

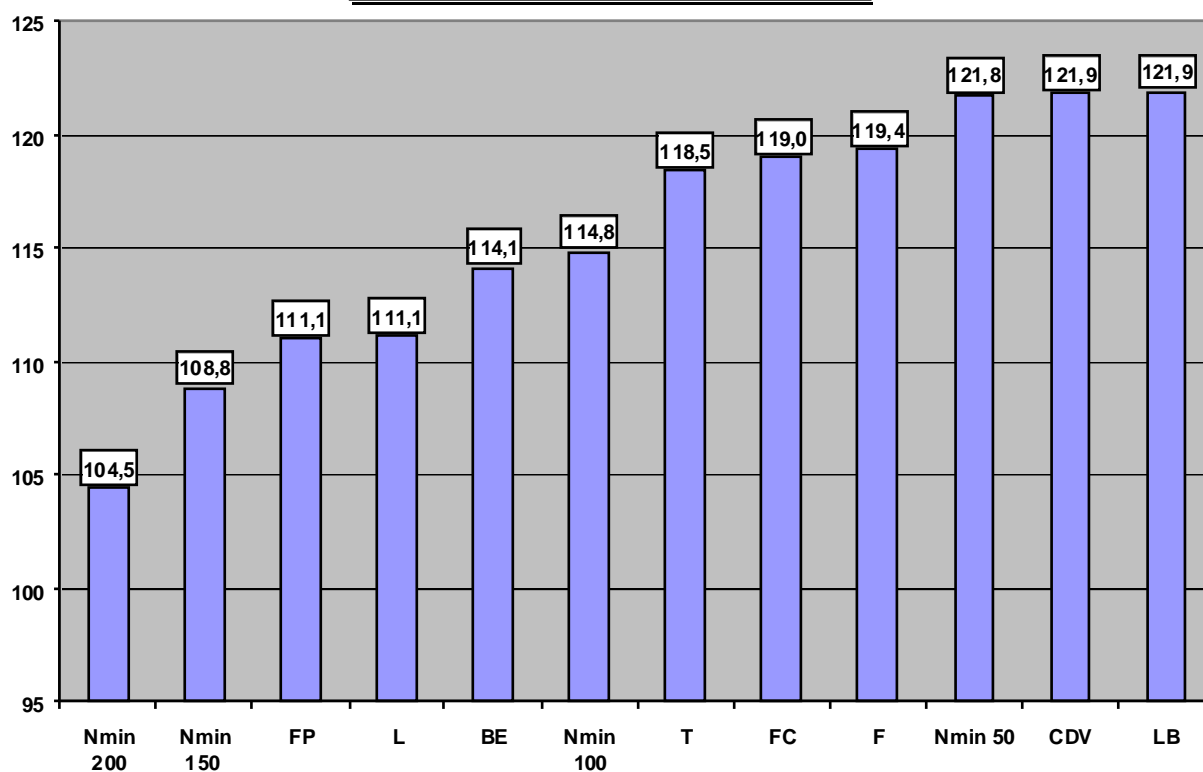




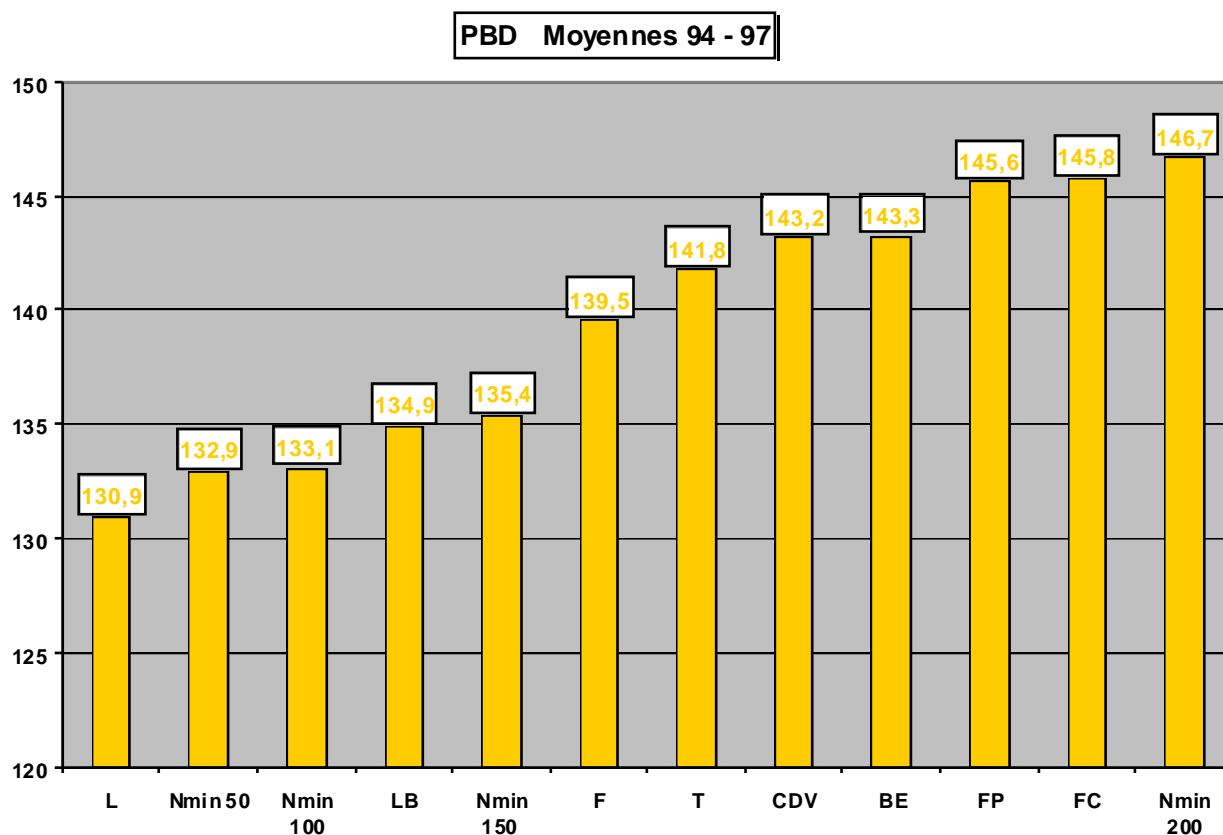
PBD 2000 (3 coupes)



PBD 2001 (3 coupes) sur arrières-effets



Le graphique suivant représente la moyenne des années 94 – 97, c'est-à-dire 15 coupes au total pour tous les traitements, sauf pour les fientes de poules et les boues d'épuration, 8 coupes.



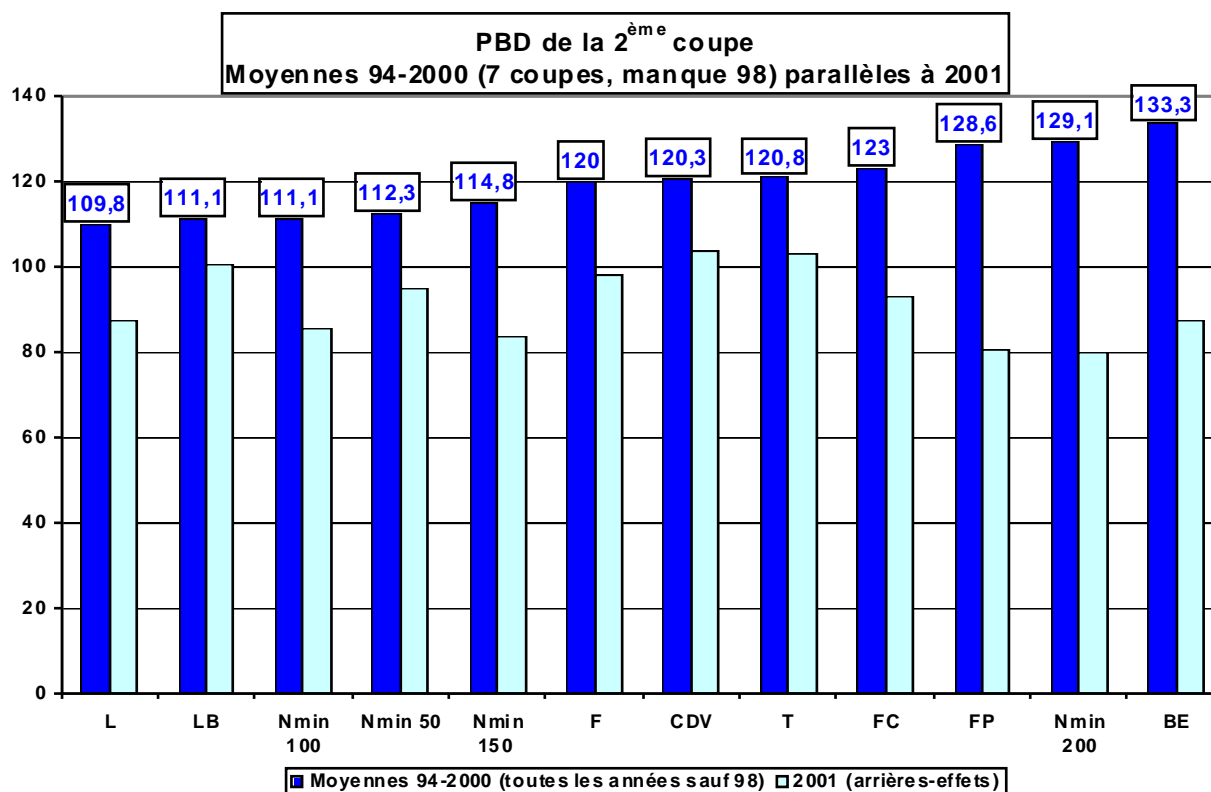
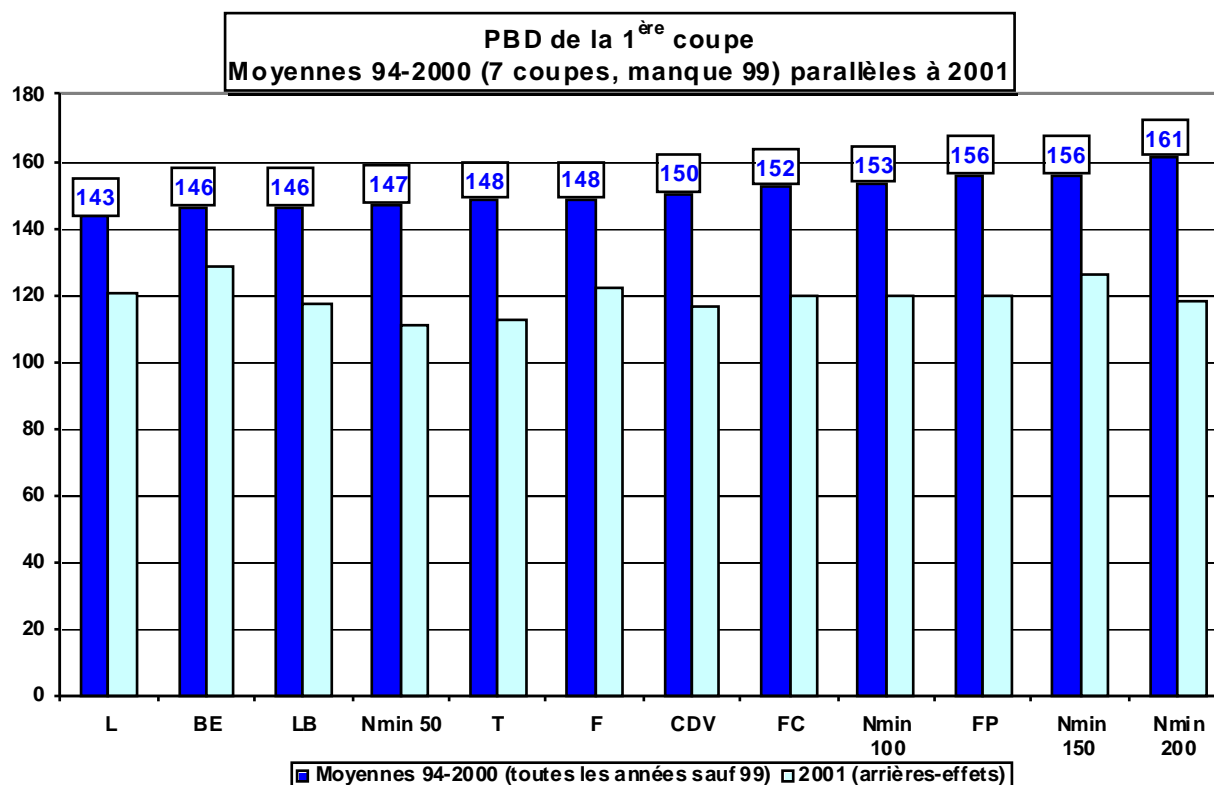
Commentaires.

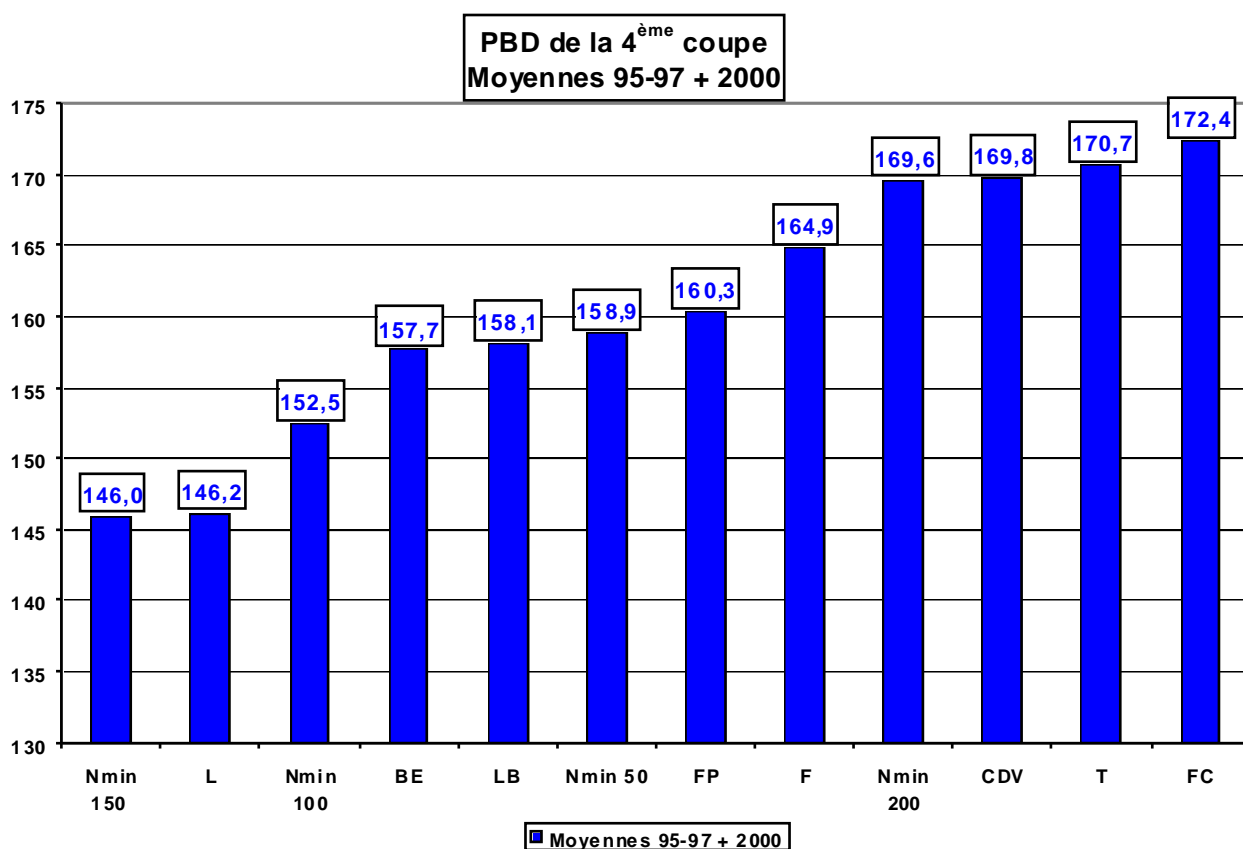
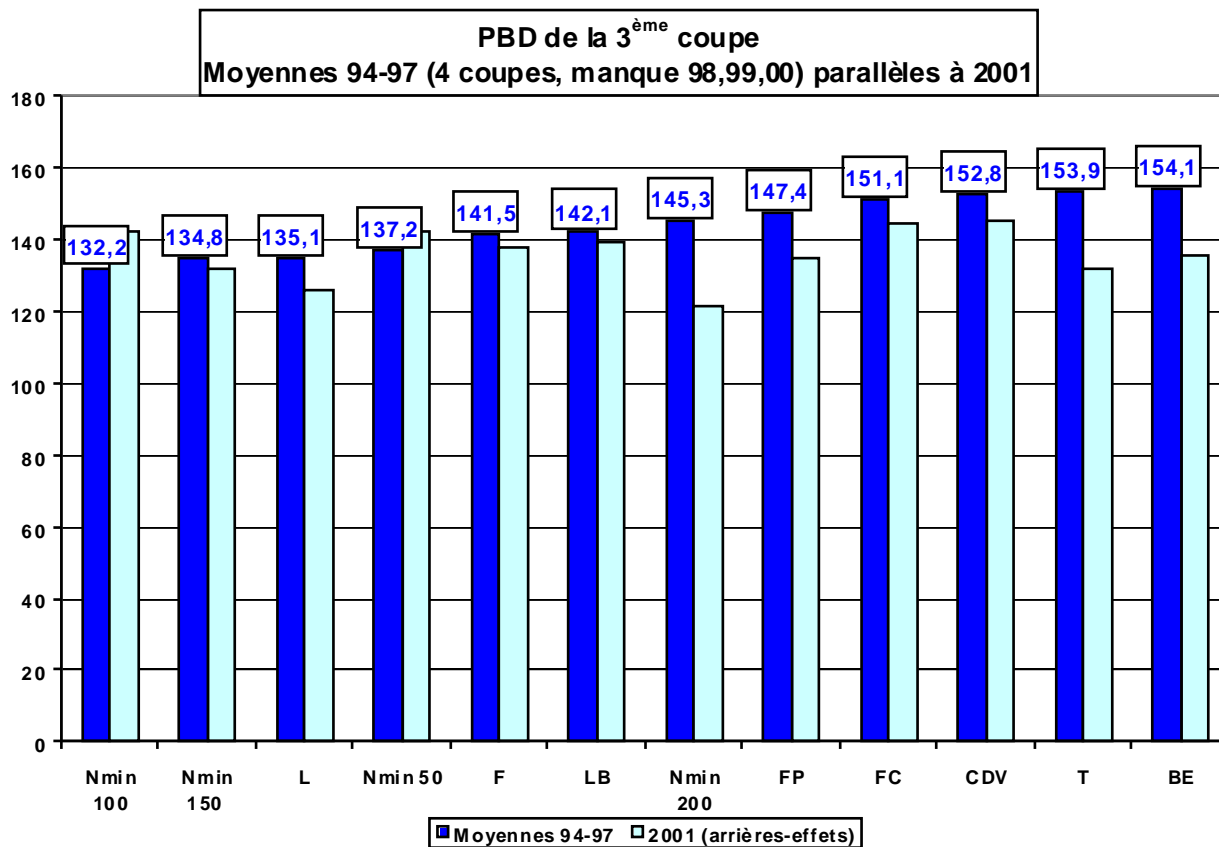
- Pour les protéines brutes digestibles, le lisier est toujours perdant, avec 131 points de PBD, tandis que l'Nmin 200 se retrouve totalement à l'extrême supérieur (16 points plus élevés) pour la moyenne 94-97, mais aussi en 98 et en 2000.
- Le fumier composté garde sa deuxième place supérieure, aussi en 2000, alors que le témoin doit céder son rang pour se retrouver plus près du milieu de la liste, sauf à la 2^{ème} coupe en 99 où il reprend son rôle de tête de liste.
- Le fumier frais se retrouve ici, comme pour la digestibilité d'ailleurs, au milieu de l'échelle. Il rassemble 140 points pour les PBD.

6.2.2. Les protéines brutes digestibles coupe par coupe

Les diagrammes ci-dessous représentent chaque coupe individuellement à travers toutes les années. Il s'agit des moyennes des PBD en fonction des moments de récolte.

La qualité de chaque traitement est exprimée, pour la coupe en question, par la valeur moyenne de 1994 à 2000, parallèle à celle de 2001.





6.2.3. Cotation des PBD

Cotation de chaque traitement, selon les coupes, suivant son rang sur l'échelle de 1 à 12 :

L	1	1	3	2	7
LB	3	2	6	5	16
Nmin 100	9	3	1	3	16
Nmin 50	4	4	4	6	18
Nmin 150	11	5	2	1	19
F	6	6	5	8	25
BE	2	12	12	4	30
CDV	7	7	10	10	34
T	5	8	11	11	35
FP	10	10	8	7	35
FC	8	9	9	12	38
Nmin 200	12	11	7	9	39

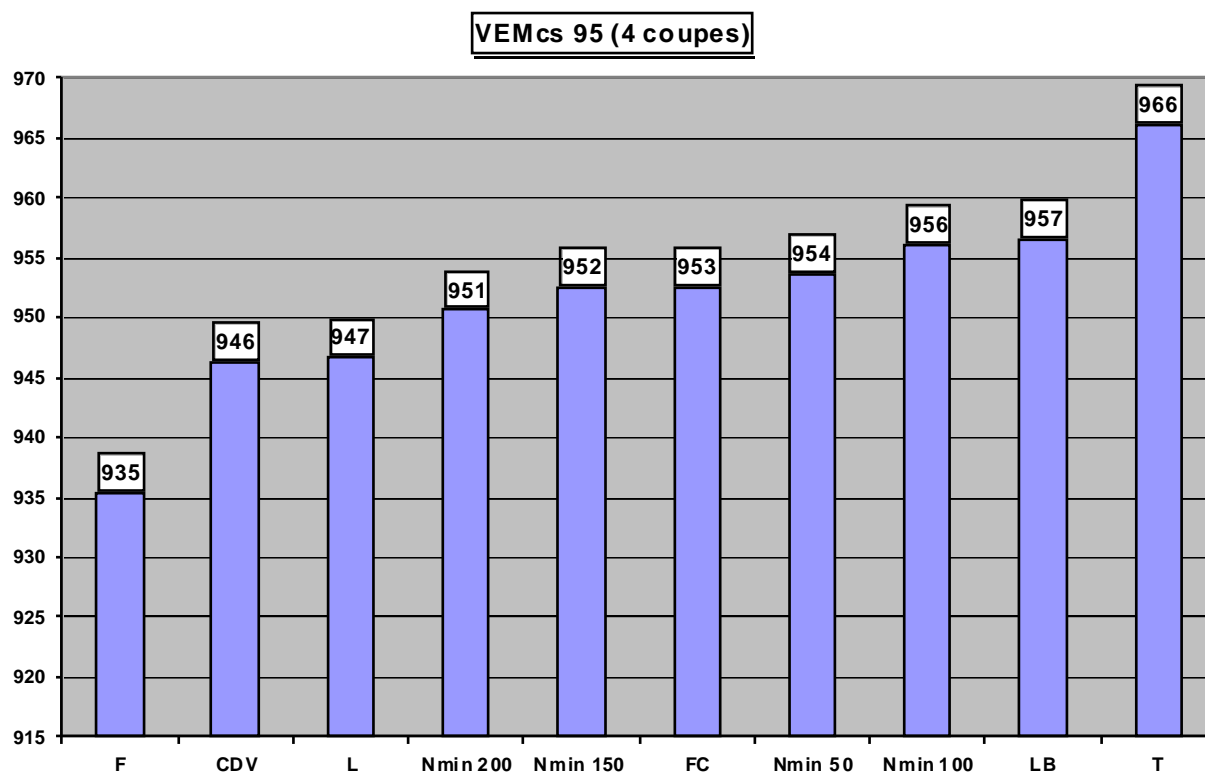
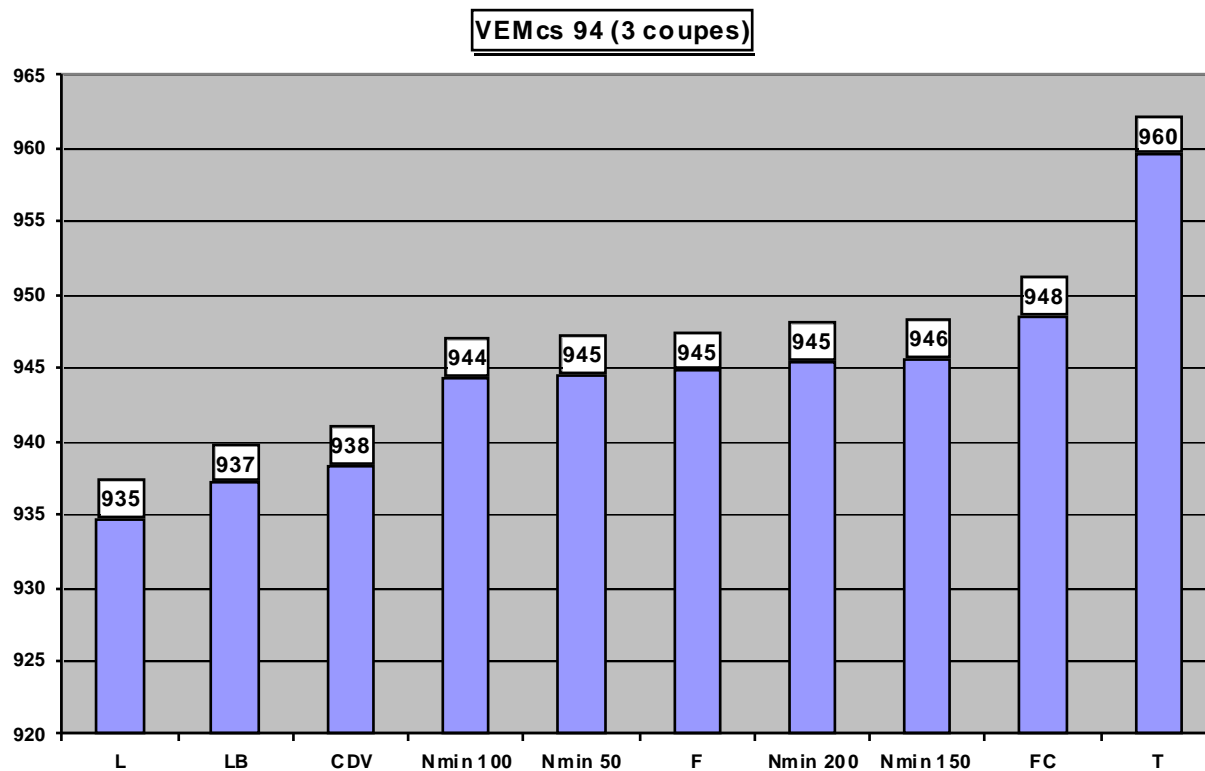
Commentaires.

- Comme pour la moyenne des années, c'est le lisier qui recueille le moins de PBD pour les résultats par coupe.
- L'Nmin 200 l'emporte, suivi du fumier composté.

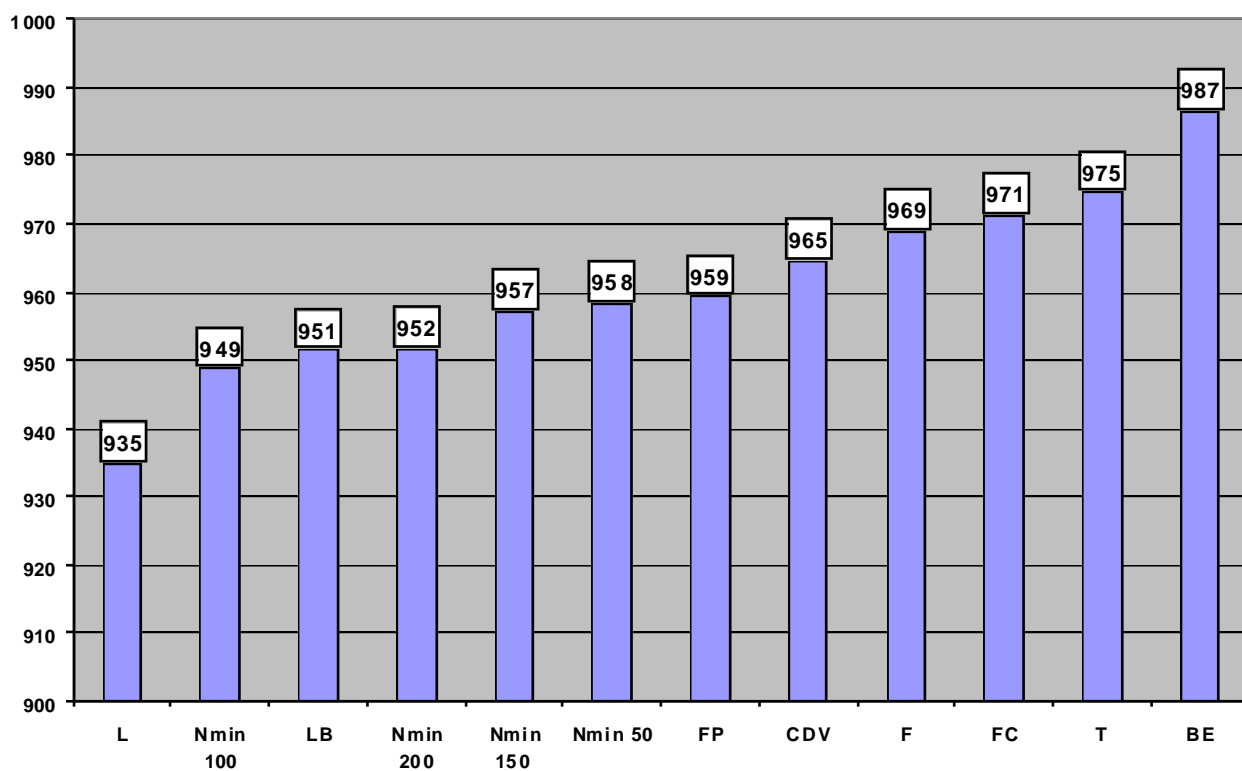
6.3. Les VEMcs

6.3.1. Les VEMcs année par année

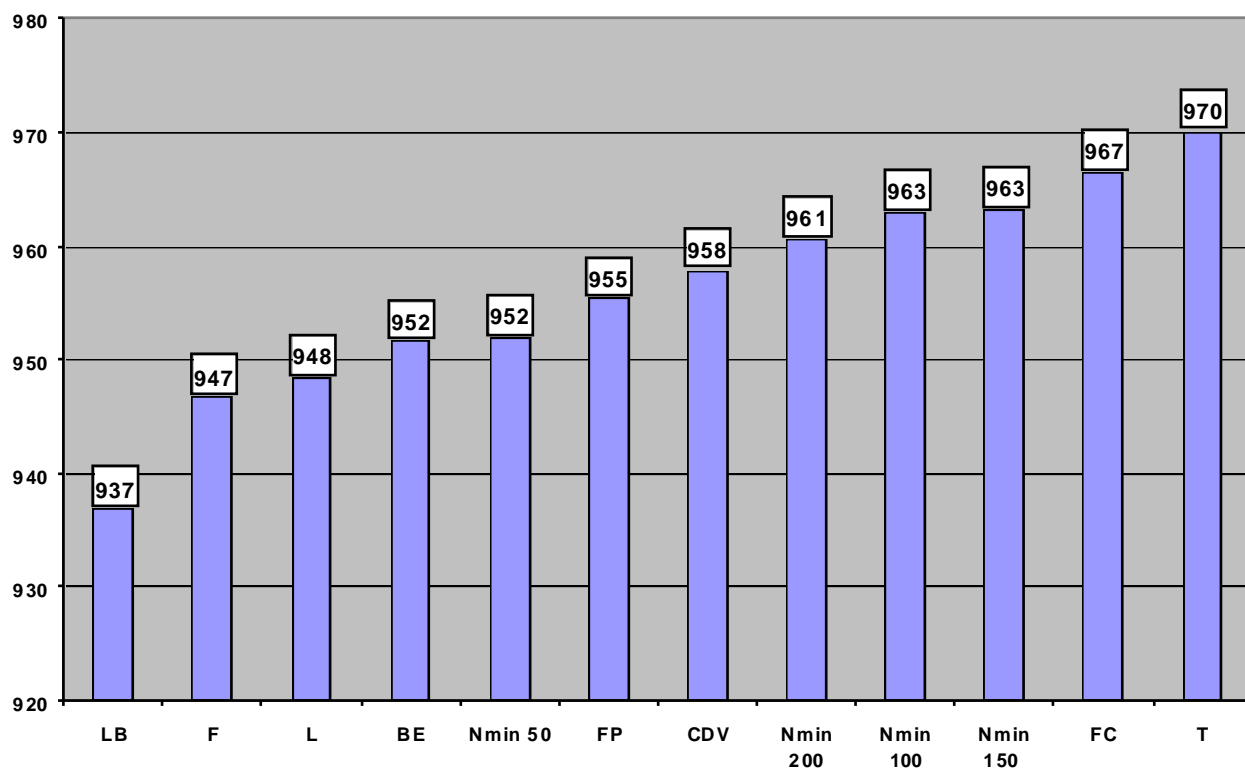
Les diagrammes ci-dessous expriment les moyennes de toutes les coupes et de toutes les répétitions de l'année en question.

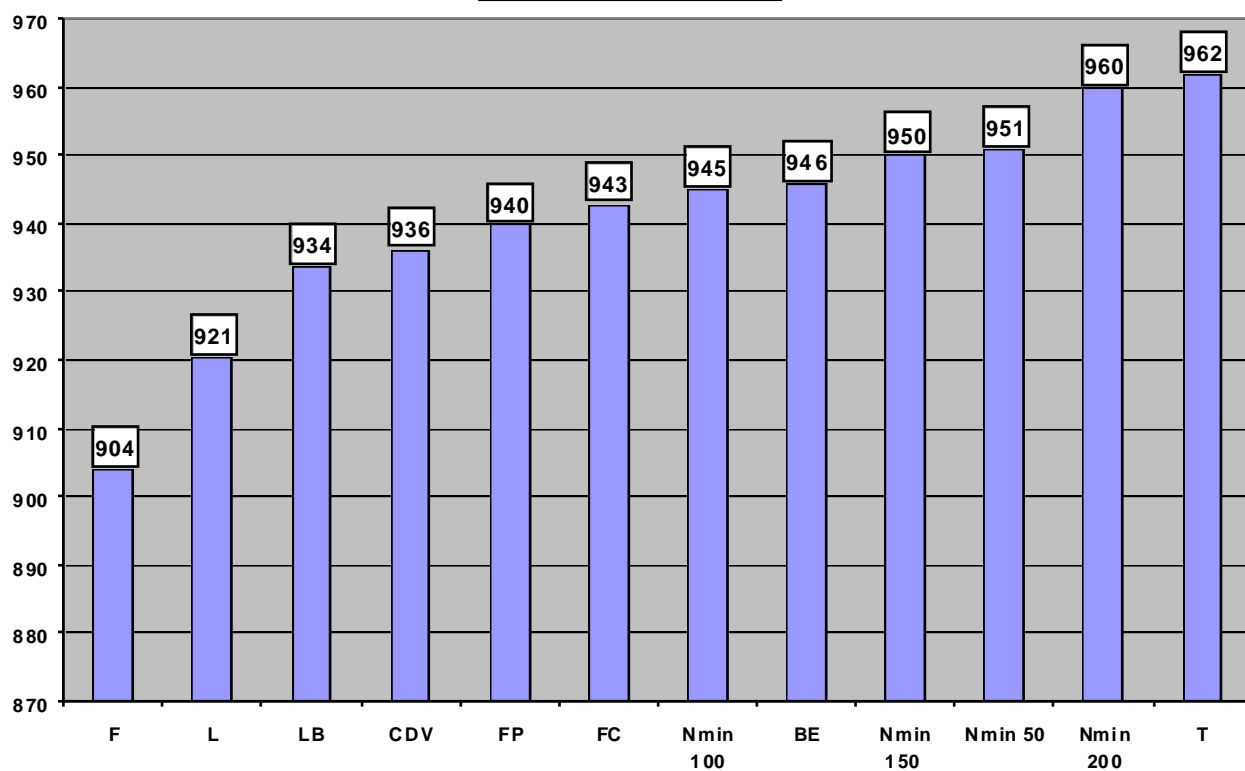
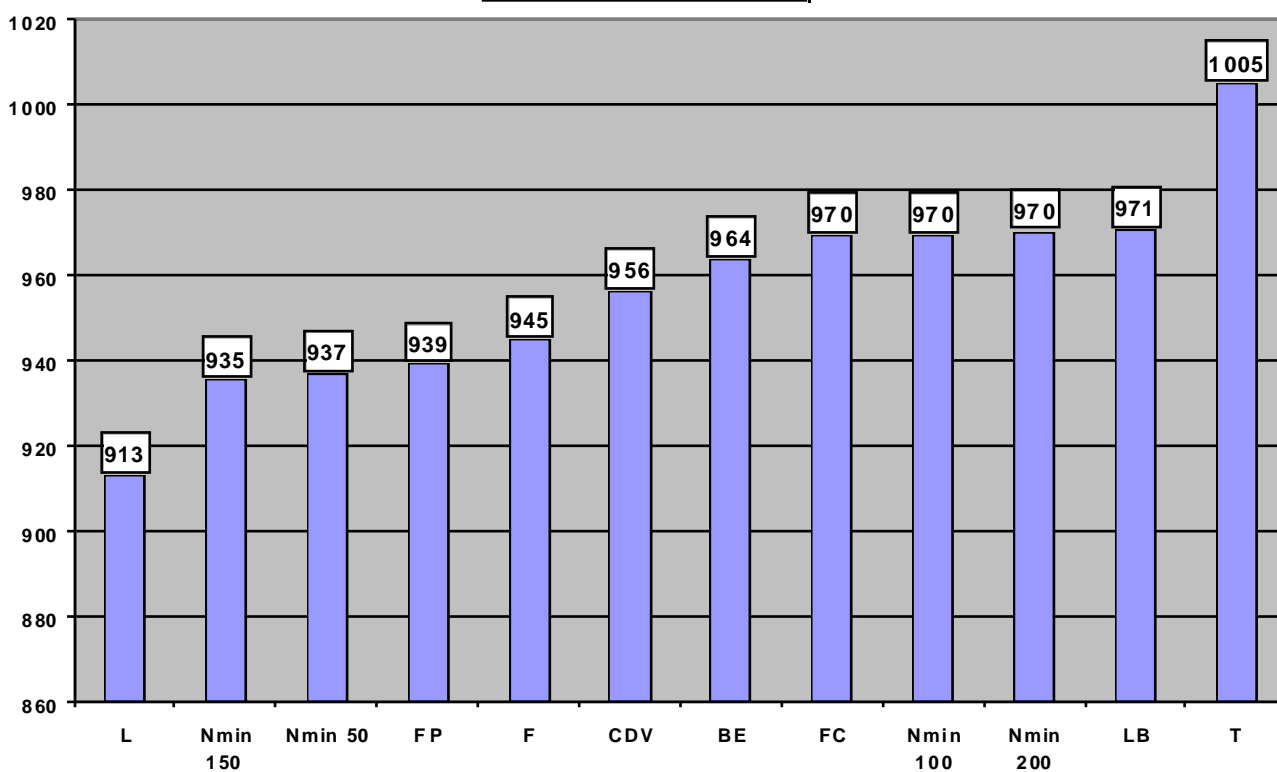


VEM 96 (4 coupes)

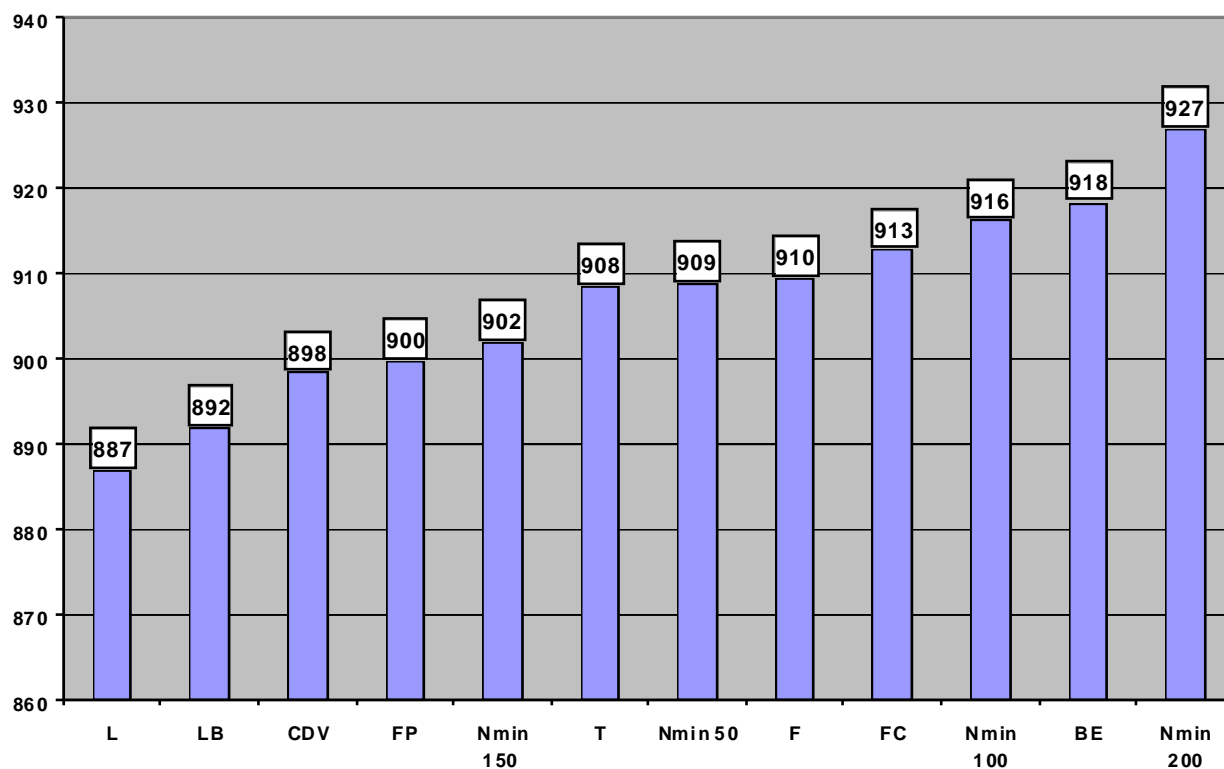


VEMcs 97 (4 coupes)

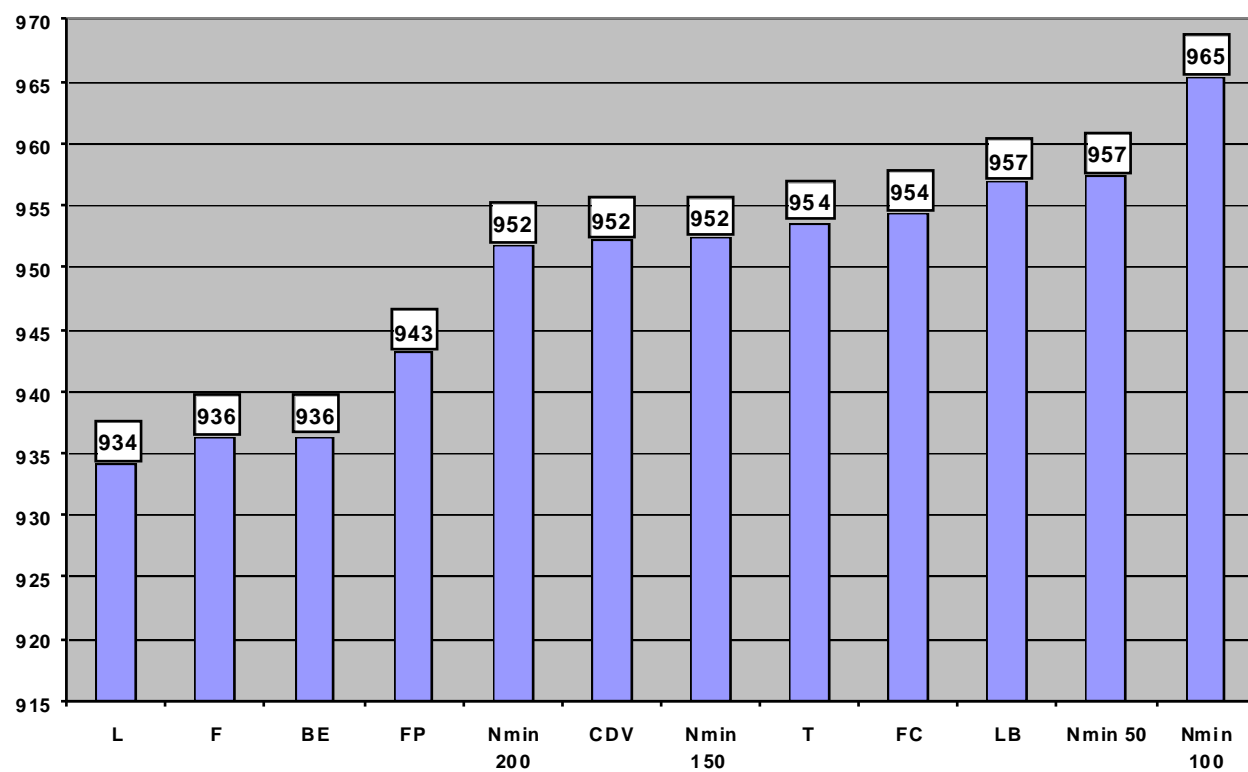


VEMcs 98 (1^{ère} coupe)VEMcs 99 (2^{ème} coupe)

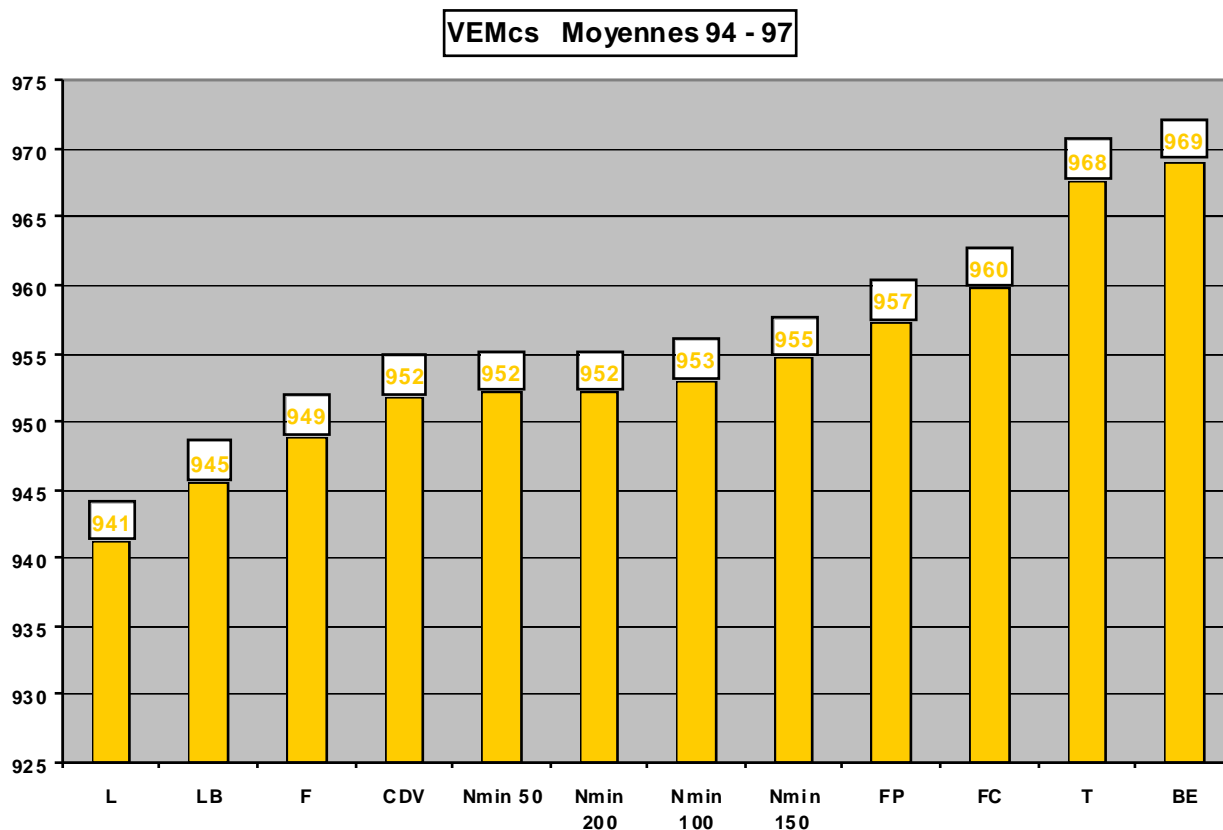
VEMcs 2000 (3 coupes)



VEMcs 2001 (3 coupes) sur arrières-effets



Le graphique suivant représente la moyenne des années 94 – 97, c'est-à-dire 15 coupes au total pour tous les traitements, sauf pour les fientes de poules et les boues d'épuration, 8 coupes.

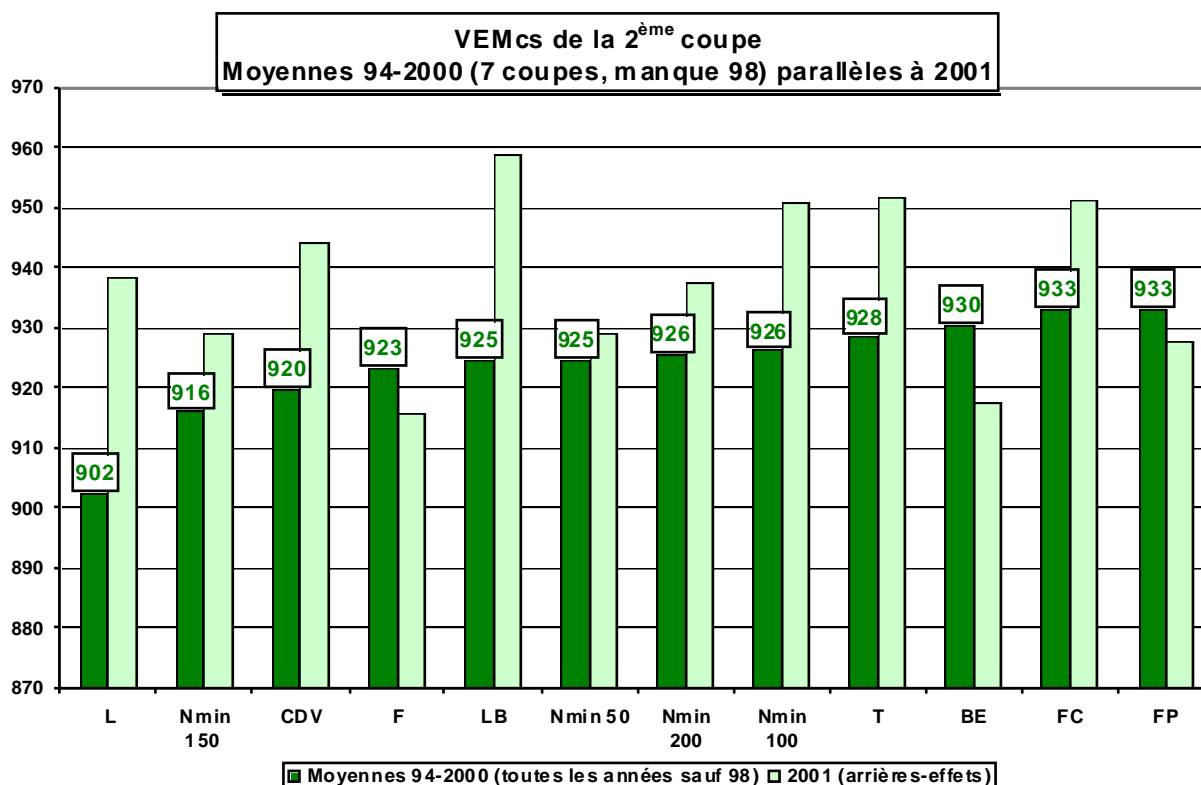
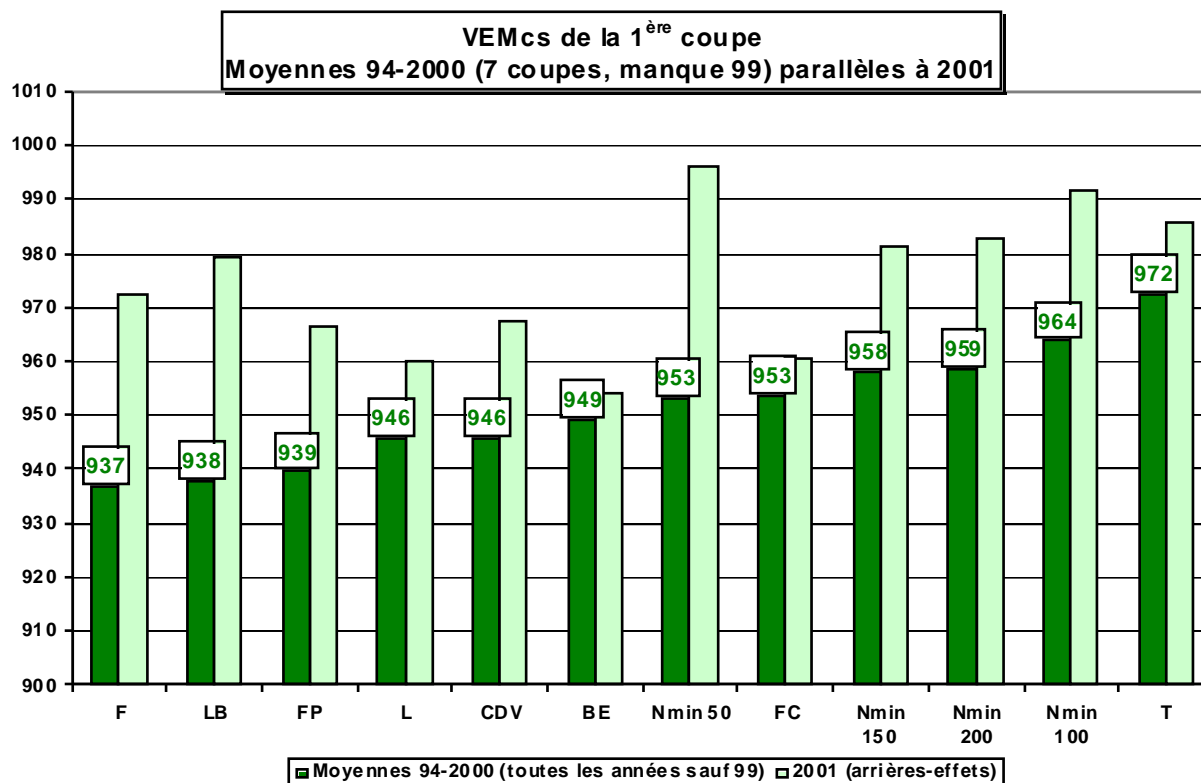


Commentaires.

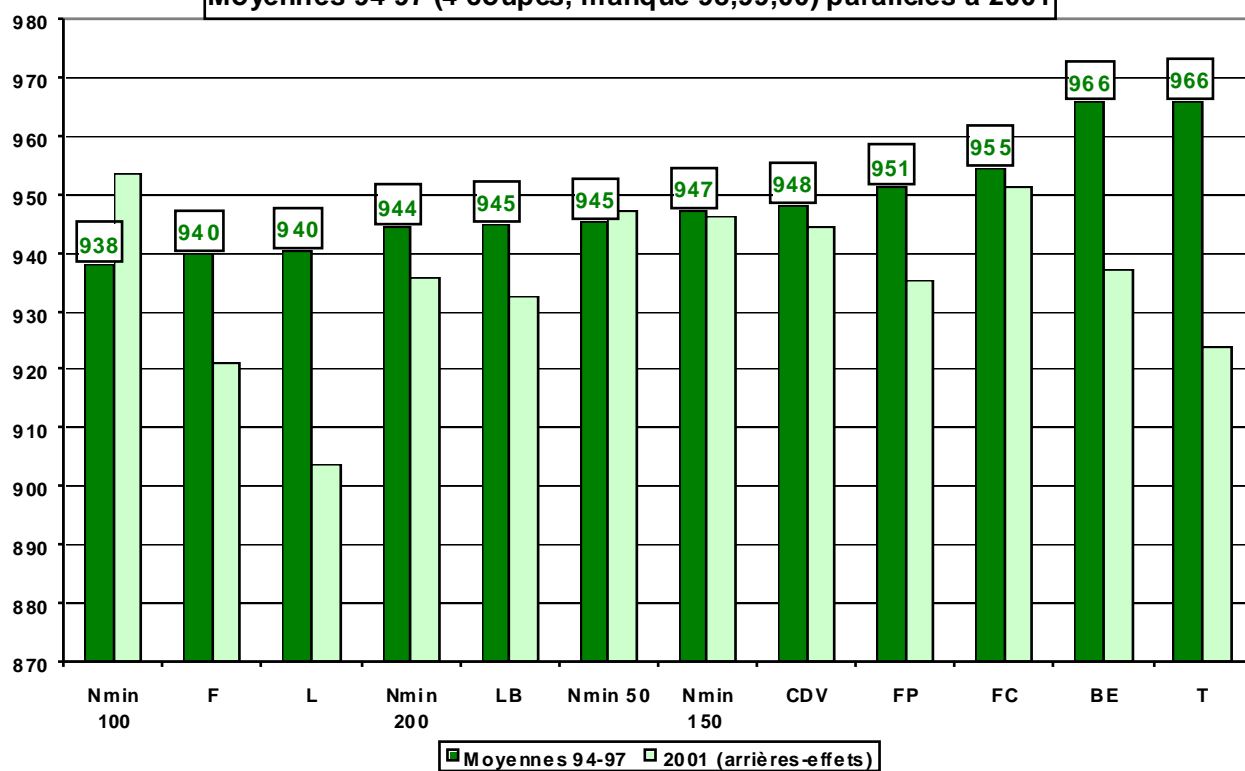
- Pour les VEMcs aussi le lisier se retrouve au bas de l'échelle avec 941 par rapport aux boues d'épuration qui remportent 969 VEMcs. Les différences, pour cet aspect de la qualité, ne sont pas spectaculaires, mais la tendance est malgré tout remarquable et étonnante.
- Remarquons aussi que les boues d'épuration se situent ici, mais aussi pour les PBD et surtout pour la digestibilité, dans le quart supérieur de l'échelle. Cette connaissance aussi peut paraître étonnante lorsque l'on se rend compte de la matière dont il s'agit et combien celle-ci provoque la méfiance générale. Signalons malgré tout que les boues utilisées dans l'essai GUMIKO proviennent d'une petite station de village, qui ne connaît pas la pollution des grandes agglomérations.
- Le témoin et le fumier composté refont paire commune aux deuxième et troisième places supérieures.

6.3.2. Les VEMcs coupe par coupe

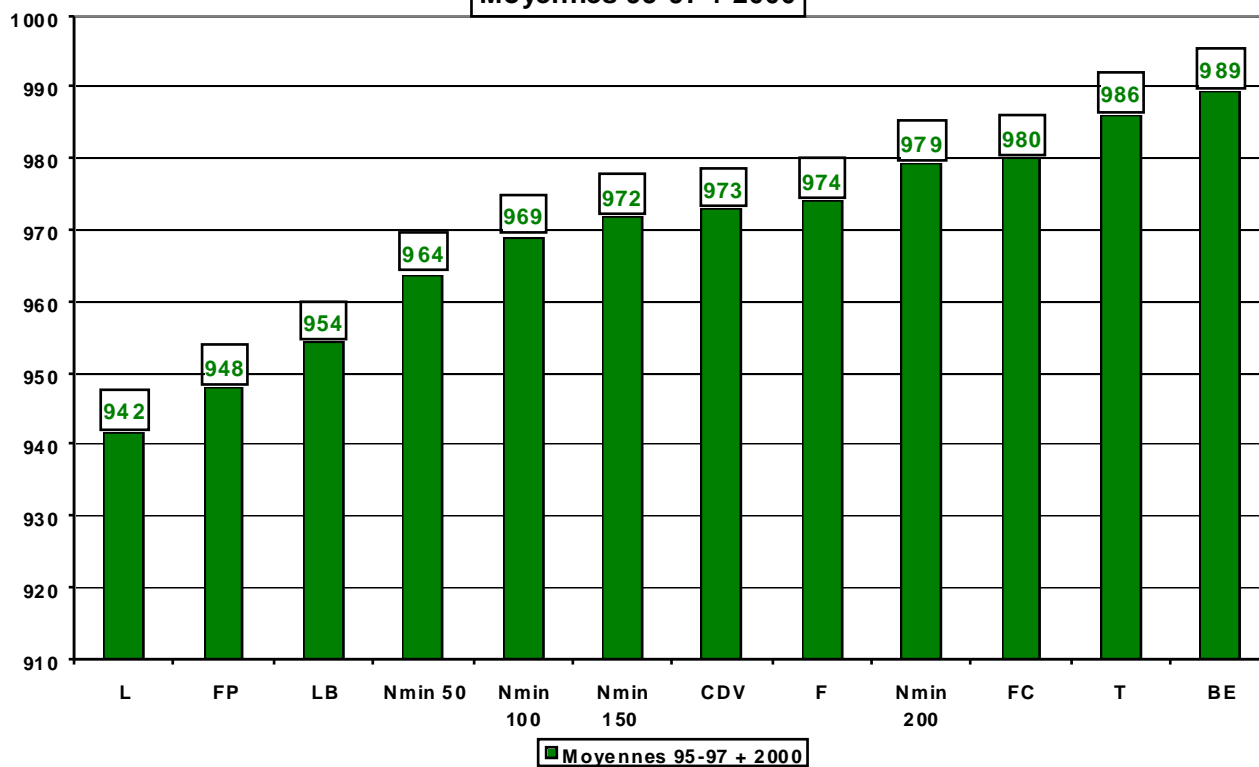
Les diagrammes ci-dessous représentent chaque coupe individuellement à travers toutes les années. La qualité de chaque traitement est exprimée, pour la coupe en question, par la valeur moyenne de 1994 à 2000, parallèle à celle de 2001.



VEMCs de la 3^{ème} coupe
Moyennes 94-97 (4 coupes, manque 98,99,00) parallèles à 2001



VEMCs de la 4^{ème} coupe
Moyennes 95-97 + 2000



6.3.3. Cotation des VEMcs

Cotation de chaque traitement, selon les coupes, suivant son rang sur l'échelle de 1 à 12 :

L	4	1	3	1	9
F	1	4	2	8	15
LB	2	5	5	3	15
CDV	5	3	8	7	23
Nmin 50	7	6	6	4	23
Nmin 150	9	2	7	6	24
Nmin 100	11	8	1	5	25
FP	3	12	9	2	26
Nmin 200	10	7	4	9	30
BE	6	10	11	12	39
FC	8	11	10	10	39
T	12	9	12	11	44

Commentaires.

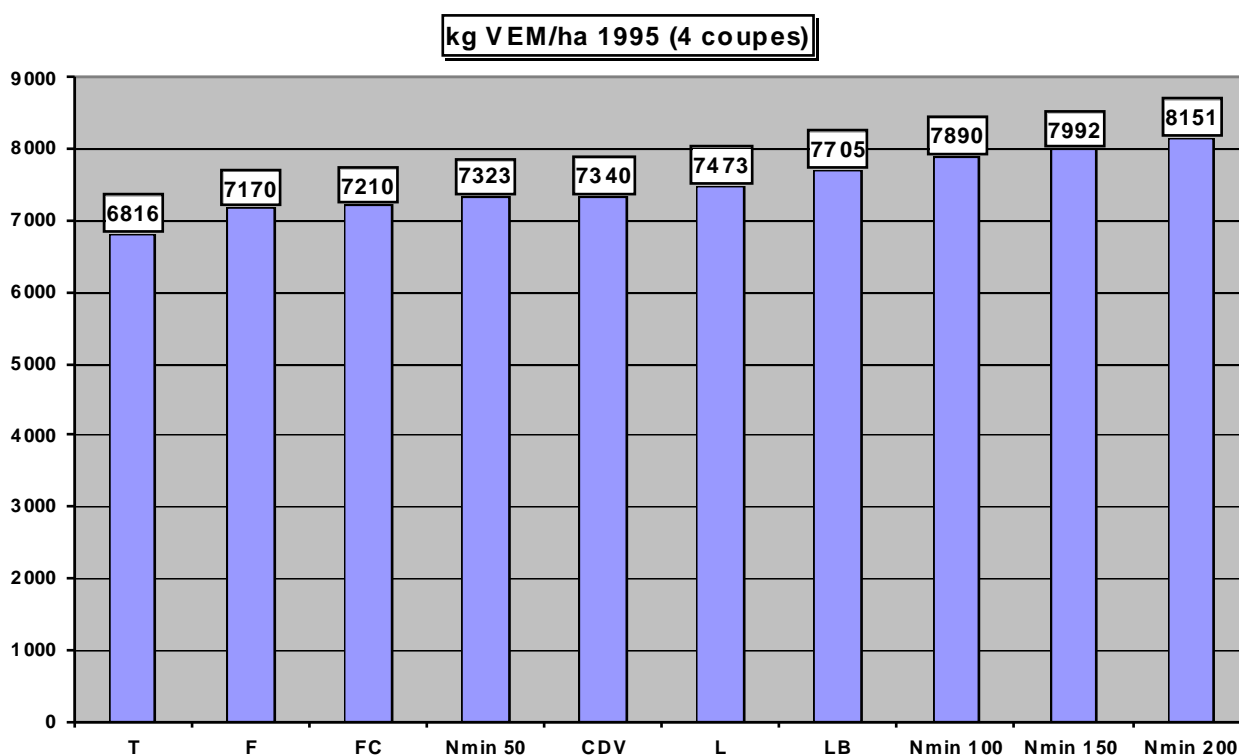
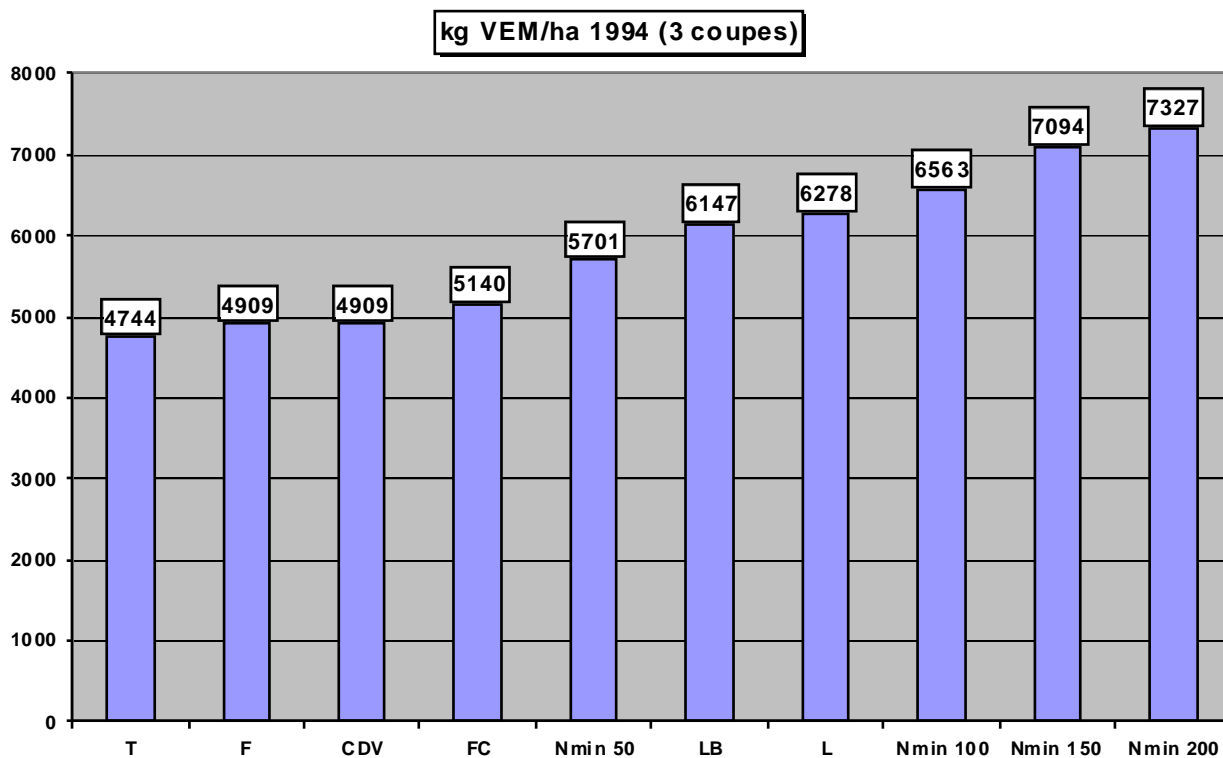
- Résultats quasi inchangés pour les VEMcs par rapport aux 2 valeurs précédentes (digestibilité et PBD) pour le lisier (douzième - dernier), le témoin (premier), le compost de fumier (second), les boues d'épuration (troisième)...
- Le tableau suivant résume la cotation des 3 valeurs de qualité que nous avons étudiées.

Digestibilité	PBD	VEMcs	Total				
L	8	L	7	L	9	24	L
LB	21	LB	16	LB	15	52	LB
Nmin 150	14	Nmin 150	19	Nmin 150	24	57	Nmin 150
Nmin 100	22	Nmin 100	16	Nmin 100	25	63	Nmin 100
F	23	F	25	F	15	63	F
Nmin 50	27	Nmin 50	18	Nmin 50	23	68	Nmin 50
FP	17	FP	35	FP	26	78	FP
CDV	29	CDV	34	CDV	23	86	CDV
Nmin 200	19	Nmin 200	39	Nmin 200	30	88	Nmin 200
BE	41	BE	30	BE	39	110	BE
FC	44	FC	38	FC	39	121	FC
T	47	T	35	T	44	126	T

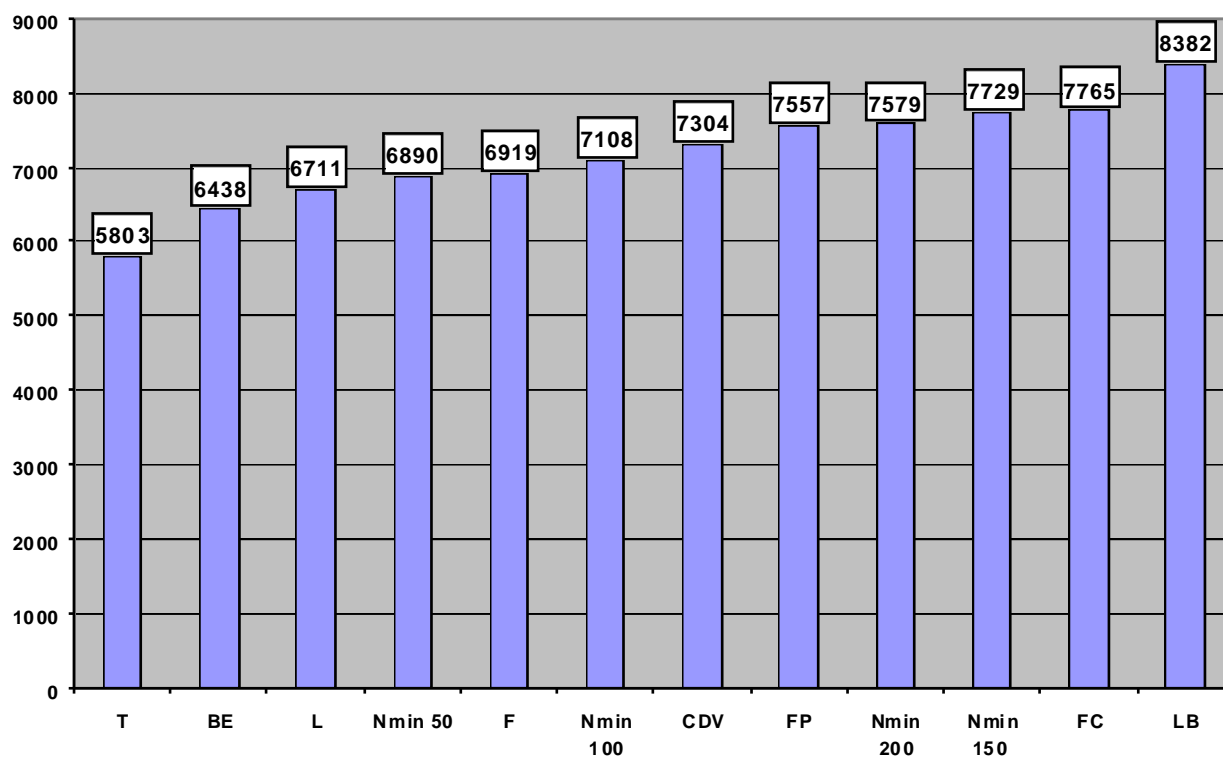
6.4. Le rendement de VEMcs à l'hectare

6.4.1. *kg VEMcs/ha année par année*

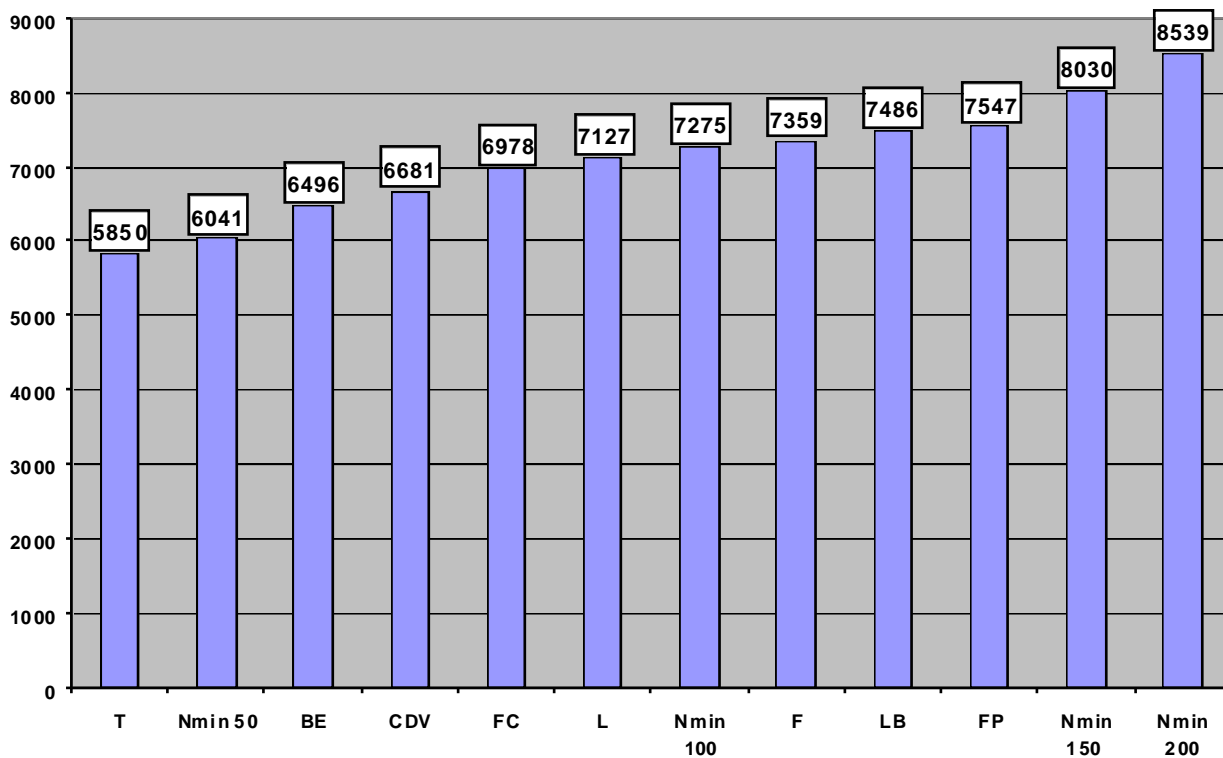
Les diagrammes ci-dessous expriment les moyennes de toutes les coupes et de toutes les répétitions de l'année en question.

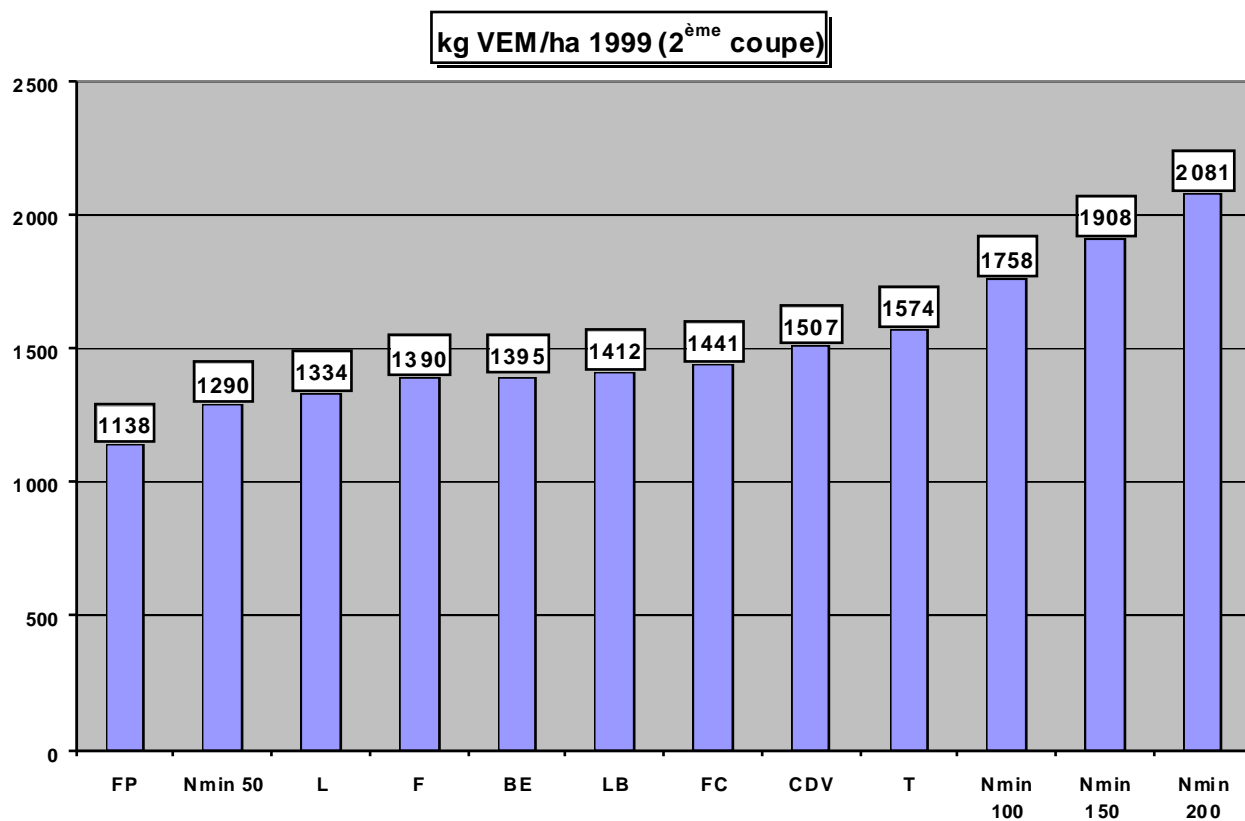
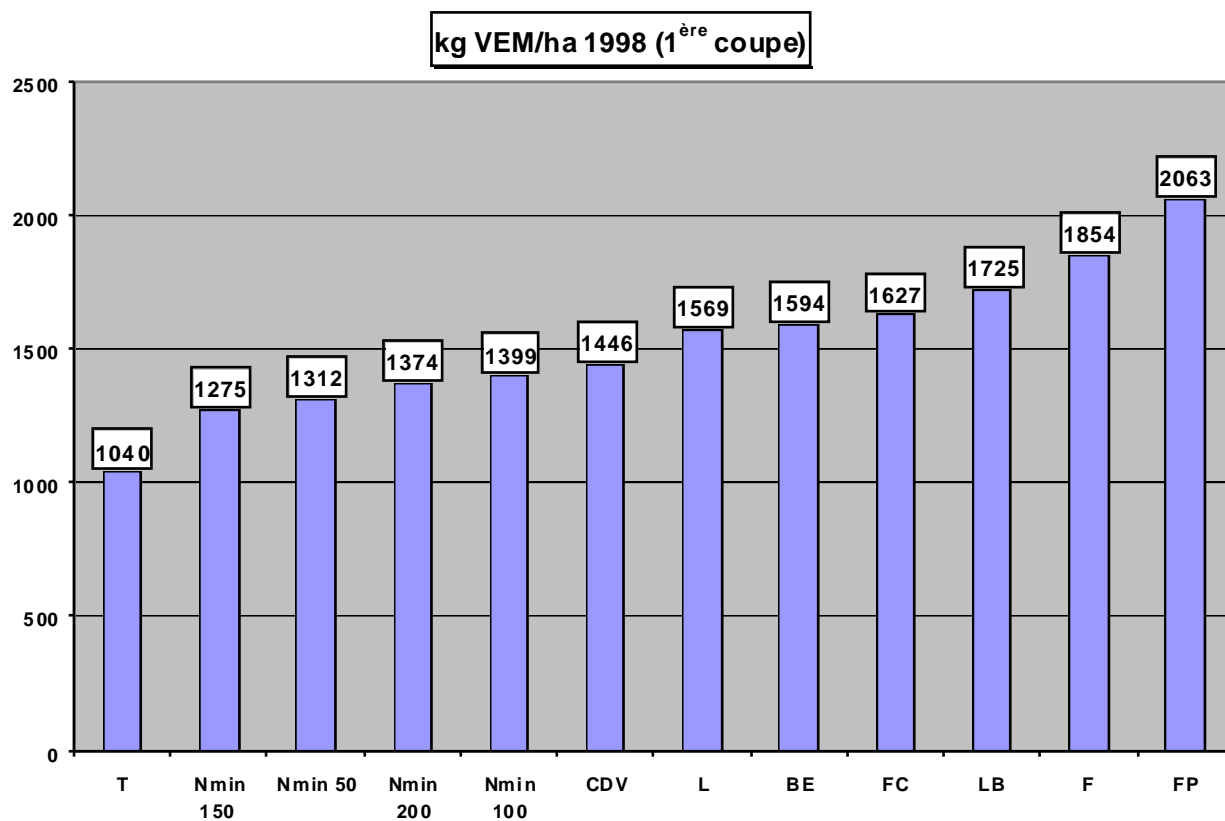


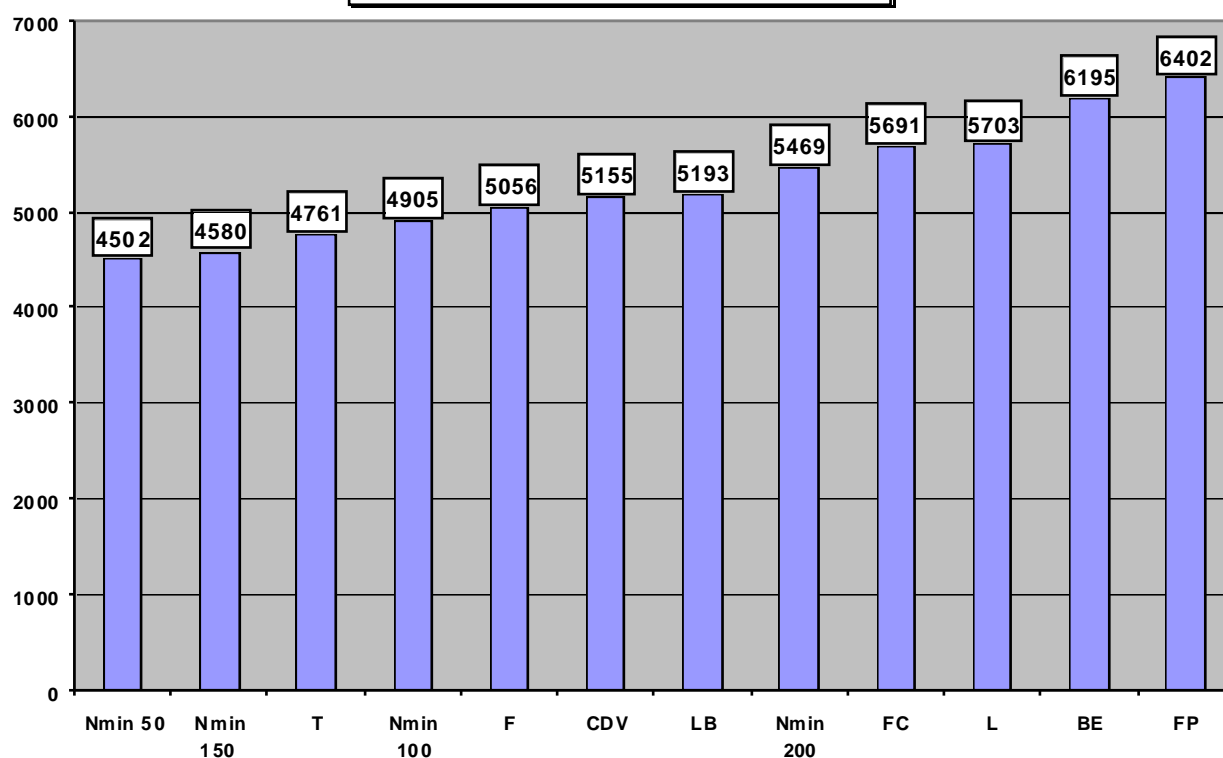
kg VEM/ha 1996 (4 coupes)



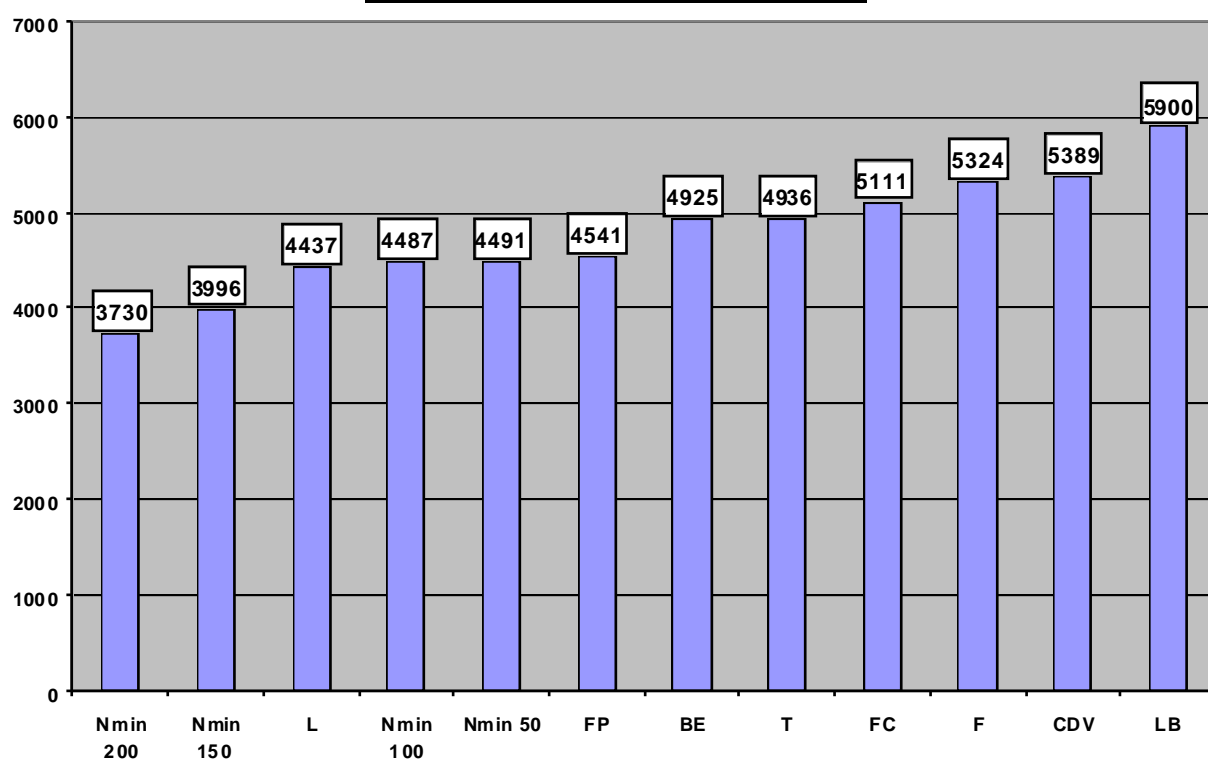
kg VEM/ha 1997 (4 coupes)



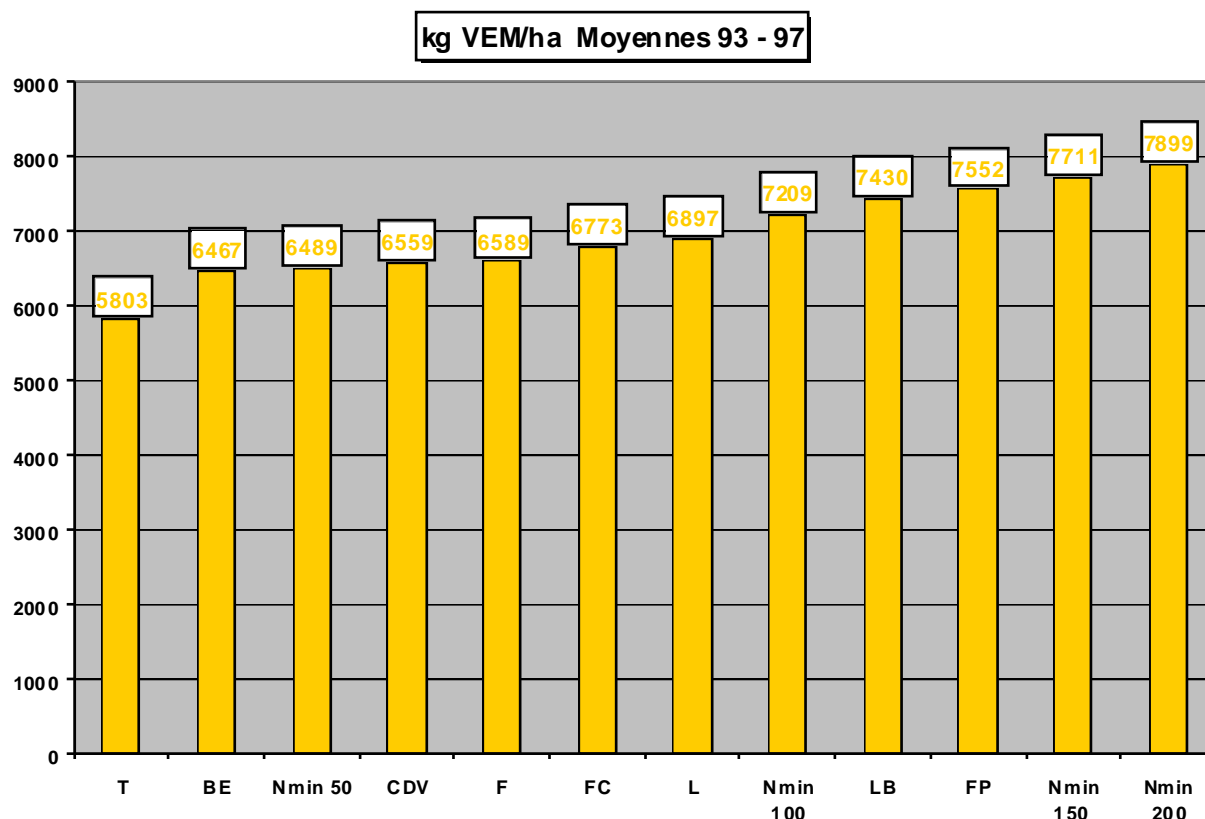


kg VEM/ha 2000 (1^{ère}, 2^{ème} et 4^{ème} coupe)

kg VEM/ha 2001 (3 premières coupes)



Le graphique suivant représente la moyenne des années 94 – 97, c'est-à-dire 15 coupes au total pour tous les traitements sauf pour les fientes de poules et les boues d'épuration, 8 coupes.

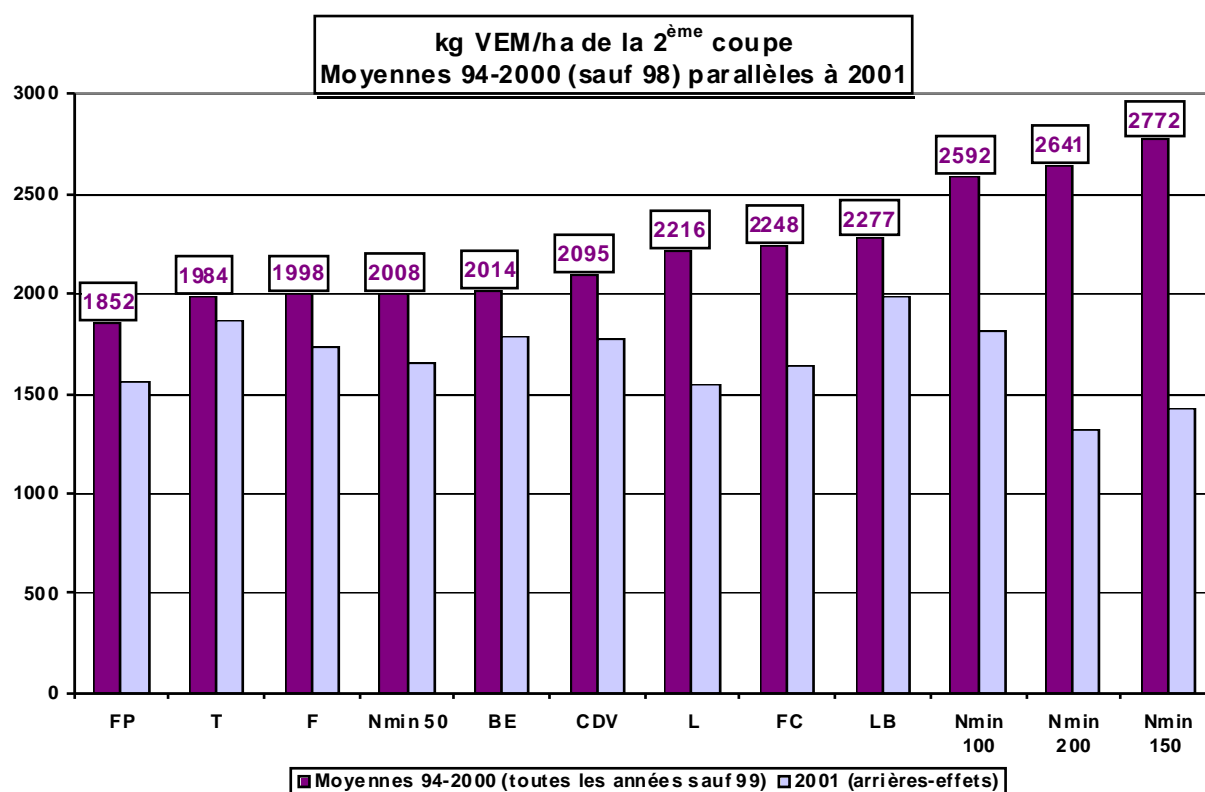
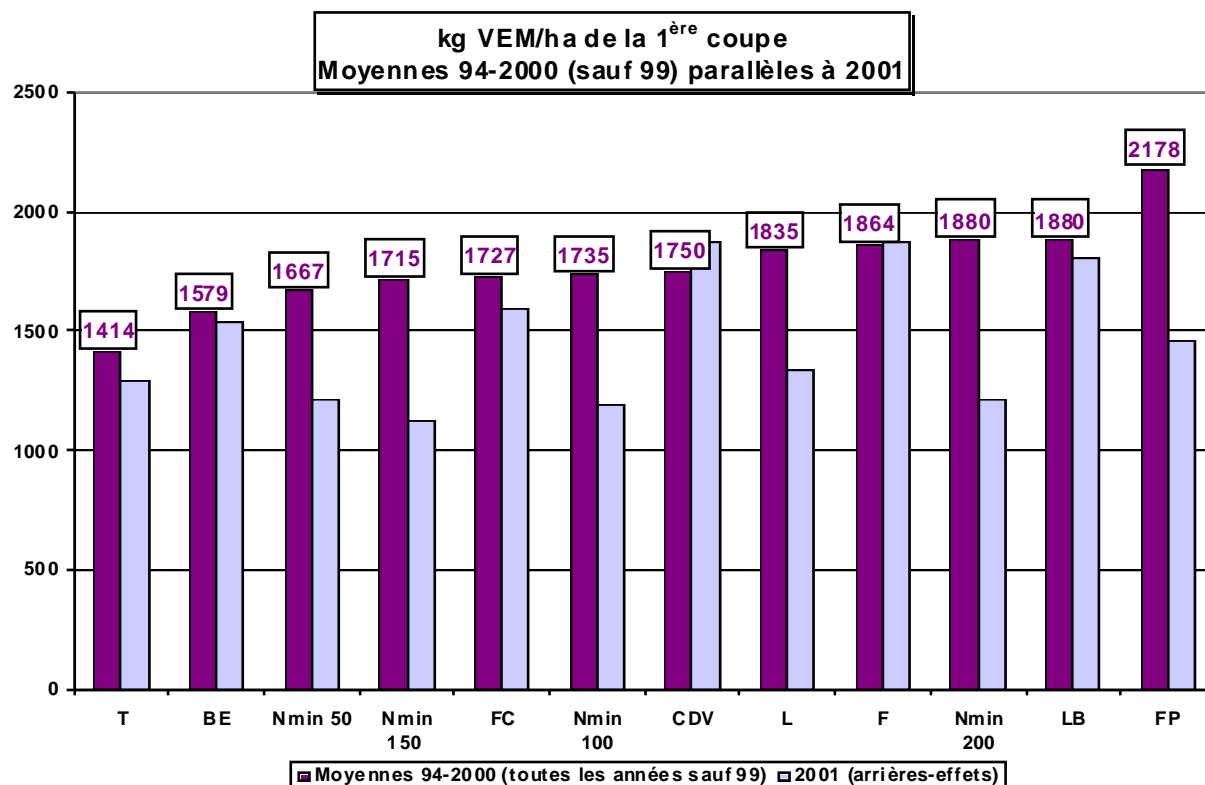


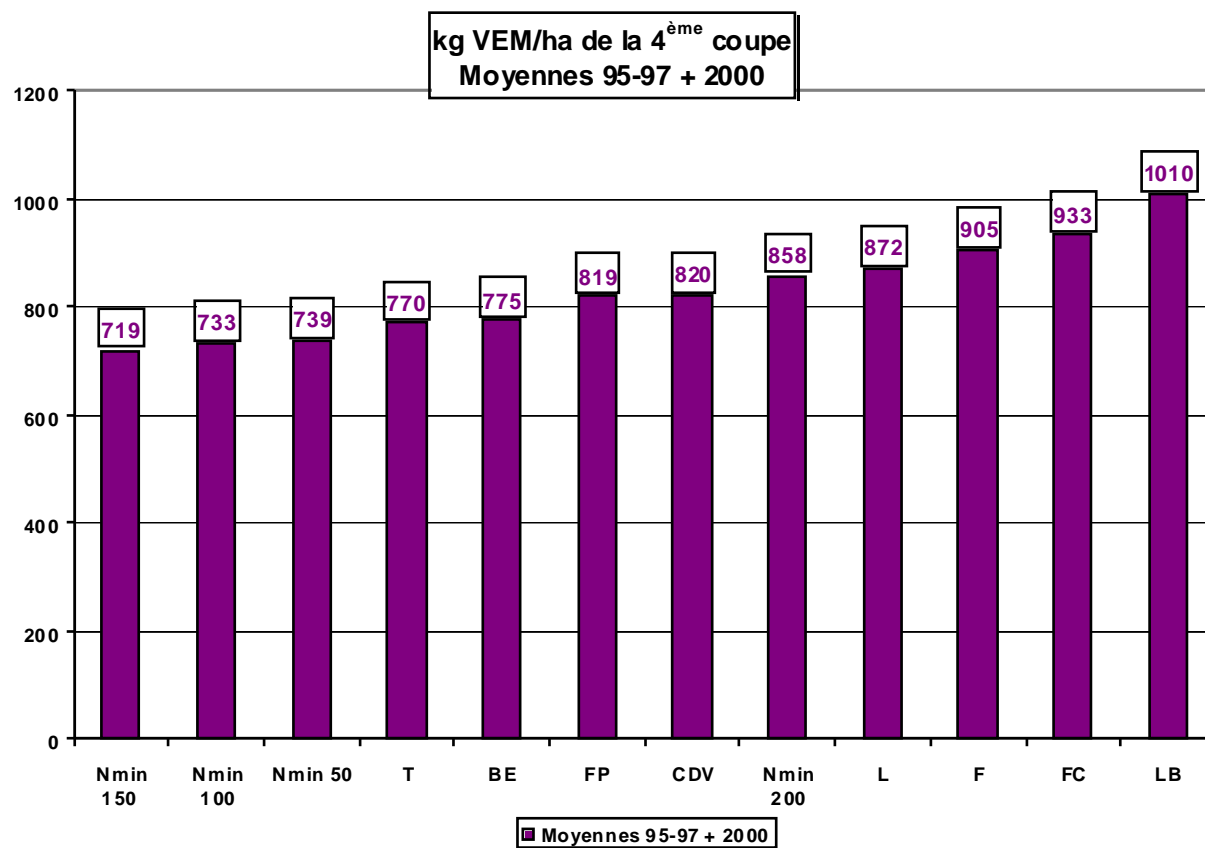
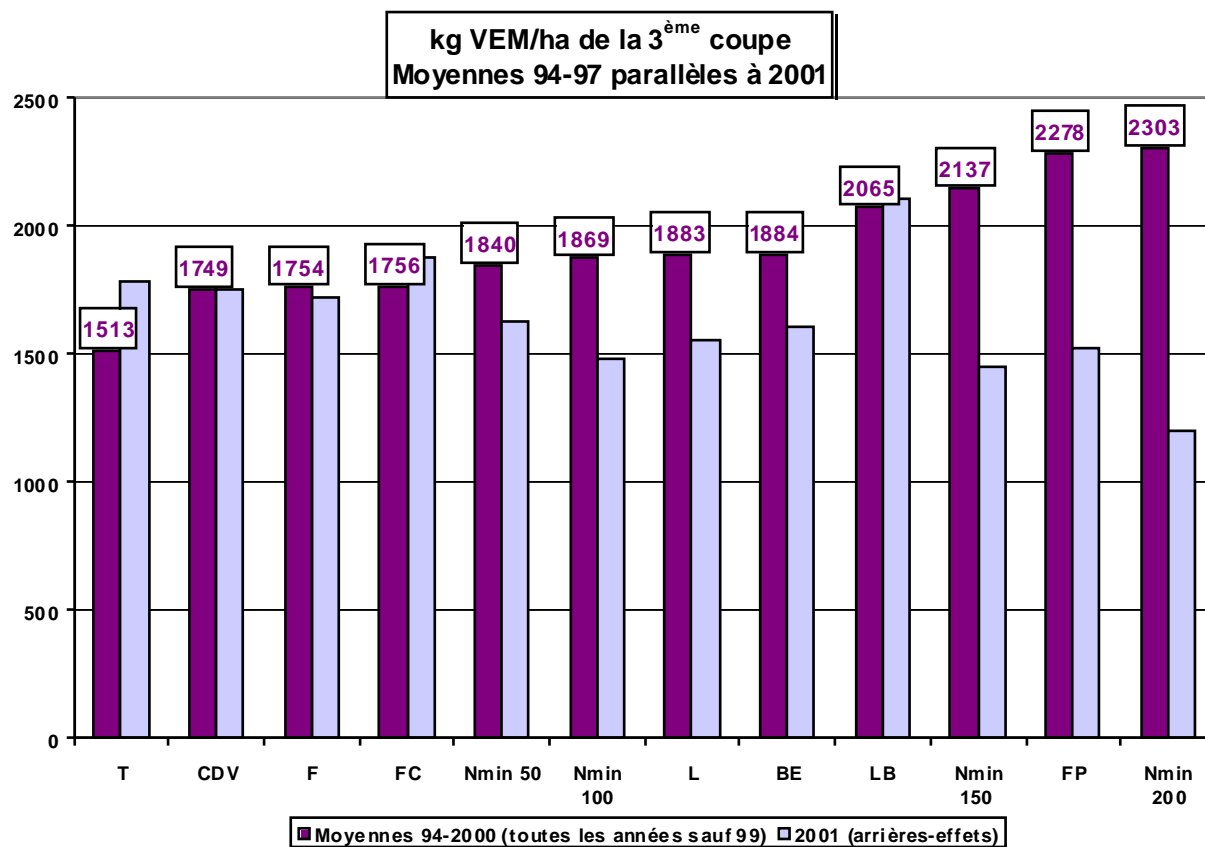
Commentaires.

- Les rendements en VEMcs/ha sont fonction des rendements en MS/ha. C'est pourquoi le témoin perd du terrain et se retrouve à présent en dernière position. En comparant le graphique ci-dessus avec celui qui résume les rendements moyens en MS pour les années 1994 – 2000, nous retrouvons presque identiquement la même constellation : les objets à fertilisation minérale forte (Nmin 200 et 150) prennent la tête du classement, accompagnés par les fientes et la litière biomâîtrisée. Le fumier composté, le lisier et l'azote minéral 100 unités se situent au milieu. Le témoin et les déchets verts et l'Nmin 50 sont dans le bas du classement. Seules les boues ont cédé leur place au fumier frais et ont été se placer dans le bas de l'échelle, en avant-dernière position.
- Pour l'année 2000, qui comprend aussi trois coupes, les choses sont quelque peu décalées : tous les engrais minéraux produisent moins de rendement, tandis que les matières organiques telles que le compost de fumier, le lisier et surtout les boues d'épuration grimpent sur l'échelle.
- Pour les moyennes 94-97, ainsi que pour 2000, la différence de rendement entre le premier et le dernier des objets est de 2000 kg VEMcs/ha.

6.4.2. Les rendements en VEMcs par coupe

Les diagrammes ci-dessous représentent chaque coupe individuellement à travers toutes les années. Le rendement VEMcs/ha de chaque traitement est exprimée, pour la coupe en question, par la valeur moyenne de 1994 à 2000, parallèle à celle de 2001.





6.4.3. Cotation des VEMcs

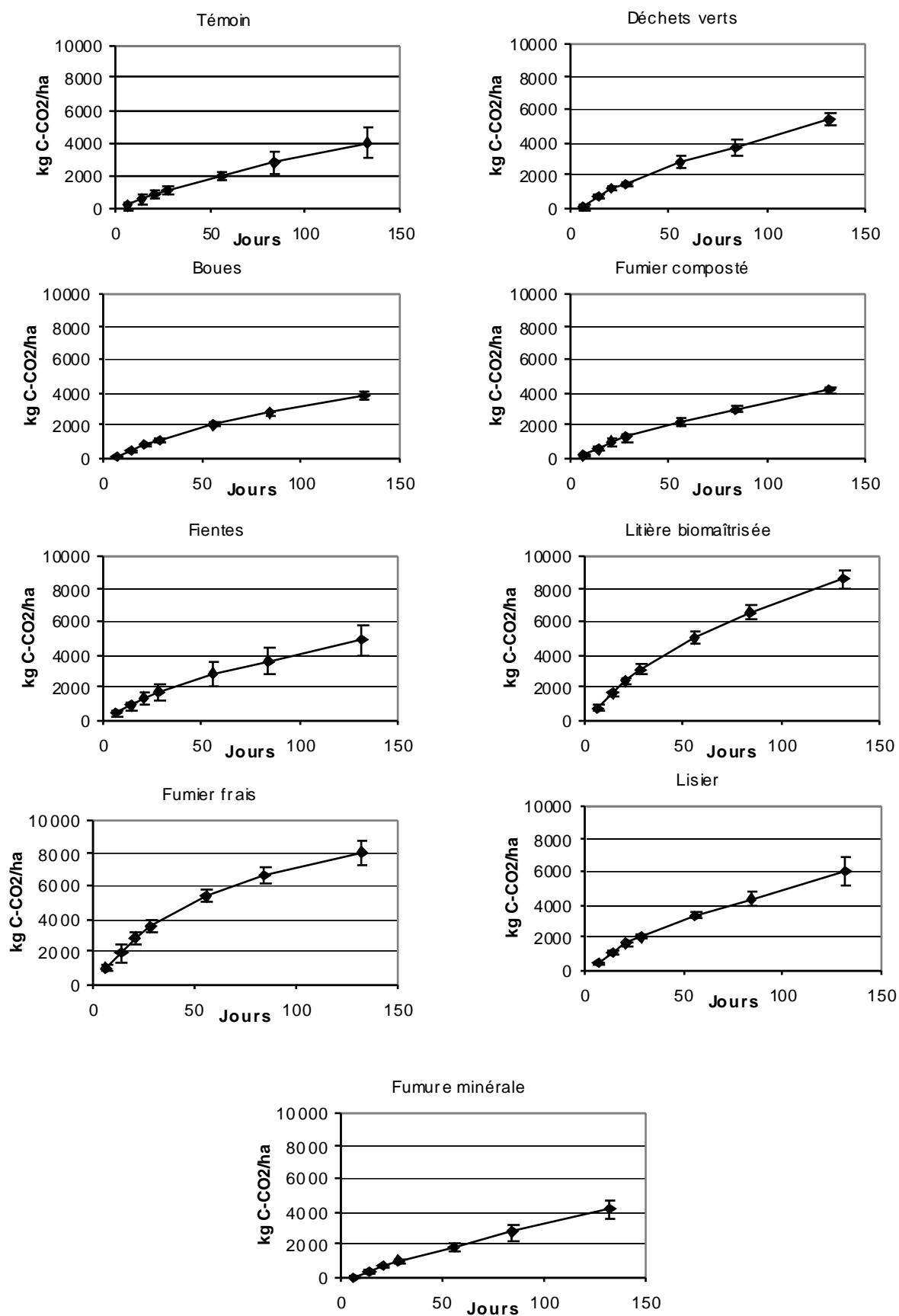
Cotation de chaque traitement, selon les coupes, suivant son rang sur l'échelle de 1 à 12 :

T	1	2	1	4	8
Nmin 50	3	4	5	3	15
BE	2	5	8	5	20
CDV	7	6	2	7	22
Nmin 100	6	10	6	2	24
F	9	3	3	10	25
Nmin 150	4	12	10	1	27
FC	5	8	4	11	28
FP	12	1	11	6	30
L	8	7	7	9	31
Nmin 200	10	11	12	8	41
LB	11	9	9	12	41

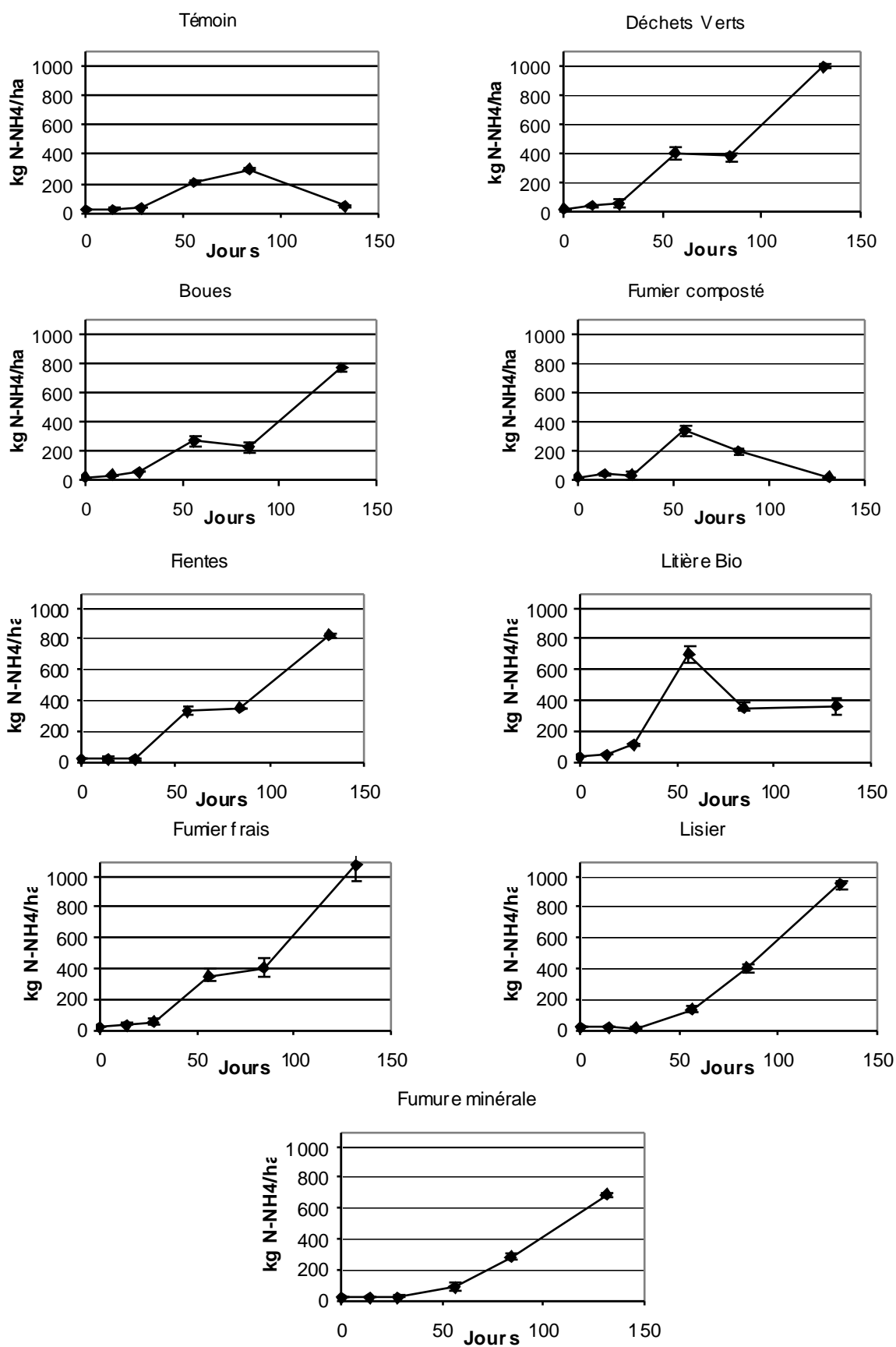
Commentaires.

- En ce qui concerne les rendements en VEMcs/ha, le lisier a gagné du terrain, grâce à ses bons rendements en MS/ha. Il est évident que c'est cet aspect-ci qui intéresse l'éleveur en premier lieu, et cela est normal. Il nous paraît malgré tout important de démontrer la qualité « réelle » d'un fourrage, parce qu'elle aussi entraînera à plus long terme des conséquences économiques dans l'exploitation. De ce point de vue, et en comparant ce dernier tableau au tableau résumant les trois valeurs « qualité » que nous avons inscrit en page 86 (§ 6.3.3), il semble évident que la qualité d'un fourrage récolté après fumure au compost de fumier est de meilleure qualité agronomique que celui récolté suite à la fumure au lisier.

ANNEXE 1 Respiration cumulée :



ANNEXE 2 Concentration en ammonium :



ANNEXE 3 Concentration en nitrates :

