



Programme BILAGREAU

Annexes



Octobre 2016

ANNEXE 1

**concernant
les vaches laitières**

Tableau n° 1a - Restitutions NPK organiques d'une vache laitière (6000 litres) selon son régime alimentaire (kg / mois)

Période de stabulation					Période de pâturage							
Régime		NPK maîtrisables (kg / mois)			Régime		NPK non maîtrisables (kg / mois)			NPK maîtrisables (kg / mois)		
Herbe	Maïs	N	P2O5	K2O	Pâture	Ensilage : herbe (H) ou maïs	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
100	-	6,9	3,2	9,2	100	-	9,5	3	3,8	1,3	0,5	2,4
75	25	6,4	3,2	8,3	50	H 50	3,6	1,2	4,5	4,9	2	8,3
50	50	5,9	3,2	7,5	25	H 75	3,4	1,2	3,8	4,7	2	7,2
25	75	5,5	3,2	6,5	50	M 50	3,1	1,2	3,8	4,4	2	7,1
-	100	5	3,2	5,6	25	M 75	2,7	1,2	2,9	3,9	2	5,4

Tableau n°1b - Exemples de restitutions N organique (kg N / VL) d'une vache laitière selon sa lactation et son régime alimentaire

	Système herbager : 6000 l / VL		Système herbe-maïs : 7500 l / VL		Système maïs dominant : 8500 l / VL	
HIVER (stabulation)	5 mois x 6,9	34,5	6 mois x 5,5	33,0	6 mois x 5	30,0
ETE nbre mois x (N pât + N stab)	2 mois x (3,6 + 4,9) = 7,2 + 9,8	17,0	3 mois x (3,1 + 4,4) = 9,3 + 13,2	22,5	2 mois x (3,1 + 4,4) = 6,2 + 8,8	15,0
	5 mois x (9,5 + 1,3) = 47,5 + 6,5	54,0	3 mois x (9,5 + 1,3) = 28,5 + 3,9	32,4	2 mois x (9,5 + 1,3) = 19 + 2,6	21,6
Total		105,5		87,9		79,8

Référence annuelle (6000 l)		105,5 (dont 54,7 pâture)		87,9 (dont 38 pâture)		79,8 (dont 25 pâture)
correction (+ 7kg N par 1000 l)	+ 0	105,5 (dont 54,7 pâture)	+ 7 x 1,5	98,4 (dont 41,7 pâture)	+ 7 x 2,5	97,3 (dont 27 pâture)
Chargement VL/ha SFP		0,75 UGB		0,85 UGB		1,00 UGB
Pression N / VL / ha SFP		79,1 kg N / ha		83,6 kg N / ha		97,3 kg N / ha
Pression P2O5 / VL / ha SFP		40 P2O5 / ha (dont 17,5 pâturage)		38 P2O5 / ha (dont 17 pâturage)		43 P2O5 / ha (dont 14 pâturage)

**Tableau n°2 - Systèmes fourragers et valeurs annuelles des restitutions totales NPK organiques
épandues au pâturage pour une vache laitière produisant 6 000 litres par lactation.**

Composition des systèmes fourragers				Rejets No	Rejets épanrables par VL		
	Pâture	Herbe	Maïs ens. (2)	bruts et (Npat)	Azote (3)	Phosphore (3)	Potasse
Herbe	jours	ares / VL	par VL	par VL	No et (Npat)	P2O5 et (Ppat)	K2O (Kpat)
(% SFP)	sans complément	base : 8-9 t MS/ha	base : 11-13 t MS/ha	(kg N/an)	(kg N/an)	(kg P2O5/an)	(kg K2O / an)
Systèmes Herbagers							
H 100	> 200	70 - 100	-	130 (70)	115 (70)	43 (22)	153 (101)
H 100	≥ 180	55 - 70	-	124 (61)	108 (61)	42 (19)	151 (92)
H 90	180	50 - 60	5 - 10	119 (58)	103 (58)	40 (18)	149 (83)
H 85	165	45 - 55	10 - 15	115 (56)	100 (56)	39 (18)	143 (76)
H 80	165	45 - 50	15 -20	112 (56)	98 (56)	38 (17)	139 (75)
Systèmes Herbe - maïs							
H 75	150	40 - 50	15 - 20	109 (50)	94 (50)	38 (17)	122 (69)
H 70	120	35 - 40	18 - 22	106 (47)	91 (47)	38 (15)	112 (55)
H 65	90	30 - 35	20 - 25	102 (42)	87 (42)	37 (14)	92 (42)
H 60	75	15 - 30	25 - 30	100 (35)	84 (35)	37 (12)	86 (35)
Systèmes Maïs							
H 50 (1)	60	20 - 25	30 - 35	94 (30)	78 (30)	37 (10)	81 (28)
H 40 (1)	60	15 -20	35 - 40	92 (20)	74 (20)	37 (7)	80 (28)
H ≤ 30	-	≤ 15	40 - 45	88 (12)	69 (12)	37 (4)	75 (20)
Maïs + Foin	-	-	40 - 50	86	65	37	72

1 - Dans les systèmes "Maïs", la référence est de 76 kg N/VL/an si l'enrubannage remplace le pâturage dans un régime mixte 50/50 avec le maïs

2 - L'ensilage de maïs est distribué l'hiver et en été, en transition ou après la période d'herbe "sans complément" (silo fermé)

3 - La correction est de 7 kg N et de 2 Kg P2O5 par 1000 litres de lait, en plus ou en moins de 6 000 litres)

Tableau n°3 - Relations entre système fourrager, qualité des séquences alimentaires et références N et P des rejets de la vache laitière (6 000 litres).

Système (H % SFP)	Pâturage seul (nombre de jours)	Quantité d'herbe ingérée au pâturage (kg MSI /an / VL)	Quantité d'ensilage (H ou M) ingérée en stabulation (kg MSI /an /VL)	Concentration moyenne du régime alimentaire annuel			Rejets par an et par VL	
				MAT	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
		(%o MSI)	(%o MSI)	(%o MSI)	(kg N/an)	(kg P ₂ O ₅ /an)		
herbager								
H100	>210	4 000	1 500 Herbe	175	28	8,8	114	43
H100	>180	3 800	1 800 H	172	27,5	8,74	108	42
H100	180	3 500	2 000 H	170	27	8,65	103	40
H90	180	3 500	2 000 H + M	160	25,6	8,1	103	39
H85	165	3 300	2 300 M > H	140	22,5	7,88	100	38
H80	165	3 200	2 400 M > H	135	22	7,3	98	38
herbe - maïs								
H75	150	3 200	2 500 Maïs	132	21,5	7,4	95	38
H70	120	3 000	2 800 M	128	21	6,95	91	38
H65	90	2 800	3 000 M	125	20,7	6,8	87	37
H60	75	2 300	3 500 M	122	19,3	6,4	83	37
maïs								
H50	60	1 800	4 000 Maïs	112	18	6	78	37
H40	60	1 500	4 500 M	106	17	5,8	74	37
H30	-	800	5 200 M	97	15,5	5	69	36
Maïs + Foin	-	500	5 500 M	89	14,2	4,85	65	35

Remarques :

1- La composition moyenne des aliments (matière sèche ingérée, MSI) figure dans les brochures CORPEN (1999 - 2001)

2- La place restreinte de l'herbe ou du foin dans les 2 derniers systèmes n'a pas d'influence sur la valeur des références correspondantes

**Tableau n°4 - Besoins en fourrage (kg MS) de la vache laitière en fonction du poids vif, de la lactation et du niveau de concentré
(Delaby L., INRA Rennes 2011)**

Lactation (l / an)	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000
Poids vif (kg)	600	600	620	620	640	640	660	660	680	680	700	700	700
Conc (g)													
200	5 274	5 551											
300	5 170	5 447	5 795	6 072									
400	5 066	5 343	5 691	5 968	6 317								
500	4 962	5 239	5 587	5 864	6 213	6 490							
600	4 858	5 135	5 483	5 760	6 109	6 386	6 734						
700	4 754	5 031	5 379	5 656	6 005	6 282	6 630						
800	4 650	4 927	5 275	5 552	5 901	6 178	6 526	6 803					
900		4 823	5 171	5 448	5 797	6 074	6 422	6 699					
1000			5 067	5 344	5 693	5 970	6 318	6 595	6 944				
1100				5 240	5 589	5 866	6 214	6 491	6 840	7 117			
1200					5 485	5 762	6 110	6 387	6 736	7 013	7 361		
1300						5 658	6 006	6 283	6 632	6 909	7 257	7 534	
1400							5 902	6 179	6 528	6 805	7 153	7 430	7 707
1500								6 075	6 424	6 701	7 049	7 326	7 603
1600								5 971	6 320	6 597	6 945	7 222	7 499
1700									6 216	6 493	6 841	7 118	7 395
1800									6 112	6 389	6 737	7 014	7 291
1900										6 285	6 633	6 910	7 187
2000										6 181	6 529	6 806	7 083

Qté MS Fourg = 570 + 0,554 * Lait + 3,57 * Poids - 1.04 * Qté Cc (kg brut)

Tableau n°5 a - Valeurs NPK organiques d'une vache laitière (6000 l/an) (INRA-CORPEN 2000-2011)
selon le régime alimentaire

	Pâturation	Rejets N bruts (dont N pat)	Rejets épanchables par VL		
			Azote	Phosphore	Potasse
Herbe	jours		N et (Npat)	P2O5 et (Ppat)	K2O et (Kpat)
(% SFP)	sans complément	(kg N/an)	(kg N/an)	(kg P2O5/an)	(kg K2O / an)
Systèmes	Herbagers				
H 100	> 210	130 (70)	115 (70)	43 (22)	153 (101)
H 100	≥ 180	124 (61)	108 (61)	42 (19)	151 (92)
H 90	180	119 (58)	103 (58)	40 (18)	149 (83)
H 85	165	115 (56)	100 (56)	39 (18)	143 (76)
H 80	165	112 (56)	98 (56)	38 (17)	139 (75)
Systèmes	Herbe - maïs				
H 75	150	109 (50)	94 (50)	38 (17)	122 (69)
H 70	120	106 (47)	91 (47)	38 (15)	112 (55)
H 65	90	102 (42)	87 (42)	37 (14)	92 (42)
H 60	75	100 (35)	84 (35)	37 (12)	86 (35)
Systèmes	Maïs				
H 50	60	94 (30)	78 (30)	37 (10)	81 (28)
H 40	60	92 (20)	74 (20)	37 (7)	80 (28)
H ≤ 30	-	88 (12)	69 (12)	37 (4)	75 (20)
Maïs + Foin	-	86	65	37	72

	Lactation (l)	<6000	6 à 8000	>8000
Pâturage				
< 4 mois	kg N / an	75	83	91
4 à 7 mois		92	101	111
> 7 mois		104	115	126
< 4 mois	kg P2O5 / an (*)	35	40	42
4 à 7 mois		37	42	46
> 7 mois		39	43	47
< 4 mois	kg K2O / an (*)	112	120	124
4 à 7 mois		125	130	135
> 7 mois		130	135	140

(*) les valeurs en italique ont été calculées en cohérence avec des valeurs "Azote" publiées ci-contre

Ces normes administratives ont été utilisées pour évaluer les pressions NPK organiques du module 1 du programme

- 1 - L'ensilage de maïs est distribué l'hiver et en été, en transition ou après la période d'herbe "sans complément" (silo fermé)
- 2 - La correction est de 7 kg N, de 2 Kg P2O5 et de 1,8 kg de K2O par 1000 litres de lait (en plus ou en moins de 6 000 litres)

Tableau n°6 - Exemples de systèmes fourragers laitiers : niveau de production, pression N/ha, et approche du bilan azoté

Système fourrager	Herbe % SFP	H 100			H 90	H88	H80	H 75	H73	H70	H 66	H62	H62	H 53	H51	H50
SAU	- ha	62	85	55	60	49	48	43	70	52	55	58	61	50	45	95
SFP	- ha	62	85	55	58	40	40	31	56	38	44	53	42	45	32	91
Vache laitière	VL / ha/SFP	0,55	0,60	0,75	0,94	0,68	0,75	1,20	0,85	1,30	0,95	1,12	0,93	1,33	1,10	1,10
UGB Totaux-charge	UGB/ha/SFP	1,20	1,20	1,40	1,43	1,15	1,40	1,68	1,56	1,71	1,55	1,86	1,93	1,90	1,72	1,65
Lactation	Litres	4300	4900	6000	6700	5800	7400	6100	8600	7300	6200	6700	7100	6500	7550	9800
Lait par hectare/SFP	Litres	2500	2910	3800	6200	4000	5600	8400	7300	9300	6000	7500	6300	8500	8000	8700
Aliment concentré	kg / VL	500	500	650	750	680	800	700	1015	1150	950	1230	950	1150	1500	1450
Azote minéral	kg /ha/SAU	30	0	0	45	55	55	70	60	65	96	85	105	108	105	126
Azote organique	kg /ha/SAU	102	109	139	131	98	112	118	113	122	115	146	110	138	95	130
	kg /ha/SFP	102	109	139	135	120	134	163	141	167	142	160	133	153	135	143
Azote rejets directs	ha PATures	68	72	85	94	73	97	128	111	108	126	116	120	140	125	110
Bilan CORPEN	kg /ha/SAU	0	0	13	30	25	10	35	56	26	22	45	38	61	33	70
Bilan apparent	kg /ha/SAU	35	44	60	55	42	45	106	115	100	80	116	102	117	75	105
(entrées-sorties)	kg /ha/SFP	35	44	60	62	68	72	136	152	145	118	127	135	139	120	135

Remarques : - Les excédents du bilan CORPEN sont très faibles en raison de la non prise en compte des reliquats et de la minéralisation (apports, pertes de N dénitrifié, et sorties gazeuses)

- La correction du bilan due à la fourniture du sol serait vraisemblablement comprise entre + 50 et + 150 kg N/ha SAU.

- Les excédents du bilan apparent sont moyens du fait de leur origine en exploitations encadrées. Les excédents dépassent 150 à 180 kg N/ha SAU dans les autres exploitations (Green Dairy, 2006)

- les rejets au pâturage par animal sont plus élevés en système herbe mais on remarquera ici que la pression finale est moins forte dans ces systèmes car les chargements sont plus faibles

ANNEXE 2

**concernant
les vaches allaitantes**

Tableau 1 - Restitutions NPK organiques des vaches allaitantes en fonction de la durée du pâturage

Format poids vif (kg)	AZOTE (kg N /an /animal)				PHOSPHORE (kg P2O5 /an /animal)				POTASSIUM (kg de K2O /an /animal)			
	600 / 650	650 / 700	> 700	si ensil herbe	600 / 650	650 / 700	> 750	si ensil.herbe	600 / 650	650 / 700	> 750	si ensil herbe
Foin / Maïs + 5 mois d'herbe	51 (35)	64 (43)	72 (50)	+ 6 / an	28 (11)	29 (12,5)	32 (16,5)	+ 3 /an	111 (66)	124 (75)	138 (85)	+ 0
" + 6 mois d'herbe	57 (42)	70 (52)	82 (60)	+ 5 / an	29 (12)	32 (17,5)	36 (20)	+ 2,5 /an	118 (79)	132 (90)	147 (102)	+ 0
" + 7 mois d'herbe	67 (50)	76 (59)	86 (70)	+ 4,5 / an	32 (16)	34 (20)	37 (23)	+ 2 /an	127 (92)	140 (105)	157 (119)	+ 0
" + 8 mois d'herbe	72 (56)	82 (68)	94 (80)	+ 4/ an	34 (18)	35 (22)	38 (26)	+ 1,5 /an	131 (105)	149 (121)	166 (30)	+ 0

Valeur entre parenthèses = N ou P2O5 ou K2O restitué au pâturage

Tableau 2 - Restitutions NPK organiques des génisses d'élevage des troupeaux allaitants

Format poids vif (kg)	AZOTE (kg N /an /animal)				PHOSPHORE (kg P2O5 /an /animal)				POTASSIUM (kg de K2O /an /animal)			
	600 / 650	650 / 700	> 700	si ensil herbe	600 / 650	650 / 700	> 750	si ensil.herbe	600 / 650	650 / 700	> 750	si ensil.herbe
Année 1 année (paturage)	27 (10)	27 (10)	27 (10)		8 (3,5)	8 (3,5)	8 (3,5)		38	38	38	
dont après sevrage / 4 mois	10	10	10		4,5	4,5	4,5		14	14	14	
Année 2												
foin hiver + 5 mois herbe	35 (20)	39 (23)	44 (26)	+ 4/ an	15 (6,5)	17,5 (7)	20 (8,5)	+ 1,5/ an	48	56	62	+ 6/ an
" + 6 " "	38 (25)	42 (25)	46 (30)	+ 3/ an	16 (8)	18 (9)	21 (10)	+ 1/ an	50	59	67	+ 4/ an
" + 7 " "	40 (28)	44 (32)	49 (36)	+ 3/ an	16,5 (9)	18 (11)	21 (12)	+ 1/ an	54	63	70	+ 4/ an
" + 8 " "	42 (32)	49 (37)	51 (40)	+ 2/ an	17 (10)	19 (12)	22 (13)	+ 0,7/ an	57	67	73	+ 3/ an
Année 3												
vélage : 30 - 33 mois : foin	17	19	21	+ 2/ an	10,5	11	12,5	+ 0,7/ an	27	30	34	+ 3/ an
" " : herbe	33	38	41	+ 2/ an	11	12	14	+ 0,7/ an	50	56	60	+ 3/ an
vélage : 36 mois												
foin + 5 mois herbe	50 (28)	53 (31)	56 (34)	+ 3/ an	23,5 (9)	25 (10)	27(11)	+ 1/ an	70	77	84	+ 4/ an
foin + 6 " "	53 (34)	56 (37)	61 (42)	+ 3/ an	23 (11)	25 (12)	27 (14)	+ 1/ an	73	82	89	+ 4/ an
foin + 7 " "	55 (39)	59 (45)	63 (47)	+ 2/ an	23 (12)	25 (14)	27 (15)	+ 0,8/ an	76	86	94	+ 3/ an
foin + 8 " "	58 (45)	63 (50)	67 (54)	+ 2/ an	23 (14)	25 (16)	28 (18)	+ 0,7/ an	80	91	99	+ 3/ an

Tableau 3 - Restitutions NPK organiques des animaux en élevage et en engraissement des troupeaux allaitants

Type d'animal et Séquences alimentaires (6 mois herbe/an)		No et (Npat) (k N g/an)			Po et (Ppat) (kg P ₂ O ₅ /an)			K ₂ O (kg de K ₂ O /an /animal)		
Mâles à l'engraissement - Format :		léger	moyen	lourd	léger	moyen	lourd	léger	moyen	lourd
Année 1	- année (pâturage)	27 (10)	27 (10)	27 (10)	8 (3,5)	8 (3,5)	8 (3,5)	38	38	38
	dont après sevrage (8-12 mois)	10	10	10	4,5	4,5	4,5	14	14	14
Année 2	13-24 mois	45 (24)	47 (25)	51 (26)	16 (8)	18 (9)	20 (10)	65	68	74
Année 3	25-28 mois (Maïs ou Herbe)	M:16-H:24	M:18-H:28	M:19-H:36	M:9-H:8	M:10-H:9	M:11-H:12	M:13-H:31	M:15-H:36	M:20-H:47
	25-30 mois (Maïs ou Herbe)	M:21-H:40	M:22-H:44	M:24-H:52	M:12-H:13	M:14-H:15	M:15-H:17	M:16-H:24	M:18-H:28	M:19-H:36
	25-33 mois (finition)	46 (30)	49 (33)	51 (34)	20 (10)	21 (11)	23 (12)	60	64	67
	25-36 mois (finition)	68 (45)	74 (48)	77 (48)	28 (15)	30 (16)	34 (18)	92	98	100
Génisses à l'engraissement - Format :		léger	moyen	lourd	léger	moyen	lourd	léger	moyen	lourd
Année 2	13-24 mois	42 (25)	44 (29)	49 (31)	16 (8,5)	17 (9,5)	18 (10)	60	65	70
Année 3	25-30 mois (Maïs ou Herbe)	M:21-H:35	M:22-H:45	M:24-H:48	M:12-H:11	M:13-H:14	M:15-H:16	M:22-H:46	M:24-H:50	M:26-H:55
	25-33 mois (finition)	41 (24)	46 (28)	49 (32))	16 (9)	18 (11)	20 (13)	52	62	63
	25-36 mois (finition)	61 (36)	64 (40)	68 (45)	27 (12)	28 (14)	30 (16)	75	92	96
Taurillons de race à viande (8-18 mois)		30	32	34	11	12	13	34	35	36
Taurillons de race laitière										
Année 1		21	21	21	14	14	14		24	
Année 2		23	23	23	14	14	14		22	
Vaches de réforme		Origine laitière	Origine allaitante		Origine laitière	Origine allaitante		Origine laitière	Origine allaitante	
	Durée d'engraissement	2 mois	3 mois		2 mois	3 mois		2 mois	3 mois	
	Régime : - ensilage maïs	11	16		4,5	9,5		12	16,5	
	- ensilage herbe	14	20		5,5	9,0		19	22	
	- pâturage	21	30		7,0	11,0		24	28	

**Tableau 4 - Comparaison des pressions organiques N
entre troupeaux Limousins et Charolais**

Exemples de terrain	TROUPEAUX LIMOUSINS			TROUPEAUX CHAROLAIS		
	Naisseur	Naisseur engraisseur	Naisseur engraisseur	Naisseur	Naisseur Engraisseur	Naisseur engraisseur
SAU	45	85	90	60	60	90
SFP	41	75	85	55	55	90
Prairies	37	55	77	55	42	73
Cultures	8	30	13	5	18	17
Chargement /ha SFP						
Vache mère	1,12	1,17	0,7	0,97	0,97	0,97
UGB totaux	1,8	2	1,3	1,5	1,8	1,8
Productions	Broutards, Vaches réformées	Broutards, Génisses, Vaches réformées	Broutards, Génisses, Vaches réformées	Broutards, Vaches réformées	Taurillons, Génisses, Vaches réformées	Taurillons, Génisses, Vaches réformées
Pression N organique						
kg N /ha SAU	138	142	120	143	179	170
kg N /ha SFP	155	161	128	147	195	170
kg N /ha pâturage	124	134	98	113	171	140

Tableau 5 - Références "Azote Organique" adaptées aux bovins du Danemark et des Pays-Bas

(Extraits de la publication C.E.E. 2000 sur les "Critères d'évaluation des effluents des animaux")

A - Bovins en croissance

	Petit format			Grand format		
	Age (ans)			Age (ans)		
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	0 - 1	1 - 2	2 - 3
Teneur en azote du régime						
Faible (2,0 %) *	18	31	35	34	41	47
Moyen (2,7 %)	24	43	48	32	57	64
Fort (3,4 %)	30	55	61	40	74	81

* 2,3 % pour animaux < 1 an

B - Vaches laitières

	Petit format			Grand format		
	Niveau de lactation(litres / an)			Niveau de lactation(litres / an)		
	4000	5000	6000	6000	7000	8000
Teneur en azote du régime						
Faible (2,4 %)	60	66	72	86	92	98
Moyen (2,8 %)	75	82	90	107	115	123
Fort (3,2 %)	89	98	108	128	137	147

C - Vaches allaitantes

	Petit format		Grand format	
	Niveau de lactation(litres / an)		Niveau de lactation(litres / an)	
	0	1000	0	2000
Teneur en azote du régime				
Faible (2,4 %)	44	50	61	73
Moyen (3,0 %)	55	63	77	94
Fort (3,6 %)	66	77	92	115

D - Comparaison des données danoises (2006) et françaises (CORPEN 2001) pour 3 types de race danoise et les 2 types Limousin et Charolais

Poids vif des adultes (kg)	450	650	650	Limousine - 600 Kg	Charolaise - 700 Kg
Ingestion MS / an	2600	2900	3900	4300	5300
Lactation (l)	1000	1500	2000	1600 maximum	2500 maximum
N % MSI / an	3	3	3	2,1 à 2,5	2,1 à 2,5
N ingéré / an	77	87	117	90 - 108	110 - 130
N excrété / an	70	85	104	82 - 98	95 - 115
N standard (kg / an)	63	76	94	75 - 88	85 - 104

* Kristenser & al.(2006) : évaluation des besoins alimentaires et bilan en azote des vaches laitières et allaitantes (Farm-N-Tool-2006)

ANNEXE 3

concernant

la fertilisation

**Tableau n° 1 - Besoins NPK des cultures plantes entières
rapportés au quintal ou à la tonne MS ou Verte.**

Cultures	kg par :	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		Kg	kg	kg
Blé tendre, Triticale	Q	2,80	0,90	1,30
Améliorant		3,60	0,70	1,40
Orge, Seigle, Avoine	Q	2,30	0,70	1,35
Maïs grain	Q	2,20	1,20	2,30
Maïs ensilage	TMS	12,5	4,20	12,0
Colza	Q	6,50	2,30	3,50
Tournesol	Q	4,50	1,50	1,80
Sorgho grain	Q	2,40	1,00	2,50
Soja	Q	(7,10)	1,25	2,00
Lupin	Q	(6,50)	0,90	1,50
Pois, Féverole, Haricot	Q	(4,00)	1,30	3,50
Betteraves sucrières	TF	3,2	1,00	3,50
Betteraves fourragères	TF	2,8	0,70	2,00
Crucifères fourragères	TMS	26,0	8,00	42,00
Lin graine	Q	4,50	1,80	1,00
Lin fibre	TMS	10,0	2,00	7,00
Chanvre	TMS	15,0	7,00	15,00
Choux automne	TF	4,60	1,90	6,90
Choux Hiver	TF	5,40	1,80	5,90
Haricot vert conserve	TF	(3,80)	1,30	3,50
Pois de conserve	TF	(4,50)	0,80	4,00
Pomme de terre Consom.	TF	3,80	1,20	4,20
Pomme de terre Fécule	TF	4,50	1,40	5,50

Q = quintal - TMS = tonne de matière sèche - TF = tonne de matière verte

() = fixation symbiotique brute (nette = - 20%)

Ces besoins des plantes entières ont été calculées à partir des résultats de 2010 à 2015 publiés par Arvalis , Idele, Comifer et Inra, et repris par les GREN en 2012-2014.

. Le poids des pailles, fanes, résidus, a été pris en accord avec les rendements moyens de la culture.

Tableau n° 2 - Exportations NPK des plantes entières à la récolte rapportées au quintal ou à la tonne MS ou Verte.

Cultures	kg par :	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg	kg	kg
Blé tendre, Triticale	Q	2,20	0,75	1,20
Orge, Seigle, Avoine	Q	2,20	0,70	1,20
Maïs grain	Q	2,20	1,20	0,85
Maïs ensilage	TMS	11,5	4,00	12,0
Colza	Q	6	1,65	2,50
Tournesol	Q	4,50	1,50	2,80
Sorgho grain	Q	2,00	1,40	0,80
Soja	Q	(7,10)	1,20	1,80
Lupin	Q	(6,50)	1,15	2,30
Pois, Féverole, Haricot	Q	(4,00)	1,50	3,00
Betteraves sucrières	TF	1,5	0,85	2,00
Betteraves fourragères	TF	2,0	0,83	3,00
Crucifères fourragères	TMS	26,0	8,00	35,0
Lin graine	Q	6,00	1,70	1,50
Lin fibre	TMS	5,60	2,00	7,00
Chanvre	TMS	12,00	7,00	15,00
Choux automne	TF	4,60	1,50	3,60
Choux Hiver	TF	5,40	1,30	4,20
Haricot vert conserve	TF	(3,80)	1,10	3,50
Pois de conserve	TF	(4,50)	1,20	4,00
Pomme de terre Consom.	TF	3,50	1,00	3,90
Pomme de terre Fécule	TF	4,30	1,30	5,10

Q = quintal - TMS = tonne de matière sèche - TF = tonne de matière fraîche

() = fixation symbiotique brute (nette = - 20%)

Ces données ont été calculées à partir des résultats publiés par Arvalis en 2010 et consultables dans la revue Perspectives Agricoles n°365 de Février 2010 et sur le site du Comifer 2011-2013.. Le poids des pailles, fanes, résidus, a été pris en accord avec les rendements moyens de la culture.

Tableau n°3 - Besoins NPK à l'exportation des prairies et associations

unité : kg / tonne MS		N	P2O5	K2O
Prairies permanentes				
	- exploitées précocement	22	7	35
	- ensilées	18	6	30
	- fanées	13	6	25
Prairies temporaires ou longue durée				
	- pâture 3 - 4 semaines	28	8,0	45
	4 - 5 semaines	24	7,0	40
	- ensilage début épiaison	20	7,0	35
	fin épiaison	15	6,0	25
	- foin début épiaison	20	6,5	25
	- tardif	13	6,0	20
Prairies d'association				
graminées + trèfle blanc (25 - 30 % MS)				
	- pâture 4 semaines	32	8	45
	5 semaines	28	7	40
	6 semaines	25	6	36
	- ensilage du cycle 1	28	7	40
	- foin	20	5	30
graminées + trèfle violet (30 - 40 % MS)				
	- ensilage du cycle 1 et 2	28	7	45
	- pâturage des repousses	25	7	40
graminées + luzerne (40 - 50 % MS)				
	- ensilage du premier cycle	30	6	35
	- foin	24	5	30
	- récolte des cycles 3 et 4	22	5	35
Fertilisation de la prairie (onglet Ferti-Prairie)				
	Rotation de 4 semaines	30	8	45
	Rotation de 5 semaines	25	7	40
	Ensilage + 3 cycles de pâturage	25	7	40
	Foin précoce + 3 cycles de pâturage	20	6	30
	Foin tardif + 2-3 cycles de pâturage	15	5	20

**Tableau n°4 : Minéralisation de l'azote (kg N /ha) sous prairies
selon le type de sol, les conditions de végétation et les fertilisations antérieur**

Sol et végétation en période d'été	Sol peu profond et pousse faible		Sol 40 à 60 cm et pousse moyenne		Sol profond et pousse forte	
	2 / 5 ans	> 5 ans	2 / 5 ans	> 5 ans	2 / 5 ans	> 5 ans
Fertilisation faible et pâturage extensif	40	60	60	80	80	100
Fertilisation 100-150 kg N/ha et charge au pâturage 1,5-2 UGB/ha	60	80	90	110	110	140
Fertilisation > 150-200 kg N/ha et pâturage intensif de 2-4 UGB/ha	80	100	120	130	150	190

Tableau n° 5 - Fixation symbiotique de l'azote par le trèfle blanc

Taux de Trèfle blanc (% MS totale)	Production de MS par l'association Gramminées - Trèfle blanc (tonne MS/ha)				
	6	7	8	9	10
20%	25	30	35	40	45
20 - 30 %	42	52	60	67	74
35 - 40 %	65	77	88	100	110
> 40 %	80	94	107	120	130

Tableau n° 6 - Arrière-effets des apports organiques antérieurs (kg N/ha)

Type d'effluents	Dose / ha l'année "n"	Arrière-effet (kg N /ha)		
		Année n+ 2 ans	Année n+ 3 ans	Année n+ 4 ans
Fumiers	> 30 T	50	35	20
	< 30 T	35	25	10
Composts	> 20 T	30	20	10
	< 20 T	20	15	5
Lisiers	> 40 m3	25	15	0
	< 40 m3	15	10	0

Tableau n° 7 - Arrière-effets du retournement des prairies (Mhp) (kg N/ha)

Retournement de printemps	Rang de la culture à fertiliser après prairies			
	1 an	2 ans	3 ans	4 ans
Age de la prairie				
5 à 10 ans	120	35	0	0
4 à 5 ans	100	25	0	0
3 à 4 ans	60	0	0	0
inférieur à 3 ans	20	0	0	0

Retournement de fin d'été	Rang de la culture à fertiliser après prairies			
	1 an	2 ans	3 ans	4 ans
Age de la prairie				
5 à 10 ans	60	0	0	0
4 à 5 ans	50	0	0	0
3 à 4 ans	30	0	0	0
inférieur à 3 ans	10	0	0	0

Tableau n°8 - Arrière-effets des résidus des cultures précédentes (Mr)

		N	P2O5	K2O
Céréales	- pailles enfouies	- 20	+ 15	+ 35
	- pailles récoltées	0	0	0
Maïs-grain cannes enfouies		- 15	30	80
Colza, betteraves		25	25	120
Tournesol		-10	20	100
Pommes de terre		20	15	100
Légumineuses fourragères		30	20	60
Fanes de protéagineux (foin)		20	30	60
Fanes de haricots et pois (cons.)		20	15	60
Cultures pièges à nitrates (MrCi)	< 3,0 t MS/ha	20	10	30
	> 3,0 t MS/ha	30	15	35

Tableau n° 9 - Minéralisation de la matière organique du sol (Mh) en fonction des systèmes de cultures et des prairies (kg N/ha)

Cultures à fertiliser	Systèmes de cultures et de prairies			
	Maïs-Céréales	Prairies < 65 % SFP, + Maïs	Prairies > 65 % SFP, + Maïs	Système avec légumes
Céréales	60	70	80	70
Mais	80	90	110	100
Colza	50	55	60	50
Autres	70	70	80	90

**Tableau n°10 - Disponibilité de l'azote organique épandu
dans l'année et les années suivantes**

Type de fertilisants	Année 1	Année 2	Années 3 à 5+
Fumiers de bovins	25	35	20+
Fumiers de porcs	40	30	30
Fientes de volailles	70	20	10
Lisier de bovins	40	30	30
Lisier de porcs	60	20	20
Lisier de volailles	75	20	5
Compost fumier bovins	15	20	20 +
Compost fumier porcs	20	20	20 +

Remarque : les doses+ sont à utilisées sur les années 4 à 5

Tableau n° 11 - Légumineuses Fourragères, Protéagineux et Tourteaux

	Production matière sèche	Matière azotée totale (MAT)	Azote	Poids équivalent à 1 kg de tourteau soja (valeur azote)
Luzerne et Trèfles	<i>t MS / ha</i>	<i>kg MAT / ha</i>	<i>kg N / ha</i>	<i>kg</i>
Luzerne	10 - 12	2200 - 2300	330 / 350	1,80
Trèfle violet	10	1800 / 2000	300 / 310	2,00
Autres Trèfles	6 - 7	1600 / 1900	280 / 300	1,50
Association Prairiales	<i>t MS / ha</i>	<i>kg MAT / ha</i>	<i>kg N / ha</i>	
Graminées + trèfle blanc	8 - 10	2000/ 2500	320 /380	
Graminées + trèfle violet	8 - 10	1800/ 2300	300 / 320	
Graminées + luzerne	10 - 12	3000 / 3500	480 / 550	
Protéagineux	<i>q / ha</i>	<i>kg MAT / ha</i>	<i>kg N / ha</i>	<i>kg</i>
Pois protéagineux (q/ha)	40	960	155	1,60
Féverole d'hiver	45	1350	220	1,30
Lupin blanc	35	1350	220	1,05
Lupin bleu	35	1200	190	1,15
Soja	40	1580	250	1,00
Tourteaux Métropolitains		<i>kg N / tonne</i>		<i>kg</i>
Tourteau de colza, fermier ou non		380		1,10
Tourteau de tournesol décortiqué		373		1,10
Tourteau de tournesol non décortiqué ou tanné		312		1,30
Tourteau de lin déshuilé		359		1,10
Tourteau de lin expeller		342		1,15

Approche des Bilans à la parcelle ou pour l'exploitation.

1 – Le bilan agronomique classique

Apports annuels

- A 1 - Azote minéral acheté
- A 2 - Azote organique du troupeau
- A 3 - Azote organique importé
- A 4 - Azote fixé par les légumineuses
- A 5 - Azote des CIPAN enfouis (25 à 50 kg/ha)
- A 6 - N atmosphérique (15 à 40 kg / ha)
- A 7- N reliquats selon rotation
 - fin été : 0- 50 à 400 kg / ha
 - fin hiver : 0- 25 à 250 kg / ha
- A 8 - N arrière-effets (20 à 80 kg / ha)
- A 9 - N minéralisé (25 à 150 kg / ha)

Exportations annuelles

- B 1- Azote de grains et pailles produits
- B 2 - Azote des ensilages et foin récoltés
- B 3 - Azote des prairies pâturées
- B 4 - Azote extrait par les CIPAN (40 à 60 kg/ha)
- B 5 - Azote organique exporté
- B 6 - N volatilisé des sols (N₂+ NO_x) (15 à 50)
- B 7 - N dénitrifié (15 à 60 kg / ha)
- B 8 - N réorganisé / stocké (20-80+)
- B 9 - N excédent potentiel à lessiver**

Ce bilan est effectué en calculant la totalité des apports et des exportations par poste, additionnés et ramenés à l'hectare de SAU. Le bilan « Bascule » apparenté à celui-ci, se réalise parcelle par parcelle mais le bilan final ne tient compte que des parcelles excédentaires générant le risque « nitrates » (de A6-9 / B6-8 : données probables dans l'Ouest, à tester en réseau : projet GP5).

2 – Le bilan apparent ou bilan des minéraux

Entrées annuelles	Sorties annuelles
A 1 – N engrais minéral utilisé	B 1 - Azote des grains et pailles vendues
A 2 - N organique importé	B 2 - Azote des fourrages vendus
A 3 - N fixé par les légumineuses	B 3 - Azote du lait et viande vendus
A 4 - N des animaux achetés	B 4 - Azote organique exporté
A 5 - N des fourrages + concentrés achetés	B 5 - Solde = divers flux additionnés

On admet que le solde apparent B5 (A1-5 – B1-4) représente les flux N (air, sol, eaux) sources d'éléments polluants. L'exploitation serait une boîte noire ; ce solde est à préciser par le calcul des pressions NPK organiques/ha, les reliquats et la qualité du recyclage NP pratiqué sur l'exploitation.

3 – La balance globale azotée (bga)

Entrées annuelles	Sorties annuelles
A1 – Azote organique de l'exploitation	B1 - Exportations azote des cultures
A2 - Azote organique importé	B2 - Azote organique exporté
A3 - Azote des engrais minéraux achetés	B3 - Exportations azote des prairies
A4 - Azote symbiotique des légumineuses	B4 - Azote de fourrages exportés
A5 - Azote du reliquat N-sol fin hiver (analyses)	B5 - Solde N (air, sols, eaux)

On trouve encore un solde global et difficile à interpréter, si l'on ne fait pas le calcul des pressions N réelles par ha, cultures et prairies : une moyenne grossière sur la seule SAU peut cacher des ilots en excédents. Cette balance globale Azote peut encore être améliorée (N CIPAN, N atmosphérique et N reliquat dû au système de cultures+prairies).