

*FERTILISATION AZOTÉE ET PRODUCTIVITÉ
DES PRAIRIES : UNE AFFAIRE DE
PRÉVISION. APPLICATION À QUELQUES
TYPES DE PRAIRIES PERMANENTES
DU NORD-EST*

LA PRISE EN COMPTE DES RELATIONS ENTRE CERTAINS PARAMÈTRES CLIMATIQUES ET LA PRODUCTION FOURRAGÈRE AU COURS DE L'EXPLOITATION DES RÉSULTATS expérimentaux sur la fertilisation azotée de quelques prairies permanentes de l'Est de la France a permis de préciser les chances d'une bonne valorisation de l'engrais apporté et de définir, avec un certain niveau de risque climatique, les possibilités de chargement de ces prairies.

Rappelons que la comparaison des résultats expérimentaux pluri-annuels de production fourragère dans un milieu donné est toujours une opération délicate, car soumise à l'interaction entre le climat, les techniques d'exploitation (stade et rythme) et le niveau d'alimentation en éléments fertilisants (en particulier l'azote), sans oublier les effets spécifiques dus à la présence des animaux et/ou des engins de récolte.

A PARTIR D'ESSAIS « PETITES PARCELLES »

En l'absence de résultats issus d'expérimentations avec animaux au pâturage, les références utilisées dans cet article proviennent d'une série d'essais « petites parcelles » conduits par l'I.T.C.F. en collaboration avec l'I.N.R.A., le C.E.P.E. et les organismes de développement *, de 1970 à 1975, sur une dizaine de prairies permanentes françaises.

Tous ces essais exploités à la motofaucheuse, avaient pour but de tester l'intérêt de différentes doses d'engrais azoté sur la production fourragère des prairies permanentes ; les plus complets de ces essais comportaient trois modes d'exploitation, définis par le stade d'exploitation du 1^{er} cycle et le rythme d'exploitation des repousses (tableau I).

TABLEAU I
TRAITEMENTS EXPÉRIMENTAUX DES ESSAIS UTILISÉS

	STADE D'EXPLOITAT. DU 1 ^{ER} CYCLE	RYTHME D'EXPLOITAT. DES REPOUSSES
"Pâturage continu"	Départ en végétat.	4 semaines au print. 6 semaines en été
"Pâturage - foin - pâturage"	Départ en végétat.	6 semaines
"Ensil. continu"	Epiaison des graminées précoces	8 semaines

DOSES D'AZOTE (unités/ha)	AU DEPART VEGET. ET APRES CHAQUE COUPE	DOSES TOTALES ANNUELLES
"Pâturage continu" (5 coupes)	0-20-40-60-80	0-120-240-360-480
"Pâturage-foin- pâturage" (4 coupes)	0-25-50-75-100	0-125-250-375-500
"Ensil. continu" (3 coupes)	0-30-60-90-120	0-120-240-360-480

La méthode utilisée et les principales conclusions de cet article sont issues des travaux réalisés dans le cadre de la préparation du *Forum des Fourrages de l'Est* qui s'est tenu à Nancy en février 1984.

Les deux essais retenus sont situés dans les régions naturelles du *Plateau Lorrain* et du *Bassigny*, deux zones d'élevage où les prairies permanentes représentent encore l'essentiel des surfaces fourragères.

Ils sont caractérisés par des flores relativement différentes (tableau II), toutes deux développées sur des sols profonds, le premier à tendance hydromorphe, le second plus riche en calcaire et nettement plus sain.

A noter que si la prairie de l'essai du Plateau Lorrain peut être considérée comme assez représentative, celle du Bassigny est plus favorable que celles du reste de la région où l'on rencontre aussi beaucoup de parcelles humides.

*Climat, fertilisation,
rendement et*

TABLEAU II
PRÉSENTATION SOMMAIRE DES LIEUX D'ESSAIS RETENUS

	MANONCOURT/SEILLE (Plateau Lorrain) (54)	MALROY (Bassigny) (52)
Années	1971 à 1975	1971 à 1975
Type de sol	Limon-argileux-calcaire	Argilo-calcaire profond
Espèces dominantes	Graminées (agrostis, pâturins, fétuque rouge)	Trèfle blanc, ray-grass anglais et pâturins

LA CROISSANCE DE L'HERBE AU PRINTEMPS DÉPEND SURTOUT DE LA TEMPÉRATURE, MAIS AUSSI DE L'ALIMENTATION EN AZOTE

Les travaux récents de l'I.N.R.A. (G. LEMAIRE et J. SALETTE) puis de l'I.T.C.F. (J.L. RAPHALEN) ayant permis de proposer un modèle de prévision de la croissance de l'herbe au cours du 1^{er} cycle en fonction des sommes de température, nous avons traduit les résultats obtenus dans ces essais sous la même forme, en essayant d'apprécier l'incidence de la fertilisation azotée.

Ces résultats ne doivent pas être considérés en valeur absolue, mais plutôt en valeur relative, car la simplicité des modèles ne reflète pas strictement la réalité de la croissance de l'herbe.

Malgré le faible nombre de données disponibles, il apparaît clairement que la croissance est fonction du niveau de fertilisation (tableau III).

TABLEAU III
RELATIONS ENTRE LA CROISSANCE DE L'HERBE DE 1^{er} CYCLE ET LES SOMMES DE TEMPÉRATURE, SUIVANT LE NIVEAU DE FERTILISATION AZOTÉE

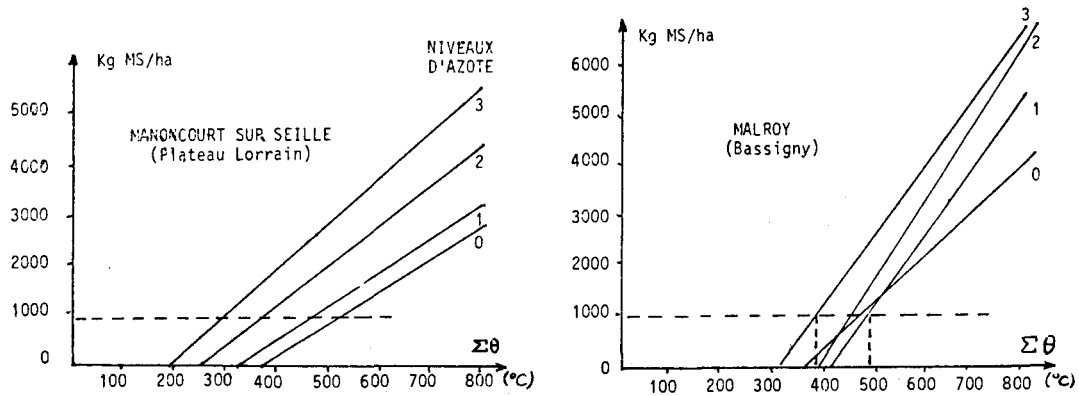
Niveau	DOSE D'AZOTE (unités/ha)		MANONCOURT SUR SEILLE (Plateau Lorrain)		MALROY (Bassigny)	
	Sur le 1 ^{er} cycle *	Sur 1 ^{er} année	Equation (n=8)	Coeff. de corrélation	Equation (n=8)	Coeff. de corrélation
0	0	0	$y = 6,4 (x - 372)$	$r = 0,79$	$y = 10,1 (x - 390)$	$r = 0,95$
1	20 à 30	120	$y = 6,5 (x - 315)$	$r = 0,82$	$y = 14,4 (x - 422)$	$r = 0,97$
2	40 à 60	240	$y = 7,9 (x - 250)$	$r = 0,80$	$y = 16,4 (x - 396)$	$r = 0,97$
3	80 à 120	480	$y = 8,9 (x - 186)$	$r = 0,74$	$y = 14,4 (x - 322)$	$r = 0,94$

* Valeurs : minimales : dose pour les coupes "pâturage"
maximales : dose pour les coupes "ensilage"

y = rendement du 1^{er} cycle (kg MS/ha)

x = somme des températures moyennes journalières positives cumulées depuis le 1^{er} février (en %)

FIGURE 1
INCIDENCE DE LA FUMURE AZOTÉE SUR LE RENDEMENT
DU 1^{er} CYCLE



Dans le cas de la prairie du Plateau Lorrain par exemple, la vitesse de croissance passe de 6 kg de M.S. par ha et par degré-jour sur des prairies non fertilisées à près de 9 kg sur des prairies recevant 100 unités d'azote à la sortie de l'hiver (figure 1) ; parallèlement la précocité de départ en végétation, exprimée par la somme de température nécessaire pour atteindre un niveau de rendement « minimum », 1 t M.S./ha par exemple, est nettement améliorée par la dose d'azote apportée.

Sur la prairie du Bassigny, on gagne pratiquement 100 °C en passant du niveau 0 au niveau 3.

Il est intéressant de noter que, dans le cas de cet essai, on observe des vitesses de croissance très élevées, 14 à 16 kg M.S./ha/degré-jour, supérieures à celles qui ont été obtenues sur des fétuques élevées ou des ray-grass d'Italie dans la région.

Il faut remarquer toutefois que les différentes doses d'azote apportées sur le 1^{er} cycle correspondent à autant d'apports annuels différents et qu'il peut donc y avoir un effet de report d'une coupe sur l'autre et même un effet cumulatif d'une année sur l'autre.

EN ÉTÉ, LE DÉFICIT HYDRIQUE JOUE SUR LE RENDEMENT EN INTERACTION AVEC LA FUMURE AZOTÉE

Les mêmes essais ont été utilisés pour proposer des modèles de production estivale, permettant de relier la croissance à un indice de satisfaction des besoins en eau de la prairie, à l'image des travaux de M. ROBELIN (I.N.R.A.).

Le calcul de cet indice, défini par le rapport :

$$\frac{\text{Somme des E.T.R.}}{\text{Somme des E.T.M.}}$$

*Climat, fertilisation
rendement e.
prévision du chargement*

dans la période considérée, nécessite la prise en compte de l'E.T.R. qui fait elle même appel à une estimation de la Réserve du sol (R.U.) et de sa partie dite « Facilement Utilisable » (R.F.U.).

Pour le détail du calcul, le lecteur pourra se reporter au *Recueil des communications du Forum des Fourrages de l'Est*.

En prenant en compte l'ensemble des coupes estivales, c'est-à-dire la production disponible entre le 1^{er} juin et le 20 septembre, nous disposons d'une vingtaine de données par essai (tableau IV).

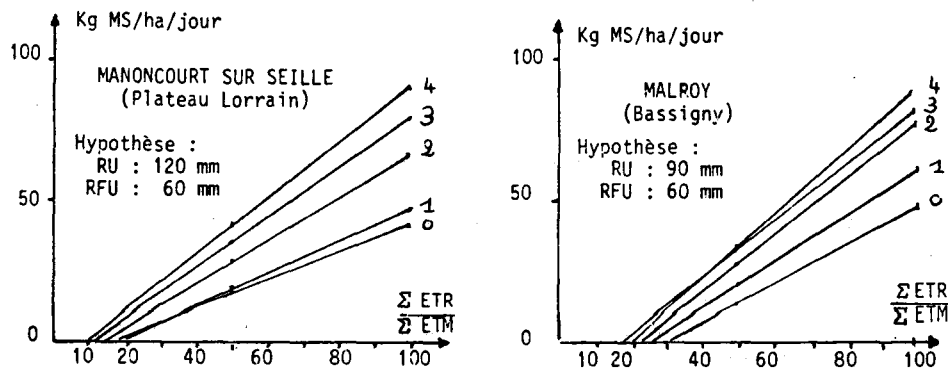
TABLEAU IV
RELATIONS ENTRE LA VITESSE DE CROISSANCE DE L'HERBE ET L'INDICE DE SATISFACTION DES BESOINS EN EAU SUIVANT LE NIVEAU DE FERTILISATION AZOTÉE

Niveau	DOSE D'AZOTE (unités/ha)		MANONCOURT SUR SEILLE (Plateau Lorrain)		MALROY (Bassigny)	
	Sur l'été 1/06 au 20/09	Sur l'année	Equation (n=21)	Coeff. de corrélation	Equation (n=23)	Coeff. de corrélation
0	0	0	$y = 0,50 x - 7,2$	$r = 0,69$	$y = 0,73 x - 21,3$	$r = 0,84$
1	60	120	$y = 0,60 x - 10,2$	$r = 0,82$	$y = 0,73 x - 16,3$	$r = 0,88$
2	120	240	$y = 0,80 x - 9,8$	$r = 0,84$	$y = 0,98 x - 21,1$	$r = 0,90$
3	180	360	$y = 0,93 x - 10,1$	$r = 0,82$	$y = 1,05 x - 19,5$	$r = 0,87$
4	240	480	$y = 0,99 x - 9,2$	$r = 0,83$	$y = 1,14 x - 22,2$	$r = 0,87$

y = vitesse de croissance (kg MS/ha/jour)
x = indice de satisfaction des besoins en eau (en %)

La comparaison des différents niveaux de fumure azotée permet de confirmer que l'effet de l'azote sur la vitesse de croissance estivale de l'herbe est fonction de l'indice de satisfaction des besoins en eau : plus cet indice est élevé, c'est-à-dire plus le déficit est faible, plus la productivité de l'engrais apporté est élevée (figure 2).

FIGURE 2
EFFETS DU DÉFICIT HYDRIQUE ET DE LA DOSE D'AZOTE SUR LA VITESSE DE CROISSANCE DES REPOUSSES ESTIVALES DE LA PRAIRIE



Le comportement des deux prairies semble davantage se différencier par le niveau du déficit qui annule la croissance que par la vitesse de croissance par point de déficit : 0,9 à 1,1 kg M.S./ha/jour dans la gamme des doses élevées d'azote ; cela est peut-être dû aux hypothèses initiales (R.U., R.F.U...). Des travaux complémentaires sont actuellement en cours à l'I.T.C.F. et devraient déboucher courant 1985.

Il apparaît qu'en été la dose optimale d'azote est plus faible à Malroy (50 unités/ha/coupe) qu'à Manoncourt (80 unités/ha/coupe).

L'ANALYSE FRÉQUENTIELLE CLIMATIQUE PERMET DE PRÉVOIR LES PRODUCTIONS FOURRAGÈRES ET ANIMALES

L'application a été faite aux données de la Station Météorologique de Nancy-Éssey, disponibles sur 30 ans ; les modèles utilisables sont relatifs à la prairie de Manoncourt, censée représenter la région de Nancy.

— *Au début du printemps*, par exemple, la date d'obtention du rendement 1 t M.S./ha se situera au 15 avril, 1 année sur 2, sur des parcelles ayant reçu 50 unités à la sortie de l'hiver ; on perdra presque 3 semaines avec une prairie ne recevant pas d'azote (tableau V).

TABLEAU V
EFFET DE LA DOSE D'AZOTE SUR LE DÉPART
EN VÉGÉTATION DE LA PRAIRIE
(Plateau Lorrain - Région de Nancy)

Dose d'azote apportée en fin d'hiver (unités/ha)	0	25	50	100
Sommes de températures depuis le 1 ^{er} février	525	470	375	300
Date d'obtention d'un rendement de 1 t M.S./ha 1 année sur 2	2 mai	26 avril	15 avril	6 avril

De la même façon on pourra prévoir les chances d'obtenir un certain niveau de rendement en ensilage ou en foin précoce puisque le modèle du 1^{er} cycle a été obtenu avec des données allant jusqu'au stade épiaison des graminées précoces (20-25 mai).

— *En été*, cette démarche présente un grand intérêt pour prévoir les niveaux de chargement au pâturage.

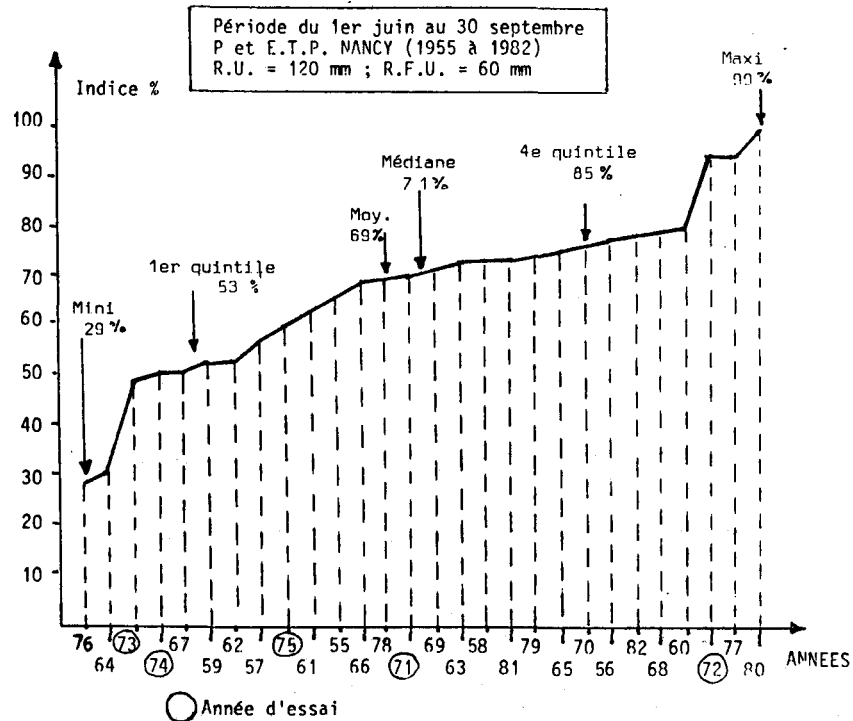
A partir des vitesses de croissance possibles selon les trois niveaux de fertilisation azotée qui sont rappelés au tableau VI, deux exemples ont été traités sur la base de l'analyse fréquentielle de l'indice de satisfaction des besoins en eau (figure 3).

Cet indice a varié de 30 à 100 % au cours de la série climatique étudiée ; le classement des années d'essai montre d'ailleurs qu'elles ont été dans l'ensemble plutôt sèches.

TABLEAU VI
EFFET DE LA DOSE D'AZOTE SUR LA VITESSE
DE CROISSANCE ESTIVALE DE L'HERBE
(Plateau Lorrain - Région de Nancy)

Dose d'azote apportée en été (unités/ha)	0	60	120
Vitesse de croissance (kg M.S./ha/j)			
1 année sur 2	28	32	47
8 années sur 10	19	22	33

FIGURE 3
ANALYSE FRÉQUENTIELLE DE L'INDICE DE SATISFACTION
DES BESOINS EN EAU
(en %)



● *Application au chargement de la prairie par des vaches laitières*

La prévision du niveau de chargement est possible en fixant la quantité d'herbe à offrir par animal et par jour sur cette période sans compromettre les performances individuelles. La « norme » de 13 kg M.S./j a été retenue pour des animaux pesant 600 à 650 kg après vélage d'automne.

Le tableau VII indique l'évolution du chargement estival en fonction de deux niveaux de fumure azotée, avec deux niveaux de risque climatique.

Sur les parcelles ne recevant pas d'azote, le chargement possible est faible, il faut en effet allouer 77 ares/V.L. pour éviter 8 années sur 10, des chutes de production laitière. Avec une fumure azotée de 240 unités par ha par an, dont la moitié sur la saison estivale, nous sommes amenés, en prenant le même risque climatique, à proposer des chargements de 2,3 V.L./ha, soit environ 43 ares/V.L.

TABLEAU VII
CHARGEMENT ESTIVAL DE LA PRAIRIE PERMANENTE
SUIVANT DEUX NIVEAUX DE RISQUE CLIMATIQUE
(en V.L./ha, à Manoncourt-sur-Seille)

PERIODE	NIVEAU DE RISQUE LIE AU CLIMAT			
	1 ANNEE SUR 2		8 ANNEES SUR 10	
	Sans fumure azotée	Avec fumure annuelle de 240 unités	Sans fumure azotée	Avec fumure annuelle de 240 unités
du 1/06 au 30/06	2,7	4,4	1,5	2,5
du 1/07 au 10/08	1,7	2,9	1,4	2,4
du 11/08 au 20/09	2,2	3,7	1,3	2,3

• *Application à l'estimation du poids de broulard en fin d'été*

Ce second exemple s'applique encore à la prairie de Manoncourt et permet d'illustrer l'intérêt de raisonner conjointement chargement et fertilisation azotée.

Les hypothèses retenues sont consignées en annexe et les résultats de l'étude présentés à la figure 4.

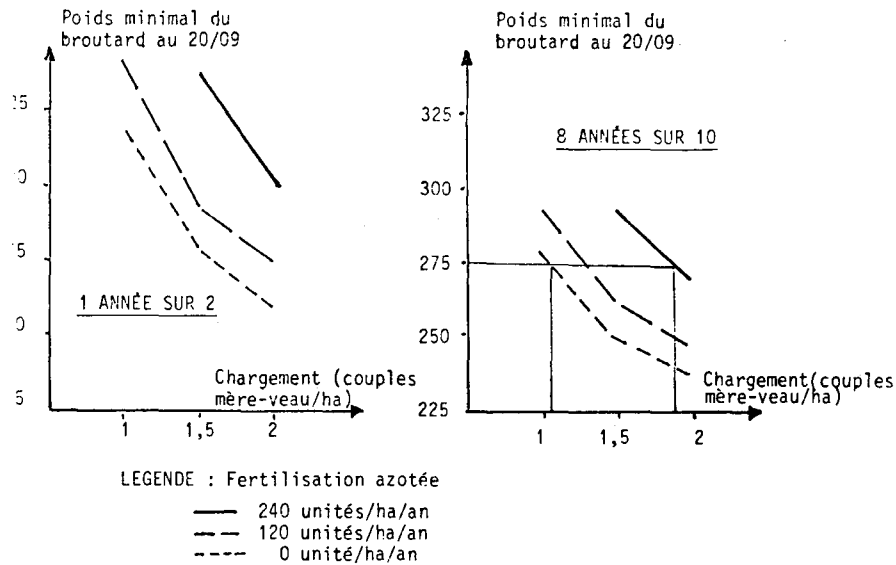
On peut en faire l'interprétation suivante : un poids minimal de broulard de 275 kg au 20 septembre sera obtenu 8 années sur 10 :

— soit avec un chargement estival de 1,1 couple mère-veau sur des prairies non fertilisées ; on disposera alors d'une production de 300 kg/ha de poids vif ;

— soit avec un chargement de 1,8 couple sur des prairies recevant 240 unités d'azote/ha/an, dont 120 en été. La production de viande sera alors de près de 500 kg/ha.

Les courbes montrent aussi que les gains de poids sont nettement plus intéressants quand on passe de 120 à 240 unités/ha/an que de 0 à 120 unités.

FIGURE 4
INFLUENCE DU CHARGEMENT ET DE LA DOSE D'AZOTE
SUR LE POIDS D'UN BROUTARD AU 20 SEPTEMBRE
SUIVANT DEUX NIVEAUX DE RISQUE CLIMATIQUE



CONCLUSION

Les résultats présentés dans cet article sont sujets à discussion et ne doivent pas être considérés comme définitifs.

En effet, ils sont obtenus à partir d'essais réalisés en petites parcelles, sur des types de prairies bien définis. De plus, les fumures azotées correspondent à des doses régulièrement réparties sur l'année, ce qui rend délicate la distinction entre le premier cycle et les repousses estivales. Par ailleurs, aucun modèle de prévision n'a été proposé pour les repousses de printemps. Enfin, pour utiliser ces modèles dans la prévision des chargements au pâturage, il faut faire appel à des hypothèses zootechniques, dont certaines restent encore à confirmer, comme la quantité d'herbe à offrir par type d'animal.

A l'heure actuelle, la valeur d'extrapolation de ces modèles est donc limitée aux prairies du Nord-Est développées sur les mêmes types de sol.

Des essais en conditions réelles d'exploitation (de pâturage, d'ensilage...) prenant en compte les effets du chargement, des restitutions, du piétinement et des engins de récolte devraient permettre d'établir, sur quelques types de prairies, des lois de passage avec les essais petites parcelles.

Plus que les résultats eux-mêmes, c'est la démarche de cette présentation qu'il faut retenir. D'abord parce qu'elle est complémentaire d'autres

méthodes d'approche, comme les observations en exploitation. Ensuite parce qu'elle permet d'exploiter des résultats expérimentaux en terme de fréquence de réalisation, et de les utiliser dans la prévision des systèmes fourragers.

Raisonnée à partir de cette méthode, la fertilisation azotée devient alors un outil de pilotage et de sécurité par rapport au risque climatique.

B. GAILLARD,

Station I.T.C.F. de La Jaillière (Loire Atlantique).

LISTE DE MOTS-CLÉS

Chargement animal, courbe de croissance, donnée climatique, eau du sol, fertilisation azotée, fourrage, Lorraine, prairie permanente, prévision, productivité, vitesse de croissance.

ANNEXE

HYPOTHÈSES RETENUES DANS L'ESTIMATION DU POIDS DE BROUTARD EN FIN D'ÉTÉ (données de la Station Expérimentale I.T.C.F. - S.U.A.C.I. de Jeu-les-Bois dans l'Indre).

Animaux de race: Charolaise Vaches multipares, de poids vif moyen au 1er juin: 630 kg Naissance des veaux: 20 février Poids vif des veaux au 1er juin: 140 kg Ces poids sont supposés constants d'une année à l'autre, les animaux disposant au printemps d'une quantité d'herbe non limitante.
Définition du chargement : $\text{Nbre de couples mère-veau/ha} = \frac{\text{vitesse de croissance de l'herbe (kg M.S./ha/jour)}}{\text{quantité d'herbe offerte par couple (ka M.S./jour)}}$
Relations entre le gain de poids du couple mère-veau et la quantité d'herbe offerte : $G. M.Q. \text{ mère (g/j)} = 14,29 x + 1119$ $G. M.Q. \text{ veau (g/j)} = 7,67 x + 435$ $x = \text{quantité d'herbe offerte au couple en g M.S. par kg de poids métabolique}$ $\text{Poids métabolique} = (\text{poids vif})^{0,75}$

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARNAUD R., DE MONTARD F.X. et NIQUEUX M. (1983) : « Essais de fertilisation minérale sur pâturage et sur prairie de fauche en montagne volcanique du Massif Central Humide », *Fourrages* n° 93.
- BOUTRUCHE M. (1982) : « La fertilisation azotée des prairies », *recueil des communications du Forum des Fourrages de l'Ouest*.
- CHAMBRE RÉGIONALE D'AGRICULTURE DE LORRAINE (1981) : *Fiche Technique Atout Vert*.
- DAGET-BERTOLETTI L. (1975) : *Prairies permanentes. Évolution de la contribution des catégories fourragères en fonction de la fumure azotée*, Compte rendu d'expérimentation I.T.C.F.
- GAILLARD B. (1984) : « Influence de quelques facteurs climatiques sur la croissance de l'herbe des prairies du Nord-Est de la France », *recueil des communications du Forum des Fourrages de l'Est à Nancy*.
- GAILLARD B. (1984) : « La fertilisation azotée des prairies », *recueil des communications du Forum des Fourrages de l'Est à Nancy*.
- GAILLARD B., de VAUBERNIER E. et BLANCHARD G. (1984) : *Ressources fourragères de l'Est*, références de production E.N.S.A.I.A.-I.N.R.A.-I.T.C.F.
- HARDY A. (1977) : « Les vaches laitières au pâturage », *Perspectives Agricoles*, n° 5.
- HARDY A. (1983) : « L'intensification fourragère en zone charolaise », *recueil des communications du Forum des Fourrages Bovins-Viande*, 71-76.
- JAMAGNE M., BETREMIEUX R., BEGON J.C. et MORI A. (1977) : « Quelques données sur la variabilité dans le milieu naturel de la réserve en eau des sols », *B.T.I.*, n° 324-325, 627-641.
- LEMAIRE G et RAPHALEN J.L. (1982) : « La production des prairies et les facteurs climatiques », *C.R. du Forum des Fourrages de l'Ouest*, 32, 39.
- LEMAIRE G. et SALETTE J. (1981) : « Conséquences du rythme de croissance de l'herbe sur la conduite du pâturage au printemps. Possibilités de prévision », *Fourrages* n° 85, 23-38.
- LEMAIRE G. et SALETTE J. (1983) : « Influence de la fertilisation azotée. Dossier Pâturage et Ensilage », *Cultivar* n° 159.
- MÉTÉOROLOGIE NATIONALE, Service Inter-régional Nord-Est : *Données climatiques de base*.
- de MONTARD F.X. (1981) : « L'action des facteurs climatiques sur la croissance de l'herbe. Exemple d'une prairie à « *Agrostis tenuis* » et à « *Poa pratensis* » des Monts d'Auvergne », *Fourrages* n° 85, 39-52.
- PELLETIER P. (1983) : « Étude de l'influence des facteurs climatiques sur la croissance de l'herbe pâturée dans la situation de Jeu-les-Bois », *recueil des communications du Forum des Fourrages Bovins-Viande*, 77-92.
- PLANCQUAERT Ph. (1974) : *Prairie permanente. Production fourragère en fonction de trois modes d'exploitation et de 4 niveaux de fumure azotée*, compte rendu d'expérimentation I.T.C.F.

- PLANCQUAERT Ph. (1977) : *Prairie permanente : Effet de la fumure azotée (doses, répartition) selon trois modes d'utilisation*, document I.T.C.F.
- PUECH J., MARTY J.R. et MAERTENS G. (1979) : « Efficience de l'eau consommée par divers végétaux et application à la valorisation de l'irrigation », *B.T.I. n° 306*, 41-53.
- RAPHALEN J.L. (1981) : « Production du ray-grass d'Italie semé en automne au cours du premier cycle du printemps suivant. Influence des conditions climatiques », *Fourrages n° 85*, 53-58.
- SOCIÉTÉ COMMERCIALE DES POTASSES ET DE L'AZOTE (1978 à 1982) : *Rapports annuels des essais de fertilisation*.
- SERVICE RÉGIONAL DE STATISTIQUE AGRICOLE LORRAINE-ALSACE (1983) : *Enquête sur les superficies herbagères*.
- TURC L. (1967) : « Incidence des facteurs macro-climatiques sur les productions végétales », *Fourrages n° 31*, 10-35.
- VAN KEULEN H., SELIGMAN N.G. et BENJAMIN R.W. (1981) : « Simulation of water use and herbage growth in arid regions », *Agricultural Systems*, 6, 159-193.
- WHITE D.H., BOWNAN P.J., MORLEY F.H.W., MA MANUS W.R. et FILAN S.J. (1983) : « A simulation model of a Breeding Ewe Flock », *Agricultural Systems*, 10, 149-189.
- ZIEGLER D. (1984) : *Guide pratique de la fertilisation des prairies*, brochure I.T.C.F.