

synthèse des résultats et conclusions

Gilles LEMAIRE
Station d'Ecophysiologie
des Plantes Fourragères
INRA - 86600 Lusignan

L'analyse séparée des différents essais du réseau a permis de comparer les différentes années étudiées entre elles au moyen des deux modèles : $MS\ b$ ($\Sigma\theta - a$) et $N\ exp = 10\ \alpha\ (MS)$. Dans chaque situation il a été possible de caractériser le niveau de production réel de la prairie au moyen de 2 paramètres : la précocité de croissance a' exprimée en degrés x jours depuis le 1er janvier et la vitesse de croissance b exprimée en kg de MS/ha/degré x jour. Ce niveau de production potentiel est obtenu avec une nutrition azotée non limitante. L'importance du déficit de nutrition azotée a pu être déterminée dans chaque situation en précisant si le déficit est intervenu plutôt en début de croissance (valeur de $10\ \alpha$ faible) ou plutôt en fin de croissance (valeur de $1-\beta$ faible). Dans la plupart des situations une bonne cohérence entre les 2 modèles a été trouvée.

Dans cette analyse, les modèles ont été utilisés comme outils de diagnostic a posteriori du mode de fonctionnement de la prairie. Cet aspect est très important pour pouvoir interpréter correctement les résultats expérimentaux observés. Cependant la pertinence et la précision du diagnostic reposent sur la validité des modèles utilisés dans une large gamme de situations. Il est donc important de comparer les lieux d'essais entre eux afin de tester la généralisation des modèles de croissance utilisés.

comparaison des vitesses de croissance potentielles "b"

Lorsque le niveau de nutrition azotée s'est avéré non limitant ou sub-optimum on peut comparer les vitesses de croissance b en kg de MS/ha/degré x jour obtenues sur les différentes prairies :

<i>fétuque élevée (cv Clarine)</i>		
* Lusignan (5 années)	11,4	kg/ha/degré x jour
* Le Robillard (4 années)	11,2	"
<i>prairies permanentes</i>		
* Le Pin (5 années)	10,5	"
* L'Oisellerie (2 années)	11,5	"
* Hesloup (3 années)	7,5	"
<i>ray grass anglais</i>		
* cv Vigor, St Lô (2 années)	10,9	"
* cv Préférence, Vire (2 années)	11,5	"
<i>brôme</i>		
* cv Bellegarde, Le Rheu (3 années)	10,1	"

On constate que, à l'exception de la prairie permanente de *Hesloup* (Orne) l'ensemble des prairies étudiées ont une vitesse potentielle de croissance assez voisine comprise entre 10 et 11,5 kg de MS/ha/degé x jours . Il faut également noter que la vitesse de croissance légèrement plus faible du *brôme* de *Bellegarde* peut être imputée à un léger déficit de nutrition azotée en fin de croissance.

Pour la prairie permanente de *Hesloup* (61) nous avons la certitude que la nutrition azotée n'était pas limitante : la vitesse de croissance significativement plus faible que celle des autres prairies permanentes étudiées (*Le Pin* et *L'Oisellerie*) peut être attribuée à la flore, composée en grande partie d'espèces à faible développement, dont la sénescence en fin de croissance provoque un ralentissement dans l'élaboration de la matière sèche. Ce type de prairie semble donc moins bien valoriser les apports d'azote en système d'exploitation tardive au printemps.

Il est remarquable de constater qu'*en situation de nutrition azotée non limitante il n'existe pratiquement pas de différences notables de vitesse de croissance entre peuplements prairiaux d'espèces très différentes.*

L'année 1983, à pluviométrie excessive, s'est caractérisée par une diminution importante de la vitesse de croissance du "*ray grass anglais*" à *St Lô* et à *Vire* : 7,1 et 5,6 kg de MS/ha/degé x jour au lieu de 11 kg en conditions optimum. Cette chute de croissance s'explique par une diminution de la disponibilité en azote malgré des apports de 120 kg/ha, en relation avec l'excès d'eau dans le profil.

comparaison des précocités de croissance

La précocité de croissance des différentes prairies étudiées, définie par la somme de températures cumulées depuis le 1er janvier (a'), apparaît beaucoup moins stable entre années et entre lieux que les vitesses de croissance.

Dans les études faites sur *fétuque élevée* à *Lusignan*, nous avons déjà montré la plus grande variabilité de ce paramètre entre année dans le même lieu et sur la même prairie. Nous avons montré que cette précocité de croissance pouvait être influencée par les conditions de croissance de la fin d'automne (température et nutrition azotée) qui déterminent le tallage hivernal. Ainsi à *Lusignan* il nous est apparu nécessaire de cumuler les températures depuis la date de dernière coupe d'automne. Dans les essais réalisés nous nous sommes contentés d'un cumul des températures depuis le 1er janvier seulement. On peut comparer, dans les diverses situations, la variabilité de la précocité de croissance entre années lorsqu'elle est exprimée en nombre de jours à celle obtenue par les sommes de température.

écart maximum de précocité de croissance entre années

	exprimé en degés x jours	exprimé en jours
◇ <i>fétuque élevée</i> cv clarine, Le Robillard	73 ≈ 10 jours à 7°C	20
◇ <i>prairies permanentes</i> Le Pin	48 ≈ 7 jours à 7°C	30
Oisellerie	6 ≈ 1 jour à 7°C	8
Hesloup	94 ≈ 13 jours à 7°C	0
◇ <i>ray grass anglais</i> cv vigor, St Lô	231 ≈ 33 jours à 7°C	21
cv préférence, Vire	285 ≈ 40 jours à 7°C	50
◇ <i>brôme</i> cv bellegarde, Le Rheu	60 ≈ 9 jours à 7°C	23

Dans un certain nombre de situations : *Le Robillard, Le Pin, L'Oisellerie et Le Rheu* l'expression de la précocité de croissance par la somme de température depuis le premier janvier permet de réduire notablement les écarts entre années. Dans ces situations la prévision de la date d'obtention de 1,5 tonnes de matière sèche peut être faite à moins de 10 jours d'écart. Par contre dans d'autres situations l'utilisation des sommes de températures n'apporte pas de précisions supplémentaires et s'avère même parfois moins précise.

La variabilité des conditions de nutrition azotée sur le *ray grass anglais* à *St Lô* et à *Vire* est en grande partie responsable de la variation de précocité de croissance. Il apparaît donc que malgré un apport de 120 Kg d'azote réalisé à 200 degrés x jours après le 1er janvier, la nutrition azotée s'est révélée déficitaire dans un grand nombre de cas sur le *ray grass anglais*. Cette déficience de nutrition azotée en fin d'hiver s'est traduite par un retard de croissance. Cette constatation pose le problème crucial de la date d'apport de l'azote. Dans les essais sur *fétuque élevée*, tant à *Luzignan* qu'au *Robillard*, un apport d'azote de 60 Kg était effectué systématiquement après la dernière coupe d'automne. Nous avons pu montrer que l'azote apporté ainsi fin octobre était rapidement prélevé et servait principalement à augmenter le tallage hivernal. Dans ces conditions la prairie se retrouve en fin d'hiver avec un stock d'azote emmagasiné dans les jeunes talles, les plantes se trouvent donc dans une situation de nutrition azotée moins soumises aux aléas de fourniture d'azote par le sol lors du départ en croissance au début du printemps. Ainsi les apports d'azote très précoces deviennent moins indispensables et peuvent sans grands inconvénients être retardés pour "accompagner" la croissance de la prairie sans avoir à la "devancer".

Il serait donc tout à fait prématuré de tirer des conclusions quant aux différences de comportement entre la *fétuque élevée* et le *ray grass anglais* puisque la conduite de la fumure azotée n'a pas été identique sur ces deux espèces. Ces résultats semblent par contre confirmer les observations faites à *Lusignan*, à savoir que la nutrition azotée de fin d'automne conditionne en grande partie la nutrition azotée en début de repousse en fin d'hiver. De plus, une interprétation correcte des croissances obtenues au printemps nécessite la prise en compte du niveau réel de nutrition azotée de la prairie dès le démarrage de la végétation. Le niveau de nutrition azotée en début de printemps peut être estimé par la valeur du coefficient 10α . On remarque pour ces deux situations sur *ray grass anglais* à *Vire* et à *St Lô* une relation très étroite entre la valeur de 10α qui représente la quantité d'azote qui a été utilisée pour l'élaboration de la 1ère tonne de matière sèche et la précocité de croissance a' (*figure 1*).

intérêt d'études fréquentielles des températures

La grande variabilité inter-annuelle des températures hivernales et printanières, dans un même lieu, conduit à des différences très importantes de la précocité et de la vitesse de croissance des prairies. Ces deux paramètres sont pourtant les éléments clés de tout planning fourrager dans un système d'élevage.

La précocité de croissance a' peut-être assimilée à la date possible pour la mise à l'herbe. Dans ce contexte toute étude d'analyse fréquentielle de la température prend une valeur pratique particulièrement intéressante. Un exemple de ce type d'analyse a été étudié avec la Météorologie Nationale (D.PAYEN) et est représenté sur la figure 2. Ainsi huit années sur dix sur une *fétuque élevée* tardive la mise à l'herbe peut avoir lieu à partir du 15 mars, 1er avril, 10 avril, 13 avril et 20 avril respectivement à Paris, Rennes, Poitiers, Caen et Alençon. Des analyses de ce type devraient être effectuées régionalement en prenant en compte la variabilité climatique entre petites régions.

conclusions générales

Le réseau expérimental mis en place et suivi pendant plusieurs années sur différentes prairies, outre l'élaboration de références locales concernant chaque situation particulière, a mis en évidence l'intérêt d'une interprétation intégrée des résultats obtenus par l'intermédiaire de deux modèles :

figure 1 - relation entre la somme de température nécessaire pour obtenir 1,5 tonne de MS/ha ($\Sigma\theta 1,5$) et la quantité d'azote prélevée pour produire 1 tonne de MS/ha (10α) pour le ray grass anglais recevant 120 Kg d'azoteau printemps .
à St Lô (50) : cv. Vigor ; à Vire (14) : cv Préférence

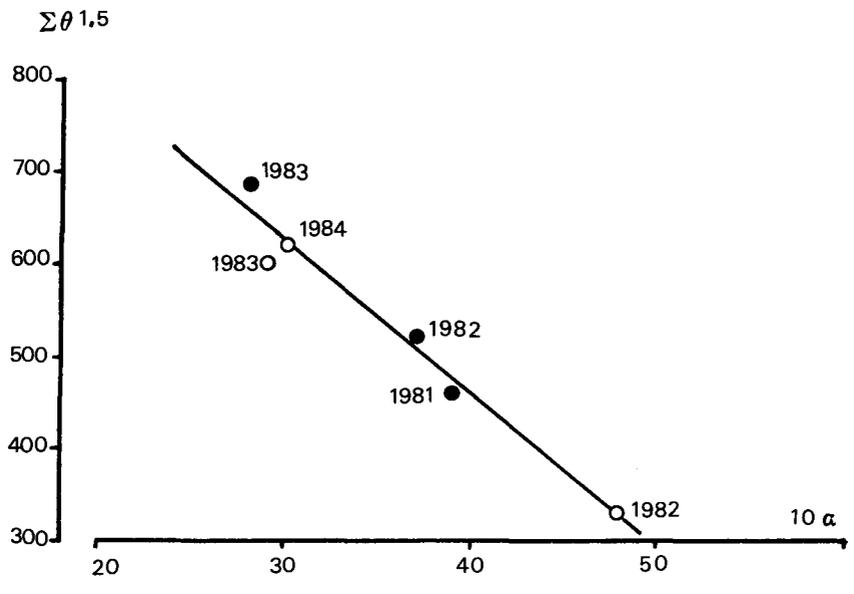
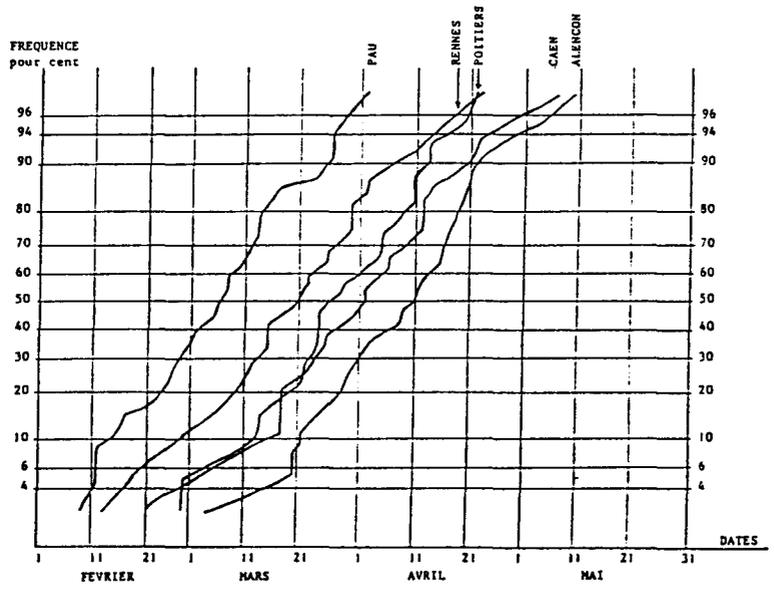


figure 2 - calendriers de fréquences de "mise à l'herbe possible" (production de 1,5 t de MS/ha) pour une prairie de Fétuque élevée (cv. Ludelle) en 5 lieux (Pau, Rennes, Poitiers, Caen et Alençon)



L'un $[MS = b(\sum \theta - a)]$ qui permet de décrire l'accumulation de la matière sèche en fonction des sommes de température et qui rend compte ainsi de l'effet direct du climat sur la croissance des plantes, l'autre $[N_{exp} = 10\alpha MS^{1-\beta}]$ qui permet de décrire les prélèvements d'azote par la prairie en fonction de sa propre dynamique de croissance en matière sèche et qui rend ainsi compte de la disponibilité réelle en azote dans le milieu. L'utilisation conjointe de ces deux outils de diagnostic permet de distinguer les situations où la disponibilité de l'azote a été le facteur limitant de celles où seules les températures ont limité la croissance de l'herbe. La distinction sans ambiguïté possible entre ces deux situations est de la plus grande importance puisque dans le premier cas il y a possibilité d'agir sur la croissance par un meilleur ajustement de la fumure azotée alors que dans le deuxième cas il s'agit d'une limitation physique imposée par le climat.

Bien entendu, l'information apportée pour l'utilisateur intervient "**après coup**"; il s'agit d'un constat sans grande valeur prévisionnelle tant que la prévision du climat et de ces incidences sur la minéralisation de l'azote des sols ne pourra se faire à moyen terme. Cependant des études fréquentielles peuvent permettre l'utilisation de ces modèles dans le cadre de prévisions statistiques. Enfin le diagnostic systématique effectué dans des situations très diverses peut mettre en évidence des constantes de comportements qui peuvent ensuite être reliées à des caractéristiques précises des sols (texture, pH, excès d'eau, niveau P et K) et des prairies (mode de conduite, niveau antérieur d'intensification, âge de la prairie, etc...).

Bien entendu l'exemple développé ici ne concerne que la **croissance de printemps** pour laquelle le facteur climatique essentiel est la température. Un travail analogue peut être entrepris pour la croissance estivale, période pour laquelle le facteur limitant sera la "sécheresse". La démarche devra être la même bien que plus complexe, étant donné la difficulté à caractériser de manière simple l'alimentation hydrique d'une prairie *in situ*, et l'importance des interactions avec la nutrition minérale. Des travaux sont en cours de publication sur le sujet et pourront donner lieu, dans un avenir assez proche, à l'élaboration d'outils de diagnostic similaires à ceux développés ici.

bibliographie

LEMAIRE G., SALETTE J., 1981. *Analyse de l'influence de la température sur la croissance de printemps de graminées fourragères*. CR Acad. Sc. Paris, 292, 843-846.

SALETTE J., LEMAIER G., 1981. *Sur la variation de la teneur en azote de graminées fourragères pendant leur croissance : formulation d'une loi de dilution* CR Acad. Sc. Paris, 292, 875-878.

PAYEN D., LEMAIER G., SALETTE J., 1982. *Variabilité du régime thermique en climat océanique et précocité de croissance de la prairie en fin d'hiver*. CR. Acad. Agric. Fr., 9, 689-699.

LEMAIRE G., SALETTE J., LAISSUS R., 1982. *Analyse de la croissance d'une prairie naturelle normande au printemps. I. La production et sa variabilité*. Fourrages, 91, 3-16.

SALETTE J., LEMAIER G., LAISSUS R., 1982. *Analyse de la croissance d'une prairie naturelle normande au printemps. II. Dynamique d'absorption et efficience de l'azote*. Fourrages, 92, 51-65.

SALETTE J., 1983. *La fumure azotée accélère la croissance : mais il faut savoir la manier. Réponses à 25 questions ; l'Elevage Bovin, février 1983, 125, 69-73.*

LEMAIRE G., 1983. *Conditions climatiques et pousse de l'herbe*. Cultivar, mars 1983, dossier "pâturage et ensilage", exploitation de l'herbe, 159, VI-VII.

LEMAIRE G., SALETTE J., 1983. *Influence de la fertilisation azotée*. Cultivar, mars 1983, dossier "pâturage et ensilage, exploitation de l'herbe", 159, IV-V.

LEMAIRE G., 1983. *Herbe : exploitation d'automne et conséquences au printemps*. Cultivar, sept. 1983, 164, 131-133.

LEMAIRE G., SALETTE J., 1984. *Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effet du milieu*. Agronomie, 4 (5), 423-440.

LEMAIRE G., SALETTE J., 1984. *Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. II. Etude de la variabilité entre génotypes*. Agronomie, 4 (5), 431-436.