

*EXPRESSIONS EMPIRIQUES DE LA
SENSIBILITÉ DES ESPÈCES DANS
UNE PRAIRIE PERMANENTE
SOUMISE A DES TRAITEMENTS
COMPORTANT DIVERS NIVEAUX*

UNE EXPERIENCE DESTINEE A COMPARER LES EFFETS DES DIVERSES MODALITES D'UN TRAITEMENT EST RELATIVEMENT FACILE A INTERPRETER LORSQU'ELLE PORTE SUR une céréale ou une prairie artificielle ; les traitements ne portent que sur une seule année et sur une seule espèce. Dans le cas des prairies permanentes, l'interprétation d'un essai est nettement plus délicate ; en effet, l'expérience doit durer plusieurs années, et elle porte simultanément sur un nombre d'espèces assez élevé. Certes, certaines méthodes statistiques permettent d'analyser l'évolution de la masse globale d'herbe produite dans le temps et sous l'action des divers traitements ; mais ce n'est pas suffisant, il faut aussi examiner l'évolution de la constitution de la végétation, car, à quoi servirait d'augmenter la production totale d'herbe si, par ailleurs, on perd sur la valeur nutritive du produit ? Or la réaction d'une espèce à un traitement donné, si elle est soumise aux aléas climatiques, dépend aussi de la réaction de toutes les autres espèces ; elles sont toutes solidaires les unes des autres.

Il en résulte que, lors d'une interprétation, on se trouve en face d'un ensemble de résultats disparates et dont la synthèse est difficile. Certes, des méthodes statistiques globales très élaborées peuvent aider à résoudre une partie de ces difficultés, mais elles ne permettent pas de répondre aisément à une question en apparence très facile, comme : « Quel est l'ordre de sensibilité des espèces à l'azote ? » par exemple.

Nous proposons ici un procédé empirique permettant de pallier cette difficulté et de répondre à des questions du type de celle qui vient d'être formulée. L'exposé en sera présenté à partir d'exemples concrets.

Données expérimentales

Un protocole appliqué à une prairie permanente de la Mayenne (1) comportait, notamment, des apports de 0, 160 et 240 unités d'azote à l'hectare ; ceci selon un dispositif factoriel en deux blocs (DAGET-BER-TOLETTI, 1969). Les recouvrements des espèces dans les diverses parcelles ont été mesurés deux fois par an, au début du printemps et au début de l'été, pendant cinq ans (à l'aide de la méthode du double-mètre (DAGET et POISSONET, 1971), appliquée sur 33 points).

La prairie soumise à l'expérience comportait 34 espèces dont 15 seulement sont des espèces productrices (chacune d'elle constitue au moins 1 % de la végétation). La réaction de ces 15 espèces productrices aux traitements appliqués a été testée, après chaque série d'observations donc deux fois par an, par des analyses de variance (2) ; les résultats se présentent donc sous la forme de 10 séries de 15 analyses (2 par an, pendant 5 ans sur 15 espèces).

Synthèse préliminaire des résultats

Une expression synthétique très simplifiée des résultats de chaque série d'analyses pour chaque espèce consiste à indiquer sous quelle modalité du traitement se situe le recouvrement le plus élevé, avec le degré de signification de l'effet testé. Dans la pratique, ce degré de signification est indiqué à l'aide d'astérisques :

- un astérisque, si l'effet est significatif (au seuil 5 %) ;
- deux astérisques, s'il est hautement significatif (au seuil 1 %) ;
- trois astérisques, s'il est encore plus significatif, au seuil 1 ‰.

Le *tableau I* rassemble les résultats acquis dans l'essai pris comme exemple.

(1) Expérience de l'I.T.C.F., gérée par M. PLOUY ; observations floristiques de Mme DAGET-BER-TOLETTI et de M. PLOUY, ingénieurs à l'I.T.C.F., aidés de M. POISSONET, ingénieur au C.E.P.E. « L. Emberger ».

(2) Calculs effectués sous la direction de M. TRANCHEFORT, ingénieur informaticien à l'I.T.C.F.

TABLEAU I

REACTION DES ESPECES D'UNE PRAIRIE PERMANENTE AUX DIVERS NIVEAUX D'UN TRAITEMENT HIERAR-
CHIQUE : APPORT DE 0, 160 ET 240 UNITES D'AZOTE

	4-1968	7-1968	4-1969	7-1969	4-1970	7-1970	4-1971	7-1971	4-1972	7-1972
Trifolium repens	0 **	0 ***	0 ***	0 ***	0 ***	0 ***	0 ***	0 ***	0 ***	0 ***
Lolium perenne	160 **	160 *	160	240 *	160	240 *	0	0 ***	0 **	0
Agrostis vulgaris	0 *	0	0 ***	0 ***	0 **	0 **	0 *	160		0
Achillea millefolium	0	160	0 ***		0	0	0	0 *	0	0
Anthoxantum odoratum	0	0	0 *	0 *	0 *	0	0 **	0 *	0	0 *
Cynosurus cristatus	0	0 ***	0 ***	0 *						
Dactylis glomerata	240	240 *	240 **	240	240 **	240 **	0	0	0 *	160
Festuca rubra	0	0	0	160	0	0	240	0	0	0
Holcus lanatus	0	240	160	240 ***	160 *	160 *	240	240 *	240	240
(mousses)	0 *	0 ***	0 **	0 *	0 ***			0	160	0
Plantago lanceolata	0	0				0 **		0		0 ***
Poa pratensis	240	160	0	160	240		240	240	240	0
Poa trivialis	160 **	240 ***	240	240 *	160	240	0	0 **	0	0
Ranunculus repens	0	0 *		0 *						
Taraxacum officinale	240	240 *	0 *		0	160	160	240	160	160

Degrés de signification statistiques : * significatif, au seuil 5 % ; ** hautement significatif, seuil 1 % ; *** hautement significatif, au seuil 1 %.

I. - Cas d'un traitement scalaire

Rappelons que l'on nomme « *traitement scalaire* » un traitement pour lequel les diverses modalités testées peuvent constituer une échelle. Il en est ainsi des différentes doses d'un élément fertilisant, d'un désherbant ou d'un pesticide. Dans l'exemple qui a été choisi ici, il s'agit des doses croissantes d'azote : 0, 160 et 240 unités d'azote à l'hectare.

La réaction des espèces à un tel traitement peut être résumée dans chaque expérience par le calcul d'un *indice de sensibilité*.

ETABLISSEMENT DE L'INDICE

1. Dans un premier stade, on comptabilise les résultats de la façon suivante : pour chaque espèce, on attribue à chaque modalité du traitement autant de points qu'il y a de résultats lui correspondant ; on y ajoute autant de points qu'il y a d'astérisques, pour tenir compte du degré de signification des résultats.

C'est ainsi que pour *Lolium perenne* (ray-grass anglais), à partir des données du tableau I, on obtient :

0 N : 9 — 160 N : 7 — 240 N : 4

en effet, on a observé que le recouvrement maximal se trouvait quatre fois dans le traitement 0 N, et de telle manière que ces quatre fois totalisent cinq astérisques ; le traitement 0 N se voit donc attribuer 4 + 5 points, soit 9. On observe quatre maximums sous le traitement 160 N, avec trois astérisques en tout, soit 7 points ; pour 240 N, il y a deux maximums et deux astérisques : 4 points.

2. Des études antérieures (DAGET-BERTOLETTI, *et al.*, 1972 ; LAISSUS et POISSONET, 1969) ayant montré qu'il fallait un apport de 80 unités d'azote pour compenser l'interruption du pâturage et maintenir la prairie, du moins sous ce rapport, dans un état équilibré, cette valeur a été prise comme base. Cela permet de caractériser chaque apport par le coefficient :

$$t = \frac{\text{dose} - 80}{80}$$

ce qui donne pour un apport nul $t = -1$, pour un apport de 160 unités $t = +1$, et pour un apport de 240 unités $t = +2$.

Expression empirique de

3. L'indice spécifique de réaction à l'azote s'obtiendra en effectuant le produit de chacune des valeurs précédentes par la valeur de t correspondante et en sommant les résultats ; pour *Lolium perenne* on aura donc :

$$[9 \times (-1)] + (7 \times 1) + (4 \times 2) = -9 + 7 + 8 = +6$$

TYPE DE RESULTATS OBTENUS

Le même calcul est effectué pour toutes les espèces productrices de la prairie ; cela donne les valeurs suivantes :

Trifolium repens (trèfle blanc)	— 39
Agrostis vulgaris (agrostide)	— 19
Anthoxantum odoratum (flouve)	— 17
Mousses	— 14
Cynosurus cristatus (crételle)	— 11
Achillea millefolium (millefeuille)	— 11
Plantago lanceolata (plantain)	— 7
Ranunculus repens (bouton d'or)	— 7
Festuca rubra (poil de chien)	— 5
Lolium perenne (ray-grass anglais)	6
Taraxacum officinale (pissenlit)	9
Poa pratensis (pâturin)	10
Poa trivialis (pâturin)	14
Holcus lanatus (houlque)	24
Dactylis glomerata (dactyle)	25

COMMENTAIRES

Dans cet essai, l'espèce qui montre la réaction la plus forte lors de l'apport d'azote est le trèfle blanc, mais c'est une réaction négative : il tend à disparaître. Ensuite viennent, à égalité, le dactyle et la houlque, qui, eux, augmentent de façon très nette.

La comparaison de ces résultats avec ceux d'ELLENBERG (1963) fait apparaître une bonne conformité. Lorsque notre indice est positif, celui d'ELLENBERG vaut 3 ou 4 (indices attribués aux espèces nitrophiles ou caractéristiques des prairies riches en azote) ; lorsque le nôtre est négatif, le sien vaut 0, 1 ou 2 (indices attribués aux espèces indifférentes ou caractéristiques des prairies pauvres en azote). Ce qui différencie ces deux indices est

que celui de l'auteur allemand caractérise le comportement des espèces par la confrontation de prairies en équilibre, alors que le nôtre traduit de façon empirique la réaction d'une espèce à l'azote *dans un cadre floristique donné* ; dans un autre cadre, les mêmes espèces pourraient fort bien se voir attribuer des indices différents.

La faible valeur que cette expérience permet d'attribuer au ray-grass ne doit pas surprendre ; en effet, il faut tout d'abord se rappeler qu'il s'agit d'une espèce des pâturages qui est défavorisée par la fauche ; or, la végétation, initialement pâturée, qui est soumise à cet essai, subit depuis six ans des coupes fréquentes, répétées et dont l'effet est cumulatif. Par ailleurs, cette espèce est en présence de deux autres qui sont nettement favorisées par la fauche et stimulées par l'azote, ce qui, combiné avec leurs abondances initiales respectives, entraîne une forte agressivité de ces deux espèces ; il s'agit du dactyle et de la houlque. Dans un autre cadre floristique, le résultat aurait pu être différent ; c'est ainsi que nous avons rencontré dans le Pays de Herve (Belgique), une prairie effectivement pâturée, dans laquelle des apports de 400 unités d'azote à l'hectare avaient favorisé *Lolium perenne* et *Poa trivialis* au point que leurs recouvrements atteignaient respectivement 94 % et 77 %.

AUTRE EXEMPLE

Un autre essai dans lequel le même protocole a été appliqué à une prairie du Cantal (3), dans des conditions écologiques différentes, a donné les résultats suivants :

<i>Trifolium repens</i> (trèfle blanc)	— 24
<i>Plantago lanceolata</i> (plantain)	— 23
<i>Trifolium pratense</i> (trèfle violet)	— 17
<i>Cynosurus cristatus</i> (crételle)	— 17
<i>Festuca rubra</i> (poil de chien)	— 13
<i>Anthoxanthum odoratum</i> (flouve)	— 6
<i>Ranunculus acer</i> (bouton d'or)	— 6
<i>Ajuga reptans</i> (bugle)	— 3
<i>Ranunculus repens</i> (bouton d'or)	— 2
<i>Lolium perenne</i> (ray-grass)	— 2
<i>Alopecurus pratensis</i> (vulpin)	0

(3) Essai de l'I.T.C.F. géré par M. LAROCHE ; observations floristiques de 126 Mme DAGET-BERTOLETTI et de M. LAROCHE, ingénieurs à l'I.T.C.F.

Dactylis glomerata (dactyle)	+ 2
Agrostis vulgaris (agrostide)	+ 3
Taraxacum officinale (pissenlit)	+ 3
Phleum pratense (fléole)	+ 4
Festuca pratensis (fétuque des prés)	+ 5
Rumex acetosa (oseille)	+ 6
Cardamine pratensis (cresson des prés)	+ 7
Heracleum sphondylium (grande berce)	+ 8
Poa pratensis (pâturin)	+ 8
Holcus lanatus (houlque)	+ 23
Poa trivialis (pâturin)	+ 31

Notons que le trèfle blanc a un indice moins faible dans cet essai que dans le précédent et que trois des quatre dernières espèces sont les mêmes ; remarquons aussi que *Lolium perenne* a ici un indice de — 2 contre + 6 dans le précédent exemple, et que le dactyle a un indice de + 2 contre + 12 précédemment. Cela souligne la remarque que nous faisons : la valeur de l'indice dépend des conditions stationnelles ; et, bien que seule l'agrostide présente un décalage de rang suffisant pour être statistiquement significatif (4), les décalages observés sur toutes les espèces communes aux deux listes sont, dans leur ensemble, tels que l'ordre dans lequel l'indice permet de classer les espèces est significativement différent d'un essai à l'autre.

II. - Traitements non scalaires

Par opposition à la définition précédente, on dit qu'un traitement n'est pas scalaire lorsqu'il n'est pas possible de constituer une échelle avec les diverses modalités testées. Il en est ainsi lorsqu'on compare divers types d'engrais, de désherbants ou de pesticides, ou encore divers modes de récolte. Dans de telles expériences, il n'est plus possible de calculer d'indice de sensibilité comme précédemment, mais il est toutefois possible d'effectuer une comparaison procédant du même esprit. C'est ce que nous allons montrer sur un exemple.

(4) Test-t sur les écarts ; pour *Agrostis vulgaris* $p = 0,06$, pour *Dactylis glomerata* $p = 0,12$. L'écart doit être de plus de 6 rangs pour être significatif.

(5) Sur les 13 espèces communes, le coefficient de corrélation de rang est de + 0,55 ; différence à 1 significative : $p = 0,016$.

Le protocole des essais qui viennent d'être évoqués comportait un second traitement destiné à permettre la comparaison de trois types de coupe (combinés de façon factorielle avec les doses d'azote) :

- coupes très fréquentes : type « zéro - grazing » ;
- coupes précoces : type ensilage ;
- coupes tardives : type foin.

Comme précédemment, on comptabilise les résultats des analyses de variance effectuées à chaque époque d'observation et pour chaque espèce ; les trois chiffres obtenus (un par traitement) sont alors exprimés en pourcentage. Pour *Lolium perenne*, on obtient les valeurs suivantes :

modalité 1 :	19	soit	86 %
modalité 2 :	3	soit	14 %
modalité 3 :	0	soit	0 %
total	: 22		100 %

Les espèces sont alors représentées sur un graphique en coordonnées triangulaires, à partir de ces trois chiffres ; dans le cas qui a été pris ici comme exemple, on obtient le diagramme de la figure suivante. Il permet de différencier très facilement trois groupes d'espèces :

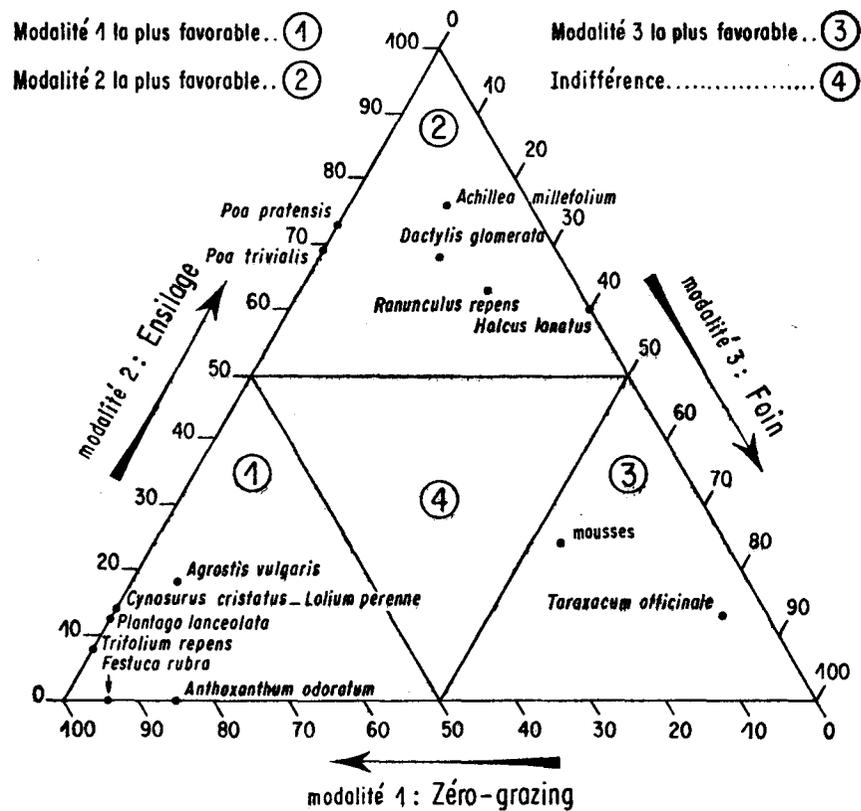
— le premier réduit les espèces qui sont nettement favorisées par la première modalité du traitement, c'est-à-dire par les coupes fréquentes :

Cynosurus cristatus (crételle)
Agrostis vulgaris (agrostide)
Anthoxantum odoratum (fléole)
Festuca rubra (poil de chien)
Lolium perenne (ray-grass anglais)
Plantago lanceolata (plantain)
Trifolium repens (trèfle blanc) ;

— le second rassemble les espèces favorisées par la seconde modalité, c'est-à-dire par les coupes précoces :

Achillea millefolium (millefeuille)
Dactylis glomerata (dactyle)

Holcus lanatus (houlque)
 Poa pratensis (pâturin)
 Poa trivialis (pâturin)
 Ranunculus repens (bouton d'or) ;



Comparaison de la sensibilité des espèces d'une prairie permanente aux divers niveaux d'un traitement non hiérarchique (modalités de récolte)

— le troisième groupe ne comporte que deux « espèces » qui sont favorisées par les coupes tardives :

Mousses

Taraxacum officinale (pissenlit).

Comme les précédents résultats obtenus dans le cas d'un traitement hiérarchique, ces résultats n'ont qu'une valeur stationnelle, et ne peuvent être généralisés ; dans un autre cadre floristique, ils pourraient être très différents.

Conclusion

Lorsque des observations quantitatives sont effectuées sur chacune des espèces d'un peuplement multispécifique de flore riche, et dans des expériences portant sur la comparaison de diverses modalités d'un ou de plusieurs traitements, on peut facilement déduire d'analyses de variances classiques le classement des espèces suivant leur réaction à ce ou ces traitements. Malgré le caractère empirique de la méthode employée, les résultats obtenus sont très parlants.

Il ne faut toutefois pas perdre de vue que ces résultats n'ont qu'une valeur stationnelle, ce qui rend leur généralisation immédiate impossible. En effet, pour permettre la généralisation, il faudrait pouvoir disposer de nombreuses expériences du même type dans des situations aussi variées que possible, tant du point de vue des régions que des conditions stationnelles ou des contextes floristiques.

Laure DAGET-BERTOLETTI

Institut technique des céréales et des fourrages

et

Philippe DAGET

*Centre d'études phytosociologiques et écologiques
« L. Emberger » - C.N.R.S.*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

DAGET-BERTOLETTI, L., 1969. Présentation de cinq essais sur prairies permanentes. Protocoles et principales caractéristiques phytoécologiques, *I.T.C.F.*, Paris, 48 p.

DAGET-BERTOLETTI, L., DAGET, Ph., HUBERT, D. et POISSONET, J., 1972. Variation de la production et de la composition botanique de cinq prairies permanentes, volumes 3, 4 et 5, *in* BOIZEAU, P. *et al.*, *I.T.C.F.*, Paris.

DAGET, Ph. et POISSONET, J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, *Ann. Agron.*, 22, 1 : 5-41.

LAISSUS, R. et POISSONET, J., 1969. Quelques résultats des essais sur prairie permanente dans le « domaine expérimental du Vieux-Pin », *in* DAGET, Ph. ed., 1971. Méthode d'inventaire phytoécologique et agronomique des prairies permanentes, C.N.R.S. C.E.P.E., Montpellier, Doc. n° 56, 206 p.

ELLENBERG, H., 1963. Vegetation mitteleuropas mit den Alpen, Ulmer, Stuttgart, 943 p.