

R O L E S D E L A P R A I R I E D A N S L A S U C C E S S I O N C U L T U R A L E

DE TOUT TEMPS, UNE DES FONCTIONS ESSENTIELLES DE L'AGRICULTURE A ÉTÉ LA PRODUCTION DES GRAINS POUR LA NOURRITURE DES HOMMES. MAIS LE PROBLÈME ÉTAIT DE MAINTENIR LA FERTILITÉ DES TERRES, C'EST-À-DIRE LE RENDEMENT DES CULTURES. TRÈS TÔT, L'INTÉRÊT DE L'ÉLEVAGE, PAR LA PRODUCTION DE FUMIER QU'IL PERMETTAIT, SEULE SOURCE D'ENGRAIS, A ÉTÉ RECONNU. CEPENDANT, LES ANIMAUX ÉTAIENT LE PLUS SOUVENT NOURRIS À PARTIR DE PRAIRIES NATURELLES SITUÉES DANS LES ZONES LES PLUS FAVORABLES, OU DE PRAIRIES DE LÉGUMINEUSES PLACÉES, EN GÉNÉRAL, « HORS ASSOLEMENT ». AINSI S'OPÉRAIT UN VÉRITABLE TRANSFERT DE FERTILITÉ DES PRAIRIES VERS LES ZONES DE CULTURES POUR LESQUELLES ON PRATIQUAIT EN OUTRE FRÉQUEMMENT LA JACHÈRE TRAVAILLÉE, MOYEN PRIVILÉGIÉ POUR PRÉPARER LES TERRES À FROMENT (TULL, DUHAMEL DU MONCEAU).

Très tôt, la question du maintien de la fertilité des terres, et donc indirectement celles de l'élevage et de la prairie, est devenue l'objet de litige entre propriétaire et cultivateur fermier. On peut lire à l'article « Ferme » de la *Grande Encyclopédie* (1750, tome VI) :

« Cependant, dans les années et dans les lieux où la paille est à un très haut prix, on peut procurer à son fermier l'avantage d'en vendre ; mais il faut exiger que la voiture qui porte ce fourrage à la ville revienne chargée de fumier. »

A contrario, les remarques de nombreux agronomes du XVIII^e siècle soulignent la trop courte durée des baux pour qu'il devienne intéressant aux locataires qui le pourraient d'implanter une prairie et d'augmenter leur élevage (Abbé ROZIER).

On s'était aperçu très tôt que la défriche et la mise en culture d'une prairie procuraient, de longues années durant, de riches récoltes. TARELLO (1511) semble être le premier agronome à avoir voulu, dans la région de Venise, introduire systématiquement une prairie temporaire dans la rotation culturale. Cependant, cette pratique, qui a échoué à Venise car la surface maintenue en prairie ne permettait plus suffisamment d'apport de fumier, ne s'est répandue que très lentement et concernait surtout les prairies de légumineuses (Olivier de SERRES, puis PATTULO et A. YOUNG). C'est surtout en Angleterre que ce système de culture s'est progressivement développé : de la rotation de Norfolk au Ley farming. En France, ce système est repris par CHAZAL et DUMONT (*La nécessaire révolution fourragère*, 1955), juste après la dernière guerre mondiale, révolution qui a d'ailleurs conduit à des excès, le retournement n'étant pas, et de loin, toujours synonyme d'accroissement de la production fourragère.

Aujourd'hui, on constate en France, sous la pression des facteurs socio-économiques, une évolution rapide des systèmes de production vers la spécialisation (RATTIN, 1978 et 1979), systèmes centrés sur l'élevage opposés aux systèmes céréaliers alors que les systèmes dits de polyculture-élevage régressent très rapidement (surface et nombre d'exploitations).

Deux questions se posent alors :

— Le retournement d'une prairie permanente pour introduire une succession de cultures fourragères incluant plus ou moins de prairie entraîne-t-il une baisse de la fertilité des terres ?

— Peut-on, sans élevage et donc sans prairie, maintenir la fertilité dans un système céréalier ?

C'est toute l'agronomie qui se trouve en cause autour de la vaste question de la fertilité, concept flou et qui ne saurait se définir uniquement par l'estimation des rendements puisqu'il faut aussi tenir compte des coûts nécessaires à l'obtention des productions (SEBILLOTTE, 1978). Aussi

mon propos, plus modeste, sera-t-il d'analyser les rôles de la prairie dans la succession de cultures à partir des résultats expérimentaux laissant à chacun, dans sa situation propre, le soin de conclure sur son intérêt.

POSITION DU PROBLÈME

1 — Par prairie, j'entendrai ici, avec le sens commun, tout peuplement végétal destiné à fournir un fourrage, feuilles et tiges, pour l'alimentation des animaux à l'exclusion des fourrages annuels autres que graminées et légumineuses.

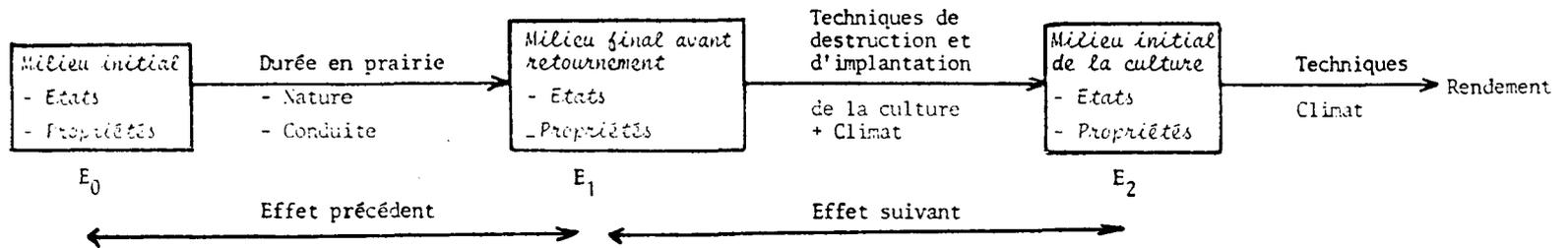
Ces peuplements sont variables par leur composition botanique, leur durée, leur mode de conduite, caractéristiques qui interviennent dans les effets que l'on peut attendre de la prairie. *Le vocable de prairie est donc très imprécis et insuffisant pour le problème qui nous occupe.*

2 — C'est un *diagnostic* sur l'intérêt de la prairie que l'on souhaite ; ceci implique non seulement de recenser mais de pouvoir hiérarchiser ses différents rôles dans chaque milieu. Il faudra donc, pour chaque résultat expérimental :

- préciser les caractéristiques de la prairie *et* du milieu physique dans lequel elle est introduite ;
- ne pas oublier que la prairie fait partie d'une exploitation agricole et que c'est dans ce cadre que sa conduite est fixée (CAPILLON, TAGAUX, 1980). Il n'est donc pas certain qu'un rôle bénéfique puisse toujours s'extérioriser. Les résultats qui suivent concernent des parcelles, leur extrapolation à une exploitation donnée devra tenir compte de cette remarque.

3 — Sur une parcelle on peut, pour une prairie et la culture suivante, définir un effet précédent et un effet suivant (SEBILLOTTE, 1978) selon le schéma de la figure 1.

FIGURE 1
EFFET PRÉCÉDENT ET EFFET SUIVANT



Ainsi, d'une part les caractéristiques de la prairie à prendre en compte pour cerner l'effet précédent, et d'autre part les conséquences de celui-ci sur le rendement des cultures suivantes dépendront de leur nature, donc de leurs exigences vis-à-vis du milieu, mais également des techniques qui seront utilisées pour leur implantation et leur conduite : on parle d'effet suivant. Nous devons donc examiner successivement ces deux types d'effets.

Une première conclusion s'impose cependant déjà : il n'y a pas, a priori et dans l'absolu, un rôle bénéfique de la prairie dans la succession culturale.

1^{re} partie : L'EFFET PRÉCÉDENT

Il faut distinguer les modifications des états du milieu physique de celles de ses propriétés. En effet, la prairie (comme toute plante cultivée) modifie d'abord des états (structural, chimique, parasitaire) et c'est, pour certains d'entre eux, lorsque certains seuils sont atteints, qu'en découle une modification perceptible des propriétés. De plus, cette distinction est également intéressante, puisque les modifications d'états ou de propriétés n'ont pas les mêmes conséquences pour l'effet suivant, comme nous le verrons.

I — Modification des états.

1. État structural.

Il peut s'apprécier globalement par la densité apparente du sol, par exemple dans l'horizon travaillé. Les valeurs du tableau I (COOKE, WILLIAMS, 1971) proviennent de Saxmundham (Angleterre) sur un sol sablo-argileux.

L'effet bénéfique dans ce sol d'une culture prairiale est net, tout particulièrement pour la prairie permanente. Cet effet résulte de l'action de plusieurs facteurs :

TABLEAU I
DENSITÉ APPARENTE DU SOL A SAXMUNDHAM
 (COOKE, WILLIAMS, 1972)

<i>Sur chaume d'orge Rotation grande culture</i>	<i>Après 3 ans de luzerne</i>	<i>Après 3 ans de trèfle violet Ray Grass</i>	<i>Sous prairie permanente</i>
1,63	1,47	1,32	1,13

Texture : A = 29% ; L = 11% ; LG = 12% ; SF = 22% ; SG = 26%

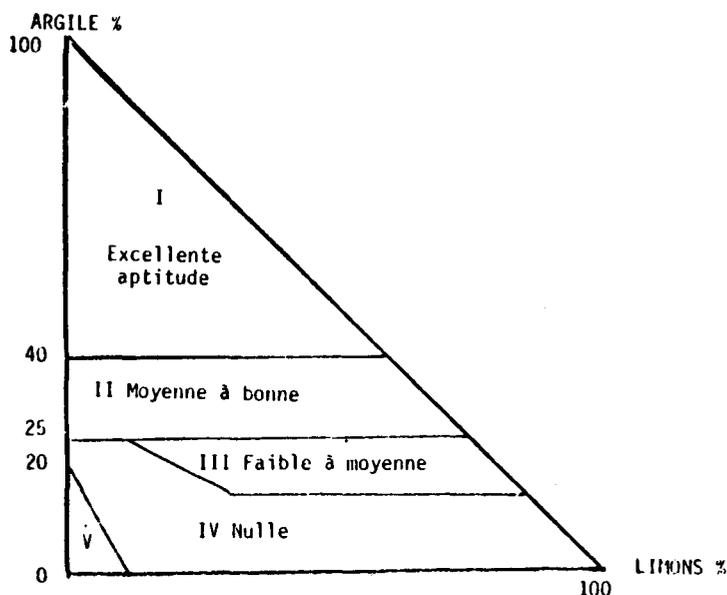
a) De l'aptitude à la fissuration du sol sous l'action des racines :

Les travaux de BUI HUU TRI (1968) montrent que cette aptitude dépend directement de la structure du sol (tableau II), l'enracinement ne faisant qu'amplifier une propriété de celui-ci. On peut alors, sur un triangle textural, définir des classes d'aptitude à la fissuration (I.N.R.A., Avignon) (figure 2). L'effet de la prairie se manifestera par un affinement de la

TABLEAU II
POURCENTAGE D'ÉLÉMENTS STRUCTURAUX INFÉRIEURS A 3 mm
OBTENUS A PARTIR D'UNE STRUCTURE CONTINUE
 (BUI HUU TRI, 1968)

<i>Terre</i>	<i>30% d'argile</i>			<i>16% d'argile</i>		
	<i>0 - 4</i>	<i>4 - 8</i>	<i>8 - 12</i>	<i>0 - 4</i>	<i>4 - 8</i>	<i>8 - 12</i>
<i>Témoin sans herbe</i>	13,5	12,0	15,4	2	2	4
<i>Après 8 mois de Ray Grass</i>	46,0	17,4	16,0	5	2	3

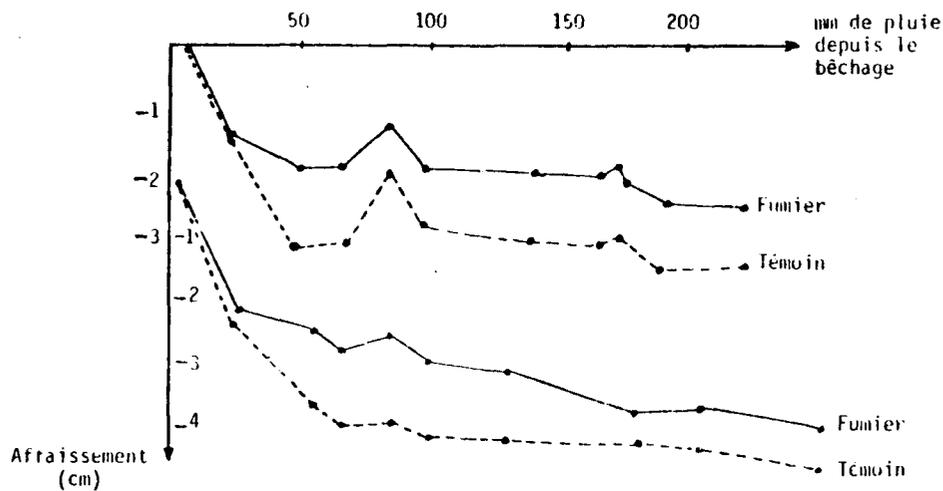
FIGURE 2
CLASSES D'APTITUDE A LA FISSURATION
(Science du sol, I.N.R.A., Avignon, 1976)



structure essentiellement dans les classes II et III mais, en particulier dans la classe III, à la condition que les racines puissent pénétrer, donc que l'état structural initial ne soit pas trop dégradé et que l'on ait une plante à racine fasciculée (cf. ci-dessous).

Les observations faites sous prairie à Montluel dans l'Ain, en France (BOIFFIN, SEBILLOTTE, non publié) en sol à 10 % d'argile, confirment ces vues : au bout de quatre ans, l'amélioration structurale est faible et elle ne concerne guère que 15 à 20 cm ; si la prairie est installée en conditions trop humides, la structure restera toujours beaucoup moins améliorée.

FIGURE 3
ÉVOLUTION DE LA COTE MOYENNE DE LA SURFACE
EN FONCTION DES PLUIES
(BOIFFIN, SEBILLOTTE, 1976)

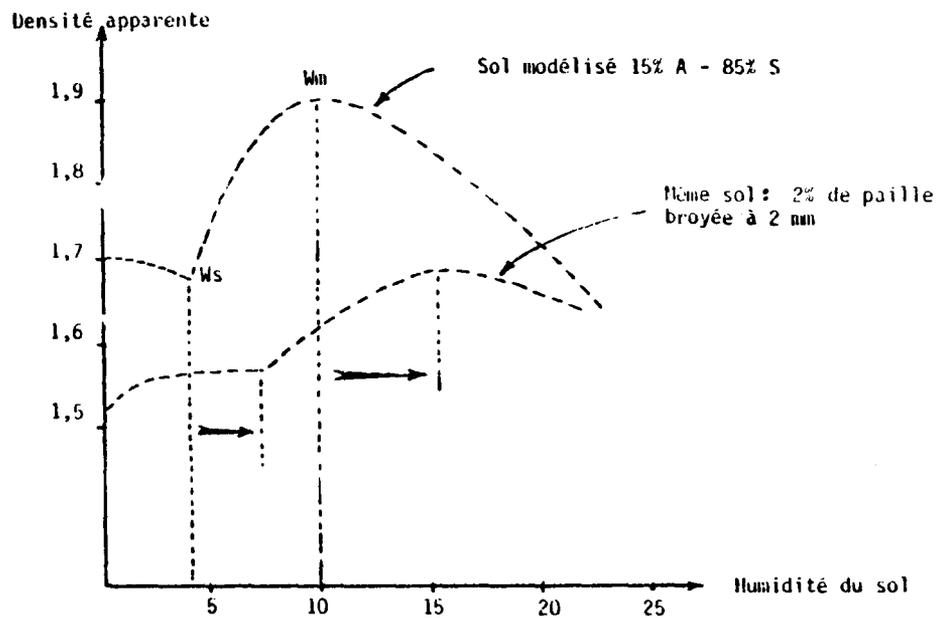


b) De la réduction de la prise en masse du sol qui résulte :

- de la présence même des racines mais ceci est surtout vrai si la stabilité structurale est suffisante et si le mode d'exploitation de la prairie n'est pas trop dégradant (cas des luzernières pour la déshydratation, des prairies pâturées en hiver...);
- de l'accumulation de matière organique due aux générations successives de racines qui se décomposent. Cette influence du taux de matière organique sur la prise en masse a été montrée par BOIFFIN, SEBILLOTTE (1976) (figure 3).

c) De la diminution de la sensibilité au tassement comme l'a bien montré GUERIF (1976) (figure 4) : non seulement le sol enrichi en matière

FIGURE 4
INFLUENCE DE LA PRÉSENCE DE MATIÈRES ORGANIQUES LIBRES SUR LA SENSIBILITÉ AU TASSEMENT D'UN SOL
 (GUERIF, 1976)

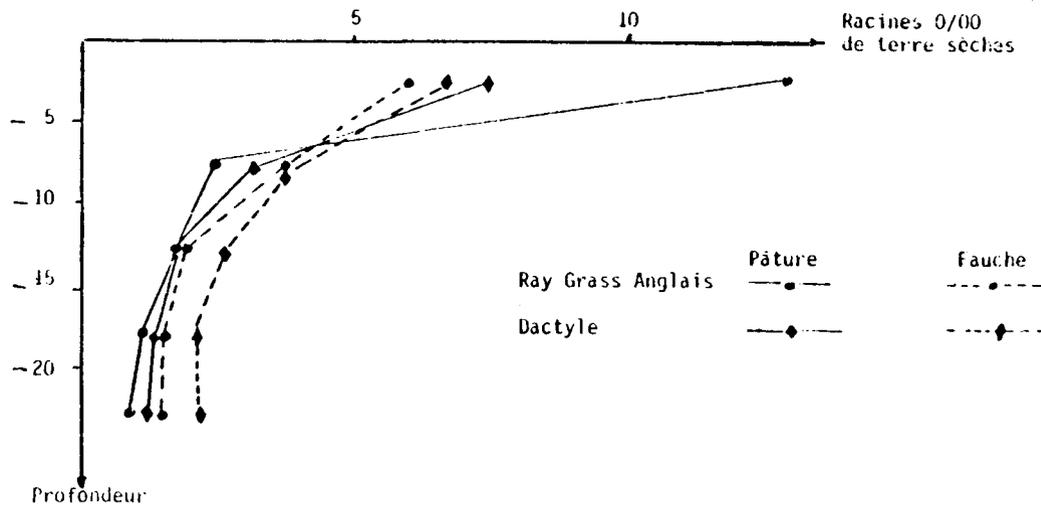


Ws : Humidité du sol au-delà de laquelle il y a risque de tassement.
 Wm : Humidité au tassement maximum ; au-delà, le sol est saturé en eau.

organique libre se tasse moins sous l'action d'une même pression, mais les humidités critiques sont déplacées vers des valeurs plus hautes,

d) Des orifices laissés par les racines d'un certain diamètre lorsqu'elles pourrissent : le cas de la luzerne est connu.

FIGURE 5
COMPARAISON DES ENRACINEMENTS DE DEUX ESPÈCES
EN FONCTION DE L'EXPLOITATION
 (MONNIER, 1965)



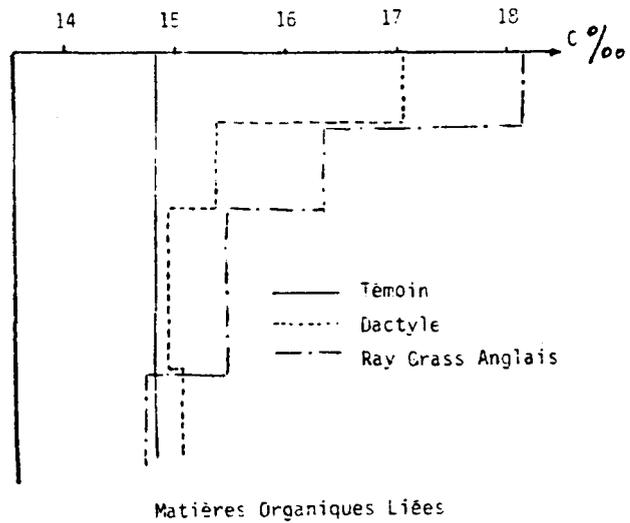
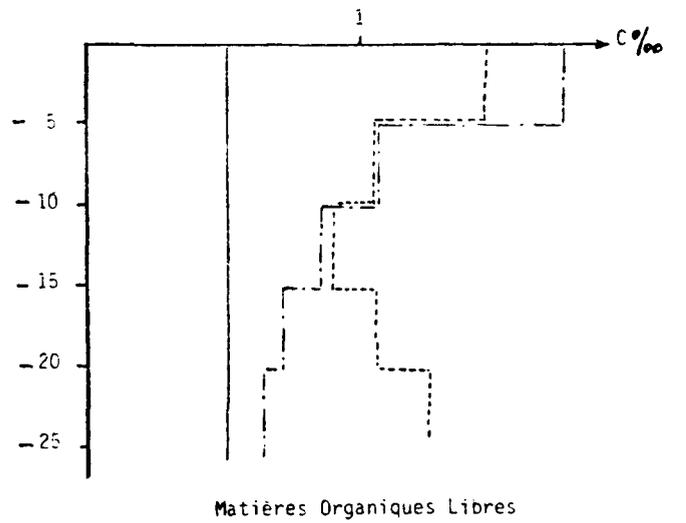
e) Des caractéristiques de la prairie.

La figure 5 (MONNIER, 1965) souligne l'influence de l'espèce prairiale et de son mode d'exploitation sur la répartition des racines dans le profil. La pâture entraîne une accumulation superficielle qui peut aboutir à la formation d'un « mat » racinaire ; elle entraînera une diminution de la densité apparente plus superficielle que la fauche ; il en est de même du ray-grass anglais vis-à-vis du dactyle.

La fertilisation, bien conduite, joue aussi un rôle positif (COOKE, WILLIAMS, 1971).

88 Ces modifications d'état : diminution de densité apparente, affinement de la structure (structure grumeleuse), obtenus par les prairies, entraînent

FIGURE 6
ENRICHISSEMENT EN MATIÈRES ORGANIQUES
SOUS DEUX PRAIRIES TEMPORAIRES DE TROIS ANS
(MONNIER, 1965)



une *diminution de la cohésion du sol* et une meilleure circulation de l'air et de l'eau, donc un *meilleur drainage* (MARTY, COURAU, 1969), ce qui renforce, en terre peu stable, le maintien d'un bon état structural par élimination des excès d'eau (BOIFFIN, 1976).

2. Teneur en matière organique.

Les matières organiques proviennent de la litière (elles seront en partie mélangées au sol par les vers de terre) et surtout des racines dont les durées de vie sont très variables selon les espèces (TROUGHTON, 1957), annuelle pour le ray-grass d'Italie, pérenne pour le dactyle, par exemple. Les quantités de matière organique apportées au sol, leur nature et leur position dans le profil cultural dépendront donc entre autres de la localisation des racines et de l'espèce, comme MONNIER (1965) l'a montré (figure 6) : sous dactyle, à cause de ses racines pérennes, on trouve moins de matières organiques liées et plus de matières organiques libres, en particulier en profondeur.

Pour toutes les raisons déjà évoquées, les teneurs en matière organique sous prairie sont très variables. Dans une enquête sur les prairies permanentes de quinze exploitations de la Mayenne (France), BOIFFIN et FLEURY (1974) ont trouvé des valeurs oscillant de 2,3 à 5 % autour d'une moyenne de 3,8 %. Ces teneurs pour des prairies de longue durée traduisent un équilibre entre les apports et leur humification (coefficient isohumique K_1) et les pertes par minéralisation de l'humus (coefficient K_2 du modèle de HÉNIN et DUPUIS, 1945).

Sous une prairie, du fait de l'absence de travail du sol, K_2 est réduit par rapport aux situations de grandes cultures (MONNIER, 1965). La valeur de K_2 dépend aussi des conditions de milieu, de la teneur en argile du sol et tout particulièrement du climat comme l'a montré JENNY (1941) aux U.S.A., dont la formule a été adaptée à la France par COCHARD et FLEURY (1968). Selon les régions, sous prairies permanentes, les teneurs en matière organique seront variables, indépendamment de leur composition, de leur conduite et du sol, du seul fait du climat.

Il est intéressant d'examiner quelques résultats expérimentaux pour préciser ces effets sur la teneur en matière organique du sol de la prairie temporaire.

a) En France, à Montluel (Ain), dans un essai de longue durée, sur un sol battant et hydromorphe, BOIFFIN, SEBILLOTTE, TAGAUX (non publié) montrent que, même avec un enfouissement de tous les résidus de culture, une rotation maïs-blé-colza-blé (rotation B) ne permet pas le maintien du taux de matière organique, la chute étant plus importante si les pailles sont enlevées (rotation A). Cependant, le renforcement de la fertilisation (niveau 2) ralentit dans les deux cas cette chute. On obtient sur quatorze ans les liaisons linéaires suivantes, toutes hautement significatives :

Rotation	Niveau de fertilisation	Équation de régression linéaire
A	N ₁	C = 10,43 — 0,132 t r = — 0,67
	N ₂	C = 10,51 — 0,105 t r = — 0,59
B	N ₁	C = 10,52 — 0,112 t r = — 0,62
	N ₂	C = 10,33 — 0,072 t r = — 0,39

C = teneur en carbone en ‰ ; t = année, varie de 1 à 14 ;
chaque équation est calculée sur 93 résultats.

En revanche, la rotation C : quatre années de prairies temporaires (fétuque des prés-trèfle blanc exploité en fauche)-maïs-blé-colza-blé, pailles enlevées, permet le *maintien du taux initial de matière organique*. La figure 7 donne les valeurs annuelles du taux de carbone (indexées par rapport à celles de la rotation B) pour les parcelles en culture du dispositif.

La figure 8 montre l'accroissement de la teneur en matière organique au cours des quatre ans de prairie et la chute après une année de culture de maïs, confirmant les résultats de MONNIER sur la valeur faible de K₂ sous prairie.

Dans le sud des Landes (France), LUBET et JUSTE (1979), bien qu'ils ne donnent pas d'indication sur les valeurs annuelles, aboutissent à des résultats du même ordre : sur dix années, l'introduction en sol sablo-limoneux de deux prairies temporaires de trois ans (dactyle-fétuque des prés-trèfle blanc-lotier exploité en fauche) encadrant quatre années de culture continue de maïs permet le maintien du taux initial de matière

FIGURE 7
TAUX DE CARBONE MOYEN
DES PARCELLES EN CULTURE AUTRE QUE PRAIRIE TEMPORAIRE
(en % moyen de la rotation B) (niveaux N₁ + N₂)
(BOIFFIN, SEBILLOTTE, TAGAUX, non publié)

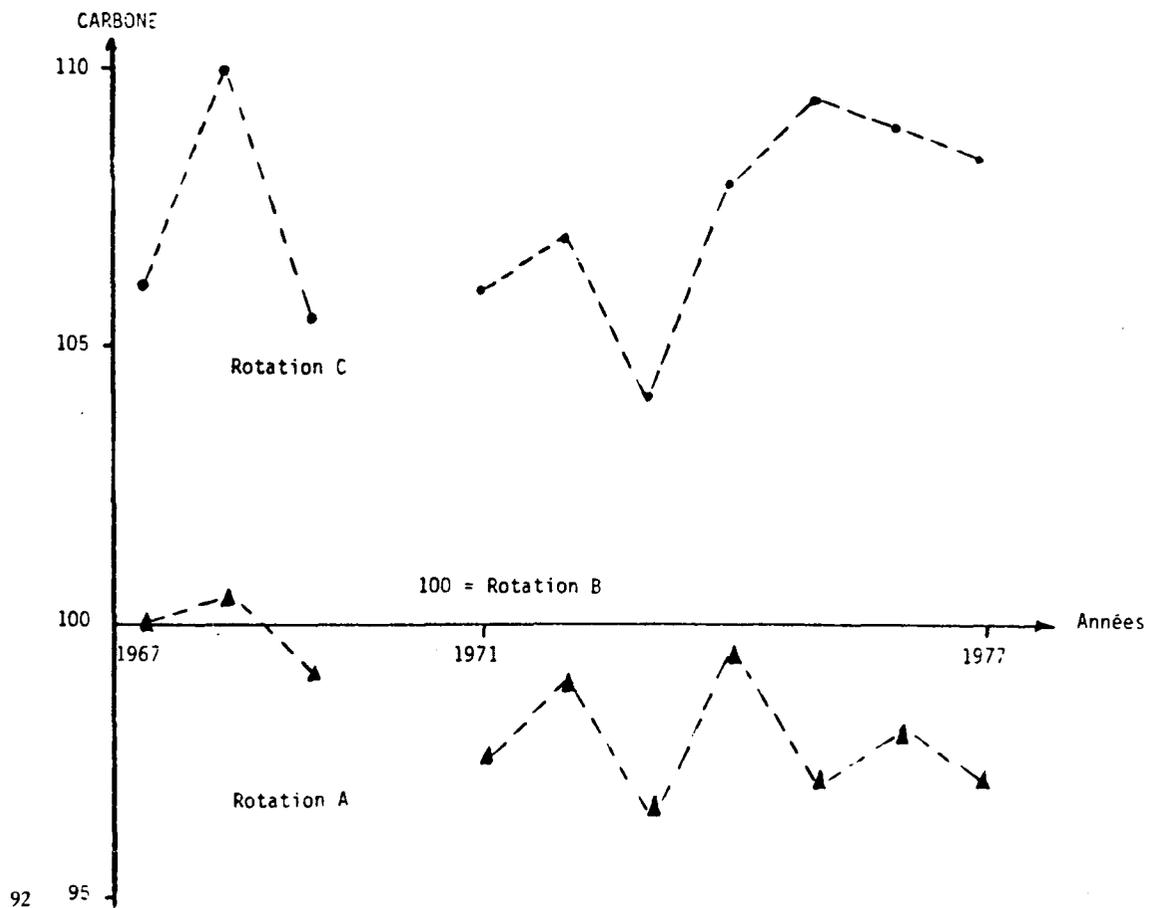
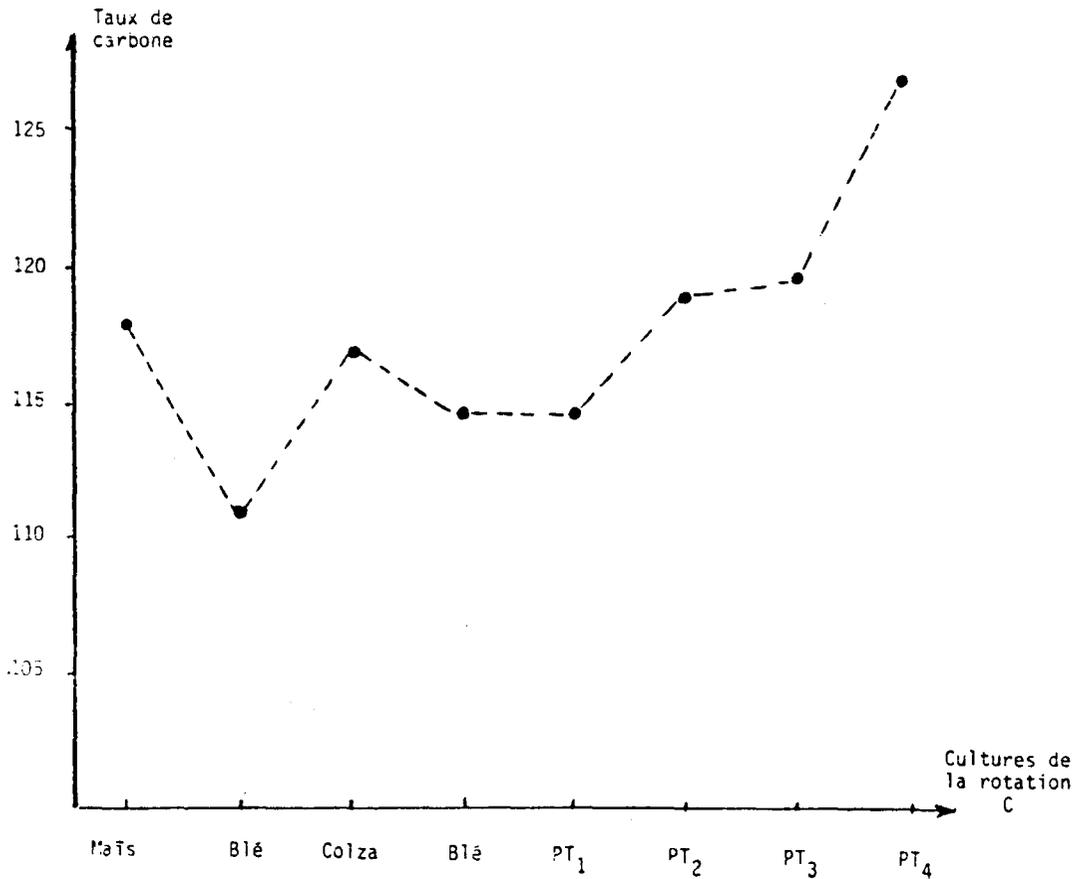


FIGURE 8
TAUX DE CARBONE DES PARCELLES DE LA ROTATION C
 (pailles exportées et prairie) EN % DU TAUX MOYEN
 DES PARCELLES DE LA ROTATION A (pailles exportées, sans prairie)
 (moyennes de 1975, 1976, 1977)
 (BOIFFIN, SEBILLOTTE, TAGAUX, non publié)



(Le maïs de 1975 a eu sept ans de prairies depuis 1963, ceux de 1976 et 1977 ont eu huit années de prairies)

organique, contrairement à ce qui se passe en monoculture de maïs, même avec résidus culturaux enfouis.

A Lusignan, en Poitou (France), JACQUARD et CROIZIER (1970) obtiennent sur six ans le maintien du taux de carbone du sol en faisant alterner quatre ans de prairies temporaires (luzerne-dactyle) et deux ans de cultures, ou deux ans de ray-grass d'Italie - trèfle violet et deux ans de cultures. En culture continue, l'enlèvement des résidus entraîne une chute tandis que leur enfouissement ajouté à 40 t de fumier apportées tous les deux ans donne une nette augmentation de la teneur.

b) En Angleterre, à Rothamsted (JOHNSTON, 1972) sur un sol à 24 % d'argile, divers traitements sont appliqués à partir de deux situations organiques différentes : à Highfield, il s'agit d'une vieille prairie permanente exploitée extensivement, tandis qu'à Foster, on est sur une parcelle mise en culture depuis très longtemps. La figure 9 récapitule les principaux résultats. On retiendra que :

— Pour la prairie permanente, le passage à une exploitation intensive (augmentation de la charge et de la fertilisation) entraîne un accroissement de 1 % de la teneur en carbone sous un régime de pâture ; par contre, l'exploitation en régime de fauche (ou ensilage) provoque une chute importante du taux de carbone. Le ressemis d'une prairie permanente permet d'atteindre presque les mêmes résultats, la différence provenant de la minéralisation provoquée par le travail du sol lors du retournement (accroissement du coefficient K_2).

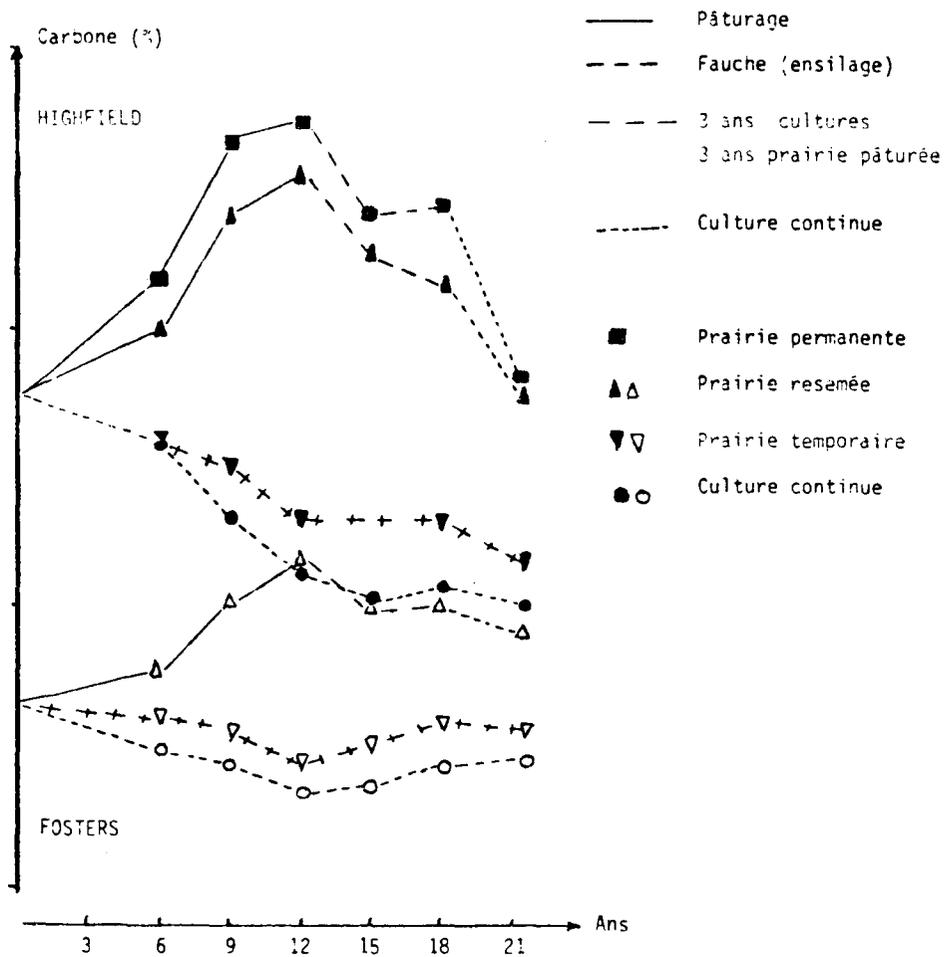
— A Foster, le semis de prairie permanente entraîne une augmentation du carbone et, au bout de douze ans, la situation est équivalente à celle atteinte par la mise en culture continue d'une parcelle de prairie de Highfield.

— L'alternance « trois ans de prairie pâturée-trois ans de culture » ne permet pas le maintien du statut initial à Highfield, mais elle améliore très légèrement la situation à Foster vis-à-vis de la culture continue. Les taux de carbone obtenus pour les trois ans de mélange prairial suivis des trois ans de culture, se classent comme suit :

culture continue < luzerne < graminée fauchée avec azote < graminée-trèfle pâturé.

*Prairie et
succession culturale*

FIGURE 9
EFFETS DE DIVERS TRAITEMENTS
SUR LES TENEURS EN CARBONE DU SOL (0-22,5 cm)
A PARTIR DE DEUX SITUATIONS INITIALES DIFFÉRENTES
(JOHNSTON, 1972)



Au bout de dix-huit ans (trois successions prairie-culture), la luzerne entraîne une augmentation du taux de carbone de moins de 5 %, alors que le mélange graminée-trèfle pâturé procure un gain de près de 15 % de carbone par rapport aux parcelles en culture continue.

— *La mise en culture entraîne toujours une chute de carbone et celle-ci est d'autant plus forte que la teneur initiale est plus élevée.* A Foster, on est presque à l'équilibre au démarrage de l'expérimentation : les apports des cultures compensent sensiblement les pertes.

Les résultats de Rothamsted ainsi que ceux de Woburn confirment ceux obtenus en France.

Seule la prairie permanente, ou la prairie temporaire de *longue durée* (une dizaine d'années au moins) permet d'obtenir des teneurs *élevées* de matière organique dans les sols, mais :

- son effet dépend de sa conduite (charge, fertilisation) ;
- son retournement par le travail du sol entraîne obligatoirement une chute rapide de la teneur par une minéralisation accrue.

En revanche, sous des prairies de moyenne durée, l'augmentation des matières organiques compense les pertes qui se manifesteront sous les cultures avec lesquelles elles alternent à la condition de ne pas partir d'une situation initiale très riche. LUBET et JUSTE (1979) montrent, dans le travail déjà cité, que dans une monoculture de maïs la présence chaque année d'un engrais vert de six à sept mois (ray-grass tétraploïde semé en août dans le maïs) stabilise presque la chute du taux initial, lorsque celui-ci est déjà faible. DYKE et al. (1977) montrent aussi à Woburn l'intérêt, à long terme, des engrais verts.

Sans trop se hasarder, il est possible de formuler la règle empirique suivante : pour stabiliser la teneur en matière organique à un niveau moyen, qui dépend d'ailleurs de la texture, la succession culturale doit comporter des prairies, surtout à base de graminées, durant la moitié de sa durée.

3. État hydrique. Érosion. Pollution.

Du fait de la présence continue d'un couvert végétal, l'évapotranspiration se trouve accrue, ce qui entraîne un assèchement des couches superficielles du sol et réduit la percolation de l'eau en profondeur. Pour cette raison, et probablement aussi pour d'autres mal connues concernant la dynamique de l'azote au champ, la prairie entraîne une diminution du lessivage des nitrates en profondeur.

Après une recension des résultats expérimentaux disponibles, NOIRFALISE (1974) donne les valeurs du tableau III pour les quantités de nitrates lessivés par hectare et par an selon divers types de systèmes de culture.

TABLEAU III
QUANTITÉS DE NITRATES LESSIVÉS
SELON DIVERS SYSTÈMES DE CULTURE
(NOIRFALISE, 1974)

Systèmes de culture	Engrais azotés kg/ha/an	Lessivage des nitrates (kg/ha/an)
Agriculture peu intensive	50 - 100	10 - 40
Agriculture intensive	110 - 130	20 - 60
Prairie permanente intensive	150 - 500	3 - 15
Culture pérenne de légumineuse	-	20 - 25

HOOD (1976) obtient sur prairie permanente à Jealott's Hill en Angleterre des valeurs tout à fait comparables sous 700 mm de pluie. Il estime que 12 % environ des quantités drainées proviennent des phénomènes naturels (fixation non symbiotique, minéralisation de la matière organique présente) et qu'en conséquence seuls 7 % des engrais apportés (250 kg/ha d'azote) percolent. Avec une fumure très élevée (750 kg), il estime la percolation à 11 % des apports.

La prairie réduit également l'érosion des terres, grâce à son rôle protecteur de la surface et à une meilleure infiltration superficielle. Elle constitue ainsi un puissant facteur de conservation des sols dans les régions à relief accusé (MOLDENHAUER et al., 1967 ; WISCHMEIER, SMITH, 1965) et réduit considérablement les pertes superficielles en matière organique et en éléments minéraux. C'est une autre voie de diminution de la pollution.

Le retournement de la prairie, entraînant une forte minéralisation des résidus culturaux, aboutit souvent à la libération de grandes quantités d'azote minéral qui, selon les dates des pluies, pourront entraîner une pollution plus forte que dans le cas des cultures annuelles (GACHON, TRIBOI, 1977). Cela peut être un inconvénient grave des luzernières (GACHON, communication personnelle).

Cependant, lorsque la prairie donne lieu à des épandages massifs de lisier, elle peut alors, du fait de cet usage, être une source de pollution nitrique et organique (PERIGAUD, 1977 ; GACHON, TRIBOI, 1977 ; PLET, TANGUY, 1978) ou même entraîner une toxicité pour les plantes (COPPENET, 1974).

4. *État chimique.*

Les exportations en *potasse* d'une prairie conduite en fauche sont importantes et l'on constate dans les expérimentations que très fréquemment le bilan est négatif. A Saxmundham, avec 250 kg/ha/an de K_2O , on ne maintient pas le K échangeable ; à Montluel, on constate aussi un appauvrissement du sol dans la rotation C. A Lusignan, JACQUARD et CROISIER (1970) obtiennent les résultats d'exportation du tableau IV. On note également, par rapport à la culture, les fortes quantités de calcium et de magnésium qui sont exportées. Ceci explique la diminution de pH souvent constatée sous prairie comme on a pu le vérifier à Montluel (tableau V).

Dans une enquête effectuée sur soixante exploitations de l'Indre en France, BOIFFIN et CAPILLON (1980) étudient les soldes : apports par les engrais — exportations par les cultures (tableau VI) pour trois successions culturales couramment pratiquées. Alors que sur les successions sans

TABLEAU IV
EXPORTATIONS CUMULÉES D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX
(en kg/ha sur quatre ans)
(JACQUARD, CROISIER, 1970)

Rotation	Matière sèche t/ha/4 ans	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Na
Maïs-Blé- Maïs-Blé	41,5	474	100	345	73	47	7
Luzerne-Dactyle (4 ans)	36,7	685	109	937	284	70	45

TABLEAU V
VALEUR DU pH A MONTLUEL
SUR LES PARCELLES EN CULTURE
APRÈS DOUZE ANNÉES SANS APPORT DE CALCIUM
(BOIFFIN, SEBILLOTTE, TAGAUX, non publié)

Rotations		
A	B	C
5,20	5,25	5,00

TABLEAU VI
RÉPARTITION DES SOLDES « APPORTS — EXPORTATIONS »
DE K₂O SUR SOIXANTE EXPLOITATIONS DE L'INDRE
(% d'exploitations)
(BOIFFIN, CAPILLON, 1980)

Successions	Solde en kg/ha/an de K ₂ O					Total
	< -60	-30 à -60	0 à 30	30 à 60	> 60	
Maïs-Blé-Orge de printemps-Escourgeon	0	0	0	82	18	100
Colza-Blé-Orge de printemps-Escourgeon	0	0	26	74	0	100
Prairie artificielle-Blé- Orge de printemps- Escourgeon	90	10	0	0	0	100

prairie les soldes sont toujours excédentaires, ils sont toujours négatifs lorsqu'il y a de la prairie.

Ces différents résultats traduisent des fertilisations insuffisamment raisonnées et la nécessité d'établir des bilans pour fixer les apports si l'on ne veut pas appauvrir les sols sous prairie. La situation est cependant moins grave si les prairies sont pâturées et si elles reçoivent une partie du fumier produit.

Pour l'azote, on note en général sous prairie un enrichissement du sol dû à l'augmentation de matière organique et à la présence des légumineuses. A Lusignan, JACQUARD et al. (1969) estiment qu'une luzerne de trois ans peut entraîner dans le sol un gain d'environ 400 kg d'azote, comprenant l'apport des racines et l'azote de l'humus non minéralisé (réduction du coefficient K_2) par rapport à une culture. En Limagne, GACHON (1973) estime, pour des luzernes de deux ans, une possibilité de fourniture ultérieure (sur trois ans) d'azote de 250 à 350 kg/ha environ. Les valeurs obtenues pour d'autres légumineuses sont, en général, inférieures. Notons que, dans certaines situations, les racines profondes de la prairie peuvent permettre une certaine remontée d'éléments minéraux ou la réduction des percolations.

En conclusion, la production de la prairie, si elle est totalement exportée de la parcelle, exigera, pour éviter un appauvrissement du sol, beaucoup plus d'engrais, proportionnellement à la matière sèche produite, que les plantes de grandes cultures. Mais par le transfert de fumier sur les cultures, souvent enrichi des éléments minéraux des aliments concentrés achetés à l'extérieur pour l'élevage, elle sera favorable au bilan minéral de l'ensemble de l'exploitation (COPPENET, 1975).

5. *État parasitaire.*

La prairie temporaire bien exploitée favorise la lutte contre les adventices annuelles par une réduction des possibilités de renouvellement du stock de graines. En revanche, surtout lorsqu'elle vieillit, elle favorise, par la disparition de plantes et la naissance de « trous », l'implantation d'adventices pluriannuelles : le cas du chiendent rampant dans les vieilles luzernières est connu. D'une manière générale, tout ce qui favorise une bonne coloni-

sation du sol par la prairie et son maintien contribuera à la lutte contre les mauvaises herbes.

Concernant la faune, la prairie entraîne souvent son augmentation : vers de terre, taupins (EDWARDS, 1975), petits rongeurs. Les effets sur les champignons parasites des cultures sont, en général, jugés sur les cultures suivantes.

II. — Modifications des propriétés.

Elles résultent, pour la plupart, des apports de matière organique et dépendront donc du degré d'accumulation de cette dernière, c'est-à-dire, entre autres, de l'intensité de la production prairiale et de sa durée. *D'une manière générale, une prairie de courte durée ne modifiera pas les propriétés du milieu.*

Privilégier les effets positifs de l'accumulation de matière organique ne doit pas faire oublier que celle-ci entre en jeu dans de nombreux processus dans lesquels interviennent les êtres vivants du sol, processus qui la font évoluer et lui confèrent une partie de ses propriétés. Mais les multiples interactions entre micro-organismes et matières organiques sont un domaine encore trop mal connu pour qu'on puisse en parler ici.

La chute du pH, facilement correctible, ne sera pas non plus évoquée ici.

1. Amélioration de la stabilité structurale.

L'amélioration de la stabilité structurale ne se produit que si la prairie dure au moins trois ans (MONNIER, 1965) (figure 10). Surtout liée à la présence des graminées (MONNIER, 1965 ; JACQUARD et al., 1969), elle est d'autant plus forte qu'il s'agit d'une espèce à racines annuelles : cas du ray-grass anglais face à celui du dactyle (figure 11).

En effet, l'amélioration de la stabilité structurale suppose la fermentation des matières organiques (MONNIER, 1965), d'où la différence de comportement selon les espèces et selon la longévité de leurs racines. Pour les graminées à système racinaire pérenne, ou pour les plantes comme la

FIGURE 10
 ACCROISSEMENT DE LA STABILITÉ STRUCTURALE
 SELON L'ÂGE DE LA PRAIRIE
 (MONNIER, 1965)

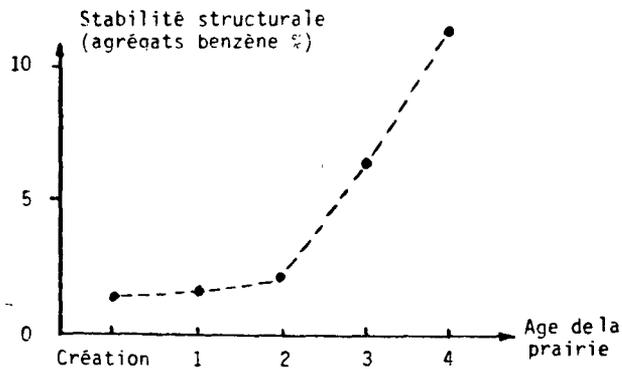
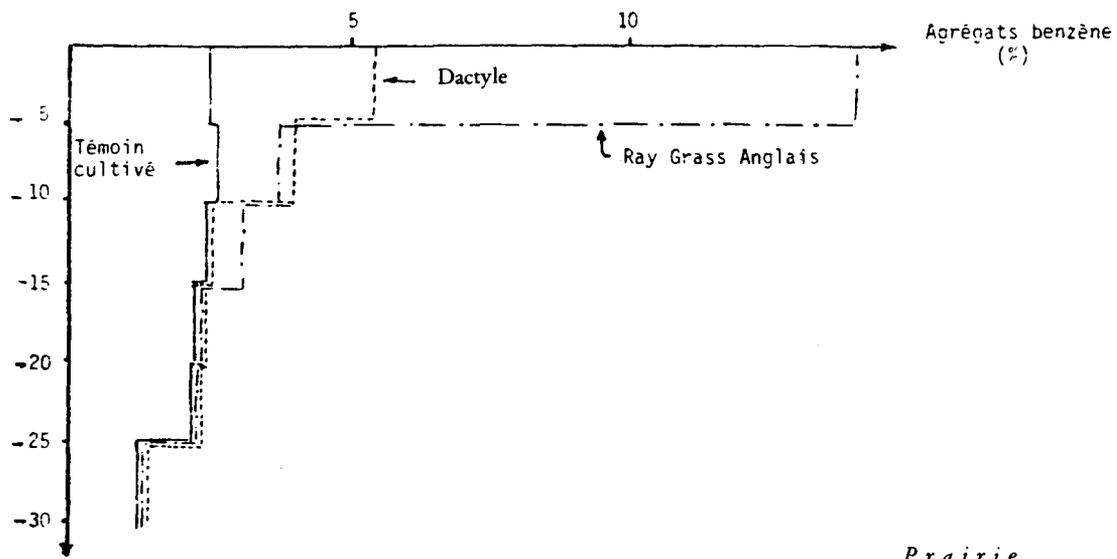


FIGURE 11
 COMPARAISON DE LA STABILITÉ STRUCTURALE
 (agrégats benzène %)
 SOUS PRAIRIES TEMPORAIRES DE TROIS ANS
 (MONNIER, 1965)



luzerne (tableau VII), l'augmentation intervient ultérieurement, après le retournement ; elle serait un peu plus forte pour le trèfle violet (JACQUARD et al., 1969).

Cette amélioration de stabilité structurale concernera donc, sous la prairie, les couches riches en racines ; elle est en général localisée dans les 10 à 15 premiers centimètres du profil cultural.

TABLEAU VII
AGRÉGATS BENZÈNE STABLES (%)
(MONNIER, 1965)

	Au retournement de la luzerne	Six mois après
Parcelle en culture	2,9	2,6
Luzerne	3,1	3,3

A Montluel (BOIFFIN, SEBILLOTTE, TAGAUX, non publié), on obtient sur les trois rotations, au bout de quatorze ans et pour les deux niveaux de fertilisation, les indices de stabilité I_s de HÉNIN du tableau VIII. Ainsi tout ce qui favorise l'enrichissement du sol en matière organique se traduit par une amélioration de la stabilité (diminution de l'indice d'instabilité).

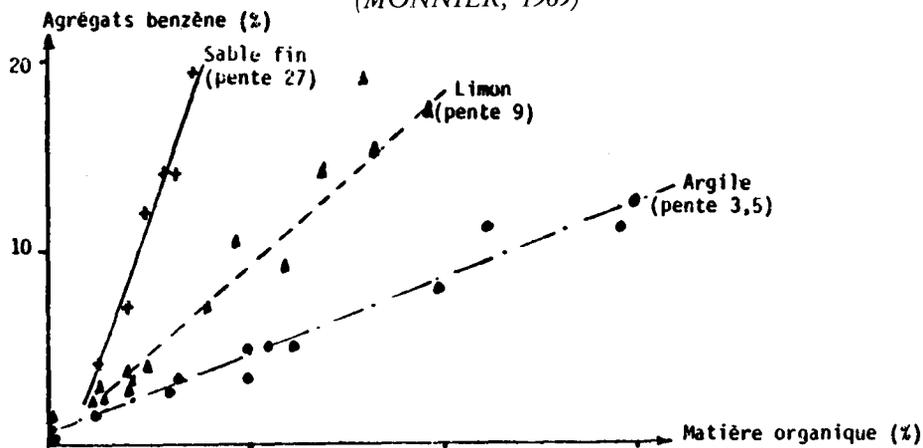
TABLEAU VIII
INDICE D'INSTABILITÉ STRUCTURALE I_s (test HÉNIN)
A MONTLUEL EN 1977

(BOIFFIN, SEBILLOTTE, TAGAUX, non publié)

Niveau de fumure	Rotations		
	A	B	C
N_1	8,15	6,76	5,49
N_2	7,62	6,48	5,42

FIGURE 12
 ALLURE DE LA STABILISATION PAR LES MATIÈRES ORGANIQUES
 DE TROIS SOLS DE TEXTURE DIFFÉRENTE

(MONNIER, 1965)



SEBILLOTTE (1968) a montré à Montluel que les prairies d'un ou deux ans pouvaient entraîner une amélioration passagère de la stabilité structurale en fin d'été, probablement du fait d'un assèchement accru du sol par rapport aux parcelles en jachère ou en culture, ici de maïs.

Cette amélioration de la stabilité structurale augmente la résistance du sol à la battance et réduit les phénomènes de prise en masse. Il faut cependant noter qu'un même accroissement de teneur de matière organique aura des effets stabilisateurs variés selon la texture (MONNIER, 1965) (figure 12).

2. Amélioration des propriétés mécaniques.

On a déjà évoqué les effets de la matière organique libre sur la résistance au tassement (GUERIF, 1976). La matière organique liée provoque aussi une telle amélioration ; elle diminue en outre l'adhésivité et améliore l'indice de plasticité (BAVER, 1956 ; REMY, 1971).

3. Amélioration du stockage de l'eau.

Une très forte augmentation de teneur en matière organique entraîne une capacité de stockage de l'eau accrue. Dans les conditions de la pratique, cet effet est en général *négligeable*.

III. — Conclusion sur l'effet précédent.

Cet effet est résumé dans le tableau IX. Si certains rôles d'amélioration sont toujours remplis, l'intensité des modifications sera très variable selon les circonstances.

L'accumulation de la matière organique dans le sol constitue, en définitive, le principal intérêt de l'introduction de la prairie. Mais cet accroissement n'atteint pas l'ampleur qu'on lui attribue, en général, sauf dans le cas des prairies de longue durée qui ne font plus, alors, partie d'une rotation culturale.

TABLEAU IX
PRINCIPAUX ASPECTS
DE L'EFFET PRÉCÉDENT D'UNE PRAIRIE

A - Modifications des états du sol.

État structural : Cette amélioration ne se produit pas toujours. Elle dépend :

- de la texture du sol,
- du mode d'exploitation et de son intensité,
- de l'espèce prairiale.

Teneur en matière organique : Il y a toujours accroissement. Son importance dépend :

- du mode d'exploitation et de son intensité,
- de l'espèce prairiale,
- de la durée de la prairie : la teneur n'est augmentée nettement que pour les prairies de dix ans et plus.

Érosion, pollution : Il y a toujours un effet bénéfique. (Problème des épandages massifs de lisier.)

État chimique : Il y a très souvent dans la pratique appauvrissement en K et Ca.

État parasitaire : L'effet est variable selon le parasite considéré.

B - Modifications des propriétés du sol.

Stabilité structurale : Elle ne s'améliore qu'au-delà de deux ans de prairie.

Elle est plus importante pour les espèces à racines annuelles, pour les graminées que pour les légumineuses.

Propriétés mécaniques : Elles sont en général améliorées.

Stockage de l'eau : En général, amélioration négligeable, sauf sous prairie de très longue durée.

2° partie : L'EFFET SUIVANT

Comme je l'ai souligné au début, les transformations du milieu dues à la prairie auront des effets variables sur le rendement de la culture suivante, selon ses propres exigences et les techniques culturales qui lui seront appliquées.

Une des questions essentielles est l'estimation de la durée, après le retournement de la prairie, des améliorations provoquées et donc, entre autres, de la vitesse d'évolution du stock de matière organique accumulée puisque tant que cette dernière sera à un niveau plus élevé que dans une parcelle sans prairie dans son histoire, il y aura maintien d'une amélioration.

1. L'évolution du stock de matière organique accumulée.

La question a déjà été évoquée, pour des raisons de simplification de l'exposé, dans l'étude de l'effet précédent.

Comme on l'a déjà vu (figures 8 et 9), le seul fait du retournement du stock de matière organique entraîne une perte considérable dès la première année. Les modifications de l'activité microbienne dues au travail du sol, ainsi que la nature des matières organiques accumulées sous la prairie, font que le coefficient de minéralisation K_2 devient, brutalement, beaucoup plus élevé (MONNIER, 1965).

On sait que K_2 varie selon les matières organiques et qu'il est plus élevé pour l'humus nouvellement formé que pour l'ancien (JENKISON, 1965 ; LUCAS et al., 1977), mais les travaux sont peu nombreux. Par l'étude de bilans concrets sur des exploitations (tableau X), BOIFFIN et FLEURY (1974) estiment pour leur part à 15 % la valeur de K_2 l'année suivant le retournement des prairies permanentes, K_2 prenant ensuite chaque année sous ce climat océanique la valeur moyenne de 1,7 %.

C'est donc par l'étude des bilans, que l'on peut conduire avec le modèle de HÉNIN et DUPUIS, que l'on pourra estimer la durée du stock

TABLEAU X
 BILAN ORGANIQUE POUR DEUX PARCELLES
 SUR DEUX EXPLOITATIONS ET
 DÉTERMINATION DES VALEURS DE K_2
 (BOIFFIN, FLEURY, 1974)

		PARCELLES	
		A	B
<u>Etat initial</u>	Humus (%)	3,92	3,22
	Tonnage/ha (2 600 t de terre)	102,00	83,00
<u>Gains</u>	Durée en culture	13 ans	9 ans
	4 ans Blé (racines + chaume + paille)	2,8	
	3 ans Blé (racines + chaume)		0,9
	Maïs (résidus enfouis)	6,8	4,5
		9,6	5,4
<u>Pertes</u>	1 ère année $K_2 = 15\%$	15,3	12,5
	Ensuite $K_2 = 1,7\%$	18,0	9,6
		33,3	22,1
<u>Nouvelle teneur</u>	Calculée	3,01	2,56
	Observée	2,91	2,39

de matière organique accumulée, durée dépendant aussi du devenir des résidus comme on peut le voir sur le tableau X. Sur ce tableau, si l'on considère, par exemple pour la parcelle A, que l'on abandonne l'élevage et que tous les résidus de culture seront enfouis, le taux de matière organique à l'équilibre sera environ, avec la même succession de cultures, de 17 ‰ et il faudra quelque quarante années pour atteindre ce taux. On vérifie une nouvelle fois la lenteur des évolutions de la matière organique et donc aussi le danger de ne pas surveiller cet indicateur de fertilité.

TABLEAU XI
STABILITÉ STRUCTURALE ET MATIÈRE ORGANIQUE
D'UN SOL SABLO-LIMONEUX APRÈS DEUX ANS DE SEMIS DIRECT
ET DE LABOUR SUR UNE PRAIRIE PERMANENTE
(TOMLISON, 1972, in CANNELL, FINNEY, 1973)

	Matière organique (%)			% d'agrégats stables					
	A	B	C	Faible stabilité			Forte stabilité		
				A	B	C	A	B	C
<i>Profondeurs (cm)</i>									
0 - 2,5	10,0	9,5	7,8	5	20	46	56	36	7
2,5 - 5	7,4	7,8	7,4	5	26	58	26	6	2
5 - 10	7,2	7,4	7,7	0	25	30	37	17	10
10 - 15	7,2	7,4	7,7	11	22	20	20	11	20
15 - 20	5,8	6,1	6,1	31	22	39	29	21	10

A = Prairie permanente mise en culture par semis direct (B) ou par labour (C).

Il faut évoquer le cas particulier des prairies remises en culture avec destruction chimique du couvert prairial et semis direct de la culture suivante sans travail important du sol. En effet, l'absence de travail du sol provoque pour l'évolution de la matière organique les mêmes effets que la prairie : il y a un net ralentissement de la minéralisation et une accumulation très superficielle (RECAMIER, 1969 ; CANNELL et FINNEY, 1973 ; MONNIER et al., 1976). Cependant, le passage de la prairie au semis direct, s'il ne modifie guère la répartition de la matière organique, semble modifier ses effets sur la stabilité structurale (TOMLINSON, 1972 in CANNELL et FINNEY, 1973) (tableau XI). Cette question mériterait d'être approfondie, sans oublier que les techniques de semis direct ne peuvent être conseillées à toutes les catégories de situations culturales (WILKINSON, 1975 ; FOURBET et al., 1980) et donc qu'un avantage éventuel de ce mode de remise en culture ne pourra être espéré partout. On peut même craindre que là où il serait apparemment le plus intéressant (sol limoneux très battant) il ne soit au contraire à prohiber car l'amélioration d'état structural sous prairie sera alors souvent faible comme en témoignent les observations faites à Montluel.

2. Conséquences de la minéralisation de la matière organique stockée.

Deux conséquences principales existent :

— la forte minéralisation des premières années entraîne une chute importante de la stabilité structurale qui se situera, ensuite, à un niveau déterminé par l'accroissement résiduel (vis-à-vis du témoin sans prairie) d'humus (MONNIER, 1965) ;

— la minéralisation provoque une libération d'azote minéral qui sera supérieure à celle du témoin tant que le stock d'humus lui sera aussi supérieur.

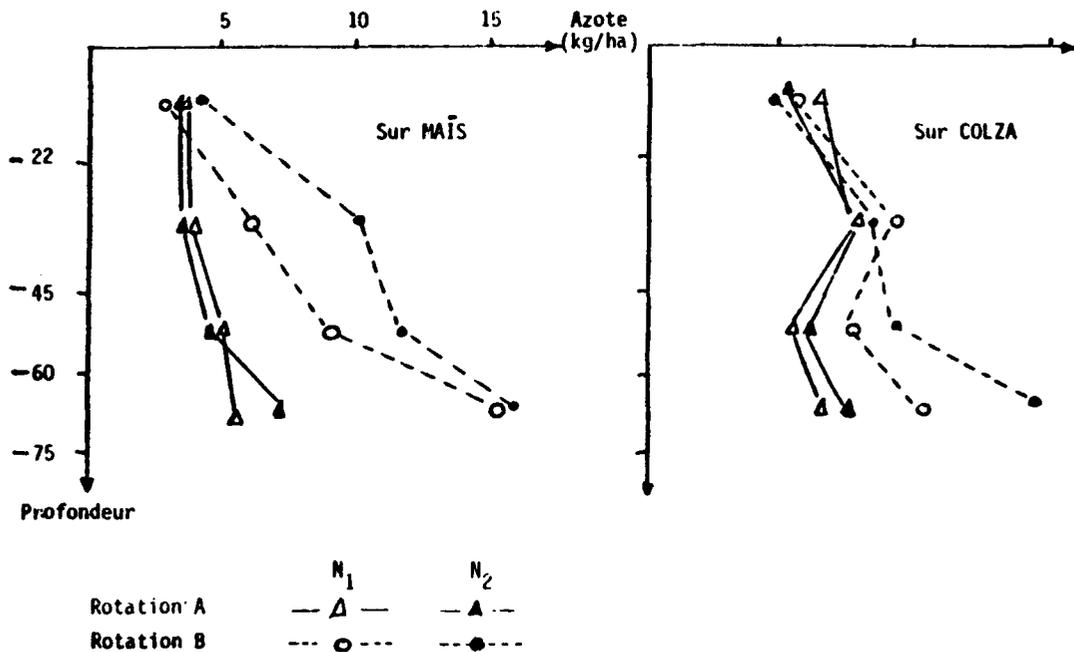
A Montluel, on observe ainsi systématiquement, pour les deux blés de la rotation C (avec prairie), un nombre d'épis supérieur à ceux des rotations sans prairie (A et B) (tableau XII) et ceci en l'absence de toute perturbation due à des adventices (BOIFFIN, SEBILLOTTE, non publié). L'âge du retournement de la prairie joue un rôle, la différence étant moins

TABLEAU XII

NOMBRE D'ÉPIS DE BLÉ (au m²) A MONTLUEL
MOYENNE DES ANNÉES SANS ADVENTICES
(BOIFFIN, SEBILLOTTE, TAGAUX, non publié)

Précédent cultural	Niveau de fertilisation	Rotations		
		A	B	C
MAÏS	N ₁	374	360	455
	N ₂	426	426	457
COLZA	N ₁	412	426	457
	N ₂	453	472	465

FIGURE 13
PROFILS D'AZOTE NITRIQUE (kg azote/ha) :
BLÉ SUR MAÏS ET SUR COLZA, A MONTLUEL (8 mars 1977)
(BOIFFIN, TAGAUX, non publié)



nette la quatrième année (blé sur colza) que la deuxième année ; de plus, une fertilisation renforcée en azote (niveau N₂) ne permet pas, au moins sur maïs, de rattraper cet effet bénéfique.

Les profils d'azote nitrique (figure 13) confirment cet effet et divers indices semblent montrer qu'il s'agit d'une minéralisation très précoce (BOIFFIN, TAGAUX, 1978).

TABLEAU XIII
RENDEMENT DU BLÉ, AZOTE MINÉRAL DU SOL
ET PÉRIODE DE RETOURNEMENT DE LA PRAIRIE (*dactyle-trèfle blanc*)
A LUSIGNAN

(JACQUARD, CROISIER, 1970)

Période du Retournement	Rendement du blé (t/ha)		Azote minéral du sol (kg/ha sur 0 - 60 cm)	
	Grain	Paille	au 5/4	au 17/4
Juin	3,12	3,71	67	81
AOÛt	2,58	2,97	44	47

Parcelle de blé témoin (sans fertilisation azotée)

A Lusignan, JACQUARD et CROIZIER (1970), qui obtiennent des résultats analogues, précisent l'influence de la date de retournement de la prairie temporaire (tableau XIII) lorsqu'il s'agit de plantes à racines pérennes (lignes alternées de dactyle Floréal et de trèfle blanc Ladino de quatre ans) ; dans le cas du retournement de juin, les racines de la prairie ont commencé leur évolution plus tôt.

Cette libération d'azote due à la richesse supplémentaire de matière organique permet d'atteindre plus vite l'optimum d'apport d'azote avec une moindre réponse à l'azote apporté, comme le constate BOYD (1968) tant à Rothamsted qu'à Woburn. Sur des parcelles ayant des teneurs en matière organique du sol semblables, l'introduction d'une prairie temporaire de trois ans (luzerne, graminées) ne modifie pas la courbe de réponse à l'azote ; il faut seulement des doses moindres pour obtenir le rendement maximum qui, dans tous les cas, est identique à celui des parcelles cultivées sans prairie.

Il faut noter ici que, pour les cultures d'été, l'apport supplémentaire d'azote dû au précédent prairie n'entraîne aucune augmentation de rendement. C'est le cas du maïs à Lusignan, à Montluel, dans la région de Pau

(MANICHON, SEBILLOTTE, 1973) ; c'est aussi le cas de la pomme de terre (BOYD, 1968), l'azote n'étant pas facteur limitant dans les conditions de fertilisation courante de ces cultures. A Montluel, il n'y a non plus aucun avantage de rendement pour le colza d'hiver, d'autres facteurs limitants intervenant probablement.

BOYD (1968) estime qu'une céréale bénéficie, derrière une prairie temporaire (graminée ou graminée-légumineuse) de trois ans, d'environ 50 kg d'azote à l'hectare la première année après son retournement et de 25 à 30 kg la troisième année.

Les résultats de Montluel confirment ces ordres de grandeur (BOIFFIN, TAGAUX, 1978). Il faut remarquer ici que ces estimations, obtenues sur céréales, mélangent les reliquats azotés de sortie d'hiver à la minéralisation des résidus de prairie et de l'humus formé durant la période prairiale. Faire la part entre ces postes est délicat. Cependant, on remarquera que l'essentiel de la fourniture d'azote derrière une prairie de courte durée provient de la minéralisation des résidus de récolte enfouis et des racines. En effet, un accroissement déjà considérable de 1 % d'humus (C/N = 10) ne donne qu'environ 30 kg d'azote minéral supplémentaire. Lorsque l'on retourne une prairie de légumineuses de deux ou trois ans, les doses d'azote libérées sont souvent plus élevées. Par exemple, GACHON (1973) observe, après une luzerne de deux ans et sans azote, des rendements de blé supérieurs à ceux obtenus en rotation sans prairie avec 120 kg d'azote.

En l'absence de travail du sol, la diminution de minéralisation déjà signalée entraîne une moindre quantité d'azote minéral (SCOTT RUSSELL, CANNELL, GOSS, 1975).

3. L'état structural et la stabilité de la structure.

En général, au moment du retournement, la structure sous prairie est moins continue, comme on l'a vu. *Cette amélioration qui dépend de la texture du sol se maintient dans la mesure où la stabilité structurale reste supérieure et à la condition que le sol soit travaillé correctement ; ainsi, l'amélioration structurale due à un ray-grass d'Italie de deux ans ne persistera pas au-delà de la première année de culture.*

Dans une enquête effectuée dans la région de Pau (France), MANICHON et SEBILLOTTE (1973, 1975) ont comparé les états structuraux du profil cultural sous maïs selon qu'il y avait eu, ou non, de la prairie dans l'histoire de la parcelle. Ils constatent :

— qu'en culture continue de maïs le sol est plus sensible aux effets dégradants du travail du sol ;

— que des travaux brutaux ou (et) faits en conditions humides nivèlent l'éventuel effet bénéfique de la prairie ;

— que l'histoire de la prairie permet d'expliquer les situations où elle entraîne peu ou pas d'effets : rôle de l'âge, du mode d'exploitation. Si la prairie est de courte durée (trois à cinq ans), elle n'entraîne d'amélioration que si les techniques de travail du sol sont très peu dégradantes.

A Montluel, par contre, BOIFFIN, SEBILLOTTE et DUBY (1975) observent un effet fréquemment négatif de la rotation C sur la densité de peuplement du maïs (implanté sur la prairie retournée) vis-à-vis des rotations A et B dans lesquelles le maïs suit un blé. Deux sources d'explication existent :

— la profondeur du semis est plus irrégulière et en année sèche les graines superficielles ne donnent pas de plantes ;

— bien que la stabilité structurale soit accrue, du fait de la structure beaucoup plus fine derrière prairie, on note, les années très pluvieuses, un accroissement de la battance. On oppose ainsi la notion de *stabilité du lit de semence*, donc du sol en place, à celle de stabilité structurale qui concerne le matériau. En revanche, ultérieurement, la taille des éléments structuraux étant semblable, l'effet bénéfique de l'amélioration de stabilité se manifeste nettement : trois ans après son retournement, la prairie permet une densité de peuplement supérieure pour le colza, d'autant plus qu'il y a accumulation d'eau en surface (tableau XIV).

C'est en effet sur cette culture, dont les semis sont souvent soumis aux orages violents de fin d'été, que les effets bénéfiques de l'introduction de la prairie se manifestent le mieux (BOIFFIN et al., à paraître) : l'enrichissement en matière organique réduit la sensibilité aux aléas climatiques dans ce sol très battant, sans pour autant éliminer tous les accidents.

TABLEAU XIV
EFFET DE L'INTERACTION
ACCUMULATION SUPERFICIELLE D'EAU-ROTATION
SUR LA DENSITÉ DE PEUPEMENT (*pieds/m²*)
DU COLZA D'HIVER A MONTLUEL EN OCTOBRE 1976
(BOIFFIN, et al., 1980)

	<i>Rotations</i>		
	A	B	C
Zone d'accumulation superficielle d'eau	23	33	52
Zone sans accumulation superficielle d'eau (très légères buttes)	43	58	57

4. Les propriétés mécaniques et hydrauliques.

Lorsqu'il y a un net enrichissement en matière organique, la terre se travaille mieux, sa cohésion générale ainsi que l'énergie nécessaire pour le labour sont réduites (LOW, PIPER, 1973). Le passage de la charrue donne une terre plus fine, plus propice à une reprise simplifiée par les façons superficielles (HUTTER et al., à paraître).

Sa meilleure résistance au tassement et le relèvement des humidités critiques, déjà signalées, permettent d'accroître le nombre de jours disponibles pour les travaux culturaux, ce qui peut être très important sur une exploitation agricole.

L'amélioration d'état structural, lorsqu'elle se maintient, favorise en terre battante le ressuyage de l'horizon cultivé.

5. L'état parasitaire des cultures suivantes.

L'effet sur les adventices de la présence d'une prairie dans la rotation a particulièrement été étudié à Montluel (SEBILLOTTE, 1967 ; BOIFFIN,

Prairie et

TABLEAU XV
 POIDS D'ADVENTICES (*t/ha de Lolium rigidum*) A MONTLUEL
 DANS LES PARCELLES DE BLÉ
 (blé sur maïs en 1967, blé sur maïs et colza les autres années)
 (SEBILLOTTE, 1967 ; BOIFFIN, SEBILLOTTE, 1972)

Années	Successions culturales et rotations	Poids d'adventices
1967	Colza-Blé-Maïs (Rotations A et B)	0,44
	2 ans de Prairies-Maïs (Rotation C)	0,02
1968	Rotations A et B	2,29
	Rotation C	0,50
1972	Rotations A et B	2,90
	Rotation C	0,70

SEBILLOTTE, 1972). Le tableau XV donne les différences d'infestations, exprimées en tonnes de matière sèche d'adventices, selon les différentes rotations les années où les traitements herbicides ont été peu efficaces. Le rôle positif de la prairie est considérable. Il se traduit par une forte augmentation de rendement, due principalement à une augmentation du nombre d'épis, par rapport aux parcelles envahies par les adventices qui peuvent entraîner une chute de plus de 10 q à l'hectare.

Cependant, comme on l'a déjà souligné, cet effet n'est pas toujours positif. En particulier il peut dépendre des modalités de retournement pour toutes les plantes autres qu'annuelles. A Montluel, la prairie commence à être envahie en quatrième année d'agrostide rampant qui, lorsque le labour est insuffisamment fermé, se retrouve dans les cultures suivantes. BARKER (1963) avait déjà souligné ce problème en comparant différents outils de travail du sol pour implanter le blé dans les deux rotations suivantes :

- pomme de terre-blé-betterave sucrière-orge ;
- ray-grass d'Italie + trèfle violet-blé-betterave sucrière-orge.

TABLEAU XVI
 RENDEMENT MOYEN DU BLÉ (*q/ha*) SUR QUATRE ANS
 DERRIÈRE POMME DE TERRE (A)
 OU RAY-GRASS D'ITALIE + TRÈFLE VIOLET (B)
 (BARKER, 1963)

Rotations	Charrue	Rotavator	Canadien	Disques
A	42,3	40,1	40,1	39,5
B	39,6	32,4	27,0	26,6

Derrière ray-grass, on notait des repousses, sauf avec la charrue, d'où les différences de rendement (tableau XVI).

Cet envahissement de la prairie par des plantes pérennes, en particulier à rhizome (*Agropyrum repens*), peut être particulièrement gênant lorsque l'on pratique la culture minimum avec semis direct et peut alors exiger l'emploi d'herbicide supplémentaire à base d'autres matières actives (CANNELL, FINNEY, 1973 ; CUSSANS, 1975).

Concernant les champignons pathogènes, les résultats sont peu nombreux et semblent dépendre de la composition botanique de la prairie. Par ailleurs, on sait que les notations de symptômes renseignent insuffisamment sur la gravité de l'attaque. Cependant, PONCHET et COPPENET (1962) notent l'effet bénéfique pour le blé d'une année de prairie. SLOPE et al. (1972) montrent aussi l'effet bénéfique d'une interruption d'une période de culture par l'introduction d'une prairie pour diminuer l'infestation sur le blé des piétins verse et échaudage. Cependant, il existe un important effet-année : cet avantage ne se manifeste que les années favorables au développement du parasite.

La nécessité de traiter contre les taupins pour les semis de maïs sur retournement de prairie est bien connue : il s'agit d'un arrière-effet négatif.

CONCLUSION

1. — La conclusion essentielle, à mon avis, est qu'on ne doit pas opposer la prairie aux cultures, mais considérer qu'il y a *des* prairies et que leurs effets sur le milieu sont très variables, qu'il s'agisse de prairies temporaires ou de prairies permanentes. Certains de ces effets sont positifs (apport de matière organique), d'autres négatifs (fortes exportations minérales).

2. — Les prairies sont d'abord présentes sur une exploitation pour l'élevage et c'est ce dernier qui gouverne leur conduite. Lorsqu'une prairie est introduite dans la succession de cultures pour améliorer le milieu physique, on compte essentiellement sur son apport de matière organique au sol et sur ses conséquences bénéfiques. Dès lors, la prairie doit être conduite d'une certaine manière et l'objectif d'alimentation du troupeau devient secondaire.

3. — L'entretien du stock de matière organique à un niveau « acceptable » et cependant moyen suppose, avec des prairies de courte durée, qu'au moins durant la moitié de la rotation la parcelle porte de l'herbe. Les améliorations notables du taux de matière organique du sol ne peuvent s'obtenir qu'en faisant alterner des prairies de longue durée (la dizaine d'années au moins) avec des durées équivalentes de cultures.

4. — Mais la présence de prairie temporaire a beaucoup d'autres rôles :

- *sur la parcelle* : meilleur contrôle des adventices annuelles, diminution de certains parasites, réduction de la pollution et de l'érosion, travail du sol plus facile, réduction des effets des aléas climatiques sur les cultures suivantes ;
- *sur l'exploitation* : augmentation des jours disponibles pour les travaux, réduction de certains coûts (énergie, pesticides).

Il importe donc, pour juger de l'intérêt de la prairie, de prendre en compte l'ensemble des rôles qui lui sont reconnus et de les hiérarchiser selon chaque situation de milieu et d'exploitation agricole.

En particulier, dans toutes les terres assez argileuses pour avoir une stabilité structurale suffisante, je fais miennes les deux opinions suivantes :

« Les résultats de Rothamsted et Woburn montrent que les gains dus à une rotation avec prairie temporaire sont habituellement faibles ou inexistantes... L'incapacité des prairies temporaires à augmenter le rendement des cultures suivantes implique qu'elles doivent être jugées sur la quantité et la qualité de leur fourrage comparées à ce que l'on obtient avec une prairie permanente et sur leur valeur comme culture d'alternance pour le contrôle des divers parasites » (BOYD, 1968).

« En définitive, dans les conditions d'expérimentation (localisation écologique notamment, Lusignan), le seul critère de choix entre cultures arables et inclusions de prairies utilisées sur place, dans la rotation, sera d'ordre économique (revenu brut en produits commercialisés). Les aspects agronomiques joueront très peu dans l'orientation prise par l'agriculteur » (JACQUARD, CROIZIER, 1970).

En revanche, dans toutes les terres limoneuses et limono-sableuses, l'introduction de prairie se pose *aussi* en termes agronomiques, comme le montrent bien les résultats de Montluel. *Cependant, il ne faut pas en déduire que l'on ne sait pas cultiver avec succès des terres battantes pauvres en matière organique ; c'est seulement plus coûteux, en particulier sur le plan des dépenses de travail du sol (investissement et énergie) et les conséquences des aléas climatiques plus graves.*

Enfin, il faut dire un mot du cas particulier des légumineuses dont l'intérêt peut se trouver considérablement renforcé si le coût des engrais azotés continue à croître. Mais, et c'est une contrepartie importante, la fixation de la fumure azotée des céréales sera plus délicate, car plus soumise aux aléas climatiques.

5. — La prairie permanente permet, d'une certaine manière, l'accumulation d'un capital de matière organique d'autant plus élevé qu'elle sera bien conduite et correctement fertilisée.

Mais cette matière organique n'a guère d'intérêt pour la prairie permanente elle-même, elle ne devient valeur que s'il y a retournement et passage à la culture, surtout si l'on se trouve en terre fragile (sinon on gagne

quelques dizaines de kilogrammes d'azote à l'hectare et un travail des terres un peu plus facile).

Or ce retournement entraîne *obligatoirement* une chute de la teneur en matière organique du sol. *Le taux d'équilibre sera ensuite fonction du système de culture et donc du système de production : dans une exploitation d'élevage, le retournement d'une prairie permanente n'entraînera pas une chute notable de matière organique si des graminées prairiales restent présentes dans la succession culturale et si les apports de fumier sont régulièrement faits et répartis sur toutes les parcelles.* Dans une exploitation qui retourne ses prairies permanentes parce qu'elle abandonne l'élevage, le taux de matière organique diminuera progressivement. Mais ceci n'aura pas forcément de conséquences négatives.

On ne peut pas affirmer *a priori* que le retournement d'une prairie permanente compromet la « bonne exploitation du fonds ». Tout au plus peut-on dire qu'il exigera une meilleure maîtrise technique de la part du cultivateur. C'est peut-être parce que la prairie permanente permet sans aucun effort technique une relative conservation du fonds et que son loyer reste élevé même si, à cause des techniques traditionnelles, sa production est faible, que de telles opinions ont la vie dure. Ceci étant, le retournement de la prairie permanente n'est pas toujours un moyen d'obtenir plus d'herbe, bien que, dans une exploitation toute en prairie, ce soit le seul de produire d'autres fourrages plus facilement stockables d'où « amélioration des conditions d'exploitation ».

Derrière cette opposition, on retrouve l'idée encore bien vivante d'une fertilité en soi du sol, indépendante du climat et surtout des systèmes de culture, de production et des techniques, mais c'est un autre débat.

Michel SEBILLOTTE,
Professeur d'Agronomie,
I.N.A.-P.G.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- BARKER M.G. (1963) : « Some effects of primary cultivations on crop yield in a four course rotation », *J. Agric. Sci.*, 61, 173.
- BAVER L.D. (1956) : *Soil physics*, 3^e éd. John Wiley, N.Y.
- BOIFFIN J., FLEURY A. (1974) : « Quelques conséquences agronomiques du retournement des prairies permanentes », *Ann. Agron.*, 25 (4), 555-573.
- BOIFFIN J., SEBILLOTTE M., DUBY C. (1975) : « Influence des conditions écologiques et de l'histoire culturale sur le rendement du maïs grain. Analyse de huit campagnes sur un essai de longue durée », *Ann. Agron.*, 26 (5), 555-591.
- BOIFFIN J. (1976) : « Histoire hydrique et stabilité structurale de la terre », *Ann. Agron.*, 27 (4), 447-463.
- BOIFFIN J., SEBILLOTTE M. (1976) : « Climat, stabilité structurale et battance. Essai d'analyse d'un comportement du sol au champ », *Ann. Agron.*, 27 (3), 295-325.
- BOIFFIN J., SEBILLOTTE M. (1976) : « L'essai rotations culturales de Montluel : I.- Douze années d'expérimentation sur les systèmes de culture - II. Le maïs - III. Les adventices - IV. L'évolution des sols », *L'Ain agricole* n^{os} 13/4, 27/4, 15/6, 13-20/7, 8 p.
- BOIFFIN J., TAGAUX M.J. (1978) : *Nutrition azotée du blé d'hiver et fourniture d'azote minéral par le sol en terre battante. Effet résiduel de la prairie temporaire, des précédents culturaux et de l'enfouissement des pailles*, Ronéo Chaire d'Agronomie I.N.A.-P.G., 77 p.
- BOIFFIN J., CAPILLON A. (1980) : « Fertilisation phosphopotassique. Théorie et pratique sont encore trop éloignées », *Tracteurs et Machines agricoles*, n^o 769.
- BOIFFIN J., FABRE B., GAUTRONNEAU Y., SEBILLOTTE M. (1980) : « Les risques de mauvaise levée du colza d'hiver en terre battante. Analyse d'une expérimentation de longue durée en vue de leur prévision », 31 p., à paraître. *Informations techniques* (CETIOM).
- BOYD D.A. (1968) : « Experiments with ley and arable farming systems », *Rothamsted Exp. Stat. Report for 1967*, part 2, 316-331.
- BUI HUU TRI (1968) : « Dynamique de la granulation du sol sous prairie », *Ann. Agron.*, 19 (4), 415-439.
- CANNELL R.Q., FINNEY J.R. (1973) : « Effects of direct drilling and reduced cultivation on soil conditions for root growth », *Outlook on agriculture*, 7 (4), 184-190.

- CAPILLON A., TAGAUX M. (1980) : « Rendement des prairies et systèmes de production : Analyse de la conduite de la production fourragère dans sept exploitations du Pays de Caux Maritime », *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 27-3-80, 335-347.
- CHAZAL P., DUMONT R. (1955) : « La nécessaire révolution fourragère et l'expérience lyonnaise », 2^e éd. *Le Journal de la France Agricole*, Paris.
- COCHARD B., FLEURY A. (1968) : « Essai d'applications de la formule de JENNY à l'étude de la teneur en matière organique des sols de France », *Bull. A.F.E.S.*, 3, 21-29.
- COPPENET M. (1974) : « L'épandage du lisier de porcherie. Ses conséquences agronomiques », *Ann. Agron.*, 25 (2-3), 403, 423.
- COPPENET M. (1975) : « Plan de fumure dans les exploitations d'élevage », In : « La fertilisation raisonnée », *Fermes modernes*, n° H.S., 97-104.
- COOKE G.W., WILLIAMS R.J.B. (1972) : « Problems with cultivations and soil structure at Saxmundham », *Rothamsted Exp. Stat. Report for 1971*, part 2, 122-142.
- CUSSANS G.W. (1975) : « Weed control in reduced cultivations and direct drilling systems », *Outlook on agriculture*, 8, special N°, 240-242.
- DUHAMEL DU MONCEAU (1750, 1756), Paris : *Traité de la culture des terres selon les principes de M. TULL, Anglais*, 6 volumes.
- DYKE G.V., PATTERSON H.D. and the late BARNES T.W. (1977) : « The Woburn long term experiment on green manuring, 1936-1967. Results with barley », *Rothamsted Exp. Stat. Report for 1976*, part 2, 119-152.
- EDWARDS C.A. (1975) : « Effects of direct drilling on the soil fauna », *Outlook on agriculture*, 8, 243-244.
- FOURBET J.F., MANICHON H., STENGEL P. (1980) : « Les rendements des cultures », n° spécial *Semis direct. Perspectives agricoles*, 34, 30-36.
- GACHON L. (1973) : « Influence du système cultural sur l'économie de l'azote en sol argilo-calcaire de Limagne », *Bull. A.F.E.S., Sc. du Sol*, 3, 177-197.
- GACHON L., TRIBOI E. (1977) : « Influence du système cultural sur la charge en nitrates des eaux d'infiltration », In Colloque : *Protection des eaux souterraines captées pour l'alimentation humaine*, Orléans, 1/2-3-77, 143-159.
- GUERIF J. (1976) : *Première contribution à l'étude de l'influence des matières organiques sur le comportement au compactage des sols*, Mémoire de D.E.A., U.S.T.L.-E.N.S.A., Montpellier.
- HÉNIN S., DUPUY M. (1945) : « Essai de bilan de la matière organique du sol ». *Ann. Agron.*, 15 (1), 17-29.

- HOOD A.E.H. (1976) : « Nitrogen, grassland and water quality in United Kingdom », *Outlook on agriculture*, 8 (6), 320-327.
- HUTTER W., BOISGONTIER D., LACAZE C., CHABERT M., GRILLERE S. (1980) : « Itinéraire du travail du sol comme révélateur du comportement du sol dans un dispositif expérimental de longue durée avec rotation », à paraître aux *Ann. Agron.*, 28 p.
- JACQUARD P., CROISIER L., MONNIER G. (1969) : « Étude des effets résiduels des cultures fourragères sur les cultures arables : I. Effets résiduels de la luzerne sur le blé et le maïs », *Ann. Agron.*, 20 (4), 371-433.
- JACQUARD P., CROISIER L. (1970) : « Étude des effets résiduels des cultures fourragères sur les cultures arables : III. Bilan de six années d'essais sur l'étude globale des effets résiduels et de leur durée », *Ann. Agron.*, 21 (3), 247-268.
- JENKINSON D.S. (1966) : « The turnover of organic matter » In *The use of isotopes in soil organic matter studies*, Report F.A.O./I.A.E.A. technical meeting, Pergamon, 187-197.
- JENNY H. (1941) : *Factors of soil formation*, McGraw Hill, N.Y.
- JOHNSTON A.E. (1973) : « The effects of ley and arable cropping systems on the amounts of soil organic matter in the Rothamsted and Woburn ley arable experiments », *Rothamsted Exp. Stat. report for 1972*, part 2, 131-159.
- LUBET E., JUSTE C. (1979) : « Effet de l'introduction d'une prairie temporaire, d'un engrais vert et de l'exportation des résidus de récolte sur les monocultures de maïs implantées dans les sols sablo-limoneux du sud des Landes », *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 14-2-79, 295-309.
- LOW A.J., PIPER F.J. (1973) : « Some examples of the effect of soil physical conditions on the tractive effort required during ploughing », *J. Sc. Fd. Agric.*, 24, 1011-1020.
- LUCAS R.E., HOLTMAN J.B., CONNOR L.J. (1977) : « Soil carbon dynamics and cropping practices », In *Lockeretz Agriculture and energy*, N.Y. Acad. press.
- MANICHON H., SEBILLOTTE M. (1973) : *La monoculture du maïs. Résultats d'une enquête agronomique dans les régions de Garlin et de Navarrenx (Pyrénées-Atlantiques)*, ronéo Chaire d'Agronomie I.N.A.-P.G., 108 p. + annexes.
- MANICHON H., SEBILLOTTE M. (1975) : « Analyse et prévision des conséquences des passages successifs d'outils sur le profil cultural », *B.T.I.*, 302-303, 569-577.
- MARTY J.R., COURAU M. (1969) : « Influence du système de culture sur l'écoulement de l'eau dans un sol mal structuré », *Ann. Agron.*, 20 (4), 361-369.
- MOLDENHAUER W.C., WISCHMEIER W.H., PARKER D.T. (1967) : « The influence of crop management on run off, erosion, and soil properties of a Marshall silty clay loal », *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.*, 31, 541-546.

- MONNIER G. (1965) : *Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols*, Thèse, Paris.
- MONNIER G., STENGEL P., BODET J.M. (1976) : « Conséquences de la répartition des matières organiques sur le comportement du sol », In : *Simplification du travail du sol en production céréalière*, Colloque I.T.C.F., Paris, 151-165.
- NOIRFALISE A. (1974) : « Mécanismes, causes et conséquences de l'eutrophisation des eaux de surface », Semaine d'étude Agriculture et Environnement, *Bull. Recherche Agron., Gembloux*, H.S., 96-110.
- PATTULO (1758), Paris : *Essai sur l'amélioration des terres*.
- PERIGAUD S., MORFAUX J.N. (1977) : « Agriculture, élevage et environnement », *B.T.I.*, 321, 305-318.
- PLET P., TANGUY H. (1978) : *L'enfouissement du lisier : conséquences sur la structure du sol et sur la diffusion des produits du lisier*, Ronéo, Laboratoire de recherche de la Chaire de Science du Sol, I.N.R.A., Rennes, 117 p.
- PONCHET J., COPPENET M. (1962) : « Influence de divers facteurs culturaux sur le développement du piétin échaudage *Linocarpon carieti* B. et BR. », *Ann. Epiphyties*, 13, 285-291.
- RATTIN S. (1978 et 1979) : « La spécialisation croissante des exploitations agricoles », *Cahiers de Statistiques Agricoles*, n^{os} 43 et 46, 11-46, 11-18.
- RÉCAMIER A. (1969) : *Les herbicides et la possibilité de suppression du labour. Herbicides et techniques de culture*, Colloque F.N.G.P.C., Columa, Versailles, 63-90.
- RÉMY J.C. (1971) : « Influence de la constitution physique des sols sur leur comportement mécanique : signification des limites d'ATTERBERG en matière de travail du sol », *Ann. Agron.*, 22 (3), 267-290.
- ROZIER Abbé (1781-1800), Paris : *Cours complet d'agriculture théorique, pratique et économique*, 12 volumes.
- SCOTT RUSSEL R., CANNELL R.Q., GOSS M.J. (1975) : « Effects of direct drilling on soil conditions and root growth », *Outlook on agriculture*, 8, special N^o, 227-232.
- SEBILLOTTE M. (1967) : « Compétition entre blé et graminées adventices. Rôle des rotations culturales », *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 13-12-67, 1274-1388.
- SEBILLOTTE M. (1968) : « Stabilité structurale et bilan hydrique du sol. Influence du climat et de la culture », *Ann. Agron.* 19 (4), 403-414.
- SEBILLOTTE M. (1978) : *Cours d'Agronomie*, 6 tomes, Institut National Agronomique, Paris-Grignon.

- SERRES O. de (1600), Paris : *Théâtre d'agriculture et Mesnage des champs*.
- SLOPE D.B. (1973) : « Grain yield and the incidence of take all and eyes spot in winter wheat grown in different crop sequences at Saxmundham », *Rothamsted Exp. Stat. Report for 1972*, part 2.
- TARELLO (1860) : In HEUZE G. « Les Assolements », *La Maison rustique*.
- TROUGHTON A. (1957) : « The underground organs of herbage grasses », *Bull. 44 C.A.B.*, 163 p.
- WILKINSON B. (1965) : « Soil types and direct drilling. A provisional assessment », *Outlook on Agriculture*, 8, Special n°, 233-235.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D. (1965) : « Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Guide for selection of practices for soil and water conservation », *Agr. Handbook*, 282, U.S.D.A., 47 p.
- YOUNG A. (1787, 1788, 1789) : *Voyages en France*.