

Comparaison du comportement spectral de prairies permanentes en Lorraine avec leur type d'utilisation

Marc BENOIT, Colette M. GIRARD*, Emmanuel de VAUBERNIER

I.N.R.A.-SAD Unité Versailles-Dijon-Mirecourt, Domaine du Joly, F 88500 Mirecourt

** I.N.A.-Paris Grignon, Laboratoire de Géobotanique, F 78850 Thiverval-Grignon*

Avec la collaboration technique de Jean HUSSON, Bernard LAVALETTE & Jean BARLIER de l'I.N.R.A.-SAD Mirecourt

RÉSUMÉ

Des prairies permanentes de Lorraine ont fait l'objet d'observations (relevés botaniques, descriptions agronomiques) et de mesures de terrain (réflectance, biomasse aérienne) au cours de la période végétative de 1986 (de la fin avril à la fin septembre). Des unités botaniques ont été tout d'abord définies à partir d'espèces à fort recouvrement. Des types d'utilisation ont ensuite été mis en évidence par enquête dans les exploitations agricoles qui utilisent ces prairies. Les mesures radiométriques de terrain montrent des comportements spectraux des types d'utilisation en fonction du temps. La comparaison de toutes ces données permet d'envisager une cartographie des prairies permanentes et un suivi de leur utilisation au cours d'une année, ou d'une année à l'autre, à partir de données satellitaires.

Mots clés additionnels : *Modes d'exploitation, télédétection, réflectance.*

SUMMARY

Comparison of the classification of Lorraine grassland types with their spectral behaviour.

Observations (botanical sampling, agronomical description) and measurements (ground spectral reflectance, above-ground biomass) of grasslands in Lorraine were made during the 1986 growing season : from the end of April to the end of September. Different botanical units, defined on the basis of highly covering species, were characterized. This botanical classification, based on the integration of ecological factors by species, did not change from year to year : it is a preliminary step, serving as a basis for comparison of the different grasslands. Agronomic units were defined on the basis of man's management practices (table 2). They were also characterized by seasonal spectral behaviour (fig. 2, table 4). However unlike the botanical units, the agronomic units could differ according to the annual management planned by the farmer, which is liable to change according to the farmer's needs. Comparison of these different results suggests that remote sensing could be used to map grassland and monitor its management year by year.

Additional key words : *Grassland management, remote-sensing, reflectance.*

I. INTRODUCTION

Les prairies permanentes occupent une place importante : 39 % de la SAU (SCEES, 1985) et tout particulièrement en Lorraine où elles correspondent respectivement à 80 % et 60 % dans les petites régions agricoles du Bassigny-Châtenois et des Côtes de Meuse.

Les agronomes qui tentent d'établir une typologie agronomique de ces prairies s'intéressent en particulier aux modes d'utilisation et pratiques agricoles qui correspondent à des choix d'intensification ou non (JEANNIN *et al.*, 1984). Cette intensification permet un accroissement du chargement, une diversification des

types de production d'animaux et a donc une incidence importante sur le fonctionnement des exploitations (LEBRUN, 1984, BENOIT, 1985, BARREAU & ERAUD-BERTHAUD, 1986). Ce type d'étude est basé sur des enquêtes dont la mise en œuvre, très lourde, limite le nombre d'échantillons collectés.

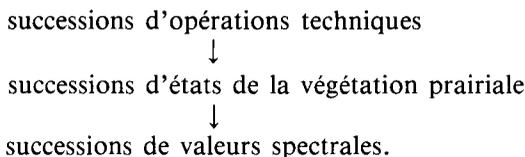
Les données satellitaires permettent d'embrasser sur une scène un territoire important (180 par 180 km pour Landsat Thematic Mapper, 60 par 60 km pour SPOT). D'autre part, différents travaux (ASRAR *et al.*, 1986, BROWN *et al.*, 1983, FRANK & ISARD, 1986, GIRARD, 1984, 1987...) ont montré que l'on pouvait caractériser diverses unités prairiales par leur compor-

tement spectral. Ceci permet de réaliser une cartographie des prairies à moyenne échelle (1/100 000 à 1/50 000) à partir de données satellitaires ou aéroportées. Mais la télédétection peut aussi permettre la spatialisation à l'ensemble d'une région, et donc la valorisation, des résultats d'observations et d'enquêtes ponctuelles.

Nous avons montré dans un article précédent (GIRARD, 1987) que l'on pouvait identifier des groupements prairiaux par leur comportement spectral, lié à la flore et sa physionomie.

Les pratiques agricoles appliquées aux prairies permanentes créent des physionomies différentes. PLANTUREUX *et al.* (1987), étudiant l'effet des techniques d'intensification sur l'évolution de la végétation de prairies permanentes lorraines, concluent que le diagnostic de l'état d'évolution d'une prairie en cours d'intensification ne peut s'envisager que par la considération simultanée de sa flore et de sa physionomie. Ces physionomies, qui pour une prairie permanente évoluent au cours du temps, sont liées à une plus ou moins grande rugosité de surface (une ou plusieurs strates verticales) et à l'importance relative de divers stades phénologiques (végétaux chlorophylliens ou plus ou moins desséchés, floraisons : FLEURY *et al.*, 1988). Elles peuvent donc être décrites et quantifiées par des valeurs de réflectance.

Si l'on veut suivre les modes d'exploitation des prairies, il faut d'abord identifier leurs différents types d'utilisation puis en préciser la localisation, et montrer la correspondance entre les modes d'utilisation et des types de comportements radiométriques définis à partir de mesures de terrain et identifiables sur les données satellitaires en vérifiant le modèle suivant :



C'est ce qui fait l'objet du présent article.

II. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Située au Sud-Ouest de la Lorraine, constituant la bordure Est du Bassin Parisien, la zone d'étude (48°20 N-5°35 E) est marquée par une succession de côtes et cuestas. On suit l'alternance d'Ouest en Est, de côtes, de plateaux de revers de côte, de vallées plus ou moins étroites ou de plaines. L'altitude varie de 300 m environ (vallées de la Meuse et du Vair) à environ 450 m (butte témoin de Mont-les-Neufchâteau, rebord de la Côte de Bois-Saint-Rémy à Châtenois). Les 3 petites régions agricoles des Côtes de Meuse, de la Haye et du Châtenois constituent une transition entre les régions agricoles INSEE plus vastes, du Barrois à l'Ouest et du Plateau Lorrain à l'Est (fig. 1).

Les différentes vallées de la Meuse et de ses affluents découpent la zone d'étude selon des axes approximativement Nord-Sud. Les villages sont souvent implantés juste au pied de la côte.

Les affleurements géologiques consistent en des intercalations de calcaires plus ou moins durs et d'argiles ou de marnes. Des dépôts d'alluvions récentes occupent les fonds de vallées.

La répartition des sols est liée à la géologie et la morphologie, on trouve :

- 1) sur les plateaux, des rendzines et des calcosols peu profonds, à faible réserve en eau,
- 2) sur les pentes, des calcosols, des calcisols et brunisols dont la profondeur et la réserve en eau s'accroissent du haut vers le bas de la pente. On peut trouver localement des sols présentant des caractères d'hydromorphie plus ou moins marquée au contact entre les calcaires et les argiles ou marnes, correspondant à des sources ou des mouillères,
- 3) dans les vallées, des sols alluviaux fréquemment inondés en hiver.

L'occupation des sols se répartit de la façon suivante selon le recensement général de l'Agriculture de 1979-1980 (tabl. 1).

Les surfaces herbagères représentent donc une part

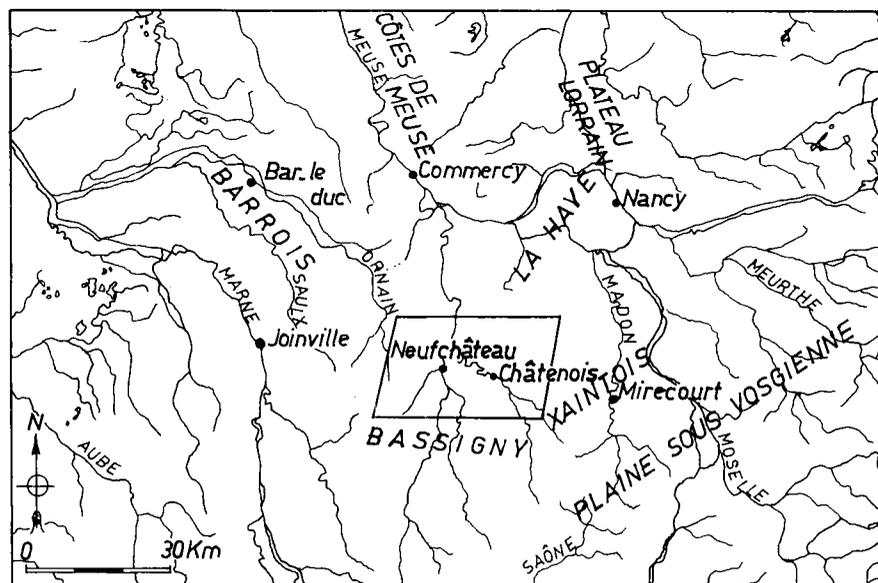


Figure 1
Présentation de la zone d'étude.
Location of test-zone.

TABLEAU 1
Occupation des sols dans les deux petites régions étudiées (RGA 1980).
Different soil uses in the two natural areas considered.

Surfaces ha	STH	Céréales	Autres	SAU totale
Côtes de Meuse	8 745 (60 %)	4 350 (30 %)	1 583 (10 %)	14 678
Châtenois	16 583 (85 %)	2 208 (11 %)	764 (4 %)	19 550
STH : Surfaces toujours en herbe		SAU : Surface Agricole Utile		

très importante du territoire, beaucoup plus que la moyenne française égale à environ 40 %.

III. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Puisque nous utilisons des critères botaniques et agronomiques nous avons retenu la station (plus petite unité botanique et agronomique homogène) comme unité de base de description. L'unité supérieure est la parcelle (unité d'utilisation agricole homogène). 38 stations de prairies permanentes ont été choisies dans la zone d'étude. Les critères de choix ont porté sur :

- une homogénéité botanique suffisante des parcelles dont les dimensions doivent être assez grandes (aire de 5 à 10 ha) pour pouvoir caractériser un nombre suffisant de pixels correspondant à chaque station, sur les données satellitaires ;

- une diversité dans les localisations morphologiques de façon à représenter divers comportements hydriques et profonds du sol ;

- et surtout, une diversité dans les pratiques agricoles : fauche, pâture, exploitation mixte, de façon à suivre leur influence sur la physionomie et la phytomasse chlorophyllienne (biomasse) produite par les unités prairiales et à pouvoir les caractériser en se servant, entre autres, de la flore. Les différences de fertilisation jouent aussi sur la production de biomasse et ont été notées, mais elles ne seront pas traitées dans cette première étude.

Sur ces 38 stations nous avons procédé à diverses observations et mesures :

- la composition botanique selon la méthode décrite dans GIRARD, 1984, avec une évaluation du pourcentage de recouvrement des espèces présentes dans le relevé ;

- l'étude de la physionomie prairiale par l'identification des strates verticales, leur hauteur, leur fréquence, leur composition botanique (espèces les plus abondantes et stades phénologiques), au sein du relevé, complétée par des mesures d'herbomètre (MATHIEU & FIORELLI, 1985) ;

- la quantité de biomasse, par coupe à la mini-tondeuse de 5 bandes de 10 m par 0,10 m pour une hauteur de coupe de 1,5 cm. On procède à une pesée du prélèvement frais, puis à la prise d'un échantillon passé à l'étuve pendant 24 h à 105°. La pesée en sec permet de calculer le pourcentage de matière sèche et la quantité de biomasse de chaque station. Ces mesures de biomasse sont toujours simultanées, donc comparables, avec les mesures de réflectance de terrain, ce qui permet un ajustement lorsque des parcelles ont été fauchées entre le prélèvement et le passage du satellite ;

- le relevé des séquences d'opérations techniques agricoles mises en œuvre, par enquête auprès des agriculteurs exploitant les parcelles. Lors de chaque passage sur le terrain, nous avons noté la technique en cours ou la plus récemment appliquée ;

- la mesure de la réflectance bidirectionnelle dans les 3 canaux du satellite SPOT (vert, rouge, proche infrarouge) grâce à un radiomètre portable CIMEL. Ces mesures sont faites à 2 m de haut à la verticale et répétées de 30 à 50 fois pour chaque station. D'autre part des visées sur cible blanche ont été effectuées de 3 à 5 fois dans la même journée de façon à contrôler l'irradiance solaire et pouvoir comparer ensuite des données acquises à des dates différentes.

L'ensemble de ces mesures a été répété 4 fois au-dessus des 38 stations lors des passages du satellite SPOT : fin avril, mi-juin, mi-juillet et mi-septembre.

IV. RÉSULTATS

A. Botanique

Nous avons tout d'abord cherché à classer les 38 stations prairiales étudiées de façon à définir des types prairiaux (GIRARD, 1987).

Une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur les espèces présentes montre que ces stations se rattachent soit aux pelouses sèches (*Mesobromion* Br. Bl. & MOOR, 1938), soit aux prairies pâturées plus ou moins humides (*Cynosurion* Tx., 1947) ou fauchées (*Arrhenatherion elatioris* Br. Bl, 1925), soit encore aux roselières (*Phragmition* Koch, 1926).

Le traitement par Analyse en Composantes Principales (ACP) des relevés botaniques en fonction des espèces présentant les pourcentages de recouvrement les plus importants, fait apparaître 8 unités prairiales dont la composition botanique, clairement définie par ailleurs, donne une connaissance de la diversité régionale de la flore.

1. pelouses à brachypode penné et brome dressé dominants,
2. prairies à plantain moyen, renoncule bulbeuse et avoine jaunâtre,
3. prairies contenant les espèces de 2, avec la fétuque rouge abondante,
4. prairies contenant les espèces de 3, avec en plus la grande berce,
5. prairies sans les espèces distinctes de 2, mais avec la fétuque élevée, le vulpin des prés, la renoncule rampante,
6. prairies avec les mêmes espèces qu'en 5, mais des recouvrements plus élevés,
7. prairies avec très fort recouvrement du trèfle blanc et de la crénelle, très peu de ray-grass,
8. roselières à phragmites et reine des prés.

TABLEAU 2
Modes d'utilisation des prairies permanentes étudiées.
Classification of management types of the studied grasslands.

Mois	Avril	Mai-Juin	Juillet	Août-Septembre	Octobre	Stations
types						
1			F	*****	**	C1, C7, C10
2			F	F		C5, P2
3		F		*****	***	R4, L1, L6, O10, P5, P11
4		F	***	*****	***	R1
5		F		F		P14
6		E	F *	*****	***	C6, C9, P12■
7		*****	*****	*****	***	C4, L3, P3, P10, P13, L4
8		*****	*****	*****	***	C3, C8, P6, P7, P9, L5, R3
9		*****	*****	*****	***	C2, P8, P15, L8, O6
10						O2, O3, O9, R2
	date 1	date 2	date 3	date 4		
	mesures de réflectance (reflectance measurements)					

F fauche (mowing) ; E ensilage (silage) ; * pâturage (grazing) ; — rien (nothing) ; ■ station labourée en septembre (turned over in September).

B. Les séquences d'opérations techniques

Au-delà des singularités de conduite de chaque parcelle, il est possible de regrouper l'ensemble des 38 parcelles dans lesquelles se trouvent les stations en 10 types correspondant à diverses utilisations (tabl. 2).

Les distinctions se font d'abord sur les modes d'exploitation. Les parcelles uniquement fauchées sont rares (types 2 et 5). On a donc les 2 grands groupes suivants : les surfaces de base du pâturage (exploitées de début mai à octobre-novembre), les parcelles d'abord fauchées puis intégrées en surfaces additionnelles aux surfaces pâturées. Dans le 1^{er} groupe il est possible de distinguer 3 modes d'exploitation suivant selon le chargement animal moyen :

- chargement élevé > 500 journées de pâturage UGB par ha et par an (type 7),
- chargement faible < 200 journées de pâturage UGB par ha et par an (type 9),
- chargement intermédiaire (type 8).

Dans le 2^e groupe, la distinction essentielle porte sur la date de la 1^{re} exploitation :

- exploitations très précoces antérieures à début juin, sous forme d'ensilage (type 6),
- foins précoces, antérieurs au 15 juin (types 3 et 4),
- foins tardifs, de fin juin à début juillet (type 1).

Enfin le type 10 ne fait l'objet d'aucune exploitation par les agriculteurs.

C. Les données radiométriques

Les stations appartenant aux mêmes unités prairiales ont des valeurs de réflectance très proches à une même date et des variations saisonnières de la réflectance semblables. Ces résultats présentés par ailleurs (GIRARD *et al.*, 1987) ne seront pas discutés ici.

Il faut maintenant vérifier que les différents types précédemment définis se distinguent bien par l'évolution de leurs valeurs de réflectance dans le temps, aux 4 périodes précédemment mentionnées : avril, juin, juillet et septembre 1986. L'étude de leur comportement spectral saisonnier par le test de Newman-Keuls sur les moyennes au seuil de 5 p. 100 (tabl. 3) montre

TABLEAU 3

Comportement spectral saisonnier des types d'utilisation, test de Newman-Keuls sur les moyennes au seuil de 5 % (Réalisé sur les programmes Stat ITCF 1987.)
Spectral seasonality of management types, Newman-Keuls test on the mean at 5 % level.

	RV				RR				RIR			
	A	J	JT	S	A	J	JT	S	A	J	JT	S
T1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
T2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	*	!	*
T3	»	*	!	!	»	!	»	»	»	*	!	!
T6	»	*	!	*	»	»	*	*	»	»	»	»
T7	»	»	*	»	»	*	!	*	»	»	»	»
T8	»	»	*	»	»	»	*	!	»	»	»	»
T9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
T10	»	*	*	*	»	*	*	*	»	»	»	»

RV réflectances dans le vert (green reflectances) RR réflectances dans le rouge (red reflectances)

RIR réflectances dans le proche infrarouge (infrared reflectances)

A J JT S : périodes (dates)

T1 ... T10 types d'utilisation (management types)

» * ! moyennes significativement différentes pour une bande spectrale donnée (significantly different means for a given wavelength).

l'existence de comportements spectraux différents, et confirme la nécessité de disposer de données à au moins 3 périodes différentes.

Le tableau 4 donne les valeurs moyennes et l'écart type des valeurs de réflectance des modes d'utilisation des prairies permanentes aux différentes périodes, dans les 2 canaux rouge et proche infrarouge. Nous n'indiquons pas les valeurs dans le vert puisqu'elles sont très corrélées à celles du rouge (LALLEMAND & LEGENDRE, 1984). Les différents types ont des réflectances significativement différentes. Ces réflectances dans les 2 longueurs d'onde sont illustrées par la figure 2.

V. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

A. Choix des périodes d'acquisition de données

L'étude du comportement spectral saisonnier des modes d'exploitation confirme l'adéquation des pério-

TABLEAU 4

Valeurs de réflectance (dans le rouge et le proche infrarouge) aux différentes périodes pour les types d'utilisation, les types 4 et 5 à un seul individu ne sont pas cités.

Reflectance values (in red R, and near infrared IR) at different periods for the management types. Types 4 and 5 with 1 individual are not mentioned.

		AVRIL		JUN		JUILLET		SEPTEMBRE	
		R	IR	R	IR	R	IR	R	IR
T1	min.	3,9	30,8	3,7	51,6	5,9	36,4	4,9	42,0
	MOY.	4,1	39,0	4,4	53,5	7,3	42,6	6,4	44,7
	max.	4,3	49,6	4,8	55,1	10,1	48,7	7,2	48,5
	σ	0,2	9,6	6,1	1,8	2,4	6,2	1,3	3,4
T2	min.	3,9	44,0	6,0	48,9	5,5	44,0	4,2	50,2
	MOY.	4,3	44,2	6,0	49,8	6,9	46,2	5,2	50,8
	max.	4,8	44,5	6,0	51,3	8,3	48,5	6,3	51,4
	σ	0,5	0,3	0	1,5	2,0	0,7	1,5	2,0
T3	min.	2,5	45,6	5,5	28,7	5,1	37,6	4,5	37,7
	MOY.	3,8	49,9	9,9	33,8	6,3	40,0	5,1	40,1
	max.	4,5	56,7	16,6	38,3	7,9	49,5	7,1	49,1
	σ	0,7	4,3	4,4	4,0	1,3	4,0	1,1	3,7
T6	min.	2,6	41,9	3,4	43,8	9,9	31,2	4,5	35,4
	MOY.	3,2	46,1	4,1	50,7	11,7	35,6	7,8	41,6
	max.	3,7	51,6	6,2	56,1	15,2	38,6	11,1	47,9
	σ	0,6	5,0	1,5	6,3	3,0	3,9	3,3	6,3
T7	min.	3,2	38,5	4,7	37,2	5,8	33,5	5,0	34,9
	MOY.	3,9	52,2	5,1	42,5	8,5	39,7	5,4	43,0
	max.	4,4	61,0	7,3	46,9	9,7	47,2	7,5	54,1
	σ	0,5	11,6	0,5	0,4	1,3	4,4	0,5	6,4
T8	min.	3,0	40,6	3,2	38,3	8,5	37,1	4,3	38,3
	MOY.	4,4	46,4	4,7	45,9	10,0	39,4	6,4	42,7
	max.	6,4	60,4	7,8	58,7	12,0	44,6	8,3	49,4
	σ	1,1	6,7	1,4	7,0	1,2	2,6	1,4	4,7
T9	min.	4,1	33,8	3,0	30,1	6,6	31,4	6,1	30,0
	MOY.	6,9	44,5	4,9	50,1	10,8	33,6	7,9	31,3
	max.	16,9	54,2	6,4	58,7	11,1	41,3	9,5	35,0
	σ	5,6	9,5	1,5	10,2	1,0	4,5	1,0	3,6
T10	min.	11,1	30,8	4,4	31,2	4,5	26,4	4,6	27,2
	MOY.	14,4	31,8	5,3	40,8	7,6	43,5	6,1	32,7
	max.	17,5	33,1	6,9	55,4	13,0	59,3	7,5	39,5
	σ	2,7	1,1	1,3	10,6	4,0	16,0	1,2	5,7

σ écart-type (standard deviation).

Les types d'utilisation ont des réflectances significativement différentes dans les différentes longueurs d'onde pour le test F à 0,01. Reflectance values at different wavelengths of management types are significantly different for « F » test at 0.01.

des de mesure : démarrage post-hivernal de la végétation, maximum de croissance, période des récoltes par fauche, sénescence estivale, reprise de croissance en fin d'été. Cela signifie que le choix des dates d'acquisition de données radiométriques de terrain ou satellitaires, ne doit pas se faire selon des dates immuables, mais en fonction des stades phénologiques des espèces prairiales.

B. Variations de la réflectance en fonction des successions d'états de la végétation liés à l'influence des modes d'utilisation

Nous avons montré dans un article précédent (GIRARD, 1987) comment les valeurs de réflectance de terrain (visible et proche infrarouge) des prairies permanentes étaient corrélées avec des stades phénologiques et des états physiologiques, liés en particulier à la teneur en chlorophylle des végétaux (fig. 3).

Nous vérifions tout d'abord que la fauche homogénéise l'état du couvert des prairies : les types 1 et 2, où domine la fauche, ont des valeurs de réflectance très semblables aux 4 périodes, dans les 3 bandes spectrales. D'autre part la végétation est rase et clairsemée

après les coupes : ceci se caractérise par de faibles valeurs de réflectance dans l'infrarouge et de fortes valeurs dans le rouge (type 6 juillet : fig. 2, tabl. 4). Ensuite la reprise de croissance assure une couverture chlorophyllienne continue avec de fortes valeurs dans l'infrarouge et de faibles valeurs dans le rouge (type 1 juin, type 2 septembre : fig. 2, tabl. 4).

De même, si le pâturage est faible ou inexistant, types 8, 9 et 10, les prairies ont un aspect homogène aux différentes périodes (tabl. 3) et se caractérisent par une abondance de biomasse sur pied. Celle-ci est chlorophyllienne (types 8 et 9) ou desséchée (type 10) en avril, selon les conditions écologiques. Les valeurs de réflectance sont élevées dans le proche infrarouge dans le premier cas, tandis qu'elles sont faibles dans le second (tabl. 4, fig. 2).

Dans le cas où le pâturage est exclusif, des « refus » apparaissent, dont l'abondance et le dessèchement de plus en plus grands expliquent le gradient de réflectance infrarouge des types 7 à 9, croissant en juin, décroissant en septembre (tab. 4).

Enfin les prairies à exploitation mixte : types 3 et 6, ou à fort chargement (type 7) présentent les plus fortes variations d'état du couvert et de quantité de bio-

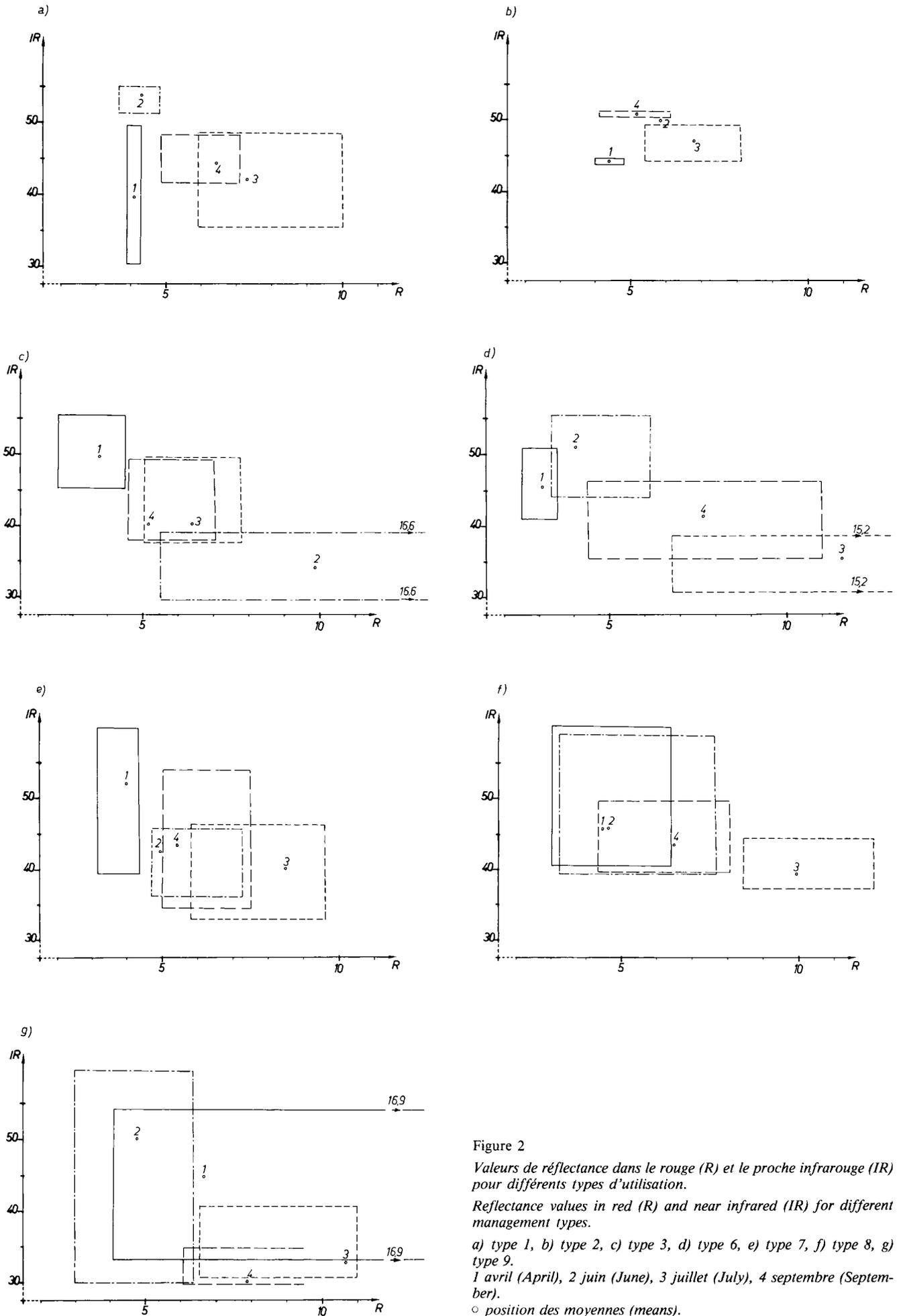


Figure 2

Valeurs de réflectance dans le rouge (R) et le proche infrarouge (IR) pour différents types d'utilisation.

Reflectance values in red (R) and near infrared (IR) for different management types.

a) type 1, b) type 2, c) type 3, d) type 6, e) type 7, f) type 8, g) type 9.

1 avril (April), 2 juin (June), 3 juillet (July), 4 septembre (September).

○ position des moyennes (means).

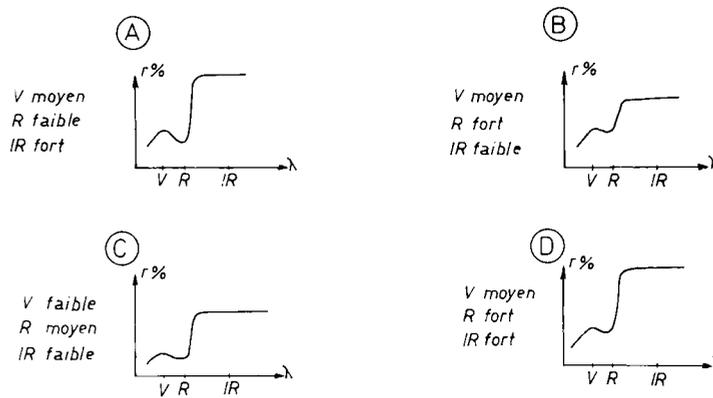


Figure 3
 Relations entre le comportement spectral et l'état de la végétation prairiale.
 Relationship between spectral behaviour and physiological state of grassland species.
 V vert (green).
 R rouge (red).
 IR proche infrarouge (near infrared).
 r réflectance (reflectance).

A : Plantes à teneur élevée en chlorophylle (plants with high chlorophyll content).
 B : Plantes contenant moins de chlorophylle : sénescence ou maturation (plants with less chlorophyll content : dying or maturing).
 C : Plantes à teneur élevée en chlorophylle mais peu couvrantes : sol visible (plants with high chlorophyll content but low coverage : soil showing).
 D : Plantes à teneur élevée en chlorophylle et en autres pigments : floraison (plants with high chlorophyll and other pigment content : flowering).

masse chlorophyllienne. Elles manifestent les plus grandes variations de réflectance dans le rouge et le proche infrarouge (tabl. 3 et 4, fig. 2).

C. Séparation, confusions de classes

Il est possible de distinguer des successions différentes des valeurs dans le proche infrarouge (IR) et le rouge (R) sur la figure 2. Cela illustre bien que la prise en compte des couples de valeurs de réflectance aux 4 dates permet de différencier des groupes qui resteraient confondus lors d'une étude date à date. Par exemple, les parcelles des types 1 et 6 ont des valeurs spectrales qui se confondent en juin, mais qui diffèrent en avril, juillet et septembre. Les types 7 et 8 : pâturages à fort chargement ou chargement moyen se différencient particulièrement par leurs valeurs de juillet dans le rouge. Cette démarche comparative des évolutions des valeurs de réflectance dans 2 bandes spectrales (IR et R, minimum, moyenne, maximum), date à date, d'avril à septembre, ne permet pas de distinguer toutes les parcelles de tous les types d'utilisation. Ainsi, le type 1 n'est pas distinguable du type 8 pour certaines valeurs, de même, certaines valeurs des types 7 et 8 restent confondues. Cela montre les limites d'une cartographie des types d'utilisation à l'aide de données de télédétection telles que celles fournies par le satellite SPOT. On pourra espérer une reconnaissance de tous les types d'utilisation, mais il subsistera des erreurs dans la cartographie de certaines parcelles. C'est ce que nous sommes en train d'évaluer sur différentes classifications d'images SPOT.

Nous avons aussi cherché les correspondances qui pouvaient exister entre les unités prairiales définies par la composition floristique et celles définies par les modes d'utilisation (tabl. 5).

Elles ne sont pas toujours strictes. En effet les pratiques agricoles interfèrent sur la flore pour favoriser telle ou telle espèce avec des effets à plus ou moins longs termes. Ainsi, le pâturage répété en fin de saison, d'une prairie habituellement fauchée, va induire la régression de la fétuque rouge qui caractérise les prairies de fauche ne recevant pas de fumure.

D'autre part, les données botaniques nous ont conduits à différencier des unités correspondant à des stations caractérisées par certains facteurs écologiques : profondeur du sol exploitable par les racines, drainage satisfaisant ou au contraire engorgement temporaire... Ces facteurs ont des répercussions sur les modes d'exploitation mais ne sont pas toujours en relations strictes avec eux, sauf quand ils sont très contraignants (VIVIER, 1984). Dans ce cas des unités botaniques différentes peuvent être regroupées dans un même type d'utilisation (type 10 et pelouses sèches et roselières). Une typologie prairiale obtenue par une étude approfondie de la flore est dans ce cas plus pertinente qu'une classification basée sur les seuls modes d'utilisation. Il faudrait pour avoir des résultats agronomiquement plus satisfaisants, classer les prairies à partir des principaux facteurs écologiques (milieu physique, modes de conduite et d'entretien) influant sur les caractéristiques agronomiques des prairies permanentes (productivité et qualité de l'herbe, valeur d'usage), et par conséquent, sur « l'état » du couvert végétal, ou « physionomie » (espèces dominantes, phénologie, morphologie, structure verticale et horizontale...).

Ceci constitue la suite de nos travaux, mais nous ne pouvons valablement les poursuivre que si nous montrions d'abord que la télédétection (radiométrie de terrain et données satellitaires), apportait une information synthétique sur la physionomie des prairies constituant ainsi une source d'informations à intégrer dans une typologie agronomique prairiale.

Reçu le 14 septembre 1987.
 Accepté le 6 janvier 1988.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. FOURBET (INRA-SAD Grignon) pour l'aide apportée lors de la réalisation et de l'interprétation statistique du traitement des données. Ce travail a pu être réalisé grâce à une aide financière du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) dans le cadre du Programme d'Etudes Préliminaires SPOT (PEPS) n° 26.

TABLEAU 5

Comparaison des unités prairiales et des types d'utilisation.

Comparison of botanical units with management types.

(Discrepancy between two sets of data is due to ecological factors taken into account only in the former.)

Types d'utilisation	Pâtûre				Fauche et pâtûre				Fauche	
	T10	T9	T8	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1
<i>Unités botaniques</i>										
1	O3, R2	06					R1			
8	O2, 09									
2		P8, P15	P6	L3, P3						
7			L5	L4						
3		L8, C2	R3, P7, P9	P10, P13						C1
6			C8, C3	C4					P2, C5	C10, C7
5					P12, C6, C9	P14		P5, L6, P11		
4								R4, L1, O10		

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Asrar G., Weiser R. L., Johnson D. E., Kanemasu E. T., Killeen J. M., 1986. Distinguishing among tall grass prairie cover types from measurements of multispectral reflectance. *Remote Sensing Environment*, 19 : 159-169.
- Benoit M. 1985. *La gestion territoriale des activités agricoles. L'exploitation et le village : deux échelles d'analyse en zone d'élevage. Cas de la Lorraine (région de Neufchâteau)*. Thèse Dr Ir INAPG, 150 p. ronéo.
- Barraud D., Eraud-Berthaud O. 1986. *Etude des pratiques d'utilisations des surfaces en herbe. Cas du Châtenois dans les Vosges*. Mémoire de fin d'études, ESA Angers. INRA-SAD Versailles-Dijon. 109 p. Annexes.
- Brown R. J., Ahern F. J., Thomson K. P. B., Staenz K., Cihlar J., Pearce C. M., Klumpp S. G., 1983. *Alberta rangeland assessment using remotely sensed data*. Centre Canadien de Télédétection. Research Report 83, 1, 128 p.
- Fleury A., Dorioz J. M., Jeannin B., 1988. *Typologie agronomique des prairies de fauche des Alpes du Nord humide*. Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, 65 p. (sous presse).
- Frank T. D., Isard S. A., 1986. Alpine vegetation classification using high resolution aerial imagery and topoclimatic index values. *Photog. Engng. and R. S.*, 52 (3) : 381-388.
- Girard C. M., 1984. Aide apportée par la télédétection à la cartographie des prairies permanentes. *Agronomie*, 4 (3) : 231-243.
- Girard C. M., 1987. Caractérisation des prairies permanentes par leur physionomie saisonnière et leur comportement spectral : application à l'évaluation de la biomasse. *Acta Oecol. Oecol. Plant*, 8 (4) : 345-358.
- Girard C. M., Benoit M., de Vaubernier E., 1987. Premiers résultats SPOT en Lorraine relatifs aux prairies permanentes. *Bull. SFPT*, n° 106 : 33-40.
- Jeannin B., Garel J. P., Beranger C., Micol D., 1984. Utilisation de prairies permanentes et temporaires par un troupeau de vaches allaitantes en zone de demi-montagne humide. *Fourrages*, 98 : 19-40.
- Lallemand C., Legendre G., 1984. Notion de variables indépendantes en télédétection en fonction du type de paysage. In : 2^e coll. Int. *Signatures spectrales d'objets en Télédétection*. Bordeaux, 12-16 sept. 1983, Ed. I.N.R.A., p. 801-804.
- Lebrun V., 1984. Place de la prairie permanente dans les systèmes d'exploitation. *Fourrages*, 98 : 61-64.
- Mathieu A., Fiorelli J. C., 1985. Utilisation d'un herbomètre pour l'interprétation du déroulement d'un pâturage. Possibilités d'estimation de la production de matière sèche ou de caractérisation de l'état de l'herbe. *Fourrages*, 101 : 3-30.
- Plantureux S., Bonischot R., Guckert A., 1987. Effet des techniques d'intensification sur l'évolution de la végétation de prairies permanentes en Lorraine. *Acta Oecologica. Oecol. Applic.*, 8 (3) : 229-246.
- RGA, 1980. *Ministère de l'Agriculture, résultats 1979-1980*.
- SCEES, 1985. *Statistique agricole*, t. 2 : *résultats de 1984*. Paris, Ministère de l'Agriculture, 145 p.
- STAT-ITCF, 1987. *Manuel d'utilisation*, 70 p.
- Vivier M., 1984. Eléments de réflexion sur les critères d'appréciation des prairies permanentes. *Fourrages*, 98 : 3-18.