

PROPRIETES SPECTRALES DE LA VEGETATION

Jean Louis DEVINEAU

Dans un bref exposé introductif à la présentation des résultats des divers programmes, les propriétés optiques fondamentales des végétaux sont présentées, ainsi que les principales causes de variabilité des réponses spectrales de la végétation.

I. PROPRIETES OPTIQUES FONDAMENTALES DES ORGANES VEGETAUX

L'absorption des ondes électromagnétiques par les organes végétaux chlorophylliens est importante dans le domaine du visible, mais deux bandes d'absorption existent aussi dans le moyen infra-rouge. La réflectance est en revanche élevée dans les longueurs d'ondes correspondant au proche infra-rouge (fig.1).

Dans le moyen infra-rouge se retrouvent les bandes d'absorption correspondant à l'eau de constitution des tissus végétaux (fig.2).

Dans le proche infra-rouge les ondes électromagnétiques sont pour l'essentiel transmises ou réfléchies. La partie réfléchie, de l'ordre de 50%, dépend de la structure des tissus végétaux, en particulier de celle du parenchyme lacuneux (fig.3).

Les propriétés optiques des feuilles dans le visible sont liées à celles des pigments végétaux, en particulier à celles des chlorophylles qui présentent deux bandes d'absorption principales, l'une à 450 nm dans le bleu, l'autre à 650 nm dans le rouge (fig.4). Les pigments chlorophylliens sont contenus dans les chloroplastes localisés en majorité dans le parenchyme palissadique des limbes (fig. 3).

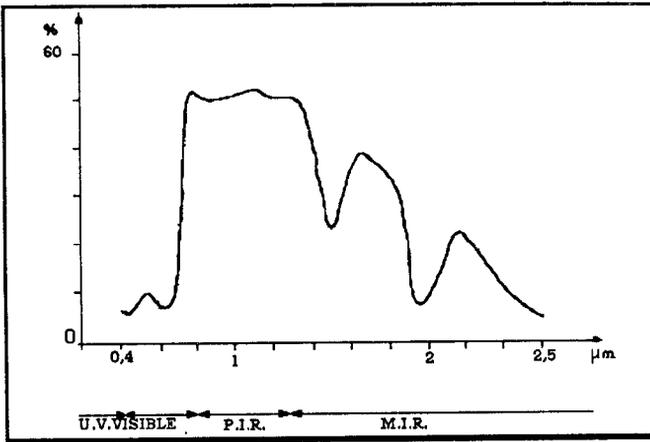


Figure 1. Spectre de réflectance d'une feuille verte

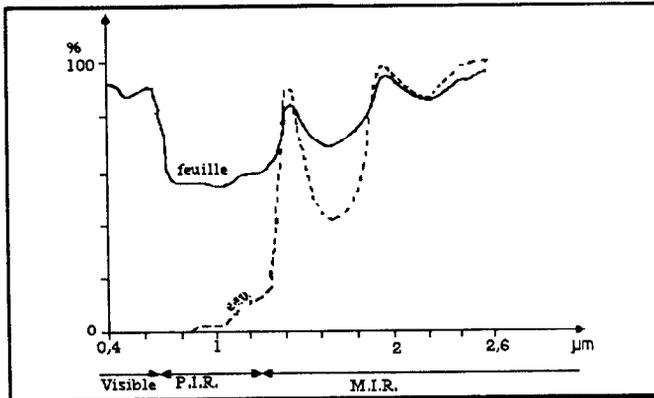
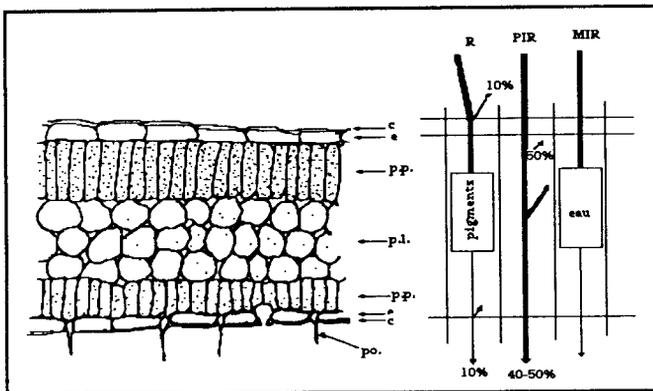


Figure 2. Spectre d'absorption de l'eau comparé aux rayonnements absorbés ou transmis par une feuille

Figure 3. Propriétés optiques d'une limbe dans le rouge, le proche et moyen infra-rouge
c. = cuticule; l. = épiderme; p.p. = parenchyme palissadique; p.l. = parenchyme lacuneux; po. = poil ou trichome

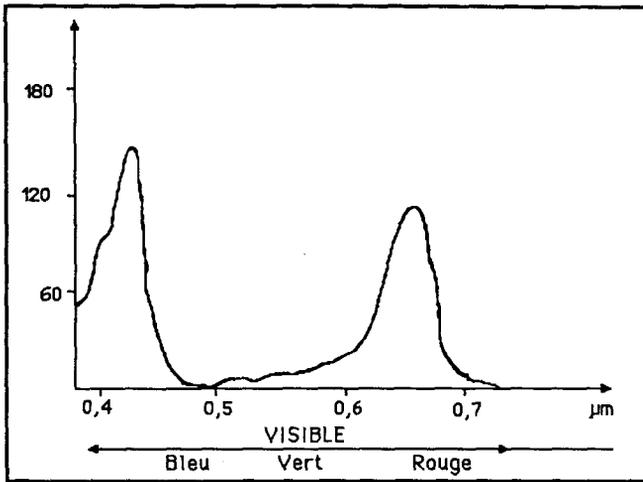


Figure 4. Spectre d'absorption de la chlorophylle A

Deux conséquences, aux retombées pratiques importantes, découlent de ces propriétés: la réflectance dans le proche infra-rouge est liée de façon positive à la biomasse végétale, la réflectance dans le rouge l'est de façon négative. C'est le fondement du principe de détermination radiométrique des phytomasses, du recouvrement de la végétation ou du LAI ¹

Le rapport PIR/R ou la différence normalisée ($(PIR-R)/(PIR+R)$) sont souvent utilisés à cet effet (TUCKER, 1977, ROUSE et al, 1979).

II. VARIABILITE DES REPONSES SPECTRALES

De nombreux facteurs sont cependant susceptibles d'influer sur la réponse spectrale des couverts végétaux. Ils interviennent à différentes échelles, celle des organes végétaux, celle des plantes et celle des peuplements.

II.1. A l'échelle de la feuille

Les principaux facteurs de variabilité sont les suivants.

- Structure anatomique des limbes: nombre des assises cellulaires, épaisseur de la cuticule, présence de poils,...
- Teneur en eau: sensibilité surtout du moyen infra-rouge.
- Etat physiologique et phytosanitaire: déficience minérale, attaque parasitaire.
- Coloration
- Age: les propriétés optiques des feuilles sont assez stables pendant toute leur vie sauf à l'état juvénile et à la sénescence.

Pendant la sénescence l'accroissement de la réflectance et de la transmittance dans le rouge est marquée à cause de la disparition rapide des pigments chlorophylliens.

¹LAI = surface foliaire par unité de surface de terrain

Dans le proche infra-rouge la réflectance évolue seulement lorsque la structure foliaire est désorganisé par le dessèchement.

II.2. A l'échelle de la plante et du peuplement

II.2.1. Facteurs internes au couvert

II.2.1.1 Structure du couvert

Architecture des plantes, inclinaison des feuilles (fonction de distribution de l'inclinaison des feuilles).

Organisation spatiale du couvert

L'effet de l'orientation des rangs d'une culture par rapport à l'orientation du soleil est, par exemple, plus marqué dans le visible que dans le proche infra-rouge.

Distribution en classes d'âge des feuilles

Pour un couvert composé d'un mélange de matériel sec et de matériel vert, le PIR est le meilleur indicateur du LAI total (COLWELL, 1974). Cela est dû à la sensibilité différente du rouge et du PIR à la sénescence.

Effet de productivité

L'abondance de la chlorophylle dans une feuille dépend de l'équilibre qui s'établit entre sa vitesse de formation et sa vitesse de disparition. Pendant la période de croissance la vitesse de formation l'emporte largement. Pendant les phases d'active croissance (forte productivité) la teneur en chlorophylle est augmentée et, par conséquent, l'absorption dans le visible l'est aussi.

Ombres

Leur composition spectrale résulte de la transmission des radiations au travers des feuilles. Les ombres des végétaux sont ainsi très sombres dans le visible, mais plus "claires" dans le PIR.

Densité du couvert

La réflectance dans le rouge est sensible aux variations du couvert végétal pour les faibles LAI (<3-4). Un plateau est cependant assez rapidement atteint car les effets d'ombre sont importants à cette longueur d'onde pour laquelle la transmittance du feuillage est faible (COLWELL, 1974).

La réflectance dans le proche infra-rouge, où la transmittance du feuillage est plus grande, est sensible aux variations d'une gamme plus étendue de LAI (effets d'ombre atténués).

II.2.1.2. Interférences sol - végétation

Lorsque la végétation est peu couvrante la réponse spectrale des peuplements est affectée par la réflectance de la surface des sols.

Dans le cas de sols sombres la réflectance dans le rouge est en effet très peu sensible aux variations des faibles valeurs du LAI. Dans le proche infra-rouge, lorsque le LAI ou le recouvrement sont faibles, l'effet du sol est cependant nettement perceptible, surtout lorsque le substrat est clair (fig. 5a).

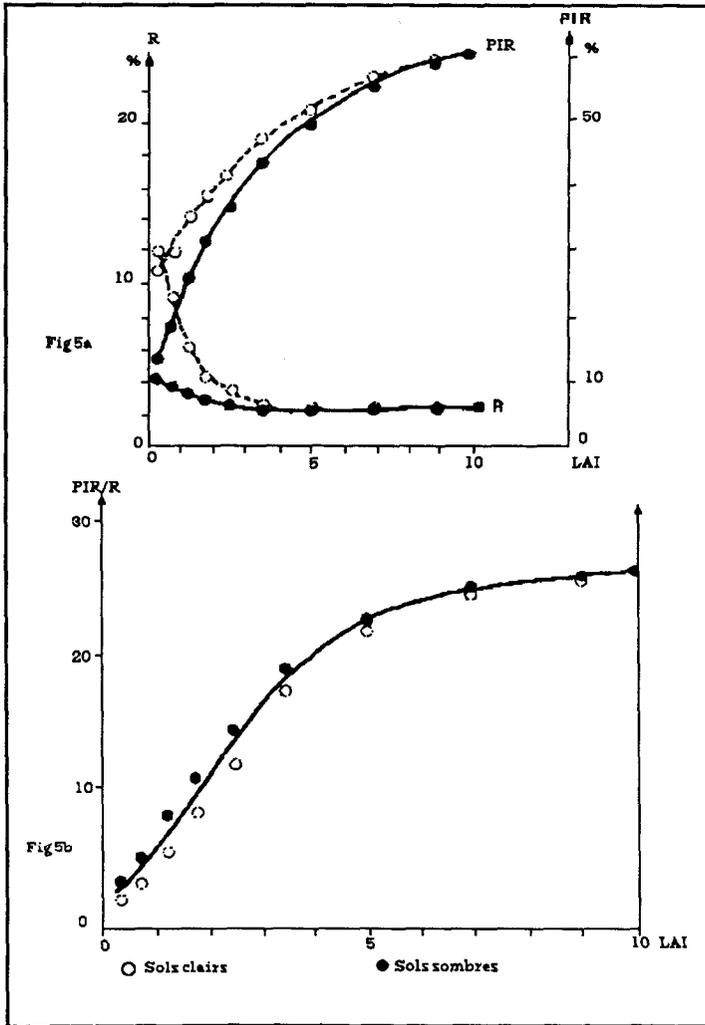


Figure 5. Evolution de la réflectance d'un couvert simulé en fonction de LAI pour un sol clair et un sol sombre (adapté d'après COLWELL, 1974)

Des relations particulières à chaque type de sol, doivent donc être établies entre LAI et réflectances.

Le ratio PIR/R (ou la différence normalisée $PIR-R/PIR+R$ peuvent cependant permettre d'atténuer l'effet de la couleur du substrat sur les relations réflectance-LAI (fig.5b).

II.2.1.3. Phénologie

Une conséquence de la variabilité des réponses spectrales en fonction de la structure du couvert est la variation de la réflectance d'un même peuplement végétal au cours du temps, notamment avec les saisons, suivant les différents stades phénologiques (fig.6).

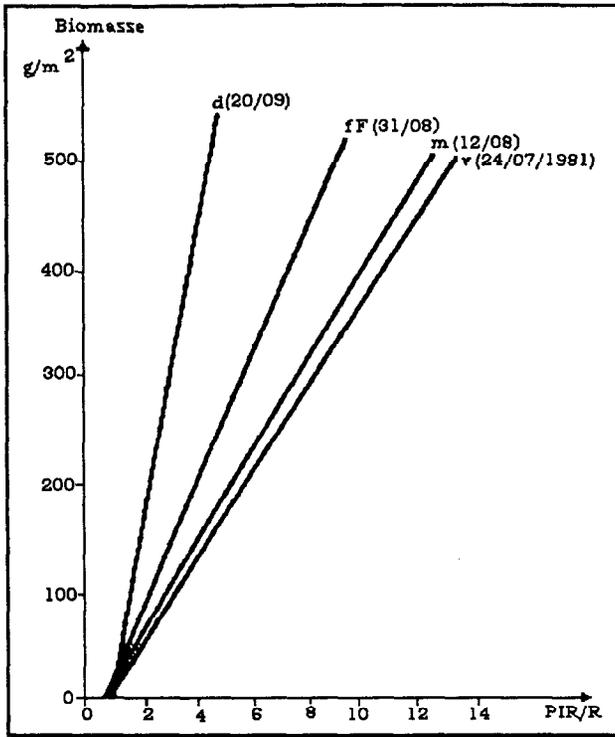


Figure 6. Evolution des droites de régression entre l'indice de végétation (PIR/R) et la biomasse en fonction du stade phénologique du tapis herbacé (station OURSI) OURSI Sahel Burkinabé adapté de GROUZIS et METHY, 1983 et GROUZIS, 1987
 PIR = 802nm; R = 676nm V: stade végétatif;
 m montaison; fF: fin de floraison - fructification; d: dessèchement

II.2.2. Facteurs externes au couvert

-Angle solaire

Variation de l'importance des phénomènes d'ombre au cours de la journée

-Angle de visée

La variation dépend de la longueur d'onde considérée (variation de la proportion de sol nu, d'ombre,...)

-Taille de la surface visée

-Composition de l'atmosphère (mesure par satellite)

Teneur en eau de l'atmosphère (absorption de l'infra-rouge), aérosols, ...

BIBLIOGRAPHIE

- COLWELL J.E.;1974- *Proceedings of the 9th Int. Symposium on Remote sensing of environment*: 1061-1085.
- CURRAN P.J.;1983-*Phil. Trans. R. Soc. Lond, A*,309 : 257-270
- GROUZIS M.; 1987- *Thèse d'Etat Paris XI (Orsay)*; 336P..
- GROUZIS M., METHY M.; 1983- *Acta Oecol., Oecol. Plant*, 4 (18), n°3: 241-257.
- GUYOT G.;1984- *Bull. S.F.P.T.*, 95: 5-22.
- TUCKER C.J.; 1977- *Appl Opt.*, 16: 1151-1157.
- ROUSE J.W., HASS R.H., SCHELL J.A., DEERING D.W.; 1973- 3d ERTS Symposium. NASA SP 351 Déc., I: 309-317.