

agro météorologie

des cultures multiples en régions chaudes

C.BALDY/C.J.STIGTER



Publié avec le concours du



 **INRA**
EDITIONS

agrométéorologie

des cultures multiples en régions chaudes

C.BALDY

Bioclimatologiste, INRA-LESCA, France

C.J.STIGTER

Agrométéorologiste, projet TTMI, Wageningen, Pays-Bas

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147, rue de l'Université, 75007 Paris

DU LABO AU TERRAIN

Ouvrages parus dans la même collection :

Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives

G. RIBA, Christine SILVY
1989, 230 p.

Ennemis et maladies des prairies

G. RAYNAL, J. GONDRAN,
R. BOURNOVILLE, M. COURTILLOT éd.
1989, 252 p., 39 pl. couleur

Cultures florales de serre en zone méditerranéenne française

Eléments climatiques et physiologiques
Coédition INRA-PHM Revue Horticole
E. BERNINGER
1990, 208 p.

Cultures en pots et conteneurs

Principes agronomiques et applications
Coédition INRA-PHM Revue Horticole
F. LEMAIRE, A. DARTIGUES, L.-M. RIVIERE, S. CHARPENTIER
1990, 184 p.

Le canard de Barbarie

B. SAUVEUR, H. de CARVILLE éd.
1990, 182 p.

L'escargot *Helix aspersa*

Biologie-élevage
J. C. BONNET, P. AUPINEL, J. L. VRILLON
1990, 124 p.

Les herbicides : mode d'action et principes d'utilisation

R. SCALLA, éd.
1991, 464 p.

Les maladies des plantes maraîchères, 3^e édition

C. M. MESSIAEN, D. BLANCARD, F. ROUXEL, R. LAFON
1991, 552 p.

Nutrition et alimentation des volailles

M. LARBIER, B. LECLERCQ
1992, 355 p.

Les *Allium* alimentaires reproduits par voie végétative

C. M. MESSIAEN, J. COHAT, J. P. LEROUX, M. PICHON, A. BEYRIES
1993, 244 p.

© INRA, Paris, 1993

ISBN : 2-7380-0442-3

ISSN : 1150-3564

Il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage – loi du 11 mars 1957 – sans autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de Copie, 6 bis rue Gabriel Laumain, 75010 Paris.

PRÉFACE

Une définition, couramment admise des systèmes de culture les caractérise comme des « sous-ensembles des systèmes de production définis, **pour une surface de terrain traitée de manière homogène, par :**

- les cultures avec leur ordre de succession
- les itinéraires techniques ».

Cette définition montre bien combien de nombreux concepts ne sont pas opérationnels en régions chaudes, parce qu'ils s'appuient sur des modèles d'agriculture intensive.

Elle exprime aussi une certaine méconnaissance d'autres systèmes culturaux qui font appel aux cultures associées. Sur un même espace, sont associées des espèces variées formant des structures de peuplement diversifiées et souvent hétérogènes, avec cycles biologiques qui se chevauchent et mettent en jeu des interactions nombreuses, permettant une exploitation de l'espace et du temps différents des « rotations » qui caractérisent nos systèmes culturaux dominant intensifs. Les systèmes de culture multiples occupent de larges espaces en régions chaudes, qu'il s'agisse d'agriculture « traditionnelle » au Mexique, en Amérique Centrale, aux Antilles, en Indonésie et dans de nombreuses régions du monde ou de systèmes modernes, dans la région de Colima (Mexique) par exemple. En France, de tels systèmes existent dans des régions d'agriculture intensive telle que le Roussillon où se développent les associations arboricultures fruitières-cultures maraîchères.

L'association de différentes espèces végétales, sur un même espace, de façon plus ou moins régulière, répond à une exploitation intensive des ressources : sol, eau, lumière. Elle constitue souvent une réponse à la nécessité de gérer les risques : risques climatiques, risques pathologiques, disponibilité de la main-d'œuvre, risques économiques liés aux fluctuations du « marché ». Ces systèmes de cultures multiples, très robustes, sont encore mal étudiés, parce qu'ils portent sur des associations complexes, sur de longues périodes de temps lorsque l'association comporte des espèces pérennes. Par suite du nombre élevé de facteurs concernés, ces systèmes sont difficiles à étudier en conditions expérimentales contrôlées. Aussi, les ouvrages relatifs aux systèmes de cultures associées ou agro-forestiers sont peu nombreux.

La connaissance des modifications bioclimatiques, en relation avec ces peuplements complexes, constitue une des clefs essentielles à la compréhension du fonctionnement biologique de ces modèles de production et de leur productivité.

C. Baldy et C. J. Stigter présentent une première synthèse des connaissances agro-météorologiques relatives à ces systèmes de cultures associées. Chemin faisant, ils rappellent quelques concepts et données fondamentales, ils montrent la rationalité des choix cultureux, les interactions entre facteurs climatiques et le parasitisme, ils décrivent un certain nombre de pratiques culturales susceptibles d'optimiser le fonctionnement de ces associations. Un ouvrage qui vient à son heure au moment où, non sans raison, la modernité de l'agro-foresterie s'affirme, même dans les « pays avancés » dans le cadre d'une gestion rationnelle, et nouvelle, d'espaces en voie de marginalisation.

Alfred P. Conesa
Président d'Agropolis

SOMMAIRE

INTRODUCTION

Essai de terminologie	7
Présentation du sujet	8
Plan général de l'étude	9
Références bibliographiques	11

Première Partie

TYPOLOGIE. DÉFINITIONS ET MÉTHODES D'ÉTUDE DES CULTURES MULTIPLES

Chapitre I. **Typologie des systèmes de cultures multiples**

Introduction	15
Typologie générale des peuplements à buts multiples	17
Classification des cultures multiples par leurs ports respectifs	21
Raisons d'être des cultures multiples	22
Références bibliographiques	23

Chapitre II. **Caractères climatiques particuliers des régions chaudes**

Caractéristiques principales des climats tropicaux et méditerranéens	27
Rayonnements solaire et thermique	30
Photopériode et durée d'insolation	34
Températures de l'air, du sol et de la surface des corps	37
Pression partielle de vapeur d'eau et humidité relative de l'air	42
Vitesse, direction et turbulence du vent	44
Bilan d'énergie, évaporation et évapotranspiration	44
Régimes des pluies en régions chaudes	48
Bilans hydriques locaux et régionaux	51
Références bibliographiques	53

Chapitre III. **Organisation spatiale des systèmes de cultures multiples**

Notion d'association de cultures	57
Notion de rapport de surface équivalente	58
Coopération ou compétition dans des cultures multiples	60
Conclusion	66
Références bibliographiques	67

Chapitre IV. **Méthodes d'analyse des cultures multiples**

Classement des cultures multiples	69
Méthodes d'analyse des données agrométéorologiques	76
Références bibliographiques	81

Deuxième Partie

AGROMÉTÉOROLOGIE DES CULTURES MULTIPLES

Introduction	87
---------------------------	----

Chapitre V. **Interception des pluies par les peuplements multiples**

Interception des pluies par la végétation et le sol	89
Utilisation de l'eau par chaque élément du peuplement	97
Alimentation minérale du sol dues aux pluies et aux pluvio- lessivats	100
Conclusion	101
Références bibliographiques	101

Chapitre VI. **Autres éléments du climat**

Températures de l'air et de la surface des corps	105
Profils de vent et de vapeur d'eau dans la végétation	110
Références bibliographiques	113

Chapitre VII. **Rayonnement solaire, profils de gaz carbonique et photosynthèse dans des peuplements multiples**

Utilisation du rayonnement solaire et du gaz carbonique par la végétation	117
--	-----

Variations des teneurs en gaz carbonique et rendement photo-synthétique de chaque strate d'un peuplement multiple	123
Conclusion	127
Références bibliographiques	128
Chapitre VIII. Bilan d'énergie et évapotranspiration dans des peuplements multiples	
Position du problème	131
Modifications du bilan d'énergie dues à la végétation	131
Partition entre les strates du peuplement	133
Application de la méthode de Penman en climat tropical humide ..	134
Caractères particuliers des évapotranspirations en climats arides et semi-arides	135
Conclusions	137
Références bibliographiques	138
Chapitre IX. Conclusions	141

Troisième Partie

APPLICATIONS AGRONOMIQUES D'ÉTUDES AGROMÉTÉOROLOGIQUES À DES CULTURES MULTIPLES

Introduction	147
Chapitre X. Modifications de l'agroclimat dans des associations comportant une céréale	
Introduction.....	149
Association d'une céréale à une légumineuse à graine	150
Présentation d'une étude de cas : l'alimentation azotée des associations céréale-légumineuse	159
Associations des maïs et sorghos à d'autres cultures annuelles	160
Interactions entre les cultures multiples, les plantes adventices, les maladies et les ravageurs des cultures	162
Conclusions	168
Références bibliographiques	170

Chapitre XI. Etudes de systèmes agroforestiers

Cultures en allées.....	175
Association d'arbres à des plantes de couverture du sol et à des plantes fourragères	182
Systèmes agroforestiers complexes	186
Conclusions	189
Références bibliographiques	190

Chapitre XII. Conséquences agrométéorologiques de pratiques de cultures traditionnelles

Introduction	195
Mulchs et plantes de couverture des sols	197
Modifications du régime hydrique par des associations d'ananas et de piments réalisées par de petits agriculteurs du sud de la Côte-d'Ivoire	204
Plantes d'ombrage et cultures en allées	205
Références bibliographiques	205

CONCLUSION GÉNÉRALE

A propos de la bibliographie consultée	209
Le climat des cultures multiples	210
Les interactions entre les éléments du climat et les cultures multiples	212
Comment aller plus loin ?	214
Références bibliographiques	216

ANNEXES**Glossaire des sigles, espèces et expressions du texte**

Sigles	221
Glossaire :	222
Espèces	223
Expressions	225

Instrumentation et méthodes utilisées.....	228
---	------------

Illustrations - tableaux	240
---------------------------------------	------------

INTRODUCTION

Parmi les nombreux ouvrages qui traitent d'agroforesterie et de cultures multiples, aucun n'est actuellement dédié spécifiquement à l'*agrométéorologie des cultures multiples en climats chauds* ; aucun *manuel* sur ce sujet n'est à la disposition de l'enseignement supérieur tropical en langue française.

Il s'agit de faire ici le point *provisoire* des relations existant entre le climat, le sol et des systèmes de cultures complexes. Nous considérerons ici le sol d'un point de vue *agronomique* (support et fournisseur d'aliments et d'eau aux plantes) et non *pédologique* (c'est-à-dire fonction de son origine génétique). Il s'agit de mettre à la disposition du lecteur les éléments qui lui permettent de comprendre quelles *modifications du microclimat* sont dues aux cultures multiples, quels effets ont ces systèmes végétaux sur les climats local et régional (REIFSNYDER & DARNHOFER, 1989).

1. Essai de terminologie

On parle de *cultures multiples* quand deux ou plusieurs plantes occupent la même unité de surface de sol au cours d'une même année, de façon conjointe ou séquentielle : il peut s'agir d'espèces *annuelles* ou *pérennes*. Nous considérerons avec STEINER (1985) que les *cultures associées* correspondent à des systèmes plus restreints, dans lesquels deux ou plusieurs plantes sont cultivées *simultanément* (ou de façon au moins partiellement simultanée) sur la *même unité de sol*.

Leur organisation spatiale est dite *intercalaire* quand les différentes cultures sont disposées en lignes *alternées* ou en *bandes étroites* (strip cropping), et *en mélange* quand les plantations sont faites sans ordre fixe (NORMAN *et al.*, 1984 ; ALTIERI, 1987). Les *cultures associées* (BALDY, 1963, BALDY *et al.*, 1987) représentent un **cas particulier** de *cultures multiples*. Nous verrons au chapitre I que celles-ci peuvent occuper le sol de façons très différentes.

On parle de *cultures séquentielles* quand plusieurs espèces se *succèdent* sur le même espace de terrain au cours d'une même saison et/ou année. La seconde culture est parfois mise en place dans la première, peu

avant la fin de celle-ci. Une *culture dérobée* remplace une période habituelle de *jachère*.

Pour des associations comportant une ou plusieurs espèces pérennes forestières ou fruitières et un ou plusieurs fourrages ou cultures annuels, HUXLEY (1983 b) propose la définition suivante : « *le terme d'agroforesterie englobe l'association plus ou moins intime de différentes espèces végétales sur une même surface de sol, qui incluent toujours des **plantes ligneuses**. Que les plantes qui composent ce système soient organisées par zones ou plantées en mélanges, elles doivent être assez étroitement associées pour interagir entre elles d'une façon ou d'une autre. Ainsi, grâce aux effets du milieu naturel ou à une action humaine organisée on aura, par exemple, transfert de matière ou de litière d'une zone à l'autre.* »

BAUMER (1987) ajoute à cette définition que cet ensemble de plantes est cultivé **délibérément** [nous rajouterons que certaines plantes peuvent être *volontairement laissées en place* lors des défrichements] sur des terrains utilisés par ailleurs pour la culture et/ou l'élevage. Cette organisation peut être spatiale et/ou temporelle. Pour qu'on ait affaire à un *système agroforestier*, des interactions *écologiques* et *économiques* doivent exister entre les ligneux et les autres composantes du système.

2. Présentation du sujet

Le présent ouvrage traite des **modifications du bioclimat** dues à la présence d'une **végétation complexe**, et des relations existant entre chaque élément du *système végétal* et chaque élément du *bioclimat*, sans exclure les interactions avec les autres organismes vivants qui y cohabitent et exploitent ce système. Nous analyserons en particulier la **gestion du microclimat** et les **manipulations** de celui-ci grâce à des *techniques culturales* adaptées : cultures associées et pratiques agroforestières.

Pendant longtemps, pratiques agroforestières et cultures associées ont été considérées par les agronomes des **pays avancés** comme des systèmes agraires pour sous-développés, même si la chose n'était pas toujours dite avec cette brutalité. Il s'agissait de méthodes à éliminer au profit de rotations et d'assolements organisés dans l'espace avec des *cultures pures*, monovariétales, se succédant nettement dans le temps, et laissant le sol nu (travaillé de préférence pour former un mulch sensé économiser l'eau) pendant des périodes de temps plus ou moins longues. Cette conception aboutissait aussi à une **séparation spatiale** plus ou moins complète de l'agriculture, de l'élevage (et donc des pâturages), des pratiques forestières et de l'arboriculture fruitière, chaque élément du paysage se localisant dans des zones nettement séparées (ALTIERI, 1987).

Cette conception simplificatrice de l'agronomie a vu le jour en Europe occidentale au XVIII^e siècle. Elle a été progressivement adoptée et (plus ou moins) adaptée à d'autres situations écologiques au XX^e siècle : il s'agissait à l'origine de systèmes agricoles à *forts intrants externes*, utilisant de fortes doses d'engrais et de pesticides, avec une mécanisation poussée. Son dernier

avatar est constitué par la **révolution verte** introduite dans les zones tropicales au cours des années soixante (PALANIAPPAN, 1988).

Cette agriculture intensive et coûteuse en intrants se maintient grâce à la situation climatique européenne, caractérisée généralement par des **précipitations** fréquentes, de longue durée mais de faible *intensité*, et par de fortes **amplitudes thermiques** entre l'hiver et l'été. Elles comportent des alternances de gel du sol, qui a un effet important sur la structure des mottes et la vie biologique de celui-ci, des températures estivales assez modérées, et des *évapotranspirations potentielles* quotidiennes peu importantes. Ces caractères climatiques favorables s'appliquent à des sols généralement de bonne structure, riches en matières organiques stables, qui ralentissent les pertes par lessivage des nutriments en cas de forte pluie. Ils sont protégés de l'érosion éolienne entre deux cultures par la végétation adventice et/ou un sol qui reste humide en surface le plus souvent.

Ces caractéristiques *exceptionnelles* se rencontrent rarement ailleurs dans le monde, et particulièrement peu en climats chauds. Dans ces régions, la situation pédoclimatique se situe à l'opposé de la précédente, particulièrement dans les régions à longues saisons sèches : l'introduction des systèmes de culture européens a eu souvent des conséquences néfastes pour l'environnement, tout à fait opposées aux buts de leurs promoteurs. A long terme, on est loin de conserver ainsi la fertilité (déjà faible) des sols tropicaux et méditerranéens.

Depuis quelques années, on observe un renouveau d'intérêt pour les méthodes d'*agroforesterie*, parfois nommées aussi d'*agrosylviculture* (STEPPLER & NAIR, 1987). De nombreux systèmes agroforestiers intègrent aussi une activité d'*élevage* (LÉGER-CRESSON, 1989). Les *systèmes formés de cultures associées* annuelles sont également mieux pris en compte. De nombreux auteurs proposent des méthodes adaptées à ces techniques de culture dans tous les domaines, y compris celui des méthodes statistiques particulières permettant de les analyser (LANGTON, 1989 ; RILEY, 1989).

3. Plan général de l'étude

La première partie est destinée à faciliter l'approche agrométéorologique à des étudiants (ou des enseignants) qui s'intéressent à cette science sans être forcément de formation météorologique, ou inversement agronomique. Ceci revient à dire que les bioclimatologistes trouveront les développements d'ordre micro-météorologique bien insuffisants, et que les écologistes et agroforestiers considéreront que les chapitres consacrés à ce thème sont exagérément restreints... Notre but est d'amener chacun à s'ouvrir au domaine de l'autre, car nos expériences d'enseignants nous ont appris à quel point les différentes disciplines sont cloisonnées dans l'esprit des étudiants, et quelle difficulté ils ont à réaliser ces « ponts interdisciplinaires » indispensables.

Après une présentation **typologique** du sujet, le deuxième chapitre cherche à résumer quelques éléments indispensables d'agrométéorologie. A la fin du manuel, l'annexe 1 définit les principaux concepts touchant aux

cultures multiples et les sigles utilisés dans le texte. Nous prions le lecteur de se reporter au *Dictionnaire encyclopédique d'agrométéorologie* récemment publié conjointement par l'INRA et MétéoFrance, car nous avons cherché à ne pas trop alourdir le présent volume. Les *appareils* nécessaires sont présentés dans l'annexe 2.

Les **deux derniers chapitres** présentent les principaux concepts développés depuis une trentaine d'années en ce qui concerne les cultures multiples, les cultures associées et l'agroforesterie : dans le *glossaire* de l'annexe 1 on trouvera dans quel sens particulier certains termes sont utilisés.

La **deuxième partie** passe en revue les **effets** de *chaque paramètre du climat* sur ces ensembles complexes, puis les *interactions* existant entre les éléments du climat, les cultures associées et les agroforêts. On s'intéresse aussi aux **effets réciproques** de ces systèmes végétaux sur leur propre microclimat, mais aussi sur les climats local et régional. On souligne enfin les points encore à éclaircir dans ce domaine.

La **troisième partie** présente quelques *études de cas* qui comparent les avantages et les inconvénients de cultures associées, d'agroforêts et de systèmes fourragers (naturels et artificiels) par rapport à leurs cultures pures.

Nous verrons les caractères de *résistance* ou de *sensibilité* qu'ont de tels systèmes vis-à-vis des **extrêmes climatiques** et du développement de certains **prédateurs, parasites** et **hyperparasites** des cultures.

Nous verrons aussi que *certaines méthodes de cultures* (mulching, ombrage, cultures en bandes) permettent à des *agriculteurs traditionnels*, possédant de faibles moyens matériels, de gérer et de modifier notablement le microclimat de leurs systèmes de cultures à faibles intrants.

La **conclusion générale** s'efforce d'indiquer comment et pourquoi privilégier des recherches et des enquêtes concernant de tels écosystèmes, en *climats chauds* et humides, mais aussi en *régions semi-arides* et *tempérées*. Elle justifie aussi la nécessité de s'intéresser aux relations existant entre les animaux et les systèmes cultivés complexes, *c'est-à-dire au sylvo-pastoralisme*. Pour ne pas allonger trop ce travail, nous renvoyons le lecteur à d'autres ouvrages en ce qui concerne d'autres utilisations du climat dans des systèmes agraires à faibles intrants (comme le séchage solaire des produits agricoles, par exemple).

Nous avons cherché à faire ici la place la plus importante possible à la « *littérature grise* » (STIGTER, 1989) c'est-à-dire à des informations tirées de travaux présentés sous forme de thèses, de mémoires, ou de revues à diffusion restreinte, publiés dans les pays auxquels nous avons accès.

A la fin de chaque chapitre, la *bibliographie* citée comporte des indications plus nombreuses que celles données dans le texte. Cette solution est choisie afin de réduire le « hoquet » provoqué par de trop nombreux renvois. Même s'ils sont pertinents, ils n'apportent pas au lecteur d'information supplémentaire essentielle. Tous les ouvrages ou articles cités ont été utilisés

par nous dans la rédaction de cet ouvrage. Certains travaux importants sont cités dans plusieurs chapitres.

4. Références bibliographiques.

- ALTIERI M.A., 1987.** *Agroecology : The Scientific Basis of Alternative Agriculture.* Westview Press (Boulder) / I.T. Production (London), 227 p.
- BALDY Ch., 1963.** Cultures associées et productivité de l'eau. *Ann. agron. INRA* 14 (4), 381-391.
- BALDY Ch., N'GUESSAN A.E., OSSENI B., 1987.** Quelques aspects de la bioclimatologie dans des cultures associées de plantes annuelles. *Fruits*, 42 (6), 273-287.
- BAUMER M., 1987.** *Le rôle possible de l'agroforesterie dans la lutte contre la désertification et la dégradation.* CTA Edit. Wageningen, 240 p.
- HUXLEY P.A., 1983 b.** Phenology of tropical woody perennials and seasonal crop plants with reference to their management in agroforestry systems. *In : Plant Res. and Agroforestry*, ICRAF, 503-526.
- KAINKWA R.M.R., 1992.** *Efficiency of some traditional wind shelter in Tanzania.* Ph. D. Thesis, University of Dar es-Salaam, Tanzania.
- LANGTON S., 1989.** The design and analysis of experiments to monitor agroforestry systems. *In : Meteorology and Agroforestry*, ICRAF, 315-326.
- LÉGER-CRESSON N., 1989.** *Introduction d'une légumineuse fourragère (Mucuna aterrima Holl.) dans la culture du maïs pluvial à Colima (Mexique).* Thèse USTL Montpellier. 144 p. + Annexes.
- NORMAN M.J.T., PEARSON C.J., SEARLE P.G.E., 1984.** *The ecology of tropical food crops.* Cambridge Univ. Press, 369 p.
- PALANIAPPAN S.P., 1988.** *Cropping systems in the tropics : principles and management.* Wiley Eastern Ltd, 212 p.
- PARCEVAUX S. de, PAYEN D., BROCHET P., SAMIE Ch., HALLAIRE M., MERIAUX S., 1990.** *Dictionnaire encyclopédique d'agrométéorologie.* CILF-INRA-METEOFRANCE, Ed. 323 p.
- REIFSNYDER W.E., DARNHOFER T.O., Eds., 1989.** *Meteorology and agroforestry.* ICRAF, Nairobi, 546 p.
- RILEY J., 1989.** The analysis of data from several sites and years. *In : Meteor. and Agroforestry*, ICRAF, 327-330.
- RUTHENBERG H., 1980.** *Farming systems in the Tropics.* Oxford Scientif. Publ. Clarendon Press, 424 p.
- STEINER K.G., 1985.** *Cultures associées dans les petites exploitations agricoles tropicales, en particulier en Afrique de l'Ouest.* GTZ Eschborn RFA Ed., 347 p.
- STEPLER H.A., P.K.R. NAIR Eds., 1987.** *Agroforestry, a decade of development.* ICRAF Nairobi.
- STIGTER C.J., 1989.** Tropical grey literature : no place to go ? Letter to the editor. *Neth. J. agric. Sci.* (37), 395-397.

STIGTER C.J., 1992 a. Management and manipulation of micro-climate. In : J.F. GRIFFITH (Ed.) *Handbook of Agricultural Meteorology*, Oxford University Press. Ch. 27. In Print.

STIGTER C.J., WEISS A., 1986. In quest of tropical micro-meteorology for on-farm weather advisories. Guest editorial. *Agric. For. Meteorol.* 36, 289-296.

PREMIERE PARTIE

**Typologie, définitions
et méthodes d'étude
des cultures multiples**

TYPOLOGIE DES SYSTÈMES DE CULTURES MULTIPLES

1. Introduction

1.1. Quelques définitions

Le présent ouvrage traite surtout des cultures multiples faites sous des climats chauds : il ne s'intéressera donc pas (sauf dans le cas particulier de l'agriculture tropicale de montagne) aux effets des *basses températures* ou des *gelées* sur la végétation. Le manque d'informations précises concernant l'évolution de certains phénomènes en régions chaudes oblige à prendre des exemples en régions tempérées, quand il a semblé que la différence de latitude ne pouvait influencer notablement sur le phénomène considéré. Nous avons extrapolé avec prudence, en attendant d'obtenir une vérification en région chaude.

Après PAPENDICK *et al.* (1976) nous nommerons *cultures multiples** (*multiple cropping*), des ensembles de végétaux organisés à des fins agricoles (ou au moins alimentaires), qui vont se succéder *la même année*, ou faire cohabiter pendant *tout ou partie* de leur cycle de végétation des espèces (ou *variétés cultivées*) sur le même terrain ; chacune peut avoir des durées de *cycles de culture* analogues ou différents. Des plantes annuelles et pérennes, et par conséquent des espèces de *tailles* analogues ou différentes peuvent ainsi être juxtaposées. Notons, sans entrer ici dans le détail que, selon les techniques culturales appliquées, toute *succession de cultures** interfèrent plus ou moins fortement entre elles : elles représentent un cas particulier de cultures multiples.

ALTIERI (1987) a proposé une classification intéressante de ces systèmes de production ; sous le vocable de *cultures multiples* nous regrouperons donc :

* Les mots en italique et les sigles marqués d'un astérisque, sont développés et expliqués dans le glossaire de l'annexe 1.

- des successions de cultures faites *une même année*, qui interfèrent séquentiellement les unes sur les autres ;
- des *cultures associées** (souvent perçues à tort comme ne portant que sur des espèces *annuelles*) en mélange, en lignes alternées, en bandes ou en étages ;
- des *prairies arborées*, (prés-vergers, cultures d'arbres avec *plante de couverture* du sol, *systèmes sylvo-pastoraux...*) ;
- des *cultures annuelles associées à des cultures pérennes* (du reboisement *taungya**, aux *jardins créoles** antillais les plus complexes et aux *forêts-jardins** javanais) ;
- des *forêts à buts multiples** (caféiers sous arbre d'ombrage, ou ananas sous papayers), ou encore des *agroforêts** complexes à base de cocotiers comme au Sri-Lanka ou au Kerala ;
- des systèmes de culture comportant des mulchs inertes épandus, ou provenant du système lui-même (débris de taille, adventices broyées ou cailloux apportés, par exemple).

L'extrême **richesse botanique** d'une forêt équatoriale, de systèmes végétaux de type *prairie**, en climat tempéré, de *savanes**, ou de situations locales bien alimentées en eau (*oasis*) en zones chaudes arides et semi-arides, contraste avec la pauvreté botanique d'une **monoculture** moderne, (comme un blé ou un maïs desherbés chimiquement), de **forêts** sub-polaires (où le nombre d'espèces qui cohabitent paraît limité par les conditions de climat) ou de **zones humides** (comme certains marais, où le milieu salin limite le nombre d'espèces).

Le Conseil International pour les Recherches en Agroforesterie (ICRAF)*, se consacre à cette science ; certains de ses travaux traitent de sujets agrométéorologiques. Nous avons fait un large usage dans cet ouvrage des définitions et méthodes proposées dans les publications de l'ICRAF, en les adaptant au cas de l'agrométéorologie.

1.2. Reconstitution des peuplements naturels

Quand une forêt ou une *prairie* ont été détruites, leur rétablissement exige une *succession* de plantes : les *pionnières** seront remplacées progressivement par d'autres pour atteindre un *état* complexe plus ou moins *climacique**. La vitesse de reconstitution du milieu dépendra de l'état de dégradation atteint par le sol et la végétation environnante. Cette reconstitution peut prendre parfois plus d'un siècle : plusieurs séries d'arbres, de lianes et de buissons ou de plantes annuelles se succéderont ; les lianes se raréfient souvent quand la forêt tend vers son équilibre, si des *chablis** ne se produisent pas entre temps.

En zones de *savanes*, après un feu (qu'on ait eu succession de cultures ou non), des espèces pionnières s'installent, avec parfois une seule *espèce dominante**. Leur succession dans le temps dépendra beaucoup de l'état de dégradation originel du sol et de la végétation naturelle subsistant dans la zone qui permettra la réintroduction des espèces. Des herbacées pérennes réapparaissent ; elles se stabiliseront plus ou moins vite selon le climat régnant chaque année, jusqu'au défrichage suivant.