

LES CONTRAINTES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DE LA ZONE INTERTROPICALE

De par sa situation sur la planète de part d'autre de l'équateur, la zone intertropicale présente des caractéristiques climatiques qui ne se retrouvent nulle part ailleurs et sur les quelles l'homme ne peut guère influencer. L'apport calorifique important et permanent du rayonnement lumineux, au quel s'ajoutent le plus souvent des précipitations élevées, en est le trait essentiel qui va entraîner d'inéluctables conséquences sur les sols puis, à la fois directement et par l'intermédiaire de ces sols, sur la végétation. Ces conséquences se répercutent à leur tour sur la vie de l'homme par l'utilisation qu'il fait de la végétation naturelle et par les cultures qu'il implante, mais aussi par les déséquilibres que peut provoquer son action. Ajoutons que tout le fonctionnement des écosystèmes, et non pas seulement de la végétation, se trouve influencé par les facteurs climatiques des régions tropicales; l'exubérance des phénomènes biologiques ne s'y manifeste pas seulement par une forte production végétale mais aussi par la prolifération d'organismes parasites nuisibles à l'homme, à ses animaux domestiques, à ses cultures, et contre lesquelles la lutte est difficile.

1. CLIMATS CHAUDS ET CONTRAINTES PLUVIOMETRIQUES

Les climats de la zone intertropicale ont pour caractéristique première la régularité au cours de l'année de l'apport énergétique du rayonnement lumineux (fig. 1). Il en résulte, en basse altitude tout au moins, une température moyenne élevée, par suite de la perpendicularité prolongée du rayonnement lumineux par rapport à la surface de la terre, et des moyennes mensuelles peu variables au cours des saisons (voir fig. 2). Ce n'est qu'au voisinage des Tropiques que les différences mensuelles s'accroissent un peu.

Les écarts journaliers sont eux-même très faibles dans les zones humides - souvent proches de l'Equateur - mais plus importants près des Tropiques, surtout en saison sèche. C'est l'humidité de l'air, très forte en zone de forêt, qui atténue ainsi les variations de température au cours du cycle circadien, contrairement à ce qui se passe dans les formations savanicoles des zones plus sèches.

Pour ce qui est des microclimats envisagés à l'échelle des petit organismes, les milieux non forestiers offrent toutefois un gamme contrastée entre le niveau du sol, protégé par les herbes et la partie supérieure de celle-ci, exposée directement aux rayons lumineux.

Ce sont les pluies qui vont déterminer l'existence des saisons, avec des alternances de périodes pluvieuses et de périodes sèches. Près de l'Equateur il y a ainsi quatre saisons par an, deux sèches et deux pluvieuses,

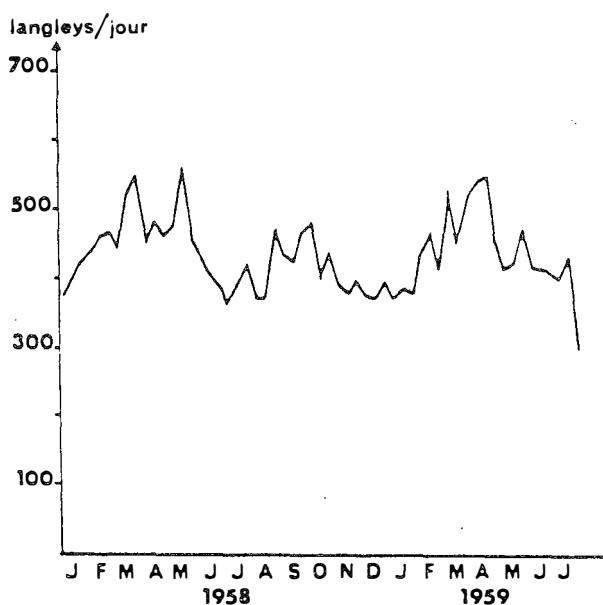


Fig. 1 - Rayonnement solaire moyen G (en langley par jour) au niveau du sol à Bangui (lat. 04°N). (D'après PERRIN DE BRICHAMBAUT, 1963).

tandis que vers les Tropiques n'existent plus que deux saisons, une saison des pluies et une saison sèche (fig. 2).

Outre l'importance de la hauteur annuelle des précipitations, en partie liées à la topographie et à l'orientation, un facteur essentiel est constitué par la durée relative de la saison sèche et de la saison des pluies. Or la division de l'année en quatre saisons - le plus souvent de durée inégale d'ailleurs - revient en fait à allonger considérablement la période physiologiquement humide, compte tenu de la persistance de l'eau dans le sol et du fait que, le plus souvent, l'une des saisons sèches est courte (voir par ex. le diagramme ombrothermique de Lamto de la fig. 3).

Des climats très différents par le régime des pluies se rencontrent donc dans la zone intertropicale, les uns très pluvieux, les autres très secs - ou tout au moins marqués par l'existence d'une période de grande sécheresse.

L'interaction des pluies et de la température se traduit par des variations du degré hygrométrique de l'air, facteur essentiel pour la vie des organismes. Plus que les valeurs moyennes, ce sont ici les variations journalières qui ont le plus d'importance, faibles en saison des pluies, fortes en saison sèche (fig. 3). Mais là encore le type de végétation détermine à l'échelle des microclimats des différences importantes.

Une conséquence des pluies, compte tenu des nuages qui leur donnent naissance et des brumes et brouillard liés aux sols humides, est l'atténuation plus ou moins grande du rayonnement lumineux. Il devient ainsi plus intense au sol vers les Tropiques, où les climats sont

(*) Laboratoire de Zoologie, Ecole Normale Supérieure - Paris.

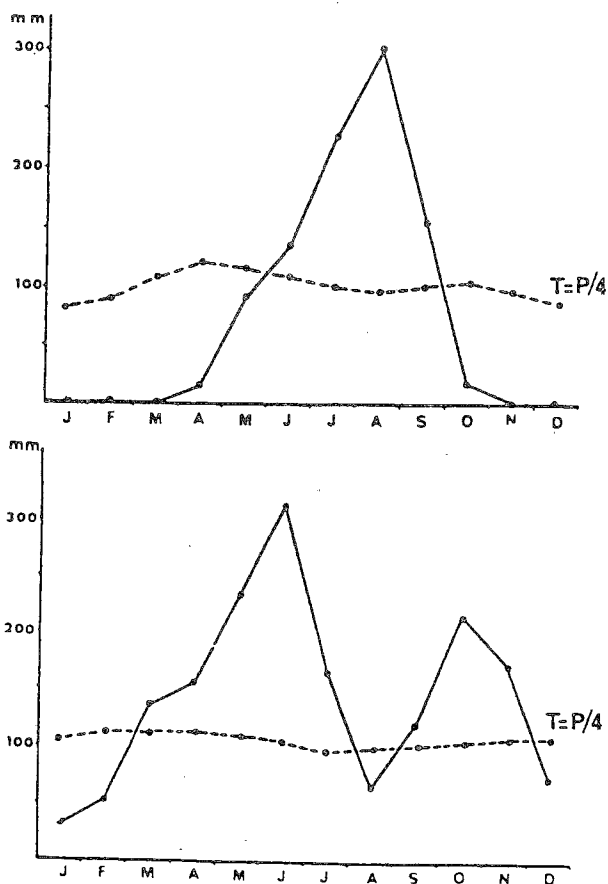


Fig. 2 - Répartition mensuelle des pluies à Kano (lat. 12°N, Nigeria) - climat de type tropical à une saison des pluies et une saison sèche -, et à Yapo (lat. 5°30'N; Côte-d'Ivoire) - climat de type équatorial à deux saisons des pluies et deux saisons sèches -. L'échelle des températures T (en °C) correspond ici à P/4.

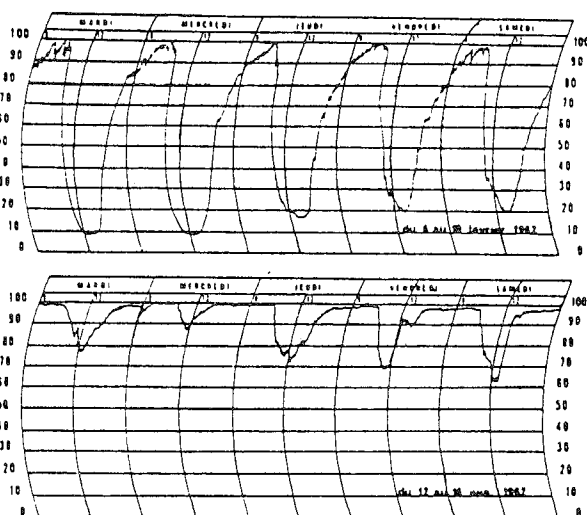


Fig. 3 - Enregistrements de l'humidité de l'air dans la savane de Lamto (Côte-d'Ivoire) au cours de cinq années successives. Le diagramme ombrothermique de Moral. (D'après LECORDIER, 1975).

plus secs, que vers l'Equateur où la pluviosité et la nébulosité sont plus fortes et plus persistantes (tabl. 1).

Tableau 1

	G_0 extraterrestre	G	Parvenant au sol S	D
Sous climat équatorial 0-10°	900	380	300	180
Régions arides 10-25°	850	650	530	120
Zones tempérées 30-55°	650	380	210	170

où G (rayonnement sur une surface horizontale) = S (rayonnement direct) + D (rayonnement diffus).

Des conditions locales liées au relief, à l'orientation des vents dominants, à la proximité ou à l'éloignement de la mer, à l'importance relative des océans et des terres émergées dans la région, viennent moduler fortement le schéma qui vient d'être exposé.

Il existe ainsi sur la côte Pacifique de l'Amérique des contrées particulièrement désertiques à des latitudes où existent ailleurs des pays très arrosés. De son côté l'altitude modifie de façon radicale le facteur température. Avec une diminution moyenne de 0.5°C par 100 mètres, une moyenne annuelle de 0°C va se rencontrer au niveau de l'Equateur à 4500 m d'altitude et dès 4000 m il gèle toutes les nuits durant une grande partie de l'année. Les variations saisonnières des températures restent en revanche limitées, comme aussi les variations des cycles journaliers, influencés seulement, les uns et les autres, par le régime des pluies. Le climat des montagnes tropicales se trouve ainsi très différent de celui des montagnes des pays tempérés ou méditerranéens. Les zones d'altitude intermédiaire, avec des températures moyennes modérées, gardent elles-mêmes la marque de la zone tropicale sous forme d'une grande constance des moyennes mensuelles des températures et de saisons déterminées essentiellement par les pluies.

Une autre caractéristique importante du régime des pluies est sa variabilité interannuelle. Le diagramme de la figure 4 relatif à Lamto la fait bien apparaître. Certes une telle variabilité existe partout dans le monde, mais son importance biologique est plus ou moins grande selon que les pluies représentent ou non un facteur limitant. Elle sera ainsi particulièrement dirimante dans une zone comme le Sahel, bien moins importante en zone équatoriale très humide. Elle est par ailleurs plus ou moins accentuée selon les régions et se révèle ainsi relativement plus forte dans les zones plus sèches, comme le montre l'étude faite à diverses latitudes au Tchad (fig. 5).

Les variations interannuelles des températures sont au contraire très faibles et sans répercussions biologiques sensibles, contrairement à ce qui peut se passer dans les pays tempérés ou froids.

2. SOLS GÉNÉRALEMENT PAUVRES ET FRAGILES

Les sols sont le produit des interactions entre la roche-mère et les facteurs climatiques. L'intérêt de leur

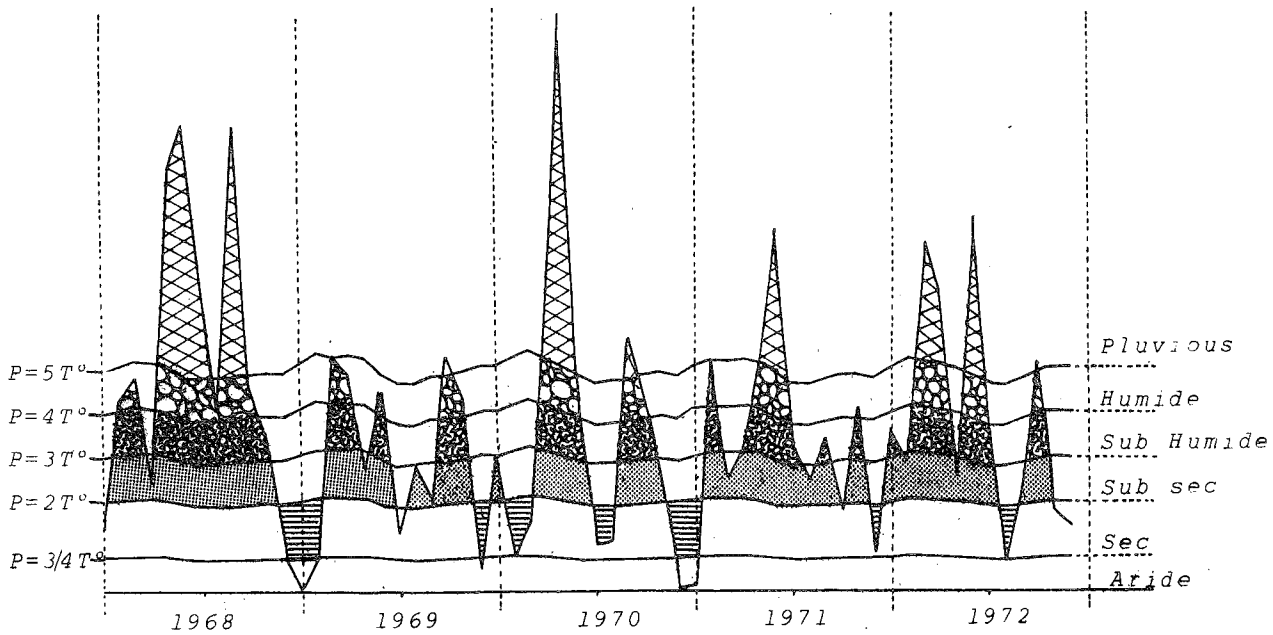


Fig. 4 - Pluies et températures mensuelles à Lamto (Côte-d'Ivoire) au cours de cinq années successives. Le diagramme utilisé est un diagramme ombrothermique de Moral. (D'après LECORDIER, 1975).

étude tient d'une part à leur rôle dans l'évolution géomorphologique des terrains et d'autre part à leur influence sur la vie de la végétation.

En zone intertropicale, l'eau et la température élevée, en accélérant les réactions chimiques, favorisent l'altération des roches et donc la pédogenèse, mais en même temps le lessivage des sols et, dans les régions plus humides, leur désaturation - leur appauvrissement en bases échangeables -. Les sols vont ainsi présenter une indiscutable originalité par rapport à ceux des régions tempérées et froides mais aussi une certaine diversité en rapport avec les caractères du relief, avec le régime des pluies et avec la nature des roches sous-jacentes.

Favorisée par l'altération des roches, l'érosion est souvent très intense dans les régions tropicales dès que

les pentes sont fortes. Parfois, cependant, la pédogenèse est suffisamment rapide pour permettre le maintien d'un sol auquel les apports en sels minéraux utiles par la roche-mère conservent une continuelle fertilité; tel est le cas en particulier sur les roches volcaniques. Plus souvent, l'érosion trop rapide conduit à la mise à nu de la roche-mère, comme c'est le cas sur les inselbergs de granit de l'Ouest africain ou du Brésil.

Avec un relief plus doux, un sol peut se développer, quelle que soit la roche-mère, mais l'excès d'eau conduit rapidement à une élimination des éléments les plus fins et les plus solubles. Selon l'importance relative de la saison sèche et de la saison des pluies les processus s'arrêteront à un simple lessivage - donnant naissance à sols ferrugineux tropicaux des zones de savana tropicale, riches en éléments sableux et pauvres en argiles - ou conduiront à une désaturation complète, avec élimination des bases échangeables du sol, dans les sols ferralitiques des zones forestières équatoriales.

Lorsque la roche sous-jacente est à la fois très altérable et riche comme le sont beaucoup de roches volcaniques, elle arrive à maintenir la fertilité du sol. Lorsqu'au contraire la roche-mère est pauvre en éléments utiles à la végétation, comme le sont le grès, les granites clairs, les gneiss ou les calcaires, le sol lessivé et plus encore désaturé se trouve vite épuisé par les végétaux. Aussi la plupart des sols tropicaux sont-ils considérés comme pauvres, ce que confirment les tableaux d'analyse relatifs tant à l'azote qu'à la phosphore et au potassium.

Des sols aussi pauvres existent toutefois dans bien d'autres régions, en pays tempéré notamment et, de fait, ils ne portent qu'une maigre végétation. La caractéristique des sols tropicaux réside dans l'association de cette pauvreté en éléments biogènes à une forte température et à une forte teneur en eau - au moins durant une partie de l'année -, deux caractères favorables à la croissance végétale: cette pauvreté chimique se trouve être ainsi le facteur limitant de la croissance, contrairement à ce qui se passe en milieu tempéré ou froid. Ce n'est que lorsque les périodes de sécheresse prennent de

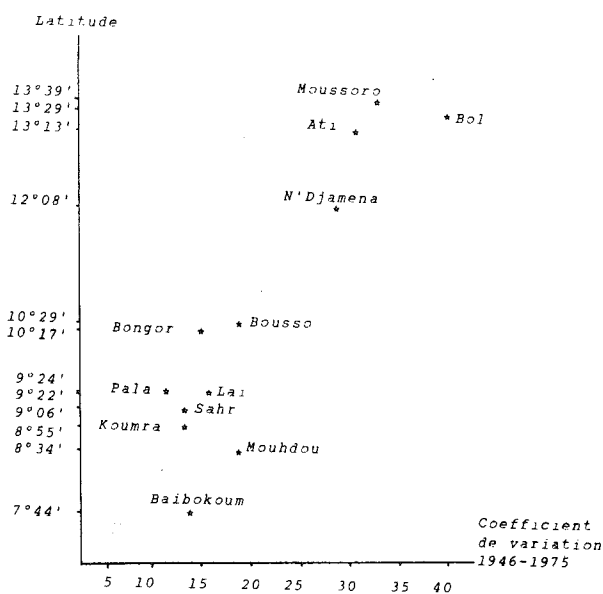


Fig. 5 - Distribution du coefficient de variation interannuelle de la pluviosité en fonction de la latitude. (D'après GASTON, 1981).

l'importance que l'eau du sol prend la place des sels minéraux comme facteur limitant.

Une autre conséquence de l'action conjointe de la chaleur et de l'humidité est la concentration dans le sol d'oxydes de fer et d'alumine. Substances sans intérêt nutritif pour la végétation, et pouvant au contraire se comporter comme toxiques lorsque le pH est trop acide, ces oxydes présentent en outre la propriété de donner naissance par déshydratation partielle à des roches à la fois dures et inaltérables. Les "cuirasses" ainsi formées isolent de la roche-mère l'horizon supérieur de sol organique, empêchant son enrichissement en éléments biogènes et l'exposant tout à la fois à l'érosion et à des variations excessives de sa teneur en eau. Ajoutons que la présence locale d'une quantité importante de fer, comme c'est le cas dans les itabirites du Brésil et de l'Ouest africain, favorise l'extension de ces cuirasses à toute la zone environnante et conduit à la formation de vastes glacis à sols pauvres, squelettiques et fragiles. Ces cuirasses, qui sont souvent la conséquence d'une période plus sèche de consolidation succédant à une période humide d'altération, matérialisent et fossilisent de façon parfois spectaculaire les niveaux d'érosion successifs.

3. EXUBERANCE DES FORETS ET PAUVRETE PASTORALE DES SAVANES

Des types variés de végétation se rencontrent dans les zones tropicales des divers continents, en rapport avec la latitude en premier lieu, mais aussi avec l'altitude, avec les particularités géomorphologiques et avec les types de sols.

Par leur structure, ces types de végétation peuvent être répartis en deux groupes, l'un à dominante herbacée - ce sont les savanes au sens large, plus ou moins arbustives ou arborées - et l'autre essentiellement forestier, d'où les plantes herbacées sont en grande partie éliminées.

Une liaison étroite existe entre le type de végétation et les caractéristiques du climat, notamment la hauteur et la distribution saisonnière des pluies. A un climat chaud, constamment et abondamment pluvieux, correspond la forêt sempervirente, à un climat à saison sèche accentuée correspond une savane. Plusieurs points méritent toutefois d'être examinés pour mieux comprendre le détail des nombreuses situations qui diffèrent de ces deux cas schématiques.

Des milieux herbacés peuvent se rencontrer sous un climat très pluvieux, en rapport avec des conditions édaphiques particulières telles qu'un sol asphyxique parce qu'inondé une grande partie de l'année, ou des déficiences accentuées en certains éléments minéraux.

Des milieux très boisés (des forêts sèches) existent dans des zones à saison sèche relativement longue et sévère, en rapport sans doute avec l'aptitude plus grande des arbres à profiter d'une eau stockée dans les horizons profonds du sol, les herbes ne pouvant utiliser les eaux de pluie que dans les quelques jours qui suivent les précipitations. Dans les zones intermédiaires, il semble que le type de végétation soit en partie déterminé par l'existence des feux de brousse, phénomène pour une large part lié à l'homme, mais que sa répétition régulière et presque inéluctable à chaque saison sèche depuis des temps immémoriaux, permet aussi de considérer comme un phénomène naturel.

Il paraît certain que ce passage du feu est un facteur majeur de la persistance de milieux de type savane dans des zones où, en son absence, se développerait une forêt sèche, parfois même une forêt semi-décidue. De fait, des expériences de suppression du feu durant plusieurs décennies dans deux savanes de Côte-d'Ivoire ont permis d'observer la reconstitution de la forêt. L'étendue actuelle de la zone des savanes est certainement due à cette intervention du feu, dont on peut remarquer qu'il est d'autant plus violent et destructeur que les pluies sont plus abondantes car elles sont un facteur essentiel de la production des savanes, donc de la phytomasse combustible présente. Ainsi s'explique sans doute le fait que les savanes les plus sèches sont parfois aussi les plus arborées, tandis que les savanes les plus humides, appelées souvent guinéennes, ou préforestières, en Afrique, ne portent que de maigres arbres et arbustes.

La structure spatiale n'est cependant pas le caractère essentiel de la végétation et c'est dans son fonctionnement qu'il faut chercher l'originalité du monde tropical et la source des contraintes qu'il impose à l'homme.

La production des milieux végétaux tropicaux est élevée dès qu'ils se trouvent sous un climat pluvieux et chaud (donc en basse altitude). Des courbes ont été depuis longtemps proposées qui rendent compte des relations entre la température moyenne annuelle, d'une part, la pluviosité annuelle d'autre part, et la production primaire (fig. 6).

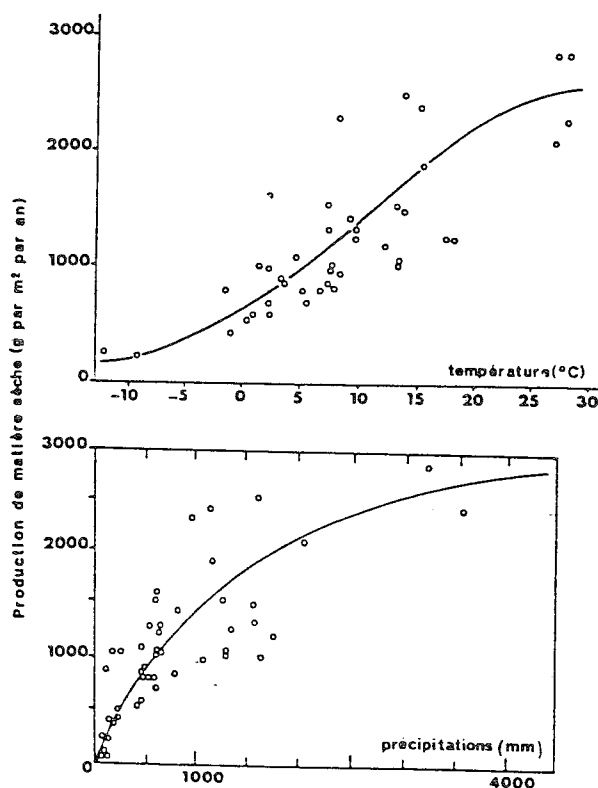


Fig. 6 - Variation de la production de la matière organique (en g par m² et par an de matière sèche) en fonction d'une part, des températures annuelles d'autre part, dans divers écosystèmes du globe. (D'après WHITTAKER & LIKENS, 1973).

On reste néanmoins surpris de voir que la production des milieux tropicaux naturels ne dépasse pas de beaucoup celle des milieux tempérés (tabl. II). La cause

Tableau II

Types d'écosystèmes	B t/ha	P _N t/ha/an
Forêts denses équatoriales	350,0	22,0
Forêts tropicales	180,0	14,0
Savanes herbeuses	30,0	20,0
Savanes arbustives	70,0	22,0
Forêts tempérées sempervirentes	300,0	17,0
Forêts tempérées caducifoliées	280,0	13,0
Taïga tempérée	260,0	10,0
Taïga moyenne	230,0	7,0
Taïga froide	110,0	5,0
Prairies tempérées	20,0	13,0

en est dans les lois respectives de variation de la photosynthèse et de la respiration par rapport à la température (fig. 7). Rappelons toutefois qu'une différence très nette existe entre les plantes en C₄ et celles en C₃, les premières, dépourvues de photorespiration, se trouvant bien mieux adaptées aux températures élevées des zones tropicales (fig. 8).

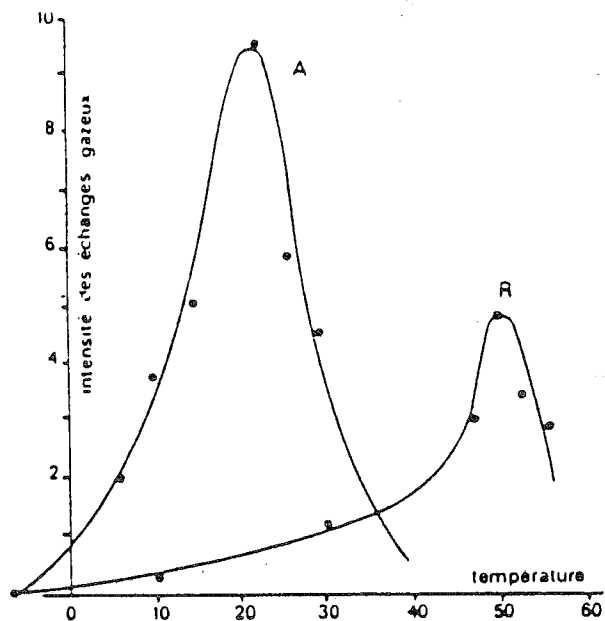


Fig. 7 - Variations de l'intensité d'assimilation (A) et de l'intensité respiratoire (R) exprimées l'une et l'autre en centimètres cubes de gaz carbonique échangé par gramme de feuille et par heure, en fonction de la température, pour la Pomme de terre. (D'après Lundgardh, repris dans OZENDA, 1982).

Il est à remarquer en outre que, à pluviosité égale, les milieux herbacés ont une production nette généralement plus forte que les forêts, par suite de la respiration supérieure de ces dernières, dont la phytomasse est bien plus élevée. C'est ainsi que dans les forêts sempervirentes, où la photosynthèse brute est considérable - plus de 100 à 120 t/ha/an - une partie très importante de la matière synthétisée est dépensée par la respiration, favorisée par la température constamment élevée, même de nuit. La production nette se retrouve

ramenée à moins de 30 t/ha/an, parfois même de 20 t/ha/an et les espoirs que pourrait faire naître l'exploitation des phytomasses considérables (de l'ordre de 500 t/ha en matière sèche) des forêts équatoriales sont vite tempérés lorsqu'on considère des productions de bois de l'ordre de 10 t/ha/an, à peine supérieures à celles des forêts tempérées de Conifères.

La quantité de matière organique produite n'est pas le seul élément qui caractérise un écosystème et plus précisément une phytocénose. Il faut aussi tenir compte de sa qualité, qui va influencer sur les modalités de son utilisation par les animaux et les microorganismes. De cette utilisation dépend en effet la part que l'homme peut espérer prélever dans l'écosystème.

Le cas des savanes humides est particulièrement intéressant à considérer car elles font immédiatement penser à des possibilités d'exploitation par pâturage d'animaux domestiques. Des études relativement précises en ont été faites en divers secteurs de la Côte-d'Ivoire.

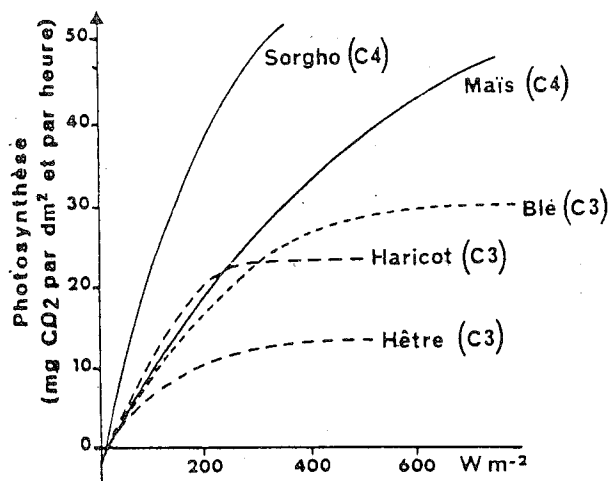


Fig. 8 - Variations de l'activité de la photosynthèse en fonction de l'intensité lumineuse pour diverses plantes en C₃ et en C₄. (Repris dans LEMÉE, 1978, d'après divers auteurs).

Le cycle saisonnier de ces savanes humides est marqué par une croissance qui commence aussitôt après le passage du feu, en janvier et février. Cette croissance est rapide, favorisée par l'humidité restée dans le sol et par les condensations nocturnes abondantes; les animaux, Antilopes aussi bien que Criquets, la consomment avec appétit. Très vite cependant sa teneur en protéines s'abaisse et tombe au-dessous du seuil minimal qui permet un développement normal des animaux (fig. 9). Dès 5 ou 6 semaines, les lignines et les celluloses deviennent les constituants dominants, en même temps que s'accroît la teneur en silice qui rend la trituration difficile. Devenues incontestables, les herbes continuent à croître, à la faveur des pluies qui s'accroissent, et atteignent des biomasses élevées - parfois jusqu'à plus de 10 t/ha au-dessus du sol, davantage en dessous - qui, la saison sèche venue, sèchent sur pied puis sont consommées par le feu.

C'est cette pauvreté des herbes en protéines, évidemment due à l'extrême pauvreté du sol en azote et en phosphore tandis que la photosynthèse permet une accumulation importante d'hydrates de carbone, qui

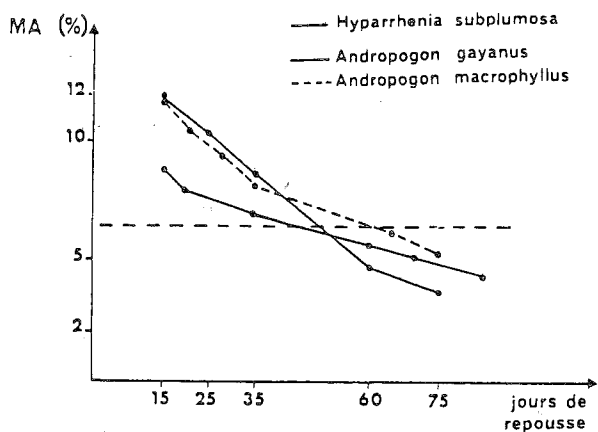


Fig. 9 - Variations de la teneur en matières azotées au cours de la croissance de trois espèces de Graminées tropicales. (In BRUZON, 1986; d'après les données de RIVIÈRE, 1977).

constitue la caractéristique principale des savanes tropicales et tout spécialement des savanes des zones pluvieuses.

Lorsque la sécheresse s'accroît, les sols sont moins lessivés, les sels minéraux y sont plus abondants et l'eau devient peu à peu un facteur limitant. Les herbes ont alors une teneur plus élevée en protéines et, dans les régions les plus sèches, gardent constamment une valeur alimentaire satisfaisante pour les herbivores. C'est tout particulièrement le cas des plantes annuelles qui deviennent prédominantes dans les zones semi-désertiques.

La température élevée et l'humidité, qui sont à l'origine de la luxuriance des forêts équatoriales, entraînent aussi une pédogenèse très active mais conjointement une utilisation intensive des éléments biogènes, azote, phosphore et potassium notamment. Si les roches du sous-sol sont pas très riches, les sols se trouvent ainsi rapidement tout à la fois lessivés, désaturés, et enrichis en oxydes de fer et d'aluminium. Une première conséquence de cette pauvreté du sol est la localisation des racines dans les horizons superficiels, là où se produisent les apports des eaux de pluie qui ont en outre recueilli des éléments nutritifs à la surface des troncs et des feuilles. Une seconde conséquence est le développement de mécanismes divers court-circuitant le sol pour favoriser la récupération des éléments nutritifs par les racines, notamment grâce à des mycéliums de champignons.

A la faveur de ces mécanismes les facteurs favorables à la croissance conduisent, même avec une production parfois modeste, à l'édification de phytomasses importantes. Fait remarquable cette importance de la phytomasse dépend assez peu, dans les forêts climatiques, de la richesse du sous-sol puisqu'elle reste de l'ordre de 500 t/ha. Il n'en va pas de même pour la production, qui est de l'ordre de 15 à 20 t/ha/an sur les sols pauvres tandis qu'elle atteint 30 t/ha/an sur des sols riches.

4. DIVERSITE MAIS FAIBLE PRODUCTION DES PEUPELEMENTS ANIMAUX

Par delà les différences taxinomiques souvent importantes qui existent d'un continent à l'autre, des

traits généraux des peuplements animaux de la zone intertropicale peuvent dégager. Là encore, cependant, il importe de distinguer les deux mondes bien différents que sont les forêts et les savanes.

1) Les peuplements animaux des forêts de la zone intertropicale ont pour trait dominant leur remarquable richesse spécifique. Pour les seuls Vertébrés, près de 50 espèces d'Amphibiens, de 100 Mammifères, de 400 Oiseaux vivent dans un même secteur de forêt humide, en Afrique comme en Asie ou en Amérique, et les très riches peuplements d'Invertébrés, Insectes notamment, sont bien loin d'être encore dénombrés.

A cette richesse spécifique ne correspond pourtant pas une abondance équivalente de matière vivante. La biomasse anormale, bien mal connue malheureusement, reste faible comme aussi la production. De fait, le bois des troncs et des racines n'est pas un aliment idéal, en tout cas pour les Vertébrés dont aucun ne semble adapté à ce régime. Or la moitié au moins de la production d'une forêt est une production de bois. Quant aux feuilles, même en excluant celles que défendent des substances secondaires toxiques, elles acquièrent rapidement avec l'âge une richesse en tanins qui en rend la consommation et surtout la digestion difficiles. Seules donc des feuilles jeunes seront consommées, par les Antilopes par exemple, au demeurant peu nombreuses en forêt, et diverses feuilles de la canopée par certains Singes dont le tube digestif est adapté à ce régime. La plupart des Mammifères, Singes notamment, consomment plutôt des Insectes, des fruits et des graines, dont la production ne peut être que faible par rapport à la production primaire totale. Aussi la forêt - et plus spécialement la forêt primaire - ne permet-elle l'entretien que d'une faible biomasse, donc une faible densité de Vertébrés, Hommes y compris.

La conséquence en est que le développement des populations humaines passera nécessairement, dans l'état actuel des choses, par la destruction de cette grandiose forêt tropicale humide et son remplacement par des cultures.

2) La diversité de la faune est bien plus faible dans les savanes que dans les forêts, mais elle reste souvent supérieure à celle des milieux tempérés. Malgré les apparences, la production animale y est également assez faible, et tout spécialement celle des herbivores. Ce n'est que dans les zones relativement sèches que ceux-ci arrivent à atteindre des biomasses importantes, représentées autrefois par les grands troupeaux d'Ongulés encore présents dans certains Parcs Nationaux, mais plus souvent par du bétail domestique, des termites et des Acridiens.

Dans les savanes humides, au contraire, les grands Mammifères sont rares, et rares aussi les autres consommateurs d'herbes vivantes. La forte production végétale reste inutilisée à l'état vert, c'est là sans doute la caractéristique majeure des écosystèmes tropicaux humides. Les conséquences de cette consommation sont d'une part l'importance de la biomasse et de la production des animaux détritivores, Vers de terre et Termites, et plus encore des microorganismes décomposeurs - tout spécialement pour la consommation des parties endogées des plantes -, d'autre part le passage régulier du feu qui détruit chaque année les grandes herbes sèches. La non-consommation des herbes et l'importance du feu sont d'autant plus marquées que

la savane est plus humide (fig. 10).

Une conséquence de la pauvreté en protéines des herbes de savane - et de leur richesse en silice - est la difficulté d'élever du bétail dans ces savanes humides où seule l'herbe qui a poussé dans les cinq dernières semaines est consommable. Seule une gestion rigoureuse peut permettre de tourner cette difficulté, mais elle implique des investissements importants et la formation d'une main-d'oeuvre spécialisée, sans parler d'une réorganisation des rapports entre agriculteurs et pasteurs.

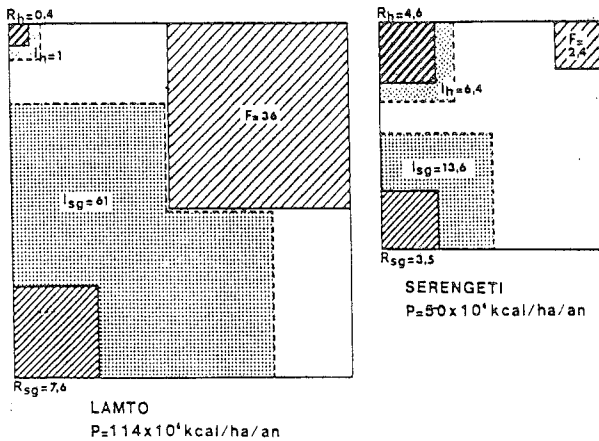


Fig. 10 - Parts de l'énergie produite respectivement consommées par le feu de brousse (F), ingérées (I_h) et minéralisée (R_h) par les herbivores, ingérées (I_{sg}) et minéralisées (R_{sg}) par les détritivores saprophages et géophages de la savane humide de Lamto et de la savane sèche du Serengeti.

5. INSTABILITE DES MILIEUX ET DE LEURS PEUPELEMENTS

Il convient évidemment, ici encore, de distinguer les zones forestières humides des zones de savane.

Dans les forêts, la chaleur et l'humidité, en permettant la croissance d'une végétation exubérante, entraînent, nous l'avons vu, un appauvrissement des sols en éléments biogènes. Elles y provoquent, par la minéralisation rapide due aux microorganismes, une pauvreté en matière organique qui leur confère une structure physique très instable. Après un défrichement, et plus encore une coupe à blanc de la forêt, l'essentiel de la matière organique comme des éléments biogènes se trouve éliminé. Le sol, ainsi déstructuré, est menacé. De plus, si la roche sous-jacente est pauvre, ou peu altérable, la pauvreté du sol qui en résulte ne permet pas une repousse rapide. A une belle forêt - fruit de siècles de croissance - succède de façon parfois irréversible une végétation dégradée. C'est le cas notamment sur des sols sableux, mais aussi sur des cuirasses ferrugineuses. Ce peut être le cas aussi sur des roches calcaires qui, restées meubles lorsqu'elles étaient protégées par un sol organique, durcissent et deviennent inaltérables lorsque l'érosion a décapé ce sol, comme c'est le cas par exemple dans les Chiòpas au Mexique.

Sur des roches altérables et riches en éléments basiques telles que certaines roches volcaniques, au contraire, une reconstitution du sol peut se produire rapidement, en moins d'une dizaine d'années par exemple.

Dans des situations intermédiaires, des jachères de 25 ans environ étaient pratiquées, permettant la reconstitution d'une forêt secondaire déjà assez belle. Le raccourcissement de ces jachères entraîne la dégradation des sols.

Du seul point de vue de la végétation, dans tous les cas, la reconstitution d'une forêt de type primaire est nécessairement très longue car elle n'implique pas seulement la croissance d'arbres - les premiers à repousser ont une croissance rapide -, mais le déroulement de successions complexes au cours desquelles des espèces d'ombre à croissance lente retrouvent progressivement leur place. Or, parmi les obstacles à une telle reconstitution figure de plus en plus, à mesure que les forêts disparaissent, l'éloignement des porte-graines. Il faut y ajouter la raréfaction, parfois la disparition, de certaines espèces animales qui jouent un rôle important dans le transport des diaspores et leur germination.

De fait, le peuplement animal de la forêt est sans doute plus fragile encore que le peuplement végétal et les disparitions d'espèces sont certainement plus fréquentes. La déstructuration de l'ensemble de la biocénose et de l'écosystème apparaît comme une conséquence de plus en plus inéluctable des actions humaines à mesure que les écosystèmes naturels deviennent plus rares et moins étendus.

Les écosystèmes de savane sont sans doute plus stables que les forêts tropicales, mais ils sont néanmoins sensibles aux défrichements, surtout en ce qui concerne leur strate arborée, lente à se reconstituer. Leurs sols subissent alors eux aussi une certaine déstructuration, bien qu'une relative richesse en matière organique leur assure une meilleure résistance que ceux des forêts.

C'est lorsque les sols sont peu épais et reposent sur une roche peu ou pas altérable que les phénomènes d'érosion qui suivent souvent une mise en culture peuvent entraîner leur disparition et l'élimination parfois définitive des biocénoses qu'ils portaient. Ce fait est courant sur les cuirasses ferrugineuses dont le Fouta-Djallon offre de beaux exemples.

Vers les zones de savane les plus sèches, la fragilité des sols et, partant, de la végétation herbacée qu'ils portent, s'accroît, par suite sans doute de leur moindre richesse en matière organique. Ils deviennent alors très sensibles au piétinement par le bétail et la reconstitution de la végétation se trouve compromise pour longtemps.

6. LE PRIX DE LA SALUBRITE

Les climats chauds et humides, s'ils sont à l'origine de la différenciation d'une riche faune, ont par la même favorisé la prolifération de formes de parasites qui s'attaquent les uns au bétail, les autres à l'homme, d'autres encore aux cultures. En l'absence de moyens scientifiques et techniques appropriés, les parasitoses ont constitué depuis toujours un obstacle majeur au développement des installations humaines et il s'en faut de beaucoup que les problèmes posés soient actuellement résolus.

Pour le bétail, le danger majeur en Afrique est constitué par la trypanosomiase. Sont éradication, tentée localement, est encore du domaine du rêve à l'échelle du continent et sa présence oblige à l'emploi de races trypanorésistantes - au moins partiellement - qui ne sont évidemment pas les plus performantes. Les

Zébus se trouvent par là éliminés d'une partie de l'Afrique. Les Taons et plus encore les Tiques sont d'autres obstacles à l'élevage en milieu de savane humide et l'abondance de ces derniers en saison des pluies est l'une des causes de la transhumance des troupeaux vers le Nord sahélien.

Les cultures sont de leur côté soumises à une forte pression de parasites et prédateurs divers, Virus, Champignons, Insectes, parfois Mollusques et Myriapodes. Le fait n'a rien de spécifique aux milieux tropicaux, mais il y est particulièrement accentué et s'accroît avec l'emploi de souches végétales théoriquement plus performantes. La conséquence en est le besoin d'une recherche scientifique et technique plus développée, mais aussi de traitements phytosanitaires plus nombreux, bien adaptés pour être plus efficaces et, partant, plus coûteux.

L'homme enfin est lui-même la victime de graves endémies. Si la trypanosomiase humaine est en nette régression à la suite des efforts consentis, le paludisme reste un danger important, souvent en voie d'extension dans certaines régions, et d'autres maladies graves pourraient être citées, les unes assez bien contenues comme la fièvre jaune, le choléra, la peste, la variole, les autres encore menaçantes. Certes des solutions scientifiques existent dans la plupart des cas, mais leur emploi intensif sur le terrain pose des problèmes techniques, humains et financiers considérables, et pour beaucoup insolubles dans les conditions actuelles. On ne doit jamais oublier, par ailleurs, que les solutions ne sont jamais que temporaires et que les phénomènes d'acquisition de résistance par les parasites demandent une pression constante de recherche.

Le maintien de la santé des habitants et de la salubrité de l'environnement représente donc sous les Tropiques un coût très supérieur à celui que demandent, à qualité égale, les pays tempérés ou froids, et il apparaît même encore techniquement, sinon parfois scientifiquement, difficile à atteindre.

7. EN GUISE DE CONCLUSION

Un exposé aussi bref ne serait être que schématisé et beaucoup des questions passées en revue mériteraient de plus longs développements et, partant, des nuances dans les conclusions. Il n'en reste pas moins que les facteurs climatiques constituent, dans le domaine intertropical comme dans d'autres, des contraintes très strictes et pour une très large part incontrournables. L'apport calorifique continuellement élevé détermine des températures que seule l'altitude fait baisser; quant aux régimes annuels des pluies, de types divers selon la latitude et les conditions locales de la topographie, ils conditionnent de façon déterminante le comportement des sols et des êtres vivants.

Deux grandes catégories de milieux végétaux répondent à l'action des facteurs pluviométriques: les forêts denses sous les climats à longue période pluvieuse, les savanes lorsqu'existe une saison sèche d'une durée suffisante; le feu de brousse, phénomène pratiquement inéluctable, entraîne une extension sans doute importante du domaine des milieux herbacés par rap-

port à celui des forêts.

Les savanes, et tout spécialement les savanes humides, ont pour caractéristique majeure la pauvreté des herbes en matière azotée, pauvreté liée à l'insuffisance des apports des sels minéraux (azote, phosphore et potassium notamment) par le sol. Leur utilisation rationnelle comme pâturages pose donc de délicats problèmes et impose une gestion techniquement rigoureuse et donc coûteuse.

L'utilisation directe de la forêt dense par l'homme est difficile et ne permet qu'une très faible densité de population; aussi l'exploitation de ces zones passe-t-elle généralement par la destruction de la forêt et son remplacement par des cultures, que favorise d'ailleurs le climat chaud et humide.

En dehors de zones privilégiées sur roches basique, la pauvreté des sols, lessivés et désaturés, pose toutefois de difficiles problèmes d'emploi d'engrais. Il arrive souvent, par ailleurs, qu'interviennent après défrichage et mise en culture des modifications irréversibles du milieu liées à l'instabilité des sols.

Ajoutons enfin que les conditions favorables à la vie que sont les températures élevées et une forte humidité entraînent aussi un grand développement d'espèces nuisibles, bactéries, champignons et animaux parasites de l'homme, du bétail et des cultures, sans le frein que constitue ailleurs le froid ou une extrême sécheresse survenant au cours de l'année. La lutte contre les parasites et les maladies pose de graves problèmes; ils peuvent être résolus par l'homme moderne, mais impliquent dans les domaines scientifique, technique et financier des efforts importants qui constituent un réel handicap pour le développement des régions tropicales.

TRAVAUX CITES

BRUZON V. (1986) - Note sur la valeur alimentaire des divers types des savanes du nord de la Côte-d'Ivoire. Sodepra (R.C.I.), 29 pp.

DUVIGNEAUD P. (1980) - La synthèse écologique. Doin, Paris, 296 pp.

GASTON A. (1981) - La végétation du Tchad (nord-est et sud-est du Lac Tchad). Evolution récente sous des influences climatiques et humaines. Thèse Doct. Etat, Univ. Paris XII, 333 pp.

LECORDIER CH. (1975) - Les peuplements de Carabiques (Coléoptères) dans la savane de Lamto (Côte-d'Ivoire). Publ. Lab. Zool. E.N.S., 4, 234 pp.

LAMOTTE M. (1978) - La savane préforestière de Lamto, Côte-d'Ivoire. In: Lamotte M. et Bourlière F., Ecosystèmes terrestres. Masson, Paris, 231-311.

LEMÉE G. (1978) - Précis d'Ecologie végétale. Masson, Paris, 289 pp.

OZENDA P. (1982) - Les végétaux dans la biosphère. Doin, Paris, 431 pp.

PERRIN DE BRICHAMBAUT CH. (1963) - Rayonnement solaire et échanges radiatifs naturels. Gauthier-Villars, Paris, 300 pp.

RIVIÈRE R. (1977) - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. IEMVT, 521 pp.

WHITTAKER R.H. & LIKENS G.E. (1973) - Communities and ecosystems. MacMillan, New York, 162 pp.