



**Université Alassane Ouattara**

**UFR : Communication Milieu et Société**

**Département : Géographie**

---

**Année académique 2019 - 2020**

---

**Licence 3**

**Intitulé du cours : Agroclimatologie tropicale**

**Nom de l'enseignant : Dr TRA BI**

**Contacts : [Zambtra@yahoo.fr](mailto:Zambtra@yahoo.fr) / (+225) 47 20 64 15**

---

### **Introduction**

Le climat et ses caractéristiques sont les éléments moteurs de la répartition des espèces végétales à la surface du globe terrestre. Cette répartition est encore plus vraie en ce qui concerne les plantes cultivées. Dans la plupart des pays tropicaux, qui sont pour l'essentiel des pays en voie de développement, les techniques culturales, notamment la maîtrise et la gestion de l'eau, sont rudimentaires. Ceci a pour conséquence immédiate une très grande dépendance de l'agriculture de la pluviométrie. Or le constat, depuis plus de 4 décennies, est à une dégradation des conditions hydriques de culture, donc une forte vulnérabilité des pays en développement dont l'économie est basée principalement sur les productions primaires. L'objectif général du cours sur l'agroclimatologie tropicale est d'apprendre les bases de l'interaction climat-sol-plantes cultivées. Il s'agit au terme de ce cours de pouvoir cerner les techniques climatologiques d'analyse des bilans hydriques et thermiques ainsi que le calage du calendrier agricole des cultures. Ce cours comprend quatre chapitres :

- Chapitre 1 : Introduction générale à la bioclimatologie
- Chapitre 2 : le climat est agroclimatologie
- Chapitre 3 : Le sol lieu de transferts hydriques et thermiques
- Chapitre 4 : Bilan hydrique et calendrier culturale

## Chapitre I : Introduction générale à la bioclimatologie

### I/ Définition et objectifs de la bioclimatologie végétale

La bioclimatologie est l'étude des effets du climat sur la croissance et le développement de l'ensemble des êtres vivants. Cependant, les végétaux étant les plus dépendants des conditions de l'environnement, ce sont eux qui ont fait l'objet de la plupart des recherches de la bioclimatologie.

La bioclimatologie végétale s'intéresse aux échanges qui se produisent entre la plante ou la communauté végétale et son environnement, ce qui implique une connaissance de l'état physique du milieu en contact avec l'organisme vivant et sa biologie. Parallèlement, la présence de l'organisme dans le milieu influencera certains de ces paramètres physiques.

Un des objectifs de la bioclimatologie est d'établir les diverses relations qui caractérisent les interactions entre l'organisme vivant et les paramètres du milieu en considérant les valeurs moyennes, en déterminant les fréquences et les probabilités, tout comme cela se fait en climatologie sur des données de plusieurs années successives.

Science de synthèse, la bioclimatologie fait appel entre autre à :

- Pour l'étude de l'atmosphère :

**La météorologie** : étude du temps qu'il fait ; mesure des valeurs instantanées, à un moment précis, en un lieu déterminé, ce qui permet de caractériser l'état de l'atmosphère.

**La climatologie** : étude du temps qu'il a fait ; étude du climat par les valeurs moyennes et cumulées dans le temps en un lieu déterminé pour une période donnée.

**La physique** : nous intéresse pour les différentes lois auxquelles obéissent les phénomènes régissant la dynamique du climat.

**La statistique** : nécessaire à la description des phénomènes expérimentaux, relation entre les différents facteurs analysés ; loi de probabilité, analyse répétitive d'un même phénomène, notion d'échantillonnage...

- Pour l'étude de la plante ou de la communauté végétale

**L'écologie-botanique** : distribution des plantes, analyse des groupements et relation avec les paramètres du milieu.

**L'agrophénologie** : concerne l'évolution des différents stades de croissance et de développement des plantes.

**La physiologie** : (anatomie, morphologie et biochimie) concerne principalement l'étude du fonctionnement des plantes tant du point de vue structure que du métabolisme (photosynthèse, systèmes hormonaux...)

**La génétique** : amélioration des génomes se traduisant par des modifications de certains caractères phénologiques qui interviennent dans la productivité du couvert.

- Pour l'étude du sol

**La pédologie** : étude de la structure et de la texture des sols ; importance de leur caractéristique pour l'alimentation des plantes.

**L'hydrologie** : étude de tout ce qui concerne l'eau soit en surface, soit en profondeur. Elle s'intéresse aux problèmes d'érosion, de drainage, d'écoulement pour permettre une estimation du bilan hydrique au niveau d'une région.

## **II/ La bioclimatologie humaine et animale**

Selon les êtres vivants considérés, l'écologie peut être végétale, humaine ou animale. La bioclimatologie, branche de l'écologie a pour objet d'étude des facteurs de nature climatique dans leur relation avec les êtres vivants. La bioclimatologie animale en est à ses débuts. Quant à la bioclimatologie humaine, elle est étudiée par les sciences médicales, y compris par la géographie des maladies.

L'analyse des déterminants de l'état de santé touche essentiellement à l'environnement dans lequel l'homme évolue. Le temps qu'il fait et de manière plus large, le climat sous lequel nous nous trouvons influence notre état de santé. Si l'on considère la santé comme défini par un état de complet bien être physique et mental, les influences des mécanismes climatiques sur celle-ci sont très étendues. Les influences pathogènes des climats sur l'organisme sont étudiées par la climatopathologie ou encore par la biométéorologie humaine ou par la bioclimatologie humaine qui s'intéresse plus largement aux relations existantes entre le climat et/ou la météo sur notre santé.

## **III/ L'agroclimatologie et ses objectifs**

**L'agroclimatologie** est l'application à l'agriculture, en temps différé, de l'information de nature climatologique, statistique, qui s'accumule avec le temps ; cette information renseigne notamment sur le *risque climatique* et s'adresse surtout à la planification de toutes les activités de caractère agricole à tous les niveaux : du niveau national (services ministériels) au niveau cultural (pratique agricole), en passant par les niveaux régionaux et par ceux des services spécialisés, de la recherche, de la vulgarisation, de l'encadrement.. .

L'agroclimatologie est la science qui décrit, explique, classe les climats et tire les conséquences pour l'agriculture. Il ne s'agit pas d'une description du point de vue de la géographie physique, mais plutôt des seuls facteurs climatiques ayant une influence sur le développement de l'agriculture (vent ; pluie ; végétation ; ensoleillement ; etc.). Sur le plan agricole, il ne s'agira pas de biologie végétale. On se limitera à la compréhension des mécanismes du développement végétatif, afin que pour une plante donnée, sous un climat donné, on puisse quantifier les volumes d'eau dont elle a besoin pour sa production optimale. Ces quantités d'eau s'appellent besoin en eau des cultures.

**L'agrométéorologie** est l'application à l'agriculture, en temps réel, de l'information de nature météorologique, synoptique spatialement, relative au temps actuel et, si possible, au temps à venir. Cette information ponctuelle dans le temps perd progressivement son intérêt opérationnel pour se rattacher finalement à l'information climatologique. Car la météorologie vise les opérations de l'agriculture, aux mêmes niveaux des mêmes activités de l'agriculture que la climatologie. Mais on ne s'arrêtera ici qu'au dernier échelon, celui de la pratique agricole, où se réalise la production et où se fait finalement l'impact de toute planification, de toute recherche, de toute organisation, en somme de toute décision.

Les méthodes de l'agroclimatologie procèdent généralement au moyen d'outils informatiques (produits de modélisation), par traitements statistiques, fréquentiels, des éléments climatiques (pluie, température, insolation, etc.) et de leurs dérivés (bilans, déficits, indices, relations, formules, etc.), lesquels sont à la base de la description du milieu et de l'évaluation des besoins et des disponibilités (potentialités).

Comme objectif, l'agroclimatologie et l'agrométéorologie répondent aux préoccupations des agronomes et donc doivent être axés principalement sur l'amélioration de la production agricole :

- En déterminant les mécanismes régissant les interactions plante-climat pour une meilleure compréhension des mécanismes plante-énergie, plante-eau.
- En permettant des prises de décision à caractères opérationnels :
  - 1) A court terme :
    - échelonnement et modalités des interventions culturales durant la période de croissance des végétaux ;
    - binage, sarclage pour la formation d'un mulch et élimination des adventices,
    - épandage d'engrais ou d'insecticide,
    - récolte des produits,
    - estimation des déficits hydriques par les mesures des pluies et le calcul de consommation en eau justifiant les apports d'eau par irrigation et leur rythme d'application.
  - 2) A moyen terme : l'information climatique doit devenir un critère de gestion économique des moyens climatiques :
    - estimation des dates de plantation les plus favorables à l'obtention d'une production agricole la plus élevée,
    - préparation des sols,

- choix des plantes convenant le mieux au climat de la région,
- régularisation des récoltes.

## Chapitre II : Le climat en agroclimatologie

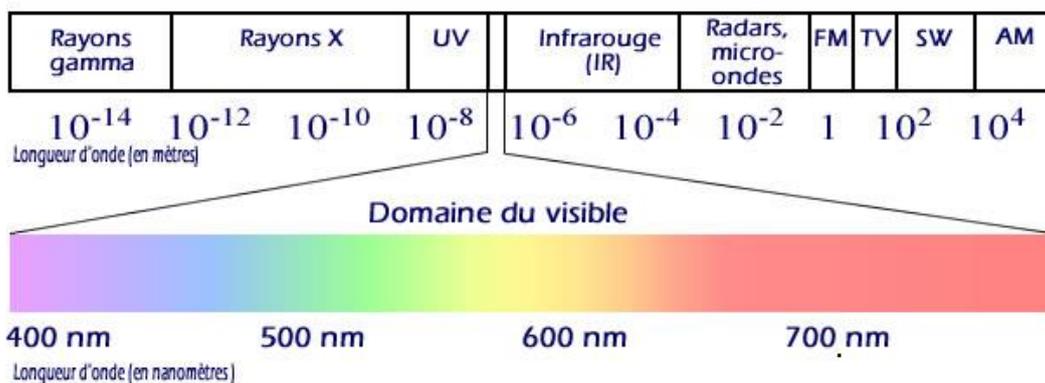
### I/ les transferts radiatifs

Le soleil constitue la source principale d'énergie terrestre. Il chauffe le sol, l'air et la mer, induisant ainsi par ses effets des différences de température, des mouvements dans les masses d'air (vent) et des courants dans les océans. Ces déplacements de grande amplitude influencent à leur tour sur la répartition de l'énergie solaire et donc sur la circulation générale de l'atmosphère, entraînant des variations spatiales et temporelles des climats.

**Le climat** en un lieu donné correspond à la résultante des différents transferts énergétiques tant du type radiatif que convectif et conductif entre le sol et l'atmosphère. De plus, cette énergie solaire est un des moteurs de l'activité biologique de l'écosystème végétal.

**Le rayonnement solaire** est un transfert d'énergie dans l'espace vide ou dans les milieux matériels. Le rayonnement est un ensemble de radiations électromagnétiques de nature ondulatoire. Les deux composantes du rayonnement électromagnétique sont la longueur d'onde et la fréquence.

Le **spectre électromagnétique** s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio) (figure 2). Les longueurs d'onde visibles s'étendent de 0,4 à 0,7 mm.



**Fig.1** : Le spectre-électromagnétique

Tout corps émet un rayonnement en fonction de sa température et de la nature de sa surface.

#### I.1- Bilan des courtes longueurs d'onde

Le rayon solaire s'appauvrit énergétiquement lors de sa traversée de l'atmosphère mais l'affaiblissement par les aérosols n'est que partiel car une fraction de cette énergie nous arrive sous forme d'énergie diffuse (D) en plus de l'énergie directe (I). Une fraction de cette énergie

se dirige hors atmosphère et intervient dans la quantité d'énergie réfléchié par le système terrestre. Les nuages interviennent non seulement comme diffuseur mais également comme réflecteur. 30 à 80 % de l'énergie directe peut être réfléchié, l'ensemble de ces énergies quitte le système terrestre également. Cette fraction s'appelle l'**albédo terrestre** =  $R_r/R_g$  (Figure 2). Après le rayonnement global, l'**Energie réfléchié ou l'albédo** ( $R_r/R_g$ ) de la surface peut être considérée comme la seconde source de variation du bilan de courte longueur d'onde. On appelle albédo, du latin albedo, blancheur, le pourcentage de l'énergie incidente qui est réfléchié directement. Ainsi la neige réfléchit presque tout le rayonnement visible (albédo = 80 à 90 %), mais se comporte presque comme un corps noir pour les infra-rouges (albédo presque nulle). L'albédo varie essentiellement avec la nature et les propriétés de la surface étudiée et la qualité du rayonnement incident. L'albédo d'un sol est généralement inférieur à celui d'un couvert végétal. Quelques valeurs d'albédo sont :

Sol nu sec : 0,17 – 0,21

Sol nu humide : 0,10 – 0,14

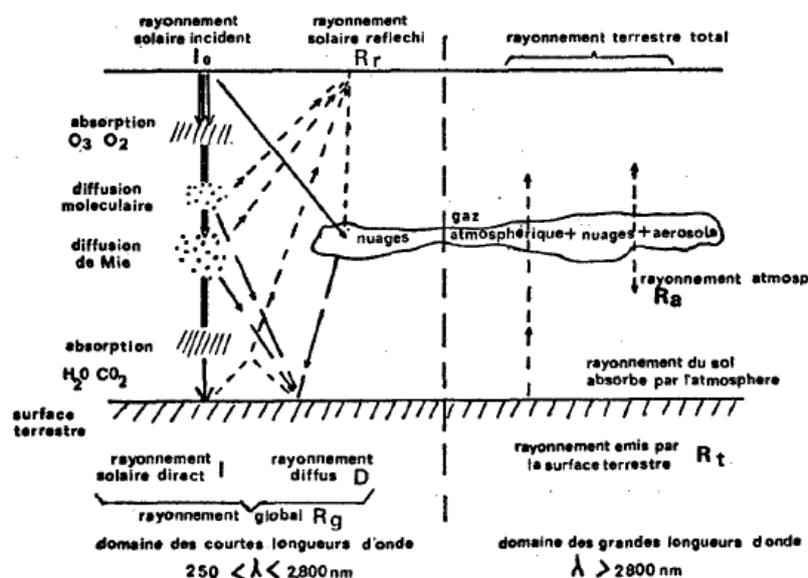
Couvert végétal : 0,17 – 0,26

Forêt : 0,12 – 0,15

Neige : 0,80 – 0,90

Eau : 0,03 – 0,07

Outre la quantité d'énergie réfléchié, une fraction de l'énergie est absorbée et de ce fait augmente la température propre du nuage. **Les énergies reçues au sol peuvent donc être très variables selon le lieu et la saison.**



**Fig.2 :** les échanges radiatifs entre le soleil, l'atmosphère et la surface terrestre

## I.2- Bilan des grandes longueurs d'onde

L'énergie radiative joue un rôle primordial dans l'établissement d'un équilibre thermique indispensable pour la plupart des plantes dans le milieu naturel. C'est dire l'importance qu'il faut accorder aux différents échanges radiatifs existant au niveau du système sol-atmosphère. Le bilan radiatif d'une surface correspond à la quantité d'énergie disponible. Dans les études climatiques, on a souvent besoin d'estimer le bilan radiatif d'un couvert, ne fût ce que pour la détermination des besoins en eau (évapotranspiration de la culture).

## **II/ les transferts convectifs**

L'air atmosphérique est un mélange d'air sec et de vapeur d'eau. L'air sec est lui-même un mélange de plusieurs gaz. Dans des proportions pratiquement constantes dans les basses couches de l'atmosphère, ce mélange est constitué principalement d'azote (78%), d'oxygène (21%) et d'argon (0,9%).

En plus de ces composants gazeux figure en suspension dans l'air un nombre considérable de particules microscopiques d'origine minérale ou végétale (cristaux de sel marin, pollens,...). Ces corpuscules jouent un rôle non négligeable dans les phénomènes de condensation de la vapeur d'eau et de formation des nuages.

Trois données concernant l'air sont particulièrement importantes pour la bioclimatologie, ce sont la température, l'état hygrométrique et la vitesse du vent. **Les transferts qui s'opèrent entre les surfaces naturelles et l'atmosphère en mouvement, sont de type convectif.**

On dit qu'un transfert de chaleur ou de masse s'opère par convection lorsqu'il a lieu au sein d'un fluide en mouvement et que le transport s'effectue par déplacement du fluide : c'est le cas des transferts au-dessus des surfaces naturelles. La convection peut être libre (on dit encore naturelle) ou forcée.

De façon générale, **l'évapotranspiration d'une surface naturelle** représente la quantité d'eau qui se trouve dissipée dans l'atmosphère à partir de cette surface, par le processus de vaporisation. Cette quantité est généralement exprimée en mm. On parle d'évapotranspiration quand la surface naturelle considérée est un couvert végétal, car dans ce cas, la quantité d'eau perdue par la surface est la somme de l'évaporation physique du sol et de la transpiration végétale. Pour un couvert bien développé, la transpiration est en général bien supérieure à l'évaporation du sol. *Ce concept est très important pour expliquer et quantifier les transferts d'eau dans les écosystèmes, pour calculer les besoins en eau des cultures agricoles et plus globalement pour la gestion de l'eau des espaces naturels.*

Par exemple l'absorption du gaz carbonique utilisé dans la photosynthèse se faisant également par la voie stomatique, une fermeture des stomates, due à une mauvaise alimentation hydrique, provoque un ralentissement de la photosynthèse et donc une baisse de la production de matière sèche.

**L'évapotranspiration réelle (ETR)** désigne la quantité exacte d'eau évapotranspirée par une couverture végétale réelle. C'est une donnée impossible à mesurer à l'échelle d'une parcelle ou d'une région. À l'opposé, **l'évapotranspiration potentielle** est une valeur calculée par des formules mathématiques. Ces deux notions ETR et ETP sont utiles et nécessaires pour étudier les bilans de circulation de l'eau et notamment pour déterminer les besoins en eau des cultures.

**ETM : Évapotranspiration Maximale.** C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif, dans des conditions climatiques données, prise en compte par l'ETP. C'est une correction de l'ETP en fonction du couvert végétal.

## Chapitre III : Le sol, lieu de transferts hydriques et thermiques

### I/ Présentation du sol : ses propriétés physiques de base

**Le sol** représente la couche extérieure de la surface terrestre, altérée au cours des âges par des processus physiques, chimiques et biologiques. C'est un système d'une grande complexité constitué d'éléments solides, liquides et gazeux. La phase solide comprend des constituants minéraux de dimensions et de formes variées, ainsi qu'une fraction organique formée d'organismes vivants (racines, microfaune) et de résidus organiques à différents stades de dégradation. La phase liquide est représentée par une solution aqueuse (eau et sels minéraux) plus ou moins liée à la phase solide du sol.

La phase gazeuse ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ) occupe les espaces libres laissés entre les particules et non remplis par la phase liquide.

**La texture** est l'un des tout premiers concepts à avoir servi à caractériser les propriétés du sol. Elle renseigne sur la taille prédominante des particules de sol ; traditionnellement on divise ces particules en trois gammes de tailles ou fractions texturales : sable, limon et argile (figure 5).

La séparation des particules par groupes de taille et la détermination de la composition granulométrique sont les buts de l'analyse granulométrique qui opère par tamisage pour les particules grossières et par sédimentation pour les plus fines. On visualise la notion de texture à l'aide d'un diagramme triangulaire appelé **diagramme de texture** : les deux côtés perpendiculaires d'un triangle rectangle isocèle sont gradués de 0 à 100 et représentent la proportion en l'une des deux fractions, argile et limon. Il y a correspondance bijective entre une composition exprimée en ces deux constituants et un point à l'intérieur du triangle (figure 3).

**La structure** caractérise la manière dont sont assemblés les divers constituants du sol. Elle peut varier au cours du temps pour des causes diverses. Il est possible de distinguer trois grands types de structure :

- la structure à particules isolées : les éléments du squelette se séparent aisément les uns des autres, sables d'une dune par exemple.
- La structure continue ou massive : on ne peut plus parler de constituants, l'ensemble est noyé dans une masse plus ou moins continue. A l'état sec, celle-ci donne l'impression d'un béton.

- la structure fragmentaire ou en agrégats : les particules de sol sont organisées en petits grumeaux appelés agrégats.

La forme et l'arrangement des agglomérats constitutifs de la structure a pour conséquence essentielle une plus ou moins grande porosité.

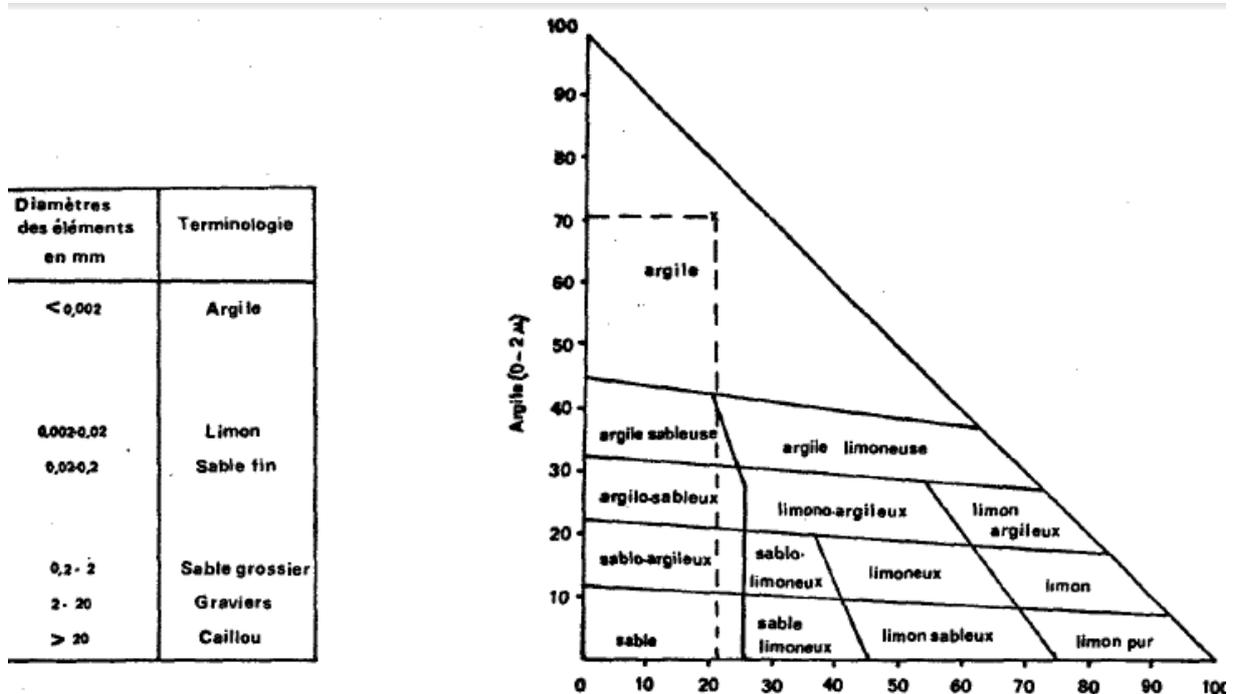


Fig. 3 : Granulométrie et triangle de texture des sols

### II/ le cycle de l'eau au champ

**L'infiltration** correspond au processus d'entrée de l'eau dans le sol, généralement à travers la surface du sol et verticalement. Lorsqu'il n'y a plus d'eau qui entre dans le sol le processus d'infiltration est terminé mais le mouvement de l'eau vers le bas ne cesse pas immédiatement : l'eau se redistribue dans le profil. Les sols ont une plus ou moins grande aptitude à retenir l'eau et à freiné la redistribution. Cette aptitude dépend essentiellement :

- De la texture : les sols argileux retiennent mieux l'eau que les sols sableux ;
- Du type d'argile présent et de la teneur en matière organique.

**L'extraction** de l'eau du sol peut s'effectuer soit par **drainage** souterrain, soit par **évaporation** à la surface du sol, soit encore par **absorption** racinaire.

Lorsque le sol est à nu, c'est à dire pendant la période de préparation du sol avant le semis des plantes annuelles et jusqu'à ce que le couvert soit bien couvrant, les pertes d'eau par évaporation à la surface du sol peuvent être importantes et gêner la

germination et le développement des jeunes plantules par un assèchement trop important de la couche superficielle.

Les plantes sont aussi soumises à la demande évaporative continue de l'atmosphère. Elles puisent l'eau dans le réservoir que constitue le sol. Mais l'eau du sol n'est disponible pour la plante que jusqu'à un seuil d'humidité appelé « **point de flétrissement permanent** » au dessous duquel la force de succion des racines est insuffisante pour extraire l'eau retenue trop énergétiquement par le sol. La plante alors reste flétrie et finit par périr.

Pour évaluer la quantité d'eau effectivement utilisable par les végétaux, les agronomes ont défini **la Réserve Utile RU** qui représente la différence entre les quantités d'eau exprimées en mm, stockées à la capacité au champ et au point de flétrissement permanent, dans une tranche de sol d'épaisseur  $\Delta_z$  égale à la profondeur moyenne d'enracinement.

### **III/ les transferts thermiques dans le sol**

L'étude des phénomènes thermiques dans les sols présente un intérêt certain du fait qu'ils déterminent souvent les activités biologiques. Que ce soit le développement microbien, la germination des semences, la croissance des racines ou l'intensité de l'absorption racinaire, toutes ces activités dépendent de la température. Et on peut mettre en évidence pour chacune de ces activités **un minimum, un maximum et un optimum de température**. La transmission de la chaleur à l'intérieur d'un sol se fait essentiellement par **conduction thermique**, processus de transfert de la chaleur qui met en jeu le mouvement d'agitation thermique des molécules.

La température de l'interface sol-air évolue de façon quasi-périodique au cours du temps, la base de temps, c'est à dire la période d'oscillation, pouvant être la journée ou l'année.

## Chapitre IV : Bilan hydrique et agroclimatologie en milieu tropical

### I/ le bilan hydrique en milieu naturel en fonction du bioclimat

Les différents termes du bilan hydrique sont les suivants :

**Les précipitations** : il importe de distinguer deux zones en fonction de la répartition des pluies au cours de l'année. En région subéquatoriale, les pluies tombent toute l'année, mais plus abondamment en deux saisons concentrées sur juin-juillet et octobre-novembre. En région tropicale, les pluies sont généralement moins abondantes, mais regroupées en une saison qui s'étend de mai à octobre. Les pluies diminuent du sud au nord.

**Le ruissellement** : en milieu naturel, qu'il s'agisse de la forêt dense ou de la savane herbeuse peu dégradée, le ruissellement reste faible (1 à 2% des pluies annuelles). Par contre si le milieu est dégradé par les feux de brousse ou les cultures antérieures, le ruissellement moyen annuel peut atteindre 5% les années les plus humides.

**Les variations du stock d'eau du sol** : elle diminue de 250 mm en sol très profond sous forêt dense à 40 mm en savane sur sol ferrugineux tropical gravillonnaire dès la surface.

**L'évapotranspiration potentielle (ETP)** : l'ETP annuelle est très constante en milieu équatorial (1200 à 1300mm) mais augmente rapidement en milieu tropical au fur et à mesure que le climat devient plus sec. Elle atteint 1700 mm à Korhogo, 1900 mm à Ouagadougou et dépasse 2000 mm en zone sahélienne d'Afrique.

**L'évapotranspiration réelle (ETR)** : En valeur absolue, l'ETR diminue de la zone humide forestière à la zone sahélienne. La savane herbeuse puise les réserves hydriques du sol beaucoup moins rapidement que la forêt : les graminées se dessèchent six semaines après la dernière pluie.

**Le drainage profond** : dans le milieu naturel, le drainage profond est d'autant plus important que les précipitations sont abondantes et concentrées sur une brève période de l'année, que le sol est superficiel (à condition qu'il soit perméable) et sa réserve hydrique limitée et que l'enracinement de la végétation est peu profond. Ainsi, le drainage est plus important à Korhogo (sol superficiel et une seule saison de pluie de 5 mois) qu'à Divo (sol forestier avec 11 mois humide), malgré des précipitations annuelles moindres : la saison humide à fort ETR y est moins longue et couvert forestier moins développé.

**Influence du type de sol et de la profondeur d'enracinement** : lorsqu'un sol est mince, sableux ou chargé en éléments grossiers peu poreux, sa capacité de stockage est très vite atteinte et l'excédent des eaux infiltrées peut percoler hors de portée des racines. Les sols argileux se dessèchent d'ordinaire sur toute leur épaisseur, au contraire des sols sableux où l'évaporation est fortement réduite.

**Influence de l'aménagement de la surface des bassins sur le ruissellement :** contrairement à ce qu'on observe en milieu naturel, le ruissellement varie considérablement en milieu cultivé. Il peut rester négligeable (par exemple sous hévéa, palmiers et fruitiers divers cultivés avec un sous étage de plante couvrante). Mais il augmente considérablement (jusqu'à 30-50% des pluies annuelles) sous cultures sarclées couvrant peu la surface du sol comme le maïs, le mil, le sorgho, le coton, l'arachide et le manioc. Quant aux pointes de ruissellement, elles atteignent rarement 20% en milieu naturel mais peuvent dépasser 80% sur sol nu ou mal couvert par les cultures.

## **II/ Analyse agronomique en région tropicale**

### **II-1. Méthode des intersections**

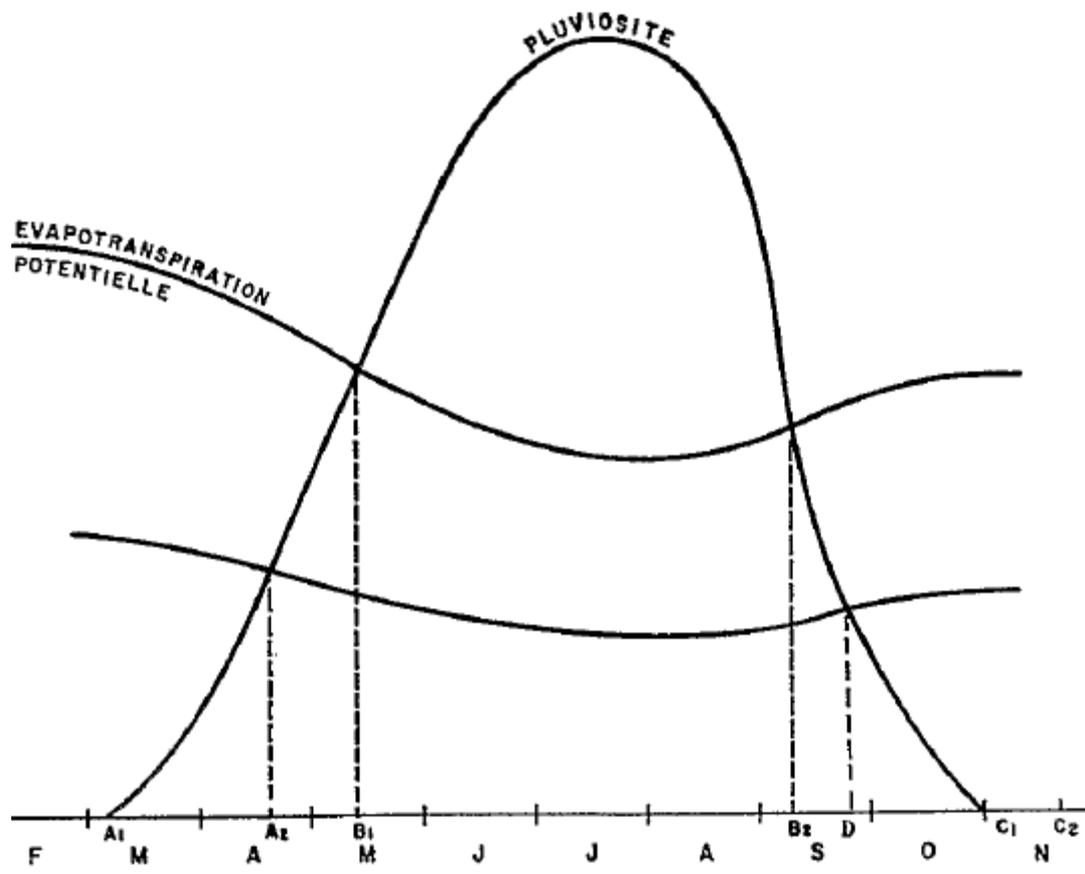
Les conditions hydriques peuvent être caractérisées, en agriculture, soit très simplement par la pluviométrie, soit de façon très complète, s'il est possible et nécessaire, par l'établissement, selon une échelle de temps plus ou moins fine, du bilan hydrique dans tous ses termes :

$$P + (I) \mp R \mp D_r \mp \Delta H - ETR = 0$$

Où P : précipitations ; (I) : irrigation complémentaire éventuelle ; R : ruissellement ;  $D_r$  : drainage ou remontée capillaire ;  $\Delta H$  : variation d'humidité du sol ; ETR : évapotranspiration réelle.

Entre ces deux extrêmes, selon le niveau opérationnel (planification, recherche, pratique agricole) et l'information disponible, diverses autres possibilités sont imaginables. Une de ces méthodes consiste à ne considérer dans le bilan, lors du déroulement de la saison humide, que quelques événements remarquables et les périodes qu'ils délimitent, ces événements étant choisis aussi indépendants que possible des conditions de sol et de végétation afin de pouvoir être déterminés sans ambiguïté par intersection de courbes climatiques (Franquin, 1968 et 1969).

La construction sur une même figure des courbes de pluviométrie P et d'évapotranspiration potentielle ETP (figure 4) détermine les positions de deux événements de nature purement climatique (dans la mesure où l'ETP peut être considérée comme telle) : B1 et B2, projections sur l'axe des temps des points d'intersection des deux courbes. L'intervalle B1 et B2 délimite ce qu'on appellera la « période humide », caractérisée par cette condition que P y est globalement supérieure à ETP, et donc ETR, l'évapotranspiration réelle, égale en principe à ETM, l'évapotranspiration maximale de la culture.



A<sub>1</sub> - C<sub>1</sub> saison « pluvieuse »

A<sub>2</sub> - C<sub>2</sub> saison « humide » :

- A<sub>2</sub>-B<sub>1</sub> période préhumide
- B<sub>1</sub>-B<sub>2</sub> période humide
- B<sub>2</sub>-C<sub>2</sub> période posthumide

A<sub>2</sub>-B<sub>2</sub> ou A<sub>2</sub>-D période physique de « végétation active »

**Fig. 4** : méthode d'intersection pour la détermination de saisons agricoles

Cette période humide est une fraction de la saison humide définie, distinctement de la saison pluvieuse, comme le temps continu de l'année durant lequel le stock d'eau disponible dans une profondeur de sol donnée n'est pas nul. Caractérisée, en d'autres termes, par la permanence d'eau disponible dans le sol (quel qu'en soit le degré de disponibilité), la saison humide débutera donc au moment, noté A<sub>2</sub>, où le déficit maximal du sol (supposé nu à cette époque en cas de cultures annuelles), atteint durant la saison sèche, commence à décroître sous l'effet des pluies. Elle se terminera au moment, noté C<sub>2</sub>, où ce déficit maximal se trouvera de nouveau réalisé, la culture ayant épuisé les réserves utilisables. Les points A<sub>1</sub> et C<sub>1</sub> situent approximativement la première et la dernière pluie (figure 4).

Contrairement à celles de B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub>, la position de C, est contingente non seulement au climat, mais aussi à la végétation et au sol, ne pouvant donc être obtenue par intersection de courbes

climatiques. Sans grand intérêt pour des cultures annuelles, cet événement ne sera donc déterminé que si nécessaire en faisant, à partir de B2, le bilan climatique entre : d'une part, l'ETP (ou l'ETM) ; d'autre part, les pluies postérieures à B2, augmentées de l'excès de P sur ETP (ou ETM) entre B1 et B2, excès supposé stocké dans le sol en tout ou partie.

## **II-2. Interprétation agronomique**

- La période préhumide A2-B1 est celle des semis : le semis devient en effet possible sans aléas en principe, des l'instant où le sol reconstitue son stock d'eau utile, c'est-à-dire dès l'instant A2, qu'il est possible de situer à tout niveau de probabilité; la considération de cet événement donne du début de la période de végétation active une définition plus concrète que la fixation d'une première pluie dite « efficace » (pour des conditions déterminées) ; l'analyse fréquentielle de la position de A2 est d'ailleurs faite une fois pour toutes, quels que soient la culture, le sol, le niveau de technicité, le rendement minimal espéré, etc., en sorte que l'on dispose d'une gamme de probabilités sur laquelle jouer selon les exigences ;
- la période antérieure A1-A2 est celle du semis dit « en sec », qui bénéficiera des faux départs de la saison humide (lorsque, après avoir dépassé ETP/2, P redevient significativement inférieure) ; c'est surtout celle de préparation du sol, en début de saison, quand il n'est pas possible de l'effectuer en fin de saison humide précédente ; cette préparation devient de plus en plus aisée en direction de A2, puis de B1, pour devenir très difficile et même impossible au-delà en sol lourd ;
- La période humide B1-B2 est celle où les besoins en eau des cultures, alors en état de végétation très active, peuvent en principe être satisfaits entièrement, au moins globalement sinon à tout instant ; ou bien alors ils ne le seront pas, du fait du ruissellement, ou bien ils le seront et il pourra y avoir comblement du déficit dans la zone exploitée par les racines, et même drainage au-delà ; le rendement photosynthétique et donc l'efficacité de l'eau seront d'autant plus élevés que les cultures présenteront, au temps B1, un indice de surface foliaire plus fort, ce qui est une des raisons de la supériorité généralement constatée des semis précoces ; d'autre part, B2 détermine la fraction utile de la floraison des plantes à type de floraison axillaire indéfinie, comme le cotonnier et l'arachide ; on constate aussi que les variétés photopériodiques (ou de cycle long) de mil et de sorgho (type de floraison terminale finie) traditionnellement cultivées, donc bien adaptées, épient au voisinage de la position moyenne de B2 ; cet événement représente donc dans la plupart des cas la fin de la « période de végétation active » commencée en A2, les phénomènes de fructification-maturation se déroulant pour l'essentiel après B2 ;

- la période post humide B2-C2, durant laquelle se développe la fructification-maturation, s'ouvrira en conditions d'autant meilleures pour le maintien d'un état de végétation favorable au rendement que les pluies de cette période seront plus prolongées, mais surtout que le sol aura été plus profondément humecté par l'excès d'eau de la période B1-B2 ; un point D d'intersection entre les courbes de P et de ETP/2 peut encore être considéré postérieurement à B2, bien qu'il n'ait pas une signification agronomique aussi forte que celle de son symétrique A2 ; on peut admettre, en effet, que tant que les pluies, après B2, ne sont pas redevenues inférieures à ETP/2, l'addition de la lame de ces pluies d'une lame d'eau puisée dans le sol par la culture permet à celle-ci de satisfaire son évapotranspiration maximale (ETM) ; la fin de la période de végétation active sera dans ce cas non pas B2 mais D.

### **Références bibliographiques**

Avenard, J. M., Eldin, M., Girard, G., Sircoulon, J., Touchebeuf, P., Guillaumet, J. L., & Adjanohoun, E. (1971). Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, p, 401

FRANQUIN P., 1984, « Agroclimatologie et agrométéorologie en zone tropicale sèche d'Afrique », in *l'agronomie tropicale*, N°39-4, ORSTOM, pp 301-307.

Monteny, B., & Lhomme, J. P. (1980). *Eléments de bioclimatologie*, ORSTOM, p 105

Morel, A., Raoult, B., & Franquin, P. (1980). *Agroclimatologie de la Côte d'Ivoire*.