

Aspects climatiques de la sécheresse de part et d'autre du Sahara (de l'Afrique Centrale sèche à la Tunisie)

Charles RIOU
Chercheur ORSTOM
Mission ORSTOM, 18 rue Charles Nicolle
Tunis-Belvédère - Tunisie

Résumé

Une brève analyse de la pluviosité au Nord et au Sud du Sahara fait apparaître quelques points communs : insuffisance générale, irrégularité, excès d'eau momentanés.

La connaissance de l'évapotranspiration potentielle permet d'établir des bilans hydriques pour quelques stations et de mettre en évidence quelques traits caractéristiques de la sécheresse de part et d'autre du tropique.

Mots-clés : Sécheresse - Bilan hydrique - Evapotranspiration - Tunisie - Afrique Centrale.

Abstract

CLIMATIC FEATURES OF THE DROUGHT ON BOTH SIDES OF THE SAHARA (FROM DRY CENTRAL AFRICA TO TUNISIA).

General shortage, irregularity and temporary water surplus are a few common features which are emphasized through a short analysis of the rainfall in the North and the South of the Sahara.

The knowledge of the potential evapotranspiration makes it possible to determine water balances for a few stations and to reveal a few characteristics of the drought on both sides of the tropic.

Key words : Drought - Water balance - Evapotranspiration - Tunisia - Central Africa.

INTRODUCTION : LA NOTION DE SÉCHERESSE

Si l'observateur est assez facilement conscient devant un paysage de l'abondance ou de la rareté de l'eau, la définition de la sécheresse n'est pourtant pas aussi simple qu'il y paraît. Interrogés sur ce point, ils ne sont pas rares ceux qui répondent un peu vite que les régions sèches sont celles où les pluies sont faibles. Copenhague et Paris qui ne passent pas pour des exemples d'aridité reçoivent pourtant un peu moins de pluie que N'DJAMENA, dans la zone sahélienne du Tchad. On peut déjà nuancer l'appréciation de la hauteur de la pluie, en parlant de sa répartition dans l'année. En fait, on ne peut définir la sécheresse qu'en terme de déficit hydrique, c'est-à-dire, en comparant les hauteurs d'eau fournies par la pluie, et les besoins en eau des plantes, pour constater qu'il y a déséquilibre.

La mesure de la pluie est largement répandue (sauf dans les zones désertiques et sur les océans) et permet d'apprécier les volumes d'eau précipités avec une précision souvent acceptable. L'estimation des besoins en eau est plus délicate ; pour avoir été conscients de sa nécessité, les géographes ont depuis une cinquantaine d'années, introduit des « indices », permettant d'apprécier, avec plus ou moins de précision, si la pluie était « suffisante » ou non. Ainsi apparurent les indices ou coefficients de DE MARTONNE, GAUSSEN, BIROT, EMBERGER...

C'est le mérite du climatologue THORNTHWAITTE d'avoir introduit en 1948 une grandeur plus précise : l'évapotranspiration potentielle (E.T.P.), et d'avoir analysé avec rigueur le problème de la sécheresse.

L'évapotranspiration potentielle est définie comme la consommation d'eau d'un couvert végétal étendu,

couvrant bien le sol et maintenant sa transpiration grâce à une alimentation hydrique convenable.

Il y aurait beaucoup à dire à propos de cette définition ; remarquons simplement que les couverts végétaux différent entre eux par des caractères physiques qui interviennent sur l'évaporation : facteurs de réflexion du rayonnement solaire (albédo) et de l'infra-rouge, « architecture » du feuillage et effets de frottement sur l'air en mouvement (rugosité). Des caractères physiologiques spécifiques peuvent également intervenir. Il semble pourtant, au vu des mesures effectuées sous des climats variés et pour différents couverts, que les éléments liés à la surface introduisent des variations secondaires devant celles qui sont liées au climat, du moins à l'échelle à laquelle nous nous plaçons. Cette définition est d'ailleurs plus ambitieuse que la mesure qui sert de base, en général, aux comparaisons des valeurs de l'E.T.P., et qui concerne un gazon ras. Nous admettrons qu'une telle mesure constitue une estimation satisfaisante des besoins en eau des plantes cultivées.

Ceci dit, l'E.T.P. étant comparée à la pluie, le déficit hydrique éventuel peut être exprimé quantitativement. Dans les pages qui suivent, et pour des régions sèches à différentes latitudes que nous connaissons, nous donnerons d'abord une description rapide des régimes pluviométriques, puis des valeurs mesurées de l'E.T.P. La comparaison de ces données permettra, dans une dernière partie, l'analyse de la sécheresse.

LA PLUVIOSITÉ DE PART ET D'AUTRE DU SAHARA : DES RÉGIMES DIFFÉRENTS, DES CARACTÈRES COMMUNS : INSUFFISANCE GÉNÉRALE, IRRÉGULARITÉ, EXCÈS D'EAU MOMENTANÉS

Les régions où nous avons pris nos exemples s'étendent sur une bande de quelques centaines de kilomètres de large, du 10^e parallèle au 37^e, recoupant les méridiens entre 10 et 20° de longitude Est. On y trouve des climats différents qu'on peut distinguer en allant vers le Nord en termes généralement admis : tropical (sec) 750 à 1 000 mm *, sahélien 300 à 750 mm, subdésertique 100 à 300 mm, désertique < 100 mm, méditerranéen aride, et semi-aride. Ces régions vont du moyen Tchad à la Tunisie, en passant par une vaste zone désertique en Lybie. On s'attachera surtout évidemment aux zones de bordures du désert, celles où l'agriculture devient possible, tout en étant précaire ou difficile.

* Ces frontières sont celles des hydrologues de l'O.R.S.T.O.M.

Pour le météorologiste, et bien qu'on ne peut isoler une partie du globe, en ce qui concerne la circulation générale, il y a là malgré tout des « domaines » différents.

La Tunisie, comme l'Europe, connaît des types de temps variés, où la Méditerranée joue un rôle important par ses effets thermiques ; on y trouve cependant de façon régulière un été chaud et sec.

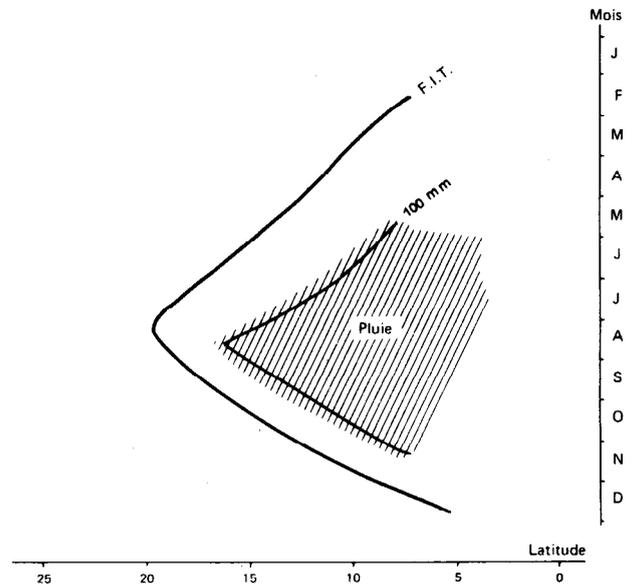


Fig. 1. — Position du F.I.T. et de l'isohyète 100 mm, en fonction de la latitude et du mois au Tchad.

Au Sud du Sahara, le phénomène important est la migration de la ligne située entre les alizés venant des deux hémisphères, et formant une zone de convergence. Le Front Intertropical ou F.I.T., sépare donc de l'air saharien chaud et sec, venant de N.E., et de l'air humide d'origine équatoriale, soufflant du S.O. (mousson). Après le passage du F.I.T. vers le Nord s'établit un temps pluvieux, avec de fortes averses. Le F.I.T. remonte en août, jusque 20° de latitude, puis redescend vers la zone équatoriale en janvier. Le temps écoulé entre ces deux passages, règle la durée de la saison des pluies, qui diminue donc quand on va vers le Nord (fig. 1). Un déplacement du F.I.T. un peu moins important, entraîne une saison des pluies plus courte et moins arrosée ; on comprend aisément que des territoires où la vie rurale est à la limite du possible en année normale,

peuvent alors connaître de sérieux problèmes ; c'est ce qui s'est passé entre 1968 et 1976, dans la zone sahélienne et l'on a largement fait écho aux conséquences dramatiques de cette situation.

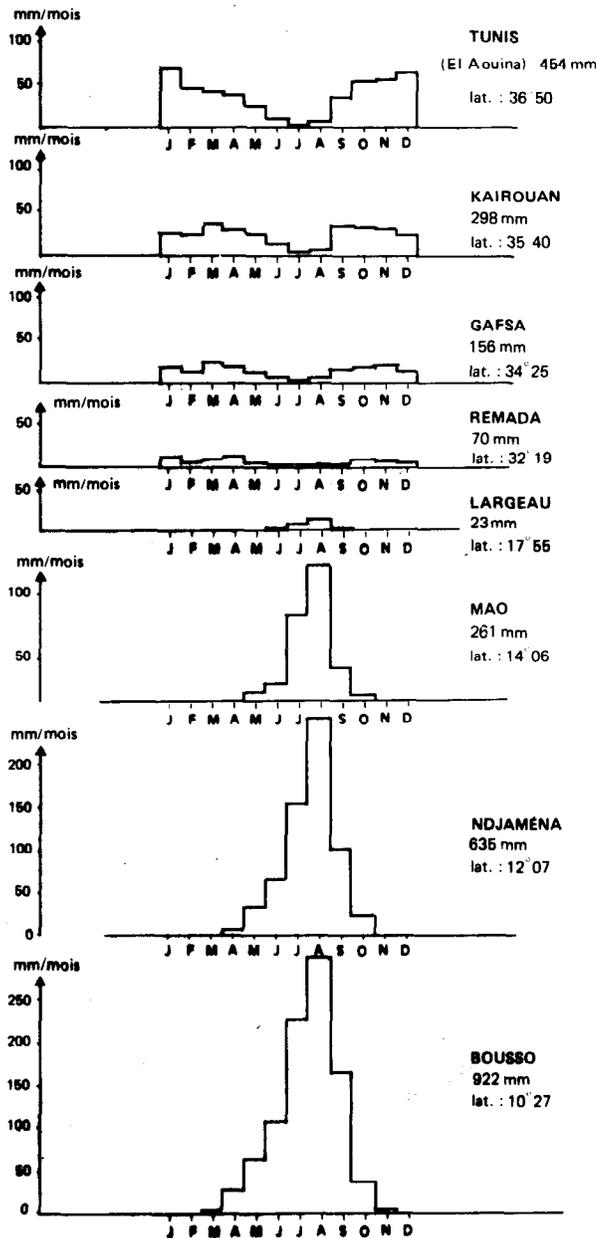


Fig. 2. — Répartition moyenne de la pluie au cours de l'année.

A des types de temps peu comparables entre le Nord et le Sud du Sahara, correspondent des pluviosités dont la répartition est très différente dans l'année, comme le

montre la figure 2 où l'on a choisi quelques stations représentatives des différents climats. En région méditerranéenne, en dehors de la sécheresse estivale, on trouve le reste de l'année des pluies plus ou moins abondantes, allant en diminuant vers le Sud. Au Sud du tropique, au contraire, une saison des pluies très tranchée apparaît, se manifestant même en zone désertique, par quelques petites pluies ; la durée de cette saison des pluies est de 2 mois dans le climat sub-désertique, de 3 à 4 mois dans la zone sahélienne et atteint 5 à 6 mois dans la zone tropicale « sèche ».

IRRÉGULARITÉ INTERANNUELLE

Si les régimes pluviométriques sont différents, un certain nombre de caractères sont communs à ces climats secs. Tout d'abord, mais cela n'apparaîtra qu'au paragraphe suivant, une insuffisance globale de la pluie annuelle, face à l'évaporation potentielle ; pour la zone tropicale comme on le verra par la suite l'existence d'une saison très sèche souvent de longue durée entraîne une très forte évapotranspiration potentielle ; en région méditerranéenne, les pluies diminuent quand le rayonnement solaire augmente, et le déséquilibre pluie-E.T.P. va en s'aggravant.

Un trait commun de ces climats à pluviosités insuffisantes est également leur irrégularité, bien étudiée en particulier par les hydrologues car elle conditionne celle de l'écoulement. La pluviosité interannuelle, tout d'abord est très variable. On peut la caractériser par la distribution des fréquences de dépassements d'une hauteur de pluie annuelle donnée ; cette distribution est ici souvent normale, mais les statistiques offrent de nombreuses autres lois qui permettent des ajustements parfois meilleurs que la loi de GAUSS.

A Tunis, pour une pluie annuelle moyenne de 443 mm, on trouve une médiane (fréquence 0,5) identique, et les fréquences de dépassement F suivantes :

F	0,9	0,8	0,5	0,2	0,1
P mm	292	338	443	539	589

Une fois tous les 10 ans, la pluie peut donc dépasser 589 mm, mais aussi descendre en dessous de 292 mm. On utilise parfois le coefficient K_3 , rapport des pluies annuelles de fréquence 0,1 et 0,9 qui est ici de 2. Ce coefficient augmente encore vers le sud, quand la pluie annuelle diminue.

En région tropicale, les valeurs ne sont significatives qu'à partir du climat sub-désertique. L'étude des pluies effectuée par J RODIER fournit les chiffres suivants :

Stations recevant entre 220 et 300 mm

F	0,9	0,5	0,1
P mm	147	270	411

K_3 est ici de 2,8

Au Sahel, pour les stations ayant une pluie médiane de 620 mm (ce qui est à peu près le cas de N'DJAMENA), on a :

F	0,9	0,1
P mm	440	858

$K_3 = 1,95$

Enfin pour une pluie médiane de 800 mm :

F	0,9	0,1
P mm	605	1015

$K_3 = 1,68$

On voit que l'irrégularité augmente quand la hauteur annuelle de pluie diminue.

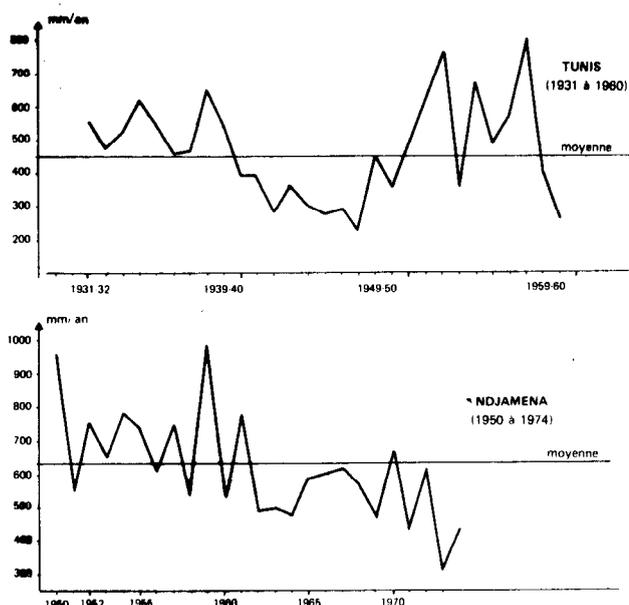


Fig. 3. — Irrégularité des pluies annuelles.

Un autre phénomène aggrave les conséquences des pluies insuffisantes, c'est la succession assez fréquente d'années sèches (et d'années pluvieuses). La figure 3 montre l'évolution de la hauteur de pluie, pour Tunis et N'Djamena, pendant plusieurs années successives. On voit ainsi se succéder des périodes de 5 à 8 ans de même caractère pluvieux, sèches ou humides : la sécheresse du Sahel est un de ces épisodes ; les mêmes territoires avaient d'ailleurs déjà connu cette déficience en pluie entre 1910 et 1916, puis entre 1940 et 1949.

IRRÉGULARITÉ SAISONNIÈRE

Pour les climats tropicaux étudiés, la pluie annuelle est concentrée en une saison de quelques mois et l'irrégularité annuelle traduit donc celle de la saison des pluies toujours centrée sur le mois d'août ; nous avons simplement indiqué sur la figure 4, la répartition des pluies à Abèche (zone sahélienne du Tchad, pluie moyenne 495 mm) pendant l'année 1973 (187 mm), année de plus forte sécheresse, on peut voir que la saison des pluies se réduit alors à peu de choses.

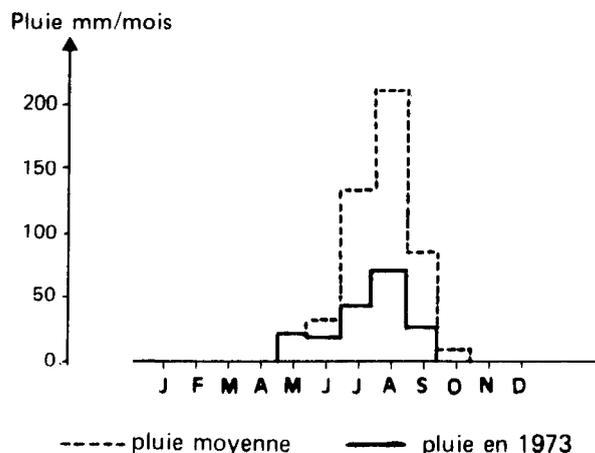


Fig. 4. — Abèche. Pluie moyenne et pluie en 1973. (D'après J. SIRCOULON).

En Tunisie, la pluie s'étend pratiquement sur 9 mois, et la répartition saisonnière est très importante ; comme nous le verrons, par la suite, les plantes à cycle long, sont en effet vulnérables, à certaines périodes, à des déficits hydriques marqués.

Comme, on le fait, pour la pluie annuelle, on peut étudier la fréquence de dépassement d'une hauteur donnée de pluies saisonnières ou mensuelles. Ici, les distributions de fréquence sont en général dyssymétriques, et les médianes et moyennes peuvent être nettement différentes, particulièrement pour les pluies mensuelles.

On trouve à Tunis :

	Hauteurs de pluie en mm						K_3
	Moyenne	0,9	0,8	0,5	0,2	0,1	
Printemps	109	55	67	99	146	178	3,23
Été	22	4	6	14	33	52	14,30
Automne	135	60	75	115	178	223	3,71
Hiver	178	98	118	162	230	275	2,80

La variabilité saisonnière est très forte, notamment en été, ce qui était prévisible, mais aussi en automne.

La répartition mensuelle des pluies est assez régulière pour les climats tropicaux, avec sa pointe du mois d'août ; la saison des pluies y commence et s'y termine à des dates peu variables, et c'est surtout la quantité d'eau totale qui peut différer d'une année à l'autre. On a en général, un excès de la pluie sur les besoins en eau, pendant une courte saison, et une constitution de réserve hydrique dans le sol qui s'épuisera avec le retour de la saison sèche.

Dans les régions méditerranéennes où la variabilité des pluies saisonnières est forte, la réserve en eau du sol, souvent réalisée en automne et au début de l'hiver, peut être plus ou moins importante et il peut apparaître en cours d'année des déficits hydriques. Le calendrier des travaux agricoles étant adapté à une situation moyenne, l'agriculteur est ainsi constamment à la merci des irrégularités de la pluie et de ses conséquences : excès d'eau au moment des travaux du sol, germinations retardées, développements végétatifs plus ou moins rapides, échaudages, etc. Avec une faible réserve hydrique du sol, la hauteur d'eau d'un mois donné peut être importante, quand il s'agit d'une période critique de la plante, c'est notamment le cas du mois d'avril, qui suit l'épiaison, dont le tableau suivant nous montre la variabilité :

Hauteurs de pluies mensuelles en mm à Tunis

	Moyenne	Fréquence					K ₃
		0,9	0,8	0,5	0,2	0,1	
Mars	47	15	22	40	69	91	6
Avril	40	10	16	32	58	78	7,9

EXCÈS D'EAU MOMENTANÉS

Dans ces pays à pluviosité insuffisante, il n'est pas rare de trouver de fortes averses ou des épisodes pluvieux importants : à Tunis, une pluie de 87 mm en 24 heures est probable, une fois tous les 10 ans, une pluie de 72 mm tous les cinq ans, une pluie de 54 mm une année sur deux ; tout récemment (13 septembre 1979), il est tombé une pluie de 100 mm en 3 heures 1/2, dont 88 en une heure. A N'Djamena l'averse de fréquence décennale est de l'ordre de 90 mm ; il y est tombé le 12 août 1950, une averse de 181 mm, dont 135 en 2 heures.

Ces fortes averses, tombant sur des zones à faible taux de végétation, et sur des sols peu profonds, s'accompagnent d'un ruissellement important. Il peut arriver également que des sols très secs, offrant à l'eau une mauvaise « mouillabilité » se comportent alors comme s'ils étaient peu perméables. Les régions à relief peu marqué, ont un réseau de drainage insuffisant pour canaliser cette eau, et des inondations s'en suivent.

C'est un paradoxe des régions sèches que d'avoir souvent des problèmes d'excès d'eau... Dans la région de N'Djamena, il y a un violent contraste entre les paysages du mois d'août, îlots de verdure, au milieu de vastes zones inondées et ceux qu'on peut voir dès le mois de janvier, où la ville apparaît comme une oasis parmi les sables ; dans la zone sahélienne du Tchad, les routes sont en général impraticables pendant la saison des pluies.

En Tunisie, une rivière comme l'Oued Zéroud, à sec pendant l'été, peut avoir des crues réellement stupéfiantes (plus de 15 000 m³/sec.). En 1969, le pays a subi de fortes inondations, et une ville comme Kairouan sérieusement menacée.

En conclusion de ces remarques sur la pluviosité, nous retiendrons surtout la nécessité d'une certaine méfiance envers les « moyennes » qui masquent souvent la succession de situations très différentes. Voyons maintenant, face à la pluie, comment se répartit l'évapotranspiration potentielle.

L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE : DES VALEURS ÉLEVÉES ENTRAINANT DES DÉFICITS HYDRIQUES IMPORTANTS ET PROLONGÉS

Nous avons vu au début de cet article, que notre E.T.P. était obtenue à partir d'un gazon ras irrigué

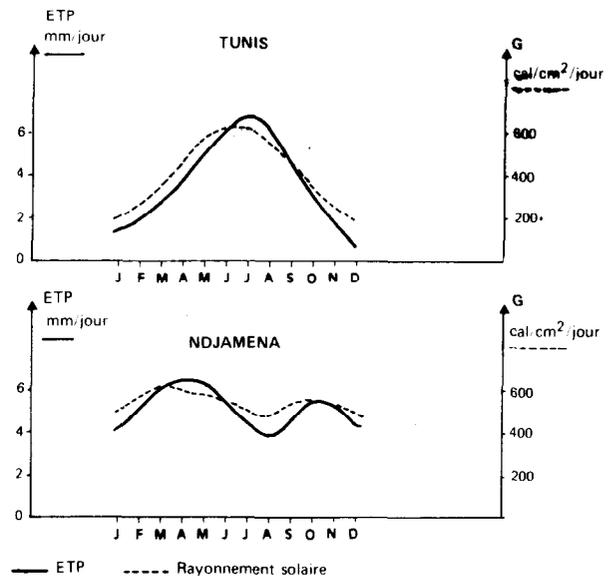


Fig. 5. — E.T.P. et rayonnement solaire.

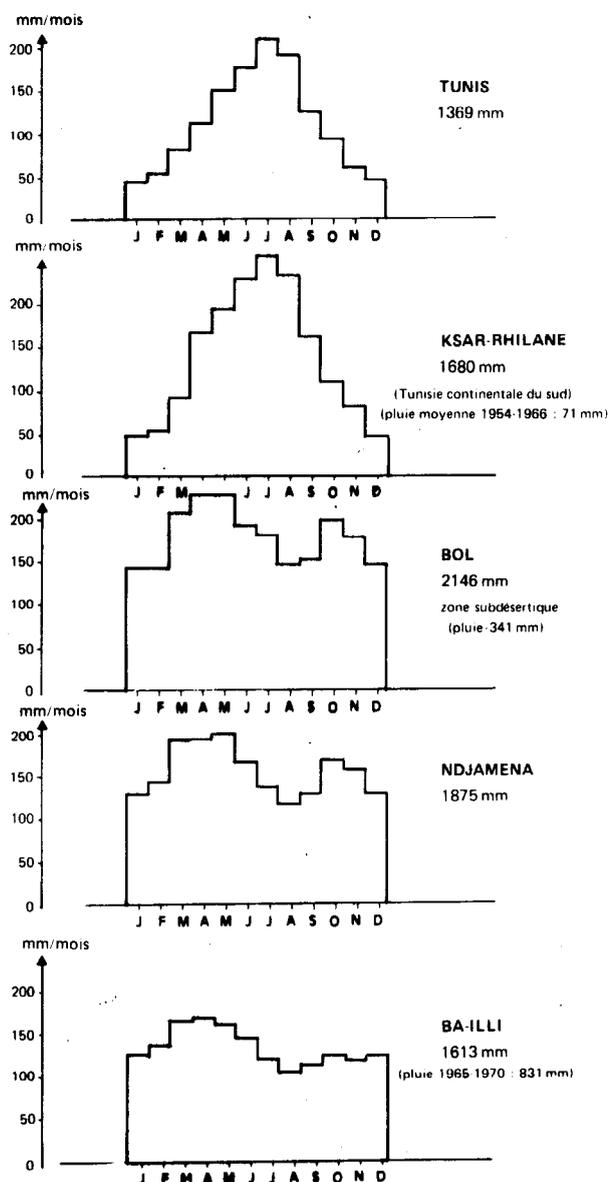


Fig. 6. — Evapotranspiration potentielle (mesurée sur gazon).

d'une étendue d'au moins 400 m², pour éviter l'effet d'amplification des petites surfaces évaporantes. De telles mesures existent en Tunisie (INRAT) et en Afrique Centrale (ORSTOM).

La figure 6 indique la répartition de l'E.T.P. mensuelle à différentes latitudes ; celle-ci suit en fait, l'évolution du rayonnement solaire G (Rayonnement global), comme le montre la figure 5, avec un léger retard, et une amplification du rapport E.T.P./G pendant les mois secs, conséquence de l'advection, c'est-à-dire du

transfert vers les surfaces évaporantes plus froides, d'air sec et chaud de la zone environnante.

Les valeurs annuelles sont élevées dans toute la zone étudiée et très supérieure à la pluie, 1 600 à 1 800 mm dans la zone tropicale sèche, (il faut descendre aux environs du 6^e parallèle pour trouver l'équilibre entre pluie et E.T.P. annuelles pour 1 300 à 1 400 mm de pluie), 1 800 à 2 100 dans la zone sahélienne, 2 100 à 2 300 dans la zone sub-désertique atteignant sans doute 2 400 mm, en zone désertique ; plus au Nord, on trouve en Tunisie des valeurs allant de 1 700 mm dans le Sud, à 1 200 mm au Nord de Tunis. L'E.T.P. de la zone maritime varie peu (1 425 mm à Gabès, au Sud), mais augmente avec le continentalisme et à Gafsa, elle est sans doute proche de celle de Ksar Rhilane. La répartition mensuelle est importante. En zone tropicale, il y a toujours un minimum d'hiver (solstice d'hiver), et un autre au moment de la saison des pluies (forte nébulosité, air humide), en zone méditerranéenne, on trouve un minimum en hiver et un maximum en été.

Dans tous les cas, le maximum de pluie est lié à un minimum d'E.T.P.

De la variabilité de l'E.T.P., on ne peut dire grand chose, faute de longues séries. Elle est certainement faible vis-à-vis de la pluie. En zone tropicale, où la saison sèche correspond la plus grosse part de l'E.T.P., celle-ci paraît très stable. En zone sahélienne, on a trouvé sur 6 ans, des écarts maximum par rapport à la moyenne, de - 4 % à + 8 %. En Tunisie, cette variabilité est un peu plus forte, ± 11 % à Tunis sur 14 ans. On peut donc souvent se contenter de faire varier la pluie, dans le bilan pluie-E.T.P.

BILANS HYDRIQUES : DES PÉRIODES FAVORABLES : BRÈVES SOUS LE TROPIQUE, PEU SURES EN TUNISIE

Le déséquilibre global important entre pluie et E.T.P. annuelles n'empêche cependant pas certains mois de recevoir des quantités d'eau égales ou supérieures à l'E.T.P. : dans ce dernier cas, l'eau peut être alors stockée dans le sol et constituer une réserve pour les mois déficitaires. L'agriculture facilite au maximum de telles mises en réserves en favorisant l'infiltration par le travail du sol, en récupérant une partie du ruissellement (par des talus le long des courbes de niveau par exemple). L'importance de cette mise en réserve dépend du bilan pluie-E.T.P., mais aussi des possibilités du sol. En général, on peut admettre que la majorité des sols cultivés peuvent stocker entre 100 et 150 mm d'eau.

La comparaison mois par mois de la pluie et de

l'E.T.P., peut donc permettre de noter d'une part les mois où l'équilibre est assuré, d'autre part l'excès éventuel P-E.T.P., et la mise en réserve, enfin pour les mois qui suivent où l'on a $P < E.T.P.$, l'évapotranspiration, en ajoutant à la pluie tout ou partie de la réserve en eau, pour atteindre l'évapotranspiration maximum possible ; dans ce dernier cas, quand l'évapotranspiration est inférieure à l'E.T.P., on parle d'E.T.R. et l'on

admet qu'en dehors de certaines périodes critiques pour la plante, la vie végétale est possible pour des valeurs de E.T.R., inférieures à E.T.P., on considère souvent comme « humide », un mois où l'on a $E.T.R. > E.T.P./2$.

La figure 7 indique cette comparaison pour 4 stations situées dans des zones climatiques différentes, et pour des pluviosités « moyennes »

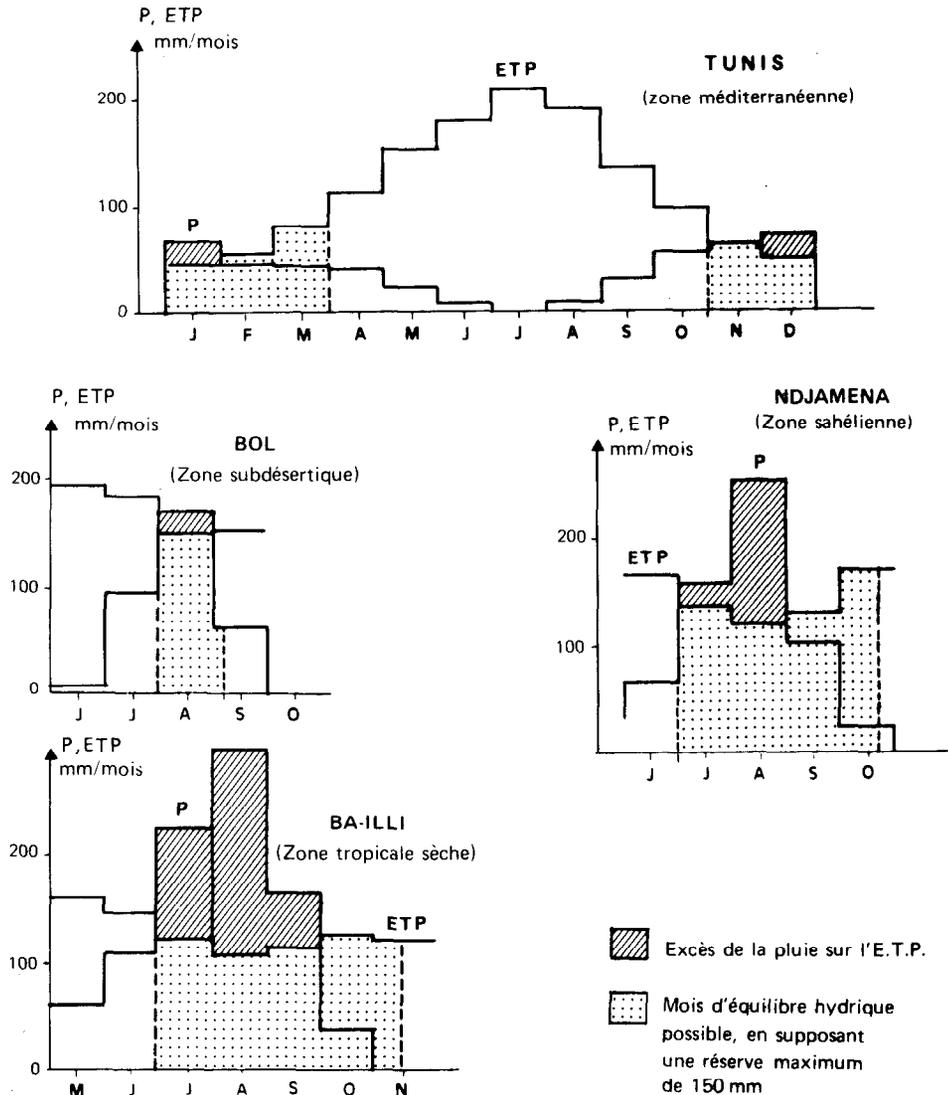


Fig. 7. — Comparaison de la pluie et de l'E.T.P. pour quelques stations.

En zone sub-désertique, le stockage de l'eau en moyenne est très faible et ne permet qu'une petite extension de la période favorable, allant ici de juillet à septembre. A N'Djamena la mise en réserve peut atteindre 150 mm, elle permet de maintenir l'équilibre pendant le

mois de septembre, et plus de la moitié du mois d'octobre. La saison favorable à l'agriculture dure donc ici 4 mois environ (mi-juin à mi-octobre).

Enfin en zone plus arrosée (900 mm), il y a un excédent important de la pluie sur l'E.T.P., pendant la

saison humide, de l'ordre de 350 mm. Pour un sol stockant 150 mm d'eau, il y a un important écoulement, et c'est dans cette zone qu'on commence à rencontrer des cours d'eau permanents et d'une certaine importance. La période favorable à l'agriculture atteint ici presque 6 mois.

Nous n'avons pas évoqué jusqu'ici l'infiltration de l'eau vers les couches profondes du sol, alimentant les nappes et échappant à l'évaporation. Faute de données précises, nous voyons que si elle peut se produire exceptionnellement dès la zone sahélienne (pluies exceptionnelles, ou sols favorables, comme des roches fissurées) elle n'est sans doute régulière que dans la dernière région évoquée.

En Tunisie, et particulièrement à Tunis, la mise en réserve semble « en moyenne » assez faible de l'ordre de 50 mm, en décembre et en janvier après un mois de novembre équilibré. Mais ici, il faut d'abord tenir compte de la grande variabilité de la pluie et nous avons vu qu'en hiver, la pluie pouvait varier sur une période de 5 ans de 118 mm à 230 mm, soit de ± 50 mm environ autour de la moyenne. Les mois de février et mars sont en moyenne équilibrés, mais un déficit important apparaît en avril. En fait, la figure 7 nous montrerait une saison agricole d'environ 6 mois, mais il nous faut noter ici qu'en automne, le sol ne porte pas de végétation, et qu'alors les pertes en eau sont inférieures à l'E.T.P. Les possibilités de mise en réserve sont donc en fait plus importantes qu'il n'y paraît. Quelques données sur l'évaporation du sol nu indiquent que la réserve « moyenne » à la fin du mois de décembre doit être de l'ordre de 70 mm environ, soit de 100 mm environ fin janvier ; cette réserve permet d'atteindre le mois de mai.

On voit toute l'importance ici d'une part des pluies d'automne, qui déterminent la mise en réserve de l'eau dans le sol, et d'autre part de la pluie d'avril, au moment de l'épuisement de cette réserve. On se souvient de la grande variabilité de ces hauteurs d'eau.

Cette situation, à « la limite » à Tunis, se trouve évidemment aggravée plus au sud, où les rendements vont diminuer.

Ces analyses permettent de comprendre les grands traits de l'activité agricole : réduite à la saison des pluies, de plus en plus courte quand la pluviosité diminue au sud du tropique, elle ne permet que la mise en culture de plantes à cycle court : Sarghos hatifs, mils, arachides, le coton n'est intéressant qu'à partir de 5 à 6 mois de saison humide.

En Tunisie, la saison agricole plus longue, jointe à un hiver bien marqué, permet de nombreuses cultures. Le blé y reste dans le nord la production principale.

Nous avons vu que chaque année a une physionomie particulière et que rien n'est « joué » jusqu'à la récolte. Vers le Sud, le déficit hydrique qui n'apparaissait pas à Tunis pendant environ 4 mois, devient permanent ; c'est le cas de Kairouan à 150 km de Tunis. L'agriculteur dispose cependant de moyens pour rompre le déséquilibre pluie-E.T.P. L'irrigation est évidemment un de ces moyens, mais il en existe d'autres : utilisation des eaux de ruissellement, dans les régions de Sousse ou de Matmata, où de petits bassins versants aménagés amènent l'eau vers les oliviers, arbres à grand espacement et zone intercalaire maintenue en sol nu comme dans la forêt d'oliviers de Sfax. A cette façon d'utiliser l'espace, s'ajoute, pour remédier aux caprices de la pluie, dans les zones plus arrosées, l'utilisation du temps, par l'intermédiaire de la jachère travaillée, permettant une mise en réserve sous sol nu, pendant deux saisons agricoles. Quand on approche du désert, seul le pastoralisme est possible.

CONCLUSION : DES CONDITIONS DIFFICILES — ESPOIRS ET LIMITES DU PROGRÈS TECHNIQUE

Une insuffisance globale des pluies à l'égard des besoins en eau, entraînant un important déficit annuel et limitant la période favorable à une courte saison en régions tropicales ; une meilleure répartition des pluies en Tunisie, mais des risques permanents de sécheresse épisodique à l'intérieur de l'année, faute de réserves en eau suffisantes dans le sol ; tout ceci aggravé par l'irrégularité de la pluviosité, qui fait parfois se succéder plusieurs années anormalement sèches et maintient l'agriculteur Tunisien dans l'insécurité. Tels sont les faits qui se dégagent de cette étude.

Face à ces données, l'agriculteur adapte ses techniques : utilisation du terrain, travail du sol, choix des variétés... le progrès le plus important restant l'irrigation ; c'est un fait qu'elle peut bouleverser l'économie agricole d'une région, mais elle demande de gros investissements : inventaire des eaux de surface et des eaux souterraines, aménagements des points d'eau (barrages, forages), transports et aménagement des périmètres irrigués. Tout cela est en cours en Tunisie, en projet en Afrique Centrale.

Il faut noter que l'agriculture devient alors grosse consommatrice d'eau, puisque seule une faible part de l'eau évaporée est restituée sous forme de pluie ; or l'eau douce, celle qui convient aux plantes, on le sait maintenant, n'est pas inépuisable. Au fur et à mesure de l'utilisation de l'eau, il faut faire appel à de nouvelles ressources, demandant de plus en plus de crédits : for-

ges plus profonds, barrages dans des sites plus difficiles, transport à longues distance, etc. Ajoutons à cela qu'une nouvelle technique n'étant pas adoptée par l'agriculteur aussi facilement qu'on le pensait, les investissements ne sont pas immédiatement valorisés.

Il est donc nécessaire d'économiser l'eau, dans toute la mesure du possible : éviter les pertes dans les systèmes de distribution, réduire l'évapo-transpiration, connaître avec exactitude les besoins des plantes.

Actuellement le développement de l'irrigation goutte à goutte va dans ce sens. La réduction de l'E.T.P. n'a pas encore donné de résultats spectaculaires, mais on peut penser que des rideaux de brise-vent

puissent jouer un rôle bénéfique ; les recherches sur la circulation des flux d'énergie dans une culture haute conduiront peut-être à une auto-protection du couvert. Grâce enfin, aux progrès de la physiologie de la sécheresse, on limitera l'intervention de l'irrigation aux périodes strictement nécessaires.

Ces efforts augmenteront les rendements et l'efficacité de l'eau ; mais il est probable qu'ils se limiteront à la zone la moins touchée par la sécheresse, celle où la rentabilité sera assurée. Au-delà, les hommes, s'ils veulent se maintenir, devront compter sur la solidarité des régions plus clémentes.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'ORSTOM, le 21 mars 1980.

BIBLIOGRAPHIE

- COCHEME (J.), FRANQUIN (P.), 1967. — Une étude agroclimatique de l'Afrique sèche au sud du Sahara. Projet conjoint UNESCO/FAO/OMM, FAO Rome, VIII.
- DHONNEUR (G.), 1971. — Circulation générale et types de temps sur l'Afrique Occidentale et Centrale. — Conférence d'Agroclimatologie — Dakar — OMM.
- Institut National de la Météorologie Tunisienne, 1967. — Climatologie de la Tunisie. — Normales et statistiques.
- QUENEY (P.), 1974. — Eléments de Météorologie — MASSON et CIE.
- RIOU (CH.), 1974. — La détermination pratique de l'évaporation. Application à l'Afrique Centrale. — Mém. ORSTOM n° 80.
- RIOU (CH.), 1977. — Evaporation du Sol nu et répartition des pluies. Relations établies en Tunisie à partir des résultats des cases lysimétriques. — Cah. ORSTOM, série Hydrol., Vol. XIV, n° 3.
- RODIER (J.A.), 1975. — Evaluation de l'écoulement annuel dans le sahel tropical africain. — Trav. et Doc. de l'ORSTOM n° 46.
- RODIER (J.A.), 1976. — Evaluation de l'écoulement annuel dans les régions tropicales sèches d'Afrique Occidentale. — Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XIII, n° 4.
- SIRCOULON (J.), 1976. — Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique Intertropicale. Comparaison avec les sécheresses « 1913 » et « 1940 ». — Cah. ORSTOM, série Hydrol., Vol. XIII, n° 2.
- VERNET (A.). — Cours d'Agriculture de l'Institut National Agronomique de Tunis. (ronéotypé).
- YANKOVITCH (L.), 1956. — Résultats de 22 années d'expériences dans les cases lysimétriques et les cases de végétation du service Botanique et Agronomique de Tunisie. — Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie.
- ZOUAOUI (A.) et KALLEL (R.). — Dossier pluviométrique de Tunis-Manoubia. Division des Ressources en eau. (ronéo).