

# BESOINS EN EAU DU COTONNIER EN CULTURE IRRIGUEE : MALI, AFRIQUE DU NORD, MADAGASCAR

par

**G. SEMENT**

Agronome,  
 Chef de la Section d'Agronomie  
 de la Station de KOGONI (Mali)

## INTRODUCTION

L'étude de l'économie en eau d'une culture doit prendre en considération à la fois l'ensemble des échanges hydriques de la plante et la production végétale occasionnée par ces mouvements.

Il est inexact de dire que, dans un milieu donné, et à l'intérieur de certaines limites, le volume de la production d'une espèce végétale est en relation avec la quantité d'eau transpirée par la plante; par contre, on sait que la production est limitée lorsque la plante ne dispose plus d'eau en quantité suffisante pour transpirer autant que l'exigeraient les conditions atmosphériques, autrement dit lorsque l'évapotranspiration réelle s'écarte de l'évapotranspiration potentielle. Il a été démontré, notamment par BOUCHET, DE PARCEVEAUX et ARNOUX (1 et 2), que l'eau pouvait être ainsi très souvent, dans l'état actuel des techniques agronomiques, le facteur limitant prépondérant, même dans les régions subhumides.

Les plantes ne réagissent pas toutes de la même façon à ce déséquilibre entre l'ETR et l'ETP: chez un certain nombre d'espèces, la réaction est surtout caractérisée par la fermeture des stomates, entraînant une réduction de la photosynthèse; chez d'autres comme le cotonnier, la fermeture des stomates participe peu au contrôle de la transpiration, et le déséquilibre se traduit surtout par une diminution de la turgescence, à laquelle semble lié un shedding plus intense des jeunes capsules (3 et 8).

Les besoins en eau peuvent être définis par la consommation de la culture lorsque l'eau n'est pas facteur limitant. On les exprime en quantité globale pour un cycle de production, ou en quantités fractionnées par unité de temps, généralement par jour, c'est-à-dire en débit journalier.

Cet exposé reprendra assez rapidement les chiffres de l'évapotranspiration observée sur la culture cotonnière et les méthodes employées. Nous insisterons plutôt sur l'intervention de l'irrigation pour compléter les ressources naturelles, c'est-à-dire les besoins en eau d'irrigation et l'échelonnement des apports.

## I - DÉTERMINATION DES BESOINS EN EAU D'UNE CULTURE

La quantité d'eau évaporée par une culture est limitée par la demande de l'atmosphère, qui correspond à ce que nous appellerons l'évapotranspiration potentielle du climat.

On a tenté d'évaluer l'ETP-climat par des formules basées sur des mesures de phénomènes climatiques, formules conduisant à des estimations assez divergentes et par conséquent plus ou moins approchées de l'ETP, et pouvant donner lieu à des erreurs importantes sur de courtes périodes.

On tente également de traduire l'ETP-climat en mesurant l'évaporation d'une nappe d'eau libre (bac Colorado) ou l'évapotranspiration en cuve lysimétrique d'un couvert végétal bas, suffisamment alimenté en eau. Il est assez délicat d'obtenir avec ces différents dispositifs des estimations précises de l'ETP: l'emplacement où se font les mesures ne peut être parfaitement représentatif de la zone d'application des points de vue situation et environnement; d'autre part, si l'on arrose la cuve à intervalles réduits, il s'y trouve, plus souvent que dans le cas de la culture, de l'eau libre sur les feuilles et à la surface du sol; au contraire, si l'on arrose moins souvent, on risque une alimentation en eau insuffisante, ce qui peut entraîner une erreur assez sensible.

Si l'on admet que les valeurs de l'ETP-climat sont déterminées avec précision, peut-on les transposer à la culture? Vraisemblablement, si la végétation couvre bien le sol et ne présente pas de grosses variations annuelles de développement; ce serait le cas pour le cotonnier lorsqu'il couvre parfaitement, c'est-à-dire en période de floraison. Toutefois, certains auteurs, comme DAMAGNEZ en Tunisie (4), ont montré que les cultures denses et hautes comme le maïs et le cotonnier accusent pendant leur plein développement des consommations en eau supérieures à celle d'un couvert de gazon; nous l'avons nous-même constaté à l'Office du Niger (3). D'ailleurs, BLANNEY-CRIDDLE et PRESCOTT (5) prévoient pour leurs formules climatiques des coefficients de correction à appliquer suivant le végétal envisagé.

Il est par conséquent judicieux d'évaluer les besoins en eau en mesurant la consommation de la culture elle-même lorsqu'elle est bien alimentée en eau; cette consommation correspond à ce que nous appellerons l'ETP-culture. Différentes méthodes directes d'évaluation ont été pratiquées çà et là: il s'agit soit d'un bilan hydrique de la culture en cuve lysimétrique, soit d'un bilan hydrique en plein champ par la méthode des profils hydriques, soit de la méthode empirique mettant en comparaison dans un essai plusieurs régimes d'alimentation en eau.

### a) Méthode empirique

Cette méthode, employée au TADLA (6), a donné les résultats suivants:

Sur trois campagnes successives (1955-56-57), les meilleurs rendements ont été obtenus avec le régime d'irrigation qui apportait 4 mm par jour avant la floraison, 6 mm à partir de début juillet, et 4,6 mm à partir du 15 août. L'année suivante, on réduisait sans inconvénient les irrigations de printemps à un régime apportant 3 mm par jour. En 1959, des régimes d'irrigation réduits par rapport à ces normes limitaient la production. Des observations récentes (7), qui donnent en gros 3 mm par jour avant la floraison et 6,5 mm par jour pendant la fructification, ont permis de recouper les chiffres obtenus auparavant.

### b) Méthode du bilan hydrique en plein champ

Cette méthode, qui consiste à suivre l'évolution de l'humidité du sol par des profils hydriques sous une culture bien alimentée en eau, est considérée comme la plus sûre, même si elle ne permet pas toujours un bilan complet permanent en raison des difficultés de mesure des apports d'eau ou à cause des pluies excédentaires dont on ne peut chiffrer la part ayant ruisselé ou percolé. La dessiccation du sol peut donc renseigner sur la consommation en eau, à condition qu'il n'y ait pas d'eau de gravité dans le profil pendant les périodes considérées.

A BONE (8), les profils hydriques avaient indiqué une consommation de 6 mm par jour pendant la floraison. Ce chiffre fut ensuite confirmé par un essai de 1962, qui comparait sur une période allant de début juillet à début septembre différents régimes d'irrigation, soit 60 mm tous les 10, 12 et 14 jours, 80 mm tous les 10 et 14 jours. Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous.

Régime d'irrigation	60 mm tous les			80 mm tous les	
	10 j.	12 j.	14 j.	10 j.	14 j.
Consommation journalière mesurée par les apports ...	6	5,3	4,9	7,7	6,1
recoupée par profils hydriques .....	6,2	5,5	4,2	7,3	5,7
Rendements (kg/ha) .....	3 486	3 097	3 138	2 694	2 986

Il semble que les 80 mm tous les 10 jours n'aient pas été entièrement évapotranspirés et que les excès d'eau dans le profil aient eu un effet dépressif sur le rendement. Le régime de 60 mm tous les 10 jours semble au contraire ne pas avoir apporté d'excès d'eau, puisqu'il a permis le rendement le plus élevé; la consommation idéale est donc de 6 mm par jour en période de fructification.

A l'Office du Niger (3 et 9), la consommation d'eau en plein champ a été estimée par profils hydriques en 1963, 64 et 65: elle passe de 2,5 mm par jour au début de la végétation à 7,5 mm fin août-début septembre, pour redescendre à 4,5 mm fin octobre.

Au MANGOKY (10), le bilan d'eau en plein champ a révélé des consommations journalières de 6,3 mm par les profils hydriques, alors que les irrigations correspondaient à un apport de 5,8 mm: la concordance est donc bonne.

### c) Bilan en cuve lysimétrique

Cette méthode a été utilisée en Tunisie par DAMAGNEZ (4) qui a observé des évapotranspirations journalières de 7 à 8 mm environ en période de pointe.

Au MANGOKY (11), à partir de 1964, on a observé en cuve des consommations de 7 mm par jour en pleine floraison et de 6 mm environ en fin de fructification.

A l'Office du Niger (3) en 1963, les mesures en cuve sous cotonniers moyennement développés ont indiqué une évapotranspiration journalière de 4 mm début août, passant à 6 mm début septembre, c'est-à-dire au maximum de la floraison, et redescendant ensuite à 5 mm et finalement à 3,5 mm en fin octobre.

Il est intéressant de comparer sur graphiques quelques exemples d'estimations de l'ETP-culture avec les estimations locales de l'ETP-climat (fig. 1).

On remarque que les valeurs d'ETP-culture, qui se ressemblent assez d'un climat à un autre, augmentent au fur et à mesure de la croissance du cotonnier, puis décroissent lorsqu'avec la maturation des capsules les feuilles cessent d'être fonctionnelles et tombent. L'ETP-culture ne peut donc être en relation avec l'ETP-climat; cela se vérifie de façon plus nette à l'Office du Niger où leurs évolutions se font en sens contraire, parce que le cycle cultural du cotonnier encadre la saison humide, le début et la fin se situant en conditions arides.

Les apports d'eau à une culture de cotonnier seraient donc inadaptés si on les basait sur les valeurs de l'ETP-climat (en admettant qu'on puisse définir celle-ci avec précision). La demande climatique limite certes l'évapotranspiration de la culture; elle est seule à la limiter lorsque le végétal est en plein développement et couvre parfaitement le sol, mais un autre facteur plus important intervient au début et en fin de végétation, c'est l'indice foliaire, c'est-à-dire le rapport surface foliaire/surface du sol.

Ainsi se trouve définie l'ETP-culture, qui est fonction d'abord du stade végétatif avant de l'être de la demande climatique.

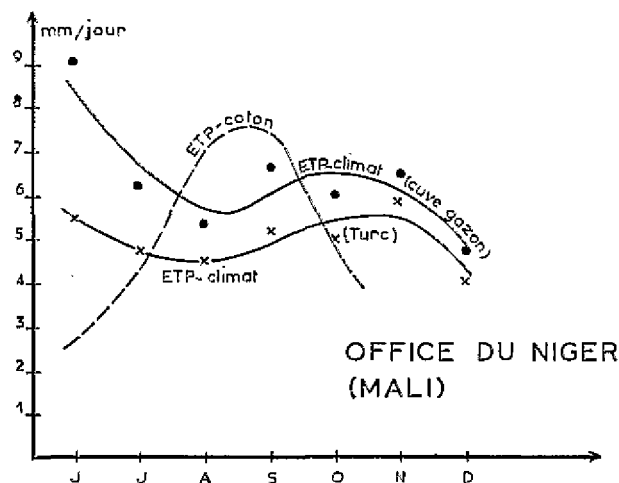
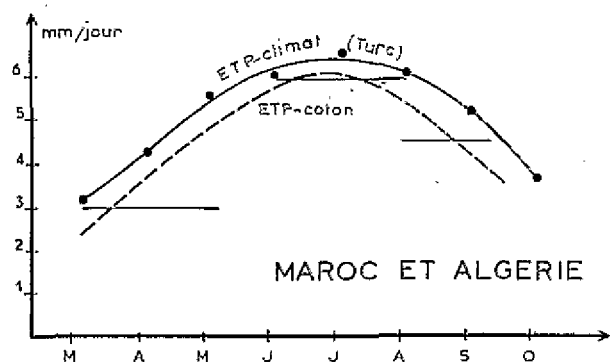
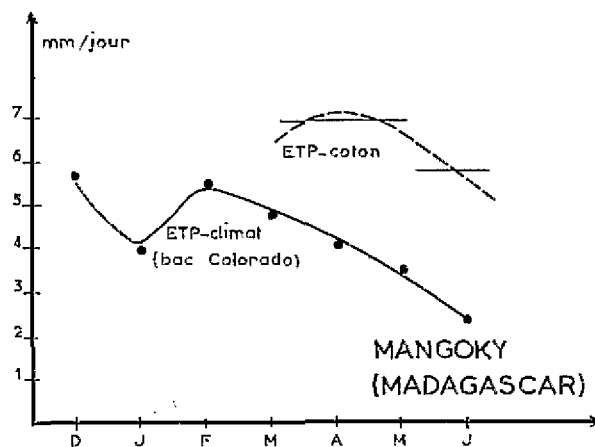
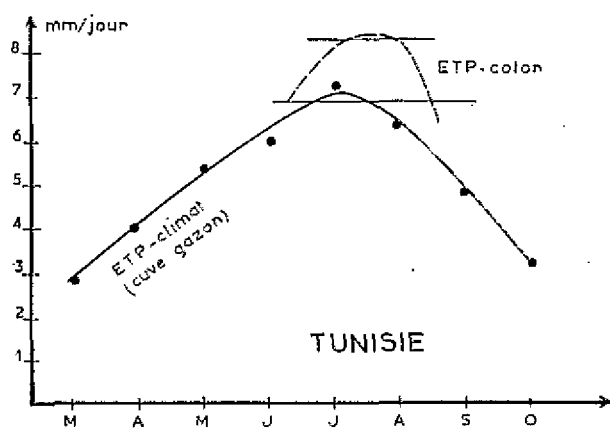


Fig. 1. — Comparaisons d'estimations de ETP-culture et de ETP-climat faites en Afrique du Nord (Tunisie, Algérie, Maroc), à Madagascar et au Mali.

## II - QUANTITÉ D'EAU D'IRRIGATION ET PÉRIODE D'IRRIGATION

Les besoins en eau de la culture sont couverts en plus ou moins grande partie par les réserves initiales du sol et par les pluies tombant en cours de végétation, et c'est dans les cas les plus défavorisés à ce point de vue, ou bien encore lorsqu'on cherche à cultiver de façon plus intensive, qu'on s'est attaché à suppléer aux conditions naturelles par des irrigations. Les besoins en eau d'irrigation représentent le déficit entre l'ETP-culture et les quantités d'eau

qui se trouvent naturellement à la disposition de la culture.

Celles-ci sont assez faibles en Afrique du Nord et pratiquement inexistantes en été pendant lequel le programme des irrigations n'a guère à en tenir compte. Quant aux réserves initiales constituées par les pluies d'hiver et de printemps, elles sont plus ou moins importantes suivant les régions et ne permettent pas toujours le démarrage de la culture ; c'est le cas du MAROC (6) où une irrigation est souvent nécessaire au moment du semis. Dans la région de BONE (2) au contraire, elles sont presque toujours suffisantes.

Dans le sud de MADAGASCAR (13), les semis ont lieu après le début des pluies, mais celles-ci n'ont

souvent pas encore remis le sol à capacité de rétention et, où il est possible de le faire, on irrigue pour le démarrage de la culture. Les pluies sont suffisantes pendant le mois de janvier, mais ne le sont généralement plus à partir de février.

A l'Office du Niger (3), les réserves initiales du sol sont inexistantes au moment des semis qui se font début juin. L'humidité du sol peut même se maintenir au-dessous du point de flétrissement permanent jusqu'au 15 juillet environ. Les réserves en eau sont donc à créer au moment du semis et presque toujours à entretenir jusqu'au 10 juillet, après quoi, et ce jusqu'à fin août, on doit s'en remettre aux seules pluies même si, par leur régime irrégulier, elles occasionnent de petites périodes de sèche-

resse. En effet, si l'on irrigue pendant cette période, on encourt trop de risques d'asphyxie dans ce milieu où le ressuyage aussi bien que l'évacuation des eaux de ruissellement sont très lents.

A partir de début septembre, les pluies sont moins probables et doivent être complétées par les irrigations, qui assurent pratiquement à elles seules en octobre les apports d'eau.

La confrontation entre les hauteurs probables des pluies et les valeurs d'ETP-culture définit d'une part les périodes de déficit hydrique et par conséquent les périodes d'irrigation, et d'autre part les quantités d'eau à apporter au cours de ces périodes d'irrigation.

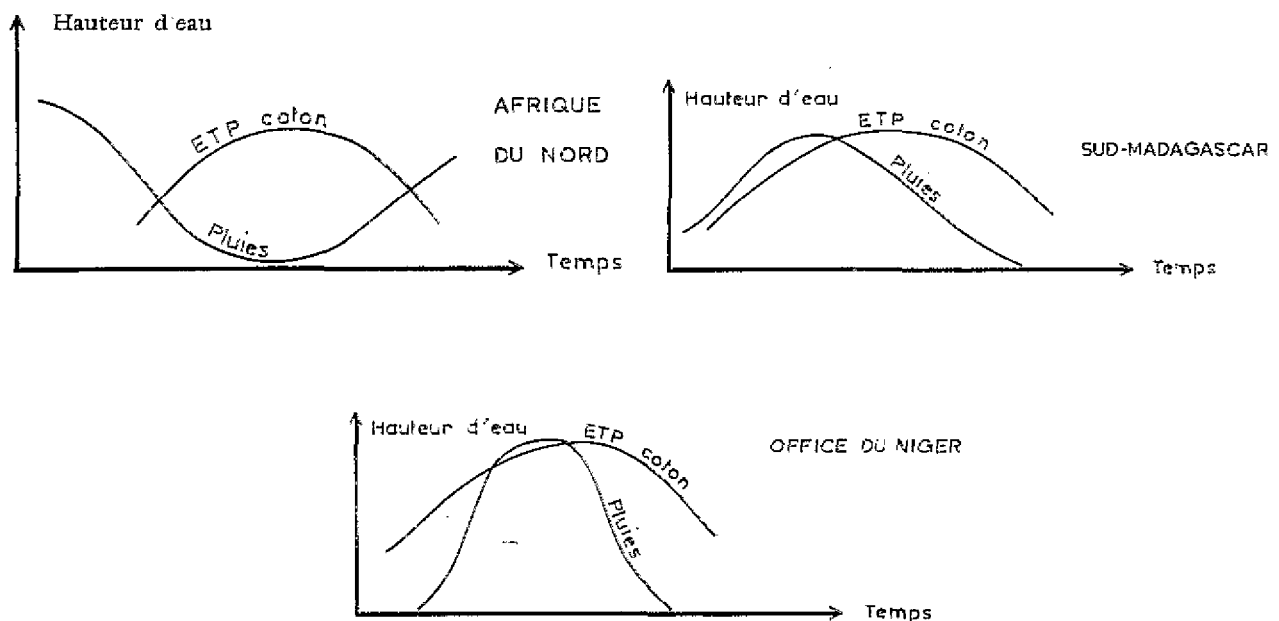


Fig. 2. — Comparaisons de la pluviométrie et de l'ETP-coton en Afrique du Nord, à Madagascar et au Mali (Office du Niger).

### III - RÉPARTITION DANS LE TEMPS DES QUANTITÉS D'EAU D'IRRIGATION

Les besoins en eau d'irrigation d'une culture à l'unité de surface sont généralement exprimés en quantité globale pour une campagne, ou en déficit fictif continu. Ces deux notions, qui suffisent en général à l'hydraulicien pour caractériser les besoins

et y adapter le réseau d'irrigation, les traduisent de façon bien incomplète pour le cultivateur qui doit connaître en plus avec suffisamment de précision la cadence à laquelle il faut les satisfaire : les apports d'eau se succéderont de telle façon que la couche exploitable du sol soit maintenue en permanence à une gamme d'humidité comprise entre deux valeurs limites, en dehors desquelles la plante s'alimenterait insuffisamment pour se développer normalement (limite inférieure), ou au contraire se trouverait placée dans des conditions asphyxiantes (limite supérieure).

Une quantité d'eau donnée, correspondant à l'échelonnement des besoins réels du végétal, peut être répartie dans le temps de façon judicieuse si l'on reste à l'intérieur de ces limites (fig. 3-A) ; la même quantité d'eau peut être mal répartie, si par exemple

le rythme des irrigations est trop espacé (fig. 3-B), ou si, tout en maintenant un rythme correct, on déclenche les irrigations trop tôt (fig. 3-C) ou trop tard (fig. 3-D).

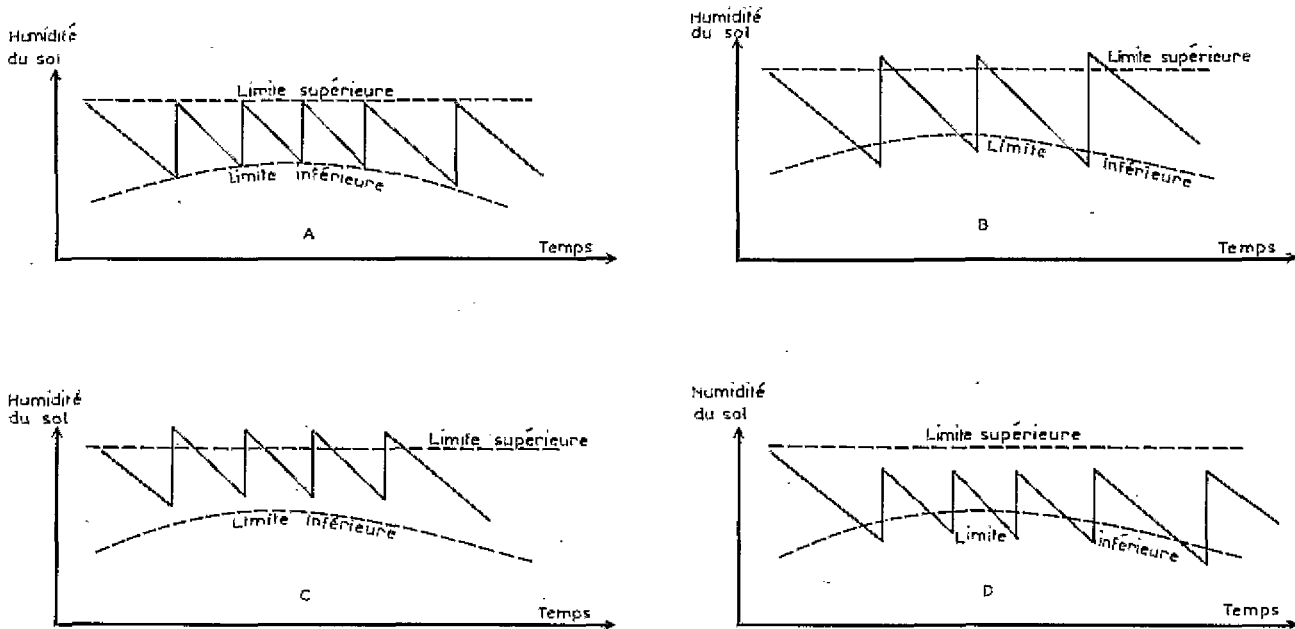


Fig 3. — Schémas représentant une bonne et trois mauvaises façons d'apporter l'eau d'irrigation.

On peut faire remarquer que la mauvaise répartition de l'eau dans le temps est plus nuisible sous forme d'excès que sous forme d'insuffisance : la plante sera en effet affectée de façon plus définitive par des conditions temporaires d'asphyxie que par des sécheresses de même durée ; les excès d'eau peuvent en outre dégrader les qualités physiques du sol par modification de structure et par lessivage d'éléments nutritifs, sans compter qu'ils sont en eux-mêmes regrettables lorsque l'eau d'irrigation est payée au volume ou disponible en quantité limitée.

Il est donc très important de connaître les limites du « réservoir-sol » ou plutôt de la fraction facilement utilisable de l'eau du sol, la seule qui nous intéresse en agriculture intensive.

En effet, celle-ci conditionne la quantité d'eau par

irrigation et par conséquent la cadence des arrosages, connaissant l'évapotranspiration journalière.

### Détermination de la "réserve-facilement utilisable" (RFU)

Elle résulte à la fois de la profondeur exploitable du sol, de la densité du sol en place, de la limite supérieure d'humidité ou capacité de rétention et de la limite inférieure d'humidité, qui est très variable suivant les conditions.

La *profondeur exploitable* du sol comprend la tranche prospectée par les racines, plus ou moins épaisse suivant l'âge de la plante et le degré de résistance du sol à l'enracinement, et au-dessous une frange

capillaire variable avec la porosité du sol et à l'inverse de l'intensité de la demande. La profondeur à partir de laquelle se font les remontées d'eau s'observe facilement en suivant l'évolution de l'humidité du sol.

Ainsi au TADLA (6), l'humidité ne varie pas au delà de 1,20 m : à BONE (12), elle varie jusqu'à 1 mètre ; dans les sables roux alluvionnés du MANGOKY (10), elle varie jusqu'à 2 mètres ; à l'OFFICE DU NIGER (3), en sol limono-argileux compact, la profondeur utile passe de 70 cm environ en début de végétation à 1 m environ lorsque les cotonniers sont développés ; elle devient certainement plus importante en fin de saison.

La densité du sol en place varie entre 1,2 et 1,5 au TADLA (6), elle est de 1,5 à BONE (12), de 1,6 en moyenne au MANGOKY (10) et à l'OFFICE DU NIGER (3).

La question se pose maintenant de savoir comment situer les deux limites d'humidité, supérieure et inférieure.

Pour estimer la limite supérieure, l'expérience a montré que les mesures de laboratoire n'étaient pas d'un grand secours : on a constaté que les valeurs de capacité de rétention obtenues en tube sur un échantillon ressuyé ou à l'appareil à mesurer les pF ne se retrouvent pas dans le sol en place ; on sait, en effet, qu'en préparant un échantillon de sol, surtout dans les cas de texture fine et de structure compacte, on augmente sensiblement la porosité capillaire, ce qui fait que pour un même potentiel le sol retient davantage d'eau lorsqu'il est manipulé et tamisé que lorsqu'il est en place.

Ainsi au TADLA (6), la capacité de rétention qui avait été déterminée au laboratoire et sur laquelle étaient basés les premiers essais d'irrigation s'est avérée surestimée pendant le déroulement de ces essais. De même, sur les sables roux du MANGOKY (10), la capacité, estimée à 18 % en laboratoire, ne dépassait pas 13 % au champ après 2 jours de ressuyage. À KOGONI également (3), l'humidité de 30 % obtenue à pF 3 en laboratoire est de beaucoup supérieure à l'humidité du sol ressuyé en place qui n'est que de 22 %.

Il est donc indispensable d'estimer la capacité de rétention sur le terrain en place.

Il est plus difficile de situer la limite inférieure de l'humidité : la détermination par des mesures de potentiel capillaire pourrait être utile si on laissait le sol se dessécher jusqu'au pF 4,2, tension limite de survivance de la plante, ce qui est à la rigueur concevable en début de croissance mais ne l'est plus au stade de la floraison. Certains auteurs ont alors utilisé la notion de « point de flétrissement temporaire », mais cette notion est assez vague et ne constitue pas une constante caractéristique du sol, contrairement au point de flétrissement permanent. Il n'est donc possible de situer la limite inférieure qu'en observant le comportement du végétal en fonction de la teneur en eau du sol et de la vitesse de dessèchement.

Il faut maintenant distinguer plusieurs cas, en considérant le problème sous l'angle de la rentabilité de l'eau, dont les données peuvent varier énormément d'un milieu à l'autre ; ou bien l'irrigation est bon marché, par exemple à l'OFFICE DU NIGER ou dans le delta du MANGOKY où l'eau, disponible en quantité illimitée pendant la période qui nous intéresse, n'est pas décomptée au volume et où la main-d'œuvre n'est pas chère ; ou bien, au contraire, l'irrigation est chère : l'exemple d'Israël en est un cas extrême puisqu'avec une quantité limitée d'eau pompée et distribuée à grands frais on doit irriguer le maximum de surface ; en Afrique du Nord, dans l'état actuel de l'évolution de l'agriculture, les conditions se situent entre les deux cas que l'on vient de considérer.

Alors, suivant la situation, on laissera ou non agir le facteur limitant que constitue une alimentation en eau réduite : jusqu'à un certain point où l'on obtient la rentabilité optimale de l'eau. Et la façon la plus simple de réduire l'alimentation en eau est de reculer la limite d'humidité à laquelle on doit irriguer.

Ainsi, dans le cas d'ISRAËL (14), où tout se calcule en fonction de l'eau, une série d'expériences a montré que le taux d'évapotranspiration le plus économique correspond à 70 % de l'évaporation d'un bac de classe A.

Les premiers résultats d'une expérimentation du même genre, réalisée en TUNISIE par le C.R.G.R. (15), concluent à une perte de rendement du cotonnier de 5 à 7 % seulement lorsqu'on arrose à 80 % de l'ETP.

Il faut préciser que ces taux d'évapotranspiration reconnus comme les plus économiques portent sur les quantités globales d'eau d'irrigation et que l'économie se réalise en majeure partie sur la période de croissance du cotonnier, tandis que les besoins de pointe, c'est-à-dire de la période de fructification, sont à peu près satisfaits. Ces expériences dites "globales" ont donc reconnu qu'à cette période on ne pouvait s'écarter que très légèrement de la limite d'humidité à partir de laquelle il y a chute de rendement.

À BONE, on a également tenu compte du facteur économique, puisque le régime d'irrigation reconnu le plus intéressant, celui qui apporte 60 mm tous les dix jours, fait intervenir les arrosages lorsque l'humidité est à 83 % de la capacité de rétention, alors qu'en 1961 (16) on a obtenu une augmentation sensible de rendement en irriguant à 88 % de la capacité de rétention, mais ce seuil est certainement moins économique.

Au TADLA (6), on peut descendre à 65 % de la capacité de rétention sans faire baisser les rendements. Au MANGOKY (10), on descend jusqu'à 80 % de la capacité de rétention, mais on pourrait aller jusqu'à 75 %.

À l'OFFICE DU NIGER (3), on ne peut descendre en pleine floraison en-dessous de 83 % de la capacité de rétention sans faire chuter les rendements et les

limites sont encore plus resserrées s'il s'agit de cotonniers semés en retard et parvenus en pleine floraison en octobre, c'est-à-dire sous des conditions climatiques plus desséchantes : on sait que le déséquilibre dans l'alimentation hydrique est atteint pour une humidité du sol plus élevée lorsque la dessiccation est plus rapide (17). En fin de fructification, on peut laisser le sol se dessécher pour atteindre 83 % de la capacité de rétention.

Nous pouvons maintenant calculer, grâce à ces données, la part facilement utilisable de l'eau du sol, au moyen de la formule suivante :

$$\frac{(H_{cr} - H_{li})}{100} \times E \times d = RFU$$

$H_{cr}$  = humidité relative à capacité de rétention.

$H_{li}$  = humidité relative limitée inférieure.

$E$  = épaisseur exploitable du sol.

$d$  = densité du sol en place.

RFU = réserve facilement utilisable.

L'irrigation sera donnée lorsque cette quantité d'eau sera utilisée, c'est-à-dire au bout d'autant de jours qu'elle contient de fois la consommation journalière. D'autre part, la dose ne devra pas dépasser cette quantité pour éviter les pertes d'eau par percolation.

Les composantes de la RFU pour différents milieux sont rassemblées dans le tableau suivant :

	E	d	H c.r. %	H li. %	(% c.r.)	RFU (mm)
TADLA ....	110	1,3	22,4	14,6	(65)	110
BONE .....	100	1,5	25	20	(80)	75
MANGOKY.	200	1,6	13	10	(75)	96
<i>OFFICE DU NIGER</i>						
juin .....	60	1,6	22	19	(85)	30
septembre ..	100	1,6	22,4	19,5	(88)	45
début oct. ..	100	1,6	22,4	19	(84)	55
fin octobre..	100	1,6	22,4	18,5	(83)	65

Ces valeurs de la RFU constituent un maximum à ne pas dépasser ; si, dans certains cas, les normes des irrigations ne correspondent pas à la capacité de la réserve-facilement-utilisable, c'est afin de se ménager une marge de sécurité ; on est ainsi assuré d'éviter des sécheresses imprévues (dans le cas d'un coup de vent desséchant par exemple) et d'éviter des pertes d'eau par excès.

Ainsi au TADLA : l'humidité correspondant à 65 % de la capacité de rétention est donnée comme limite inférieure à ne pas dépasser, mais en pratique on n'attend pas de l'avoir atteinte, et les irrigations données à raison de 60-70 mm ne ramènent pas toute la couche exploitable à capacité de rétention (6). Au MANGOKY (10) également, on s'est donné un rythme de dix jours à 60 mm par irrigation pour être assuré d'éviter les pertes par percolation.

A l'OFFICE DU NIGER (3), par contre, la réserve-facilement-utilisable est réduite et ne couvre que 6 à 7 jours de consommation pendant la floraison. On est obligé de l'épuiser entièrement pour ne pas resserrer exagérément le rythme des irrigations.

#### IV - POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION DE LA RÉSERVE D'EAU FACILEMENT UTILISABLE

Dans les milieux assez défavorisés à ce point de vue, par exemple l'OFFICE DU NIGER, il serait intéressant de pouvoir augmenter la capacité de la réserve-facilement-utilisable, ce qui permettrait un relâchement du rythme des irrigations ainsi qu'une alimentation en eau moins sujette aux déséquilibres. On peut faire remarquer en passant que ce problème de l'amélioration de la RFU revêt une plus grande importance dans les régions de culture sans irrigations.

Il s'agit de savoir si certains facteurs constituant la RFU sont effectivement modifiables dans l'immédiat ou à longue échéance.

Il est certain qu'une amélioration des qualités physiques du sol pourrait augmenter à la fois la profondeur utile et la capacité de rétention et reculer la limite inférieure d'humidité en rendant plus facile la circulation de l'eau vers les racines.

Le scarifiage profond du sol, expérimenté à KOGONI (3) pendant deux ans, n'a pas eu d'effet sur la profondeur d'enracinement, ni d'ailleurs sur le rendement. Notons que cette façon profonde a également été essayée pendant cinq ans au TADLA (6) sans résultat positif. L'absence d'effet du travail profond du sol peut être imputée à l'instabilité de la structure, qui se recolmate très rapidement à l'occasion des irrigations et des pluies. Il semble par conséquent que l'amélioration des caractéristiques physiques doit plutôt être recherchée par un enrichissement en matière organique ; à cet effet, un assolement adapté s'impose. Peut-être la culture continue du cotonnier avec fumure minérale et restitution des vieux cotonniers au sol s'avérera-t-elle une bonne solution ? Peut-être est-il préférable d'introduire dans la rotation une culture, fourragère par exemple, à enracinement fort et dense ? Ce problème, à peine ébauché, est long à résoudre.

Pour reculer la limite inférieure d'humidité, on parle beaucoup actuellement des techniques d'abaissement de l'évapotranspiration potentielle (2).

On a vu plus haut qu'une demande climatique réduite, outre la diminution de la consommation en eau qu'elle provoque, permettant à la réserve d'eau RFU de durer plus longtemps, augmente le rapport  $\frac{RFU}{RU}$ , c'est-à-dire la fraction de la réserve d'eau que le végétal pourra utiliser sans avoir à réduire sa transpiration.

Les techniques d'abaissement de l'ETP consistant en brise-vents ou en cultures associées présentent dans bien des cas des avantages qui compensent largement leurs inconvénients; dans le cas qui nous occupe, c'est-à-dire le cotonnier en grande culture irriguée, il va de soi que les traitements insecticides intensifs interdisent l'association avec des cultures alimentaires: d'autre part, la réalisation de ces traitements par avion interdit les brise-vents. Par contre, l'intensification des cultures irriguées sur les surfaces aménagées, c'est-à-dire l'utilisation plus intensive de ces surfaces, permettrait une légère modification du climat local ou niveau des cultures.

## CONCLUSION

On peut dégager pour conclure les principaux aspects de ce tour d'horizon des travaux sur l'irrigation. Tout d'abord il s'avère que la notion de réserve-facilement-utilisable est primordiale pour la détermination des quantités d'eau d'arrosage et leur répartition judicieuse dans le temps, également pour éviter les gaspillages et effets dépressifs des excès d'eau.

## DISCUSSION

M. KLAVER. — L'effet brise-vent peut être obtenu en alternant les cultures hautes et basses, notamment en cultivant des bandes parallèles de cotonnier et de sorgho. Cette technique est-elle possible à l'Office du Niger?

M. SEMENT. — Les traitements insecticides réalisés par avion s'opposent à la juxtaposition des cultures hautes et basses; de toute façon, c'est un problème qui n'a aucune urgence dans le cadre de l'Office du Niger où l'eau d'irrigation est abondante.

M. FRANQUIN. — Il est étonnant de constater des diffé-

rences aussi importantes entre les valeurs de la capacité de rétention estimées au laboratoire et au champ.

D'autre part, on constate que, contrairement à ce qu'on pourrait s'attendre à trouver dans des sols à texture fine et par conséquent à capacité de rétention plus élevée que les sols sableux, la capacité de la réserve-facilement-utilisable n'est pas nécessairement plus élevée dans les premiers que dans les seconds; l'état structural est ici en cause et seules les observations sur le terrain ont permis de mettre ces faits en évidence.

Enfin, certains paramètres de l'irrigation, tels que débit d'évapotranspiration de la culture, capacité au champ, densité du sol, profondeur exploitable, peuvent se déterminer par des observations directes sur le terrain en place et pendant la saison de culture; ce n'est pas le cas de la limite inférieure de l'humidité du sol, dont la détermination nécessite, tout au moins dans les cas où le coût de l'eau est à prendre en considération, de véritables expérimentations réalisées dans chaque zone de production et adaptées aux conditions économiques locales. La recherche de la date de la dernière irrigation s'apparente d'ailleurs au problème de la limite inférieure d'humidité.

R. RICHARD. — M. SEMENT a signalé dans son rapport que l'échantillon remanié au laboratoire pouvait ne pas avoir les mêmes caractéristiques capillaires que le sol en place.

La suite de la discussion met en évidence l'intérêt qu'il y aurait à étudier l'influence de la préparation des échantillons sur les valeurs des pF obtenues au laboratoire, car les écarts signalés par M. SEMENT ne paraissent pas être une règle générale.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BOUCHET R.J. — Evapotranspiration réelle, évapotranspiration potentielle, et production agricole. *Ann. Agron.*, 1963, 14, 5.
- 2 - BOUCHET R.J., de PARCEVAUX S., ARNOUX J. — Amélioration du rendement des végétaux par abaissement de l'évapotranspiration potentielle. *Ann. Agron.*, 1963, 14, 5.
- 3 - SEMENT G. — Economie de l'eau du cotonnier et irrigation à l'Office du Niger. *Cot. et Fib. Trop.*, 1965, XX, 4.
- 4 - DAMAGNEZ J., RIOU Ch., de VILLELE O., El AMA-MI S. — Problèmes d'évapotranspiration potentielle en Tunisie. *Ann. Agron.*, 1963, 14, 4.
- 5 - J. RIQUIER. — Formules d'évapotranspiration. *Cahiers O.R.S.T.O.M. Pédologie*, 1963, n° 4.
- 6 - LOMBARD P., BOULET L. — Bilan de cinq années d'irrigation sur le cotonnier au Maroc. *Cot. et Fib. Trop.*, déc. 1957, XII.
- 7 - C.F.D.T. — Rapport annuel 1964 de la Station cotonnière du Tadla et périmètre irrigué des Béni-Moussa et Beni-Amir.
- 8 - RICHARD L. — L'économie de l'eau du cotonnier. *I.R.C.T.*, 1963.
- 9 - SEMENT G. — Rapport annuel, campagne 1965-1966, section d'agronomie Kogoni. *I.R.C.T.*, 1966.



- 10 - RICHARD L. et BERGER M. — Observations et expérimentations sur l'irrigation des cotonniers au Mangoky. *Cot. et Fib. Trop.*, 1964, XIX, 3.
- 11 - BERGER M., BERTRAND, VAHOASY. — Rapport annuel d'agronomie 1965, Station du Bas-Mangoky, I.R.C.T., 1966.
- 12 - RICHARD L. — Rapport des campagnes 1956 et 1957, Station de Bône-Duzerville, I.R.C.T., 1958.
- 13 - BOULLAND H. — Le coton dans la région de Tuléar. *Cot. et Fib. Trop.*, 1963, XVIII, 2.
- 14 - FUCHS M., STANHILL G. — The relationship between evapotranspiration from irrigated cotton and evaporation from class A pans. *Israel Min. Agric., nat. and Univ. Inst. Agric. Rehovot*, avr. 1963.
- 15 - CORMARY T., LOBERT A. — Les expérimentations "globales" sur les besoins en eau des cultures. L'expérience du C.R.G.R. de Tunisie. *B.T.I.*, 1965, 201.
- 16 - BOULET L. — Rapport de campagne 1961, Station de Bône-Duzerville, I.R.C.T., 1962.
- 17 - HALLAIRE M. — Le potentiel efficace de l'eau dans le sol en régime de dessèchement. *Ann. Agron.*, 1963, 14, 4.

### CONCLUSION

*In conclusion, the main aspects of the survey made on works about irrigation, can be brought to light. First of all, it is proved that the notion of easily utilizable reserves is primordial for determining the amount of water required for irrigation and its judicious distribution in the course of time, also in view of avoiding waste as well as the depressive effects of excess water.*

*On the other hand, one finds that contrary to what might be expected in fine texture soils having therefore a higher moisture holding capacity than sandy soils, the easily utilizable reserve capacity is not necessarily higher in the first than in the last; here the structural condition is involved and only*

*observations taken on the field permitted to bring these facts to light.*

*Finally, certain irrigation parameters such as the amount of evapotranspiration of the crop, capacity in the field, soil density, cultivable depth, can only be determined by direct observations on the land laid out and during the crop season; this is not the case of the soil moisture lower limit, the determination of which requires at least - in case where the cost of water is to be considered - actual experimentations carried out in every zone of production and adapted to local economic circumstances. Determining the date of the last irrigation is however related to the problem of moisture lower limit.*

### CONCLUSION

*Para concluir se pueden destacar los principales aspectos de esta visión de conjunto de los trabajos sobre la irrigación.*

*En primer lugar se pone de manifiesto que la noción de reserva fácilmente utilizable es primordial para la determinación de las cantidades de agua de riego y su distribución judiciosa en el tiempo, e igualmente para evitar el despilfarro y los efectos depresivos del exceso de agua.*

*Por otro lado se comprueba que, al contrario de lo que podría esperarse encontrar en suelos de textura fina y, por consiguiente, con capacidad de retención más elevada que los suelos arenosos, la capacidad de la reserva fácilmente utilizable no es necesariamente más elevada en los primeros que en los segundos; el estado estructural entra aquí en consi-*

*deración y solo las observaciones sobre el terreno han permitido poner en evidencia esos hechos.*

*En fin, ciertos parámetros de la irrigación tales como el gasto de evapotranspiración del cultivo, capacidad del campo, densidad del suelo, profundidad explotable, pueden determinarse por observaciones directas en el propio terreno y durante la estación del cultivo; no es el caso del límite inferior de la humedad del suelo cuya determinación necesita, al menos en los casos en que ha de tomarse en consideración el coste del agua, verdaderas experimentaciones realizadas en cada zona de producción y adaptadas a las condiciones económicas locales. La investigación de la fecha de la última irrigación se emparenta por otro lado con el problema del límite inferior de humedad.*