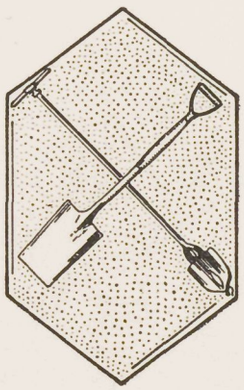
TRAVAUX DES SECTIONS PEDOLOGIE ET AGROLOGIE

Bulletin n° 7 - 1961

Contribution à l'étude des Sols irrigués

III - Le besoin en eau des plantes, aspect pédologique

par
J.-H. DURAND
Chef de la Section Pédologie



DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'EQUIPEMENT RURAL

SERVICE DES ETUDES SCIENTIFIQUES
Agrologie N° 15
Clairbois - BIRMANDREIS
(Banlieue d'Alger)
1961

ISRIC LIBRARY
DZ - 1961.01
51.01
Wageningen
The Netherlands

TRAVAUX DES SECTIONS PEDOLOGIE ET AGROLOGIE

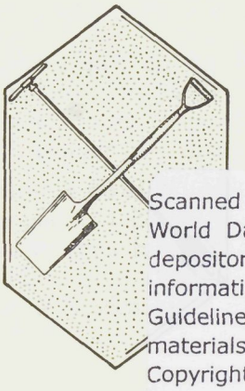
Bulletin n° 7 - 1961

ISRIC LIBRARY
72
61-01
Wageningen, The Netherlands

Contribution à l'étude des Sols irrigués

III - Le besoin en eau des plantes, aspect pédologique

par
J.-H. DURAND
Chef de la Section Pédologie



Scanned from original by ISRIC – World Soil Information, as ICSU World Data Centre for Soils. The purpose is to make a safe depository for endangered documents and to make the accrued information available for consultation, following Fair Use Guidelines. Every effort is taken to respect Copyright of the materials within the archives where the identification of the Copyright holder is clear and, where feasible, to contact the originators. For questions please contact soil.isric@wur.nl indicating the item reference number concerned.

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'EQUIPEMENT RURAL

SERVICE DES ETUDES SCIENTIFIQUES
Agrologie N° 15
Clairbois - BIRMANDREIS
(Banlieue d'Alger)
1 9 6 1

1923

Le besoin en eau des plantes, aspect pédologique

Chacun sait que les plantes ont besoin d'eau pour vivre. Ce besoin est justifié en culture non irriguée par la différence des rendements obtenus les années sèches et les années pluvieuses; de même il est attesté par la distribution écologique des végétaux sur le globe, forêts denses en région à pluviosité abondante et bien répartie; il n'y a pas de besoin en eau dans les déserts où la pluie est quasiment absente. Ces observations globales montrent l'importance du problème posé en Afrique du Nord où les pluies sont très irrégulières et ne tombent que l'hiver. Dans ces régions sans irrigation, il serait donc très difficile d'avoir une agriculture pérenne prospère.

BESOIN EN EAU DES PLANTES.

Donc la plante a besoin d'eau pour vivre pour diverses raisons :

1°) Le contenu des cellules végétales est un milieu toujours riche en eau; cette teneur est variable suivant la fonction des tissus, elle peut atteindre 90 à 95 % dans les jeunes pousses, mais ne dépasse pas 12 % dans les graines dures par exemple.

2°) L'eau est nécessaire à la fonction chlorophylienne, la proportion de CO2 pur absorbé par les feuilles pour la photosynthèse est en raison directe de la teneur en eau de ces organes végétaux.

3°) En pénétrant dans les cellules, l'eau y détermine l'état de turgescence, c'est-à-dire une tension interne qui caractérise leur vitalité et provoque des phénomènes d'osmose qui constituent un mécanisme régulateur de la nutrition minérale de la plante.

4°) L'eau entre dans la composition des matières organiques et agit en tant qu'espèce chimique dans la photosynthèse, dont les premiers produits peuvent être considérés comme des produits de condensation de CO2 et d'eau :

$$n\ CO_2 + n\ H_2O \rightarrow n\ C\ (H_2O) + n\ O_2$$

5°) Dans le Bassin Parisien, si on admet qu'à un Kg d'eau consommée correspond la formation d'environ 3 g de matière sèche, si celle-ci renferme 50 % de C, une quantité de 1,5 g d'eau reste fixée. Le reste soit 998,5 g est évaporé par la plante. Cette évaporation représente une absorption de chaleur considérable qui assure donc la régulation thermique des tissus végétaux.

Enfin, l'eau joue un rôle indirect dans la nutrition, celui de véhicule des produits solubles. On peut donc en 1re conclusion affirmer que la plante a besoin d'eau pour vivre et prospérer. L'eau qui est contenue dans la plante n'est pas tout entière sous forme d'eau libre, une partie est liée aux colloïdes sous forme d'eau d'imbibition, le reste est libre et on a constaté que c'est la quantité d'eau libre qui conditionne la résistance des plantes au froid et à la sécheresse : cette résistance diminue quand l'eau libre augmente.

ABSORPTION DE L'EAU.

Plusieurs cas se présentent, les deux premiers sont quantitativement les moins importants, le 3e étant le plus important.

1) *Par la graine.* — L'absorption de l'eau se fait à travers les téguments, elle exige d'eux une perméabilité qui peut dans le cas des graines dures ne pas être réalisée; on y remédie par divers artifices permettant de les ramollir. Signalons toutefois, que la graine n'a besoin que de peu d'eau pour germer,

mais que dans le sol cette eau peut être retenue par des forces très supérieures à celles développées par la pression osmotique des cellules. Dans l'argile compacte contenant 5 % d'eau, ces forces peuvent développer des pressions de 100 atmosphères. En général pour qu'il y ait germination, la teneur en eau doit dépasser 2 fois l'hygroscopicité du sol.

2) *Par les organes aériens.* — En général faible, elle se fait par les stomates et la cuticule.

3) *Par les racines.* — Pratiquement, c'est par les racines que la plante absorbe toute l'eau dont elle a besoin. C'est un phénomène d'osmose. La circulation de l'eau dans la plante est alors liée à la transpiration foliaire; elle nécessite une dépense d'énergie d'origine respiratoire. La pression osmotique d'une solution de glucose M/10 étant de 2,35 atm et celle des électrolytes variant de 3,5 à 5 atm, on voit que celle de la plante est très supérieure à celle des solutions du sol (0,2 à 1 atm en sol sain) et aussi à celle déduite de la composition de ses sucs cellulaires. La pénétration de l'eau peut alors s'expliquer par la force de Succion S définie par URSPRUNG (1916 et 1918) comme la différence entre la pression osmotique P du suc cellulaire et la contre pression W exercée par les parois, du fait de leur turgescence.

$$S = P - W$$

Cette force de succion a été mesurée par divers auteurs qui ont montré qu'elle varie de 5 à 32 atmosphères suivant les plantes.

Si la paroi avait une élasticité infinie, l'absorption de l'eau ne s'arrêterait dans l'eau pure qu'à égalité des concentrations externe et interne; le gonflement augmente W et limite S, l'absorption s'arrête quand W = P. La turgescence limite donc l'absorption de l'eau et tout ce qui modifiera l'élasticité des membranes modifiera l'absorption de l'eau : en particulier les sels de Ca qui durcissent les téguments et réduisent S. Ceci représente donc un aspect de la résistance des plantes aux sels. La concentration des solutions du sol s'ajoute à la turgescence et l'absorption de l'eau ne se produira que si $S \geqslant P = (W + h)$ D'autre part, l'eau se trouve retenue dans le sol avec une énergie variable; la force qu'elle développe et qui traduit cette rétention agit comme une force antagoniste envers la force de Succion de la plante. Dans les limites du cas qui nous intéresse, l'absorption d'eau par la plante, elle est une fonction linéaire décroissante de la teneur en eau du sol. L'eau utilisable est donc celle qui est retenue par une force inférieure à la force de succion de la plante. Cette quantité d'eau est donc la différence entre l'eau retenue par le sol et celle qui correspond au point de flétrissement.

Pour que l'approvisionnement en eau soit bon, il faut que la vitesse de réapprovisionnement soit suffisante; en effet, dans un sol argileux, il peut y avoir des déficits en eaux locaux, avec une teneur en eau moyenne supérieure à celle du point de flétrissement, si les mouvements de l'eau vers les poils absorbants sont trop lents (figure n° 1). (Ces mouvements sont dus à des causes nombreuses et variées; il n'en sera pas question ici, seul le résultat global étant intéressant).

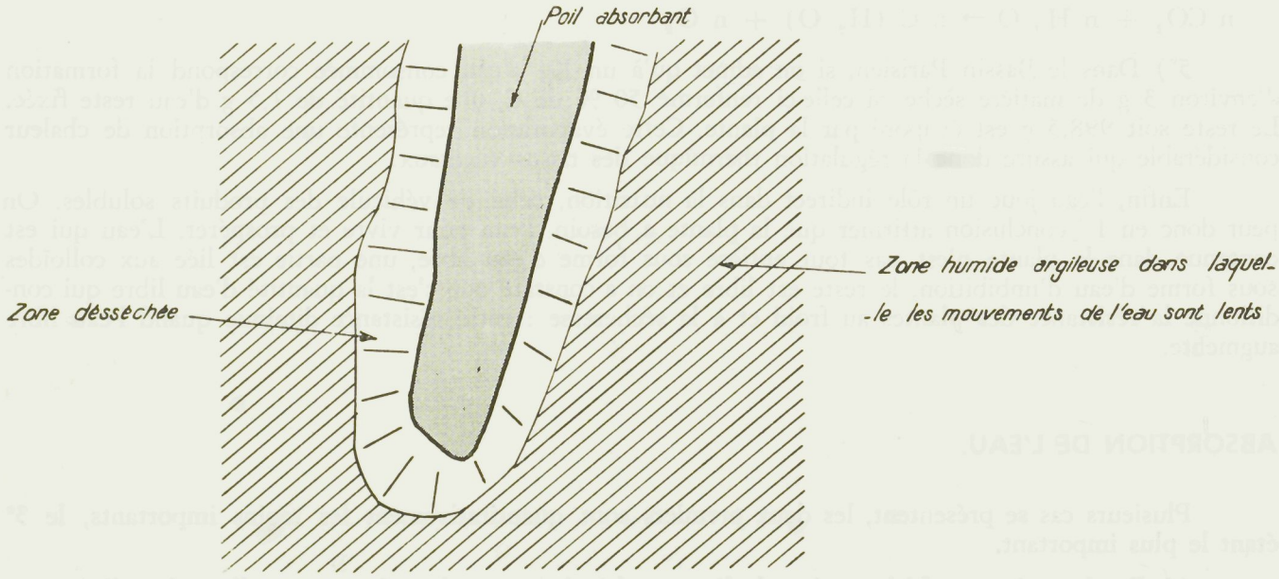


Figure n° 1. — Le poil absorbant ne puise plus d'eau dans le sol, celle-ci n'étant pas renouvelée au contact du poil, du fait de sa rétention par le sol.

En général, on admet qu'il n'y a pas lieu de maintenir un sol saturé, ce qui n'est pas sûr, car la plante a plus de mal à prendre l'eau du sol, celle-ci se trouvant plus énergiquement fixée. Il faut dans tous les cas maintenir la zone radiculaire au dessus du point de flétrissement, nous verrons plus loin comment y arriver.

QUANTITES D'EAU NECESSAIRES AUX PLANTES.

Il existe une certaine affinité entre la quantité d'eau transpirée et la matière sèche produite, mais ces deux courbes peuvent s'écarter plus ou moins, suivant les conditions climatiques. On appelle en général coefficient de transpiration, la quantité d'eau évaporée qui correspond à la formation d'un Kg de matière sèche.

Cette mesure est très délicate et n'a malheureusement pas été faite pour toutes les plantes.

Voici à titre d'indication quelques résultats obtenus par les chercheurs américains SHANTZ et PIEMEISEL à Akron, Colorado : tableau n° 1, et pour des arbres forestiers : tableau n° 2.

TABLEAU N° 1

Coefficients de transpiration (quantité d'eau évaporée par Kg de matière sèche produite) obtenus par SHANTZ et PIEMEISEL à Akron (Colorado).

Plante	Coefficient de transpiration	Plante	Coefficient de transpiration
Millet	288	Coton	568
Maïs	349	Pastèque	577
Sorgho	380	Cantaloup	697
Orge	518	Concombre	686
Blé	538	Courge	719
Blé noir	540	Potiron	802
Avoine	583	Pois chiche	638
Seigle	634	Trèfle	698
Riz	682	Haricot	700
Lin	789	Vesce	708
Betterave à sucre	377	Soja	715
Pomme de terre	575	Pois	731
Chou	518	Lupin	747
Navet	614	Luzerne	837
Colza	714		

TABLEAU N° 2

Coefficients de transpiration obtenus pour certains arbres forestiers.

Arbre	Coefficient de transpiration	Arbre	Coefficient de transpiration
Melèze	1165	Orme des champs	738
Hêtre	1043	Aulne gris	678
Tilleul	1038	Chêne	618
Frène	981	Erables divers	578
Tremble	873	Epicea	242
Bouleau blanc	849	Pin d'Autriche	123
Aulne noir	840	Pin Sylvestre	110
Charme	787	Pin	86

Nous pouvons immédiatement constater, que sous un même climat la consommation varie suivant la plante considérée; elle va de 288 à 837 pour les plantes cultivées, et de 110 à 1.165 Kg pour les arbres.

La consommation varie aussi dans le temps, on constate qu'elle est en relation directe avec l'évaporation, comme le montrent les tableaux n° 3 et 4 que nous avons ici, dus encore à SHANTZ.

TABLEAU N° 3

Coefficient de transpiration et évaporation en m/m d'une surface d'eau libre à Akron, 1er avril au 30 septembre de 1911 à 1917.

PLANTE	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	MOYENNE
Luzerne..	1.068	657	834	890	695	1.047	822	859
Avoine	615	423	617	599	448	876	635	602
Avoine	639	449	617	615	445	809	636	601
Orge..	527	443	513	501	404	664	522	511
Blé	468	394	496	518	405	639	471	484
Maïs	368	280	399	368	253	495	346	358
Millet	287	187	286	295	202	367	284	273
Sorgho	298	239	298	284	303	296	272	270
Moyenne	534	384	508	509	382	649	499	495
Evaporation en m/m ..	1.239,5	957,2	1.092,2	1.061,7	849,3	1.196,3	1 .084,6	1.069,3

TABLEAU N° 4

Coefficient de transpiration et évaporation en m/m d'une surface d'eau libre à Newell (S. Dak). 1912-18 et Mandan (N. Dak.) 1919-22.

PLANTE	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	MOYENNE
Luzerne..	701	759	1036	602	694	898	947	706	670	936	742	802
Blé	463	436	528	333	352	487	415	520	340	531	372	434
Millet	261	316	307	177	232	278	239	303	186	....	....	255
Sorgho	....	....	....	210	239	275	284	273	229	....	....	252
Evaporation en m/m avril-septembre..	957,6	942,3	891,5	695,9	825,5	883,9	825,5	....	....	998,2	861,0	889,0
Juin-Août..	576,6	594,4	568,9	383,5	459,7	579,1	513,1	622,3	550,2	627,4	515,6	546,1

Des recherches récentes ont montré que :

1°) — la formation d'un même poids de matière sèche exige des quantités d'eau très différentes au cours du cycle végétatif de la plante; pour les céréales, s'il faut une partie d'eau à la levée, il en faudra 20 fois plus à la formation de la graine, et on admet que la consommation d'eau après l'épiage représente la moitié de la quantité nécessaire au cycle complet.

2°) — le coefficient de transpiration varie dans de larges limites suivant l'humidité du sol, et peut prendre l'aspect d'une consommation de luxe (ce qui permettrait de réduire certaines irrigations).

3°) — enfin, on sait qu'une production de 50 t. de tomates à l'ha consomme 5.000 m3 d'eau, un ha de forêt feuillue en évapore annuellement 3.000 m3, et un arbre fruitier en pleine production 30 à 40 l. par 24 h.

On peut dégager de ces considérations un certain nombre de notions :

1°) — dans une même région, les quantités d'eaux nécessaires à l'accomplissement d'un cycle végétatif complet varient suivant la culture pratiquée :

2°) — les besoins en eau de la plante varient avec le moment dans le cycle végétatif, ils ne sont pas les mêmes à la levée, qu'à la floraison ou au mûrissement.

3°) — l'absorption de l'eau se fait par osmose, elle cesse lorsque les solutions du sol atteignent une certaine concentration produisant une pression équivalente à celle développée par la Succion de la plante (cette concentration est donc inférieure à la concentration du protoplasme), ou atteint la sécheresse physiologique.

4°) — le sol retient l'eau avec une certaine énergie et dans un sol où l'humidité resterait suffisante, il peut y avoir des déficits hydriques locaux pour la plante, si le renouvellement de l'eau n'est pas suffisamment assuré.

On n'a donc pas intérêt à laisser le sol atteindre le point de flétrissement.

Enfin, l'expérience montre qu'en dosant la quantité d'eau appliquée et en choisissant l'époque de son application, on peut avancer la récolte, développer le fruit par rapport aux feuilles, en somme modeler la plante sur les besoins des agriculteurs.

On peut admettre que les besoins en eau des plantes sont connus et qu'il faut prendre un certain nombre de dispositions pour leur fournir cette eau, du fait de leur physiologie

PRATIQUE DE L'IRRIGATION.

La question qui va se poser maintenant est de savoir comment appliquer l'eau nécessaire à la plante.

On imaginerait volontiers un bassin suffisamment grand, plein d'eau, mis à la disposition de la plante pour qu'elle puise tout ce dont elle a besoin pour vivre. Elle pourrait ainsi prendre ce qu'elle veut, quand elle le voudrait. Mais outre le fait que nous ne voulons pas faire le bonheur de la plante, mais de bonnes récoltes au moment le mieux choisi, le sol n'est pas un réservoir qui conserve toute l'eau qu'on y met.

Que se passe-t-il quand on applique sur un sol un volume d'eau suffisamment grand pour satisfaire la porosité du sol ?

1°) — l'eau va remplir tous les pores du sol, qui atteindra alors sa capacité maxima pour l'eau. Le sol est gorgé d'eau, la plante pourra y puiser largement, mais le milieu est impropre à la végétation par suite des conditions anaérobies qui y règnent et qui détruisent la vie microbienne. Heureusement cet état ne dure pas.

2°) — sous l'influence de la gravité, une partie de l'eau s'infiltre en profondeur et va alimenter les nappes profondes avec les inconvénients possibles qui peuvent découler de cet apport; le volume de cette eau est Vi, il reste dans le sol de l'eau maintenue par des tensions diverses, la principale étant la capillarité. La quantité d'eau qui est retenue correspond à la capacité de rétention du sol, qui est par définition le volume maxima d'eau retenue par le sol, quand son drainage est assuré librement.

Dans notre exemple nous appellerons ce volume VR. La capacité de rétention est, en principe, mesurée au champ, mais elle est très voisine de l'humidité équivalente, définie comme l'eau retenue par un sol initialement saturé, quand il est soumis à un champ de 1000 g. Elle se mesure facilement au laboratoire par centrifugation, c'est pourquoi, on préfère cette mesure à celle de la capacité de rétention.

Cette humidité équivalente varie de 10 à 60 % suivant la texture du sol, la nature de l'argile qui entre dans sa composition et l'état de son complexe absorbant.

3°) — une partie de cette eau retenue par le sol est soumise à l'évaporation dissipée dans l'atmosphère, et perdue. Soit Vé son volume.

Le volume V se répartit donc en :

$$V = VR + Vi$$

4°) — La plante disposera donc au début d'un volume VR d'eau, dans lequel elle puisera jusqu'à ce que l'énergie de rétention de l'eau par le sol soit supérieure à la force de succion développée par la plante : on est alors au point de flétrissement qui est la teneur en eau du sol quand la plante se fâne définitivement; il varie de 3 à 13 % suivant les sols, soit VPft dans notre exemple, le volume de l'eau dans le sol, à ce moment-là, la plante aura donc disposé d'un volume d'eau utile.

$$Vu = V - Vi - Vé - VPft$$

mais $V - Vi = VR$ et Vu devient

$$Vu = VR - Vé - VPft$$

Le volume Vé + Vi est donc perdu dans tous les cas, quelque soit le sol, de même que VPft qui dépend du sol. On ne peut guère réduire Vé (sauf par couverture du sol) mais on peut annuler Vi en n'appliquant, par irrigation, qu'un volume correspondant à VR + Vé; le sol nu évaporant relativement peu, on appliquera un volume d'eau voisin de VR.

La quantité d'eau à appliquer pour chaque arrosage est donc définie par la capacité de rétention du sol, la fréquence des irrigations par la vitesse de consommation donc par la nature de la culture.

Ceci bien entendu pour un arrosage idéal avec de l'eau distillée. Il faudra arroser un peu avant que le point de flétrissement soit atteint, pour que la plante ne soit pas gênée. Cela présentera en même temps l'avantage d'éliminer la solution du sol concentrée, grâce à l'effet de piston mis en évidence dans les expériences de Schloesing.

LA QUALITE DE L'EAU D'IRRIGATION.

Le problème de l'irrigation est compliqué en Algérie par la teneur en sels des eaux dont on dispose. Rappelons que la salinité des eaux d'irrigation s'exprime pour le pédologue en conductivité électrique à 25° C. On sait en effet que la conductivité d'une eau est en fonction directe de la concentration en ions < O ou > O de l'eau et cette relation s'écrit

$$CE\ 25°\ C = 100\ c$$

CE 25° C étant exprimée en micromhos et c en nombre de millivalences en solution : ceci bien entendu dans les limites qui intéressent l'irrigation. Cette manière d'exprimer la concentration est justifiée par le fait que

1°) — plus la conductivité est élevée, plus la concentration est forte.

2°) — l'absorption de l'eau est due à l'osmose, la pression osmotique est due au nombre d'ions et de molécules en solution dans l'eau et elle se relie par une relation simple à la conductivité électrique de l'eau.

En fait, la relation CE 25° C = 100 c n'est pas rigoureusement exacte, mais elle l'est suffisamment et surtout pour une région elle peut être étalonnée : elle donnera de bons renseignements.

Dans l'Oued Rhir, par exemple, l'étalonnage de la méthode a permis d'établir les courbes de la figure n° 2.

Partant de ces données, les Américains ont classé les eaux d'après la conductivité exprimée en micromhos, ils en ont fait 4 classes auxquelles l'expérience algérienne a permis d'ajouter une classe, ce sont :

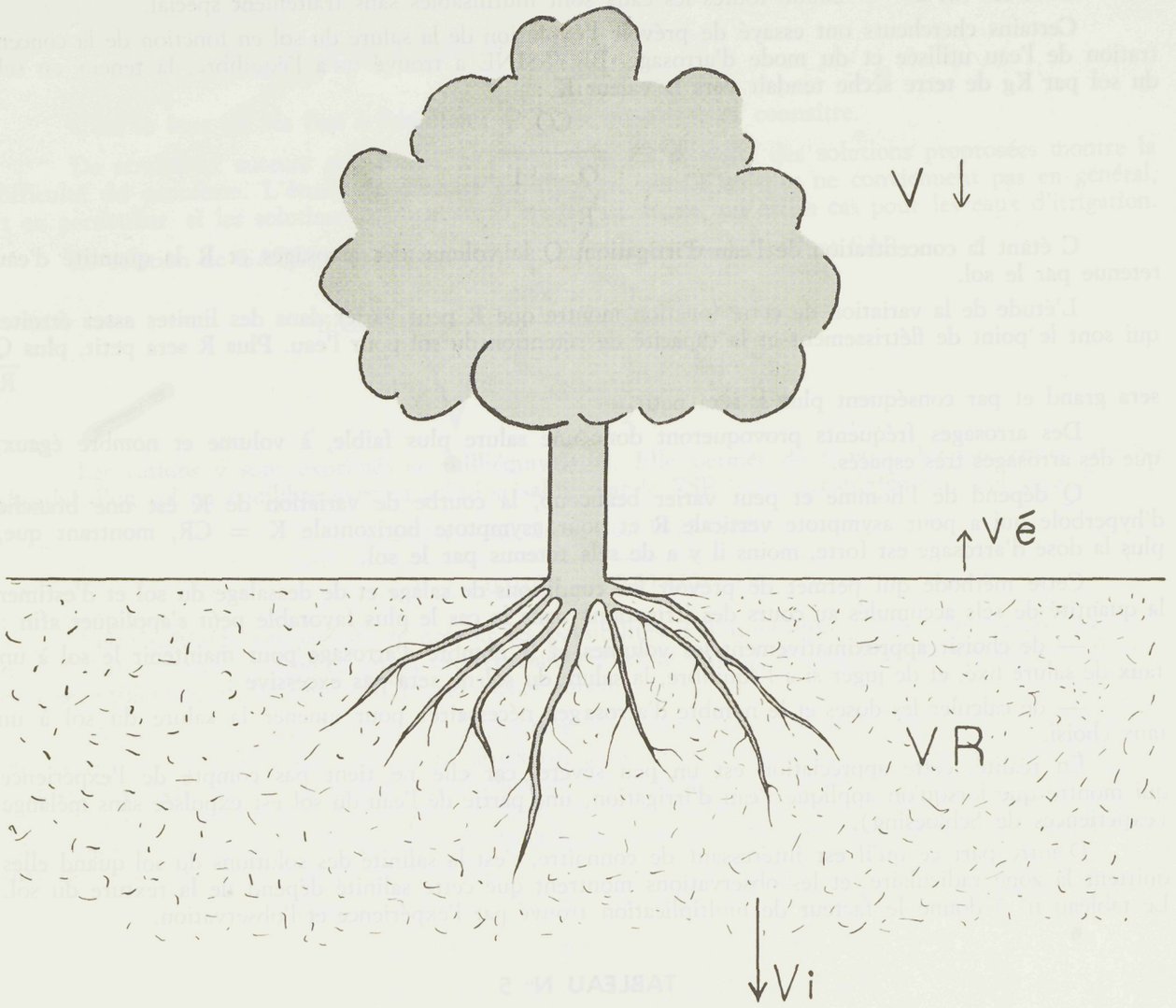


Fig. 2. — Répartition de l'eau d'arrosage

Classe 1 — CE_{25} * < 250 : eaux faiblement salines utilisables pour l'irrigation de tous les sols, sans précautions spéciales.

Classe 2 — 250 < CE_{25} < 750 : eaux à salinité moyenne, utilisables avec un lessivage modéré. Les plantes modérément tolérantes aux sels ne demandent pas de pratique spéciale.

Classe 3 — 750 < CE_{25} < 2250 : eaux à forte salinité, inutilisables dans les sols à drainage insuffisant; les plantes cultivées devront être tolérantes aux sels.

Classe 4 — 2250 < CE_{25} < 5000 : eaux à très forte salinité, ne convenant pas normalement pour l'irrigation; dans certaines conditions elles peuvent être utilisées en mettant en œuvre des pratiques spéciales.

Classe 5 — 5000 < CE_{25} < 20000 : eaux à salinité exagérée, utilisables exceptionnellement pour certaines cultures dans certains sols.

Pour les CE_{25} > 20000 toutes les eaux sont inutilisables sans traitement spécial.

Certains chercheurs ont essayé de prévoir l'évolution de la salure du sol en fonction de la concentration de l'eau utilisée et du mode d'arrosage. BRYSSINE a trouvé qu'à l'équilibre, la teneur en sels du sol par Kg de terre sèche tendait vers la valeur K :

$$K = \frac{CQ}{\frac{Q}{R} - 1}$$

C étant la concentration de l'eau d'irrigation, Q le volume des arrosages et R la quantité d'eau retenue par le sol.

L'étude de la variation de cette fonction montre que R peut varier dans des limites assez étroites qui sont le point de flétrissement et la capacité de rétention du sol pour l'eau. Plus R sera petit, plus $\frac{Q}{R}$ sera grand et par conséquent plus k sera petit.

Des arrosages fréquents provoqueront donc une salure plus faible, à volume et nombre égaux, que des arrosages très espacés.

Q dépend de l'homme et peut varier beaucoup, la courbe de variation de K est une branche d'hyperbole qui a pour asymptote verticale R et pour asymptote horizontale K = CR, montrant que, plus la dose d'arrosage est forte, moins il y a de sels retenus par le sol.

Cette méthode qui permet de prévoir les conditions de salage et de dessalage du sol et d'estimer la quantité de sels accumulés au cours des irrigations dans le cas le plus favorable peut s'appliquer afin :

— de choisir approximativement les volumes et le nombre d'arrosage pour maintenir le sol à un taux de salure fixé, et de juger si à l'équilibre, la salure du sol ne sera pas excessive ;

— de calculer les doses et le nombre d'arrosages nécessaires pour amener la salure du sol à un taux choisi.

En réalité, cette appréciation est un peu sévère, car elle ne tient pas compte de l'expérience qui montre que lorsqu'on applique l'eau d'irrigation, une partie de l'eau du sol est expulsée sans mélange (expériences de Schloesing).

D'autre part ce qu'il est intéressant de connaître, c'est la salinité des solutions du sol quand elles quittent la zone radiculaire, et les observations montrent que cette salinité dépend de la texture du sol. Le tableau n° 5 donne le facteur de multiplication trouvé par l'expérience et l'observation.

TABLEAU N° 5

FACTEUR DE MULTIPLICATION DE LA CONCENTRATION X EN FONCTION DE LA TEXTURE DU SOL

TEXTURE	FACTEUR adopté	LIEU D'OBSERVATION	FACTEUR X	CULTURE
Sable	1,5	El Arfiane	1,2 à 1,8	Palmier
Limon sableux	2,5	Aïn-Zerig (Tunisie)	2,5	Cultures maraîchères
Limon	4	(Interpolation prudente).		
Limon argileux	5	Saint-Denis-du-Sig	3,4	Oliviers
		Relizane	2,8	Agrumes
Argile	5 à 10	Perrégaux	10	Coton
		Hamadena	5	Coton
		Hamadena	2,5	Rizière

Ceci a permis d'établir les classes d'eaux déjà citées.

En plus de cette action sur la salinité du sol l'eau a une action sur le complexe absorbant.

En effet, le sol absorbe des cations par un phénomène assimilable à une action de surface, suivant la réaction d'équilibre :

$$X\,Ca + 2\,ClNa \rightleftarrows X\,Na + Cl_2\,Ca$$

C'est le taux de Na fixé à l'équilibre qu'il est important de connaître.

De nombreux auteurs ont étudié ce phénomène. La diversité des solutions proprosées montre la difficulté du problème. L'étude de diverses équations a montré qu'elles ne conviennent pas en général, et en particulier si les solutions contiennent 3 ou 4 cations, ce qui est le cas pour les eaux d'irrigation.

La relation de GAPON est la plus utilisée; les Américains l'appellent SAR :

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\dfrac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Les cations y sont exprimés en milliéquivalents. Elle permet de calculer le pourcentage de Na absorbé d'un sol en équilibre avec sa solution saline par le ESP (exchangeable sodium percentage) :

$$ESP = \frac{100\,(-0{,}0126 + 0{,}01475\,SAR)}{1 + (-0{,}0126 + 0{,}01475\,SAR)}$$

Cette méthode permettrait de prévoir les possibilités d'alcalinisation du sol. En réalité, ses résultats sont décevants et comme ce qu'on veut connaître c'est le sens de l'évolution du sol sous l'influence de l'eau utilisée, il est préférable d'utiliser l'essai suivant :

100 g de terre à essayer sont agités pendant 10 minutes avec 250 cm3 d'eau d'irrigation et laissés en contact une nuit. Ca, Mg et Na sont dosés sur la solution obtenue et dans l'eau d'irrigation ; si le taux de Na diminue, il y a danger d'alcalinisation, s'il augmente l'évolution est favorable à la culture. Il n'est mis en œuvre que si Na en m.é. dépasse 50 % du total des mé de l'eau d'irrigation. Les auteurs anglais ont mis en évidence un seuil de concentration des eaux, en deçà duquel les sols seraient dispersés par l'eau. La valeur de ce seuil est ·

pour le	Cl Na	2,5 X	10^{-1}	M =	14,6	g/l
	Cl K	6,6 X	10^{-2}	M =	4,9	g/l
	Cl 2 Mg	1 X	10^{-3}	M =	0,095	g/l
	Cl_2 Ca	3 X	10^{-4}	M =	0,033	g/l

Cette condition est toujours réalisée en Algérie.

La lutte contre les effets néfastes sur le complexe absorbant ne peut se concevoir que par des additions de Ca solubles, soit dans l'eau, soit dans le sol, sous forme de chlorure de calcium ou de gypse, ce dernier ayant un effet plus durable, à condition toutefois que la salinité de l'eau le permette. Par contre, la salinisation du sol peut être combattue par un surcroît d'eau d'irrigation destiné à lessiver le sol. Le pourcentage d'eau supplémentaire peut être calculé, cette eau est l'eau de drainage. Si la concentration tolérable par la plante est CE, d correspondant à une hauteur d'eau de drainage Ded, et la concentration d'eau d'irrigation étant CEi, sa hauteur Dei, le pourcentage d'eau de drainage est

$$\% = \frac{Ded}{Dei} = \frac{CEi}{CEd}$$

C'est le pourcentage d'eau supplémentaire qui devra être appliqué pour maintenir la salinité à la concentration Ced choisie. C'est un maximum qui ne tient pas compte de l'effet de piston. Ces considérations permettent donc d'avancer pas à pas vers une solution approchée du problème, qui est le choix des sols irrigables.

CHOIX DES SOLS IRRIGABLES.

Pour pouvoir choisir les sols irrigables, il faut donc connaître :

— le climat

— le sol

— l'eau d'irrigation

il faut connaître encore la tolérance des plantes aux sels.

On peut admettre qu'en Algérie, le climat reste sensiblement le même, pendant toute la saison des irrigations.

Nous avons vu le sol qui est caractérisé par sa texture et l'eau d'irrigation. Il reste à voir la tolérance des cultures aux sels. Elle s'exprime en général en CE 25°C, de l'extrait saturé de sol en micromhos. Cet extrait saturé correspond en réalité à l'eau retenue par le sol, à la limite de drainage, c'est-à-dire à la teneur eau de la capacité de rétention qui est en même temps la plus favorable à la vie de la plante. C'est la tolérance aux sels au point de flétrissement qu'il faudrait connaître, mais nous ne possédons pas de documents à ce sujet. Dans ce cas, il peut y avoir des interférences flétrissement et lésion par les sels. Malgré ces inconvénients, ce sont ces données qui sont utilisées. Elles sont résumées dans le tableau n° 6.

En pratique, on groupe les plantes en peu tolérantes, limite inférieure à 4.000 micromhos, moyennement tolérantes de 4.000 à 10.000 micromhos et très tolérantes.

Pour choisir les sols irrigables, on raisonne de la façon suivante :

Pour les plantes peu tolérantes aux sels, la tolérance supérieure est de 4000; dans les sables, l'eau se concentrant une fois et demi, l'eau utilisable la plus concentrée aura une conductivité de

$\boxed{4000 : 1{,}5 = 2650 \text{ micromhos}}$ on garde 2500. En raisonnant de proche en proche, de la même façon, on peut établir le tableau n° 7.

On pourrait donc maintenant, théoriquement, calculer les quantités d'eau nécessaires aux plants, mais on se trouve devant de nombreux écueils : quantité d'eau nécessaire pour former un Kg de matière sèche de la plante à cultiver, quantité de matière sèche formée à l'ha, etc...

CAS DE L'ALGERIE.

Pour essayer de faire mieux, il faut examiner ce qui se passe en pratique en Algérie. Les quantités d'eau utilisées par ha de culture sont données, en Algérie, par les statistiques du Service de l'H.E.R. Elles sont résumées dans le tableau n° 8.

On est tout de suite frappé par la consommation du Périmètre du Moyen Chéliff (Orléansville) qui, pour les agrumes par exemple, est 2 fois celle des périmètres de la Mina (Relizane) de l'Habra dont les climats sont très voisins, comme le montrent les graphiques xérothermiques de Gaussen des figures 3 et 4.

La salinité de l'eau de ces périmètres est :

Moyen Chéliff. . . . . 1250 micromhos

Mina . . . . . 2400 micromhos

Habra . . . . . 2000 micromhos

On pourrait donc espérer que c'est le périmètre du Moyen Chéliff qui présenterait la plus faible consommation d'eau et en admettant que le P.I. de l'Habra donne les mêmes rendements que celui du

ORLEANSVILLE

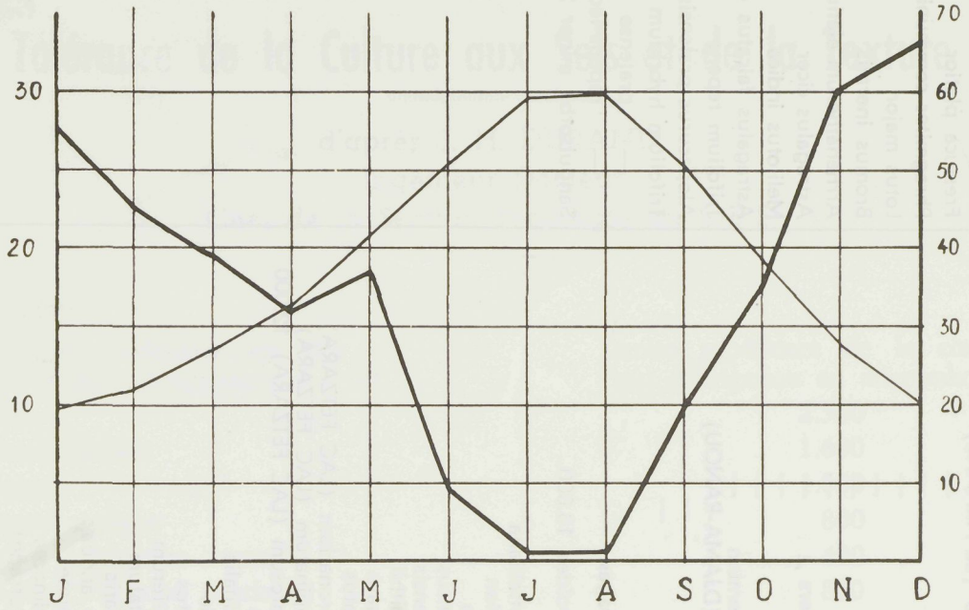


Fig:3_graphique xérothermique du P.I. du moyen Chéliff

RELIZANE

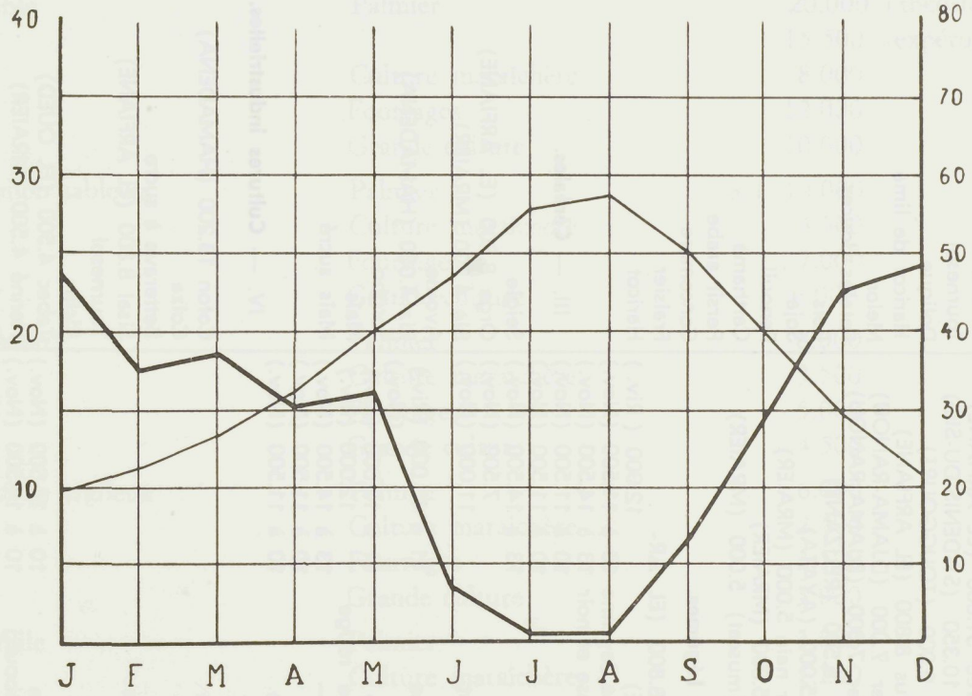


Fig:4_graphique xérothermique du P.I. de la Mina

TABLEAU N° 6 — TOLERANCE DES PLANTES AUX SELS

I. — Arbres fruitiers et d'ornement.	
Palmier dattier théorique	60.000[2]
observée	31.000 (EL ARFIANE)
Olivier	10.350 (ST-DENIS-DU-SIG)
Tamarix	9.000 (TOUGGOURT)
Eucalyptus	8.800 (EL ARFIANE)
Abricotier	7.000 (DJAMA-RANOU)
Grenadier	7.000 (DJAMA-RANOU)
Oranger	6.500 (RELIZANE)
Figuier	5.000 (AYATA)
Pommier nain	5.000 (MRAIER)
Pêcher	5.000 (MRAIER)
Vigne (muscat)	5.000 (MRAIER)
II. — Légumes.	
Choux	8.800 (EL ARFIANE)
	12.000 (Riv.)
Piment de Cayenne	10 à 11.500 (Nov.)
Radis rose et noir	13 à 14.500 (Nov.)
Carotte	10 à 11.500 (Nov.)
Navet	10 à 11.500 (Nov.)
Oignon	13 à 14.500 (Nov.)
Fève	7.500 (Nov.)
Artichaut	11.000 (Nov.)
Ail	
Tetragone	11 à 12.000 (Riv.) (Nov.)
Asperge	11 à 12.000 (Riv.)
Betterave rouge	12.000 (Riv.)
—	13 à 14.500 (Nov.)
Blette	10 à 11.500 (Nov.)
Chicorée	10 à 11.500 (Nov.)
Scarole	
Laitue	
Romaine	
Rave	
Courge	
Roquette	
Céleri	
Ciboule	
Menthe	
Pastèque	10 à 14.500 (Nov.)
Topinambourg	10 à 14.500 (Nov.)
Aubergine	10 à 11.500 (Nov.)
Chou-fleur	10 à 11.500 (Nov.)
Pomme de terre	—
Tomate	—
Tournesol	—
Dolique	7.500 (Nov.)
Haricot de lima	—
Melon	—
Patates douces	—
Pois	—
Soja	—
Fenouil	4.500 (MRAIER)
Carthame	—
Persil arabe	—
Concombre	4.000 (Riv.)
Fraisier	4.000 (Nov.)
Haricot	—
III. — Céréales.	
Seigle	10.000 (Riv.)
Orge	8.800 (EL ARFIANE)
Blé	4.500 (MRAIER)
	10.000 (Riv.)
Avoine	10.000 (Riv.)
Riz	4.000 (HAMADENA)
	9.000 (Riv.)
Sorgho	8.000 (Riv.)
Maïs	8.000 (Riv.)
Maïs sucré	7.000 (Riv.)
IV. — Cultures industrielles.	
Coton	13.200 (HAMADENA)
	14.000 (Riv.)
Colza	14.000 (Riv.)
Betterave à sucre	14.000 (Riv.)
Sisal	8.800 (EL ARFIANE)
Tournesol	6.500 (Riv.)
Ricin	6.000 (Riv.)
Tabac	4.500 (EL OUED)
Henné	4.500 (MRAIER)
Ramie	4.500 (Nov.)
V. — Culture florale.	
Laurier rose	8.900 (TOUGGOURT)
Capucine	8.800 (EL ARFIANE)
Belle de nuit	—
Pin d'amour	—
Géranium	—
Capucine	—
Chrysanthème	—
Narcisse	—
Asparagus divers	—
Giroflée	—
Soucis	—
Mesembryanthemum	—
Dahlia	6.800 (DJAMA-RANOU)
Zinia	—
Œillet	—
VI. — Fourrages.	
Sporobolus airoïdes	18.000
Distichlis sp.	
Puccinellia muttalliana	
Cyrodon dactylon	
Chloris gayana	
Bromus catharticus	
Eylmus canadensis	
Agropyron smithii	
Hordeum vulgare	
Lotus corniculatus	
Hedysarum coronarium	(LAC FETZARA)
Trifolium resupinatum	(LAC FETZARA)
Trifolium squarosum	(LAC FETZARA) 12.000
Melilotus alba	
Melilotus officinalis	
Lolium perenne	
Bromus carinatus	
Trifolium fragiferum	
Paspalum dilatatum	
Sorghum vulgaris	
Melilotus aiba annua	
Luzerne commune	
Frestuca arundinacea	
Secale sp. (fourrage)	
Triticum sp.	
Avena sp. (fourrage)	
Dactylis glomerata	
Bouteloua gracilis	
Frestuca platior	
Phragmites communis	
Lotus major	
Bromus inermis	
Arrhenatherum elatius	
Astragalus cicer	
Melilotus indica	
Astragalus falcatus	4.000
Trifolium repens	
Alopecurus pratensis	
Trifolium hybridum	
— pratense	
— repens ladino	
Sanguisorba minor	2.000

1. — Cette tolérance, exprimée en cté à 25° C de la solution du sol, peut ne pas être la tolérance maximum.
2. — Calculée d'après la pression osmotique de la sève : 25 atm. sans tenir compte du phénomène de DONNAN.
3. — Les noms entre parenthèses indiquent le lieu de l'observation.
4 — A l'exception des 3 fourrages du LAC FETZARA, la résistance aux sels de tous les fourrages cités a été trouvée dans l'ouvrage de RIVERSIDE.
5. — Nov. - Novikof.

TABLEAU N° 7

Limite Supérieure Admissible de la Conductivité de l'Eau en Fonction de la Tolérance de la Culture aux Sels et de la Texture du Sol

d'après J. H. DURAND,
Ingénieur Docteur
Chef de la Section Pédologie du S. E. S.

Texture		Limite supérieure de la conductivité de l'eau d'irrigation en micromhos/cm. à 25°
I — Plantes peu tolérantes aux sels — Limite 4.000 micromhos/cm. à 25°		
Sable		2.500
Limon sableux		1.600
Limon		1.000
Limon argileux		800
Argile (irrigation normale)		400
Argile (irrigation continue)		800
II — Plantes moyennement tolérantes aux sels — Limite 10.000 micromhos/cm. à 25°		
Sable		6.500
Limon sableux		4.000
Limon		3.000
Limon argileux		2.000
Argile (irrigation normale)		1.000
Argile (irrigation continue)		2.000
III — Plantes très tolérantes aux sels		
Sable	Palmier	20.000 (théoriquement)
		15.500 (expérimentalement)
	Culture maraîchère	8.000
	Fourrages	12.000
	Grande culture	10.000
Limon sableux	Palmier	6 à 10.000
	Culture maraîchère	4.500
	Fourrages	7.000
	Grande culture	6.000
Limon	Palmier	8.000
	Culture maraîchère	3.500
	Fourrages	5.000
	Grande culture	4.500
Limon argileux	Palmier	6.000
	Culture maraîchère	2.400
	Fourrages	3.500
	Grande culture	3.000
Argile	Palmier	3.000
	Culture maraîchère	1.200
	Fourrages	1.800
	Grande culture	1.600

N.B. — Le drainage est indispensable dans tous les cas, il doit être d'autant plus serré qu'on se rapproche plus de la limite d'utilisation de l'eau et les doses d'irrigation seront, elles aussi, d'autant plus élevées.

Mod. D. 1956

TABLEAU N° 8

QUANTITES D'EAU UTILISEES DANS LES P.I. D'ALGERIE

Périmètre irrigable et culture	ANNEE 1954		1958-59		PLUVIOMETRIE	
	Quant. en m3/ha	Rendements qx/ha	Quant. m3/ha	Rendements qx/ha	1954 en m3/ha	1958-59 en m3/ha
HAMIZ						
Agrumes	4.370	—	4.150	—	12.280	13.896
Maraîchage	2.580	—	3.500	—		
Luzerne[1]	5.400	—	3.200	—	I-II et IV	X à IV
MOYEN CHELIFF						
Agrumes	8.334	100[2]	12.947	88	5.720	4.350
Maraîchage	8.909	—	13.593	—		
Fourrage	13.550	75	14.699	20 à 30	II et IV	X à IV
BAS-CHELIFF						
Agrumes	5.430	120	6.669	100	4.430	4.072
Maraîchage	8.071	bons	9.070	bons	II à IV	X à IV
Fourrage	9.041	—	7.288	100		
MIJA						
Agrumes	5.400	—	6.300	60	3.820	3.912
Arbres fruitiers	4.700	—	4.300	55		
Maraîchage	9.800	—	9.750	bons	I à IV	X à IV
Luzerne	11.300	—	9.800	70		
HABRA						
Agrumes	5.000	150	6.215	160	4.300	4.107
Arbres fruitiers	4.110	120 à 150[3]	5.000	120		X à I
Maraîchage	8.700	bons	8.075	bons	I à IV	et III et IV
Luzerne	10.216	—	6.000	—		
SIG						
Agrumes	2.400	—	3.000	50	4.340	3.696
Arbres fruitiers	7.400	—	2.000	50		X à I
Maraîchage	9.500	—	10.000	assez bons	I à IV	III et IV
Luzerne	—	—	10.000	250		

Moyen Chéliff, partant du volume consommé dans l'Habra, on devrait pouvoir calculer celui qui devrait être consommé à Orléansville. Si la tolérance de la plante aux sels est de N micromhos et qu'il faut un volume V d'eau à n micromhos, il lui faudra un volume V_1 d'eau à n_1 micromhos. En se développant, la plante puisera un volume d'eau tel que lorsqu'elle cessera d'en prendre, la solution aura une conductivité de N micromhos.

Le volume restant sera $\frac{n}{N} V$,

Le volume utilisé

$$V - \frac{n}{N} V = \frac{N - n}{N} V$$

Le volume d'eau utilisé dans la deuxième cas sera $\frac{N - n}{N} V_1$, ces 2 volumes devront être égaux (eau nécessaire pour former la même quantité de matières sèches)

$$\frac{N - n}{N} V = \frac{N - n_1}{N} V_1$$

On en tire

$$V_1 = \frac{N - n}{N - n_1} V$$

Dans notre exemple on aurait donc :

$$Vo_1 = \frac{N - 2000}{N - 1250} \times 5000$$

Pour l'oranger, N est de l'ordre de 6500, il vient

$$VO_1 = \frac{4500}{5250} \times 5000$$

$$= 0{,}85 \times 5000 \qquad 4250$$

soit environ 4500 m3, ce qui est bien inférieur à ce qui est consommé en pratique.

Comment a-t-on pu trouver cette valeur de 5000 m3/ha pour les agrumes dans le périmètre irrigable de l'Habra ? Par une méthode purement empirique. Monsieur SIMONNEAU, alors conseiller aux irrigations de cette région, s'est promené le matin dans les orangeraies pour observer le comportement des arbres. Quand leur aspect lui permettait de penser qu'ils manquaient d'eau, il faisait irriguer en mesurant les quantités apportées. Il lui a fallu 5 ans de travail pour obtenir un résultat qui est favorable, puisque c'est dans le périmètre de l'Habra, où il a travaillé, que les rendements sont les meilleurs.

Que se passe-t-il alors dans le Moyen Chéliff ?

Deux facteurs interviennent : le 1er est qu'une partie de l'eau dite consommée n'est pas vraiment utilisée, elle retourne au Chéliff; le 2e est, que les sols sont très filtrants, retiennent mal l'eau et les engrais, et sont donc secs pour les arbres. L'éducation des irrigants devrait pallier cette deuxième cause, il leur suffirait d'irriguer plus fréquemment avec moins d'eau.

Donc en pratique, c'est par une méthode empirique qu'on peut trouver les quantités d'eau à donner aux plantes. En effet, on est en présence d'un phénomène biologique et, à cause de ses données très complexes, il n'est pas encore question de le mettre en équation, malgré toutes les satisfactions intellectuelles que celà pourrait donner.

Conclusions

De nombreuses formules permettant de calculer les volumes d'eau d'irrigation, les modules ont été fréquemment proposés. Ces formules ne tiennent compte en général que du sol et parfois du climat; elles admettent que la quantité d'eau nécessaire pour former 1 Kg de matière sèche est toujours la même. Nous savons qu'il n'en est rien.

L'observation d'expérience sur des plantes diverses et surtout l'observation des cultures pratiquées doit permettre de réduire les volumes d'eau employés, en même temps de déterminer le meilleur moment d'application des irrigations. Ces observations ne peuvent être faites que par un spécialiste de l'agriculture : le conseiller aux irrigations, tel qu'il avait été conçu dans le temps en Algérie, transmettra sa science aux agriculteurs.

A partir de ces observations, une expérimentation pourrait être réalisée qui permettrait peut-être de réduire encore les quantités d'eau utilisées, mais il ne faudra jamais perdre de vue que l'agriculture est une spéculation qui s'appuie sur des phénomènes biologiques. Ceux-ci sont extrêmement complexes, en particulier en Algérie, on interfère à chaque instant la salinité des eaux d'irrigation, et par conséquent si séduisante que soit leur mise en équation, celle-ci n'est pas encore possible, en raison des inconnues qui subsistent et, tout au moins pour le moment, la méthode empirique reste préférable à tout autre.

Bibliographie Sommaire

BAGNOULS et GAUSSEN H. (1953) - Saison sèche et indice xérothermique - Bull. Sté Hist. Nat. de Toulouse - T. 88. F. 3 et 4, p. 193-239.

DEMOLON A. (1956) - Principes d'Agronomie - II Croissance des Végétaux Cultivés - DUNOD.

DURAND J.H. (1958) - Les sols irrigables - Etude Pédologique - Alger.

QUIRK J.-P. and SCHOFIELD R.K. (1955) - The effect of electrolyte concentration on soil permeability. The Journ. of Soil Sc., Vol. 6, n° 2, p. 163-178.

RICHARDS L.A. et ses coll. (1954) - Diagnosis and improvement of saline and alkali soils - Agric. Handbook, n° 60. US. Dept Of Agric.

SELTZER P. (1946) - Le climat de l'Algérie - La Typolitho - Alger.

Compte rendu d'exploitation des périmètres d'irrigation publié par la Direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural pour chaque exercice budgétaire.

PUBLICATIONS PEDOLOGIQUES ET AGROLOGIQUES DE LA DELEGATION GENERALE DU GOUVERNEMENT EN ALGERIE

(Mise à jour au 1er Janvier 1960)

1er ETUDES GENERALES — E.G.

N° 3. — DUTIL P. (1956). — Les glissements de terrains en Algérie : essai de mise au point sur les données actuelles du phénomène. Publication de la D.H.E.R.

N° 4. — DURAND J.H. (1957). — Les croûtes calcaires s.l. d'Afrique du Nord étudiées à la lumière de la Bio Rhexistasie - Pub. de la D.H.E.R.

N° 5. — DURAND J.H. (1958). — Recherches sur les sels apportés au sol par les pluies - Pub. de la D.H.E.R.

N° 6. — DURAND J.H. (1958). — Contribution à l'étude des eaux de drainage de divers bassins versants d'Algérie - Pub. de la D.H.E.R.

N° 7. — DURAND J.H. (1959). — Les sols rouges et les croûtes en Algérie - Pub. de la D.H.E.R.

2e ETUDES REGIONALES — E.R

N° 2. — DURAND J.H. (1952). — Les sols du bassin versant du Lac Tonga - Publication du S.C.H.

N° 3. — BOULAINE J. (1954). — Etudes sur l'hydrogéologie superficielle de la plaine de RELIZANE - Publication du S.C.H.

N° 5. — DURAND J.H. (1956). — Les sols de la Station d'Etude des Sols salins et d'essais agronomiques d'HAMADENA (ORAN). Sup. Sc. Terres et Eaux n° 28 - Pub. de la D.H.E.R.

N° 6. — BOULAINE J. (1956). — Facteurs de formation des sols de la Plaine d'INKERMANN. Sup. Sc. Terres et Eaux n° 28 - Pub. de D.H.E.R.

N° 7. — BOULAINE J. (1957) - (Thèse). — Etude des sols des Plaines du Chéliff - Pub. de la D.H.E.R

N° 8. — DURAND J.H. et SIMONNEAU P. (1958). — Les périmètres irrigables expérimentaux du Sahara-Occidental - Terres et Eaux n° 31 - Pub. de la D.H.E.R.

3e VEGETATION — V.

N° 7. — DUBUIS A. et SIMONNEAU P. (1956) — La végétation des rizières en ORANIE - Publication du S.C.H.

N° 8. — DUBUIS A. et SIMONNEAU P. (1957). — Les unités phytosociologiques des terrains salés de l'W Algérien - Pub. de la D.H.E.R.

N° 9. — DUBUIS A. et SIMONNEAU P. (1958) — Contribution à l'Etude de la Flore et de la Végétation de la région d'HASSI-MESSAOUD - Pub. de la D.H.E.R.

N° 10. — DUBUIS A. et SIMONNEAU P. (1959) — Catalogue des Végétaux observés sur la Station d'Etude des Sols salins d'HAMADENA - Pub. de la D.H.E.R.

4e AGROLOGIE — A.

N° 9. — SIMONNEAU P. (1956). — La riziculture dans les terrains salés d'ORANIE (1951-55) Pub. de la D.H.E.R.

N° 10. — DUBUIS A. et SIMONNEAU P. (1956) — Le fourrage d'artichauts. - Pub. de la D.H.E.R.

N° 11. — SIMONNEAU P. (1957). —Observations sur le salant dans l'Ouest Algérien - Pub. de la D.H.E.R.

N° 12. — BOULAINE J. (1957). — Relations entre la Plante et le Sol dans les rizières - Pub. de la D.H.E.R.

N° 13. — MOREL P. et SIMONNEAU P. (1958) — La riziculture dans les terrains salés d'ORANIE Pub. de la D.H.E.R.

5e EXPERIMENTATION — DIVERS — E.D.

N° 1. — DURAND J.H. (1951) — Essais de laboratoire effectués sur les sols de la Station Hydro-agricole d'HAMADENA - Publication du S.C.H.

N° 2. — Mlle VANLANDE Ch. (1956). — Méthodes d'analyses utilisées par la Section de Pédologie du Service des Etudes Scientifiques de la D.H.E.R.

N° 3. — Mme PLEVEN J. (1956). — Comparaison de l'extrait saturé d'un sol et de son extrait salin 1 : 10 - Pub. de la D.H.E.R.

N° 4. — BOULAINE J. (1956). — Quelques données numériques sur l'hétérogénéité des sols salés. Pub. de la D.H.E.R.

N° 5. — EHRWEIN J. (1956). — Présentation d'un abaque pour l'appréciation du degré de salinité d'une terre - Pub. de la D.H.E.R.

N° 6. — BOULAINE J. (1956). — Protection des piézomètres dans les périmètres irrigables d'Algérie - Pub. de la D.H.E.R.

N° 7. — PARRY G. (1958). — Cinq années d'expérimentation cotonnière en sols salins (1953 à 57 - Station d'Etude des Sols salins d'HAMADENA - Pub. de la D.H.E.R.

N° 8. — SIMONNEAU P. et MOREL P. (1958). — La Culture de l'*Hibiscus Cannabinus* en sols salins - Expérimentation de la Campagne 1957 - Pub. de la D.H.E.R.

N° 9. — SIMONNEAU P., PARRY G. et ROLIERS D. (1958). — La culture expérimentale de l'Hibiscus Cannabinus (Kerrah ou Dah) en sols salins - Terres et Eeaux n° 28 - Pub. de la D.H.E.R.

N° 10. — SIMONNEAU P. (1959). — Centres d'études d'irrigation du Sahara Occidental - Essais et Etudes de la Campagne 1957-58 - Pub. de la D.H.E.R.

N° 11. — SIMONNEAU P. et MOREL P. (1959). — La Culture de l'*Hibiscus Cannabinus* en sols salins - Expérimentation de la Campagne 1959 - Pub. de la D.H.E.R.

6e TECHNOLOGIE DU SOL — T.S.

N° 4. — DURAND J.H. et Mme LUCET C. (1958). — Transformation chimique de l'eau au cours de l'irrigation par aspersion - Pub. de la D.H.E.R

7e CARTE DES SOLS — C.S.

N° 1. — Carte au 1/500.000e, feuilles de CONSTANTINE, ALGER, ORLEANSVILLE, TEBESSA, BISKRA, MASCARA, ORAN.

N° 2. — Carte de reconnaisance au 1/200.000e, Feuilles de BONE n° 9, SOUK-EL-ARBA n° 10, NEMOURS n° 30, MOSTAGANEM n° 21.

N° 3. — DURAND J.H. (1954). — Notice explicative générale de la carte des sols de l'Algérie au 1/200.000e et au 1/500.000e - Publication de l'Inspection Générale de l'Agriculture.

N° 4. — EHRWEIN J. (1954). — Notice explicative de la carte de reconnaissance des sols d'Algérie au 1/200.000e. Feuille de BONE n° 9.

N° 5. — DURAND J.H. (1954). — Notice explicative de la carte de reconnaissance des sols d'Algérie au 1/200.000e. Feuille de NEMOURS n 30.

N° 7. — DURAND J.H. (1957). — Notice explicative de la carte de reconnaissance des sols d'Algérie au 1/200.000e. Feuille de SOUK-EL-ARBA n° 10.

8e HORS SERIE — H.S.

N° 1. — CAILLERE S. (1955). — Analyse thermique différentielle - Publication de l'Inspection Générale de l'Agriculture.

N° 2. — DURAND J.H. (1956). — La Section de Pédologie de la Direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural - Publication de la D.H.E.R.

N° 3. — DUMAY L. (1957). — Le calcul en chaîne des valeurs foncières - Application pratiquée à l'Agrumiculture Pub. de la D.H.E.F.

Imp. Imbert, 26, rue Hoche - Alger
Dépot Légal n° 206 - 2e trimestre 1961