

CONTRIBUTION DE CERTAINS ÉLÉMENTS GROSSIERS DU SOL A L'ALIMENTATION EN EAU DES VÉGÉTAUX

R. GRAS et G. MONNIER

*Laboratoire des Techniques Culturelles, Versailles.
Institut National de la Recherche Agronomique.*

SOMMAIRE

Le bon comportement des plantes sur certains sols peu profonds recouvrant des roches dures, ou sur des terrains riches en éléments grossiers supérieurs à 2 mm, paraît paradoxal si l'on admet que les parties rocheuses sont inertes. En fait, ces dernières peuvent retenir des quantités importantes d'eau. A l'aide d'appareils à membrane et à plaque, on a vérifié que cette eau pouvait humecter le sol au voisinage des cailloux. Les racines des végétaux peuvent utiliser cette eau par l'intermédiaire de la terre fine. La contribution des éléments grossiers ou du substratum rocheux peut représenter un pourcentage important de la capacité de réserve totale du sol.



Les terres contenant de fortes proportions d'éléments grossiers de diamètres supérieurs à 2 mm sont nombreuses en France : cailloutis du Lannemezan, de la vallée du Rhône, de la Crau. Par ailleurs, les sols peu épais reposant sur des roches calcaires ou cristallines sont également très répandus. Si l'on considère l'alimentation en eau des plantes poussant sur ces sols, on constate qu'elle est beaucoup plus satisfaisante qu'on pourrait le croire à première vue en admettant que les éléments grossiers constituent un lest inerte. Ainsi des sols peu épais de Champagne, reposant sur de la craie et contenant des fragments grossiers de cette roche, ont porté une bonne récolte de betteraves en 1959, année particulièrement sèche. Sur les terres sablo-caillouteuses de la vallée du Rhône poussent des pêchers aussi vigoureux et productifs que sur les limons adjacents, dans une région où le déficit annuel de la pluviométrie sur l'évapotranspiration est de l'ordre de 240 mm. Ce comportement à première vue paradoxal de plantes poussant sur des sols caillouteux a été noté également pour les arbres forestiers (LUTZ H. J. et R. F. CHANDLER, Jr, 1946 ; LARSEN, J.A., 1930 ; LAMB, J. Jr et CHAPMAN, J.E., 1943). Ces derniers auteurs ont invoqué comme explications un ameublissement meilleur, une diminution du ruissellement, un effet de couverture et une augmentation de la capacité de rétention du sol, sans

TABLEAU I.

NATURE de la roche	Capacité maxima (1)	SOLS D'ENROBAGE									
		Sable Fontainebleau			Limon			Argile			
		Capacité au champ (2)	Point de flétris- sement (3)	Eau utile (4)	Capacité au champ (5)	Point de flétris- sement (6)	Eau utile (7)	Capacité au champ (8)	Point de flétris- sement (9)	Eau utile (10)	
Grès	n° 1.....	43,7	45,5	33,7	11,8	11,4	1,1	10,3	10,9	1,2	9,7
	n° 2.....	9,0	8,9	9,4	0	8,8	2,0	6,8	3,0	2,1	5,9
	n° 3.....	20,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	n° 4.....	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Calcaire	n° 1 craie ...	26,9	25,4	25,1	0,3	25,7	1,0	24,7	25,7	1,3	24,4
	n° 2.....	7,9	7,1	7,4	0	7,2	1,4	5,8	7,3	1,6	5,7
	n° 3.....	2,6	2,3	2,0	0,3	2,0	1,1	0,9	1,9	1,6	0,3
Silex.....	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0	
Granite sain.....	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Granite altéré (même ori- gine).....	5,3*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Basalte.....	0,4	0,3	0,3	0	0,1	0,1	0	—	—	—	
Roche volcanique altérée	27,7*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

* On n'a pu faire d'étude plus approfondie sur ces échantillons qui sont trop fragiles.

ELEMENTS GROSSIERS DU SOL

d'ailleurs préciser autrement ce dernier point. C'est COILE T. S. (1958) qui a montré le premier, à notre connaissance, par une méthode indirecte, que les cailloux de petite taille étaient susceptibles de retenir de l'eau.

Nous nous proposons de reprendre l'étude de la rétention de l'eau par les éléments grossiers, en nous préoccupant plus particulièrement de la nature pétrographique de ces éléments. Après avoir déterminé la quantité d'eau maxima que peuvent retenir les différentes roches, nous essayerons de préciser l'importance de leur contribution à l'alimentation en eau des végétaux.

1° Capacité maxima de rétention des cailloux.

La capacité maxima est définie comme la quantité d'eau retenue par les cailloux immergés dans un récipient, lui-même placé dans une enceinte vide d'air. La répétition de mesures montre qu'aux erreurs d'expérience près (3 à 15 % en valeur relative) cette capacité maxima est bien définie. Sur les cailloux de grande dimension utilisés tels quels, puis brisés, on a vérifié que la capacité maxima était sensiblement indépendante de la taille.

Les résultats du tableau I (colonne I) montrent que la capacité maxima varie évidemment beaucoup avec la nature pétrographique : Elle est quasi nulle pour les silex et les roches éruptives non altérées. L'altération augmente la quantité d'eau retenue.

Pour les roches calcaires étudiées ici, les quantités d'eau retenues, notables pour presque tous les échantillons, sont exceptionnellement grandes pour la craie.

Les grès provenant des cailloutis de la vallée du Rhône présentent une gamme de variations très importantes, le grès n° 1 ayant une valeur très élevée.

Ayant constaté au laboratoire, que des fragments de roche peuvent retenir des quantités considérables d'eau, nous allons essayer de montrer que certains cailloux peuvent intervenir dans l'alimentation hydrique des plantes. Pour cela nous avons essayé de reproduire au laboratoire certains des processus existant dans le milieu naturel.

TABLEAU II.

Humectation de cailloux par l'intermédiaire du sol.

Cailloux	Capacité maxima (% de poids sec)	Humidité après humectation par le sol	
		(% de poids sec)	(% de la capacité maxima)
Grès.....	43,7	38,4	87
Grès.....	31,6	31,2	98
Craie.....	26,9	24,8	92
Calcaire....	7,7	4,3	56

2° Reproduction au laboratoire du processus existant dans le milieu naturel.

Nous venons de montrer que certains cailloux immergés dans l'eau peuvent en absorber une certaine quantité. Pour vérifier que cette

humectation peut se réaliser par l'intermédiaire de la terre, nous avons placé des cailloux secs de 2 à 3 cm de diamètre dans de la terre humectée par capillarité. Les résultats du tableau II montrent que cette humectation est possible, quoique la quantité d'eau soit en général inférieure à la capacité totale.

Puisque les cailloux peuvent recevoir de l'eau d'un sol humecté par capillarité et arriver ainsi au voisinage de la capacité maxima, le même phénomène est a fortiori possible dans un sol saturé, ce qui est le cas dans certaines périodes de l'automne et de l'hiver.

Nous allons examiner maintenant le problème de l'utilisation de l'eau des cailloux par les racines des plantes. La comparaison des ordres de grandeur des diamètres des poils absorbants (quelques dizaines de μ) et des diamètres maxima des pores retenant de l'eau (quelques μ) montre que les poils absorbants ne peuvent pas pénétrer à l'intérieur des fragments de roches. La cession d'eau au végétal par les cailloux pourrait se faire de deux façons. L'eau serait absorbée directement par les poils absorbants appliqués à l'entrée des pores des cailloux ; l'adhérence des radicelles à certains cailloux donnerait quelque consistance à cette hypothèse. Mais la cession d'eau des cailloux à la racine pourrait également se faire par l'intermédiaire de la terre fine dans laquelle se trouvent les cailloux ; les poils absorbants extrairaient alors de la terre l'eau qui lui a été cédée par les cailloux.

Il n'est pas impossible que les deux mécanismes précédents coexistent, nous nous bornerons cependant à vérifier que le deuxième est possible, c'est-à-dire qu'un fragment de roche poreuse humide peut céder de l'eau à un sol qui se dessèche. A cet effet, nous avons placé des fragments de roche préalablement humectés dans un sol humide ; l'ensemble a été ensuite ressuyé dans un appareil à membrane sous une pression pneumatique de 16 kg/cm². Comme il était vraisemblable de penser que la nature du sol pouvait avoir une influence, nous avons utilisé des sols de textures différentes :

- un sable de Fontainebleau dont la totalité des particules a une taille comprise entre 100 et 500 μ , avec seulement 0,25 % de particules de diamètre inférieur à 50 μ ;
- un limon à 16 % d'argile et 19 % de limon 2-20 μ ;
- un terre argileuse à 46 % d'argile.

Les résultats (tableau I, colonnes 3, 6, 9) montrent que l'humidité des cailloux après ressuyage est fortement influencée par la terre d'enrobage. A une exception près (grès n° 1), les éléments grossiers placés dans le sable ne perdent pratiquement pas d'eau. Dès qu'une certaine quantité d'éléments fins est présente, les cailloux cèdent de l'eau à la terre. Donc, dans les sols de texture moyenne et lourde, l'eau retenue par les éléments grossiers peut être transmise au sol adjacent.

Les différences de comportement observées selon les textures des terres d'enrobage peuvent s'interpréter par l'existence de contacts plus ou moins intimes entre le sol et l'élément grossier. Ces contacts conditionneraient l'existence d'un plus ou moins grand nombre de films d'eau continuant relier l'eau des éléments grossiers aux pores de la membrane de l'appareil (GRAS R. et G. MONNIER, 1962). Des essais effectués sur un grès à 30 % de capacité maxima et une craie à 26,9 % avec des matériaux de granulométrie définie montrent (fig. 1) qu'à une pression de ressuyage de 16 kg/cm² la transmission de l'eau se fait très mal pour

ELEMENTS GROSSIERS DU SOL

des dimensions de particules supérieures à 20 μ . Il faut cependant noter que le comportement des deux types d'éléments grossiers n'est pas identique dans les mêmes matériaux d'enrobage. Si l'on revient aux sols, on a constaté que la cession d'eau est déjà importante dans un sol contenant 6 % seulement d'éléments 0-20 μ . Il semble donc que la transmission d'eau des éléments grossiers vers la terre soit un phénomène assez général.

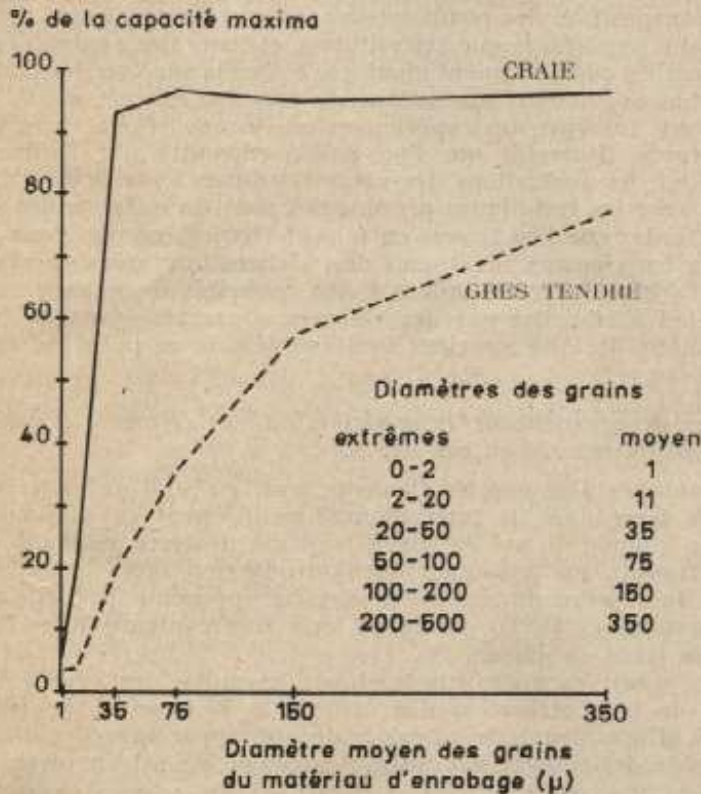


Fig. 1. — Eau restant dans les cailloux après ressuyage sous 16 kg/cm², en fonction des matériaux d'enrobage.

Maintenant que nous avons montré que dans la plupart des sols les éléments grossiers poreux cèdent de l'eau à la terre, il nous faut préciser l'humidité des éléments poreux en équilibre avec le sol à la capacité au champ et au point de flétrissement. Les expériences précédentes effectuées sous une pression de 16 kg/cm², normes couramment utilisées pour la détermination du point de flétrissement, nous donnent les humidités des cailloux en équilibre avec un sol au point de flétrissement. Pour déterminer la limite supérieure de la réserve en eau utilisable, c'est-à-dire l'humidité des cailloux en équilibre avec le sol à la capacité au champ nous avons recommencé une manipulation analogue à la précédente, mais en ressuyant chaque sol à une pression correspondant à sa capacité au champ. Cette pression est déterminée empirique-

ment à partir de l'humidité équivalente de chaque sol (GRAS R., 1962). Les résultats (tableau I, colonnes 2, 5, 8) montrent que la capacité au champ est voisine de la capacité maxima sauf pour le grès n° 1. On constate finalement (tableau I, colonnes 4, 7, 10) que les éléments grossiers peuvent céder des quantités notables d'eau à la terre lorsque son humidité passe de la capacité au champ au point de flétrissement. Tous ces résultats ont été obtenus en utilisant de petits fragments de cailloux de l'ordre du cm de façon à pouvoir utiliser l'appareil à membrane.

La transposition des résultats suppose que des fragments de cailloux de taille plus importante que ceux utilisés au cours des expériences précédentes aient un comportement identique et que la succion des poils absorbants soit analogue dans son action à la pression exercée dans l'appareil à membrane. Quoique des expériences en vase de végétation n'aient pas été effectuées, il semble que l'on puisse répondre par l'affirmative.

En effet, les évaluations des caractéristiques hydriques des cailloux obtenues avec les techniques précédentes sont du même ordre de grandeur que celles que l'on trouve en faisant l'hypothèse que dans la vallée du Rhône les vigneurs identiques des pêcheurs (mesurées par la circonférence du tronc) correspondent à des capacités de réserve analogues. Cela revient à admettre que des volumes apparents égaux de terre fine et de cailloux de tailles variées sont équivalents au point de vue rétention de l'eau.

3° Ordres de grandeur de la contribution des éléments grossiers à la capacité de réserve en eau des sols.

Si l'on considère que les éléments grossiers sont un matériau inerte diluant la terre fine, ils interviennent uniquement en diminuant dans l'unité de volume de sol en place le poids de terre retenant de l'eau. Ceci se traduit, en pratique, par l'introduction dans le calcul de la capacité de réserve du sol de la densité apparente partielle de terre fine (BOURNIEN J., 1959) : poids de terre fine contenue dans l'unité de volume de terre en place.

Nous allons montrer sur quelques exemples les ordres de grandeur (1) de la contribution des cailloux à la capacité de réserve du sol. Nous utilisons pour le calcul la densité apparente partielle de cailloux : poids de cailloux par unité de volume de sol en place.

a) *Sol sablo-caillouteux de la vallée du Rhône.* — Dans ce sol exploité sur 50 cm par les racines, la terre fine a une eau utile de 10 %

Cailloux (% de terre totale)	Densité apparente partielle		Capacité de réserve (mm)			Capacité de réserve due aux cailloux en % du total
	terre fine	cailloux	due à terre fine	due aux cailloux	totale	
23	1,28	0,40	64	16	80	20
43	1,00	0,74	50	29	79	36
75	0,40	0,54	20	21	41	51

(1) Il ne s'agit que d'évaluations, compte tenu entre autres de l'hétérogénéité du sol au point de vue pourcentage de cailloux et constitution pétrographique de l'échantillon.

ELEMENTS GROSSIERS DU SOL

et les cailloux de 8 %. Nous donnons trois exemples relatifs à différentes teneurs en cailloux.

b) *Sols sur craie.* La valeur de l'eau utile est de 13,3 % pour la terre fine et de 25,6 pour la craie. La densité apparente de la craie est de 1,58. Nous prendrons comme exemple deux situations fréquentes, en supposant que le sol est exploité sur toute son épaisseur. Nous admettrons que le substratum crayeux peut fournir de l'eau au sol sus-jacent en se desséchant sur une épaisseur de 10 cm, longueur de film d'eau couramment admise.

Sol épais de 15 cm à 45 % de cailloux crayeux, reposant sur de la craie.

Densité apparente partielle :		
— terre fine	1,28	
— cailloux	0,40	
Capacité de réserve (mm) :		
— due à terre fine	18	} 60 mm
— due aux cailloux	22	
— due au substratum	38	
TOTAL		78

Capacité de réserve due à la craie en % du total : 77.

Sol épais de 35 cm comportant 10 % de cailloux crayeux et reposant sur de la craie.

Densité apparente partielle :		
— terre fine	1,35	
— cailloux	0,15	
Capacité de réserve (mm) :		
— due à la terre fine	63	} 51 mm
— due aux cailloux	13	
— due au substratum	38	
TOTAL		114

Capacité de réserve due à la craie en % du total : 44.

Les éléments grossiers retenant de l'eau contribuent donc d'une façon importante à la capacité de réserve de certains sols. Dans le même ordre d'idées signalons que pour les sols sur craie, une partie notable de l'eau utile de la terre fine provient des sables grossiers crayeux, alors qu'on considère généralement que les éléments de cette fraction granulométrique n'interviennent pratiquement pas dans la rétention de l'eau. Dans le cas des sols crayeux, la pénétration des racines dans le substratum de craie augmente encore la part de ce matériau dans l'alimentation en eau du végétal.

Notons que pour certains sols provenant de roches éruptives l'horizon de départ peut aussi représenter une certaine contribution à la réserve.

CONCLUSION

Le bon comportement, apparemment aberrant des plantes sur certains sols peu profonds et riches en éléments grossiers provient d'une alimentation en eau plus satisfaisante qu'on ne pourrait le prévoir. S'il est

vraisemblable d'admettre que la présence des cailloux agit en économisant l'eau (effet de couverture) en favorisant l'infiltration et en diminuant le ruissellement, une partie de l'explication des faits ci-dessus tient à l'intervention directe de certains cailloux dans la constitution des réserves en eau du sol pendant l'hiver.

Cette contribution à la réserve du sol dépend en premier chef de la nature pétrographique des cailloux, qui détermine la capacité maxima, mais aussi de la texture de la terre fine qui règle le degré d'utilisation par la plante de l'eau ainsi emmagasinée.

Le ressuyage sous pression pneumatique des cailloux placés dans la terre fine qui les enveloppe *in situ* permet d'obtenir des évaluations vraisemblables de la contribution des éléments grossiers à la capacité de réserve.

BIBLIOGRAPHIE

- BOURRIER (J.), 1959. — Problème posé par la présence des cailloux dans les sols irrigués. Direction générale du Génie Rural et de l'Hydraulique agricole. Imprimerie Nationale, Paris.
- COLE (T. S.), 1953. — Moisture contents of small stones in soil. *Soil Sc.* 75 - 203, 207.
- GRAS (R.), 1962. — Quelques observations sur les relations entre les propriétés physiques du sol et la croissance du pêcher dans la vallée du Rhône, entre Vienne et Valence. *Ann. Agron.* 13 - 141, 174.
- GRAS (R.) et MONNIER (G.), 1962. — Contribution des cailloux à la capacité de réserve en eau du sol. *C.R. Acad. Sc.* 254 - 3422, 3424.
- LAMB JR. (J.) et CHAPMAN (J.-E.), 1943. — Effect of surface stones on erosion, evaporation, temperature and soil moisture. *J. Am. Soc. Agron.* 35 - 567, 578.
- LARNES (J.-A.), 1930. — Forest types of the northern Rocky mountains and their climatic controls. *Ecology*, 11 - 631, 672.
- LUTZ (H.-J.) et CHANDLER Jr. (R.-F.), 1946. — Forest soils. John Wiley, New-York.

CONTRIBUTION OF CERTAIN LARGE ELEMENTS OF THE SOIL TO THE WATER SUPPLY OF PLANTS

R. GRAS and G. MONNIER

SUMMARY

The good growth of plants in certain shallow soils over stones, or in areas rich in large elements greater than 2 mm appears paradoxical if one admits that the stony elements are inert. In fact, these elements are able to hold important quantities of water. With the aid of the pressure plate and pressure membrane apparatus, it has been confirmed that this water was able to moisten the soil in the neighbourhood of the pebbles. The roots of plants are able to use this water by the intermediary of the fine earth. The contribution of large elements, or of a stony substrate, is able to represent an important percentage of the total reserve capacity of the soil.