

Etude des causes du dépérissement des agrumes à la Station de Gabougoura (Niger). Deuxième partie.

S. VALET, A. HAURY et C. EISMA*

ETUDE DES CAUSES DU DEPERISSEMENT
DES AGRUMES A LA STATION DE GABOUGOURA (NIGER)

Deuxième partie

S. VALET, A. HAURY et C. EISMA

Fruits, fev. 1981, vol. 36, n° 2, p. 97-108.

RESUME - L'étude préliminaire du dépérissement observé sur les agrumes de la Station de Gabougoura concluait à l'éventualité d'une hydrodynamique des sols défavorable à la culture des Citrus eu égard aux conditions d'irrigation et aux porte-greffe concernés. La présente étude montre que les arbres sont sensibles aux comportements hydrologiques des sols de la Station et que pour de très faibles différences texturales et structurales, les comportements hydrologiques diffèrent les uns des autres.

En conclusion, il apparaît nécessaire, si l'on désire poursuivre la culture des agrumes dans ces zones, de sous-soler avant plantation et d'utiliser les porte-greffe les mieux adaptés à ces sols (*C. volkameriana*). Par ailleurs, la conduite de l'irrigation classique par gravité doit être abandonnée au profit d'une irrigation, de faible débit, et de haute fréquence, dont le choix fera l'objet d'études ultérieures.

Dans le cas du dépérissement des agrumes, après avoir écarté toute cause essentielle phytopathologique, telle que la présence de *Phytophthora*, comme toute cause lithologique, telle que la présence d'un lit de cailloux ou de la rochemère, il paraissait préférable d'attribuer aux propriétés physiques du sol et au comportement hydrologique qui en découle, la cause principale de celui-ci.

En effet, les propriétés physiques, hydriques et hydrologiques des sols des terrasses du Niger, résultant des facteurs spécifiques de la pédogénèse, ont déjà provoqué des limita-

tions dans le développement racinaire et dans la production d'autres cultures, coton, mil, arachide et canne à sucre (J.M. KALMS, S. VALET). Ces sols présentent de forte compacité, de faible porosité et des tendances à l'engorgement et à l'asphyxie préjudiciables aux cultures même peu sensibles.

La détermination de ces principales propriétés physiques et hydrologiques va être entreprise pour vérifier cette hypothèse formulée plus haut et quantifier, si possible, les seuils de limitation et d'arrêt de la croissance des agrumes. Ce sont les résultats de cette recherche qui sont exposés ci-après.

* - S. VALET, Hydropédologue, IRAT-GERDAT.
A. HAURY, Agronome IRFA, B.P. 350 - Mont Dore (Nouvelle Calédonie)
C. EISMA, Pédologue INRAN

CONDITIONS DE REALISATION

L'étude a porté sur quatre sites : deux avec arbres sains, un avec un arbre malade en 1978 et mort en septembre 1979, le dernier avec un arbre mort en 1977.

Sites :

parcelle «semencier»

S 4 - arbre sain - cinétique faite en 1976

J 17 - arbre sain - cinétique faite en mars 1979

I 17 - arbre malade - cinétique faite en mars 1979

I 16 - arbre mort - cinétique faite en mars 1979

Les analyses suivantes ont été faites au laboratoire des sols de l'INRAN :

- analyse granulométrique
- mesure du pH
- mesure de la conductibilité électrique au 1/5^e
- extraction racinaire de l'horizon 40-60 cm.

Sur le terrain, des mesures et observations ont été réalisées entre mars et avril 1979 :

- mesure de la densité apparente
- description des profils pédologiques
- cinétique d'infiltration et de ressuyage
- mesure de la résistance à la pénétration.

Matériel :

- humidimètres à neutrons Lepaute en 1976 et Solo 20 en 1979
- gammadensimètre DR 18 des Ponts et Chaussées
- pénétromètre type «Bambey»
- densitomètre pour la granulométrie.

Culture :

- variété *Poncirus trifoliata* «Bencke»
- date de plantation : 1970.

RESULTATS - DISCUSSIONS

Le sol est du type brun à faciès faiblement hydromorphe (ustropept). L'observation du profil montre la présence d'un horizon brun-jaunâtre (10 YR 5/6 - 5/8), mal structuré, peu perméable et peu poreux qui apparaît à 60 cm de profondeur dans les sites à arbres morts et seulement à 80 cm dans les autres. La teinte est plus soutenue dans les sites défavorables les moins poreux, on n'y observe dans ce cas aucune racine (cf. annexe).

Propriétés physico-chimiques.

Il y a peu de différence de pH (6,6 à 7,1) et de conductivité de l'extrait salin au 1/5^{ème} entre les sites. Les valeurs indiquent que ces sols sont faiblement acides saturés et ne présentent pas de teneur inquiétante en sel sodique (tableau 6 en annexe).

Ces sols ont une texture sableuse en surface à sablo-argileuse en-dessous de 60 cm pour les sites défavorables et seulement 80 cm pour les bons sites (diagramme textural).

Si les textures apparaissent très proches, pour l'argile surtout, on peut noter une légère différence pour les limons et les sables fins dont la teneur augmente, avec la rapidité de mortalité des arbres, de quelques points, mais relativement fort en pourcentage et ce surtout dans l'horizon inférieur à 60-80 cm (tableau 7 en annexe).

En effet, cet enrichissement de quelques points en limons correspond à des augmentations relatives de 86 à 153 p. 100 (tableau 1).

TABLEAU 1 - Augmentation relative des limons et des sables fins des sols défavorables par rapport au sol correct (J A) exprimée en pourcentage

arbres morts en :	limons (2-50 μ)		sables fins	
	1977 (I 16) *	1979 (I 17) *	1977 (I 16) *	1979 (I 17) *
20-60 cm	- 30	+ 27	+ 7	+ 20
60-100 cm	+ 153	+ 86	+ 7	+ 0,3

* - référence de l'arbre.

La densité apparente augmente avec la profondeur et des sols corrects aux sols défavorables, de 1,49 à 1,57 pour les 60 premiers centimètres de sol, en moyenne (tableau 8 en annexe). Ces densités correspondent à des porosités totales de 40,5 à 37,4.

	<u>D.a</u>	<u>porosité</u>	
arbres sains	1,49	40,5	(moyenne de 2 sites)
arbres morts	1,57	37,4	(moyenne de 2 sites)

densité réelle : 2,50.

Le seuil de 40 est généralement considéré comme limite à tout développement racinaire normal, bien que beaucoup de sols d'Afrique se situent à un niveau inférieur avec tout de même des rendements importants. Un prélèvement racinaire entre 40 et 60 cm sur 26 parcelles montre bien les différences de colonisation racinaire à ce niveau (tableau 9 en annexe).

- arbre sain J 17 = 0,81 g/kg terre sèche (105°C)
- arbre mort en 1979 I 17 = 0,75 g/kg terre sèche (105°C)
- arbre mort en 1977 I 16 = 0,28 g/kg terre sèche (105°C)

Dans le dernier cas, un certain nombre de racines ont pu toutefois disparaître même si l'irrigation ne s'est pas poursuivie.

La résistance à la pénétration est forte en sol sec, et assez voisine pour les parcelles J 17 et I 17 mais bien plus élevée pour le site I 16 (arbre mort en 1977 (figure 1, tableau 2).

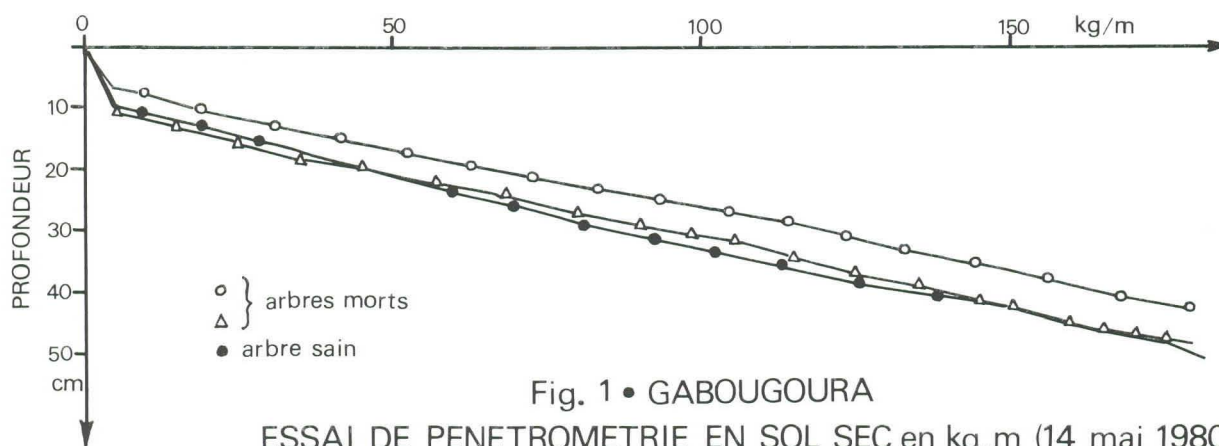


Fig. 1 • GABOUGOURA
ESSAI DE PENETROMETRIE EN SOL SEC en kg.m (14 mai 1980)

TABLEAU 2 - Résistance à la pénétration (wen kg.m)
(15 avril 1980)

arbres	sains	malades	morts
profondeur en cm			
10	5,0	5,4	20
20	45,0	45,0	65,4
30	95,0	75,0	120,0
40	140,0	140,0	165,0
50	165,0	160,0	200,0

Propriétés hydriques et hydrodynamiques.

Les propriétés hydrologiques des sols découlent de leurs propriétés physiques principalement. Le résultat des essais d'infiltration et de ressuyage fait apparaître des différences

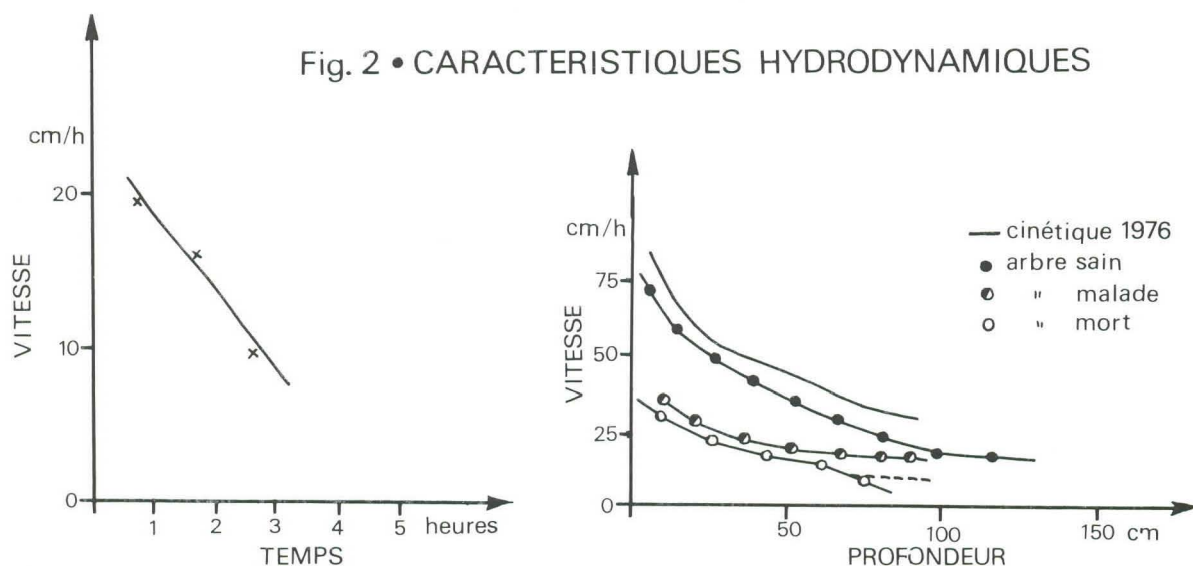
bien plus nettes dans le comportement hydrologique de ces sols que pour les caractéristiques pédologiques.

La vitesse d'infiltration apparente dans les bons sols (S4) est bonne (vitesse moyenne sur 3 heures 15.5 cm/h et vitesse constante 1.5 cm/h).

La vitesse d'avancement du front d'humectation, caractérisé par l'accroissement net de la teneur en eau par rapport à la terre sèche sous-jacente sans remplissage de la porosité (MARCESSE), présente des différences importantes entre les sites :

A moins 60 cm, la vitesse en cm/h varie de 17 à 40 cm/h (figure 2 B).

Dans le tableau 3, il apparaît que la vitesse reste élevée jusqu'à un mètre de profondeur dans le site S4 et qu'elle diminue rapidement en J 17 pour prendre des valeurs à un



A • VITESSE D'INFILTRATION APPARENTE. B • VITESSE D'AVANCEMENT DU FRONT D'HUMECTATION.

PONCIRUS TRIFOLIATA 'BENEKE'



Photo 1 - J 7, arbre sain.

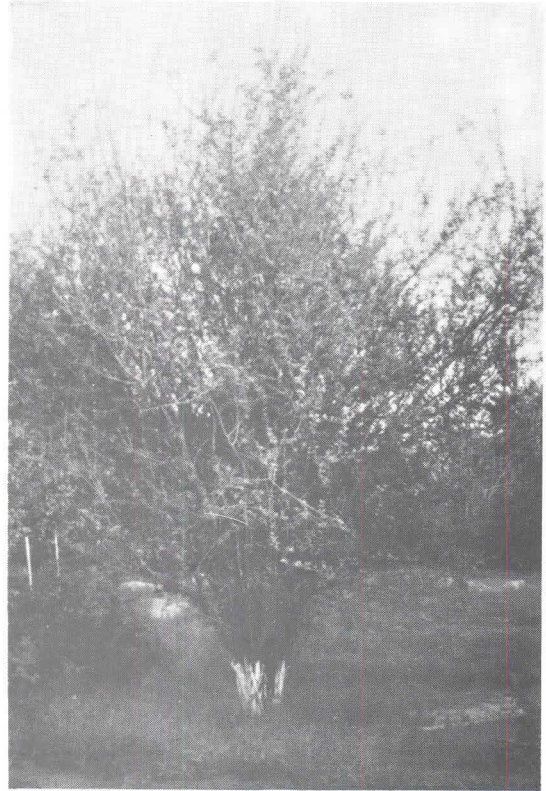


Photo 2 - I 17, arbre malade.

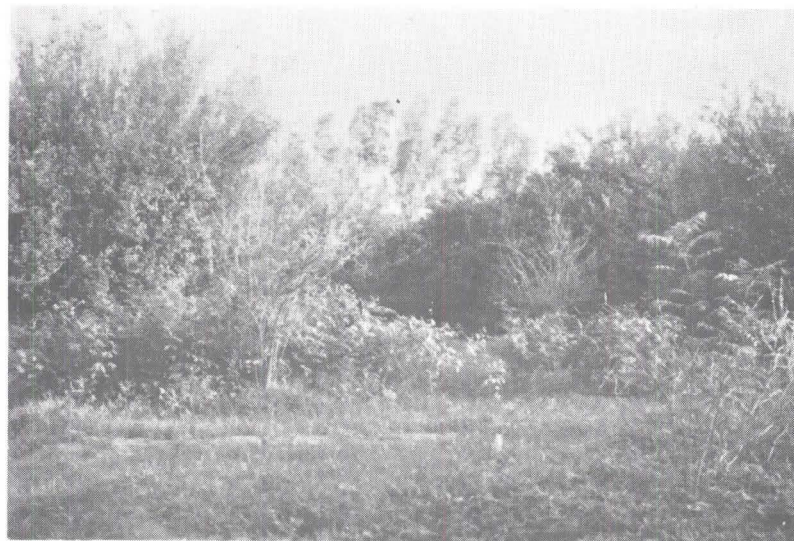
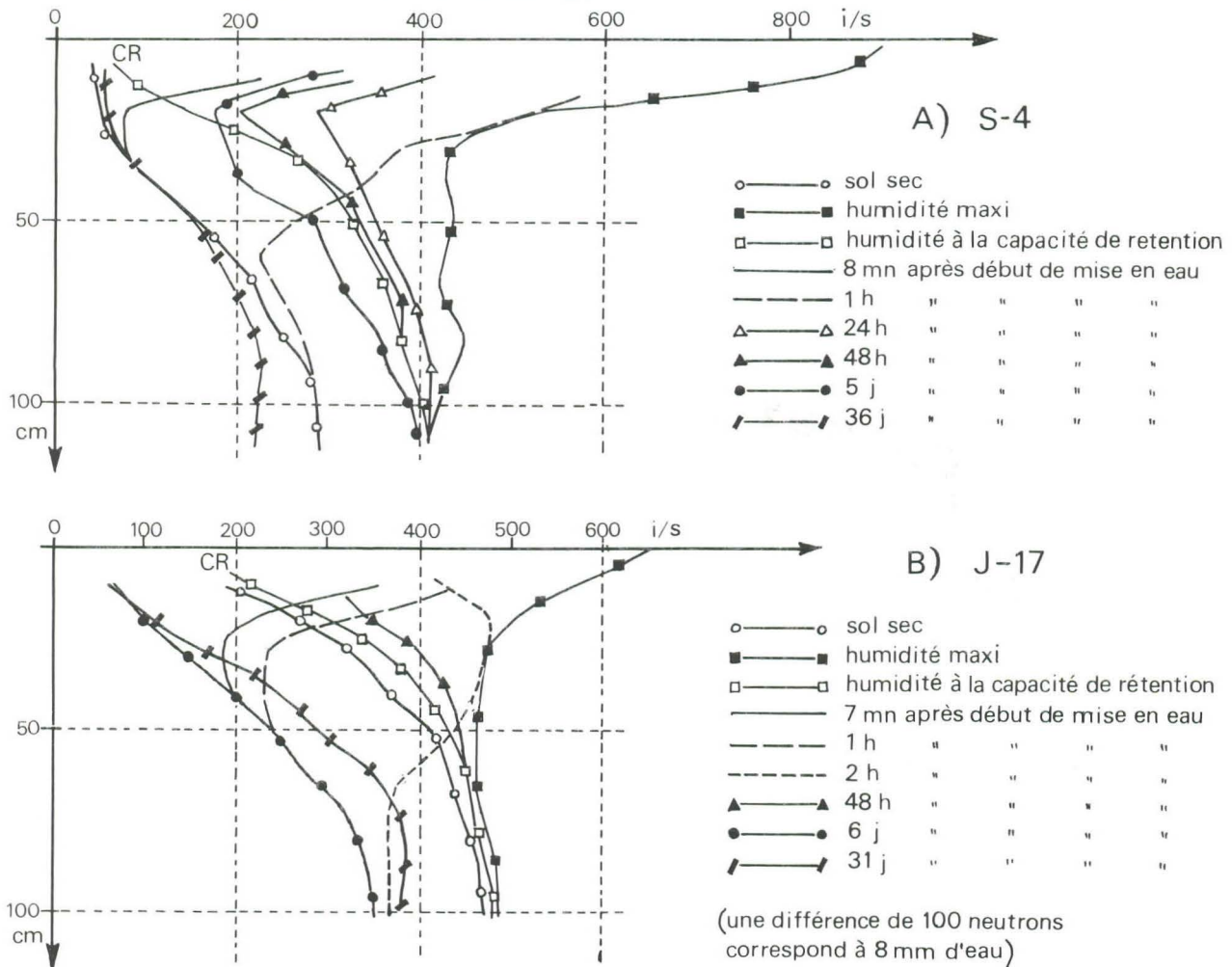


Photo 3 - I 16, arbre mort.

Fig.3 A et B • Etude de l'évolution des profils d'humidité-remplissage-vidange de sols sous arbres sains.



mètre et en vitesse constante voisines de I 17, alors qu'en I 16 les valeurs restent faibles sur toute la profondeur.

Il faut noter, avec la profondeur, la diminution de la vitesse excessivement rapide entre 10 et 100 cm en I 16 qui atteint 92 p. 100, ensuite en J 17 (72 p. 100) enfin de 62-63 p. 100 en S 4 et I 17.

Les vitesses d'avancement du front d'humectation assez voisines en J 17 et I 17 peuvent s'expliquer par des différences de porosité à saturation apparente supérieure en J 17, il faut donc plus d'eau pour saturer les profils supérieurs avant qu'elle ne descende plus bas (figure 3 A et 4 A).

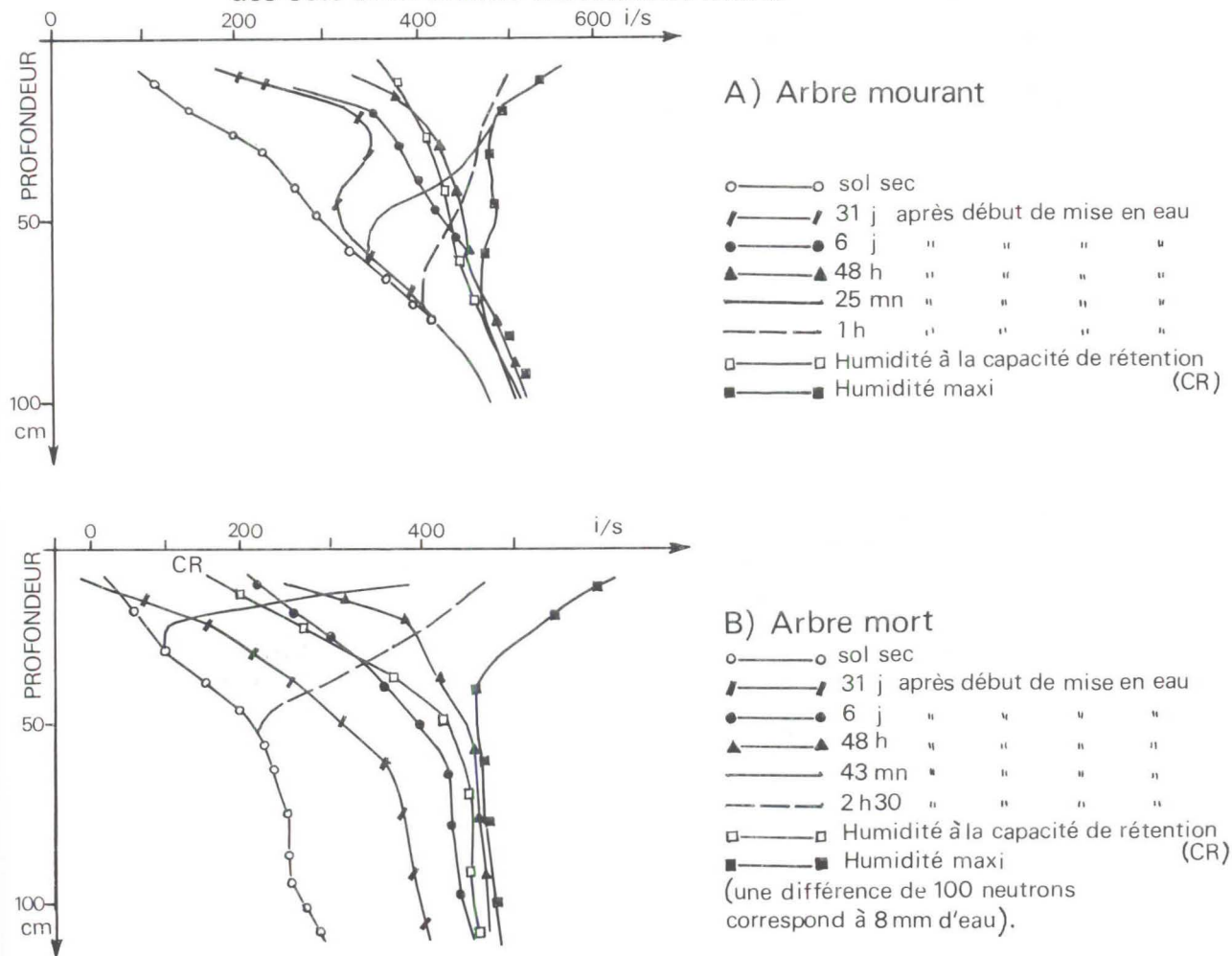
Les principales caractéristiques hydriques sont consignées dans le tableau 4.

La réserve utile (R.U.) qui correspond de façon très approchée à la microporosité est constituée par le volume d'humidité compris entre le profil le plus sec et le profil à la capacité de rétention (C.R.).

TABLEAU 3 - Vitesse d'avancement du front d'humectation en cm/heure

profondeur en cm	arbre sain		arbre mort	
	S 4	J 17	I 17	I 16
10	80	65	36	33
20	60	55	30	25
60	40	32	19	17
80	33	25	18	12
100	30	18	17	10
vitesse constante	28	17	17	9
diminution entre 10 et 100 cm en p. 100	62,5	72,3	63,3	92,0

Fig.4 A et B • Etude de l'évolution des profils d'humidité-remplissage-vidange des sols sous arbres mourant et mort.



Le profil maximum représente l'humidité à saturation apparente dans les conditions de réalisation du remplissage sous submersion donc, en emprisonnant une certaine quantité d'air dans les pores.

La macroporosité est l'humidité comprise entre celle à la capacité de rétention et celle à saturation apparente.

Ces deux porosités diminuent de la surface au fond et bien plus rapidement pour la macroporosité qui est un reflet de l'aération du sol.

L'indice de compacité (rapport de la macroporosité sur la microporosité) diminue et avec la profondeur et avec la vitesse d'avancement du front d'humectation, soulignant ainsi la tendance à l'asphyxie de ces horizons et sols (tableau 4). Les horizons profonds de J 17 et I 17 ont des tendances à l'asphyxie semblables.

Cette tendance se retrouve dans la rapidité de ressuyage de ces quatre sols. Ainsi 31 jours après l'engorgement des profils, on a mesuré un ressuyage décroissant avec la pro-

fondeur des bons aux mauvais sols (tableau 5).

En-dessous de 60 cm à l'exception de S 4 le ressuyage est assez voisin pour les trois autres sols.

On peut se demander si l'arbre en J 17 ne risque pas :

- soit de dépérir dans quelques années,
- soit d'avoir une production assez réduite.

Pour ces sols des terrasses du Niger, certains critères ont été mis à jour pour expliquer le comportement des agrumes. C'est ainsi que l'on peut en déconseiller la plantation sur des sols qui possèdent :

- un horizon brun-olive à une profondeur inférieure à 80 cm et d'une épaisseur supérieure à 80 cm ;
- des porosités totales inférieures à 40 (Da > 1.50) ;
- des vitesses d'avancement du front d'humectation à moins 60-80 cm inférieures à 20 cm/heure.

Ces sols pourraient vraisemblablement être rendus aptes après un sous-solage qui en améliorerait les propriétés physiques et le comportement hydrologique (S. VALET) et en

TABLEAU 4 - Humidité volumique.

Sites	Hu	humidité		R.U. en p. 100 de saturation	macroporosité en p. 100	microporosité en p. 100	indice de compacité
		R.U. micro	à satur. macro				
S 4	0.50	90	124	42.2	50	28	- 1.36 2.C
	50.100	65	22	75.0	87	56	- 0.33 3.a
	total	155	145				
J 17 sain	0.50	76	83	48.0	65	47	- 1.09 2.C
	50.100	51	9	85.0	95	72	- 0.17 3.a
	total	127	92				
I 17 malade	0.50	82	54	60.3	76	51	- 0.66 3.a
	50.100	25	7	78.0	96	87	- 0.28 3.a
	total	107	61				
I 16 mort	0.50	76	102	43.0	57	43	- 1.34 3.C
	50.100	76	11	87.0	94	55	- 0.14 3.a
	total	152	113				

Porosité :

importance

2. porosité totale élevée de 40 à 60 p. 100
3. porosité totale basse < 40 p. 100

nature

- a. compact, non poreux : < 0,4
- b. peu compact, peu poreux : 0,4 à 1,0
- c. poreux : > 1.0/1.5

(DESAUNETTES)

Sols	horizons	après mise en eau					
		48 heures		6 jours		31 jours	
		mm	mm/j	mm	mm/j	mm	mm/j
S 4	0.50	133	66,6	154	31,0	214	5,9
	60.100	19	9,5	34	6,8	88	2,4
J 17	0.50	69,4	34,7	101	16,8	155	5,0
	60.100	3,9	1,95	9	1,5	43	1,4
I 17	0.50	61	30,5	84	13,9	99	3,2
	60.100	4,6	2,3	6,5	1,1	31	1,0
I 16	0.50	85	42,5	118	19,6	79	2,6
	60.100	3,5	1,75	19	3,2	39	1,3

utilisant l'irrigation par aspersion ou par microjet. Mais seuls des essais agronomiques pourront confirmer ces hypothèses. D'ores et déjà, le choix d'un porte-greffe vigoureux comme le *Citrus volkameriana*, permet de limiter la conjugaison néfaste des caractéristiques hydrologiques du sol et de l'irrigation en cuvette.

CONCLUSION

Cette étude a permis de lever certaines incertitudes sur les causes du dépérissement des agrumes sur les sols des terrasses du Niger.

La sensibilité de ces arbres à des variations du comportement hydrologique est nettement apparue. Il est intéressant,

également, de constater que de très faibles différences texturales, structurales et de position et épaisseur d'un horizon bien particulier puissent n'entraîner aucun changement taxonomique pédologique, mais induisent un comportement hydrologique bien spécifique et suffisamment différent pour que la conséquence agronomique soit la possibilité ou non de réussir une plantation d'agrumes.

Il est nécessaire d'entreprendre une étude plus systématique portant sur un grand nombre d'échantillons pour définir les relations entre certaines variables hydropédologiques, définies dans cette étude, et le comportement des agrumes ; ceci afin de connaître les seuils à partir desquels toute plantation est vouée à l'échec.

On aura ainsi la possibilité, pour les sols des terrasses, de caractériser leur aptitude à la culture des agrumes.

ANNEXE

- Observation des profils pédologiques (C. EISMA).
- tableau 6 - pH et conductivité de l'extrait salin 1/5^e (C.EISMA).
- tableau 7 - analyse granulométrique (M. GANDAH).
- tableau 8 - densité apparente sèche et porosité (S. VALET).
- tableau 9 - racines en g/kg de terre séchée à 105°C.
- tableaux 10 et 11 - humidités en impulsions/secondes et R.U. en mm.
- triangle textural INRA.
- pénétrométrie en sol sec.
- évolution des profils d'humidité sous arbre sain.
- évolution des profils d'humidité sous arbre mourant et mort.

TABLEAU 6 - Gabougoura - pH et conductibilité électrique.

horizons (en cm)	pH eau	C.E. *	p. 100 teneur en sels app.
mort :			
0.20	7.1	39	0.013
20.60	6.1	31	0.010
60.100	7.0	34	0.011
malade :			
0.18	7.1	74	0.025
18.60	6.9	41	0.014
60.100	6.8	35	0.012
sain :			
0.20	6.6	63	0.021
20.80	6.6	33	0.011
80.100	6.9	36	0.012

* - conductibilité électrique dilution au 1/5^e à 25°C exprimé en micromhos.

TABLEAU 7 - Analyse granulométrique.

n° échantillon	argile	limon	sable	
			fin	grossier
arbre sain J 17				
0.20	9,2	6,6	36,2	51,6
20.80	15,2	6,6	30,2	49,2
80 fond	25,2	3,0	30,6	41,0
arbre malade I 17				
0.18	11,6	10,6	41,6	35,8
18.60	18,2	7,8	36,4	37,2
60.120	27,0	5,6	30,7	36,4
arbre mort I 16				
0.20	7,6	5,0	38,3	51,4
20.60	11,6	4,6	32,4	51,0
60.100	22,4	7,6	32,8	38,3

TABLEAU 8 - Gabougoura - densité apparente sèche et porosité.

horizons en cm	cinétique 1976	arbre sain J 17	arbre mourant I 17	arbre mort I 16
0.20	1.40	1.54	1.54	1.57
20.40	1.45	1.45	1.59	1.58
40.60	1.51	1.58	1.57	1.52
60.80	1.51	1.57	1.59	1.52
80.100	1.55	1.48	1.62	1.42
100.120	1.55	1.51	1.59	1.61
0.60	1.45	1.52	1.57	1.56
moyenne	1.49		1.57	
porosité	42	39.2	37.2	37.6

densité réelle = 2.50

TABLEAU 9 - Gabougoura - racines sèches (80°C) en g/kg de terre sèche (105°C) de l'horizon 40-60 cm.

échantillons	sites		
	arbre sain J 17	arbre mourant I 17	arbre mort I 16
1	2.05	0.08	0.11
2	0.58	1.31	0.0
3	0.81	0.77	0.17
4	0.46	0.47	0.17
5	0.77	0.24	0.21
6	0.63	1.06	0.16
7	0.39	0.47	0.70
8		1.40	0.59
9		0.99	0.66
10			0.0
moyenne	0.81	0.75	0.28

TABLEAU 10 - Gabougoura - cinétique 1976 - humidité en i/s et RU en mm

horizons en cm	humidité en impulsions/seconde			R.U.		macroporosité	
	mimimum	maximum	à la C.R.	2/5	mm	i/s	mm
10	36	420	37				
20	48	840	75				
30	52	540	142				
40	120	432	248				
50	159	435	300				
		438	324	1126	90	1546	123
60	182	425	344				
70	200	420	364				
80	220	452	370				
90	222	436	388				
100	225	414	402	818	65	279	22
110	120	412	410				

nota : 8 mm pour cent impulsions/seconde.

TABLEAU 11 - Gabougoura - cinétique 1979 - humidité en i/s et R.U. en mm.

Sites	horizons en cm	humidité en impulsions/seconde			R.U.		macroporosité	
		minimum	maximum	à la C.R.	i/s	mm	i/s	mm
Arbre sain		57	341	83				
	10	72	580	198				
	20	114	494	320				
	30	157	480	360				
	40	195	472	400				
	50	242	459	428	952	76	1037	83
	60	273	443	445				
	70	316	464	450				
	80	339	488	455				
	90	344	490	460				
100	350	498	458	641	51	115	9	
Arbre mourant		64	323	87				
	10	107	539	365				
	20	157	484	395				
	30	273	476	412				
	40	253	478	422				
	50	285	487	436	1028	82	670	54
	60	339	453	440				
	70	388	483	454				
	80	427	497	478				
	90	455	512	498				
100	464	524	512	309	25		7	
Arbre mort		54	470	144				
	10	60	520	160				
	20	97	533	242				
	30	136	497	318				
	40	176	473	392				
	50	204	467	423	952	76	1281	102
	60	225	466	442				
	70	246	473	448				
	80	245	482	452				
	90	247	489	448				
	100	271	470	441	1005	80	141	11
110	290	480	455					

OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES A LA STATION DE RECHERCHES FRUITIERES DE GABOUGOURA (C. EISMA).

Parcelles étudiées : I 16 - arbre mort en 1977.
I 17 - arbre malade en 1978, mort en 1979.
J 17 - arbre sain.

I 16 : arbre mort.

0-20 cm brun jaunâtre foncé (10 YR 4/4, humide), sable*. La structure est prismatique subangulaire. La porosité est bonne.
20-60 cm brun jaunâtre foncé (10 YR 4/4, humide), sablo-argileux*. La structure est prismatique subangulaire. La porosité est moyennement bonne. Racines rares.
60-100 cm brun jaunâtre foncé (10 YR 3/6, humide), argilo-sableux*. La structure est prismatique cubique. La porosité est moyenne. Pas de racines.

I 17 : arbre malade/mort

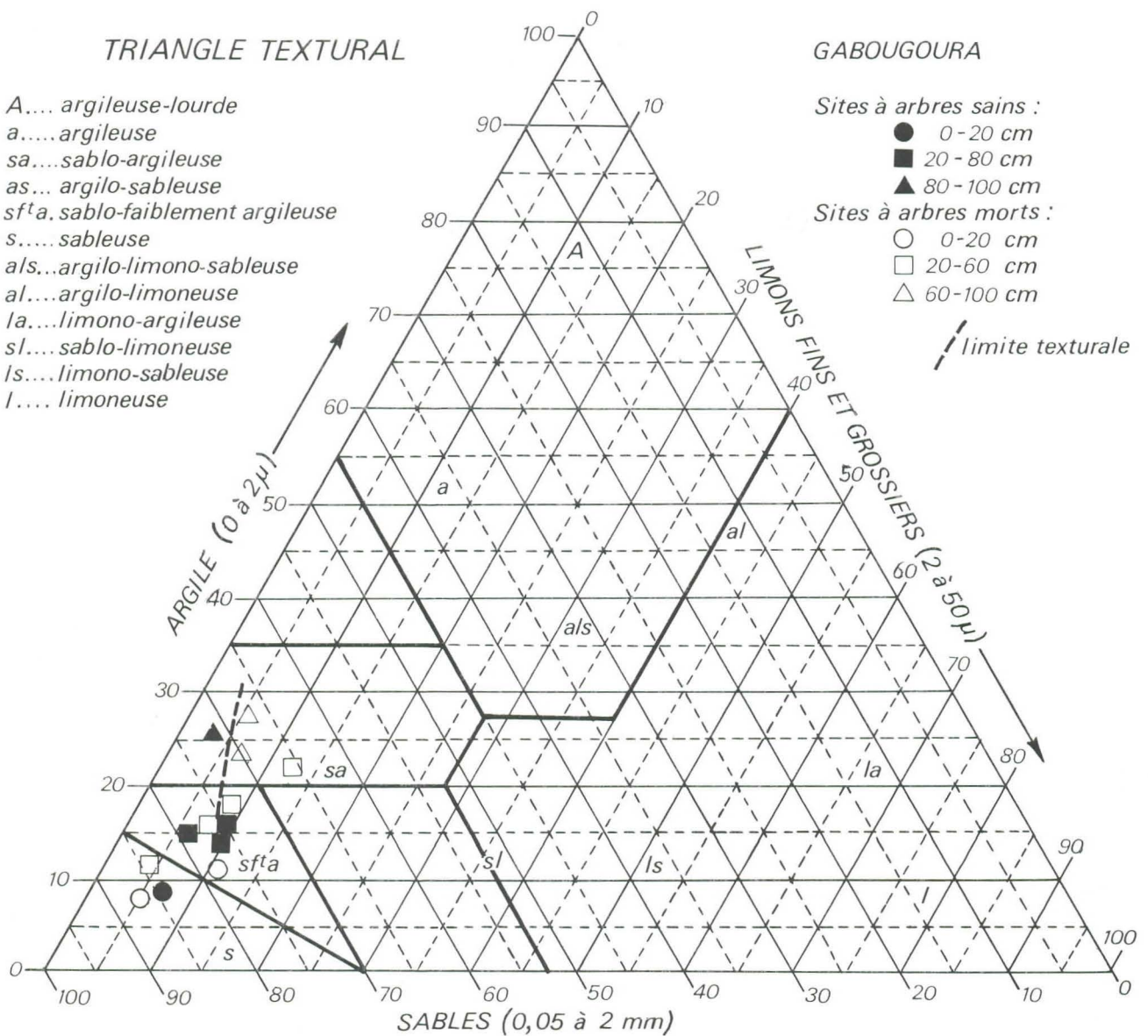
0-18 cm brun jaunâtre foncé (10 YR 4/4, humide), sable*. La structure est polyédrique. La porosité est bonne. Bon enracinement.

- 18-55 cm brun foncé (10 YR 3/3, humide), sablo-limono-argileux*. La structure est prismatique à sous-structure cubique. La porosité est moyenne.
- 55-120 cm brun jaunâtre (10 YR 5/8, humide), sablo-limono-argileux*. Nombreuses taches jaunâtres diffuses.

J 17 : arbre sain.

- 0-20 cm brun jaunâtre foncé (10 YR 3/6, humide), sablo-limono-argileux*. Très nombreuses racines avec une accumulation à la limite de l'horizon II. La structure est polyédrique, la porosité est bonne.
- 20-80 cm brun jaunâtre (10 YR 5/4, humide), sablo-limono-argileux*. La structure est prismatique à sous-structure polyédrique, la porosité est bonne.
- 80 cm ... brun jaunâtre (10 YR 5/6, humide), sablo limono-argileux*. La porosité est toujours bonne. Peu de taches jaunâtres vagues.

(*) Les classes de texture sont déterminées à la main et ne sont donc pas précises. Ces déterminations servent plutôt à différencier la texture des différents horizons étudiés.



BIBLIOGRAPHIE

HAURY (A.).

Etude préliminaire d'un cas de dépérissement des agrumes à Gabougoura au Niger.
Fruits, jan. 1981, vol. 36, n° 1, p. 27-35.

KALMS (J.M.) et VALET (S.).

Détermination des besoins en eau de différentes cultures vivrières et industrielles dans les conditions pédoclimatiques des terrasses du Niger à Tillabéry.
INRAN, juillet 1975.

MARCESSE.

Détermination de la capacité de rétention d'un sol au moyen de la sonde à neutrons.
IAEA Symp., Istamboul 1967.

VALET (S.).

Résultats de l'effet de sous-solages sur plusieurs types de sols des terrasses du fleuve Niger à Tillabéry et à Tillakeina et ses conséquences sur l'enracinement et le rendement de la canne à sucre.
INRAN, décembre 1976.

VALET (S.).

Utilisation de techniques nucléaires pour le contrôle «in situ» de l'amélioration physique et hydraulique apportée par le sous-solage aux sols des terrasses du Niger.
INRAN, 21 novembre 1978.

VIGNERON (J.) et DESAUNETTES (J.R.).

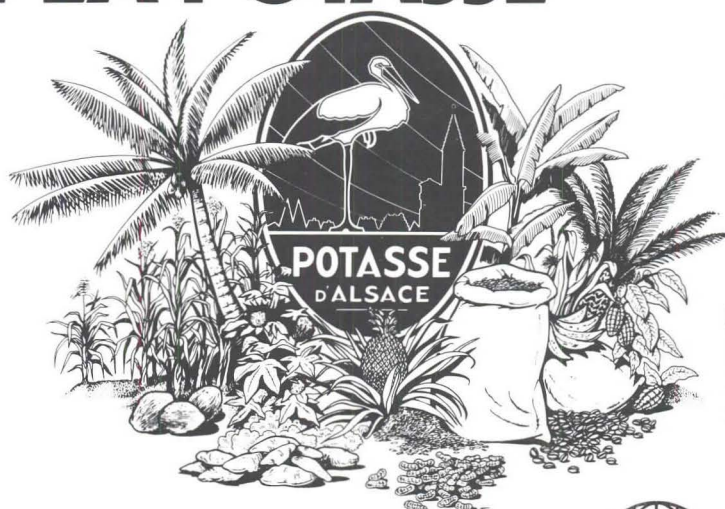
Etablissement d'un indice de compacité.
Bull. AFES, n° 4, avril 1958.



LES CULTURES TROPICALES AIMENT LA POTASSE

QUALITE
RENDEMENT
PROFIT

engrais
potassiques



GROUPE EMC

SOCIÉTÉ COMMERCIALE DES POTASSES ET DE L'AZOTE

62-68, rue Jeanne d'Arc - 75646 PARIS CEDEX 13

Tél. : 584.12.80 Téléx : P.E.M.C. 20191 F



PUBLICIS P 2010

CSB K 824