

Etude comparative de différentes méthodes d'analyse physique de terres calcaires

Par H. ROSEAU,
Professeur
avec la collaboration
de J. BATS,
Ingénieur I.A.A.,
Préparateur auxiliaire
(Laboratoire d'Agro-géologie
de l'Institut Agricole d'Algérie)

PLAN DE L'ETUDE

- I. — *Introduction.*
- II. — *Etude des trois méthodes :*
 - a) Demolon-Bastisse (D.B.)
 - b) Aubert-Lejeaille (A.L.)
 - c) Américaine (U.S.A.)sur trois terres calcaires de la plaine du Chélif (Terres n^{os} 1, 2 et 3).
Constatation d'un désaccord entre les trois méthodes.
- III. — *Contrôle de ces méthodes sur un sol calcarifié artificiellement :*
Etude d'une nouvelle méthode mise au point au laboratoire (méthode Roseau-Bats) (R.B.) et de 2 variantes de la méthode américaine.
Applications à 3 terres artificielles : N^{os} 4 A, 5 A et 6 A.
- IV. — *Etude comparative sur deux terres calcaires naturelles (N^{os} 7 et 8) ;
des deux méthodes D.B. et R.B. modifiées.*
- V. — *Application des deux méthodes DB. et R.B. sur deux terres calcaires
synthétiques (N^{os} 9 A et 10 A) et sur du calcaire pur.*
Discrimination des différents taux de calcaire sédimentant avec les
sables grossiers, les sables fins, le limon et l'argile.
- VI. — *Conclusions.*

I. — INTRODUCTION

La méthode internationale d'analyse physique des sols comporte au préalable une dispersion des colloïdes argileux ($< 0,002 \text{ m/m}$) et pour ce faire les trois opérations suivantes :

1°) destruction des matières humiques par l'eau oxygénée ;

2°) destruction du calcaire par HCl — et lavages à l'eau distillée pour éliminer définitivement l'ion Ca ;

3°) peptisation par agitation mécanique dans une solution de soude à 1 gr. pour 1.000 cm³.

Demolon et Bastisse ont établi que cette méthode appliquée aux terres calcaires libérait lors de la destruction du calcaire d'autres éléments et d'autre part altérait la matière argileuse. On enregistre également par cette méthode des pertes de Si O₂ et de Fe² O₃. D'où des résultats aberrants.

II. — ÉTUDE COMPARATIVE DE TROIS METHODES D'ANALYSES DE TERRES CALCAIRES

Plusieurs méthodes d'analyse physique des terres calcaires ont été mises au point. Il nous a paru intéressant de comparer les résultats obtenus par trois d'entre elles sur des sols identiques.

A) Méthode Demolon-Bastisse

Ces deux auteurs ont proposé la technique suivante :

1° Destruction de la matière organique comme il est indiqué dans la méthode internationale.

2° Trois lavages sur filtre avec KCl — .

3° Peptisation pour agitation mécanique (une heure) en présence de 400 cm³ d'eau additionnée de 10 cm³ d'une solution normale de citrate de soude (119 gr. de citrate de soude cristallisé par litre).

4° Extraction des colloïdes par sédimentation comme dans la méthode internationale.

Mais cette méthode, d'après Demolon et Bastisse, ne convient pas aux terres latéritiques.

Aubert et Lejeaille ont montré qu'elle ne convenait pas davantage aux terres tuffeuses de la région de Relizane et ils ont mis au point la méthode suivante :

B) Méthode Aubert-Lejeaille

On part de 20 gr. de terre séchée à l'air, on détruit la matière organique par 60 cm³ d'eau oxygénée à 20 volumes. On procède ensuite à plu-

N
sieurs lavages par décantation avec KCl —, puis à un lavage sur filtre à
10
l'eau distillée. On fait passer dans une allonge à sédimentation avec 300 ou
400 cm³ d'eau distillée. On ajoute 50 cm³ d'ammoniaque au 1/3. On agite
à la main par retournement pendant 1/4 d'heure. On achève à 1 litre et on
extrait les diverses fractions par sédimentation.

C) Méthode américaine

Le bureau des sols des Etats-Unis a décrit la méthode suivante qu'il
utilise pour les terres calcaires :

On part de 20 gr. de terre séchée à l'air.

On détruit la matière organique par 60 cm³ d'eau oxygénée à 20 volu-
mes. On élimine le calcium échangeable par des lavages par KCl — puis
N
10
par lavages sur filtre à l'eau distillée. On amène à un p.H. voisin de la
neutralité.

On ajoute 300 cm³ d'eau distillée au total, puis 30 cm³ d'oxalate de
N
sodium —.
10

Agitation à l'appareil à retournement, pendant une heure.

Ces trois méthodes diffèrent surtout par le mode de peptisation de
l'argile — par le citrate de soude dans la première, par l'ammoniaque dans
la seconde, par l'oxalate de sodium dans la troisième.

D'autre part, si toutes trois éliminent le calcium échangeable par des
N
lavages au KCl —, dans la méthode Aubert-Lejeaille et la méthode améri-
10
caine, on entraîne les chlorures introduits, par des lavages à l'eau distillée.

**

Ayant à effectuer l'analyse physique d'un certain nombre de terres
calcaires de l'Est de la Mitidja, nous avons donc à adopter l'une de ces
trois méthodes, celle qui pouvait nous conduire aux meilleurs résultats.
Dès leur application à des types de terres calcaires de natures physiques dif-
férentes, nous nous sommes trouvés en présence de résultats nettements
divergents.

Nos premiers essais comparatifs ont été poursuivis sur trois terres
calcaires de la plaine du Chélif que nous désignerons n° 1, n° 2, n° 3.

Les deux échantillons n° 1 et n° 2 appartiennent à deux horizons pro-
fonds des alluvions récentes, le n° 3 correspond à l'horizon superficiel des
alluvions anciennes.

Les résultats obtenus par la méthode pipette Robinson sont consignés
dans le tableau suivant (Tableau I).

(D.B. désignant la méthode Demolon-Bastisse ; A.L., la méthode Aubert-
Lejeaille ; U.S.A., la méthode américaine.)

TABLEAU I

Pour 100 gr. de terre séchée à 105°	N° 1			N° 2			N° 3		
	Méthodes			Méthodes			Méthodes		
	D.B.	A.L.	U.S.A.	D.B.	A.L.	U.S.A.	D.B.	A.L.	U.S.A.
Argile	20,7	7,5	7,8	22,5	5,7	6,3	34,5	11,4	11,4
Limon	12,3	12,3	12,3	8,1	10,8	12,9	23,8	26,8	26,6
Sables fins calcaires	19,3	19,3	19,1	18,6	11,1	20,0	7,5	8,6	8,9
— siliceux	50,5	52,3	51,4	46,0	46,5	45,1	30,1	40,1	41,4
Sables grossiers		3,0	3,4		11,1	11,2		3,3	3,2
calc.	3,4			0,7			1,5		
silic.	6,1			16,1			0,8		
Calcaire total	23,7	20,7	20,7	27,6	27,0	27,0	21,8	24,6	24,6
Total	114,2	99,9	98,8	120,0	101,1	101,1	117,1	168,2	167,2

Ces chiffres nous conduisent aux remarques suivantes :

Pour le total des éléments physiques, comprenant l'argile, le limon, les sables fins et grossiers siliceux et le calcaire total, on enregistre dans l'ensemble des chiffres supérieurs à 100. Il y a donc eu surcharge au cours de la peptisation et cela surtout est net dans la méthode Demolon-Bastisse (D.B.).

Entre les trois méthodes il y a surtout désaccord quant aux taux d'argile ; si les deux méthodes A.L. et U.S.A. donnent des chiffres à peu près semblables, la méthode D.B. donne des taux plus élevés. D'où deux hypothèses

Première hypothèse : Les deux méthodes A.L. et U.S.A. ont altéré une partie de l'argile au cours de la peptisation.

Beale a établi que la dispersion de certains sols latéritiques obtenue au moyen d'oxalate de sodium flocculait, d'où des erreurs en moins très importantes sur les fractions argileuses.

Deuxième hypothèse : La méthode D.B. a conduit à une surcharge de l'argile et les totaux des éléments, exagérés dans le cas de cette méthode, s'expliqueraient par cette surcharge d'argile.

Quant aux autres éléments, si les chiffres sont à peu près identiques pour le limon et les sables fins, il y a encore désaccord pour les sables grossiers entre la méthode D.B. d'une part et les deux autres d'autre part.

Enfin le limon recueilli dans ces trois méthodes fait effervescence avec l'acide chlorhydrique étendu dénonçant la présence de calcaire. Il y aurait donc lieu de préciser quant aux limon calcaire et limon non calcaire.

III. — CONTROLE DE CES METHODES

Pour pouvoir juger d'une manière plus précise la valeur de ces différentes méthodes nous les avons appliquées à l'analyse d'un sol artificiel.

Ce sol était obtenu en partant d'un sol non calcaire de texture connue, auquel on ajoutait un poids connu de calcaire pur.

Méthode Roseau-Bats

Nous avons mis au point en même temps au laboratoire une autre méthode d'analyse de terres calcaires (méthode Roseau-Bats).

Cette méthode consiste, après avoir détruit la matière organique par traitement à l'eau oxygénée à 20 volumes, à débarrasser la terre du Ca^N flocculant par lavages répétés (4 fois 20 cm³) avec KCl — et ensuite à 10 éliminer les chlorures par lavages à l'eau chaude. On ne fait aucune correction de p.H., la peptisation étant assurée par une liqueur de soude normale. (10 cm³ pour 400 cm³.)

Agitation 2 heures à l'appareil à retournement.

Nous avons essayé, d'autre part, au lieu de l'oxalate de sodium préconisé dans la méthode américaine l'oxalate d'ammonium (méthode U.S.A. n° 1) et l'oxalate de potassium (méthode U.S.A. n° 2).

Nous avons ensuite comparé les résultats obtenus par ces cinq méthodes :

1° Méthode Demolon-Bastisse (D.B.),

2° Méthode Roseau-Bats (R.B.),

3° Méthode Aubert-Lejeaille (A.L.),

4° Méthode américaine (peptisation par 30 cm³ d'oxalate d'ammonium

N
— (U.S.A. n° 1).

10

5° Méthode américaine (peptisation par 30 cm³ d'oxalate de potassium —
N
(U.S.A. N° 2). 10

Pour pouvoir apprécier ces méthodes d'une façon exacte il fallait connaître le test de la terre mise en œuvre, nous partîmes donc de terres non calcaires de texture connue établie par la méthode internationale.

Les échantillons mis en œuvre avaient été prélevés dans la région de l'Est-Algérois. Ils proviennent : l'échantillon n° 4, des sables rouges formant le sous-sol des sables gris de Réghaïa, l'échantillon n° 5 d'un sous-sol d'une terre légère d'Aïn-Taya, l'échantillon n° 6, des sables noirs de Surcouf.

Nous constituâmes ainsi des terres synthétiques par mélange en proportions connues de calcaire pur et de terre originelle et le calcul nous fournit la texture de ces nouvelles terres 4' 5' et 6' :

TABLEAU II

	N° 4	N° 4'	N° 5	N° 5'	N° 6	N° 6'
Argile	20,0	16,0	21,8	18,5	18,0	9
Limon	4,7	3,7	3,7	3,1	17,0	8,5
Sables fins siliceux	34,2	27,4	43,3	36,8	47,0	23,5
Sables grossiers siliceux ..	40,6	32,5	29,5	25,0	15,5	7,8
Calcaire total	0	20,0	0	15,0	0	50

TABLEAU III
ANALYSE DE TERRES CALCAIRES SYNTHETIQUES

— N° 4 A —

Pour 100 gr. de terre (à 105°)	Méthode D.B.		Méthode R.B.		Méthode A.L.		Méthode U.S.A. N° 1	
	Résultats		Résultats		Résultats		Résultats	
	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.
Calcaire total	23.3	23.3	17.6	17.6	20.1	20.1	20.5	20.5
Argile	15.4	15.1	16.0	12.8	16.0	2.5	16.0	7.0
Limon	3.5	3.3	3.7	5.6	3.7	7.0	3.7	7.7
Sables fins siliceux.	26.1	28.9	27.3	32.6	27.2	35.7	27.2	31.1
Sables fins calcaires		17.5		14.0		16.0		18.2
Sables grossiers siliceux	31.2	29.9	32.6	31.6	32.5	34.0	32.5	31.6
Sables grossiers calcaires		0.7		0.3		0.5		0.5
Total		95.4		96.9		95.7		96.1
Excès ou déficit en argile		- 0.3		- 3.2		- 3.5		- 9.0
Erreur p. 100 (argile)		- 1.9		- 20.0		- 84.4		- 56.2
Excès ou déficit en limon		- 0.2		+ 1.9		+ 3.3		+ 4.0
Déficit en calcaire (calcaire total — calc. des sables gr. et fins).....		- 5.1		- 3.3		- 3.6		- 1.8

TABLEAU III (Suite)
ANALYSE DE TERRES CALCAIRES SYNTHETIQUES

— N° 5 A —

Pour 100 gr. de terre (à 105°)	N° 2 Méthode U.S.A.		Méthode D.B.		Méthode R.B.		Méthode A.L.		Méthode U.S.A. N° 1		Méthode U.S.A. N° 2	
	Résultats		Résultats		Résultats		Résultats		Résultats		Résultats	
	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.
Calcaire total	20.5	20.5	14.3	14.3	15.1	15.1	15.5	15.5	14.9	14.9	15.9	15.9
Argile	16.0	8.8	18.7	17.0	18.5	16.2	18.3	5.7	18.5	6.9	18.3	3.8
Limon	3.7	7.6	3.2	6.2	3.1	6.1	3.1	12.6	3.1	12.6	3.1	13.3
Sables fins siliceux.	27.2	30.1	37.2	32.3	36.8	33.5	36.4	37.0	36.8	34.1	36.4	33.7
Sables fins calcaires		16.9		4.7		4.5		5.1		4.9		4.5
Sables grossiers siliceux	32.5	32.4	25.3	24.8	25.0	24.5	24.7	25.4	25.0	26.2	24.7	27.0
Sables grossiers calcaires		0.5		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
Total		96.3		85.1		84.8		85.8		84.7		86.8
Excès ou déficit en argile		- 7.2		- 1.7		- 2.3		- 12.6		- 11.6		- 10.0
Erreur p. 100 (argile)		- 45.0		- 9.1		- 12.4		- 68.8		- 62.7		- 54.6
Excès ou déficit en limon		+ 3.9		+ 3.0		+ 3.0		+ 9.5		+ 9.5		+ 10.2
Déficit en calcaire (calcaire total — calc. des sables gr. et fins).....		- 3.1		- 9.6		- 10.6		- 10.4		- 10.0		- 11.4

ANALYSE DE TERRES
— N°

CALCAIRES SYNTHETIQUES
6 A —

Pour 100 gr. de terre (à 105°)	Méthode D.B.		Méthode R.B.		Méthode A.L.		Méthode U.S.A. N° 1		Méthode U.S.A. N° 2	
	Résultats		Résultats		Résultats		Résultats		Résultats	
	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.
Calcaire total	50.0	50.0	48.7	48.4	50.0	50.0	50.0	50.0	50.8	50.8
Argile	9.0	24.7	9.3	8.1	9.0	5.3	9.0	6.2	8.8	5.8
Limon	8.5	26.0	8.7	35.7	8.5	41.3	8.5	43.4	8.3	40.7
Sables fins siliceux	23.5	24.9	24.3	24.6	23.5	26.2	23.5	24.8	23.2	28.7
— calcaires		23.2		16.7		13.4		12.8		16.3
Sables grossiers siliceux	7.8	7.0	8.0	7.5	7.8	6.8	7.8	7.1	7.7	7.4
— calcaires		0.2		1.1		2.6		0.5		0.7
Total		106.0		93.7		95.6		94.8		94.6
Excès ou déficit en argile		+ 15.7		- 1.2		- 3.7		- 2.8		- 3.0
Erreur p. 100 (argile)		+ 174.0		- 12.9		- 41.0		- 31.0		- 34.0
Excès ou déficit en limon		+ 17.5		+ 27.0		- 32.8		+ 34.9		+ 32.4
Déficit en calcaire (calc. total — calc. des sables gr. et fins)		- 36.6		- 30.6		- 34.0		- 36.7		- 33.8

En réalité malgré toutes les précautions prises pour le mélange calcaire-terre, ce mélange ne se faisait pas d'une manière uniforme. Nous avons donc préféré partir d'un test parfaitement connu et pour cela nous avons opéré de la manière suivante : Après avoir mélangé la terre et le calcaire aussi soigneusement que possible nous prélevons 11 grammes de l'ensemble, sur 1 gramme nous faisons la calcimétrie, les 10 autres grammes servant à l'analyse physique proprement dite. Du chiffre de calcaire trouvé nous déduisons les taux probables des autres éléments. Nous avons ainsi constitué les terres synthétiques 4 A, 5 A et 6 A et appliquant à ces échantillons de terres calcaires les cinq méthodes d'analyses précédemment décrites nous avons obtenu les chiffres consignés dans le tableau III.

Ces résultats nous conduisent aux remarques suivantes qui porteront :

1° sur le total des éléments physiques du sol, l'élément humus étant négligé,

2° sur l'erreur relative au taux d'argile :
$$\frac{\text{argile obtenue} \times 100}{\text{argile calculée}}$$

3) sur le déficit en calcaire : [calcaire total — calcaire des sables grossiers et fins]. Ce déficit en calcaire pouvant être dû aux deux causes suivantes ou à l'une d'entre elles ;

a) Elimination d'une partie du CO_2Ca lors du traitement par KCl — $\overset{\text{N}}{10}$
destiné à débarrasser l'échantillon du calcium échangeable.

b) Intégration d'une partie du calcaire au limon, voire même à l'argile.

Terre 4 A :

1) La somme des éléments physiques est ici satisfaisante, elle oscille entre 95,4 (méthode D.B.) et 96,9 (méthode R.B.).

2) L'erreur relative au taux d'argile est négligeable dans la méthode D.B. (1,9 %), assez forte dans la méthode R.B. (20 %) et très forte dans les trois autres méthodes (84,4 % dans la méthode A.L.).

3) Le déficit en calcaire oscille entre 5,1 (méthode D.B.) et 1,8 (méthode U.S.A. n° 1).

Il est très possible qu'une partie du calcaire se soit sédimentée en même temps que le limon, car sauf dans la méthode D.B. où on enregistre un léger déficit, il y a dans toutes les méthodes une surcharge en limon par rapport aux résultats calculés.

Terre 5 A :

1) La somme des éléments physiques oscille ici entre 84,7 (méthode U.S.A. n° 1) et 86,8 (méthode U.S.A. n° 2). Il y a donc un gros déficit qui $\overset{\text{N}}{10}$
provient vraisemblablement du calcaire entraîné dans les lavages par KCl — ainsi que le révèle d'ailleurs le déficit en calcaire.

2) Le déficit pour 100 en argile n'est pas très élevé dans les méthodes D.B. et R.B. (1,7 et 2,3 %) par contre il est encore assez important dans les méthodes A.L. et U.S.A. (12,6, 11,6 et 10 %).

3) Le déficit en calcaire est approximativement le même dans les cinq méthodes, il varie entre 9,6 (méthode D.B.) et 11,4 (méthode U.S.A. n° 2) et vraisemblablement ce déficit en calcaire provient comme nous l'avons dit d'une partie du CO^2Ca entraînée par les lixiviations au moyen de KCl —
 N
 10
 et aussi d'une partie se sédimentant en même temps que le limon, nous enregistrons en effet dans toutes ces méthodes un excès de limon.

Terre 6 A :

1) La somme des éléments physiques oscille entre 93,7 (méthode R.B.) et 106 (méthode D.B.).

2) L'erreur relative au taux d'argile est très élevée dans la méthode D.B. (+ 174 %) assez élevée dans les méthodes A.L. et U.S.A. (—41, —31, —34 %) et de —12,9 % dans la méthode R.B.

3) Le déficit en calcaire oscille entre 26,6 (méthode D.B.) et 36,7 (méthode U.S.A. n° 1). Ce déficit provient probablement d'une sédimentation du calcaire en même temps que le limon. Le limon manifeste en effet une surcharge oscillant entre 17,5 (méthode D.B.) et 34,9 (méthode U.S.A. n° 1).

Ceci est nettement mis en évidence dans le tableau III bis :

TABLEAU III bis

Terre N° 6 A		METHODES				
Pour 100 gr. de terre à (105°) :						
	D.B.	R.B.	A.L.	U.S.A. N° 1	U.S.A. N° 2	
Limon non calcaire	5,7	8,2	8,8	9,2	8,7	
Limon calcaire	20,3	27,5	32,5	34,2	32,0	
D'où nouveau bilan calcaire :						
Calcaire total	50,0	48,4	50,0	50,0	50,8	
Calcaire des limons et sables.	43,7	45,3	48,5	47,5	49,0	
Déficit en calcaire	6,3	3,1	1,5	2,5	1,8	

Le déficit en calcaire que révèle ce tableau III bis provient du calcaire entraîné en partie dans l'argile, en partie aussi lors des lessivages par
 N
 KCl — sous forme de Ca échangeable et de CO^2Ca soluble.

10

Ceci d'ailleurs a été établi par Hissink dans sa méthode de détermination de la chaux échangeable dans les terres calcaires par lessivages au moyen de Na Cl (N) qui entraîne le calcium échangeable et une partie du CO^2Ca soluble.

**IV. — ETUDE COMPARATIVE SUR DEUX TERRES CALCAIRES N° 7 et N° 8
DES DEUX METHODES D.B. ET R.B. MODIFIEES**

Considérons maintenant deux terres calcaires n° 7 et 8, l'échantillon n° 7 constitue le sous-sol (argile bleuâtre) des terres de la région du cap Matifou à l'Est d'Alger, l'autre, n° 8, des pointements de tuf qui émergent en certains endroits de la même région.

Appliquons à ces échantillons de terres trois techniques d'analyse physique différentes :

1° La technique ordinaire, méthode internationale, avec destruction préalable du calcaire par traitement à l'acide chlorhydrique étendu.

2° La technique Demolon-Bastisse par traitement au citrate de soude N (15 cm³).

3° La technique Roseau-Bats par traitement à la soude normale (10 cm³).

On s'est abstenu dans ces deux dernières techniques de traiter au KCl —
N
10

On peut avoir, en effet, intérêt dans certains cas à conserver la terre dans son état naturel et connaître la répartition du calcaire dans les différents lots : argile, limon, sables fins, sables grossiers.

Les éléments ont été obtenus par sédimentation dans des éprouvettes de 7 cm. de diamètre.

Les résultats sont consignés dans le tableau IV.

TABLEAU IV

Pour 100 de terre (à 105°)	N° 7			N° 8		
	Méth. inter.	D.B. (mod.)	R.B. (mod.)	Méth. inter.	D.B. (mod.)	R.B. (mod.)
Argile	43,5	65,1	64,0	5,8	4,8	11,7
Limon non calcaire..	16,7	17,5	21,5	5,2	7,1	6,3
— calcaire		14,0	15,5		6,4	6,4
Sables fins siliceux..	4,0	3,4	2,5	52,6	47,7	50,7
— calcaires..		2,8	2,2		21,3	20,5
Sables grossiers silic.	0,2	0,2	0,2	0	8,0	7,2
— calcaires.		0,1	0,1		1,9	1,7
Calcaire total	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5
Total....	99,9	103,1	106,0	99,2	97,2	104,5
Essai calcimétrique sur l'argile						
Argile vraie		48,1	47,0		4,7	7,7
Calc. (< 0,002 m/m).		17,0	17,0		0,1	4,0
D'où déficit en CO ² Ca		-1,6	-0,4		-5,8	-2,9

COMMENTAIRES SUR LES RESULTATS DU TABLEAU IV

a) *L'argile* : Si l'on pose d'une façon brutale que l'argile est constituée par les éléments qui se sédimentent suivant la loi de Stockes, nous avons chez l'échantillon n° 7 un taux d'argile nettement plus élevé dans les méthodes D.B. et R.B. que dans la méthode internationale ordinaire. Pour l'échantillon n° 8 les écarts sont moins grands.

Mais on arrive à des résultats concordants dans ces trois méthodes si nous faisons la discrimination entre argile vraie et calcaire très fin ($< 0,002$ m/m) ; l'argile en effet ainsi déposée dans les méthodes D.B. et R.B. donne une réaction calcimétrique que nous avons pu apprécier.

b) *Le limon* : Ici aussi la discrimination entre limon non calcaire et limon calcaire permet d'avoir quant au limon non calcaire des résultats sensiblement identiques dans les trois méthodes.

c) *Les sables* : Si pour l'échantillon n° 7 les taux de sables sont concordants dans les trois méthodes, il n'en est plus de même pour l'échantillon n° 8, en ce qui concerne les sables grossiers.

Dans la méthode ordinaire, il semble qu'il y ait eu lors de la décalcaisation, destruction des sables grossiers qui sont passés dans le lot des sables fins, et cela est facile à concevoir en imaginant certains éléments de sables grossiers formés par l'agglomération d'éléments de sables fins cimentés par du calcaire.

Ainsi donc, ces trois méthodes appliquées à deux échantillons, montrent la nécessité non seulement de préparer les échantillons sans détruire au préalable le calcaire (méthodes D.B. et R.B.), mais aussi de rechercher les taux d'argile vraie, de calcaire très fin ($< 0,002$ m/m), de limon non calcaire et de limon calcaire, sans omettre bien entendu la discrimination pour les sables en sables calcaires et sables non calcaires.

V. — APPLICATION DES DEUX METHODES D.B. ET R.B.

A DEUX TERRES CALCAIRES SYNTHETIQUES ET A DU CALCAIRE PUR

Enfin pour pouvoir juger d'une manière plus certaine de la valeur des méthodes D.B. et R.B. nous les avons appliquées à deux terres non calcaires dont la texture avait été établie suivant la méthode internationale, puis, calcarifiées artificiellement avec une proportion de calcaire, connue.

Ces deux terres proviennent, l'échantillon n° 9, de l'horizon supérieur d'une terre du lieu dit Fontaine-Fraîche près d'Ain-Taya, l'échantillon n° 10, de l'horizon supérieur du lieu dit « la Sapinière », près de Saint-Pierre-Saint-Paul. Leur texture, d'après la méthode internationale, est la suivante :

TABLEAU V

Pour 100 gr. de terre (à 105°)	N° 9	N° 10
Argile.....	9,1	35,8
Limon.....	13,0	19,3
Sables fins siliceux.....	57,1	25,8
Sables grossiers siliceux.....	22,0	16,9
Calcaire total.....	0	0
Humus (méthode Fallot).....	1,5	0,75
TOTAL.....	102,7	98,5
Besoin en chaux (mgr.CaO par kgr. terre).....	350	196

A chaque échantillon de terre nous avons ensuite incorporé une certaine proportion de calcaire fin, de manière à avoir des terres renfermant 25 % environ de calcaire : puis nous avons mélangé intimement, terre et calcaire, humidifié à 40 %, abandonné à la dessiccation à la température ordinaire sur une paillasse du laboratoire.

Nous avons prélevé ensuite deux échantillons de 11 gr. de chaque terre. Sur un gramme, nous avons déterminé le taux réel de calcaire, sur deux lots de 10 grammes chacun, nous avons fait l'analyse physique d'après les deux méthodes Demolon-Bastisse et Roseau-Bats.

Après destruction de l'humus par l'eau oxygénée à 20 volumes au bain-marie, chaque échantillon fut traité par 4 fois 20 cm³ de KCl pour le débarrasser du calcium floculant et ensuite traité puis mis en suspension d'après les techniques précédemment exposées ; techniques qui se différencient par le lavage à l'eau chaude pour enlever les chlorures dans la méthode R.B. et l'agent peptisant différent : citrate de soude (méthode D.B.) ; soude (méthode R.B.). La sédimentation fut poursuivie dans des éprouvettes de 7 cm. de diamètre.

Sur chaque lot, (argile, limon, sables fins et sables grossiers) ainsi obtenu nous avons déterminé le taux de calcaire.

Nous avons opéré de la même façon, par la méthode R.B. sur un échantillon de calcaire pur (sauf bien entendu la destruction de l'humus par l'eau oxygénée), pour apprécier les parties du calcaire sédimentant de la même façon que l'argile, le limon, le sable fin et le sable grossier.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau VI. Nous avons fait figurer en même temps les taux probables des éléments obtenus par le calcul (résultats calc.).

TABLEAU VI

Pour 100 gr. de terre (à 105°)	N° 9				N° 10				Calcaire pur Méthode R.B. — Résultats obtenus
	Méthode D.B. Résultats		Méthode R.B. Résultats		Méthode D.B. Résultats		Méthode R.B. Résultats		
	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.	calc.	obt.	
Argile	6.9	4.1	6.9	3.5	27.1	27.6	27.3	20.1	0
Calcaire (< 0,002 m/m)		0.3		0.7		1.0		1.4	2.4
Limon non calc.....	9.8	7.2	9.5	8.3	14.7	10.8	14.7	17.3	0
Limon calcaire		14.7		14.9		16.7		14.0	54.5
Sables fins sil.....	43.2	44.0	43.0	43.6	19.6	21.8	19.7	23.3	0
Sables fins calc.		6.0		3.9		4.2		4.0	27.4
Sables gros. sil.	16.6	16.6	16.5	15.4	12.8	11.8	12.8	11.4	0
Sables gros. calc.		0		0		0		0	0
Calcaire total	23.4	23.4	23.8	23.8	25.8	25.8	25.5	25.5	100
Total	99.9	92.9	99.0	90.3	100.0	93.9	100.0	91.5	84.3
Excès ou déficit en argile..		-2.88		-3.4		+0.5		-7.2	
Erreur p. 100 d'argile.....		-40.5		-49.3		+1.84		-26.4	
Déficit en calcaire		-2.4		-4.3		-3.9		-6.1	-15.7
Total des éléments phy- siques) corrigé		95.3		94.6		97.8		97.6	

Commentons ces résultats :

1) Le total des éléments physiques oscille entre 90,3 (n° 9 méthode R.B.) et 93,9 (n° 10 méthode D.B.), l'humus étant négligé.

Si nous ajoutons à ce total le déficit en calcaire dont nous parlons plus loin, nous obtenons ce que nous avons appelé le total des éléments physiques corrigé et nous voyons que nous aboutissons à des chiffres à peu près semblables dans l'une et l'autre méthodes, ce qui signifie que le milieu peptisant (citrate de soude ou soude) a agi différemment sur les éléments et qu'il a simplement fait passer certaines particules (Argile, limon, sables fins, sables grossiers) d'une catégorie dans une autre.

2) L'erreur relative au taux d'argile est ici très élevée, surtout pour l'échantillon n° 9. Elle est acceptable (+ 1,84 %) chez l'échantillon n° 10 par la méthode D.B.

3) Le déficit en calcaire est obtenu en retranchant du taux du calcaire total la somme : calcaire fin ($< 0,002$ m/m) ; limon calcaire, et sables grossiers et fins calcaires. Ce déficit oscille entre 2,4 et 6,1. Ces terres ayant subi

le même traitement par $\text{KCl} \xrightarrow{\text{N}}$, il est à présumer que les déficits discordants chez une même terre proviennent des traitements par le citrate de soude ou la soude, lesquels doivent agir différemment pour solubiliser le calcaire.

Les résultats obtenus sur un calcaire pur, par la méthode R.B. montrent bien que le traitement par $\text{KCl} \xrightarrow{\text{N}}$ puis par la soude provoque la dissolution $\xrightarrow{10}$ d'une partie du calcaire qui est ainsi entraîné.

VI. -- CONCLUSIONS

Des cinq méthodes que nous venons d'examiner, seules la méthode Demolon-Bastisse et la méthode Roseau-Bats, donnent des résultats suffisamment exacts pour l'argile.

Mais même en employant ces deux méthodes il convient de pousser l'analyse physique plus loin et de faire une discrimination quant au calcaire en :

- a) calcaire très fin sédimentant en même temps que l'argile,
- b) limon calcaire,
- c) sables fins calcaires,
- d) sables grossiers calcaires

Cela permettra en même temps d'avoir des chiffres plus exacts pour les autres éléments non calcaires.

Toutefois, par ces deux méthodes, certaines terres donnent des résultats peu satisfaisants. Il semble donc qu'il y ait des terres où l'élément calcaire agit différemment. Peut-être aussi cela est-il dû à un taux différent de calcium échangeable.

Une variante utilisée pour les méthodes D.B. et R.B. à propos de l'analyse des terres 7 et 8 nous a montré que l'on peut avoir encore des résultats satisfaisants, sans traitement par le KCl — pour éliminer le Ca flocculant.
N
10

Il semble donc que ce résultat est atteint avec le citrate de soude (méthode D.B.) et la soude (méthode R.B.) utilisés pour assurer la dispersion.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DEMOLON. — Dynamique du sol (2^e édition) (p. 105, 106 et 472).

DEMOLON-BASTISSE. — Sur la dispersion des colloïdes argileux. (Ann. agron 1935, p. 1-15.)

RADET. — Sur la séparation de l'argile dans les terres calcaires de Champagne. (Ann. Agron. 1939, p. 572-576.)

AUBERT-LEJEAILLE. — Observations sur les méthodes d'analyse mécanique des terres calcaires. (Ann. Agron. 1939, p. 568-571.)

GESSNER. — (Traduit par Buffle). L'analyse mécanique. (p. 187-192).

HENIN. — Etat actuel de la physique du sol. (Ann. Agron. 1934, p. 611-625.)