

SR/doc

RO/ID

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SECRETARIAT D'ETAT
A LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

CN 07 00 848
P331
OL1

ETUDE COMPARATIVE DE DEUX METHODES
D'EXTRACTION ET DE DOSAGE
DES BASES ET DE LA CAPACITE D'ECHANGE
SUR LES SOLS DU SENEGAL

PAR

R. OLIVER

INGENIEUR IRAT DETACHE AUPRES DE
L'ISRA

JUIN 1982

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I.S.R.A.)

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES AGRONOMIQUES
(C.N.R.A.)
BAMBEY

RESUME

L'étude a pour but de comparer les résultats obtenus par la séquence classique d'extraction et de dosage de bases échangeables et de la capacité d'échange à l'Acétate d'Ammonium - alcool - chlorure de Sodium (Ac NH_4) à ceux obtenus par la méthode au chlorure de Cobaltihexammine (CoH), décrite par ORSINI et REMY, en solution diluée et permettant le dosage sur le même extrait des bases et de la capacité d'échange.

Appliquée aux sols sableux du Sénégal, la technique de ORSINI et REMY s'avère donner des résultats très voisins de celle à l'acétate d'ammonium avec une variabilité plus faible pour la détermination des bases échangeables, plus forte pour celle de la capacité d'échange.

1 - INTRODUCTION

La détermination de bases échangeables et de la capacité d'échanges des sols, est une des analyses la plus courante pour caractériser la "richesse" agronomique d'un sol. Les méthodes utilisables sont nombreuses et font toutes appel au déplacement des cations échangeables par un réactif approprié et au dosage des cations dans les lessivats.

Si les moyens actuels de l'analyse (absorption atomique, colorimétrie automatique) permettent des dosages rapides dans les extraits, la mise en solution des cations échangeables et surtout les manipulations nécessaires à la détermination de la capacité d'échange restent des opérations longues et onéreuses.

ORSENI et PEROT (1), ont mis au point une technique rapide qui donne des résultats très satisfaisants sur les sols des pays tempérés. L'objet de cette étude est de tester cette technique dans le cas des sols généralement très pauvres et très sableux existant au Sénégal.

2 - MATERIELS ET METHODES

2.1 - Les sols

Les échantillons de sols utilisés pour la comparaison de 2 méthodes proviennent des essais mis en place le CNRA dans diverses régions du Sénégal.

Pour chaque localisation, une vingtaine d'échantillons ont été choisis de telle façon que l'éventail de résultats soit, à priori, le plus large possible. Les principales caractéristiques des sols utilisés figurent au tableau I.

Tableau I : Principales caractéristiques des sols étudiés

Provenance	pH eau		(A + L) %		M O ‰		Observ.	Type pédologique
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
Fanaye (Fleuve)	6.5	6.5	6.0	11.0	1.0	4.3	-	Sols Dunaires
Bambey (Centre Nord)	5.0	6.2	4.0	8.0	1.4	4.0	-	Sol ferrug. trop. peu lessivé
Bambey Deck (Centre Nord)	6.3	6.5	10.0	15.0	6.0	14.0	Quelques échantil. calcaires	Sol ferrug. trop. à hydromorphie temporaire.
Thyrosse (Centre Sud)	5.7	6.6	8.0	14.0	4.5	7.8	-	Sol ferrug. trop. lessivé
Séfa (Moy. Casamance)	5.0	5.5	16.0	126.0	6.0	12.0	-	Sol rouge à tendance ferrallitique
Missirah (Sénégal-Oriental)	5.7	7.3	9.0	16.0	4.0	6.0	-	Sol ferrug. trop. lessivé
Fanaye fond@ (Fleuve)	5.2	7.0	5.0	6.0	4.8	9.2	-	Sol hydromorphe sa- lé peu humifié à gley

Excepté le sol alluvial (Fondé) du Fleuve, très riche en éléments fins, ils ont en commun une faible teneur en élément fin (20 μ) et en matière organique, ce qui est l'indice d'une capacité d'échange peu élevée et d'un faible pouvoir tampon.

Le pH est généralement légèrement acide à neutre, sauf exception pour les sols "Deck" contenant parfois du calcaire.

22 - Méthodes d'analyse

Les échantillons choisis ont été analysés :

- par la technique classique à l'Acétate d'ammonium : 10 g de sol sont placés dans une allonge à percolation puis sont lessivés par 200 ml de solution d'Acétate d'ammonium normal à pH 7,0. Sur le percolat sont dosés Ca et Mg par AAS en milieu lanthane et Na et K par émission de flamme. Le sol est ensuite lavé de l'acétate d'ammonium en excès par percolation de 250 ml d'alcool ; l'ammonium saturant le complexe absorbant est désorbé par percolation à l'aide de 250 ml de solution de NaCl à 10 % ; la capacité d'échange est alors dosée par colorimétrie automatique de l'ion NH_4^+ .

- par la technique de ORSINI et REMY : 20 g de sol sont placés dans des tubes à centrifuger de 100 ml, (5 g pour le sol fondé de Fenaye) et mis en contact avec 100 ml de solution de chlorure de cobaltihexammine contenant 2 meq d'ion échangeur. Après contact de 2h 30 à 3 heures, la suspension est centrifugée et les bases et la capacité d'échange sont dosées sur l'extrait par les mêmes techniques que pour la méthode à l'Acétate d'ammonium.

3 - RESULTATS ET DISCUSSION DES RESULTATS

31 - Comparaison des sols par couples

Pour chaque couple de résultat analytique et pour chaque élément déterminé, la différence individuelle entre les deux méthodes a été testée par rapport à zéro à l'aide d'un test de t (student), la significativité de la régression entre les deux séries de valeurs a été testée et l'équation de la droite d'allométrie a été calculée (quand le coefficient de corrélation est significatif). Les résultats de cette étude sont regroupés dans les tableaux présentés en annexe I et appellent les commentaires suivants :

311 - Calcium, magnésium, potassium

Pour le calcium, on vérifie que le réactif de ORSINI et REMY n'a qu'un effet très faible sur le calcium des carbonates, comme le montre le tableau ci-après.

Tableau 1 : Extraction de Ca^{++} sur les sols contenant des carbonates

(Sol Deck Bambe)

Echantillons N°	1	2	3	4	5	6	7
pH eau	8.4	8.5	7.1	8.0	8.2	7.5	7.2
extrait Ac NH_4	14.34	27.67	7.55	20.20	13.13	6.40	5.50
meq/100 g Co Hex.	6.70	7.10	5.30	8.85	6.70	5.60	5.12

Ce résultat devra être pris en compte lors des analyses de sols calcaires ou d'échantillons de champs irrigués avec des eaux dures,

Si l'on excepte ce type d'échantillons, les résultats obtenus pour les trois éléments Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ sont très proches et la différence moyenne entre les deux méthodes n'est pas souvent significativement différente de zéro. La liaison entre les deux résultats est toujours forte et les écarts maximum observables sont faibles (en valeur absolue pour les échantillons qui sont généralement pauvres). Le tableau 2 indique les différences observées (Δ Co) pour les valeurs extrêmes des échantillons étudiés et celles calculées en tenant compte de l'équation de régression liant les 2 paramètres.

Tableau 2: Ecart systématique calculés et observés sur les dosages de Ca, Mg, K

Tableau 2a - Elément Ca^{++} (meq 100 g)

Type de sol		Bambey Dior		Bambey Deck*		Thyssé		Fondé	
Valeurs		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Observées	Ac NH_4	0.16	2.47	3.25	5.41	0.55	2.20	3.91	9.07
	Co Hex.	0.28	2.61	3.17	5.18	0.60	1.95	3.85	9.15
	Δ Ac - CoH	-0.12	-0.14	0.08	0.23	-0.05	0.25	0.06	-0.08
Valeur CoH. calculée		0.24	2.54	2.96	5.03	0.50	2.02	4.02	9.17
Corrigée (Ac-CoH)		-0.08	0.07	0.29	0.38	0.05	0.18	-0.11	-0.02

* échantillons calcaires mis à part.

Tableau 2b - Elément Mg^{++} (meq 100 g)

Type de sol		Bambey Dior		Bambey Deck		Thyssé		Fondé	
Valeurs		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Observées	Ac NH_4	0.10	1.33	0.84	1.46	0.18	0.44	4.69	8.45
	Co Hex.	0.16	1.42	0.76	0.98	0.18	0.49	4.72	8.60
	Δ CoH-Ac NH_4	-0.06	-0.09	0.08	0.48	0.00	-0.05	-0.03	-0.15
Valeur CoH. calculée		0.20	1.28	0.77	1.41	0.22	0.47	4.49	8.12
4. Corrigée (Ac NH_4 - Co Calc)		-0.10	0.05	0.07	0.05	-0.04	-0.03	0.20	0.33

Tableau 2c - Elément K^+ (meq 100 g)

Type de sol		Bambey Dior		Bambey Deck		Thyssé	
Valeurs		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Observées	Ac NH_4	0.148	0.368	0.012	0.057	0.061	0.153
	Co Hex	0.163	0.402	0.014	0.046	0.056	0.099
	Δ	-0.015	-0.034	-0.002	0.011	0.005	0.054
Valeur CoH. calculée		0.179	0.393	0.011	0.049	0.044	0.116
, Acorrigée		-0.031	-0.025	0.001	0.008	0.017	0.037

312 - sodium

Les différences entre les 2 méthodes d'analyses sont plus marquées (2 cas seulement de différence non significative). Les résultats obtenus (cf annexe 1) étant plus élevés par la méthode à l'acétate d'ammonium. Ce résultat est certainement dû à la succession des opérations d'analyse de la méthode Acétate d'ammonium ; en effet, les risques de pollution du matériel par le sodium du NaCl utilisé lors du lessivage de l'ammonium pour la détermination de la capacité d'échange de la série précédente sont importants. De plus, le sodium n'a qu'une importance agronomique très limitée, sauf dans les cas où il risque de *se trouver en excès (sols salés)* et dans ce cas, les échantillons étant beaucoup plus riches en Na^+ , les résultats des deux méthodes sont proches l'un de l'autre et liés très rigidement, comme c'est le cas dans nos essais pour le sol "fondé" de Fanaye.

313 - Capacité d'échange

Les deux méthodes diffèrent fondamentalement dans Leur principe ; les résultats obtenus sont toutefois toujours liés étroitement.

L'extraction à l'acétate d'ammonium fait appel à un réactif tamponné, et très concentré, très souvent à un pH éloigné de celui existant dans les conditions naturelles, donc *provoquant* à 1; création de charges de surface artificielles.

La méthode à la cobaltihexammine utilise un extracteur efficace à faible concentration, d'encombrement stérique plus important que l'acétate d'ammonium, et "travaillant" donc dans de conditions proches de celles existantes au niveau de la plante.

Ces présomptions favorables à l'emploi de la méthode cobaltihexammine doivent toutefois être tempérées par le fait que la détermination de la capacité d'échange est évaluée par différence, ce qui est toujours une source d'erreurs importante, surtout lorsque le résultat final est faible (cas de la plupart de sols du Sénégal). Le tableau 3 précise les écarts entre les deux techniques pour les divers types de sols étudiés.

Tableau 3 - EcartS systématiques calculés et observés sur le dosage de la C.E.C.

Type de sol		Bambey Dior		Bambey Deck		Thyssé		Séfa		Missirah	
Valeur		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Observ.	Ac NH_4	1.34	4.24	3.75	7.24	1.26	2.03	1.64	4.09	1.43	2.31
	CO Hcx	0.70	3.28	4.43	6.68	1.15	1.85	0.75	2.70	1.00	2.40
	Δ Ac - Co	0.64	0.96	-0.68	0.56	0.11	0.18	0.89	1.39	0.43	-0.09
CoH calculée		0.95	4.19	4.38	7.64	0.90	1.86	0.82	2.45	0.86	2.30
Δ Corrigée Ac NH_4 - CO Calc		0.39	0.05	-0.63	-0.40	0.36	0.17	0.82	1.64	0.57	0.01

32 - Reproductibilité INTRA série des 2 méthodes

La comparaison est faite sur des échantillons de sol moyens, provenant des localités dispersées du Nord au Sud du Sénégal. Chaque échantillon a été analysé en 6 répétitions, dans une même série d'extraction et ce, par la méthode testée et celle de référence.

Les résultats obtenus sont résumés au tableau présenté en annexe II ; ils confirment ceux de l'étude par couples à savoir :

- Des différences systématiques entre les deux méthodes pour les sols de certaines origines aussi bien pour Ca, Mg et K mais qui, si elles peuvent représenter un pourcentage relatif important, sont assez faibles en valeur absolue, les valeurs trouvées pour le potassium étant les plus proches ;

- Des écarts relatifs qui peuvent être importants pour le sodium, compte tenu des faibles valeurs observées dans la plupart des sols étudiés,

Il est intéressant de noter que, dans presque tous les cas de mesure de bases échangeables, le coefficient de variation de la méthode à la cobaltihémimine est moins élevé que celui de la méthode à l'acétate d'ammonium, ceci peut s'expliquer par une meilleure efficacité de l'extraction par agitation par rapport à la percolation où des écoulements préférentiels peuvent influencer sur la reproductibilité des résultats.

Par contre la variabilité est plus élevée pour la mesure de la capacité d'échange à la cobaltihexammine que pour la méthode à l'acétate d'ammonium. L'erreur se situe, dans ce cas, au niveau de la détermination par différence de la capacité à partir du dosage, par AAS, du Cobalt ou de celui colorimétrique de l'ion NH_4^+ (différence assez faible par rapport aux concentrations mesurées dans les solutions).

33 - Reproductibilité INTER série des résultats (méthode CoH)

Dans chaque série d'analyse, on introduit un témoin (sol sableux de type Dior dans le cas de série d'échantillons riches) cet échantillon est traité dans les mêmes conditions que tous les autres de la série.

Les résultats obtenus sur une trentaine de séries consécutives, interprétés selon la méthode des cartes de contrôle (LACROIX) sont résumés au tableau V.

Tableau V : Résultats "carte de contrôle" obtenus sur la méthode de ORSINI & REMY

- Nb. de séries consécutives : 30

Elément du dossier	Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Na ⁺		K ⁺		C.E.C		
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	
indice	a	101.8	100.74	1.94	99.7	4.27	100.2	2.91	101.9	1.04	
	b	97.6	1.56	100.9	4.23	74.5	21.8	96.2	5.89	97.7	10.44
moyen consécutif	c	104.7	0.33	99.2	5.00	75.3	13.4	94.9	4.21	115.5	4.75
	d	101.1	3.42	101.2	3.93	94.8	14.9	100.82		98.95	9.7
série	e	96.7		6.28	3.13	139.4	14.9	104.45	4.7	85.7	3.20
fidélité		4.6		4.2		46.9		5.4		5.7	

a, b, c, d, e : séries consécutives de 6 résultats analytiques. Les moyennes générales ont été ramenées à l'indice 100 pour permettre une meilleure comparaison des résultats entre eux.

σ : écart type sur les 6 résultats de chaque groupe a, b, c, d, e (équivalent au coefficient de variation car les moyennes ont été indicées à 100)

σ' : fidélité de la méthode au sens de LACROIX (précision sur un résultat). Cette valeur mesure la reproductibilité du contrôle.

Ce tableau confirme la bonne tenue des résultats Ca, Mg et K. L'écart type le plus défavorable est observé par le sodium, mais les valeurs absolues de résultats sodium sont très faibles (de l'ordre de 0,020 meq p 100 g), ce qui explique la forte variabilité relative des résultats. La détermination de la C.E.C. est aussi parfois sujette à des variations brusques relativement importantes (détermination par différence). Cependant le tracé de cartes de contrôle complète ne montre pas avec les éléments importants du dosage (Ca, Mg, K, CEC) de points hors des limites autorisées par la technique de contrôle.

4 - CONCLUSIONS

L'étude montre qu'il est possible et avantageux de substituer la technique d'ORSINI et REMY 4 celle utilisée classiquement par le dosage des bases et de la capacité d'échange de sols du Sénégal. La nouvelle méthode présente les avantages suivants :

- mise en oeuvre plus rapide

- coût moins élevé

- résultats théoriquement plus proches de condition réelle des échanges au niveau de système sol-plante. Elle permet de faire la distinction entre le calcium échangeable et celui des carbonates et pourrait facilement être adaptée aux analyses de sols salés en distinguant les bases échangeables des sels solubles.

L'étude comparative de résultats obtenus par les deux techniques, montre qu'il y a souvent équivalence entre les divers résultats ou qu'ils sont étroitement liés, la différence systématique étant alors faible en valeur absolue mais pouvant se révéler assez forte en valeur relative.

Ces avantages sont en partie contrebalancés par une détermination moins précise, au niveau du dosage proprement dit, de la capacité d'échange.

Résultat Cobaltihexammine (CoH) = (résultats Acétate d'ammonium (Ac NH₄))

Ca ⁺⁺ meq 100 g	Type de sol étudié						
	Diéri	Dior	Deck	Thyssé	Séfa	Missirah	Fondé
t sur diff.	0.441 N.S	3.439 THS	3.22 THS	4.233 THS	1.282 N.S	0.333 N.S	3.12 THS
Δ % moy.	+3.5	-8.6	-17.7	+9.0	+4.6	+7.6	-2.04
moy.	1.67	0.908	3.53	1.07	0.92	1.04	5.56
coefft regr.		41.65 THS	9.21 THS	15.299 THS			28.79 THS
coefft. correl.		0.993	0.556	0.960			0.988
Droit all. CoH=f (Ac NH ₄)		0.9974x +0.0797	0.955x -0.140	-0.916x -0.0010			0.998x +0.1206

Mg meq p 100g	Type de sol étudié						
	Diéri	Dior	Deck	Thyssé	Séfa	Missirah	Fondé
t sur diff.	1.1582 THS N.S	10.10 THS	2.11 S	5.246 THS	1.0125 N.S	1.4739 N.S	2.2821 S
Δ % moy.	+6.7	-18.5	5.52	-8.8	-2.1	-6.8	1.5
moy.	0.660	0.459	1.103	0.3409	0.334	0.220	6.00
coefft. regr.		39.71 THS	4.821 THS	11.85 THS			26.24 THS
coefft correl.		0.993	0.7331	0.9356			0.986
Droit all. CoH=f (Ac NH ₄)	0 NH ₄	0.95704x +0.1029	1.0317x -0.0968	0.9668x +0.0493			0.9926x -0.04489

K ⁺ meq p 100g	Type de sol étudié						
	Diéri	Dior	Deck	Thyssé	Séfa	Missirah	Fondé
t sur diff.	2.3587 S	4.988 THS	4.8783 THS	1.2307 N.S	0.065 N.S	0.7504 N.S	0.407 N.S
Δ % moy.	6.74	13.1	16.5	-11.3	0.3	2.7	0.6
moy.	0.660	0.0311	0.085	0.341	0.0903	0.11812	0.418
coefft regr.	3.023 S	16.77 THS	5.64 THS				
coefft correl.	0.580	0.9530	0.7840				
Droit all. CoH=f (Ac NH ₄)	0.9708x +0.0357	0.8507x +0.00086	0.7895x -0.00465				

Na ⁺ meq 100 g	Type de sol						
	Diéri (20)	Dior	Deck	Thyssé	Séfa	Missirah	Fondé
t sur diff.	3.060 THS	9.644 THS	1.903 N.S	7.408 THS	15.732 THS	0.580 N.S	12.81 THS
Δ moy %	27.7	39.9	14.6	105	105	2.0	11.0
moy.	0.018	0.022	0.070	0.003	0.0095	0.045	0.444
coefft regr.	2.40 S	13.89 THS		1.19 N.S	4.916 THS		88.15 THS
coefft correl.	0.4923	0.947		-0.257 N.S	0.748		0.998
Allom.	0.7284x	0.985x			0.791'x		0.926x
CoH = f(Ac NH ₄)	+0.00065	-0.00844			-0.007'		-0.0140

C.E.C. meq p 100 g	Type de sol						
	Diéri (22)	Dior	Deck	Thyssé	Séfa	Missirah	Fondé
test de t sur diff.	0.393 N.S	2.202 S	4.373 THS	4.717 THS	1 2.65 THS	7.222 THS	1.424 N.S
Δ % moy.	-4.0		-8.8	17.6	59.7	-26.5	-1.9
moy.	2.14	1.86	5.80	1.52	2.00	1.50	14.35
coefft regr.		4.585 THS	11.74 THS	4.819 THS	7.020 THS	10.905 THS	
coefft correl		0.707	0.934	0.733	0.850	0.932	
allom.		1.1185x	0.935x	1.25336x	0.6442x	1.6309x	
CoH=f(AcNH ₄)		-0.553	+0.869	-0.684	-0.2709	-1.471	

- Δ% moy = (moy Ac NH₄ - moy CoHex) x 100/moy générale

moy = moyenne générale pour la série de couples correspondants.

NS = Δ non significatif

S = Δ significatif à 5 %

THS= Δ très hautement significatif

ANNEXE 2

Tableau récapitulatif de résultats obtenus par la méthode de ORSINI et REMY ⁽¹⁾ et Acétate d'armonium ⁽²⁾ - Reproductibilité INTRA série

Lieu	Valeurs						écart type		C.V. %		Moy %	
	Min.		Max.		Moyen		(1)	(2)	(1)	(2)		
	1	2	1	2	1	2						
Calci	Louga	1.30	1.31	1.36	1.41	1.336	1.356	0.022	0.038	1.68	2.78	NS
	Bbey Dior	0.41	0.51	0.44	0.62	0.42	0.57	0.0139	0.0390	3.18	6.84	-30.3
	Bbey Deck	2.66	2.64	2.73	2.72	2.671	2.678	0.034	0.044	1.28	1.66	NS
	Nioro	0.96	1.17	1.02	1.34	0.98	1.25	0.0244	0.0570	2.50	4.56	-24.2
	Séfa	0.89	1.02	0.90	1.08	0.892	1.053	0.00408	0.0323	0.46	3.10	-16.6
Mali	Fondé	5.32	5.10	5.36	5.50	5.35	5.366	0.016	0.1366	0.31	2.55	NS
	Louga	0.47	0.46	0.47	0.50	0.47	0.48	0.0	0.190	0.00	3.95	NS
	Bbey Dior	0.13	0.15	0.16	0.20	0.145	0.172	0.0104	0.0194	7.23	1.31	-17.0
	Bbey Deck	0.99	0.96	1.01	1.00	1.00	0.98	0.006	0.018	0.63	1.87	1.9
	Nioro	0.15	0.18	0.16	0.22	0.155	0.205	0.0054	0.0164	3.53	8.02	-27.8
Sinh	Séfa	0.31	0.30	0.30	0.31	0.307	0.340	0.0051	0.0259	1.68	7.42	-10.3
	Fondé	5.56	6.00	5.76	6.30	5.706	6.095	0.0744	0.2575	1.31	4.23	-6.6
	Louga	0.083	0.083	0.098	0.086	0.089	0.084	0.00487	0.00122	5.43	1.45	5.2
	Bbey Dior	0.098	0.091	0.104	0.93	0.100	0.092	0.00216	0.00216	2.15	1.37	8.3
	Bbey Deck	0.045	0.047	0.050	0.055	0.0478	0.0505	0.0016	0.0034	3.35	6.83	NS
Sinh	Nioro	0.121	0.122	0.128	0.131	0.1226	0.1265	0.0028	0.0040	2.34	3.19	NS
	Séfa	0.028	0.032	0.037	0.041	0.030	0.039	0.00126	0.00175	4.22	4.41	-85.7
	Fondé	0.288	0.230	0.300	0.245	0.237	0.239	0.0039	0.0066	3.40	2.72	NS
	Louga	0.010	0.010	0.011	0.018	0.0105	0.0138	0.00057	0.0042	5.22	30.47	NS
	Bbey Dior	0.005	0.002	0.006	0.016	0.0058	0.0076	0.00040	0.0056	7.00	73.17	NS
Sinh	Bbey Deck	0.027	0.036	0.028	0.062	0.027	0.048	0.0005	0.0086	1.89	18.20	-56.0
	Nioro	0.004	0.002	0.004	0.015	0.004	0.009	0.00	0.0050	0	54.94	-76.9
	Séfa	0.004	0.009	0.006	0.017	0.0043	0.0123	0.00081	0.0027	18.4	22.6	-100
	Fondé	0.352	0.370	0.356	0.4351	0.355	0.399	0.00301	0.0280.85	6.41	1	-11.7
	Louga	1.74	1.30	2.20	2.11	2.00	2.09	0.158	0.015	7.9	0.7	-4.4
Calci	Bbey Dior	0.79	0.52	1.08	0.62	0.97	0.53	0.111	0.043	11.38	7.72	58.7
	Bbey Deck	3.57	3.28	3.65	3.41	3.668	3.30	0.083	0.056	2.27	1.72	10.9
	Nioro	1.41	1.30	1.45	1.63	1.42	1.41	0.0206	0.1233	1.45	8.73	NS
	Séfa	2.12	3.35	3.52	3.48	2.43	3.41	0.536	0.057	22.04	1.67	-33.6
	Fondé	14.08	12.64	14.44	13.20	14.20	12.85	0.150	0.203	0.06	1.59	10.0

NS = Δ non significative

$$\Delta \% \text{ Moy} = \frac{\text{MoyA} - \text{MoyB}}{(\text{MoyA} + \text{MoyB})/2} \times 100$$

BIBLIOGRAPHIE

(1) L. ORSIBI et J.C. REMY ;

Utilisation de chlorure de Cobaltihexammine pour la détermination simultanée de la capacité d'échange et des bases échangeables des sols - Sciences du sol - Bulletin de l'AFES 1976 - n° 4 p 269-279.

(2) Y. LACROIX ;

Analyse chimique - Interprétation des résultats par le calcul statistique - Masson éditeur 1973 p 35-40.