

Journal of Applied Biosciences 196: 20744- 20759
ISSN 1997-5902

Estimation du pH et du Calcaire Actif des sols agricoles sous blé des polders modernes de Bol (Tchad) : Tests du Vinaigre d'Alcool, du Bicarbonate de Sodium et de l'Acide Chlorhydrique

Abdoulaye ALLADJABA^{1*}, Andossa LIKIUS², Moussa ABDERAMANE², MALIC Mahamat MALIC³, Didjag MIDIR¹

¹) Département de Géologie, Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Université de N'Djamena. BP.1117. N'Djamena-Tchad

²) Département de Paléontologie, Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Université de N'Djamena. BP.1117. N'Djamena-Tchad

³) Société de Développement du Lac (SODELAC)

Contact : alladjabdou@gmail.com

Submission 8th March 2024. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 30th April 2024. <https://doi.org/10.35759/JABs.196.3>

RÉSUMÉ

Au Tchad, l'analyse des sols agricoles est non seulement d'accès limité mais aussi très coûteuse. La rareté voire même l'absence des laboratoires équipés ne permet pas aux agriculteurs tchadiens de procéder au test des sols pour déterminer leurs qualités.

Objectif : La présente étude se propose de vulgariser des méthodes simples, efficaces et économiques qui doivent permettre aux agriculteurs d'évaluer la teneur de leur champ en calcaire actif et pH.

Méthodologie et Résultat : L'approche est basée sur les tests du bicarbonate de sodium et du vinaigre d'alcool pour apprécier le PH puis l'acide chlorhydrique pour estimer le calcaire actif. Au total, 28 échantillons de sol sous culture de blé ont été soumis aux tests du bicarbonate de sodium, du vinaigre d'alcool et de l'acide chlorhydrique et 14 échantillons analysés au laboratoire. Les tests du bicarbonate de sodium et du vinaigre d'alcool ont révélé que les sols des polders étudiés présentent des pH faiblement acide (pH=6), neutre (pH=7) et basique (pH=8). Le test à l'acide chlorhydrique a indiqué que les sols des polders agricoles ont une teneur variable en calcaire actif, variant de (CaCO₃=2-10%) à très élevée (CaCO₃>55%) passant par moyenne (CaCO₃=10-25%), élevée (CaCO₃=25-50%). Les résultats des tests obtenus sont en accord avec les résultats des analyses effectuées au laboratoire.

Conclusion et application des résultats : Ces tests à l'acide chlorhydrique, au Bicarbonate de sodium et au vinaigre d'alcool, sont économiques, simples et viables par rapport aux coûts des analyses effectuées aux laboratoires. Elles restent à la portée des agriculteurs qui peuvent établir des actions de correction pour réduire l'acidité, la basicité ou le calcaire en procédant aux amendements des champs.

Mots clés : calcaire actif, acide, neutre, basique, polder.

Estimation of pH and Active Limestone in Wheat Cropland Soils of Modern Bol Polders (Chad): Testing with Alcohol Vinegar, Sodium Bicarbonate, and Hydrochloric Acid.

ABSTRACT

In Chad, the analysis of agricultural soils is not only limited in accessibility but also very costly. The scarcity, and even absence, of equipped laboratories prevent Chadian farmers from conducting soil tests to determine their qualities.

Objective: This study aims to popularize simple, effective, and economical methods that should enable farmers to evaluate the content of active limestone and pH in their fields.

Methodology and Results: The approach is based on tests using sodium bicarbonate and alcohol vinegar to assess pH, followed by hydrochloric acid to estimate active limestone. In total, 28 soil samples from wheat cultivation areas were subjected to tests using sodium bicarbonate, alcohol vinegar, and hydrochloric acid, with 14 samples analyzed in the laboratory. The sodium bicarbonate and alcohol vinegar tests revealed that the soils in the studied polders had pH levels ranging from weakly acidic (pH=6), neutral (pH=7), to basic (pH=8). The hydrochloric acid test indicated that the soils in the agricultural polders had a variable content of active limestone, ranging from low ($\text{CaCO}_3=2-10\%$) to very high ($\text{CaCO}_3>55\%$), with intermediate ($\text{CaCO}_3=10-25\%$) and high ($\text{CaCO}_3=25-50\%$) levels. The test results were consistent with the laboratory analysis results.

Conclusion and Application of Results: These tests using hydrochloric acid, sodium bicarbonate, and alcohol vinegar are economical, simple, and viable compared to the costs of laboratory analyses. They remain accessible to farmers who can take corrective actions to reduce acidity, alkalinity, or limestone by making amendments to the fields.

Keywords: active limestone, acidic, neutral, basic, polder.

INTRODUCTION

Dans le Sahel, la production agricole fait face à d'énormes défis, notamment la pauvreté naturelle des sols en matière organique et le manque de techniques de production adéquates et durables (Cirad, 1992 ; Leonard & Rajot, 1998 ; Mbatingual Ngarkibere, 2023 ; Yobom, 2020). La qualité des sols agricoles revêt une importance cruciale dans la productivité des cultures, en particulier dans les zones irriguées (Alladjaba, 2023). Les sols des polders agricoles irrigués de la province du Lac au Tchad sont intensivement exploités pour la culture du blé, contribuant ainsi à la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté dans cette région (Adoum, 2016). Toutefois, ces dernières années, le rendement de ces sols agricoles a enregistré une baisse. Les agriculteurs cherchent des méthodes simples et pratiques pour évaluer l'état de fertilité de leurs sols afin de prévenir

la dégradation. Actuellement, certaines parcelles sont abandonnées ou sont sur le point de l'être en raison du manque de tests pratiques sur le terrain pour estimer le pH et le calcaire actif. La connaissance et l'estimation du calcaire actif est particulièrement important car elle est la fraction la plus réactive sur la physiologie des plantes (Baize & Jabiol, 2022). Au Tchad, l'accès limité et coûteux aux laboratoires équipés pour des analyses détaillées des sols agricoles constitue un défi (Bechir, 2011). La rareté ou le coût élevé des réactifs pour les analyses des sols ne favorisent pas non plus les agriculteurs. Il est donc impératif de mettre en place des méthodes simples, accessibles et économiques permettant aux agriculteurs d'estimer le pH et le taux de calcaire actif de leurs champs. Par ailleurs, le pH et le calcaire actif sont universellement reconnus comme des facteurs

d'importance primordiale pour la mobilité des éléments traces et l'assimilation des principaux éléments fertilisants et des oligo-éléments dans les sols agricoles (Baize, 2018 ; Benzahra, 2019). Cette étude se concentre sur l'évaluation du pH et du calcaire actif des sols sous culture de blé dans les polders de la province du Lac, en utilisant des tests au vinaigre d'alcool, au

bicarbonate de soude et à l'acide chlorhydrique (Baize & Jabiol, 2022). L'objectif principal de cette étude est de développer des méthodes simples et accessibles qui seront faciles à utiliser par les agriculteurs pour estimer le pH et le calcaire actif de leurs parcelles agricoles.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le travail a été mené dans la province du Lac à l'ouest de la République du Tchad, avec des coordonnées spécifiques pour la zone d'étude, situées entre 13°34'0,25'' et 13°24'0,5'' de latitude Nord, ainsi qu'entre 14°37' et 14°47' de longitude Est (Alladjaba *et al.*, 2023). La région a un climat semi-aride marqué par deux saisons : une saison sèche et une saison des pluies. Les cumuls mensuels de précipitations entre 2018 et 2022 présentent une variation, avec un minimum de 76,5 mm en octobre et un maximum de 366,25 mm en août. La température moyenne oscille entre 12,9°C en minimum et 42,2°C en maximum (Sodelac, 2022). Pour cette étude, 120 parcelles ont été échantillonnées dans les trois polders modernes, à savoir

Matériel : Pour la géolocalisation des sites, un système de positionnement global (GPS) et

une carte de l'Afrique centrale à l'échelle de 1/200 000e ont été employés, conformément à la méthodologie établie par Mosrin en 1951. Les prélèvements en surface et en profondeur ont été effectués à l'aide de la tarière d'Edelman. Les tests ont été réalisés en utilisant le vinaigre d'alcool, l'acide chlorhydrique et le bicarbonate de sodium. L'utilisation de 250 g de bicarbonate de sodium (NaHCO₃) et de vinaigre d'alcool (CH₃-CO-OH) a permis la détermination du pH des échantillons. Pour l'estimation du calcaire actif, l'acide chlorhydrique (HCl) à 32% d'acidité a été le réactif de choix. Des précautions ont été prises pour éviter toute contamination des échantillons, notamment l'utilisation d'eau distillée et de récipients en plastique dépourvus de toute substance étrangère.



Fig.1. Tarière d'Edelman fixé dans le polder de Mandi en vue d'éventuel échantillonnage de sols dans une parcelle abandonnée

Disponibilité et Prix d'achat des dispositifs de tests : Les réactifs tels que le vinaigre d'alcool, l'acide chlorhydrique et le bicarbonate de sodium sont aisément accessibles en quantité suffisante sur le marché local de la province du Lac. Le coût d'un litre de vinaigre d'alcool, également connu sous le nom de vinaigre blanc, s'élève à 500 francs CFA (1 litre équivalent à 1 dollar américain). Pour

l'acide chlorhydrique à 32% d'acidité, le tarif est de 1500 francs CFA par litre (équivalent à 3 dollars américains). Un paquet de 250 grammes de bicarbonate de sodium blanc est disponible au prix de 2000 francs CFA (4 dollars américains). Ces dispositifs sont facilement accessibles financièrement pour les agriculteurs locaux.



Fig.2. Dispositif de test au vinaigre d'alcool (bidon en fermeture bleu), Acide chlorhydrique (bidon en fermeture blanc) et le paquet de bicarbonate de sodium.

Méthode d'étude sur le terrain

Prélèvement à la tarière : Une zone uniforme a été délimitée, et les prélèvements ont été réalisés de manière aléatoire dans les parcelles identifiées. La profondeur de prélèvement a été fixée entre 5 et 25 centimètres, en accord avec la profondeur d'enracinement des cultures concernées. Les échantillons prélevés ont été placés dans un sceau en plastique, puis mélangés pour former un échantillon composite représentatif de la zone étudiée. Un volume de cinq cents grammes (500g) de l'échantillon composite a ensuite été placé dans un sachet en plastique, conformément à la méthodologie établie par Mathieu en 1997.

Prélèvement dans une fosse : En tout, six fosses ont été excavées dans les trois polders (Tab.5). Un nettoyage méticuleux de la paroi de la fosse a été effectué du bas vers le haut afin de prévenir toute contamination supplémentaire de la paroi de la fosse. Ensuite, un prélèvement de 0,7 à 2 kilogrammes de sol a été réalisé, et l'échantillon obtenu a été placé dans un sachet en plastique, suivant la méthodologie détaillée par Baize & Jabiol en 2022.

Tests indicatif de calcaire actif et du pH des sols : Les tests ont été effectués sur l'ensemble des horizons du solum, comprenant la terre fine et les éléments grossiers, ainsi que sur les horizons composites (Afes, 2008 ; Baize,

2018 ; Baize & Jabiol, 2022 ; Jamagne, 1967). Les méthodes employées pour évaluer la teneur en calcaire actif sont celles de Jamagne en 1967 et la recommandation de FAO en 2006. Ces approches reposent sur l'observation et l'abondance de la taille des bulles générées pendant la réaction et l'effervescence.

Test au Bicarbonate de sodium (pH acide) : Ce test est employé pour évaluer le niveau d'acidité du sol. Deux cuillerées de terre sont

placées dans un récipient en plastique. Ensuite, la terre est humidifiée avec de l'eau distillée, une cuillerée de bicarbonate (Fig.2.) est ajoutée au verre contenant la terre humide, puis le mélange est réalisé en ajoutant 10 ml d'eau distillée. La nature de la réaction observée en fonction de l'intensité de l'effervescence, permet d'estimer le niveau d'acidité du sol. Le bicarbonate de sodium ne réagit pas en présence d'un sol basique ou neutre.

Tableau 1 : Correspondance approximative entre réaction d'effervescence et pH acide

pH	Teneur	Réaction/Effervescence	État
≥7	Aucune	Aucune	Neutre ou basique
5 à 6.5	Faible	Faible	Peu acide
4.2 à 5	Moyenne	Moyenne	Acide
3.5 à 4.2	Forte	Vive	très acide
<3.5	Très forte	Très vive	Hyperacide

Test au Vinaigre d'alcool (pH basique) : Ce test est employé pour évaluer la basicité du sol. Deux cuillerées de mottes de terre sont placées dans un verre en plastique. On y ajoute ensuite 10 ml d'eau distillée, puis on observe

la réaction en fonction de l'intensité de l'effervescence. Le vinaigre d'alcool ne réagit pas en présence d'un sol agricole acide ou neutre.

Tableau 2. Correspondance approximative entre réaction d'effervescence et pH basique

pH	Teneur	Réaction/Effervescence	État
≤7	Aucune	Aucune	neutre ou acide
7.5 à 8.7	Faible	Faible	basique
8.7 à 9.5	Forte	Forte	très basique
>9.5	Très forte	Très forte	hyperbasique

Test à l'Acide chlorhydrique : Ce test, effectué à basse température, vise à évaluer la teneur de calcaire actif dans le sol. On dépose deux cuillerées de mottes de terre dans un récipient en plastique, auquel on ajoute ensuite 10 ml d'acide chlorhydrique. On observe

ensuite la réaction en fonction de l'intensité de l'effervescence. Conformément aux spécifications de la FAO en 2006, l'acide chlorhydrique ne génère pas de réaction en l'absence de calcaires actifs dans un sol agricoles.

Tableau 3. Correspondance approximative entre réaction d'effervescence et teneur en CaCO₃ (Fao, 2006 ; Jamagne 1967)

CaCO ₃ en %	Teneur	Réaction
<2	Trace	Décelable
2-10	Faible	Faible
10-25	Moyenne	Moyenne
25-55	Forte	Vive
>55	Très forte	Très vive

Méthode d'étude au Laboratoire : Laboratoire, quatre paramètres issus des tests réalisés sur le terrain ont été analysés. Il s'agit du calcium, du magnésium, du pH et de la

conductivité électrique, déterminés par des méthodes classiques sur 14 échantillons sélectionnés dans les trois polders (Tab.1).

Tableau 4 Résultats de pH, du Ca et Mg réalisés au laboratoire

N°	Code	pH	CE (mmhos/cm)	Mg (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Ca ²⁺ /Mg ²⁺
1	BS-PNC	9,35	3,02	0,201	24,94	124,1
2	BS-PC	8,29	4,75	0,641	37,46	58,4
3	BS-PC	8,5	1,003	0,18	24,94	138,5
4	GN-PNC	8,76	0,552	1,11	24,94	22,5
5	GN-PC	8,48	0,4	1,314	24,94	19,0
6	GN-PC	8,4	0,5	0,6	37,46	62,43
7	MN-PNC	8,21	2,68	0,539	24,94	46,3
8	MN-PC	6,39	0,831	0,37	24,94	67,4
9	MN-PN	6,68	0,777	0,062	24,94	402,3
10	MN-PC	6,64	0,208qa	0,247	24,94	101,0
11	MN-PNC	8,22	1,939	0,251	24,94	99,4
12	MN-PC	7,77	0,531	0,411	24,94	60,7
13	MN-PNC	8,64	1,244	0,23	24,94	108,4
14	MN-PC	6,42	0,217	0,074	37,46	506,2

RÉSULTATS

Les résultats des analyses de laboratoire ainsi que ceux des tests réalisés au bicarbonate de sodium, au vinaigre d'alcool et à l'acide chlorhydrique sont présentés dans les Tableau 4 et Tableaux 5 ci-dessous.

Le pH

Le pH au vinaigre d'alcool : Le test au vinaigre d'alcool a révélé, sur un total de 28 échantillons (Fig.3A) de sol testés, que 8 échantillons présentaient un pH basique (pH=8), 10 échantillons avaient un pH neutre (pH=7), et 10 autres échantillons n'ont montré aucune réaction au vinaigre d'alcool (pH<6). Ces résultats concordent avec ceux obtenus au laboratoire (Fig.3D), où l'analyse de 14 échantillons de sol a montré que 8 d'entre eux avaient un pH basique (pH=8) et un échantillon avait un pH neutre (pH=7). Ainsi, Les analyses de sol réalisées en laboratoire confirment les résultats des tests au vinaigre d'alcool, démontrant que les sols des polders agricoles sont basiques et neutres (pH=7 et 8). Sur le plan morphologique, les sols basiques présentent une structure granulaire et polyédrique, avec une couleur jaune pâle 5Y 7/4 (Tab.5), tandis que les sols neutres ont une

structure polyédrique et compacte, dominée par une couleur brun grisâtre 10YR 5/3 (Tab.5). Les valeurs de la conductivité électrique obtenues lors de l'analyse en laboratoire indiquent que les sols des polders sont neutres (CE=0.5dS/cm) et basiques (CE=1dS/cm).

Le pH au Bicarbonate de sodium : Les résultats révèlent que parmi les 28 échantillons (Fig.3B) de sols soumis au test au Bicarbonate de sodium, 10 présentent un pH faiblement acide (pH=6), 10 autres ont un pH neutre (pH=7), tandis que 8 échantillons ne manifestent aucune réaction au test (absence d'effervescence). Ces résultats concordent avec ceux obtenus au laboratoire, où l'analyse de 14 échantillons de sols indique que 4 d'entre eux ont un pH faiblement acide (pH=6) et un échantillon a un pH neutre (pH=7). Les analyses en laboratoire (Fig.3D) confirment les constatations des tests au bicarbonate de sodium, démontrant que les sols des polders agricoles sont faiblement acides et neutres. Sur le plan morphologique, les sols acides présentent une structure granulaire de couleur très noire 5 2,5/1 (Tab.5), tandis que les sols à

pH neutre sont polyédriques et compacts, prédominants en couleur brun grisâtre 10YR 5/3 (Tab.5). Les valeurs de conductivité électrique issues de l'analyse en laboratoire

indiquent que les sols des polders sont faiblement acides ($CE=0.8dS/cm$) et neutres ($CE=0.5dS/cm$).

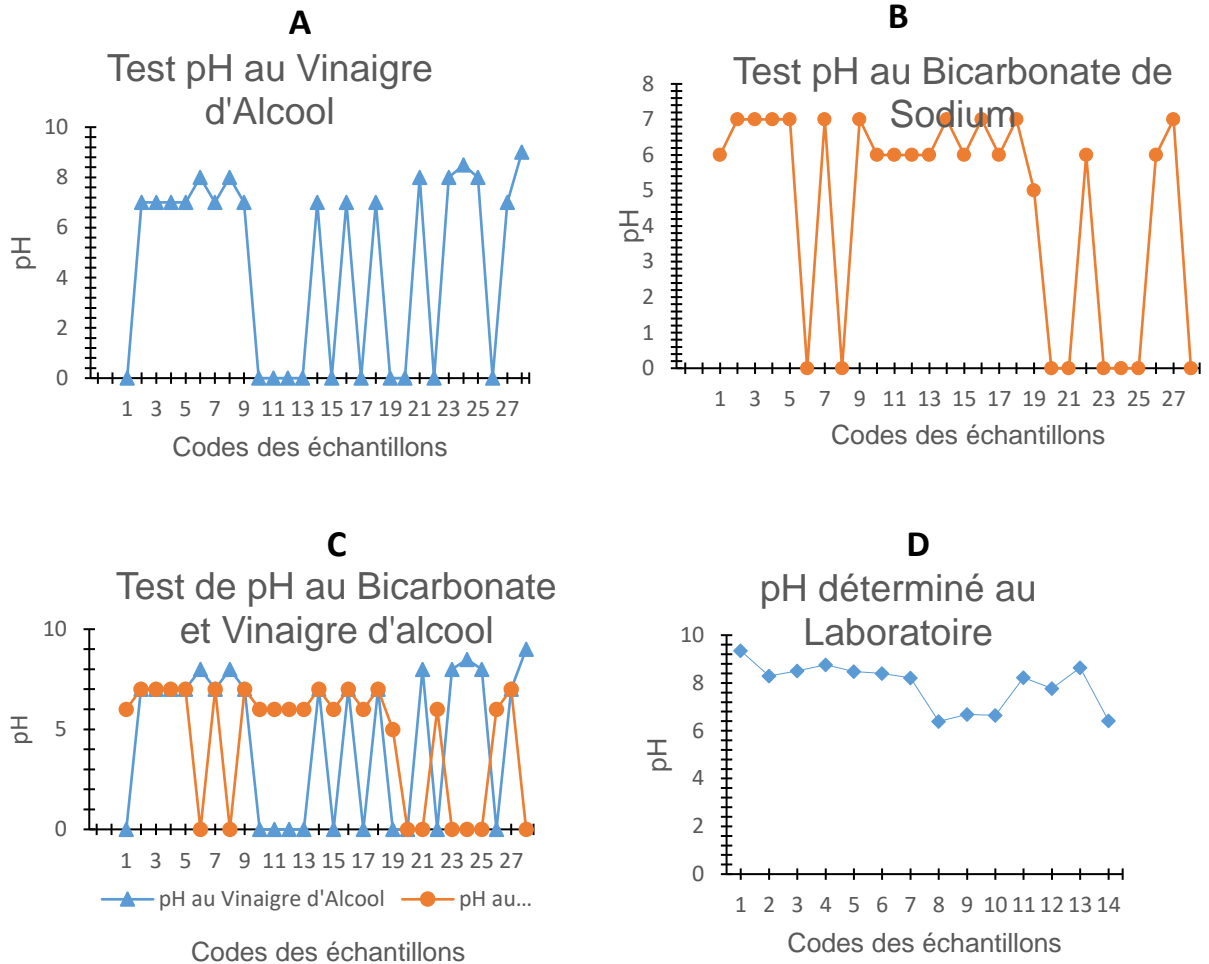


Fig. 3. Diagramme illustrant les tests réalisés sur le terrain et les analyses effectuées au laboratoire (A=test au vinaigre d'alcool, B=test au bicarbonate de sodium, C=test au vinaigre blanc et au bicarbonate de sodium, D=pH déterminé au laboratoire)

Tableau 5 : Résultats des tests réalisés sur le terrain

Nom des Polders	Code	Bicarbonate de sodium (pH)	Vinaigre d'alcool (pH)	Acide chlorhydrique (Calcaire actif en %)	Couleur (Code Munsell)	Nodules	Structure	Profondeur (cm)
BN-PC1-1	1	6	0	20	5Y4/3	Absence	Polyédrique	0-25
BN-PC1-2	2	7	7	0	2,5Y 3/2	Absence	Compact	25-40
BN-PC1-3	3	7	7	0	5Y 2,5/2		Granulaire	40-60
BN-PC1-4	4	7	7	0	5Y 4/4	Absence	Granulaire	60-90
BS-PNC1-1	5	7	7	0	5Y 4/4	Absence	Polyédrique	0-20
BS-PNC1-2	6	0	8	0	5Y 4/4	Absence	Compact	20-50
BS-PNC1-3	7	7	7	0	5Y 4/3	Absence	Compact	50-90
MN-PNC-1-1	8	0	8	0	10YR 2/1	Absence	Polyédrique	0-25
MN-PNC-1-2	9	7	7	5	2,5Y 3/3	Absence	Granulaire	25-40
MN-PNC-1-3	10	6	0	0	2,5Y 2,5	Absence	Granulaire	40-60
MN-PNC-1-4	11	6	0	0	10YR 2/2	Absence	Granulaire	60-90
MN-PC-2-1	12	6	0	0	10YR 3/3	Absence	Granulaire	0-25
MN-PC-2-2	13	6	0	0	10YR 2/2	Absence	Polyédrique	25-40
MN-PC-2-3	14	7	7	0	2,5Y 4/4	Absence	Compact	40-70
GN-PNC-1-1	15	6	0	55	5Y 4/3	Présence	Polyédrique	0-25
GN-PNC-1-2	16	7	7	50	2,5Y 3/2	Présence	Compact	25-40
GN-PNC-1-3	17	6	0	50	5Y 2,5/2	Présence	Granulaire	40-60
GN-PNC-1-4	18	7	7	0	5Y 4/4	Absence	Granulaire	60-90
GN-PNC-1-5	19	5	0	35	5Y 2,5/1	Présence	Compact	90-120
GN-PC-1-1	20	0	8,5	55	2,5Y 3/3	Présence	Particulaire	0-25
GN-PC-1-3	21	0	8	50	5Y 4/4	Présence	Granulaire	25-40
GN-PC-1-4	22	6	0	35	5Y 8/2	Présence	Compact	40-80
BN-PNC	23	0	8	0	10Y 3/2	Absence	Compact	0-25
MN-PNC	24	0	8,5	50	5Y 2,5/2	Absence	Polyédrique	0-25
GN-PNC	25	0	8	23	5Y 5/3	Présence	Polyédrique	0-25
BN-PC	26	6	0	0	5Y 4/4	Présence	Compact	0-25
MN-PC	27	7	7	0	10YR 2/1	Absence	Granulaire	0-25
GN-PC	28	0	9	55	2,5Y 4/3	Absence	Compact	0-25

Calcaire actif

Le test à l'acide chlorhydrique : Les résultats indiquent que, parmi les 28 échantillons de sols soumis au test, 16 échantillons n'ont pas manifesté de réaction (teneur <2%), tandis que sur les 12 échantillons réagissant à l'acide chlorhydrique (teneur >2%), on observe les répartitions suivantes : Les trois (03) échantillons présentent une teneur très forte en

calcaire actif ($\text{CaCO}_3 > 55\%$) ; 6 échantillons affichent une teneur forte en calcaire actif ($\text{CaCO}_3 = 25$ à 55%). Les deux (02) échantillons révèlent une teneur moyenne en calcaire actif ($\text{CaCO}_3 = 10$ à 25%). Les échantillons dévoilent une teneur faible en calcaire actif de $\text{CaCO}_3 = 2$ à 10% (AgroLeague, 2022).

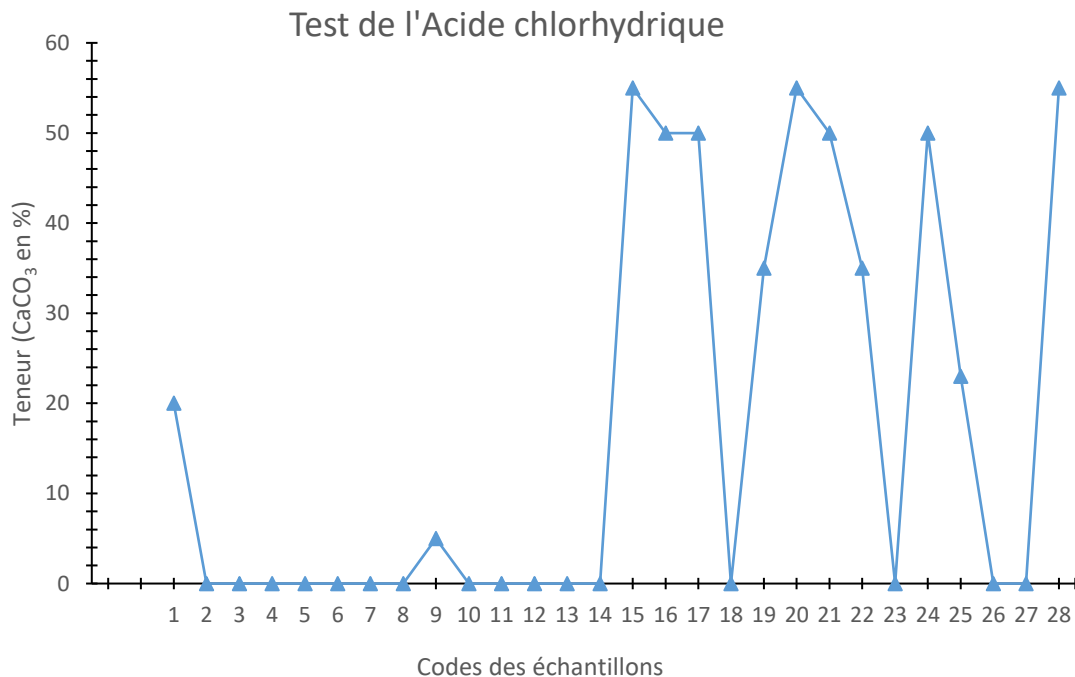


Fig.4. Test à l'acide chlorhydrique

DISCUSSION

Les résultats des analyses de pH au laboratoire et des tests d'acidité au bicarbonate de calcium et le vinaigre d'alcool ont révélé des conclusions similaires, démontrant que les sols des polders agricoles de Mandi, Guini et Berim sont faiblement acides, neutres à basique. Ces point de vues sont corroborées par les travaux antérieurs de plusieurs auteurs dans ces polders (Adoum, 2016 ; Sodeteg, 1992 ; Cheverry, 1965, 1974 ; Mbatingueal Ngarkibere, 2023). Un pH compris entre 6 et 8,4 est propice à la culture céréalière, mais un pH inférieur à 5,0 signale la présence d'aluminium échangeable,

entraînant des risques de toxicité aluminique pour des cultures telles que le blé (Baize, 2018 ; Afes, 2008). De plus, selon Baize (2018), le pH est un facteur important pour la mobilité des éléments traces et leur disponibilité pour les êtres vivants ; il existe un risque de phytodisponibilité du Cd à un pH inférieur à 6,0. Il est observé que dans les horizons des profils réalisés, le pH est faiblement acide en surface et neutre en profondeur (Tab.5) ; cela peut être attribué à la présence de matière organique en surface (Baize, 2018). En ce qui concerne le calcaire actif, les résultats des

analyses en laboratoire indiquent que les sols des polders agricoles de Mandi, Guini et Berim présentent un taux de calcium largement supérieur à celui de magnésium ($\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} > 19$ Cmol/Kg). Selon Afes (2008), un horizon est qualifié de calcique saturé, subsaturé ou resaturé lorsque la teneur en Ca^{2+} est largement prédominante (rapport $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} > 5$), avec une effervescence absente ou seulement localisée à l'acide chlorhydrique ; il est carbonaté lorsqu'il contient plus de 2% de calcite dans la terre fine, avec une effervescence généralisée au HCl à froid ou à chaud. Ainsi, les résultats des analyses en laboratoire, en concordance avec les tests à l'acide chlorhydrique, indiquent que les horizons des sols étudiés dans les polders sont carbonatés et calciques (Baize, 2018, Afes 2008). Même en faible teneur dans un horizon cultural, le calcaire actif joue un rôle crucial dans la régulation du complexe argilo-humique des sols agricoles, l'agrégation de la structure des sols, et la facilitation du drainage (Jabiol et Baize, 2022). De plus, le calcaire actif favorise l'activité biologique dans les sols cultivés, ayant un impact positif sur la décomposition de la matière organique (Singare *et al.*, 2022). D'un point de vue morphologique, les structures polyédriques et granulaires sont les

plus propices au développement des racines des plantes (Callot *et al.*, 1982). La structure des horizons varie dans les profils du bas vers le haut en fonction du pH et de la teneur en calcaire actif. En effet, la structuration des horizons joue un rôle essentiel dans la croissance des plantes en facilitant le ressuyage naturel, la rétention d'eau, l'aération, la pénétration racinaire et la distribution des racines (Baize & Jabiol, 2022). La couleur noire caractérise les sols faiblement acides, attribuée à l'abondance de matière organique et à l'activité métabolique des racines des plantes, selon Baize (2018). En sols irrigués, les structures compactes ont une capacité de drainage très réduite, ce qui peut entraîner des problèmes d'accumulation d'eau et rendre difficile la pénétration des racines des plantes cultivées. L'on constate la présence des nodules calcaires dans certains horizons culturaux et en profondeurs. Ces nodules peuvent contribuer à l'amélioration de la structure des sols favorisant la formation d'agrégats stables en réduisant l'érosion dans les sols irrigués (Singare *et al.*, 2022). Cependant, les nodules calcaires en teneur élevées contribuent à l'accumulation des sels dans le sol irrigués.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

À l'issue de cette étude visant à élaborer des méthodes estimatives à la fois efficace et simple pour estimer le taux de calcaire actif et le pH dans les sols des polders agricoles irrigués de Guini, Berim et Mamdi. Il ressort que les tests au bicarbonate de sodium, au vinaigre blanc et à l'acide chlorhydrique sont

des méthodes simples, efficaces et économiques que les agriculteurs tchadiens pourraient utiliser pour évaluer la teneur en calcaire actif et le pH de leurs champs par rapport aux analyses de laboratoires qui sont jusqu'à ces jours très coûteux et d'accès limités.

REMERCIEMENT

Je souhaite exprimer ma gratitude envers la Société de Développement du Lac (SODELAC), au Laboratoire de l'Institut de Recherche Agronomique pour le

Développement (Labo/ITRAD) et au Projet de Développement du Lac (ProLac) pour leurs contributions multiformes à cette étude.

RÉFÉRENCE

- Adoum, A. A. (2016). Matière organique et stockage du carbone dans les sols de polders de Bol nord-est du lac Tchad dans le contexte de changements globaux en milieu semi-aride. [Thèse de Doctorat, L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech)]. <https://theses.hal.science/tel-03116811/>
- AgroLeague, (2022). Gestion des amendements calciques et basiques partie 2 : Cycle et intérêt du calcium. <https://www.agro-league.com/blog/gestion-des-amendements-calciques-et-basiques-cycle-et-interets-du-calcium>
- Afes. (2008). Référentiel pédologique 2008 (Éditions Quæ). Edition Quæ. https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/11/Referentiel_Pedologique_2008.pdf
- Alladjaba, A., Likius, A., & Mousa, A. (2023). Granulométrie et évaluation de la salinité des sols des parcelles cultivées et non cultivées des polders agricoles sous culture de blé. Cas de Mandi, Berim-sud et Guini dans la commune de Bol en république du Tchad. 42, 85-97. https://revist.net/REVIST_42/6-ST-923.pdf
- Baize, D. (2018). Guides des analyses en pédologie. 3e édition revue et augmentée (édition Quæ). Christel Desmaris. <https://www.quae.com/produit/1531/9782759228379/guide-des-analyses-en-pedologie>
- Baize, D., & Jabiol, B. (2022). Guide pour la description des sols (édition Quæ). Camagref.Cirad.Ifremer, Inra. <https://www.quae.com/produit/1059/9782759216277/guide-pour-la-description-des-sols>
- Bechir, M. (2011). Statut nutritionnel et diversité alimentaire chez les femmes nomades et sédentaires rurales de la rive sud-est du Lac Tchad. Médecine Tropicale, 71(6), 582-587. <https://edoc.unibas.ch/22991/>
- Benzahra, S. (2019). *Impact de La Salinite des Eaux et du Potentiel Hydrogène sur L'écophysiologie de Quelques Glycophytes Cultivées En Hors-Sol* [Thèse de Doctorat, Université Saad Dahleb de Blida]. <https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/8809/1/32-630-417-1.pdf>
- Callot, G., Chamayou, H., Maerttens, C., & Salsac, I. (1982). Mieux comprendre les interactions sol-racine : Incidence sur la nutrition minérale (Versailles, INRA. PARI). <https://hal.science/hal-02858388/>
- Cirad. (1992). Le développement agricole au sahel Tome I. Milieux et défis. <https://agritrop.cirad.fr/333836/>
- Cheverry, C. (1965). Caractérisation pédologique des sols des polders de Bol (Lac-Tchad). https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers4/10551.pdf
- Cheverry, C. (1974). Contribution à l'étude pédologique des polders du Lac Tchad dynamique des sels en milieu continental subaride dans des sédiments argileux et organiques [Thèse de Doctorat]. Université Louis Pasteur de Strasbourg. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers4/06733.pdf
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/a0541e/a0541e.pdf>
- Jamagne, M. (1967). Bases et techniques d'une cartographie des sols. Anale de Géographie, 78(428), 477-478.

- https://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1969_num_78_428_15899
- Leonard, J., & Rajot, J.-L. (1998). Effets induits du paillage post-cultural d'un sol sableux encroûté au Sahel Conséquences sur l'amélioration de son fonctionnement hydrique. 18, 39-45.
https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-05/010015876.pdf
- Mathieu, C. (1997). Analyse physique des sols : Méthodes choisies (3e édition). <https://www.lavoisier.fr/livre/sciences-de-la-terre/analyse-physique-des-sols-methodes-choisies/mathieu/descriptif-9782743002831>
- Mbatingueal Ngarkibere. (2023). Morphologie et évaluation des propriétés agronomiques des sols des polders de Bol (Mandi, Guini et Berim sud) [Mémoire de Master à l'Université de N'Djamena-Tchad].
- Mosrin, J. (1951). Carte de l'Afrique centrale à 1/200 000 [Carte topographique]. <http://psig.huma-num.fr/omeka-s/s/Bertin/item/631045>
- Singare, P. B., Meshram, N. A., & Kausadikar, H. K. (2022). *Calcareous Soil and Their Management – A Review*. 3(4). https://www.researchgate.net/publication/366822272_Calcareous_Soil_and_Their_Management_-_A_Review
- Sodelac. (2022). Rapport des données météorologiques de la province du Lac.
- Yobom, O. (2020). Climate Change, Agriculture and Food Security in Sahel [Thèse de Doctorat]. Université Bourgogne Franche-Comté. <http://www.theses.fr/2020UBFCG001>