



UNIVERSITÉ D'ÉTAT D'HAÏTI
(UEH)

FACULTÉ D'AGRONOMIE ET DE MÉDECINE VÉTÉRINAIRE
(FAMV)

DÉPARTEMENT DES RESSOURCES NATURELLES ET ENVIRONNEMENT
(DRNE)

Mémoire de fin d'études

*«Évaluation de la fertilité physico-chimique des sols de la plaine du
département de Nord-Est pour l'implantation de la culture de la canne
à sucre. Étude de cas : Garde-Saline, Malfety, Phaéton »*

Préparé par : Riphine MAINVIEL

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur- Agronome

Promotion : 2009-2014

Octobre 2015

Ce mémoire intitulé :

« Évaluation de la fertilité physico-chimique des sols de la plaine du département de Nord-Est pour l'implantation de la culture de la canne à sucre. Étude de cas : Phaéton, Malfety, Garde Saline »

A été approuvé par le jury composé de :

	Signature	Date
Neudy JEAN-BAPTISTE, Ing-Agr., Ph.D. Président du jury/.../...
Eric Junior VILMONT, Ing-Agr., M.Sc. Membre du jury/.../...
Hans GUILLAUME. Ing-Agr., M.Sc. Conseiller scientifique/.../...
Jocelyn LOUISSAINT. Ing-Agr., M.Sc. Conseiller scientifique principal/.../...

Évaluation de la fertilité physico-chimique des sols de la plaine du département de Nord-Est pour l'implantation de la culture de la canne à sucre. Étude de cas : Phaéton, Malfety, Garde-saline

DÉDICACES

Ce travail de recherche est dédié à :

- La mémoire de ma très regrettée mère Louise SIMPLICE ;
- Mon père Alix MAINVIEL ;
- Mon cousin Wilson MINVIEL ;
- Mes frères et sœurs ;
- Ma meilleure amie Elsie GASPARD ;
- Tous ceux et toutes celles qui rêvent d'une Haïti meilleure.

REMERCIEMENTS

Nombreux sont ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réalisation de cette étude. Tout d'abord, mes plus sincères remerciements sont adressés au Grand Dieu tout puissant, pour m'avoir donné la vie, la santé, l'intelligence, le courage et les moyens nécessaires pour réaliser ce travail.

Ensuite, je remercie d'une façon spéciale:

- Mes conseillers scientifiques : Jocelyn LOUISSAINT et Hans GUILLAUME qui ont su m'aider dans la construction de mes réflexions tout au long de ce travail à travers leurs remarques pertinentes ;
- Le professeur Éric Junior VILMONT pour son assistance ;
- Le Corps Professoral de la FAMV, particulièrement ceux du département des RNE pour leur contribution à ma formation durant ces cinq années d'étude ;
- Tout le personnel du laboratoire de sol de la FAMV, particulièrement les techniciens pour leur inestimable appui ;
- Madame Béatrice FÉLIX pour ses remarques ;
- Le personnel de la bibliothèque de la FAMV pour m'avoir facilité la documentation ;
- Les Ingénieurs-Agronomes : Dany SAINT-LOUIS, Socrates HENRY, Guensly JOSEPH ainsi que Steevensen ALCIUS pour leur aide dans les travaux de terrain ;
- Mon cousin Wilson MINVIEL pour son précieux soutien tout au long de mes cinq années d'étude ;
- Tous les étudiants de la promotion Fiat-lux, spécialement ceux de l'option RNE ;
- Mes amis de la cellule de prière pour leur collaboration ;
- Mon père Alix MAINVIEL ainsi que mes frères et sœurs pour leur amour, leur soutien ;
- Ma meilleure amie Elsie Gaspard pour ses précieux conseils ;
- Mon petit ami Josué ST Fort dont le support ne m'a jamais fait défaut.

RÉSUMÉ

La croissance de la population se fait à un rythme exponentiel tandis que les ressources naturelles deviennent de plus en plus limitées. D'où la nécessité d'une gestion durable de ces dernières afin de pouvoir satisfaire les besoins de la population actuelle sans pour autant compromettre la génération à venir. Au niveau du département de Nord Est, il y a une vaste plaine qui se trouve en proie à une sous-utilisation et est colonisée par une végétation spontanée constituée d'essences xérophytiques. Un travail visant à disposer de données sur la fertilité physico-chimique de ces sols par rapport aux exigences de la canne à sucre a donc été entrepris en vue d'une meilleure exploitation de ces derniers.

Pour cela, une superficie de 2579.24 ha, qui se trouve à cheval sur les communes de Fort-liberté et de Terrier-rouge, a été mise à l'étude. Ainsi, 68 sites de prélèvement y ont été placés par quadrillage systématique. Mais, à cause des problèmes d'accessibilité, seulement 38 sites ont été échantillonnés. Dans la majorité des sites, les échantillons ont été prélevés à deux niveaux (0 à 20 cm et 20 à 40 cm), lesquels ont été envoyés au laboratoire pour analyses. À partir des observations de terrain et du prélèvement des échantillons, les sols ont été subdivisés en 2 unités pédologiques : les sols isohumiques et les sols bruns eutrophes. Dans chacune de ces unités a été ouvert un profil cultural.

Le traitement et l'interprétation des résultats ont révélé que ces sols ont une texture à prédominance limono-argilo-sableuse et limono-sableuse, une structure et une profondeur convenables à la canne à sucre. Ils ne présentent pas de risques de salinité avec $CE_{25} < 2 \text{ mmhos}$ et $ESP < 15\%$. Ils ont une capacité d'échange élevée ($CEC = 36 \text{ méq/100g}$ en moyenne), une saturation en cations autour de 100%, ce qui traduit leur richesse en cations bien qu'ils ne se trouvent pas dans les proportions adéquates. Ils accusent une teneur considérable en MO dans l'unité I, ce qui est différente pour l'unité II et une bonne minéralisation de la MO avec un rapport C/N au voisinage de 10. En outre, une teneur appréciable en potassium et une carence en azote et en phosphore ont été mesurées. Tenant compte de ces résultats, il est recommandé d'apporter un peu plus de matière organique aux sols bruns eutrophes pour pouvoir améliorer leur activité biologique, de compenser la carence en azote et en phosphore par fertilisation et de mettre en place un système d'irrigation dans la zone afin de satisfaire les exigences hydriques de la canne à sucre toutes les fois que cela se révèle techniquement possible et économiquement viable.

Table des matières	
DÉDICACES	iii
REMERCIEMENTS	iv
RÉSUMÉ	v
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	x
LISTE DES ANNEXES	xi
I.-INTRODUCTION	1
1.1.-Problématique	1
1.2.-Objectifs	2
1.2.1.-Objectif général	2
1.2.2.-Objectifs spécifiques	3
1.3.-Hypothèse	3
1.4.-Intérêt de l'étude	3
1.5.- Limitations de l'étude	3
II.-REVUE DE LITTERATURE	4
1.3.-Présentation du <i>Saccharum officinarum</i>	4
1.3.1.-Écologie	4
1.3.2.-Exigences de la canne à sucre	4
2.2.- Travaux réalisés dans le domaine	6
2.2.1.-Travail effectué sur les sols de la plaine de Léogâne (2008).	7
2.2.2.-Étude réalisée dans la commune de Camp-Perrin (2004)	8
2.2.3.-Étude réalisée sur les sols de la plaine de Léogâne (2004)	9
2.2.4.-Travail réalisé sur les sols aux alentours des lacs artificiels de Pandiassou (1999)	10
III.-METHODOLOGIE	12
3.1.-Présentation de la zone d'étude	12
3.1.2.- Climat	12
3.1.3.-Géologie et morphologie	15
3.1.4.-Hydrologie	15
3.1.5.- Système de culture	15
3.1.6.-Système d'élevage	15

3.1.7.-Environnement socio-économique	16
3.2.-Matériel utilisé	17
3.3.-Méthode de travail	17
3.3.1.-Recherche bibliographique	17
3.3.2.-Visite de reconnaissance	17
3.4.- Caractérisation des sols	17
3.4.1.- Délimitation et calcul de l'aire d'étude	17
3.4.2.- Choix du nombre de sites de sondage	18
3.4.3.- Distribution des sites	18
3.4.4.- Description et échantillonnage des sites	18
3.5.-Analyse de laboratoire	21
3.6.-Traitement des données et interprétation des résultats	21
3.7.-Exigences de la canne à sucre	22
IV.-RESULTATS ET DISCUSSIONS	23
4.1.-Les Caractéristiques de l'espace d'étude	23
4.1.2.-Les paramètres de l'étude	23
4.1.3.-Présentation des sols isohumiques (unité I)	23
4.1.4.-Présentation des sols bruns eutrophes (unité II)	32
4.2.- Exigences de la canne à sucre et disponibilités du sol	41
4.2.1.- Facteur climatique	41
4.2.2.-Facteur pédologique	42
4.2.3.-Disponibilités du sol en éléments nutritifs (N, P, K) par rapport aux exigences de la canne à sucre	43
V.-CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	45
5.1.- Conclusions	45
5.2.- Recommandations	47
BIBLIOGRAPHIE	48
ANNEXES	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Besoins en éléments nutritifs de la canne à sucre en Kg par tonne de canne usinable à l'hectare.	6
Tableau 2 : Température (T) moyenne mensuelle (mm/mois) en oC. Fort-Liberté.....	12
Tableau 3 : Précipitation (P) moyenne mensuelle (mm/mois) de la région Nord-Est	12
Tableau 4 : Évapotranspiration (ETP) moyenne mensuelle (mm/mois). Fort-Liberté	14
Tableau 5 : Vitesse du vent moyenne (km/h/mois) de Fort-Liberté	15
Tableau 6 : Densité démographique de la population des communes de Fort-Liberté et de Terrier-Rouge	16
Tableau 7 : Présentation des paramètres étudiés et calculés pour les sols isohumiques (Unité I).....	27
Tableau 8 : Fréquence relative simple des données de l'unité I (prof : 0-40cm).....	28
Tableau 9: Présentation des paramètres étudiés et calculés pour les sols bruns eutrophes (Unité II)	34
Tableau 10: Fréquence relative simple des données de l'unité II (prof : 0-40cm).....	35
Tableau 11:Présentation des paramètres analysés et calculés pour les cations échangeables de la superficie d'étude.....	40
Tableau 12: Disponibilité des deux unités en éléments majeurs (N, P, K) sur une profondeur de 0 à 20cm.....	43
Tableau 13: Apports d'éléments majeurs recommandés pour cette culture dans les 2 unités en Kg/ha.....	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude	13
Figure 2 : Représentation graphique de l'humidité relative moyenne mensuelle (%) de Fort-Liberté	14
Figure 3: Carte de distribution des sites de prélèvement	20
Figure 4: Carte de délimitation des deux (2) unités pédologiques	24

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

A : Argile

Ca : calcium

CEC: Capacité d'Échange Cationique

CE : Conductivité Electrique

Cm : centimètre

CO : Carbone Organique

DRNE : Département des Ressources Naturelles et Environnement

FAMV : Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire

FAO : Food and Agriculture Organisation

GRET : Groupe de Recherche et d'Echange Technologique

Ha : Hectare

IHSI : Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique

Kg : Kilogramme

L : Limon

M : Mètre

MARNDR : Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural

Mé : Milliéquivalent

Mg : Magnésium

MO : Matière Organique

Mmhos/cm : Millihom par centimètre

N : Azote

Na : Sodium

P : Phosphore/poids

PADEDD : Plan d'Actions Départemental pour l'Environnement et le Développement Durable de Nord-Est

S : Sable ou Somme des bases

UTSIG : Unité de Télédétection et de Systèmes d'Information Géographique

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Normes d'interprétation

Annexe 2 : Les méthodes de calcul des résultats

Annexe 3 : Formules utilisées pour le calcul de la disponibilité du sol en éléments majeurs

Annexe 4 : Résultats bruts des analyses de Laboratoire

I.-INTRODUCTION

1.1.-Problématique

Ces dernières décennies, l'augmentation considérable de la population mondiale a occasionné des pressions sans précédents sur les ressources naturelles. La croissance démographique et la pression exercée sur les maigres ressources des régions forestières et montagneuses ont entraîné au cours du vingtième siècle une dégradation accrue de l'environnement (FAO, 1986). Selon Sédogo (1981), une telle évolution entraîne une forte pression sur les ressources en terres cultivables ainsi que sur les couvertures végétales à travers le monde. Cette exploitation à outrance des ressources naturelles, influence la capacité des sols à produire la biomasse nécessaire aux besoins d'une population de plus en plus nombreuse.

Dans certains pays du globe, suite à une déforestation ou un surpâturage, les problèmes de pertes de sol au niveau des versants sont devenus très courants et contribuent grandement à un appauvrissement des sols cultivés (CHAPONNIERE, 2005). La jachère qui était le seul moyen traditionnel de restauration de la fertilité des sols est moins pratiquée à cause de la forte demande en terres cultivables (Pichot et al 1981 ; Bado, 2002). La faiblesse de la fertilité constitue l'une des contraintes majeures de la production agricole dans certains pays en développement. Selon FAO (2003), les carences généralement identifiées sont celle de l'azote, du phosphore, du calcium, du soufre et de certains oligo-éléments.

En Haïti, les sols sont également en proie à une baisse de fertilité en raison des pratiques culturales inadaptées au relief du pays. Environ 63% des terres ont une pente de plus de 20%, et 58% d'entre elles sont cultivées d'une manière inadéquate. Les estimations de la part des terres cultivées impropres à l'agriculture varient de 20 à 80% (BELLANDE, 2009). Selon BELLIARD et NORRIS (1999) les eaux de pluie charrient annuellement 36 000 000 tonnes de terre arabes équivalant à une surface de 12 000 ha sur une profondeur de 20 cm, tandis que l'érosion irréversible a déjà rendu 15% du territoire nationale irrécupérable. Tout ceci laisse voir l'importance d'une meilleure exploitation des sols de plaine lesquels sont plus aptes à l'agriculture.

En effet, vers les années 1940 le Nord-Est a connu une agriculture industrielle grâce à l'exploitation du sisal. À cette époque, Haïti était au troisième rang des producteurs mondiaux de pite. Cependant, la baisse des prix sur le marché international et les retombées négatives de l'environnement politique du début des années 1980, ont provoqué la désaffectation des plantations. Depuis, les exploitants de la zone pratiquent d'autres cultures comme l'arachide, le maïs, le haricot, le manioc Du sisal il ne reste que des souches et l'espace est utilisé à d'autres fins (PADDED, 2004). Puisqu'il s'agit de l'agriculture pluviale, la mauvaise distribution de la pluie dans la zone tant dans le temps que dans l'espace engendre d'énormes pertes au niveau des cultures. Car en période pluvieuse, cette zone est en proie à des inondations, et en période de sécheresse, l'eau se fait rare à cause d'une mauvaise gestion de cette ressource tant indispensable à l'agriculture. Donc, les exploitants, conscients de ce fait, se gardent de s'adonner à la production agricole. Ainsi, cette immense plaine s'est transformée en savanes à végétation spontanée constituée essentiellement de bayahonde (*Prosopis juliflora*), neem (*Azadirachta indica*) et d'autres espèces xérophytes. Or, en raison de la croissance démographique, le besoin d'espace pour l'agriculture et aussi pour l'habitat se fait sentir de plus en plus. Les zones environnantes comme Ouanaminthe et la ville du Cap peuvent en témoigner de par l'importance de la population qui s'y entasse. Donc, une bonne connaissance des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de ces sols pourrait faciliter la mise en valeur rationnelle de cette plaine.

Le niveau de fertilité des sols sur le point physico-chimique n'étant pas encore bien connu, il constitue une limitation à tout processus de valorisation optimale de ces derniers sur le plan agricole. Ainsi, cette étude se donne pour tâche d'évaluer la fertilité physico-chimique des sols des localités Malfety, Phaéton et Garde Saline dans la perspective de l'introduction d'une culture intensive de la canne à sucre.

1.2.-Objectifs

1.2.1.-Objectif général

Le principal objectif de ce travail consiste à générer des données sur le niveau de fertilité physico-chimique des sols de l'aire d'étude dans la perspective d'introduire une culture intensive de canne à sucre.

1.2.2.-Objectifs spécifiques

- Évaluer les potentialités physico-chimiques des sols de la zone d'étude ;
- Comparer les exigences de la canne à sucre aux caractéristiques des sols de l'aire d'étude ;
- Formuler des recommandations pouvant contribuer à l'atteinte du but visé.

1.3.-Hypothèse

Les sols des localités Garde saline, Malfety et Phaéton peuvent satisfaire les exigences de la canne à sucre.

1.4.-Intéret de l'étude

Cette étude rendra disponibles des données sur le niveau de la fertilité des terres de cette zone tant pour les utilisateurs que pour les différents acteurs tels que les autorités étatiques et ONG. Ce qui pourra servir de référence pour mieux orienter les prises de décisions agricoles dans le futur. Elle permettra aussi d'ouvrir la voie à d'autres travaux de recherche qui permettront d'aboutir à des résultats plus approfondis.

1.5.- Limitations de l'étude

Certaines contraintes ont été rencontrées au cours de la réalisation de ce travail :

- En raison du dysfonctionnement de certains matériels au laboratoire de la faculté, certaines analyses n'ont pas pu être effectuées tels que : Mg, Ca, S.
- Faute de l'insuffisance de certains réactifs, certaines analyses comme le carbone organique et autres ont été réalisées uniquement sur les échantillons de surface (0-20cm).

II.-REVUE DE LITTERATURE

1.3.-Présentation du *Saccharum officinarum*

La canne à sucre dont le nom scientifique *Saccharum officinarum*, est une plante de la famille des Poacées (graminées). Elle est cultivée pour sa tige dont on extrait du sucre. La canne est une plante vivace de grande longévité dont l'aspect rappelle celui du roseau. Elle repousse spontanément après chaque coupe. Mais, après quelques années (4 à 7 ans), la plante vieillit et le remplacement doit se faire en arrachant les vieilles souches, puis préparer les sillons dans lesquels seront placées les boutures. La plante possède des racines denses pouvant s'enfoncer profondément dans le sol, mais la plupart d'entre elles s'étalent à environ 25 à 40 cm de la surface dans un périmètre qui peut atteindre régulièrement 2 à 5 m autour de la souche. Elles renferment de nombreux poils absorbants qui aspirent l'eau et les sels minéraux du sol. Dépendamment de l'espèce utilisée, les tiges peuvent atteindre une hauteur allant de 2,5 à 6 m et un diamètre de 1,5 à 6 cm. Leur écorce épaisse et lisse va du jaune au violet selon les variétés. Les feuilles alternes, sont réparties en deux files opposées et ont un limbe de 1 m de long sur 2 à 10 cm de large pesant environ 300 g et plus. Elles sont au nombre de 10 sur la plante en pleine croissance, la partie inférieure de la tige se dénudant au fur et à mesure que les feuilles basses se dessèchent. L'inflorescence de cette plante est une panicule terminale de 50 cm à 1 m de long. Sa culture s'étend dans les régions situées de part et d'autre de l'Equateur entre les latitudes 35° Nord et 30° Sud (Arzate, 2005).

1.3.1.-Écologie

Le climat constitue un facteur déterminant quant au cycle de la canne à sucre, sa croissance ainsi que sa maturation. L'eau et la chaleur favorisent sa croissance tandis que la sécheresse et le froid sont favorables à sa maturation (Mémento, 1993).

1.3.2.-Exigences de la canne à sucre

1.3.2.1.-Température

Selon Arzate (2005), les températures élevées, entre 26 °C et 34 °C, sont favorables à la croissance végétative de la canne. Par contre, en dessous de 20 °C, sa croissance est pratiquement nulle. Cette culture ne tolère pas le gel non plus.

1.3.2.2.-Besoin en eau

Des précipitations annuelles allant de 1500 à 2000 mm bien réparties sur toute la période de croissance s'avèrent être le régime qui convient le mieux à la canne à sucre. Une grande pluviosité ne présente aucun inconvénient, mais au cours des 4 à 5 mois correspondant à la période de maturation et de récolte de la canne, la sécheresse est sine qua non (Arzate, 2005).

1.3.2.3.-Types de sols

La culture de la canne n'est pas trop exigeante, elle pousse pratiquement dans tous les sols, pourvu qu'ils soient profonds, meubles, riches en éléments fertilisants et suffisamment humides. Mais, d'après Fauconnier (1970), les meilleurs sols pour cette culture sont ceux d'origine volcanique ou des alluvions récentes à forte capacité de rétention en eau et ayant une texture limoneuse ou argilo-sableuse et une structure particulière ou poreuse. Ces sols doivent avoir une profondeur de 0.7 à 0.8 m et si possible, avec un drainage naturel aisé. Leur pH doit être compris entre 6.0 et 8.0, ils doivent avoir une vie microbienne active, une teneur en matière organique et des réserves assez élevées en azote et en éléments minéraux assimilables. Ils doivent être dépourvus d'excès en sels toxiques et de carences en oligo-éléments.

1.3.2.4.-Exportation en éléments majeurs (en Kg) par tonne de canne à sucre usinable

La nutrition minérale de la plante varie en fonction des variétés et de la teneur du sol en éléments nutritifs. Une estimation de la quantité d'éléments fertilisants en kg exportés par la plante pour produire une tonne de canne est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1: Besoins en éléments nutritifs de la canne à sucre en Kg par tonne de canne usinable à l'hectare.

Culture	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
Canne usinable	0.72	0.42	1.47	0.12	0.20	0.27
Sommités et paille	0.15	0.32	1.52	0.68	0.32	0.16
Souches et racines	0.26	0.12	0.39	0.13	0.09	0.07
Totaux	2.13	0.86	3.38	0.93	0.61	0.50
Valeurs extrêmes	1.56-2.30	0.65-1.28	2.23-4.60			

Source : Mémento d'agronome, 2002

2.2.- Travaux réalisés dans le domaine

Parmi les études réalisées dans le domaine de la fertilité des sols, on peut citer :

- AZAR (2008): Évaluation de la fertilité physico-chimique des sols de la plaine de Léogâne par rapport aux cultures de rente (maïs, haricot, canne à sucre). Etude de cas : la localité de Darbonne;
- FILS-AIMÉ (2004): Évaluation de la fertilité physico-chimique des sols de la plaine de Léogâne. Etude de cas : Masson et Macombre ;
- MÉNÉLAS (2004): Évaluation de la fertilité chimique des terres irriguées de la localité de Journy, Commune de Camp-Perrin ;
- JOSEPH (1999): Évaluation de la fertilité des sols aux alentours des lacs artificiels de Pandiassou (Hinche) ;
- ESTIMÉ (1998): Évaluation de la fertilité de 100 hectares de terre situés à Laury (Cap-Haïtien) ;
- JEAN (1997): Évaluation de la fertilité de 60 hectares de terre en fonction des exigences de la carotte. Cas d'habitation Corbier (Fermathe Haïti);
- ALEXANDRE (1994): Évaluation de la fertilité des sols du périmètre irrigué des Matheux (Arcahaie) compte tenu des exigences du bananier ;
- ERNEST (1994): Évaluation de la fertilité des sols à Désarmes dans le périmètre irrigué de Maury (Vallée de l'Artibonite) et ;
- CADOT (1990): Évaluation de la fertilité des sols à Bas Boën dans le périmètre irrigué de la rivière blanche (plaine du cul-de-sac).

Les travaux les plus récents traitant de la fertilité des sols sont présentés dans les paragraphes ci-après.

2.2.1.-Travail effectué sur les sols de la plaine de Léogâne (2008).

En 2008, Azar a évalué la fertilité physico-chimique des sols de la plaine de Léogâne particulièrement au niveau de la localité de Darbonne par rapport aux cultures de rente (maïs, haricot, canne à sucre). Selon lui, Darbonne, comme nombreuses autres régions du pays, fait face à une diminution de la fertilité des sols agricoles à cause de la pression exercée sur ces maigres ressources par une population sans cesse croissante.

Pour la réalisation de ce travail deux unités pédologiques ont été délimités. Au niveau de chaque unité, un profil cultural a été ouvert et des échantillons y ont été prélevés suivant la méthode de prélèvement en diagonales sur les parcelles de manière à obtenir un échantillon composite. Les échantillons prélevés ont subi les tests suivants : le pH, la conductivité électrique (CE), la granulométrie, le carbone organique (CO) et la matière organique (MO), l'azote total, le phosphore, la capacité d'échange cationique (CEC), le calcaire total et actif, les cations échangeables.

Après le traitement des données, il a pu constater que le taux moyen de sodium pour les deux unités (0,47 et 0,46 méq/100g) et de CE (0,158 et 0,135 mmhos/cm) ne présentent aucun risque pour les cultures en place (maïs, haricot, canne), ainsi que le pH qui tend vers l'alcalinité. Avec une teneur moyenne de CaCO_3 total (2,085% et 3,17%) et le calcaire (3,5% et 3,33%) pour les deux unités, il a pu voir que le risque de chlorose était faible pour les cultures pratiquées dans la zone. Concernant les éléments majeurs (N, P, K), il a constaté que leurs niveaux dans les sols sont déficients par rapport aux cultures cibles. La C.E.C de ces sols (47,15 et 42,37 méq/100g pour les 2 unités I et II) est supérieure au seuil convenable (12-25 méq/100g). La teneur moyenne en magnésium dans les deux unités (8,45 et 6,17 méq/100g de terre) est au-dessus de la classe moyenne convenable (2,5 à 5meq/100g) et ne constituait pas une limitation pour les plantes.

En fonction des résultats obtenus, il a pu affirmer que la diminution des rendements des cultures pratiquées dans la zone résulte d'un très faible niveau de la fertilité physico-chimique des sols de la zone d'étude. Selon lui, pour pouvoir répondre aux exigences nutritionnelles des différentes cultures pratiquées dans la zone, on pourrait procéder par l'application du compost, des engrais verts et/ou des engrais minéraux.

2.2.2.-Étude réalisée dans la commune de Camp-Perrin (2004)

Dans la commune de Camp-Perrin, une évaluation de la fertilité chimique des terres irriguées de la localité de Journy a été réalisée par Ménélas en 2004.

Suite à un constat des régressions considérables des rendements des cultures pratiquées au niveau de cette zone, comme dans tant d'autres régions du pays, il avait jugé nécessaire de mener une telle étude en vue de combler la carence de données sur cette matière qui constitue une limitation à tout processus de valorisation du système agricole de la zone.

Pour pouvoir effectuer ce travail, après la délimitation de l'aire d'étude, 16 sites de prélèvement d'échantillons y ont été établis, suivant un quadrillage systématique. Dans chacun d'eux, le prélèvement a été fait à deux niveaux, un premier de 0 – 30 cm et un second de 30 – 60 cm. Pour pouvoir observer certaines caractéristiques favorables au développement des cultures et la façon dont les couches sont exploitées par les racines, il a procédé à l'ouverture de deux profils de dimensions 1.2 m *1.0 m*1.0 m. ce qui a abouti à un total de 38 échantillons.

Sur les échantillons provenant de chacun des sites, ont été effectués les tests qui suivent : la granulométrie, le pH, la conductivité électrique (CE), le taux de matière organique, l'azote total, le calcaire actif, la capacité d'échange cationique (CEC), les cations échangeables, le phosphore assimilable. Par contre, ceux provenant des profils ont subi seulement les quatre premiers tests.

Le traitement statistique des résultats d'analyse de laboratoire a révélé que le sol de Journy présente :

- un pH, une texture et une structure favorables au développement des cultures pratiquées dans la zone d'étude ;
- une teneur élevée en calcium, moyenne en magnésium et faible en potassium et en sodium. Ce qui pourrait engendrer un déséquilibre entre les cations du sol.

En comparant les besoins des cultures pratiquées avec la disponibilité réelle du sol en éléments majeurs (N-P-K), il a pu constater que les sols de Journy souffrent d'une carence en azote et un déséquilibre entre les cations.

Pour remédier au problème de fertilité chimique de ces sols, il a proposé de faire un apport de :

- potassium pour le maintien de l'équilibre entre les cations afin d'éliminer la carence en cet élément ;
- azote minéral et/ou matière organique pour l'augmentation du taux d'azote.

2.2.3.-Étude réalisée sur les sols de la plaine de Léogâne (2004)

Cette étude consistait à évaluer la fertilité physico-chimique de 148 ha des sols de la plaine de Léogâne plus précisément au niveau des zones Masson et Macombre en vue de relever les limitations physiques et chimiques, et mettre à la disposition du public des données fiables pouvant leur permettre de prendre de meilleures décisions quant à l'utilisation des fertilisants chimiques.

Pour la réalisation de ce travail, deux unités préalables ont été délimitées, au sein desquelles ont été placés des points de sondage à raison d'un site pour chaque 12 ha. Ainsi, il a obtenu un total de 12 sites dont chacun a été l'objet de trois prélèvements dont : 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm. D'où, ces 36 échantillons prélevés ont été soumis à des analyses de laboratoire. De plus, un profil a été ouvert et deux sites différents ont été l'objet de test d'infiltration dans chacune des unités.

Après avoir traité les données et interprété les résultats, Alix a pu constater que ces sols :

- présentent une texture légère avec des risques d'ensablement poussées à long terme à cause des débordements répétés de la rivière Momance y déposant du sable et d'autres matériaux ;
- sont légèrement alcalins ;
- ne présentent pas de problèmes d'alcalinité ;
- ont un taux moyen de calcaire actif ;
- ont une faible capacité d'échange cationique ;
- sont déficients en éléments majeurs (N-P-K) ;
- possèdent des cations en proportion déséquilibrée.

Pour faire face à ces différents problèmes, il a proposé :

- d'aménager le bassin versant de Momance ;

- de combler les déficiences en éléments majeurs par apport d'engrais, en fonction des quantités mobilisées par la culture concernée.

2.2.4.-Travail réalisé sur les sols aux alentours des lacs artificiels de Pandiassou (1999)

Cette étude était réalisée dans le but d'apporter des éléments de solution, à la faible production agricole constatée dans la zone, par l'amélioration du niveau de fertilité des sols. Ainsi, l'aire d'étude était constituée de 30 ha localisés aux abords des lacs collinaires. Les points de sondages ont été choisis à raison d'un point pour chaque 6 ha, ce qui a fait un total de 50 points. En fait, deux échantillons de sol ont été prélevés à des profondeurs différentes à chaque point de sondage dont : le premier de 0-30 cm et l'autre de 30-60 cm. Des profils ont été ouverts à certains points de sondage afin de pouvoir explorer le sol en profondeur. Après quoi, les échantillons ont été transportés au laboratoire pour subir les mêmes tests que précédemment.

Le traitement et l'interprétation des résultats de la dite étude ont révélés que ces sols ont surtout :

- un pH fortement alcalin dû à une teneur élevée de ces sols en calcium échangeables ;
- un problème au niveau de la texture qui est très argileuse et la structure qui est pour la plupart massive ;
- une forte carence en éléments fertilisants majeurs (N-P-K) ;
- un certain déséquilibre entre les cations échangeables.

Dans le but d'améliorer le niveau de fertilité de ces sols, il a formulé les recommandations qui suivent :

- toujours restituer au sol les résidus végétaux pour combattre la structure massive ;
- intensifier les cultures ou de faire usage d'engrais acidifiants pour combattre leur pH fortement alcalin ;
- promouvoir l'usage de fertilisants à base de déjections d'animaux tel que « fumier de bovin + Guano » pour compenser leur carence excessive en éléments fertilisants majeurs.

En définitive, la méthodologie adoptée dans le cadre de ces études est quasiment similaire. Elle consiste à délimiter la zone d'étude, y placer des points de sondage, prélever des échantillons pour effectuer des analyses de laboratoire et enfin ouvrir certains profils culturaux pour pouvoir explorer le sol en profondeur.

Etant donné que les caractéristiques physico-chimiques des sols du département de Nord-Est ne sont pas encore étudiées en profondeur, vu leur importance dans les prises de décisions agricoles, la présente étude vise à disposer de ces données pour une superficie d'environ 2580 ha au niveau de la plaine de ce dit département afin de pouvoir mieux l'exploiter.

III.-METHODOLOGIE

3.1.-Présentation de la zone d'étude

L'aire d'étude occupe une superficie de 2579.24 ha qui se trouve à cheval sur deux communes (Fort- Liberté et Terrier Rouge) au niveau de la plaine du département de Nord-Est. Ce dernier est borné au Nord par l'Océan Atlantique, au Sud par le département du Centre, à l'Est par la République Dominicaine et à l'Ouest par le département du Nord (IHSI, 2007). La figure 1 présente la localisation de l'espace d'étude.

3.1.2.- Climat

3.1.2.1.-Température

Les températures moyennes interannuelles pour les stations de Fort-Liberté sont 26.2°C. Les écarts de température entre les mois les plus chauds et les plus froids sont de 3.7°C (tableau 2).

Tableau 2 : Température (T) moyenne mensuelle (mm/mois) en oC. Fort-Liberté

Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
24.1	24.4	25.0	25.9	26.9	27.4	27.4	27.8	27.7	27.5	25.9	24.8

Source : LGL S.A, 2012.

3.1.2.2.-Pluviométrie

Le Département du Nord-Est est caractérisé par un régime tropical bimodal avec deux saisons pluvieuses allant de mai à juin, puis de septembre à novembre et une saison sèche de janvier à avril. La répartition des précipitations est largement tributaire du relief et de l'exposition aux vents dominants.

Tableau 3 : Précipitation (P) moyenne mensuelle (mm/mois) de la région Nord-Est

Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
62	63	59	87	151	158	90	100	162	152	224	114

Source : LGL S.A, 2012.

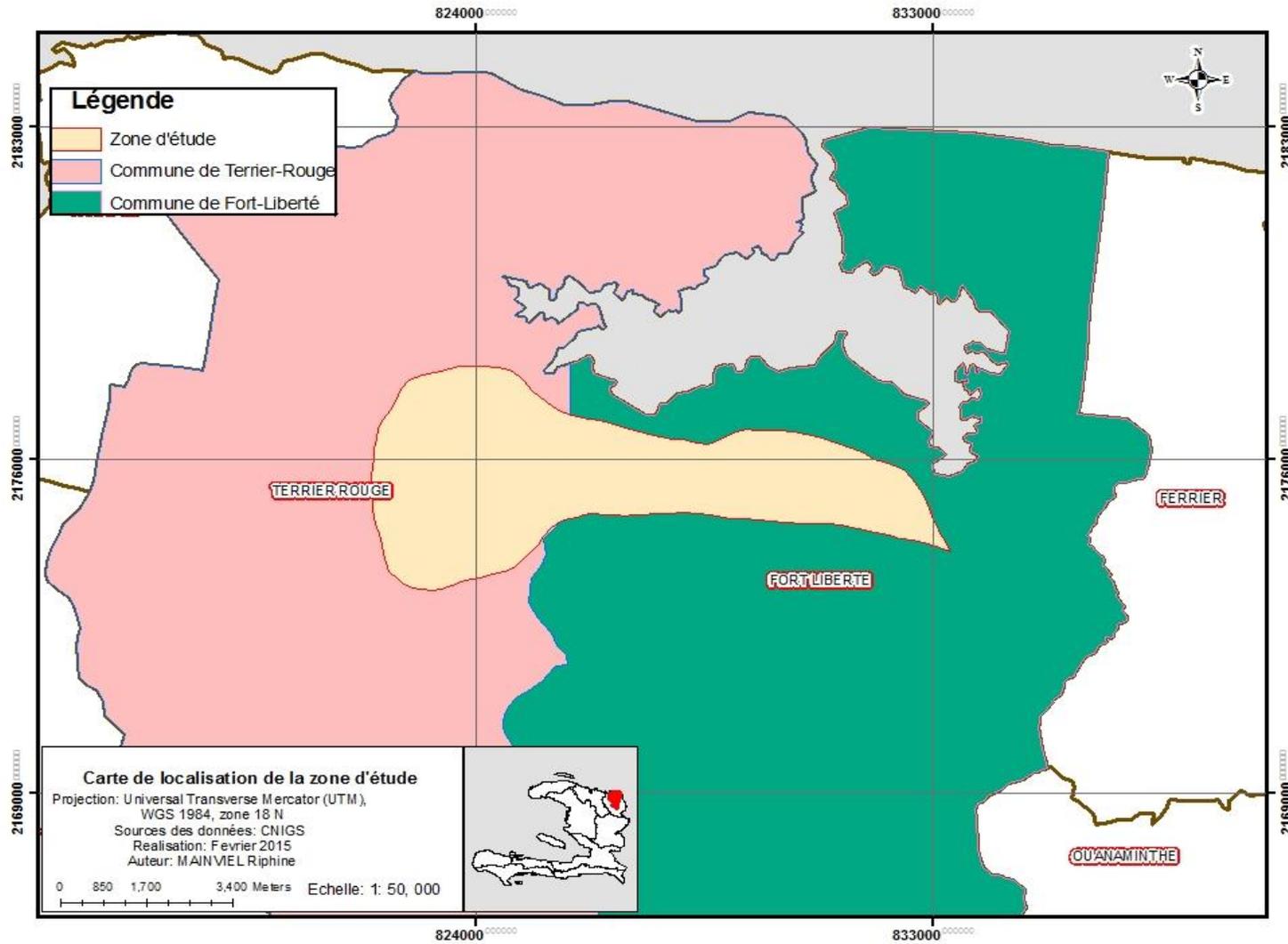


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude

3.1.2.3.-Évapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle (ETP) mensuelle dans la région de Fort-Liberté varie de 98 mm en décembre-janvier (saison sèche) à environ 165 mm en juillet (saison pluvieuse), pour une pluviométrie annuelle moyenne de 1422 mm (tableau 4).

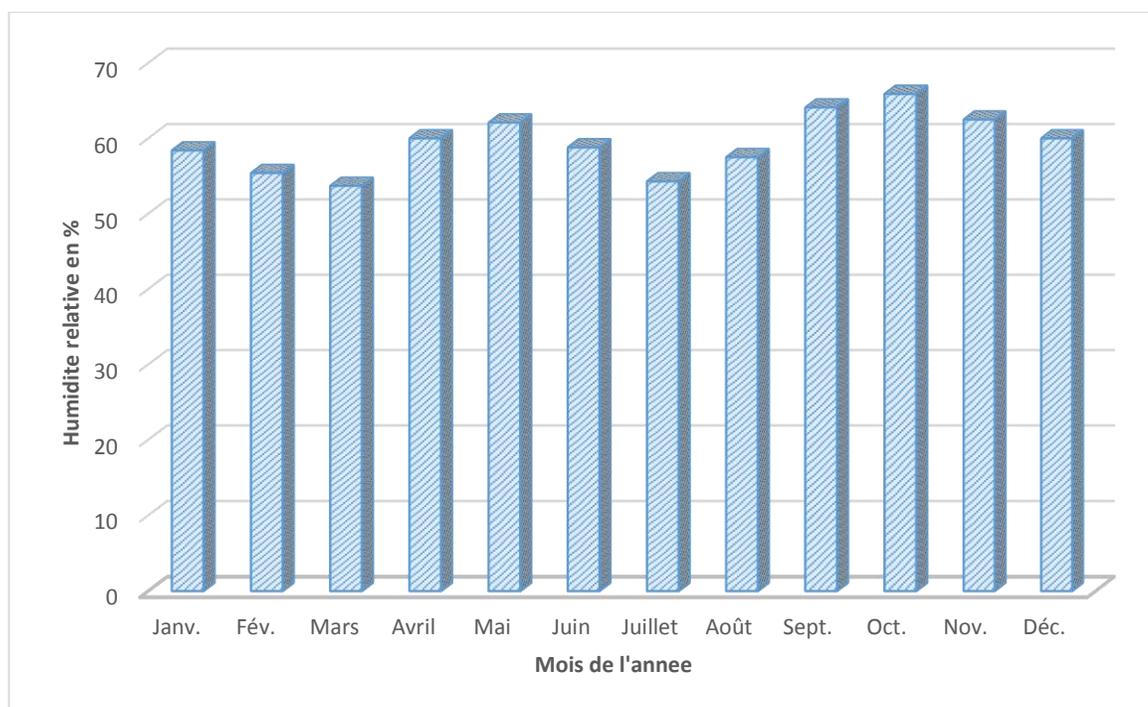
Tableau 4 : Évapotranspiration (ETP) moyenne mensuelle (mm/mois). Fort-Liberté

Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
104	110	137	145	161	158	165	159	147	141	106	98

Source : LGL S.A, 2012.

3.1.2.4.-Humidité relative moyenne mensuelle (%)

Au niveau de la commune de Fort-Liberté, le pourcentage d'humidité le plus bas est enregistré au cours du mois de Mars et celui le plus élevé au mois d'Octobre. La figure qui suit présente l'humidité relative mensuelle de Fort-Liberté.



Source : Séries de données historiques de 10 ans (2000-2010), Fort-Liberté tutiempo.net

Figure 2 : Représentation graphique de l'humidité relative moyenne mensuelle (%) de Fort-Liberté

3.1.2.5.-Vitesse du vent

La vitesse moyenne du vent dans la commune de Fort- Liberté varie de 13,4 km/h en février à 23,4 km/h au cours du mois de juillet (tableau 5).

Tableau 5 : Vitesse du vent moyenne (km/h/mois) de Fort-Liberté

Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
15.1	13.4	14	13.7	18.4	18.2	23.4	19	14	14.5	12.4	15.3

Source : Fort-Liberté, 2010 tutiempo.net

3.1.3.-Géologie et morphologie

Les sols de l'aire d'étude sont développés sur un substrat constitué de roches sédimentaires datant du quaternaire avec une lithologie formée principalement d'alluvions, de matériaux détritiques et d'éboulis. Sur le plan morphologique, la topographie est relativement plane avec des pentes faibles. Toutefois, de rares monticules ou parfois de petites surélévations sont observées en certains endroits (UTSIG, 2003).

3.1.4.-Hydrologie

Les communes, sur lesquelles chevauche la zone d'étude, disposent de ressources hydriques relativement importantes. Ainsi, près de 24 points d'eau ont été répertoriés à Fort-liberté dont 3 étangs, 6 lacs, 14 lagons et une rivière qui s'étend sur toute la commune (la rivière Marion). La commune de Terrier rouge renferme 25 points d'eau qui sont distribués comme suit : 5 lacs, 1 lagon, 9 rivières et 10 sources (IHSI, 2007).

3.1.5.- Système de culture

D'une manière générale, les cultures rencontrées dans les plaines du Nord-Est varient en fonction de la disponibilité de l'eau. Ainsi, le riz, le haricot et les maraichères sont cultivés dans les zones irriguées tandis que la canne à sucre, l'arachide, le maïs et les cultures vivrières les moins importantes dans les zones non irriguées (Henry, 2014). Mais, la zone d'étude est couverte d'une végétation spontanée très dense constituée d'essences xérophytiques avec une prédominance de bayahonde.

3.1.6.-Système d'élevage

Dans l'environnement de l'aire d'étude, l'élevage est de type traditionnel et concerne les espèces : équine, bovine, caprine, ovine et porcine. Dépendamment de l'endroit, la conduite peut se faire à la corde ou en liberté (IHSI, 2007).

3.1.7.-Environnement socio-économique

3.1.7.1.-Division administrative et démographie

La commune de Fort-Liberté comporte 4 sections communales, 1 quartier, 8 localités et 53 habitations (IHSI, 2007). Tandis que celle de Terrier Rouge, elle, compte 2 sections communales, 1 quartier, 10 localités et 32 habitations (IHSI, 2007). Ces deux communes possèdent une densité démographique relativement faible (tableau 6).

Tableau 6 : Densité démographique de la population des communes de Fort-Liberté et de Terrier-Rouge

Commune	Superficie/ Km ²	Hommes	Femmes	Pop. Urb.	Pop.rurale	Population	Densité/ km ²
Fort-Liberté	237,98	14 443	15 667	18 627	11 483	30 110	127
Terrier-Rouge	170,02	10 420	10 908	12550	8 778	21 328	125

Source : IHSI, 2007

3.1.7.2.-Éducation

Selon l'inventaire réalisé par IHSI et publié en 2007, la commune de Fort-liberté compte 47 écoles primaires et 11 écoles secondaires dont, plus de la moitié sont du secteur privé. Puis, on y trouve 3 centres d'alphabétisations, 2 institutions techniques et professionnelles, 2 écoles supérieures et une 1 université.

Pour ce qui est de la commune de Terrier rouge, 41 établissements scolaires ont été inventoriés dont 4 écoles préscolaires, 31 institutions primaires et 6 écoles secondaires. En outre, on y compte 1 centre d'alphabétisation et 6 institutions techniques et professionnelles (IHSI, 2007).

3.1.7.3.-Santé

En ce qui a trait aux infrastructures sanitaires, la commune de Fort-Liberté dispose d'un hôpital, d'une clinique et de deux dispensaires. Parallèlement, la commune de terrier rouge compte deux cliniques, un dispensaire, deux centres de santé sans lits et deux autres avec lits (IHSI, 2007).

3.1.7.4.-Activités économiques

La principale activité économique de la commune de Fort-liberté est le commerce avec 108 établissements commerciaux, dont 62 boutiques (petites, moyennes et grandes

boutiques). Tandis que l'agriculture et l'élevage constituent les principales activités économiques de la commune de Terrier-rouge. Près de 81 établissements commerciaux y ont été identifiés parmi lesquels, 38 petites boutiques et 8 grandes (IHSI, 2007).

3.2.-Matériel utilisé

Pour la réalisation de ce travail, plusieurs matériels ont été utilisés afin de pouvoir collecter les informations et prélever les échantillons de sol. Ainsi, on a fait usage des outils suivants :

- GPS qui a permis de localiser les points de sondage sur le terrain ;
- Orthophotos qui ont facilité la délimitation et le calcul de la superficie de la zone d'étude ;
- Pioche et pelle qui ont servi à creuser pour le prélèvement des échantillons;
- Ruban métrique qui a permis de vérifier la profondeur de prélèvement de chaque échantillon ainsi que celle des profils ;
- Sachets pour le stockage et la conservation des échantillons de sol.

3.3.-Méthode de travail

3.3.1.-Recherche bibliographique

Elle consiste à consulter la documentation disponible sur la zone d'étude ainsi que celle relative à la thématique sous étude pour pouvoir mieux aborder le sujet. Ainsi, les ouvrages, les articles, les rapports, les études et les revues relatifs à ce sujet ont été consultés afin de pouvoir disposer des données nécessaires et suffisantes pour la réalisation de ce travail.

3.3.2.-Visite de reconnaissance

Cette importante étape du travail consistait à prendre connaissance de la zone d'étude afin de mieux définir les stratégies à adopter pour la collecte des données. En outre, cette visite nous a permis d'avoir une idée de certaines caractéristiques du sol.

3.4.- Caractérisation des sols

3.4.1.- Délimitation et calcul de l'aire d'étude

L'usage de cartes topographiques et de photos aériennes a été fait pour obtenir une vision globale sur la zone d'étude de manière à recueillir les premières informations. La

délimitation de l'aire d'étude ainsi que le calcul de sa superficie ont été effectués à partir des études cartographiques.

3.4.2.- Choix du nombre de sites de sondage

Après calcul, une superficie de 2579,24 ha a été obtenue pour l'ensemble du terrain à l'étude. Vu l'étendue de cette surface, elle a été subdivisée en des carrés de 50 ha par quadrillage, soit un total de 51 carrés a été trouvé. Les intersections des lignes et des colonnes du quadrillage constituent les sites de prélèvement des échantillons ce qui conduit à un total de 68 sites de sondages. Mais, certains d'entre eux se sont révélés inaccessibles sur le terrain, c'est la raison pour laquelle seulement 38 sites ont été réellement échantillonnés (Figure 3).

3.4.3.- Distribution des sites

Dans le cadre de ce travail, le quadrillage systématique a été utilisé comme méthode de distribution des sites. Ainsi, par le biais du logiciel Arc GIS, la carte de la zone a été quadrillée de façon à obtenir des carrés de 50 ha et les intersections des lignes et des colonnes ont été considérées comme sites de prélèvement. Après quoi, on a du charger les points à partir de GPS, lequel nous a servi de guide pour pouvoir repérer les sites de prélèvement sur le terrain.

3.4.4.- Description et échantillonnage des sites

Au niveau de chaque site repéré sur le terrain, une brève description de l'espace a été effectuée dont la couleur du sol, la végétation présente..., suit le prélèvement des échantillons. Parallèlement, des informations sur l'historicité agricole de la zone et autres ont été également recueillies en questionnant les guides et autres personnes qui se trouvent sur les lieux (enquête informelle).

3.4.4.1.-Prélèvement des échantillons

À chaque point identifié, deux couches distinctes de sol ont été prélevées. La première ou horizon superficiel de 0 à 20 cm et la seconde de 20 à 40 cm. Chaque échantillon a été mis dans un sachet sur lequel sont inscrites les informations suivantes : date de prélèvement, localisation et la profondeur de prélèvement. Dans certains endroits, quand se présentent quelques difficultés (compacité, pierrosité), des échantillons ont été

prélevés seulement au niveau de la première couche. Ainsi, un total de 65 échantillons a été prélevé et envoyé au laboratoire pour analyses.

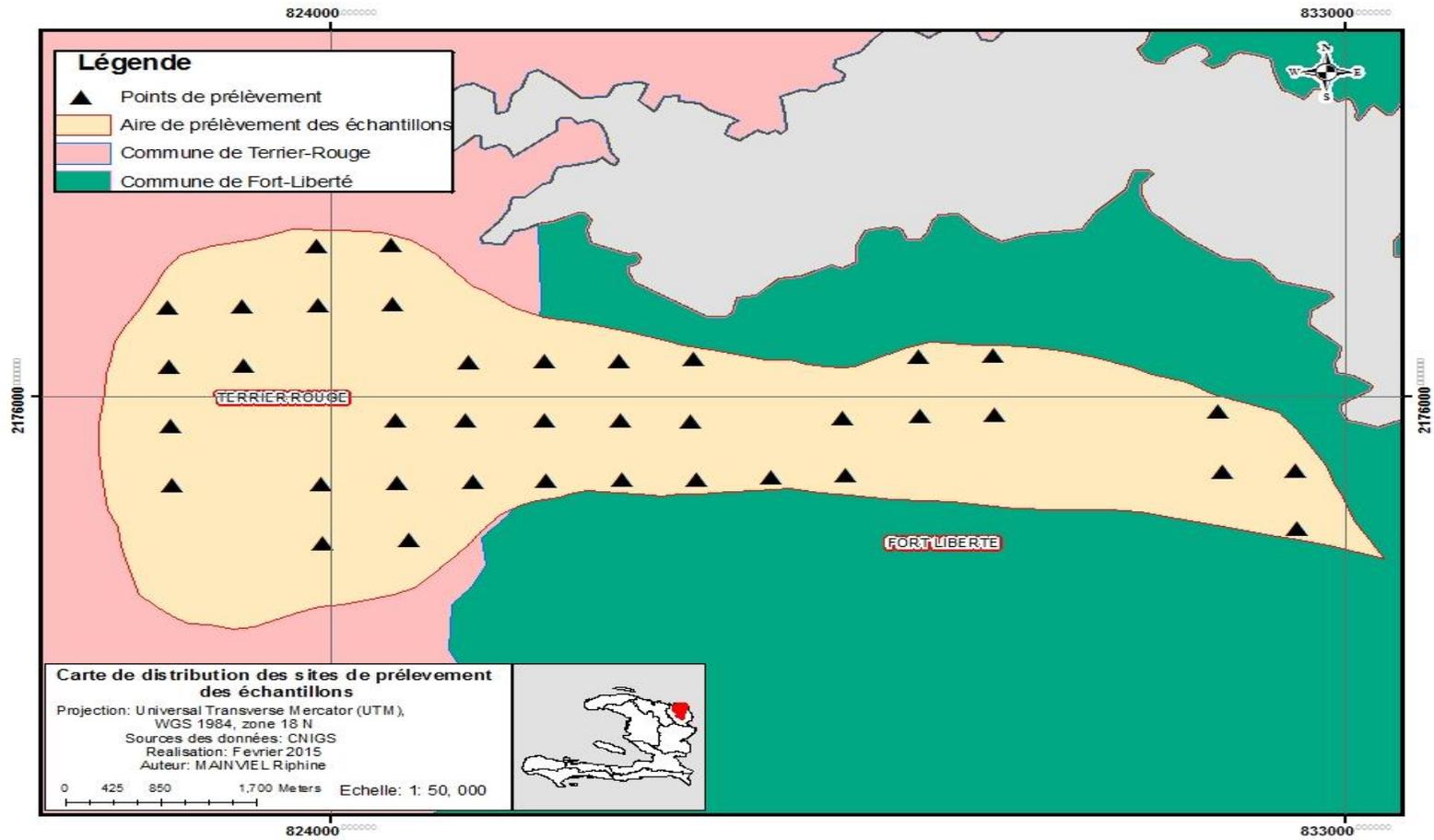


Figure 3: Carte de distribution des sites de prélèvement

3.4.4.2.-Etude des profils

A partir des observations de terrain et l'échantillonnage des sites, la zone d'étude a été sommairement subdivisée en deux unités pédologiques et un profil cultural a été ouvert dans chacune d'elle. La prospection a été effectuée à une profondeur de 1,20 m afin de pouvoir explorer le sol en profondeur et caractériser chaque unité. Cette étude a permis de déceler la profondeur des racines, la couleur des différentes couches, la structure etc.

3.5.-Analyse de laboratoire

En raison du fait que certains matériels du laboratoire de sol de la FAMV ont été abimés lors du séisme en 2010, certaines analyses (calcium, magnésium) se sont révélées impossibles. Ainsi, une partie des échantillons (20% environ) a été analysée au laboratoire Ferquido en République Dominicaine afin de pouvoir pallier ce problème. Pour ce qui est du reste, ils ont été analysés au labo de sol de la faculté et ont subi les tests qui suivent.

- Mesure du pH qui a été effectuée par la méthode potentiométrique ;
- Analyse granulométrique par la méthode de BOUYOCOS ;
- Conductivité électrique par la méthode potentiométrique ;
- Carbone organique par la méthode de WACKLEY-BLACK ;
- Capacité d'échange cationique (CEC) par la méthode à l'acétate d'ammonium ;
- Azote total par la méthode de KJEDAHN ;
- Phosphore assimilable par la méthode d'OLSEN ;
- Calcaire total qui a été déterminé à partir du calcimètre de Bernard ;
- Cations échangeables par la méthode METSON.

3.6.-Traitement des données et interprétation des résultats

Pour une meilleure interprétation des résultats, les données obtenues à partir d'analyses des échantillons de sol ont été traitées statistiquement où les calculs ont été portés sur les paramètres tels que : la moyenne arithmétique, l'écart-type ainsi que les valeurs minimales et maximales. Les résultats ont été interprétés suivant les normes établis pour les niveaux de fertilité. Puis, on a procédé à une comparaison entre la disponibilité du sol en éléments nutritifs et les exigences de la canne à sucre. Ce qui a permis de faire

des recommandations et de tirer des conclusions pertinentes et essentielles pouvant contribuer à l'atteinte de l'objectif fixé.

3.7.-Exigences de la canne à sucre

Etant donné qu'on n'a pas eu l'opportunité de mettre en place des parcelles expérimentales de canne à sucre dans la zone d'étude, dans le cadre de ce travail, on a du considérer les exigences de cette culture telles qu'elles sont décrites dans la littérature.

IV.-RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans cette section sont présentés les résultats pour les paramètres physico-chimiques des échantillons de sol ainsi que la comparaison entre la potentialité des sols de l'aire d'étude et les exigences de la canne à sucre.

4.1.-Les Caractéristiques de l'espace d'étude

À partir des observations de terrain et du prélèvement des échantillons, deux unités pédologiques ont été identifiées au niveau de la zone d'étude. Puis, leurs limites ont été précisées à partir des résultats d'analyses de laboratoire suivant la classification américaine. Ainsi, les sols qui détiennent un pourcentage de matière organique supérieur à 3% constituent les sols isohumiques dénommés « unité I » et ceux qui sont de couleur brune, possédant une saturation en base élevée, une teneur appréciable en éléments nutritifs et qui ont pris naissance sur des matériaux d'origine volcanique constituent les sols bruns eutrophes avec dénomination « unité II » (figure 4). Les données des résultats d'analyses sont présentées et analysées pour chaque unité séparément de manière à en déduire les caractéristiques physico-chimiques de l'ensemble du terrain à l'étude.

4.1.2.-Les paramètres de l'étude

Dans le cadre de cette étude, plusieurs paramètres ont été pris en compte notamment : la conductivité électrique, le pH, le carbone organique, l'azote total, la texture, le calcaire total, le phosphore assimilable, le sodium, le potassium, la capacité d'échange cationique, le calcium et le magnésium. Partant de ces paramètres, des calculs comme le rapport C/N, K/Mg et le ESP ont été réalisés en vue d'une meilleure analyse des données.

4.1.3.-Présentation des sols isohumiques (unité I)

4.1.3.1.-Généralités.

Cette unité s'étend sur une superficie de 727.3 ha soit 30.29% de la superficie d'étude. Elle présente un sol de couleur brun foncé en surface et brun clair en profondeur. Elle accuse une pente relativement faible, moins de 2%. Il s'agit d'un terrain en friche couvert de Cactus et de bayahonde à près de 90%.

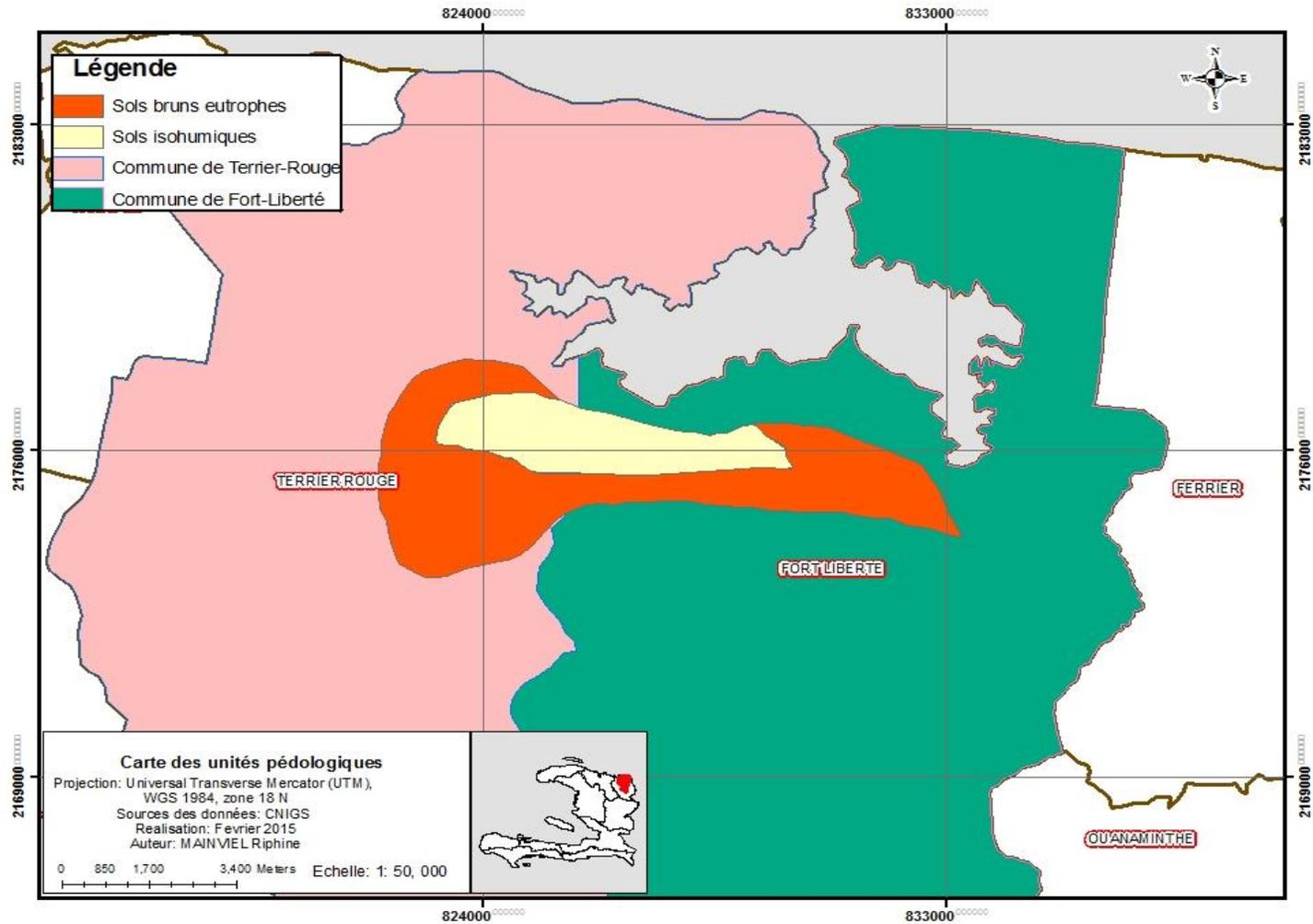


Figure 4: Carte de délimitation des deux (2) unités pédologiques

4.1.3.2.-Profil type

Le profil cultural renseigne sur certains paramètres physiques et permet d'apprécier entre autres les variations d'une couche à une autre au niveau du sol.

Le profil de l'unité I est localisé au niveau de la commune de terrier rouge, dans la localité La source, plus exactement à 19° 38'55.3" de latitude Nord et – 71° 53'46.83" de longitude Ouest et 39 m d'altitude. L'ouverture ainsi que la description ont eu lieu le 18 mars 2014 sur un terrain vallonné, en friche couvert à près de 95% de cactus et de bayahonde. C'est une zone relativement plate avec une pente bien inférieure à 2% dont le matériau constitutif est d'origine volcanique. L'excavation est arrivée jusqu'à 120 cm de profondeur, et présente 3 horizons ainsi caractérisés :

Horizon 0-10cm : horizon de couleur brun foncé (7.5 YR 3/3), à texture limono-argileuse avec 38% d'argile, 25% de limon et 37% de sable. Il présente une structure particulière. La consistance du sol est peu ferme. Dans cet horizon, la réaction à l'HCl est nulle. On y constate la présence de racines filiformes et quelques cailloux de petites tailles. La transition entre cet horizon et le second se fait de manière diffuse.

Horizon 10-18cm : horizon de couleur brun foncé (7.5 YR 3/4), à texture limono-argilo-sableuse avec 28% d'argile, 17% de limon et 55% de sable. Au niveau de cet horizon, on a pu déceler un matériau volcanique en voie d'altération. Il présente une structure particulière, une consistance très faible et ne réagit pas à l'acide chlorhydrique (HCl). Les racines y sont peu nombreuses.

Horizon 18-120cm : Horizon de couleur brun clair (5YR3/2). On y constatait une roche volcanique en voie de désagrégation physique et d'altération chimique. Il présente une texture limono-sableuse avec 17% d'argile, 15% de limon et 68% de sable. Cet horizon contient très peu de racines filiformes et sa réaction à l'HCl est pratiquement nulle.

Dans ce profil, une augmentation de la proportion de sable a été observée au fur et à mesure qu'on descend en profondeur. D'un autre côté, il n'y a aucune réaction du sol face à l'acide chlorhydrique (HCl).

4.1.3.3.-Caractéristiques physiques des sols isohumiques

4.1.3.3.1.-Texture

Les sols isohumiques présentent pour les échantillons de surface (0-20cm) un taux d'argile allant de 20 à 46% avec une moyenne de 34.56%, une teneur en limon qui varie de 5 à 25 % avec une moyenne de 15.13% et une proportion de sable qui va de 30 à 75% et accuse une moyenne de 50.31%. Pour ce qui est des échantillons de profondeur (20-40cm), le taux d'argile varie de 10 à 55% avec une moyenne de 33.82%, celui de limon va de 10 à 25% avec une moyenne de 16.45% et le pourcentage de sable varie de 25 à 80% avec une moyenne de 49.27% (tableau 7). Les sols de cette unité présentent en moyenne une texture limono argilo-sableuse. De par cette texture, ce terrain peut facilement être drainé et irrigué.

4.1.3.3.2.-Structure

Selon Piéri (1989), l'indice de stabilité structurale ($St = MO/A+L\%$) d'un sol doit être supérieur à 9 pour qu'il soit stable et ne présente pas de risque dans l'immédiat. Or, la valeur moyenne de l'indice obtenue pour la couche supérieure de cette unité (8.32) est légèrement inférieure à 9. On voit de ce qui précède que les sols de cette unité présentent très peu de risques de déstructuration. Par ailleurs, vu le pourcentage de sable qu'ils renferment, soit une moyenne de 50.31 % en surface et 49.27% en profondeur, ces sols peuvent être travaillés facilement tant à l'état humide qu'à l'état sec.

L'analyse des paramètres physiques permet d'affirmer que les sols isohumiques ne constituent pas un problème quant au développement de la canne à sucre. Toutefois, on pourrait faire des apports de MO pour pouvoir améliorer davantage la structure du sol.

4.1.3.4.-Caractéristiques chimiques des sols isohumiques

4.1.3.4.1.- pH du sol

Dans l'ensemble, les sols de l'unité I ont un pH qui se situe entre 6.00 à 8.30. En effet, le pH de la couche supérieure (0-20cm) varie de 6.02 à 8.30 avec une moyenne de 7.16 et celui de la couche profonde (20-40cm) varie de 6.00 à 8.20 avec une moyenne de 7.02 (tableau 7). D'après le tableau 8, près de 60% des données se trouvent dans la classe III, dénommée classe moyenne (pH compris entre 6,5 et 7.8) et le pourcentage dont le pH dépasse 7.8 est estimé à 14.81%.

Tableau 7 : Présentation des paramètres étudiés et calculés pour les sols isohumiques (Unité I)**Paramètres étudiés et calculés pour les échantillons de surface (0-20cm)**

Par Stat	pH	CE (mmhos /cm)	A (%)	L (%)	S (%)	CaCo3 total (%)	CEC (méq/1 00g)	K ⁺ (méq/1 00g)	Na ⁺ (méq/1 00g)	P (ppm)	MO (%)	N tot (%)	C/N	ESP	St
Moyenne	7.16	0.36	34.56	15.13	50.31	5.11	35.48	0.40	0.28	9.56	3.86	0.20	11.28	0.01	8.32
Max	8.30	0.96	46.00	25.00	75.00	20.00	52.83	0.76	0.88	24.65	6.23	0.29	12.46	0.04	12.92
Min	6.02	0.08	20.00	5.00	30.00	1.00	12.40	0.03	0.10	0.00	3.11	0.16	8.70	0.00	5.00
Ecart-type	0.69	0.34	11.39	7.29	15.14	6.99	14.44	0.25	0.19	8.66	0.83	0.04	0.93	0.01	2.39

Paramètres étudiés et calculés pour les échantillons de profondeur (20-40cm)

Par Stat	pH	CE (mmhos /cm)	A%	L%	S%	CaCO ₃ total (%)	CEC (méq/1 00g)	K ⁺ (méq/10 0g)	Na ⁺ (méq/1 00g)	P (ppm)	MO (%)	N tot (%)	C/N	ESP	St
Moyenne	7.0 2	0.19	33.82	16.45	49.27	5.50	37.91	0.23	0.48	5.86	3.06	0.17	10.27	0.01	5.47
Max	8.2 0	0.53	55.00	25.00	80.00	20.00	55.44	0.54	2.00	36.00	5.96	0.27	12.80	0.05	9.46
Min	6.0 0	0.07	10.00	10.00	25.00	0.00	16.44	0.09	0.12	0.00	1.35	0.09	8.39	0.00	2.08
Ecart-type	0.6 7	0.13	15.62	4.57	18.87	9.68	10.81	0.18	0.68	13.31	1.55	0.06	1.48	0.02	2.43

Tableau 8 : Fréquence relative simple des données de l'unité I (prof : 0-40cm)

Paramètres	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe V
pH	-	25.93%	59.26%	14.81%	-
CE	74.07%	3.70%	7.41%	14.82%	-
CaCO ₃ total	61.54%	15.38%	23.08%	-	-
MO	4.35%	52.17%	43.48%	-	-
N	-	17.39%	69.57%	13.04%	-
P	52.38%	23.81%	19.04%	4.76%	-
K	52.17%	8.69%	21.74%	17.40%	-
Na	-	-	95.65%	4.35%	-
CEC	-	-	5.88%	11.77%	82.35%
C /N	21.74%	65.22%	13.04%	-	-
V					

Or, selon Gros (1997), l'idéal serait d'avoir un pH neutre ou légèrement en dessous, au voisinage de 6.5, puisqu'une légère acidité du sol peut influencer grandement sa disponibilité en éléments ainsi que leur assimilabilité par la plante.

Sur la base de ces résultats, il serait possible d'affirmer que ces sols présentent un pH élevé à certains endroits, ce qui pourrait engendrer l'indisponibilité de certains éléments comme le phosphore, le bore, le fer,... Mais, pour la canne à sucre, il n'y a pas lieu de craindre, vu la fourchette de pH réclamée pour sa croissance et son développement est comprise entre 6 et 8.

4.1.3.4.2.-Conductivité Electrique (CE)

La conductivité électrique des sols de l'unité I varie dans la première couche de 0.08 à 0.96 mmhos/cm avec une moyenne de 0.36 mmhos/cm et la seconde couche accuse des valeurs allant de 0.07 à 0.53 avec une moyenne de 0.19mmhos/cm (tableau 7). La conductivité électrique est donc plus élevée en surface qu'en profondeur.

Suivant le tableau 8, les valeurs de la CE se trouvent à plus de 70% dans la classe I de niveau très bas. De plus, la CE de cette unité est inférieure à celle admise dans la littérature, moins de 2 mmhos/cm, laquelle valeur, un sol normal ne doit pas pouvoir dépasser. Ceci permet donc d'affirmer que ces sols isohumiques ne présentent pas de risques de salinité et qu'on pourrait s'attendre à une bonne absorption racinaire.

4.1.3.4.3.-Le sodium du sol

En ce qui se rapporte au sodium du sol, les échantillons de surface présentent une teneur qui varie de 0.10 à 0.88 méq/100g de terre avec une moyenne de 0.28 méq/100g de terre et les échantillons de profondeur, une teneur qui va de 0.12 à 2.00 méq/100g de terre avec une moyenne de 0.48 méq/100g de terre (tableau 7). Les données de sodium pour cette unité se trouvent à plus de 95% dans la classe III, dénommée classe moyenne, c'est-à-dire entre 0.1 et 1.4méq/100g de terre (tableau 8). Suivant les normes d'interprétations utilisées, il serait possible d'affirmer que les sols de l'unité I ne courent pas de risques de salinisation et se retrouvent de préférence dans la catégorie des sols normaux.

Avec une conductivité électrique inférieure à 2 mmhos/cm et un pourcentage de sodium inférieur à 15 (ESP<15%), on peut conclure que les sols de l'unité I sont normaux du point de vue de la salinité. Le rendement de la culture envisagée (la canne à sucre) ne serait donc pas influencé par la présence de sels.

4.1.3.4.4.-Calcaire total

Dans cette unité, les échantillons de surface présentent des teneurs en CaCO₃ total allant de 1 à 20% avec une moyenne de 5.11% et les échantillons de profondeur présentent des teneurs qui vont de 0 à 20% avec une moyenne de 5.50% (tableau 7). On constate dans le tableau 8 que 61.54% des données se trouvent dans la classe I, 15.38 % dans la classe II et 23.08 % dans la classe III, de niveau respectif très bas, bas et moyen. Cette faible valeur de CaCO₃ enregistrée dans les sols de cette unité est due au type de matériaux parentaux. Car, au niveau de la plaine de Nord-Est, il y a une prédominance de basalte.

4.1.3.4.5.-Matière organique et C/N

Le tableau 7 fait état de la teneur en matière organique de cette unité, laquelle varie de 3.11 à 6.23% avec une moyenne de 3.86% pour les échantillons de surface et de 1.35 à 5.96% avec 3.06% comme moyenne pour les échantillons de profondeur.

Comme on devrait s'y attendre, la matière organique diminue avec la profondeur pour ces sols. En se référant au tableau 8, 52.17% des données figurent dans la classe II de niveau « bas » et 43.48% dans la classe III de niveau « moyen ». Selon qu'il est décrit dans la littérature, en dessous d'un certain seuil de 2,5 %, la stabilité structurale, la porosité, l'aération du sol, l'activité biologique,... peuvent être altérés. Or, plus de 90% des données de cette unité sont supérieures à 2.5%. Il s'ensuit que les sols de cette unité sont normaux.

En ce qui a trait au rapport C/N, il est un excellent indicateur de la décomposition de la matière organique et de l'activité microbienne. Plus ce rapport est élevé (>20), plus la décomposition de la matière organique est lente. L'idéal serait d'avoir ce rapport inférieur ou au voisinage de 10. Le tableau 9, indique pour l'unité I, d'excellentes valeurs du rapport C/N allant de 8.70 à 12.46 avec une moyenne de 11.28 pour la couche supérieure et de 8.39 à 12.80 avec une moyenne de 10.27 pour la couche de profondeur. En se référant au tableau 8, plus de 85% des données se trouvent dans la classe I et II c'est-à-dire dans l'intervalle 6 à 12 et les valeurs restantes dans la classe III (12-15). L'amplitude des résultats montre clairement une concentration autour de 10, ce qui témoigne d'une bonne décomposition de la matière organique et une bonne teneur en azote de l'humus dans ces sols.

4.1.3.4.6.- Les éléments majeurs (N, P, K)

4.1.3.4.6.1.-Azote total

D'après les résultats qui se trouvent dans le tableau 7, le taux d'azote total des sols isohumiques varie de 0.16 à 0.29 % avec une moyenne de 0.20% pour la couche supérieure et de 0.09 à 0.27% avec une moyenne de 0.17% pour la couche profonde. Le tableau 8 indique que 17.39% des données se trouvent dans la classe II, 69.57% dans la classe III et 13.04% dans la classe IV de nomination respective bas, moyen et élevé. On voit de ce qui précède que ces sols présentent d'une manière générale une teneur moyenne en azote total.

4.1.3.4.6.2.-Le phosphore assimilable

Suite à l'analyse des données du tableau 7, on a pu constater que les sols de l'unité I affichent une teneur en phosphore oscillant entre 0 et 24.65 ppm avec une moyenne de 9.56 ppm pour la couche supérieure et une teneur allant de 0 à 36.00 ppm avec une moyenne de 5.86 ppm dans la couche de profondeur. Le tableau 8 montre que 52.38% de données se trouvent dans la classe I, 23.81% dans la classe II, 19.04% dans la classe III et 4.76% dans la classe IV. Il s'ensuit que le phosphore ne se trouve pas en quantité suffisante dans cette unité.

4.1.3.4.6.3.-Le potassium échangeable

Cet élément devrait être toujours présent en quantité suffisante dans le sol, de par son importance dans le cycle de vie des plantes, afin de pouvoir satisfaire les exigences nutritionnelles des cultures. Le tableau 7 indique que la quantité de potassium des sols de l'unité I varie de 0.03 à .0.76 méq/100g de terre avec une moyenne de 0.40méq/100g de terre au niveau de la couche supérieure et la couche de profondeur accuse des valeurs allant de 0.09 à 0.54 méq/100g de terre avec une moyenne de 0.23méq/100g de terre. Le tableau 8 montre que 52.17 % des données se trouvent dans la classe I, 8.69 % dans la classe II, 21.74 % dans la classe III et 17.40 % dans la classe IV. Ceci laisse donc entrevoir une variation du taux de potassium dans le sol.

4.1.3.4.7.- La capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique (CEC) des sols de l'unité I varie de 12.40 à 52.83 méq/100g de terre avec une moyenne de 35.48 méq/100g de terre au niveau de la couche supérieure et de 16.44 à 55.44 méq/100g de terre avec une moyenne de 37.91 méq/100g de terre dans la couche profonde (tableau 7). Ainsi, comme il est montré dans le tableau 8, 5.88% des données se trouvent dans la classe III, 11.77% dans la classe IV et 82.35% dans la classe V, ce qui traduit un niveau très élevé en CEC dans les sols isohumiques. Ceci est sans doute dû au pourcentage appréciable d'argile et de MO enregistré au niveau de ces sols. Plus un sol est riche en argile et en MO, plus élevée est sa capacité d'échange cationique (Gret/FAMV, 1990).

4.1.4.-Présentation des sols bruns eutrophes (unité II)

4.1.4.1.-Généralités sur l'unité II

Cette unité s'étend sur une superficie d'environ 1798 ha et représente 69.71% de la superficie totale. Elle présente un sol de couleur brune en surface et grisâtre en profondeur. Elle a une pente assez faible, moins de 2%. Elle est couverte d'une végétation spontanée très dense constituée essentiellement de neem et de bayahonde.

4.1.4.2.-Profil type

Le profil de l'unité II est localisé dans la commune de Fort-Liberté, plus précisément dans la section communale de Bayaha, au point de coordonnées géographiques 19° 38' 34.34" de latitude Nord, - 71° 51' 53.91" de longitude Ouest et 14 m d'altitude. Il a été ouvert et décrit le 20 Mars 2014 au sein d'une plaine alluviale couverte d'une végétation naturelle très dense constituée essentiellement de bayahonde. C'est une zone très plate, avec une pente qui ne dépasse pas 2%. L'excavation est arrivée jusqu'à 120 cm de profondeur et présente quatre (4) horizons dont les caractéristiques sont les suivantes :

Horizon 0-30cm : horizon de couleur brun très foncé (10YR3/1), il a une texture limono-argilo-sableuse, une structure particulière et une consistance ferme. Sa réaction à l'HCl est pratiquement nulle. A ce niveau, la présence de racines est relativement abondante et sa transition avec l'horizon sous-jacent se fait graduellement.

Horizon 30-60cm : horizon de couleur brun foncé (10YR3/3), il présente une texture argilo-sableuse, une structure particulière et une consistance ferme avec présence de tâche d'oxydo-réduction. Toujours aucune réaction à l'HCl dans cet horizon. La présence de racines est moins abondante comparativement à l'horizon précédent. Sa transition avec l'horizon sous-jacent est diffuse.

Horizon 60-78cm : horizon de couleur gris foncé (2.5Y2.5/1) à texture argileuse, structure particulière et consistance très ferme. Il ne réagit pas à l'acide chlorhydrique (HCl) et est dépourvu de racines. On y observe la présence de Gley et sa transition avec l'horizon sous-jacent se fait progressivement.

Horizon 78-120cm : horizon de couleur gris verdâtre foncé (5Y3/2) à texture argileuse, structure particulière et consistance ferme. Il ne réagit pas à l'acide chlorhydrique (HCl) et est dénué de racines.

À partir de ce profil, on a pu remarquer une zone de balancement de la nappe phréatique jusqu'à 30 cm à travers la présence de pseudo Gley dans l'horizon allant de 30 à 60 cm et de Gley dans l'horizon sous-jacent.

4.1.4.3.-Caractéristiques physiques des sols bruns eutrophes (unité II)

4.1.4.3.1.-Texture

Dans la deuxième unité, les échantillons de surface présentent un taux d'argile allant de 15 à 50% avec une moyenne de 31.96%, un taux de limon allant de 5 à 22% avec une moyenne de 10.76% et un taux de sable qui va de 40 à 80% avec une moyenne de 57.68%. Pour ce qui est des échantillons de profondeur, le taux d'argile varie de 10 à 60% avec une moyenne de 33.17%, celui de limon va de 5 à 20% avec une moyenne de 12.33% et la proportion de sable varie de 30 à 75% et accuse une moyenne de 55% (tableau 9). De même que l'unité I, cette dernière a une texture plus ou moins équilibrée, avec une prédominance limono-argilo-sableuse et limono-sableuse. On voit de ce qui précède que les sols de cette unité présentent une texture permettant un travail du sol facile.

4.1.4.3.2.-Structure

L'indice de stabilité structurale des sols bruns eutrophes varie de 0.25 à 7.95 avec une moyenne de 4.11 (tableau 9). Or, selon Piéri (1989), cet indice doit être supérieur à 9 pour un sol stable. Donc, contrairement aux sols isohumiques qui ont un indice de stabilité structurale aux alentours de 9 soit 8.32, les sols de l'unité II présentent un risque de déstructuration élevé. Il serait possible d'améliorer leur structure en y apportant de la matière organique.

En se basant sur ces paramètres physiques, on peut conclure que les sols de cette unité sont convenables à la culture de la canne à sucre. Par contre, il faut penser à faire des apports de matière organique pour pouvoir améliorer la structure de ces sols.

Tableau 9: Présentation des paramètres étudiés et calculés pour les sols bruns eutrophes (Unité II)**Paramètres étudiés et calculés pour les échantillons de surface (0-20cm)**

Par Stat	pH	CE (mmhos/ cm)	A%	L%	S%	CaCO ₃ total (%)	CEC (méq/10 0g)	K ⁺ (méq/10 0g)	Na ⁺ (méq/10 0g)	P (ppm)	MO (%)	N total (%)	C/N	ESP	St
Moyenne	6.95	0.40	31.96	10.76	57.68	1.61	29.51	0.44	0.64	13.67	1.60	0.08	11.14	0.03	4.11
Max	8.03	1.00	50.00	22.00	80.00	4.00	38.20	1.02	4.34	31.36	2.76	0.14	14.50	0.14	7.95
Min	6.02	0.04	15.00	5.00	40.00	0.00	20.20	0.13	0.17	1.00	0.14	0.01	8.12	0.01	0.25
Ecart type	0.52	0.31	11.13	4.82	13.52	0.94	6.18	0.23	1.04	8.46	0.81	0.04	1.14	0.04	2.28

Paramètres étudiés et calculés pour les échantillons de profondeur (20-40cm)

Par Stat	pH	CE (mmhos/ cm)	A%	L%	S%	CaCO ₃ total (%)	CEC (méq/10 0g)	K ⁺ (méq/10 0g)	Na ⁺ (méq/10 0g)	P (ppm)	MO (%)	N total (%)	C/N	ESP	St
Moyenne	7.30	0.34	33.17	12.33	55.00	1.31	29.52	0.25	1.04	9.26	1.15	0.07	9.57	0.02	3.04
Max	8.11	1.44	60.00	20.00	75.00	4.00	34.29	0.49	2.15	21.78	1.76	0.10	11.34	0.03	5.00
Min	6.01	0.05	10.00	5.00	30.00	0.00	24.74	0.12	0.33	0.00	0.33	0.02	7.83	0.01	1.10
Ecart type	0.57	0.35	13.38	5.09	14.49	0.95	6.75	0.21	0.97	11.25	0.74	0.04	1.76	0.01	1.95

Tableau 10: Fréquence relative simple des données de l'unité II (prof : 0-40cm)

Paramètres	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe V
pH	-	16.28%	67.44%	16.28%	-
CE	55.81%	9.30%	11.63%	20.93%	2.33%
CaCO ₃ total	56.41%	43.59%	-	-	-
MO	71.43%	28.57%	-	-	-
N	46.43%	53.57%	-	-	-
P	12%	52%	28%	8%	-
K	29.63%	33.33%	14.82%	22.22%	-
Na	-	-	85.19%	14.81%	-
CEC	-	-	30%	70%	-
C /N	14.29%	75%	10.71%	-	-
V					

4.1.4.4.-Caractéristiques chimiques des sols bruns eutrophes (unité II)

4.1.4.4.1.-pH du sol

Les sols de l'unité II présentent un pH allant de 6.02 à 8.03 avec une moyenne de 6.95 pour la couche supérieure et de 6.01 à 8.11 avec une moyenne de 7.30 pour la couche profonde. Le tableau 10 laisse voir que 16.28% des données se trouvent dans la classe II, 67.44% dans la classe III et 16.28% dans la classe IV. Ces pH sont donc convenables à la culture de la canne qui exige une fourchette de 6 à 8. Néanmoins, il serait mieux de chercher à maintenir le pH entre 6 et 7 pour diminuer les risques de blocage de certains éléments dans le cas où le pH est supérieur à 7.

4.1.4.4.2.-Conductivité électrique (CE) de l'unité II

Le tableau 9 fait état d'une variation de la conductivité électrique pour la deuxième unité allant de 0.04 à 1.00 mmhos/cm avec une moyenne de 0.40 mmhos/cm dans la couche supérieure et de 0.05 à 1.44 mmhos/cm avec une moyenne de 0.34 mmhos/cm

dans la couche profonde. Suivant le tableau 10, près de 55% des données se trouvent dans la classe I dénommée « très bas », et les autres valeurs sont éparpillées dans les classes II, III, IV et V. Donc, on peut affirmer que ces sols ne présentent pas de risques de salinité.

4.1.4.4.3.-Le sodium du sol

Le tableau 9 présente, pour l'unité II, des valeurs de sodium allant de 0.17 à 4.34 méq/100g de terre avec une moyenne de 0.64 méq/100 g de terre pour la couche supérieure et de 0.33 à 2.15 méq/100g de terre avec une moyenne de 1.04 méq/100g de terre pour la couche profonde. Les valeurs de l'ESP pour cette unité vont de 1 à 14% avec une moyenne de 3%. Ces valeurs étant inférieures à 15%, on peut affirmer qu'il n'y a pas de risques de salinisation pour les sols de cette unité.

Il résulte de ce qui précède que l'unité II présente des sols normaux, du point de vue de la salinité. Le rendement de la canne ne serait donc pas hypothéqué par la présence de sels.

4.1.4.4.4.-Calcaire total

Suivant le tableau 9, le calcaire total des sols de l'unité II varie de 0 à 4.00 % avec une moyenne de 1.61% au niveau de la couche de surface et de 0 à 4.00% avec une moyenne de 1.31% dans la couche de profondeur. Tel qu'il est indiqué dans le tableau 10, 56.41% des données se trouvent dans la classe I et 43.59% dans la classe II dénommée respectivement « très bas » et « bas ». De même que l'unité I, la faible valeur de calcaire total trouvée pour cette unité est liée à la nature de la roche mère puisqu'il y a une prédominance de basalte dans cette zone.

4.1.4.4.5.-Matière organique et C/N

La teneur en matière organique de l'unité II varie de 0.14 à 2.76% avec une moyenne de 1.60% au niveau de la couche supérieure et de 0.33 à 1.76 % avec une moyenne de 1.15% dans la couche de profondeur (tableau 9). Suivant les données dudit tableau, on déduit que la valeur du ratio C/N va de 8.12 à 14.50 avec une moyenne de 11.14 dans cette unité. Comme il est décrit dans la littérature, en dessous d'un certain seuil de 2.5%, la stabilité structurale, la porosité, l'aération du sol, le stockage des éléments minéraux ou la stimulation de l'activité biologique peuvent être altérés.

Or, en se référant au tableau 10, 71.43% des données se trouvent dans la classe I et 28.57% dans la classe II de niveau respectif très bas et bas. Par conséquent, il est conseillé de faire un apport de MO dans ces sols, car plus de 70% des données se trouvent en dessous du seuil admis.

Par ailleurs, la valeur du ratio C/N trouvée pour l'unité II, tel qu'il est ci-dessus mentionné, se trouve aux alentours de 10. Il s'ensuit qu'il y'a une minéralisation avancée de la matière organique du sol dans cette unité.

4.1.4.4.6.-Les éléments majeurs (N, P, K)

4.1.4.4.6.1.-Azote total

L'unité II présente des teneurs en azote total allant de 0.01 à 0.14% avec une moyenne de 0.08% dans la couche supérieure et de 0.02 à 0.10% avec une moyenne de 0.07% dans la couche profonde. Le tableau 10 montre que 46.43% des données se trouvent dans la classe I et 53.57% dans la classe II; avec dénomination respective, très bas et bas. Il s'ensuit qu'il y a une insuffisance en azote dans les sols bruns eutrophes.

4.1.4.4.6.2.-Le phosphore assimilable

Au niveau de l'unité II, les sols présentent des teneurs en phosphore allant de 0 à 31.36 ppm avec une moyenne de 13.67 ppm. Le tableau 10 montre que 12% des données se trouvent dans la classe I, 52% dans la classe II, 28% dans la classe III et 8% dans la classe IV ; de niveau respectif très bas, bas, moyen et élevé. Donc, tout comme l'azote, le phosphore est insuffisant dans ces sols.

4.1.4.4.6.3.-Le potassium échangeable

Suivant les données du tableau 9, l'unité II présente des teneurs en potassium allant de 0.13 à 1.02 méq/100g de terre avec une moyenne de 0.44 méq/100g de terre au niveau de la couche supérieure. Les valeurs mesurées pour la couche de profondeur vont de 0.12 à 0.49 méq/100g de terre avec une moyenne de 0.25 méq/100g de terre. En se référant au tableau 10, 29.63% des données se trouvent dans la classe I, 33.33% dans la classe II, 14.82% dans la classe III et 22.22% dans la classe IV, dénommée respectivement très bas, bas, moyen et élevé. A l'instar de l'unité I, cette unité renferme un pourcentage appréciable de potassium.

En somme, on peut dire que, hormis le potassium, les éléments majeurs ne se trouvent pas en quantité suffisante dans les sols bruns eutrophes.

4.1.4.4.7.-Capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique (CEC) varie de 20.20 à 38.20 méq/100g de terre au niveau de la couche supérieure avec une moyenne de 29.51 méq/100g de terre et de 24.74 à 34.29 méq/100g de terre avec une moyenne de 29.52 méq/100g de terre dans la couche de profondeur. Le tableau 10 montre que 30% des données se trouvent dans la classe III et 70% dans la classe IV avec dénomination respective moyen et élevé. Ceci laisse voir que les sols de l'unité II accusent des valeurs élevées en CEC. De surcroît, on a pu constater que cette teneur augmente avec la profondeur ce qui est dû assurément au fort pourcentage d'argile enregistré dans la couche de profondeur.

4.1.5.-Cations échangeables

Etant donné que, seuls les échantillons qui ont été analysés en République Dominicaine disposent de données pour le calcium et le magnésium, l'analyse des résultats relatifs à la saturation en cations échangeables ainsi que les rapports des cations entre eux, a été effectuée pour la totalité de la superficie d'étude.

4.1.5.1.-Calcium

Comme tout élément nutritif, le calcium joue un rôle important dans la vie d'une plante. De surcroît, il joue un rôle déterminant dans la fertilité physique, chimique et biologique du sol. En effet, le terrain à l'étude présente des teneurs en calcium qui vont de 12.48 à 37.30 méq/100g de terre avec une moyenne de 24.91 méq/100g de terre en surface et de 11.40 à 39.55 méq/100g de terre avec une moyenne de 24.00 méq/100g de terre en profondeur (tableau 11). Il représente 66.04% de la somme des bases échangeables et 66.18% de la CEC.

4.1.5.2.-Magnésium

Le magnésium est un élément constitutif de la chlorophylle, il joue un rôle important dans la physiologie de la plante. En se référant au tableau 11, les sols de l'aire d'étude présentent des teneurs en magnésium allant de 4.62 à 16.60 méq/100g de terre avec une moyenne de 11.84 méq/100g de terre pour les échantillons de surface et de 4.38

à 15.49 méq/100g de terre avec une moyenne de 11.67 méq/100g de terre pour les échantillons de profondeur. Suivant les normes d'interprétation utilisées, ces sols sont riches en magnésium.

4.1.5.3.-Somme des cations échangeables

Contrairement à la CEC qui est plutôt constante du fait qu'elle est liée à la nature du sol, la somme des bases échangeables, quant à elle peut varier dans le temps. Au cours de la période pendant laquelle ces échantillons ont été prélevés, les résultats d'analyse ont révélé pour les sols de l'aire d'étude une somme de cations échangeables qui varie de 17.94 à 53.82 méq/100g avec une moyenne de 37.47 méq/100g en surface et de 16.44 à 55.45 méq/100g avec une moyenne de 36.47 méq/100g (tableau 11). De ces teneurs moyennes, le calcium (Ca) représente 66% environ, le magnésium (Mg) 32%, le sodium (Na) 1% et le potassium (K) 1% près.

Par ailleurs, la saturation du complexe absorbant ($S/T \times 100$), laquelle résulte du rapport de la somme des bases échangeables sur la capacité d'échange, traduit une richesse de ces sols en cations. Car, elle varie de 99.69% à 101,87% et accuse une moyenne de 100.20% (tableau 11).

4.1.5.4.-Rapport des cations entre eux

Pour pouvoir statuer sur le niveau de fertilité du terrain expérimental, on ne peut pas tenir compte uniquement de la teneur des différents éléments nutritifs pris séparément. Il faut considérer également les relations qui existent entre ces derniers, pour voir s'ils se trouvent dans les proportions adéquates, telles qu'elles sont décrites dans la littérature pour un sol normal. Ceci permettra d'évaluer les risques de blocage, d'antagonisme et de précipitation au niveau du sol.

En effet, selon la littérature, le rapport idéal recherché entre le calcium et le magnésium (Ca/Mg) se situe aux alentours de 2 en moyenne. Dans ces sols, le calcium est environ 2 fois supérieur au magnésium. Donc, il n'y aura aucun problème dans l'absorption du calcium par la canne à sucre.

Tableau 11:Présentation des paramètres analysés et calculés pour les cations échangeables de la superficie d'étude**Paramètres analysés et calculés pour les échantillons de surface (0-20cm)**

Stat \ Par	K ⁺ (méq/100g)	Na ⁺ (méq/100g)	Ca ²⁺ (méq/100g)	Mg ²⁺ (méq/100g)	C.E.C (méq/100g)	S (méq/100g)	Ca ²⁺ /S (%)	Ca ²⁺ / C.E.C (%)	K ⁺ / Mg ²⁺	Ca ²⁺ / Mg ²⁺	Taux de saturation
Moyenne	0.37	0.34	24.91	11.84	37.36	37.47	66.04	66.18	0.04	2.18	100.20
Max	0.74	0.88	37.30	16.60	52.83	53.82	72.65	72.65	0.16	2.74	101.87
Min	0.12	0.10	12.48	4.62	17.94	17.94	54.22	54.22	0.01	1.32	99.69
Ecart-type	0.28	0.26	8.54	3.76	11.01	11.22	6.54	6.64	0.05	0.56	0.69

Paramètres analysés et calculés pour les échantillons de profondeur (20-40cm)

Stat \ Par	K ⁺ (méq/100g)	Na ⁺ (méq/100g)	Ca ²⁺ (méq/100g)	Mg ²⁺ (méq/100g)	C.E.C (méq/100g)	S (méq/100g)	Ca ²⁺ /S (%)	Ca ²⁺ / C.E.C (%)	K ⁺ / Mg ²⁺	Ca ²⁺ / Mg ²⁺	Taux de saturation
Moyenne	0.27	0.52	24.00	11.67	36.47	36.47	65.26	65.26	0.03	2.11	100.00
Max	0.54	2.00	39.55	15.49	55.44	55.45	72.11	72.11	0.12	2.75	100.06
Min	0.09	0.12	11.40	4.38	16.44	16.44	52.45	52.43	0.01	1.22	99.96
Ecart- type	0.19	0.62	8.88	3.65	11.73	11.73	6.76	6.77	0.04	0.54	0.03

En revanche, pour ce qui est de l'absorption du potassium par les plantes, le rapport souhaitable pour le potassium et le magnésium (K/Mg) doit être situé entre 1 à 3. Tandis que le magnésium est 32 fois supérieur au potassium au niveau des sols de la zone d'étude. De surcroît, d'après Soltner (1985), ces deux éléments donnent lieu au phénomène d'antagonisme, autrement dit, l'excès de K limite l'absorption de Mg et l'excès de Mg limite l'absorption de K.

De ce qui précède, on peut conclure que les bases échangeables ne se trouvent pas dans les proportions adéquates au niveau des sols de l'aire d'étude.

4.2.- Exigences de la canne à sucre et disponibilités du sol

Pour savoir si le terrain à l'étude est à même de répondre aux exigences de la canne à sucre, une comparaison entre les besoins de cette culture et les potentialités du sol s'avère nécessaire. Une telle comparaison prendra en compte à la fois les facteurs climatique, pédologique ainsi que les besoins en éléments nutritifs de la canne.

4.2.1.- Facteur climatique

Pour ce qui est du climat, les deux paramètres suivants ont été considérés : la température et la pluviométrie.

4.2.1.1.-Température

En ce qui se rapporte à la température, selon la littérature, la canne à sucre requiert une fourchette de 26 à 34° C pour une croissance normale, laquelle s'annule en dessous de 20°C. Or, celle enregistrée au niveau de la station de Fort-Liberté varie de 24,1 à 27,8° C avec une moyenne de 26,2° C. Donc, sur la base de cette comparaison on peut affirmer que, cette zone convient à la culture de la canne à sucre du point de vue de la température.

4.2.1.2.-Pluviométrie

Le besoin en eau de la plante correspond à des précipitations atmosphériques allant de 1500 à 2000 mm bien réparties sur toute la période de croissance. Par contre, une période de sécheresse lui est indispensable pour sa maturation (4 -5 mois). Tandis que la pluviométrie enregistrée dans la zone sur une année est inférieure à cette fourchette ci-dessus mentionnée, soit 1422 mm/an. En outre, il y a une certaine variabilité dans la distribution temporelle de cette pluie.

On voit par ce qui précède, que cette culture ne sera pas possible dans les conditions naturelles et qu'il serait nécessaire de recourir à l'irrigation toutes les fois que cela se révèle techniquement possible et économiquement viable.

4.2.2.-Facteur pédologique

La canne à sucre pousse pratiquement dans tous les sols, pourvus qu'ils soient profonds, riches en humus et en éléments fertilisants, suffisamment humide et privés de sels solubles.

Concernant le pH, cette culture tolère des valeurs de pH allant de 4.0 à 9.0 (Fauconnier, 1970). Mais, selon Duperval (1983), le pH optimal est compris entre 6 et 8. Or, les valeurs de pH trouvées pour l'ensemble de la superficie d'étude varient de 6 à 8.3. Il s'ensuit que le pH du sol convient parfaitement à cette culture.

Les caractéristiques physiques du sol sont également favorables à la canne, car ces sols présentent une texture plus ou moins équilibrée de type limono-argilo-sableux et limono-sableux, une profondeur et une structure raisonnables pour cette culture. De surcroît, le travail du sol peut se faire commodément tant à l'état humide qu'à l'état sec.

Pour ce qui est de la matière organique, les sols isohumiques en présente une teneur importante avec une moyenne de 3.86% tandis que les sols bruns eutrophes accusent une moyenne de 1.60%. Mais, la valeur obtenue pour le rapport C/N dans les 2 unités se trouve au voisinage de 10, ce qui traduit une bonne décomposition de la MO. Il serait donc possible d'envisager des apports de MO surtout au niveau des sols bruns eutrophes afin d'améliorer leur activité biologique.

Pour pouvoir statuer sur la fertilité du terrain expérimental du point de vue de la salinisation, 2 paramètres tels que : CE_{25} et ESP ont été pris en compte. Ainsi, d'après les résultats trouvés pour les 2 unités, on a pu constater que l'espace d'étude dans son ensemble présente un pourcentage de sodium échangeable ($EPS < 15\%$), la valeur seuil selon Brady (1990) et une conductivité électrique (CE_{25}) inférieure à la limite admise, 2mmhos/cm. Le rendement de la culture envisagée (la canne à sucre) ne serait donc pas influencé par la présence de sels au niveau de cette zone.

4.2.3.-Disponibilités du sol en éléments nutritifs (N, P, K) par rapport aux exigences de la canne à sucre

Pour une meilleure exploitation des sols, il est toujours nécessaire et même indispensable de connaître leur disponibilité en éléments nutritifs (N, P, K). Car, ceci permettra de mieux orienter le choix des cultures à mettre en place en fonction de leurs exigences.

Poids des sols et des éléments majeurs (N, P, K) à l'hectare

La détermination du poids de ces éléments dans les 20 premiers centimètres du sol a été effectuée en considérant :

- Une densité apparente de sol ($d = 1.3$) ;
- Une profondeur de 20 cm ;
- Une superficie de 1 ha ;
- La valeur moyenne de ces éléments trouvée pour chaque unité ($N_I = 0.20\%$, $N_{II} = 0.08\%$, $P_I = 9.56$ ppm, $P_{II} = 13.67$ ppm, $K_I = 0.40$ méq/100g, $K_{II} = 0.44$ méq/100g) ;
- Le taux de minéralisation de l'azote soit 3% l'an.

Les formules ayant été utilisées pour effectuer ces calculs se trouvent dans l'annexe 3

Tableau 12: Disponibilité des deux unités en éléments majeurs (N, P, K) sur une profondeur de 0 à 20cm

éléments unités	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)
I	156	24.86	405.60
II	62.40	35.54	446.16

Exportation de la culture de la canne à sucre

L'exportation du phosphore et du potassium sont présentées sous la forme de P_2O_5 et K_2O dans la littérature. Pourtant, les résultats d'analyse se trouvent sous la forme ionique. Donc, pour pouvoir comparer aisément les données de la littérature avec celles du laboratoire, les coefficients du tableau de conversions de l'annexe 3 ont été utilisés. D'où, les exportations de la canne usinable en éléments majeurs N, P et K pour le rendement espéré (90 tonnes/hectare) sont respectivement : 191,70 ; 33.80 et 253.5 Kg/ha

Apports recommandés par unité pour cette culture

La comparaison entre les éléments nutritifs (N, P, K) disponibles dans le terrain expérimental et l'exportation de la canne à sucre a révélé certaines carences des sols de l'aire d'étude en ces éléments. De par leur importance dans le développement et la croissance de cette plante, on a jugé nécessaire de déterminer les apports possibles pour un meilleur rendement de cette culture.

Ainsi, la détermination des apports a été effectuée en tenant compte de la particularité relative à chacun de ces éléments :

- Le taux de phosphore assimilable utilisable est de 21% ;
- Les pertes de l'azote par lixiviation, fixation et autres sont estimées à 50 % et ;
- Les pertes pour le potassium sont évaluées à 20%.

L'apport est donc obtenu en enlevant les disponibilités du sol dans les quantités recommandées pour la canne à sucre.

Tableau 13: Apports d'éléments majeurs recommandés pour cette culture dans les 2 unités en Kg/ha

éléments unités	N	P	K
I	227.40	136.09	-
II	321.00	125.41	-

V.-CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

5.1.- Conclusions

L'évaluation de la fertilité physico-chimique des sols de l'aire d'étude a révélé que les deux (2) unités pédologiques présentent une texture plus ou moins équilibrée à prédominance limono-argilo-sableuse et limono-sableuse, une structure et une profondeur favorables pour la canne à sucre. De par ces caractéristiques physiques, ils peuvent être travaillés facilement tant à l'état humide qu'à l'état sec. Cependant, il serait possible d'améliorer la structure des sols en y apportant davantage de la MO.

En ce qui a trait au pH, la superficie d'étude présente des valeurs qui vont de 6.00 à 8.30, une fourchette qui ne pose aucun problème pour la canne à sucre. La conductivité électrique obtenue pour les deux unités se trouve en dessous de la valeur admise (2mmhos). Un taux normal de sodium a été enregistré également au niveau de ces sols. Il en découle que le terrain à l'étude ne court pas de risques de salinité. Le rendement de la canne ne serait donc pas influencé par la présence de sels.

Concernant la MO, l'unité I en présente une teneur appréciable ($MO \geq 3\%$), ce qui n'est pas le cas pour l'unité II (1,60% en moyenne). C'est d'ailleurs cette raison qui explique l'appellation « sols isohumiques » attribuée aux sols de l'unité I. Par contre, le rapport C/N obtenu pour les 2 unités se trouve aux alentours de 10 en moyenne, ce qui traduit une bonne décomposition de la matière organique dans ces sols.

Pour ce qui est des éléments majeurs (N, P, K), le terrain expérimental est à même de fournir le potassium exigé par la plante. Mais, l'azote et le phosphore se trouvent en quantité déficiente au niveau des deux unités.

Les sols de la zone d'étude détiennent une capacité d'échange cationique élevée pour les deux unités. Puis, la saturation en cations échangeable des sols qui résulte du rapport de la somme des cations sur la CEC ($S/T*100$) traduit une richesse de ces sols en cations. Mais, ces derniers ne se trouvent pas dans les proportions adéquates, ce qui engendre les problèmes d'antagonisme et d'absorption au niveau des sols de l'espace d'étude.

Car, le rapport K/Mg souhaitable se situe entre 1 et 3, or dans ces sols, le magnésium est environ 32 fois supérieur au potassium ce qui traduit carrément le phénomène d'antagonisme (Soltner 1985), c'est-à-dire l'excès de magnésium dans le sol va limiter l'absorption du potassium par la canne.

Après avoir comparé les exigences de la canne à sucre aux caractéristiques des sols de l'aire d'étude, on peut conclure que l'hypothèse de départ selon laquelle ces sols peuvent satisfaire les exigences de la canne (usuable) est vérifiée en partie. Néanmoins, il serait possible d'implanter cette culture dans la zone moyennant que les recommandations ci-après soient prises en compte.

5.2.- Recommandations

Étant donné que la fertilité d'un sol n'est pas quelque chose d'immuable, il y'a donc possibilité d'y remédier. Ainsi, l'analyse des résultats trouvés pour les sols de l'aire d'étude permet de formuler les recommandations suivantes :

- Pour pouvoir améliorer l'activité biologique au niveau des sols bruns eutroques, il faut y apporter un peu plus de matière organique ;
- Face au problème d'antagonisme que peut engendrer le magnésium dans le sol, il faut faire des apports en potassium afin de pouvoir maintenir un équilibre entre les cations du sol ;
- Vu l'importance que revêtent les éléments majeurs dans la croissance et le développement de la plante, leur carence au niveau des sols doit être compensée par la fertilisation. Les apports possibles ayant été déjà calculés, ils sont présentés dans le tableau 13 ;
- Afin de pouvoir compenser le besoin en eau de la canne, il faut penser à mettre en place un système d'irrigation toutes les fois que cela se révèle techniquement possible et économiquement viable ;
- De par le rôle que jouent les microorganismes dans un sol, il s'avère nécessaire de réaliser une étude d'évaluation de la fertilité biologique des sols de la zone d'étude puisque cet aspect n'a pas été pris en compte dans la présente étude ;
- Le rendement d'une culture ne dépend pas seulement de la fertilité des sols, il peut aussi être influencé par l'impact de certaines maladies ..., ainsi des recherches sur les ravageurs, les maladies les plus courantes dans la zone pouvant affecter le rendement de cette culture seraient d'une importance capitale ;

Par ailleurs, il serait possible d'extrapoler et de recommander de tels travaux à l'échelle nationale afin de pouvoir mettre ces données à la disposition des utilisateurs et des différents acteurs œuvrant dans le secteur agricole. Il serait alors même possible de constituer une base de données sur la fertilité des sols de l'ensemble du pays, lesquelles feront l'objet de mises à jour, en vue d'une meilleure exploitation de ces derniers.

BIBLIOGRAPHIE

ALEXANDRE, P.C. 1994. Évaluation de la fertilité des sols du périmètre irrigué des Matheux (Arcahaie) compte tenu des exigences du bananier. Mémoire de fin d'études, FAMV, UEH, Damien, 79p.

ARZATE, E. 2005. Extraction et raffinage du sucre de canne. ACER. Saint-Nobert d'Arthabaska, Québec, 247p.

AZAR, M.S. 2008. Évaluation de la fertilité physico-chimique des sols de la plaine de Léogâne par rapport aux cultures de rente (maïs, haricot, canne à sucre). Etude de cas : la localité de Darbonne. Mémoire de fin d'études, FAMV, UEH, Damien, 57p.

BADO, B.V. 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse DSGA, FSAA LAVAL, 130 p.

BELIARD, C.A. et NORRIS, J.M.D. 1999. La dégradation de l'environnement. Port-au-Prince; ANDAH: 35p.

BELLANDE, A. 2009. Impact socioéconomique de la dégradation des terres en Haïti et interventions pour la réhabilitation du milieu cultivé, 73p.

BRADY, N.C. 1990. The nature and properties of soil. 10th (10ème) ed. Macmillan New York. 597p

CADOT, M.Y.S. 1990. Évaluation de la fertilité des sols à Bas Boën dans le périmètre irrigué de la rivière blanche (plaine du cul-de-sac). Mémoire de fin d'études, FAMV, UEH, Damien, 98p.

CHAPONNIERE, A. 2005. Fonctionnement hydrologique d'un bassin versant Montagneux semi-aride, Cas du bassin versant du Rehraya (Haut Atlas marocain)

DUPERVAL, B. 1983. La canne à sucre, son origine, sa culture, son industrie. Port-au-Prince, Haïti. Henri Deschamps, 52p.

ERNEST, S.1994. Évaluation de la fertilité des sols à Désarmes dans le périmètre irrigué de Maury (Vallée de l'Artibonite). Mémoire de fin d'études, FAMV, UEH, Damien, 55p.

- ESTIMÉ, E. 1998. Évaluation de la fertilité de 100 hectares de terre situés à Laury (Cap-Haïtien). Mémoire de fin d'études, FAMV, UEH, Damien, 38p.
- FAO. 2003. Gestions de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Rome, 63p.
- FAO. 1986. Aménagement des bassins versants. Conservation des sols et des eaux, Bulletin pédologique de la FAO, No 23, Rome, 150p.
- FAUCOUNIER R. et BASSEREAU D. 1970. La canne à sucre. 5^{ème} éd., Paris, France. Maisonneuve et Larose, 468 p.
- FILS-AIMÉ, A. 2004. Évaluation de la fertilité physico-chimique des sols de la plaine de Léogâne. Etude de cas : Masson et Macombre. Mémoire de fin d'études, FAMV, UEH, Damien, 58p.
- GRET /FAMV. 1990. Manuel d'Agronomie tropicale. La Fayette; Paris; France.490 p.
- GROS, A. 1997. Engrais : Guide pratique de la fertilisation. La maison rustique (7^{ème} édition), Paris, 225p.
- HENRY, S. 2014. Évaluation du système irrigué de la plaine de Coicou. (1 ère section communale de Bayaha, Commune de Fort-Liberté). Étude de cas : Coicou 1 et Coicou 2. Mémoire de fin d'études. Damien. FAMV.UEH.58p
- Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI). 2007. Inventaire des ressources et potentialités des communes d'Haïti.
- JEAN, M. 1997. Évaluation de la fertilité de 60 hectares de terre en fonction des exigences de la carotte : Cas d'habitation Corbier (Fermathe Haïti). Mémoire de fin d'études, FAMV, UEH, Damien, 37p.
- JOSEPH, Y.E. 1999. Évaluation de la fertilité des sols aux alentours des lacs artificiels de Pandiassiou (Hinche). Mémoire de fin d'études, FAMV, UEH, Damien, 64p.
- LGL S.A. 2012. Aménagement des systèmes d'irrigation de Coicou I, II et III, Roche Plate et Haut Madeleine dans le département du Nord-Est. Rapport d'APD du périmètre irrigué de Coicou. 76p.

MÉNÉLAS, N. 2004. Évaluation de la fertilité chimique des terres irriguées de la localité de Journy, Commune de Camp-Perrin. Mémoire de fin d'études, FAMV, UEH, Damien, 49p.

Ministère des Affaires Étrangères. 2002. Mémento de l'agronome. Ed CIRAD. GRET. France Paris. 1691p.

Ministère de la coopération française. 1993. Mémento de l'Agronome.- Nouvelle édition. République Française. 1760 p.

PICHOT J., SEDOGO M. P., et Poulain. P. F. 1981. Évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence des fumures minérales et organiques. Agronomie Tropicale N° 36 : pp122-133.

Pieri, C. 1989. Fertilité des terres en savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara". Paris, ministère de la coopération-Cirad-Irat, 444 p.

Plan d'Actions Départemental pour l'Environnement et le Développement Durable de Nord-Est (PADDED). 2004. Plan d'actions pour l'environnement et le développement durable de la commune de Fort-Liberté. 36 p.

SEDOGO, M.P. 1981. Contribution à l'étude de la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Matière organique du sol, nutrition azotée des cultures. Thèse INPL Nancy. 135p.

SOLTNER, D. 1985. Les bases de la production végétale. Tome 2, 3^{ème} éd. Paris, Imprimerie praizelin, 458p.

Unité de Télédétection et de Systèmes d'Information Géographique (UTSIG). 2003. Rapport technique d'une opération de production et de traitement de données spatialisées sur le Nord-Est. 56p.

ANNEXES

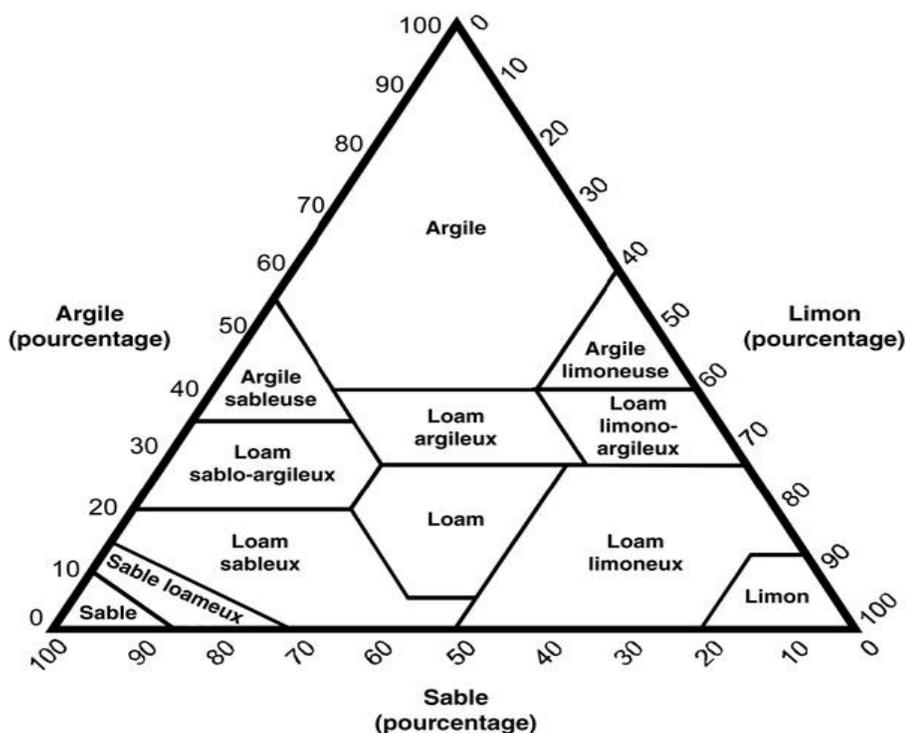
Annexe 1 : les méthodes de calcul des résultats

1.1.-Détermination du pourcentage d'argile, de limon et de sable ainsi que la texture

- Taux d'argile = 5*valeur de la deuxième lecture
- Taux de limon = 5*valeur de la première lecture – Taux d'argile
- Taux de sable = 100 – (Taux de limon + Taux d'argile)

Pour la texture, le diagramme permettant de déterminer la classe texturale du sol a été utilisé.

Triangle texturale



1.2.-Détermination du taux de carbone organique et matière organique

$$\% \text{ CO} = 0.39 (10 - V \cdot X) / P \quad \text{et} \quad \% \text{ MO} = 1.724 \cdot \% \text{ CO}$$

P : poids de sol utilisé

V : Volume de sel de Mohr

X : Facteur correctif ; X = 10/bl

bl : volume de sel de Mohr pour l'essai à blanc ou volume blanc

NB : le vol de bl doit être égal ou double de $K_2Cr_2O_7$ utilisé

1.724 : Coefficient de Van Berneler (dans 100 unités de MO, il y a 58 unités de CO)

1.3.- Détermination du taux d'azote total

$$\% N = 0.07 * V/P$$

V : volume en ml de H_2SO_4 N/20 versé pour la titration

P : poids de sol utilisé

1.4.- Détermination du taux de calcaire total

$$\% CaCO_3 = C * 100/P$$

C : concentration lue sur le graphe

P : poids de sol utilisé

1.5.- Détermination de la C.E.C

C.E.C = $2 * V$; V : volume d' H_2SO_4 N/10 ayant titré l'échantillon

1.6.- Détermination de la valeur des cations échangeables en méq/100 grammes de sol

Cation échangeable = $L * D * V_{acétate} * 100 / 1000 * P * \text{masse d'un éq.gr}$

L : lecture faite sur le graphe

1.7.- Détermination de la valeur du phosphore assimilable en mg/100 grammes de sol

Phosphore = $\{(V_1 * V_2) / (P * V_3 * 10)\} * C$ mg/100g $\rightarrow P = 100 * C$ ppm

V_1 : Volume de $NaHCO_3$

V_2 : Volume de fiole utilisé

V_3 : Volume pipette

P : poids de sol

C : Concentration en ppm

10 : Facteur de conversion

Annexe 2.-Normes d'interprétation

Paramètre	Unité	Classe I (Très bas)	Classe II (bas)	Classe III (moyen)	Classe IV (élevé)	classeV (très élevé)
pH	-	<5.1	5.1-6.5	6.5-7.8	7.8-8.5	>8.5
CE	Mmho/cm	0-0.25	0.26-0.45	0.46-0.65	0.65-1	>1
CaCO ₃ Total	%	<2	2-10	10-25	25-50	>50
CaCO ₃ actif	%	-	0-3	3-7	7-15	>15
MO	%	0-2	2.1-3.5	3.6-6.5	6.6-8.0	>80
N	%	0.01-0.08	0.09-0.15	0.16-0.25		-
P	Cmol/kg	0-5	5-15	15-30	>30	-
K	méq/100g	0-0.25	0.26-0.45	0.46-0.60	>0.60	
Na	méq/100g			0.1-1.4		
CEC	meq/100g	<6	6-12	12-25	25-40	>40
C/N		6-9.9	10-12	12-15	15-25	>25
Mg	Meq/100g	0.06	0.06-2.5	2.5-5	5-7.5	>7.5
V	%	<15	15-40	40-60	60-90	90-100

Source : Soltner (1985)

Annexe 3.- formules utilisées pour le calcul de la disponibilité du sol en éléments majeurs

$$M = 10000t * P * Da * T$$

M : masse de l'élément en Kg/ha

P : profondeur/épaisseur de sol considéré

Da : densité apparente de sol considéré

T : teneur du sol en élément considéré

10000 : superficie d'un hectare en m²

Conversion

$$\% = \text{ppm}/10000$$

$$\% = \text{masse d'un milliéquivalent en (g)} * \text{nombre de milliéquivalent}$$

Apport à faire

Apports = quantités nécessaires – disponibilités du sol

Quantités nécessaires (Q)

$$Q = \text{exportations} + \% \text{ perdue} * Q$$

Exemple de calcul

Détermination de la teneur en N, P, K pour l'unité 1 sur une profondeur de 20 cm sachant que les valeurs moyennes obtenues pour ces éléments sont respectivement : N1 = 0.20%, P1= 9.56 ppm et K1 = 0.40 méq/100g

Solution

Conversion

$$\text{Phosphore} : 9.56 \text{ ppm} = 0.000956\%$$

$$\text{Potassium} : 0.40 \text{ méq}/100\text{g} = 0.039 * 0.40 = 0.0156\%$$

Teneur en azote du sol sur 20 cm

Azote total

$$M = 10000 * 0.2 * 1.3 * 0.0020$$

$$M = 5.20 \text{ t ou } M = 5200 \text{ kg}$$

Azote minéral

$$M = 5200 * 0.03$$

$$M = 156 \text{ Kg}$$

Teneur en phosphore assimilable

$$M = 10000 * 0.2 * 1.3 * 0.00000956$$

$$M = 0.024856\text{t} = 24.856 \text{ Kg}$$

Teneur en potassium échangeable

$$M = 10000 * 0.2 * 1.3 * 0.000156$$

$$M = 0.4056 \text{ t} = 405.6 \text{ Kg}$$

Tableau de conversion

Si le chiffre est exprimé en	pour le convertir en	il faut le multiplier par
P	P ₂ O ₅	2.29
K	K ₂ O	1.20
K ₂ O	K	0.830
Mg	MgO	1.66
MgO	Mg	0.603
Ca	CaO	1.40
CaO	Ca	0.715
me K/kg de terre fine séchée	g K ₂ O/Kg de terre fine séchée	0.047
g K ₂ O/Kg de terre fine séchée	me K/kg de terre fine séchée	21.3
me Mg/Kg de terre fine séchée	g MgO/Kg de terre fine séchée	0.020
g MgO/Kg de terre fine séchée	me Mg/Kg de terre fine séchée	49.6
me Ca/Kg de terre fine séchée	g CaO/Kg de terre fine séchée	0.028
g CaO/Kg de terre fine séchée	me Ca/Kg de terre fine séchée	35.7

(1 me = 1mmol_c = 0.1 cmol_c)

Annexes 4.- Résultats bruts des analyses de Laboratoire

Annexe 4.a : Résultats bruts d'analyse pour les sols isohumiques (unité I) sur une profondeur de 0 à 20cm

Ech	pH	CE (mmhos/ cm)	A(%)	L(%)	S(%)	CaCo 3 total (%)	CEC (méq/ 100g)	K (méq/ 100g)	Na (méq/ 100g)	P (ppm)	MO (%)	N total	C/N	ESP	St
G187	7.88	0.14	25.00	15.00	60.00	4.00		0.76	0.21	20.17	4.03	0.20	11.69		10.08
G188	7.64	0.54	20.00	15.00	65.00	14.00		0.56	0.17	15.69	3.23	0.16	11.71		9.23
G204	6.80	0.10	42.00	23.00	35.00		37.81	0.12	0.88	0.00	3.25	0.16	11.78		5.00
G214	6.12	0.08	45.00	25.00	30.00	1.00	12.40	0.10	0.48	7.85	4.23	0.21	11.68	0.04	6.04
G210	7.70	0.24	45.00	5.00	50.00	3.00		0.64	0.21	12.24	5.04	0.25	11.69		10.08
G208	6.70	0.10	44.00	23.00	33.00		52.83	0.22	0.18	5.00	4.20	0.23	10.59	0.00	6.27
G186	7.16	0.08	35.00	5.00	60.00	1.00	27.00	0.23	0.30	24.65	3.97	0.19	12.12	0.01	9.93
G215	6.98	0.93	20.00	15.00	65.00	1.00		0.51	0.30		3.43	0.17	11.70		9.80
G235	7.32	0.96	20.00	10.00	70.00	1.00		0.03	0.35	6.73	3.43	0.17	11.70		11.43
G162	7.62	0.93	45.00	5.00	50.00	20.00		0.54	0.17	14.57	3.29	0.17	11.23		6.58
G240	6.02	0.77	20.00	5.00	75.00	1.00		0.38	0.22		3.23	0.16	11.71		12.92
G191	8.30	0.22	20.00	17.00	63.00		17.94	0.74	0.10	22.00	3.25	0.17	11.09	0.01	8.78
G182	7.10	0.16	43.00	16.00	41.00		43.44	0.18	0.17	0.00	3.11	0.17	10.61	0.00	5.27
G161	8.00	0.27	45.00	17.00	38.00		44.94	0.69	0.23	0.00	3.61	0.21	9.97	0.01	5.82
G248	6.40	0.14	46.00	21.00	33.00		41.82	0.19	0.32	1.00	6.23	0.29	12.46	0.01	9.30
Profil	6.80	0.17	38.00	25.00	37.00		41.16	0.52	0.13	4.00	4.20	0.28	8.70	0.00	6.67
Moyenn e	7.16	0.36	34.56	15.13	50.31	5.11	35.48	0.40	0.28	9.56	3.86	0.20	11.28	0.01	8.32
Max	8.30	0.96	46.00	25.00	75.00	20.00	52.83	0.76	0.88	24.65	6.23	0.29	12.46	0.04	12.92
Min	6.02	0.08	20.00	5.00	30.00	1.00	12.40	0.03	0.10	0.00	3.11	0.16	8.70	0.00	5.00
Ecart- type	0.69	0.34	11.39	7.29	15.14	6.99	13.44	0.25	0.19	8.66	0.83	0.04	0.93	0.01	2.39

Annexe 4.b : Résultats bruts d'analyse pour les sols isohumiques (unité I) sur une profondeur de 20 à 40cm

Ech	pH	CE (mmhos/ cm)	A%	L%	S%	CaCO ₃ total (%)	CEC (méq/10 0g)	K (méq/1 00g)	Na (méq/1 00g)	P (ppm)	MO (%)	N total	C/N	ESP	St
G188	7.64	0.53	20.00	10.00	70.00	20.00	38.20								
G204	6.00	0.23	50.00	15.00	35.00		41.91	0.11	2.00	1.00	1.35	0.09	8.70	0.05	2.08
G208	6.70	0.13	46.00	25.00	29.00		55.44	0.16	0.27	2.00	4.06	0.22	10.70	0.00	5.72
G214	6.38	0.09	55.00	20.00	25.00	0.00									
G215	6.44	0.22	15.00	15.00	70.00	1.00									
G235	7.20	0.13	10.00	10.00	80.00	1.00									
G191	7.50	0.18	20.00	15.00	65.00		16.44	0.54	0.12	36.00	2.57	0.14	10.65	0.01	7.34
G182	7.60	0.10	45.00	14.00	41.00		39.65	0.09	0.19	0.00	2.03	0.11	10.70	0.00	3.44
G161	8.20	0.25	41.00	19.00	40.00		39.44	0.45	0.19	0.00	3.25	0.19	9.92	0.00	5.42
G248	6.50	0.13	42.00	21.00	37.00		39.41	0.18	0.44	1.00	5.96	0.27	12.80	0.01	9.46
Profil	7.10	0.07	28.00	17.00	50.00		32.76	0.11	0.13	1.00	2.17	0.15	8.39	0.00	4.82
Moyenne	7.02	0.19	33.82	16.45	49.27	5.50	37.91	0.23	0.48	5.86	3.06	0.17	10.27	0.01	5.47
Max	8.20	0.53	55.00	25.00	80.00	20.00	55.44	0.54	2.00	36.00	5.96	0.27	12.80	0.05	9.46
Min	6.00	0.07	10.00	10.00	25.00	0.00	16.44	0.09	0.12	0.00	1.35	0.09	8.39	0.00	2.08
Ecart- type	0.67	0.13	15.62	4.57	18.87	9.68	10.81	0.18	0.68	13.31	1.55	0.06	1.48	0.02	2.43

Annexe 4.c : Résultats bruts d'analyse pour les sols bruns eutrophes (unité II) sur une profondeur de 0 à 20cm

Ech	pH	CE (mmhos/ cm)	A%	L%	S%	CaCO ₃ total (%)	CEC (méq/1 00g)	K (méq/1 00g)	Na (méq/1 00g)	P (ppm)	MO (%)	N total	C/N	ESP	St
G185	8.00	0.23	19.00	12.00	69.00		27.83	0.70	0.59	6.00	2.44	0.13	10.89	0.02	7.87
G209	6.93	0.09	25.00	10.00	75.00	1.00		0.77	0.26	19.05	2.68	0.13	11.96		7.66
G192	7.79	0.67	40.00	15.00	45.00	1.00	31.60	0.38	4.34	17.93	2.69	0.14	11.15	0.14	4.89
G218	6.71	0.74	15.00	10.00	75.00	0.00	27.00	0.38	0.39	15.69	1.01	0.05	11.72	0.01	4.04
G159	6.60	0.10	35.00	22.00	43.00		32.23	0.14	0.25	1.00	2.44	0.14	10.11	0.01	4.28
G239	6.27	0.71	15.00	10.00	75.00	2.00		0.23	0.26		1.01	0.05	11.72		4.04
G249	6.85	0.18	25.00	5.00	70.00	1.00		0.38	0.26	4.49	0.74	0.04	10.73		2.47
G236	7.12	0.22	15.00	15.00	70.00	2.00		0.38	0.21	5.61	1.72	0.09	11.09		5.73
G142	6.77	0.13	25.00	10.00	65.00	1.00		0.38	0.21	10.09	2.76	0.14	11.44		7.89
G141	6.96	0.85	40.00	5.00	55.00	1.00		0.38	0.17	14.57	1.61	0.08	11.67		3.58
G160	7.10	0.16	35.00	10.00	55.00	2.00	23.00	0.23	0.52	7.85	1.48	0.07	12.26	0.02	3.29
G227	6.99	0.04	35.00	5.00	60.00	2.00		0.15	0.17		0.82	0.04	11.89		2.05
G228	6.47	0.65	45.00	15.00	40.00	1.00		0.51	0.35	19.05	0.71	0.04	10.30		1.18
G229	6.40	0.12	40.00	10.00	50.00	3.00	36.00	0.62	0.25	8.97	0.34	0.02	9.86	0.01	0.68
G230	7.61	0.43	50.00	10.00	40.00	1.00	20.20	0.76	0.17	8.97	1.75	0.09	11.28	0.01	2.92
G231	6.66	0.12	40.00	20.00	40.00	2.00		0.76	0.30	14.57	1.95	0.10	11.31		3.25
G232	7.13	0.76	40.00	15.00	45.00	1.00	38.20	0.42	0.23	10.09	0.14	0.01	8.12	0.01	0.25
G233	6.77	0.09	40.00	5.00	55.00	2.00		0.15	0.21	6.73	0.25	0.01	14.50		0.56
G234	7.46	0.16	40.00	15.00	45.00	2.00		0.13	1.52	12.33	2.02	0.10	11.72		3.67
G139	6.34	0.23	30.00	15.00	55.00	0.00		1.02	0.43	23.48	2.58	0.14	10.69		5.73
G246	6.60	1.00	45.00	10.00	45.00	2.00		0.51	0.26	31.36	2.58	0.14	10.69		4.69
G181	8.03	0.86	45.00	10.00	45.00	2.00				31.36	1.73	0.10	10.03		3.15
G225	6.85	0.11	15.00	5.00	80.00	3.00		0.38	0.43		1.59	0.09	10.25		7.95
profil	7.23	0.48	25.00	5.00	70.00	4.00		0.50	3.44	25.00	1.68	0.08	12.15		5.60
Moyenne	6.95	0.40	31.96	10.76	57.68	1.61	29.51	0.44	0.64	13.67	1.60	0.08	11.14	0.03	4.11
Max	8.03	1.00	50.00	22.00	80.00	4.00	38.20	1.02	4.34	31.36	2.76	0.14	14.50	0.14	7.95
Min	6.02	0.04	15.00	5.00	40.00	0.00	20.20	0.13	0.17	1.00	0.14	0.01	8.12	0.01	0.25
Ecart type	0.52	0.31	11.13	4.82	13.52	0.94	6.18	0.23	1.04	8.46	0.81	0.04	1.14	0.04	2.28

Annexe 4.d : Résultats bruts d'analyse pour les sols bruns eutrophes (unité II) sur une profondeur de 20 à 40cm

Ech	pH	CE (mmhos/ cm)	A%	L%	S%	CaCO ₃ total (%)	CEC (méq/100g)	K (méq/100g)	Na (méq/100g)	P (ppm)	MO (%)	N total	C/N	ESP	St
G185	8.10	0.12	18.00	9.00	73.00		24.74	0.49	0.65	6.00	1.35	0.10	7.83	0.03	5.00
G209	6.50	0.05	25.00	15.00	60.00	1.00									
G192	7.70	1.44	40.00	20.00	40.00	1.00									
G218	6.75	0.06	20.00	10.00	70.00	2.00									
G239	7.06	0.40	60.00	10.00	30.00	1.00									
G236	7.25	0.13	10.00	15.00	75.00	1.00									
G159	7.10	0.17	39.00	19.00	42.00		34.29	0.12	0.33	0.00	1.76	0.09	11.34	0.01	3.03
G160	7.13	0.23	30.00	5.00	65.00	0.00									
G229	6.01	0.34	45.00	15.00	40.00	0.00									
G330	7.89	0.06	40.00	20.00	40.00	1.00									
G231	6.83	0.65	50.00	10.00	40.00	2.00									
G232	7.83	0.15	45.00	5.00	50.00	1.00									
G233	7.04	0.08	35.00	10.00	55.00	2.00									
G234	7.27	0.29	40.00	5.00	55.00	1.00									
G139	7.71	0.15	20.00	19.00	70.00	2.00									
G181	8.11	0.51	40.00	15.00	45.00	1.00									
G225	7.34	0.74	20.00	10.00	70.00	1.00									
profil	7.83	0.51	20.00	10.00	70.00	4.00		0.15	2.15	21.78	0.33	0.02	9.55		1.10
Moyenne	7.30	0.34	33.17	12.33	55.00	1.31	29.52	0.25	1.04	9.26	1.15	0.07	9.57	0.02	3.04
Max	8.11	1.44	60.00	20.00	75.00	4.00	34.29	0.49	2.15	21.78	1.76	0.10	11.34	0.03	5.00
Min	6.01	0.05	10.00	5.00	30.00	0.00	24.74	0.12	0.33	0.00	0.33	0.02	7.83	0.01	1.10
Ecart type	0.57	0.35	13.38	5.09	14.49	0.95	6.75	0.21	0.97	11.25	0.74	0.04	1.76	0.01	1.95

Annexe 4.e : Résultats bruts d'analyse concernant les cations pour l'ensemble de l'aire d'étude (profondeur : 0-20cm)

No Ech	K (méq/100g)	Na (méq/100g)	Ca (méq/100g)	Mg (méq/100g)	C.E.C (méq/100g)	S (méq/100g)	Ca/S (%)	Ca/C.E.C (%)	K/Mg	Ca/Mg	Taux de saturation
G159	0.14	0.25	22.02	9.72	32.23	32.13	68.53	68.32	0.01	2.27	99.69
G161	0.69	0.23	32.19	11.84	44.94	44.95	71.61	71.63	0.06	2.72	100.02
G182	0.18	0.17	31.56	11.53	43.44	43.44	72.65	72.65	0.02	2.74	100.00
G185	0.70	0.59	15.09	11.45	27.83	27.83	54.22	54.22	0.06	1.32	100.00
G191	0.74	0.10	12.48	4.62	17.94	17.94	69.57	69.57	0.16	2.70	100.00
G204	0.12	0.88	23.96	12.86	37.81	37.82	63.35	63.37	0.01	1.86	100.03
G208	0.22	0.18	37.30	16.12	52.83	53.82	69.31	70.60	0.01	2.31	101.87
G248	0.19	0.32	24.70	16.60	41.82	41.81	59.08	59.06	0.01	1.49	99.98
Moyenne	0.37	0.34	24.91	11.84	37.36	37.47	66.04	66.18	0.04	2.18	100.20
Max	0.74	0.88	37.30	16.60	52.83	53.82	72.65	72.65	0.16	2.74	101.87
Min	0.12	0.10	12.48	4.62	17.94	17.94	54.22	54.22	0.01	1.32	99.69
Ecart-type	0.28	0.26	8.54	3.76	11.01	11.22	6.54	6.64	0.05	0.56	0.69

Annexe 4.f : Résultats bruts d'analyse concernant les cations pour l'ensemble de l'aire d'étude (profondeur : 20-40cm)

No Ech	K (méq/ 100g)	Na (méq/1 00g)	Ca (méq/1 00g)	Mg (méq/100g)	C.E.C (méq/100g)	S (méq/100g)	Ca/S (%)	Ca/C.E.C (%)	K/Mg	Ca/Mg	Taux de saturation
G159	0.12	0.33	23.58	10.28	34.29	34.31	68.73	68.77	0.01	2.29	100.06
G161	0.45	0.19	28.44	10.36	39.44	39.44	72.11	72.11	0.04	2.75	100.00
G182	0.09	0.19	26.32	13.05	39.65	39.65	66.38	66.38	0.01	2.02	100.00
G185	0.49	0.65	12.97	10.62	24.74	24.73	52.45	52.43	0.05	1.22	99.96
G191	0.54	0.12	11.40	4.38	16.44	16.44	69.34	69.34	0.12	2.60	100.00
G204	0.11	2.00	26.07	13.73	41.91	41.91	62.20	62.20	0.01	1.90	100.00
G208	0.16	0.27	39.55	15.47	55.44	55.45	71.33	71.34	0.01	2.56	100.02
G248	0.18	0.44	23.70	15.49	39.81	39.81	59.53	59.53	0.01	1.53	100.00
Moyenne	0.27	0.52	24.00	11.67	36.47	36.47	65.26	65.26	0.03	2.11	100.00
Max	0.54	2.00	39.55	15.49	55.44	55.45	72.11	72.11	0.12	2.75	100.06
Min	0.09	0.12	11.40	4.38	16.44	16.44	52.45	52.43	0.01	1.22	99.96
Ecart- type	0.19	0.62	8.88	3.65	11.73	11.73	6.76	6.77	0.04	0.54	0.03