

**ETUDE DE LA SITUATION PHYTOSANITAIRE DES
EXPLOITATIONS AGRICOLES (CULTURE DU MANIOC)
AUTOUR DES ZONES PETROLIERES DE BONDI ET
TCHIAMBA-NZASSI, DEPARTEMENT DU KOUILOU**



Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique des sites investigués.....	11
Figure 2 : Texture des échantillons de sols prélevés	24
Figure 3 : potentiel d'hydrogène (pH) des échantillons de sols prélevés	25
Figure 4: Taux de matière organique des échantillons de sols prélevés.....	218
Figure 5 : Taux d'azote des échantillons de sols prélevés.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 6 : Somme de bases échangeables des échantillons de sols prélevés.....	229
Figure 7 : Capacité d'échange cationique des échantillons de sols prélevés	230
Figure 8 : Pourcentage de pieds de manioc sains dans les villages visités.....	325
Figure 9 : Incidence de la mosaïque dans les champs de manioc visités.....	33
Figure 10 : Sévérité de la mosaïque dans les champs de manioc visités.....	33
Figure 11 : Incidence de la striure brune dans les champs de manioc visités.....	33
Figure 12 : Sévérité de la striure brune dans les champs de manioc visités	34
Figure 13 : Incidence des pourridiés dans les champs de manioc visités.....	34
Figure 14 : Sévérité des pourridiés dans les champs de manioc visités.....	34
Figure 15 : Incidence des mouches blanches dans les champs de manioc visités	35
Figure 16 : Sévérité de la mouche blanche dans les champs de manioc visités	35
Figure 17 : Incidence de l'acarien vert dans les champs de manioc visités.....	36
Figure 18 : Sévérité de l'acarien vert dans les champs de manioc visités.....	36
Figure 19 : Stratégies mises en œuvre dans la gestion des maladies du manioc.....	36
Figure 20 : Hauteur de la tige de manioc.....	307
Figure 21 : Circonférence de la tige de manioc	307
Figure 22 : Nombre de tubercules portés par un pied de manioc	38
Figure 23 : Longueur de tubercule de manioc	38
Figure 24 : Masse de tubercules portés par un pied de manioc.....	38

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des sites investigués dans les différents villages	11
Tableau 2 : Notes des symptômes et des dégâts des maladies et des ravageurs.....	15
Tableau 3 : Niveau d'instruction des enquêtés	20
Tableau 4 : Eventualité de formations agricoles reçues par les enquêtés	20
Tableau 5 : Milieu cultivé de manioc	20
Tableau 6 : Superficie cultivée de manioc.....	21
Tableau 7 : Cultures associées au manioc	21
Tableau 8 : Nombre de sarclage effectués durant un cycle de la culture du manioc	22
Tableau 9 : Fertilisation de la culture du manioc.....	22
Tableau 10 : Stratégies mises en œuvre pour une gestion de la fertilité du sol.....	22
Tableau 11 : Limitations agricoles en fonction de la pente du terrain (%).....	23
Tableau 12 : Limitations culturales en relation avec la profondeur utile du sol (cm)	23
Tableau 13 : Intervalles de profondeur minimale (absolue et souhaitable) de cultures ..	23
Tableau 14 : Limitations culturales en fonction de la texture du sol	24
Tableau 15 : Relation entre classe de teneur en argile et quelques propriétés du sol	24
Tableau 16 : Limitations agricoles en fonction des éléments grossiers (%) de la couche arable	25
Tableau 17 : Limitations culturales en relation avec les conditions d'hydromorphie du sol	26
Tableau 18 : Limitations culturales en fonction de l'acidité (pH eau) du sol.....	20
Tableau 19 : Intervalles de tolérance d'acidité de quelques cultures.....	20
Tableau 20 : Limitations agricoles suivant la teneur en matière organique du sol (%)	218
Tableau 21 : Limitations agricoles suivant la teneur (%) en azote du sol.....	22
Tableau 22 : Limitations agricoles suivant la somme des bases du sol (méq/100 g)	229
Tableau 23 : Limitations agricoles suivant la CEC du sol (méq/100 g)	30
Tableau 24 : Variétés cultivées dans la zone d'étude	31
Tableau 25 : Source du matériel de plantation.....	32
Tableau 26 : Niveau moyen de polluants dans l'air de la zone d'étude.....	39

Tableau 27 : Maladies les plus fréquentes sur le manioc et les moyens de lutte appropriés.43
Tableau 28 : Ravageurs les plus fréquents sur le manioc et les moyens de lutte appropriés.44

Sommaire

PREFACE	1
RESUME	3
INTRODUCTION	8
1. MATERIELS ET METHODES	10
1.1. Présentation de la zone d'étude	10
1.2. Choix des villages et des sites	10
1.3. Itinéraires techniques mises en œuvre, mensurations et observations	12
1.4. Echantillonnage du sol et analyses au laboratoire	12
1.5. Evaluation des niveaux de fertilité des sols	13
1.6. Évaluation de l'état sanitaire de la culture du manioc	14
1.7. Évaluation de la pollution de l'air.....	9
1.8. Traitement et analyse des données.....	12
2. RESULTATS	20
2.1. Profil de l'exploitation et itinéraires techniques mises en œuvre	20
2.1.1. Niveau d'instruction	20
2.1.2. Formations agricoles reçues.....	20
2.1.3. Milieu cultivé et superficie cultivée	21
2.1.4. Associations culturales	21
2.1.5. Entretien	22
2.2. Niveau de fertilité du sol	22
2.2.1. Relief, pente et profondeur.....	22
2.2.2. Texture et structure	24
2.2.3. Couleur du sol	25
2.2.4. pH.....	26
2.2.5. Matière organique et azote	20
2.2.6. Bases échangeables	22
2.2.7. Abondance de la vie du sol (vers de terre, termites, escargots ...)	30
2.3. Etat phytosanitaire, croissance et production	31
2.3.1. Variétés cultivées	31
2.3.2. Etat sanitaire et stratégies mises en œuvre	32
2.3.3. Croissance et production	30
2.4. Niveau de pollution du milieu (air)	38
3. RECOMMANDATIONS	40
3.1. Niveau de fertilité du sol	40
3.1.1. Contraintes majeures et stratégies de gestion durable	40
3.1.2. Itinéraires techniques	41
3.2. Etat sanitaire des cultures et stratégies à mettre en œuvre	43
3.3. Niveau de pollution de l'air	45
3.4. Cultures recommandées et activités alternatives	40
CONCLUSION	50
BIBLIOGRAPHIE	52
ANNEXES	I
Annexe 1 : Questionnaire soumis aux riverains de site	I
Annexe 2 : Fiche des observations sur le terrain	II
Annexe 3 : Photographies illustrant certaines activités menées sur le terrain.....	IV
Annexe 4 : Composition des échantillons de sols prélevés sur le terrain	V

PREFACE

« Loué sois tu Seigneur, pour sœur notre mère la terre, qui nous soutient et nous gouverne et produit divers fruits avec les fleurs colorées et l'herbe ». C'est par cette magnifique invocation du cantique des créatures de Saint François d'Assise, que le Pape François introduisait sa lettre encyclique *Laudato Si* publié le 24 mai 2015. Face à la crise climatique de notre temps le Saint Père François nous invitait par ce texte fondateur, de changer notre approche du développement, en cessant les agressions contre la terre notre mère. A la suite de ce message qu'il me soit permis de faire la même exhortation pour la terre de notre Archidiocèse de Pointe Noire victime elle aussi des violences liées aux exploitations pétrolière et minière pour le développement socio- économique de notre pays. Nous rendons grâce à Dieu et le bénissons d'avoir pourvu autant de richesses à la terre de notre Archidiocèse, qui procure tant de revenus à notre pays pour le bien être des filles et fils du Congo. Notre Commission Justice et Paix engagée dans la demande de transparence dans la gestion des revenus pétroliers, suit également avec une attention particulière les joies et les pleurs non visibles des communautés riveraines des installations pétrolières, qui expriment leurs lamentations sur les exploitations agricoles notamment le manioc leur principal aliment de base, sur les arbres fruitiers leurs sources de revenus : les safoutiers, les manguiers, les avocatiers... Pour les communautés riveraines la promesse du Seigneur faite dans le livre du prophète Malachie 3. 11 tarde de s'accomplir ***“En votre faveur, je tancerai le criquet pour qu'il ne vous détruise pas les fruits du sol, et que pour vous la vigne ne soit pas stérile dans la campagne, dit Yahvé Sabaoth”***. De même que les prescriptions du Seigneur dans **Deutéronome 20 :19-20** ne sont pas respectées : ***“Si, en attaquant une ville, tu dois l'assiéger longtemps pour la prendre, tu ne mutileras pas ses arbres en y portant la hache ; tu t'en nourriras sans les abattre. Est-il homme, l'arbre des champs, pour que tu le traites en assiégé ? Cependant, les arbres que tu sais n'être pas des arbres fruitiers, tu pourras les mutiler, les abattre, et en faire des ouvrages de siège contre cette ville en guerre contre toi, jusqu'à ce qu'elle succombe”***.

Ces textes montrent que la protection des cultures vivrières et l'agriculture paysanne sont des enjeux majeurs de la justice sociale et un défi de notre foi chrétienne face à la surexploitation de notre mère la terre.

Après les analyses des sols réalisées par la Commission Justice et Paix dans le district de Hinda, qui ont révélé une teneur en acide élevée, celles-ci ont été contestées et la mosaïque rendue responsable du phénomène. Toutefois je salue les initiatives qui ont été prises pour tenter de palier le problème : distribution des nouvelles boutures de manioc, construction du Centre d'Appui Technique et des Ressources Professionnelles de Mboukou, le but étant de former les agriculteurs et éleveurs locaux à des techniques innovantes et de promouvoir la sécurité alimentaire.

Aujourd'hui encore, nous sommes en quête de solutions pour la fertilité de nos sols. J'ai pour cela le plaisir de vous présenter ces nouvelles analyses de sols réalisées par notre Commission Justice et Paix, avec l'appui technique de l'Institut National de Recherche Forestière, l'Institut de Recherche Agronomique. L'espace géographique ne se limite plus au seul district de Hinda et étendu à celui de Tchamba Zassi. Les constats sont les mêmes l'acidité des sols probablement

provoqué par les torchères qui brûlent jour et nuit pour l'exploitation pétrolière. Pourtant, L'Etat avait pris des mesures interdisant le torchage et l'éventage du gaz¹ car son brûlage en continu libère de grandes quantités de gaz à effet de serre ; ce qui quantités de gaz à effet de serre ; ce qui impacte négativement les droits humains, notamment le droit à l'alimentation ainsi que le droit à la santé.

Comme Pasteur, j'en appelle à l'application rigoureuse des textes en vigueur et au respect d'une écologie intégrale. Je souhaite vivement qu'un dialogue franc et sincère s'ouvre entre les différentes parties prenantes travaillant sur ces questions. L'appui à des activités génératrices de revenus, les solutions de fertilisation des sols, l'investissement dans les nouvelles technologies afin de stopper le brûlage du gaz et la mise en œuvre des projets carbones sont des pistes à explorer.

Ma bénédiction apostolique accompagne toutes les personnes de bonne volonté engagées pour la préservation des terres de l'Archidiocèse de Pointe Noire.




Monseigneur Abel LILUALA
Archevêque Métropolitain de Pointe Noire.
Président de la Commission Justice et Paix de Pointe Noire

¹ Décret n ° 2007-294 du 31 mai 2007 fixant les règles relatives à l'utilisation et à la valorisation du gaz.

Décret n° 2022-1856 du 12 octobre 2022 réglementant le torchage et l'éventage de gaz dans les activités amont du secteur des hydrocarbures.

RESUME

Objectif

Tout en évaluant la contamination par les hydrocarbures du milieu la présente descente de terrain vise d'étudier la situation phytosanitaire des exploitations agricoles autour des zones pétrolières de Bondi et de Tchiamba-Nzassi dans le département du Kouilou.

Méthodologie

Les villages de Tchikanou, Mboukou, Mpondila, Tchimbouissi, Mboubissi, Loemé, Banga-Cayo, Tchissindi et Malelé ont été retenus. Dans chaque village, 5 ménages ont été choisis en tenant compte de la superficie cultivée, l'accessibilité du site et la distribution géographique.

Pour collecter les données sur le terrain, les techniques utilisées sont : 1) l'entretien individuel via une fiche d'enquête (profil de l'exploitant, itinéraires techniques mises en œuvre, variétés cultivées) ; 2) les mensurations (croissance et production du manioc, teneurs de polluants dans l'air) et 3) les observations (état sanitaire et appréciation de la fertilité du sol à travers l'intensité de la pente, la couleur, la texture et la structure, l'abondance de la vie).

Un échantillon composite du sol a été prélevé par village et analysé au laboratoire (texture, acidité, teneurs en N, P, K, Ca, la somme des bases échangeables et la capacité d'échange cationique). Le rapport C/N et le taux de saturation en bases ont été calculés. La composition de l'air a été mesurée à l'aide du CAIRNET.

L'évaluation des niveaux de fertilité des sols est basée sur le nombre et l'intensité des limitations (FAO, 1976). Le Congo ne disposant pas de norme sur les hydrocarbures, l'évaluation de la pollution du milieu s'est appuyée sur les directives IFC/Banque Mondiale.

Pour l'état sanitaire du manioc, il a été observé sur les feuilles, tiges et racines les symptômes de maladies et de ravageurs. La sévérité a porté sur une échelle de 1 (aucun symptôme) à 5 (symptômes graves) (IITA, 1990). Il a ensuite été calculé l'incidence de chaque maladie.

Résultats

L'enquête révèle que 70 % des producteurs de manioc ont un niveau d'instruction secondaire (collège et lycée). Il est à noter que seulement 11 % d'entre eux disent avoir bénéficié de formations en lien avec l'activité agricole. Dans le choix du milieu à cultiver, ils privilégient les terrains situés en forêt (dans 73 % des cas). La majorité des agriculteurs enquêtés (38 %) ont de superficies plantées de manioc comprises entre 0,25 et 0,5 ha.

Concernant les itinéraires techniques mises en œuvre ; les observations montrent que les agriculteurs de la zone cultivent le manioc en association dans 84 % des champs. Les principales cultures associées au manioc sont le maïs, l'arachide, les légumes, les courges, l'igname, etc. Les producteurs de manioc affirment sarcler deux fois en majorité. Dans les villages visités, aucun enquêté n'apporte des fertilisants sur cette culture.

S'agissant du niveau de fertilité, elle est faible dans les sols étudiés. Sont limitants dans ces sols les variables texture, structure, pH, matière organique, azote, bases échangeables, capacité d'échange cationique, organismes du sol (vers de terre, termites, escargots ...). Les sols présentent de limitations sévères en termes de texture et de structure mais nulles pour la profondeur et l'hydromorphie. Les limitations agricoles en fonction de la pente sont sévères pour les cultures annuelles, moyennes pour celles pérennes et faibles pour l'arboriculture.

Le plus souvent, plus de six variétés de manioc sont cultivées dans un champ. Le matériel de plantation provient d'un champ précédent voire d'un champ voisin. L'état sanitaire des champs visités est déficient ; au moins 83 % des pieds sont attaqués par diverses maladies. Avec une incidence symptomatique de 45 %, la mosaïque est la maladie la plus répandue, suivie des pourridiés (22 %) et de la striure brune (19 %). Dans les conditions de la zone, les niveaux de sévérité 2 et 3 sont les plus fréquents. Les autres maladies de la culture du manioc (anthracnose, cercosporiose) sont très peu fréquentes. Les deux principaux ravageurs du manioc dans la zone sont la mouche blanche et l'acarien vert rencontrés sur près de 20 % des tiges. Les dégâts dus à ces ravageurs sont modérés (indice de sévérité majoritaire de 2). Les autres ravageurs (cochenille, criquet) n'ont pas montré de pression forte dans la zone étudiée. En général aucune action n'est menée devant une tige malade, elle est laissée au champ.

Comparées aux valeurs seuils de l'OMS et de la FAO, les teneurs en polluants dans l'air révèlent un niveau de pollution élevé. Dans tous les sites étudiés, les valeurs en particules fines, en oxydes d'azote et de soufre sont au-dessus des seuils critiques pour la santé humaine. Pour les cultures, alors que les teneurs en dioxyde de soufre représentent une contrainte pour les cultures dans tous les sites, le dioxyde d'azote et les particules les plus grosses (PM10) ne le sont que dans quelques sites tels Mboubissi et Banga-Cayo.

En résumé, la prolifération des maladies et des ravageurs, la baisse des rendements observée résulterait de la combinaison de facteurs tels la faible fertilité naturelle du sol, certaines mauvaises pratiques agricoles (mode d'obtention des boutures, absence de fertilisation...) et surtout la forte concentration d'hydrocarbures dans le milieu (sol, eau et air). En effet, en présence de polluants issus du pétrole et poussant sur sols pauvres, les cultures subissent un stress les rendant plus vulnérables aux maladies et aux ravageurs, entraînant de mauvaises croissance et de faibles rendements.

Recommandations

Constats	Recommandations
✓ Cultures placées en forêt, jugée plus fertile par les producteurs. Surfaces couvertes de forêt sont en recul,...	✓ Promouvoir l'agroforesterie en associant des espèces ligneuses de la famille légumineuses (acacia, leucaena...) avec des cultures vivrières.
✓ Pratique d'une agriculture itinérante sur brulis dans la zone.	✓ Sensibiliser et former les agriculteurs de ne pas brûler la biomasse (défriches, arbustes dessouchés) mais la composter ou l'enfouir dans le sol. ✓ Promouvoir la jachère « améliorée » plantée d'espèces fertilisantes à la place de celle « naturelle ».
✓ Utilisation par les agriculteurs des boutures issues de champs précédents pour en emblaver de nouveaux ; cela contribue à propager les maladies.	✓ Sensibiliser les agriculteurs sur la nécessité d'utiliser du matériel de plantation de bonne qualité, amélioré et sain. ✓ Former les agriculteurs sur les critères de choix des champs à bouturer : âge, état sanitaire, parties à prélever... ✓ Former les agriculteurs sur de techniques de multiplication des boutures saines de manioc par le mini-bouturage, le bourgeonnement axillaire in situ. ✓ Contractualiser l'Institut National de Recherche Agronomique pour la multiplication des boutures à grande échelle par la technique SAH (hydroponique semi-autotrophique), l'assainissement des variétés malades par la technique de culture in vitro, l'introduction à partir de structures internationales de variétés améliorées résistantes ou tolérantes aux principales maladies... ✓ Mise en place de parcs à bois de variétés élites.
✓ Activités agricoles menées sur de terrains en pente, sableux ; donc sensibles à l'érosion	✓ Sensibiliser les agriculteurs sur les causes et les conséquences de la dégradation des terres, la valorisation des pentes avec d'espèces ne nécessitant pas de labour. ✓ Former les agriculteurs sur la gestion durable des terres : période de réalisation des travaux, réduction des façons culturales, protection contre l'érosion.
✓ Faible fertilité chimique des sols prélevés (forte acidité, faibles teneurs en bases...)	✓ Sensibiliser les agriculteurs sur les causes et les conséquences de la baisse de la fertilité du sol. ✓ Former les agriculteurs sur les stratégies d'apport d'amendements calcaires et de matière organique (matière fertilisante, dose et période d'apport).
✓ Recours à la fertilisation (minérale ou organique) inexistante sur la culture du manioc	✓ Former les agriculteurs sur les modalités de fertilisation de la culture du manioc : matière fertilisante, dose et période d'apport d'amendements et d'engrais.
✓ Circuit de distribution	✓ Promouvoir la plantation d'espèces fertilisantes

des intrants désorganisé, d'où leur faible disponibilité et leur cherté.	(légumineuses) à croissance rapide (Acacia, Leucaena....) dont la biomasse sera enfouie au sol pour le fertiliser. ✓ Promouvoir l'élevage d'herbivores (caprins, ovins, lapins...) dont les déjections seront compostées. ✓ Former les agriculteurs au compostage des déchets.
✓ Association des cultures quasi systématique ; cependant les légumineuses sont peu présentes	✓ Former les agriculteurs afin de mettre en œuvre des associations culturales efficaces : associations bénéfiques, celles à éviter, densité de semis... ✓ Sensibiliser les agriculteurs sur l'importance des légumineuses (arachide, niébé, soja, pois d'angole...) sur les plans alimentaire et la fertilisation des sols.
✓ Majorité des sites assez enherbées ; peu de sarclages effectués car activité manuelle, pénible	✓ Sensibiliser les agriculteurs sur les conséquences de l'enherbement sur les cultures : compétition en lumière, eau et nutriments, adventices hôtes de nuisibles. ✓ Doter les villages d'outils de sarclage : sarcleuses, houes...
✓ Méconnaissance par les agriculteurs des symptômes des maladies ; et les pieds de malades sont laissés en place.	✓ Former les agriculteurs sur l'identification des maladies à partir de leurs symptômes majeurs. ✓ Former les agriculteurs sur la gestion de maladies au champ : utilisation de matériel sain, de variétés tolérantes, sarclage régulier, élimination des vecteurs, arrachage des plants infectés, pratique de la rotation/jachère...
✓ Produits chimiques (engrais, herbicides, pesticides) très peu utilisés dans la zone	✓ Former les agriculteurs sur les modalités d'utilisation des produits chimiques : choix de la molécule, dose, période et précautions à prendre, respect du délai de sécurité.
✓ Au niveau des torchères, des gaz polluants sont libérés sur de longues distances, affectant l'environnement.	✓ Mettre en œuvre la captation et le recyclage des produits pétroliers pour la production d'électricité au lieu de les brûler par les torchères.
✓ Forte concentration d'hydrocarbures dans le milieu et pas de méthode d'atténuation mise en œuvre	✓ Inciter les entreprises pétrolières à atténuer les impacts sur le milieu par la plantation d'espèces bio-remédiatrices : vétiver, brachiaria, andropogon, leucaena, acacia, crotalaire, stylosanthes...
✓ Baisse significative des rendements agricoles rapportée par les agriculteurs ; ce qui affecte leurs moyens de subsistance.	✓ Proposer un encadrement technique des agriculteurs pour la conduite de cultures adaptées : manioc, soja, arachide, haricot, ananas, pois d'angole, niébé, igname, patate douce, maïs, sorgho, bananier, papayer, bissap, maraichage, pomme de terre, courge, cotonnier, palmier à huile, voandzou, taro/macabo, théier, anacardier,...
✓ On n'observe dans la zone qu'une faible	✓ Transformation des tubercules et des feuilles de manioc en produits dérivés à haute valeur ajoutée

diversification des activités menées	: amidon, gari, chips, tapioca, attieké, alcool, farine panifiable, ✓ Plantation de vergers : manguier, safoutier, avocatier, agrumes, anacardier, caféier, hévéa...). ✓ Elevage d'herbivores : lapins, ovins et caprins ; voire de porcins et de volaille (poulets, canards et pintades). ✓ Mise en œuvre de la pisciculture en étangs : élevage de tilapia, de silures voire de Congo-ya-Sika. ✓ Production des champignons comestibles tels les pleurotes en valorisant la biomasse disponible. ✓ Mise en œuvre du maraîchage : ciboule, chou, tomate, aubergine, laitue, concombre, persil, céleri, pastèque...,
--------------------------------------	---

INTRODUCTION

Au Congo, la majorité des denrées alimentaires est importée. En, effet en dépit de l'existence d'immenses espaces cultivables (10 millions d'ha), ainsi que des conditions favorables à la réalisation de deux cycles annuels pluviales, le secteur agricole est loin d'assurer l'autosuffisance de la population. Plusieurs contraintes minent l'agriculture du pays : la pauvreté des sols (réserves minérales faibles, complexe argilo-humique pauvre en cations échangeables, pH acides), la faible disponibilité des intrants agricoles (matières fertilisantes, pesticides, semences), les maladies ... Cette situation est observée sur la culture du manioc, aliment principal des congolais, consommé sous différentes formes (chikwangue, fufu, bouillie...) dont l'offre est de plus en plus insuffisante sur le marché national.

Les productions des cultures dépendent de la qualité du matériel végétal et du milieu de croissance. Ainsi, une connaissance du milieu est un atout majeur pour une meilleure productivité. Le sol joue un rôle majeur dans la production des plantes. La fertilité d'un sol résulte de ses propriétés physiques (aération, humidité, facilité de travail), chimiques (bon fonctionnement de mécanismes de fixation et d'échange de nutriments entre le sol et la plante) et biologiques (vie microbienne participant activement à la nutrition des plantes). Le sol est menacé par diverses dégradations, la plupart causées par l'homme : érosion, compaction, acidification, diminution des taux de matière organique et de nutriments, pollutions (métaux lourds, pesticides...). Le sol est un milieu complexe, organo-minéral dont l'équilibre est fragile. Cette complexité implique une bonne connaissance pour le gérer de manière durable.

Concentrant l'essentielle de l'activité pétrolière du Congo, le Kouilou fait l'objet depuis plus de deux décennies, d'une exploitation intense et continue. On rapporte à travers ce département de nombreuses fuites et déversements de pétrole sur les sols, les rivières... En outre, les nombreuses torchères de gaz contribuent à la pollution des sols et de l'eau par les pluies acides, rendant les terres agricoles moins productives.

Les déchets pétroliers contiennent des hydrocarbures aromatiques polycycliques, des métaux lourds, et d'autres composés toxiques. Ils peuvent persister dans le milieu pendant des décennies, le contaminant ; d'où des risques pour les cultures et les populations. L'impact du pétrole sur la fertilité du sol est négatif, car il perturbe les propriétés physiques, chimiques et biologiques nécessaires à la croissance des plantes. En effet, les hydrocarbures affectent le sol en modifiant sa porosité, sa capacité de rétention d'eau et les échanges gazeux (oxygène). La pollution pétrolière influence l'acidité (pH) du sol, ce qui affecte la disponibilité des éléments minéraux pour les plantes.

La toxicité des déchets pétroliers réduit la diversité et l'activité des organismes du sol (bactéries, champignons, vers de terre), nuisant à la décomposition de la matière organique et le déroulement des cycles biogéochimiques des nutriments. De plus, les huiles bloquent les stomates des feuilles, ce qui réduit la transpiration et la photosynthèse.

Les populations riveraines des sites pétroliers soupçonnent l'extraction du pétrole d'être à l'origine entre autres de la pollution des sols et par conséquent de la baisse progressive de la production agricole observée.

Tout en évaluant la contamination par les hydrocarbures du milieu (sol, air et eau) la présente descente de terrain vise d'étudier la situation phytosanitaire des exploitations

agricoles (culture de manioc, vergers) autour des zones pétrolières de Bondi et de Tchiamba-Nzassi dans le département du Kouilou. Sur la base des observations, d'enquêtes et des mensurations, il est recherché les maladies sévissant sur les cultures ainsi que les causes de leur prolifération. Cette étude vise spécifiquement de :

- ✓ Déterminer les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des sols de la zone puis apprécier l'état de fertilité de ces sols,
- ✓ Identifier les limitations agricoles en fonction des caractéristiques du milieu,
- ✓ Identifier les maladies sévissant dans la zone sur les principales cultures et les causes de leur prolifération,
- ✓ Faire des recommandations en termes de gestion des maladies des cultures,
- ✓ Evaluer le niveau de pollution de l'air de la zone,
- ✓ Proposer les cultures les plus adaptées aux caractéristiques de la zone.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été réalisée en mars 2026, en saison de pluies. Les villages visités se trouvent autour des zones pétrolières de Bondi et de Tchiamba-Nzassi dans le département du Kouilou (figure 1 et tableau 1).

La zone côtière, comme toute la partie méridionale du Congo, jouit du climat Bas – Congolais (Samba-Kimbata, 1978). Il est caractérisé par une pluviométrie élevée (1430 mm en moyenne). Ce régime est marqué par 2 maxima, élevé en mars, moindre en novembre. La saison sèche (< 10 mm) s'étend de juin à septembre. Les températures moyennes mensuelles varient entre 21 et 27°C avec un minimum au mois de juillet-août. Le degré hygrométrique est toujours élevé, proche de 80 %.

La zone est constituée d'un ensemble de collines ou sommets arrondis et de plateaux. La végétation dominante dans la zone est la savane. La strate herbacée composant celle-ci ne constitue généralement qu'un tapis assez clair protégeant mal le sol. La végétation arbustive (*Anona Arenaria*, *Hymenocardia Acida*...) est très clairsemée. Toutefois, la forêt occupe certaines étendues (vallées humides, le long des cours d'eau, nombreux versants).

Les sols sont ferrallitiques, sableux, lessivés et très acides (pH < 5). La matière organique est peu présente ; l'activité biologique est faible excepté sous végétation naturelle.

Dans l'ensemble, les sites visités sont accessibles ; néanmoins en saison de pluies bien installée quelques sites risquent d'être enclavés. Par ailleurs les divers intrants peuvent être achetés à Pointe-Noire, grande agglomération située à moins de 40 km des sites. Celle-ci constitue également un marché pour l'écoulement de la production. Les villages visités sont assez densément peuplés, ce qui constitue un atout car les jeunes de ces villages pourraient être sollicités en main d'œuvre pour des interventions agricoles aux périodes de pointe.

1.2. Choix des villages et des sites

Pour la présente étude, il a été retenu les zones d'activité d'exploitation pétrolière de Bondji et de Tchiamba-Nzassi dans le département du Kouilou. Le choix des villages s'est fait après concertation avec les chefs de secteurs agricoles, ce qui a permis de mieux intégrer les réalités du milieu. Ainsi, les villages de Tchikanou, Mboukou, Mpondila, Tchimbouissi, Mboubissi, Loemé, Banga-Cayo, Tchissindi et Malelé ont été sélectionnés. Ce dernier village (Malelé) servira de comparaison car jugé nettement moins sujet aux maladies et ravageurs du manioc.

L'unité d'échantillonnage a été le ménage agricole (celui qui mène une activité agricole régulière). Dans chaque village retenu, cinq ménages ont été choisis en tenant compte de la superficie cultivée, l'accessibilité du site et la distribution géographique. Les ménages retenus étaient prévenus pour réaliser l'enquête sur le site, ainsi qu'effectuer des mensurations et des observations. Au total 45 exploitations agricoles ont été investiguées (tableau 1).

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des sites investigués dans les différents villages

Site	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5
Banga-Cayo	S 04°53'43,6'' E 012°01'56,6''	S 04°53'33,6'' E 012°02'06,0''	S 04°53'47,0'' E 012°02'15,9''	S 04°53'41,8'' E 012°02'10,2''	S 04°53'18,2'' E 012°02'45,9''
Loemé	S 04°36'29,8'' E 012°11'26,0''	S 04°36'00,0'' E 012°13'36,1''	S 04°36'11,1'' E 012°11'28,3''	S 04°36'32,7'' E 012°12'08,2''	S 04°36'27,3'' E 012°12'06,2''
Malelé	S 04°25'34,0'' E 012°08'38,1''	S 04°25'23,3'' E 012°08'36,2''	S 04°25'24,2'' E 012°08'21,7''	S 04°25'03,6'' E 012°08'17,5''	S 04°25'01,6'' E 012°08'16,6''
Mboubissi	S 04°37'25,7'' E 012°12'59,4''	S 04°36'49,9'' E 012°12'47,5''	S 04°36'57,9'' E 012°12'09,2''	S 04°41'26,1'' E 012°13'38,0''	S 04°39'03,2'' E 012°12'40,9''
Mboukou	S 04°32'46,0'' E 012°05'25,9''	S 04°31'41,7'' E 012°06'35,5''	S 04°29'21,8'' E 012°08'23,2''	S 04°29'23,4'' E 012°08'10,7''	S 04°31'50,5'' E 012°06'23,0''
Mpondila	S 04°29'08,6'' E 012°04'52,2''	S 04°28'26,7'' E 012°05'35,1''	S 04°27'42,0'' E 012°04'50,6''	S 04°28'26,5'' E 012°04'15,4''	S 04°29'36,0'' E 012°06'21,3''
Tchikanou	S 04°30'07,3'' E 012°05'07,7''	S 04°30'20,6'' E 012°04'09,3''	S 04°30'20,5'' E 012°04'48,0''	S 04°32'25,7'' E 012°04'31,5''	S 04°30'27,4'' E 012°04'34,5''
Tchimbouissi	S 04°31'42,8'' E 012°01'56,9''	S 04°31'54,9'' E 012°01'56,0''	S 04°31'39,0'' E 012°02'49,2''	S 04°31'07,0'' E 012°02'44,6''	S 04°31'09,1'' E 12°02'13,5''
Tchissindi	S 04°50'36,4'' E 012°01'06,6''	S 04°50'38,7'' E E 012°01'16,6''	S 04°50'53,7'' E 012°01'19,9''	S 04°51'43,0'' E 012°02'42,1''	S 04°52'36,5'' E 012°02'36,0''

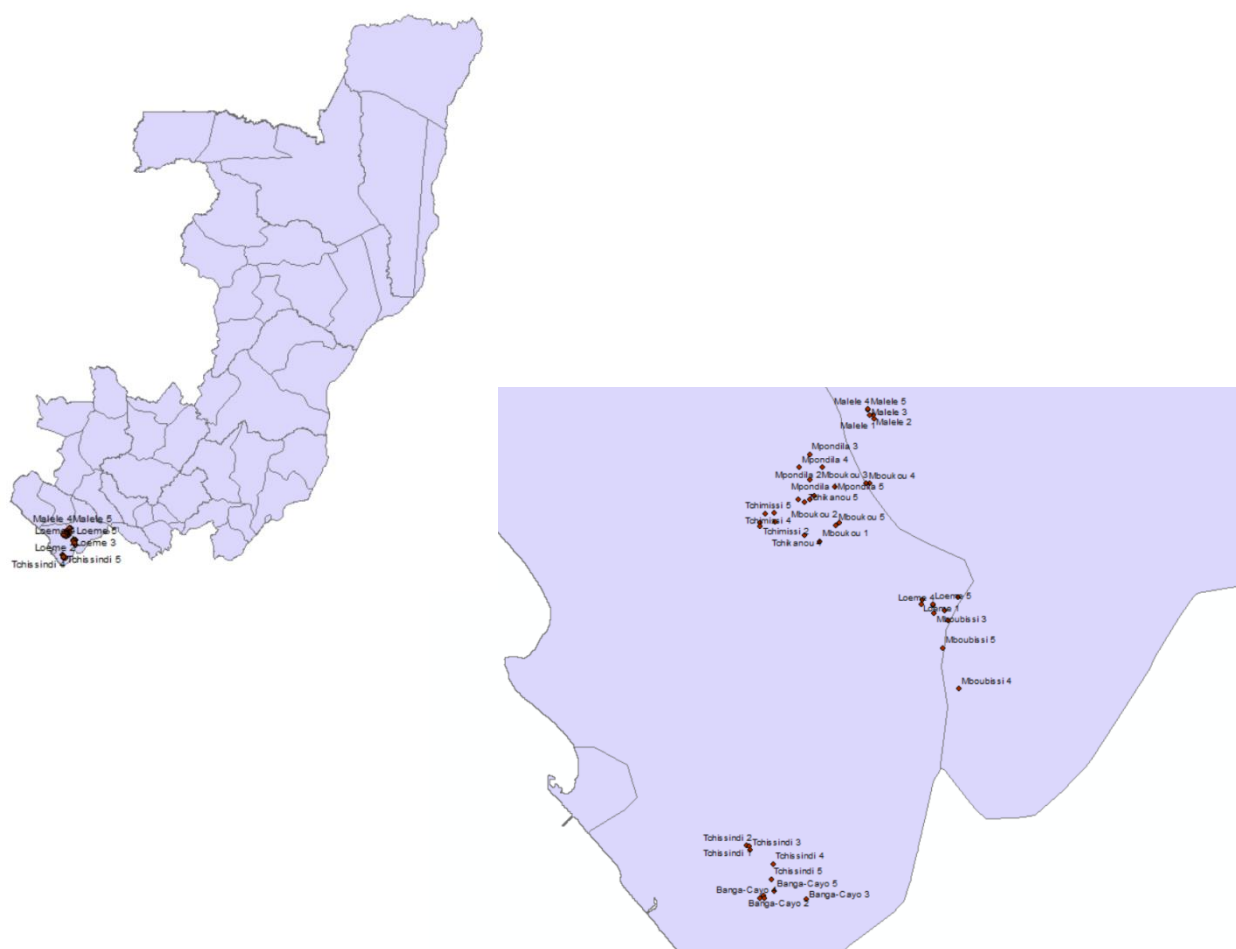


Figure 1 : Situation géographique des sites investigués

1.3. Itinéraires techniques mises en œuvre, mensurations et observations

Pour collecter les données, deux techniques ont été utilisées dans les sites agricoles : l'entretien individuel via une fiche d'enquête et les mensurations couplées aux observations.

La fiche d'enquête comportait les informations sur :

- le profil de l'exploitant (nom et prénom, niveau d'instruction, année du début d'exploitation, formations agricoles reçues),
- les itinéraires techniques mises en œuvre (précédents culturels, âge du champ, superficie cultivée, sarclage, fertilisation, traitements phytosanitaires, période de prolifération de maladies, année d'apparition de la maladie, stratégies de gestion des maladies, solutions proposées pour lutter contre la prolifération des maladies, association culturales, stratégies de gestion de la fertilité du sol, solutions contre la baisse de la fertilité du sol), les variétés cultivées (nom, origine) et,
- la disponibilité d'autres facteurs agricoles (fertilisants, mécanisation, main d'œuvre) (annexe 1).

Le suivi de la croissance et de la production de la culture a été effectué simultanément que celui de l'état sanitaire. Cependant, les mensurations (hauteur et circonférence de la tige, masse et nombre de tubercules par tige, longueur du tubercule médian) n'ont porté que sur 3 pieds par diagonale (au début, au centre et à la fin).

Les observations menées ont porté sur la description du site (coordonnées GPS, relief, intensité de la pente, en savane ou en forêt, présence éventuelle de pollutions) et l'appréciation de la fertilité du sol (éléments grossiers, couleur du sol, texture, structure, traces d'érosion, drainage, abondance de la vie du sol, adventices dominantes).

1.4. Echantillonnage du sol et analyses au laboratoire

Pour l'échantillonnage du sol, la méthodologie adoptée a consisté à se déplacer en zig-zag sur un site donné. Ce déplacement est couplé à des mensurations et des observations : intensité de la pente (clinomètre), éléments grossiers (estimation visuelle), couleur du sol (chart Munsell), texture (tests de l'anneau et du boudin), structure (observée sur une motte de terre prélevée), abondance de la vie du sol tels vers de terre, termites... (comptage), hydromorphie (observation de taches d'hydromorphie), adventices dominantes.

A l'aide d'une tarière, il a été effectué le prélèvement de sols sur les 30 premiers cm, aux quatre coins et au centre d'un site donné. Ensuite, les échantillons de sols prélevés dans les cinq sites d'un village sont regroupés en un seul échantillon composite d'environ 600 g.

Ce sol prélevé a été mis dans un sachet, accompagné d'une étiquette comportant le nom du village, la profondeur et la date de prélèvement.

A l'échelle de toute la zone d'étude, neuf échantillons composites de sols correspondants à autant de villages ont été constitués. Conditionnés, ces échantillons composites ont été ramenés au laboratoire de l'IRSEN (Institut National de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles) basé à Pointe Noire pour analyses. Les analyses effectuées sont : la texture (taux de sable, de limon et d'argile), l'acidité (pH eau et pH KCl), les teneurs en azote total, en phosphore, en potassium, en calcium, en

hydrocarbures totaux, la somme des bases échangeables (S), la capacité d'échange cationique (CEC). Le rapport C/N et le taux de saturation en bases ($S/CEC \times 100$) ont été calculés.

Les méthodes utilisées sont les suivantes : pH eau et pH KCl (électro mètre au pH mètre Norme NF ISO 10390), carbone (Walkley et Black), azote total (Kjeldahl NF ISO 11261), phosphore total (extraction avec l'acide nitrique puis l'acide sulfurique et dosage colorimétrique avec le réactif de Realy et Murphy), potassium (extraction avec le chlorure d'ammonium, dosage du potassium au spectrophotomètre à flamme), CEC (saturation avec le calcium à partir du chlorure de calcium, déplacement du calcium à partir du nitrate de potassium et dosage du calcium et des chlorures).

1.5. Evaluation des niveaux de fertilité des sols

L'aptitude d'un sol exprime sa capacité à permettre une production optimale pour une culture donnée. Dans l'idéal, l'aptitude culturale est déterminée sur la base des caractéristiques climatiques et physico-chimiques de sols identifiés.

Pour la présente étude, l'évaluation pédologique a été effectivement menée sur le terrain ; celle portant sur le climat (quantité et répartition des précipitations, températures moyennes et extrêmes, intensité des vents dominants, humidité relative) n'a été que bibliographique. Il convient de mentionner que le département du Kouilou est soumis à un même climat. Il s'agit du climat équatorial de transition appelé par "Bas-congolais".

Ainsi, les principaux paramètres pris en compte sont : la topographie (pente), les conditions hydriques (drainage), les propriétés physiques (texture, éléments grossiers, profondeur), les propriétés chimiques (pH, teneur en C, N et en bases échangeables, capacité d'échange cationique, taux de saturation).

La méthode utilisée pour l'évaluation des niveaux de fertilité des sols est celle dite de limitations. Elle est basée sur le nombre et l'intensité des limitations (FAO, 1976). Cette classification définit les classes d'aptitude suivantes :

- ✓ Classe S_1 (aptitude élevée) : les caractéristiques des sols ne présentent pas ou que 3 limitations légères maximum ;
- ✓ Classe S_2 (aptitude moyenne) : les caractéristiques des sols ne présentent pas plus de 3 limitations modérées éventuellement associées à pas plus de 4 limitations légères. Ces sols sont aptes mais nécessitent des techniques culturales adaptées ;
- ✓ Classe S_3 (aptitude marginale) : les caractéristiques des sols présentent plus de 3 limitations modérées et pas plus d'une limitation sévère. Le rendement de ces sols est mis en cause ;
- ✓ Classe N_1 (actuellement inapte ; potentiellement apte) : les caractéristiques des sols présentent une ou plusieurs limitations sévères ou très sévères pouvant être corrigées dans les conditions économiques actuelles ;
- ✓ Classe N_2 (inapte) : les caractéristiques des sols présentent une ou plusieurs limitations sévères ou très sévères ne pouvant être corrigées dans les conditions économiques actuelles.

Les limitations culturales ont été tirées principalement de Boyer (1982) et de Landon (1991) ; et les exigences des cultures de Sys *et al.*, (1993). Pour chaque paramètre observé ou mesuré sur le terrain, il a été donné une appréciation par rapport aux exigences des cultures.

1.6. Évaluation de l'état sanitaire de la culture du manioc

Le matériel végétal, objet de l'étude, n'était constitué exclusivement que des plants de manioc. En effet, à la période de descente de terrain (mars), les autres cultures pratiquées dans la zone avaient déjà été récoltées.

Pour l'évaluation de l'incidence d'une maladie, le site a été parcouru en ses deux diagonales sur l'ensemble de sa surface. Les plants diagnostiqués ont été sélectionnés à intervalles réguliers mais variable suivant les dimensions du champ. En général, l'inspection a concerné au moins une vingtaine de plants par champ, cela tout en 'excluant les rangées de bordures.

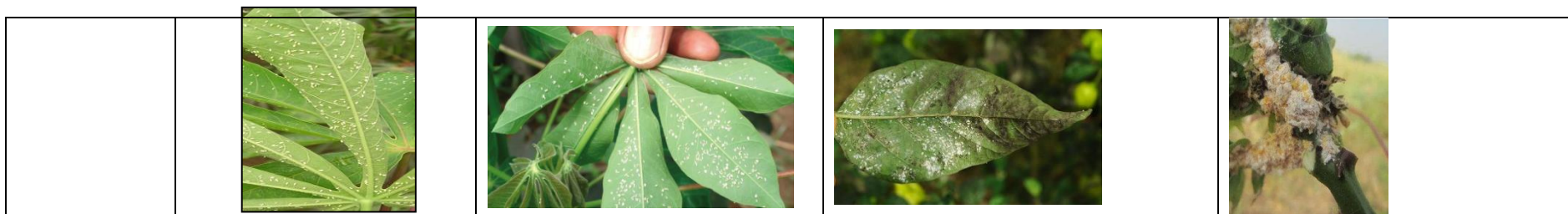
Sur les pieds sélectionnés, il a été observé sur les feuilles, les tiges et les racines les éventuels symptômes de maladies et de ravageurs de la culture du manioc (tableau 2) ; ainsi que le cas échéant la cotation de la sévérité suivant une échelle variant de 1 (aucun symptôme observé) à 5 (symptômes graves sur les parties de la plante) (IITA, 1990). Il a ensuite été calculé l'incidence : $(\text{Nombre de plants malades} / \text{Nombre total de plants inspectés}) \times 100$.

Tableau 2 : Notes des symptômes et des dégâts des maladies et des ravageurs

Maladie/ Ravageur	2	3	4	5
Mosaïque	Symptômes légers sur les feuilles Peu de distorsion de la forme des feuilles	Symptômes modérés sur les feuilles Distorsion modérée de la forme des feuilles avec ventouses	Couleur jaune vif sur une grande partie de la feuille Grave distorsion de la forme des feuilles avec taille réduite Pétioles tournés vers le bas	Couleur jaune vif sur une grande partie de la feuille Grave distorsion de la forme des feuilles avec taille réduite Pétioles tournés vers le bas avec chute de feuilles Plante rabougrie
				
Striure brune	Léger jaunissement des nervures ou taches nécrotiques sur feuilles Aucun tiret brun ou de lésions sur tige verte	Léger jaunissement des nervures ou taches nécrotiques sur feuilles Faible présence de tirets bruns ou de lésions sur tige verte	Sévère jaunissement des nervures ou nombreuses taches nécrotiques sur feuilles Sévère présence de tirets bruns, de lésions sur tige verte Pas de défoliation ni de plant rabougri	Sévère jaunissement des nervures ou taches nécrotiques sur feuilles Sévère présence de tirets bruns ou de lésions sur tige Défoliation, et plant rabougri
				

			2) Moins de 5% de tissus nécrotique au niveau de la pulpe 3) 5-10% de tissu nécrotique 4) 10-25% de tissus nécrotique et début de constriction de la racine 5) Plus de 25% de tissus nécrotique et constriction sévère de la racine.	
Bactériose	Taches angulaires huileuses sur la partie inférieure des feuilles	Exsudation de la gomme Début de flétrissement des feuilles	Exsudation de la gomme Flétrissement et début de défoliation de la plante	Flétrissement sévère Défoliation et dessèchement de la plante
				
Anthracnose	Début des dépressions ovales sur la tige	Présence modérée des lésions nécrotiques/chancres sur la tige	Présence prononcée des chancres et début de défoliation	Flétrissement dramatique de la plante, défoliation sévère
				
Cercosporiose	5 à 15 % de surface foliaire touchée. Les taches colonisent le premier tiers de la plante.	15 à 30 % de surface foliaire touchée. Début de jaunissement (chlorose) autour des lésions.	30 à 45 % de surface foliaire touchée. Coalescence (fusion) des taches, flétrissement partiel.	> 45 % de surface foliaire touchée. Dessèchement massif et chute prématurée des feuilles.
Acarien vert	Taches chlorotiques sur	Taches chlorotiques sur 25-	Taches chlorotiques sur plus de	Chute des feuilles

	moins de 25% de la surface foliaire	50% de la surface foliaire Sans réduction de surface foliaire	50% de la surface foliaire Réduction de la surface foliaire	Défoliation de la plante)
				
	Présence de la cochenille Début de la distorsion des feuilles	Début de sommet buissonnant de la plante Distorsion modérée des feuilles	Distorsion sévère des feuilles Défoliation de la plante Raccourcissement des entrenœuds	Défoliation de la plante, Sommet à l'aspect du pied de lépreux, Raccourcissement avancé des entrenœuds Rabougrissement de la tige
Cochenille farineuse				
Mouche blanche	Présence de larves minuscules et plates Léger reflet brillant (premier miellat) Absence de déformation majeure	Larves visibles à l'œil nu Points chlorotiques discrets Début d'enroulement des bords Brillance collante (miellat)	Apparition massive de "fausses nymphes" Chlorose en taches nettes Gauchissement intense des folioles Pics de production de miellat	Décoloration et taches jaunes (chlorose) Gauchissement du limbe Envahissement de fumagine Présence d'exuvies (coques vides)



1 : Pas de symptôme sur les feuilles ni sur les tiges

1.7. Évaluation de la pollution de l'air

Portant sur les teneurs en monoxyde de carbone (CO), en dioxyde de soufre (SO₂) et en particules fines (PM_{2,5} et PM₁₀), la composition de l'air a été mesurée à l'aide du CAIRNET du laboratoire d'analyse « AMTECH EXPERTISES ».

Ne disposant pas encore de norme nationale pour les hydrocarbures, le Congo-Brazzaville s'appuie sur les standards internationaux (exemple directives IFC/Banque Mondiale découlant de Environmental, Health, and Safety Guidelines (EHS Guidelines et des normes de OMS.

1.8. Traitement et analyse des données

Les analyses statistiques sur les données relatives à la composition des sols, la culture du manioc (état sanitaire, croissance et production) et le milieu (air) ont été effectuées à l'aide du logiciel R version 4.5.2 (package R Commander). Au préalable une vérification des données a été effectuée par des mises en graphiques des différentes variables. Des diagrammes de dispersion de type « box plot » ont été utilisés. Une analyse statistique élémentaire a permis de décrire par les moyennes et les écarts-types, les différentes variables étudiées.

Les graphiques et les tableaux utilisés pour présenter les résultats ont été réalisés à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2021.

Le dépouillement et l'analyse des données de l'enquête a été effectué avec le logiciel Sphinx version 5.1.0.7. Les données ont fait l'objet de contrôle de cohérence et de conformité entre celles collectées et celles saisies.

Les données collectées ont fait l'objet d'analyses statistiques descriptives, déterminant les effectifs et les fréquences (%) des modalités de réponses des variables étudiées. Suivant la variable considérée, il a été effectué de tris à plat ou de tris croisés. Le test du Khi-deux a permis de tester la significativité des réponses.

La carte illustrant la situation géographique des sites investigués a été générées à l'aide du logiciel Arc GIS ESRI Version 10.8 en partant des coordonnées géographiques (latitude et longitude) correspondantes.

2. RESULTATS

2.1. Profil de l'exploitation et itinéraires techniques mises en œuvre

2.1.1. Niveau d'instruction

Le tableau 3 illustre le niveau d'instruction des producteurs de manioc interrogés. On observe que 13 % d'entre eux sont analphabètes. Parmi ces producteurs enquêtés, 70 % ont un niveau d'instruction secondaire (collège et lycée) contre 13 % ayant un niveau primaire. Des 45 producteurs interrogés, un seul a un niveau d'instruction supérieur. Selon le test de khi-deux de Pearson ($\chi^2 = 38,00$, ddl = 4, 1-p = >99,99 %), les répartitions statistiques du niveau d'instruction varient significativement.

Tableau 3 : Niveau d'instruction des enquêtés

Niveau d'instruction	Nb. cit.	Intervalles de confiance
Analphabète	6	3,4% < 13,3 < 23,3%
Primaire	6	3,4% < 13,3 < 23,3%
Collège	25	41,1% < 55,6 < 70,1%
Lycée	7	5,0% < 15,6 < 26,1%
Université	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
TOTAL OBS.	45	

2.1.2. Formations agricoles reçues

Le tableau 4 présente l'éventualité de formations agricoles reçues. Il est à noter que seulement 11 % d'entre eux déclarent avoir bénéficié de formations en lien avec l'activité agricole. La répartition de l'éventualité de formations agricoles reçues présente de différences significatives ($\chi^2 = 27,22$, ddl = 1, 1-p = >99,99 %).

Tableau 4 : Eventualité de formations agricoles reçues par les enquêtés

Formations agricoles reçues	Nb. cit.	Intervalles de confiance
Oui	5	1,9% < 11,1 < 20,3%
Non	40	79,7% < 88,9 < 98,1%
TOTAL OBS.	45	

2.1.3. Milieu cultivé et superficie cultivée

Le tableau 5 montre le relief choisi en priorité par les producteurs pour la plantation du manioc. Il en ressort que dans le choix du milieu, les producteurs de manioc privilégient de manière significative ($\chi^2 = 9,80$, ddl = 1, 1-p = 99,83 %) les terrains situés en forêt. Ainsi, ils cultivent le manioc en forêt (73 % des cas) ; seuls 27 % disent le faire dans les zones de savane.

Tableau 5 : Milieu cultivé de manioc

En savane ou en forêt	Nb. cit.	Intervalles de confiance
Savane	12	13,8% < 26,7 < 39,6%
Forêt	33	60,4% < 73,3 < 86,3%
TOTAL OBS.	45	

La superficie plantée de manioc est indiquée dans le tableau 6. L'enquête révèle qu'environ 7% des enquêtés cultivent au plus un quart d'hectare. La majorité des

agriculteurs enquêtés (38 %) ont de superficies plantées de manioc comprises entre 0,25 et 0,5 ha. Néanmoins, 11 % des producteurs enquêtés disposent de plus d'un ha planté de manioc. La superficie maximale plantée de manioc rencontrée dans les districts de Bondi et de Tchiamba -Nzassi est estimée à 2,5 ha ; rencontrée à Mboubissi. Cette répartition de la superficies plantées de manioc varie très significativement ($\chi^2 = 13,33$, ddl = 4, 1-p = >99,02 %) entre les producteurs.

Tableau 6 : Superficie cultivée de manioc

Superficie cultivée	Nb. cit.	Intervalles de confiance
< 0,25	3	0,0% < 6,7 < 14,0%
0,25-0,5	17	23,6% < 37,8 < 51,9%
0,5-0,75	9	8,3% < 20,0 < 31,7%
0,75-1,0	11	11,9% < 24,4 < 37,0%
> 1,0	5	1,9% < 11,1 < 20,3%
TOTAL OBS.	45	

2.1.4. Associations culturales

Les observations de terrain montrent que dans la quasi-totalité des exploitations agricoles, le manioc est cultivé, associé à d'autres cultures. 7 enquêtés seulement sur les 45 font de la monoculture du manioc. Les principales cultures associées au manioc dans les champs sont présentées dans le tableau 7.

Les agriculteurs de la zone cultivent le manioc en association avec des légumineuses, des légumes et parfois d'autres tubercules. Par fréquence décroissante, les principales cultures associées au manioc sont le maïs, l'arachide, les légumes, les courges, l'igname, etc.

Tableau 7 : Cultures associées au manioc

Culture associée	Nb. cit.	Intervalles de confiance
Maïs	31	55,4% < 68,9 < 82,4%
Igname	11	11,9% < 24,4 < 37,0%
Taro	4	0,6% < 8,9 < 17,2%
Arachide	15	19,6% < 33,3 < 47,1%
Pois d'angole	4	0,6% < 8,9 < 17,2%
Lentilles	3	0,0% < 6,7 < 14,0%
Oseille	7	5,0% < 15,6 < 26,1%
Courges	13	15,7% < 28,9 < 42,1%
Légumes	8	6,6% < 17,8 < 29,0%
Bananier	5	1,9% < 11,1 < 20,3%
Tabac	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
Autres	5	1,9% < 13,3 < 20,3%

La variable « Cultures associées au manioc » est ouverte, à réponses multiples

2.1.5. Entretien

Sarclage

Le nombre de sarclage effectués par les enquêtés durant un cycle de la culture du manioc est donné dans le tableau 8. Dans la zone étudiée, de manière significative ($\chi^2 = 31,78$, ddl = 4, 1-p = >99,99 %), les producteurs de manioc affirment effectuer le sarclage deux fois en majorité. Cependant, selon les enquêtés, jusqu'à quatre sarclages peuvent être nécessaires dans certaines zones particulièrement enherbées.

Tableau 8 : Nombre de sarclage effectués durant un cycle de la culture du manioc

Sarclage	Nb. cit.	Intervalles de confiance
val = 0	2	0,0% < 4,4 < 10,5%
val = 1	14	17,6% < 31,1 < 44,6%
val = 2	21	32,1% < 46,7 < 61,2%
val = 3	7	5,0% < 15,6 < 26,1%
val = 4	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
TOTAL OBS.	45	

Fertilisation

Le tableau 9 montre les avis des producteurs agricoles sur le fait de fertiliser la culture de manioc. Dans les villages visités, aucun enquêté n'apporte des fertilisants sur cette culture.

Tableau 9 : Fertilisation de la culture du manioc

Fertilisation	Nb. cit.	Intervalles de confiance
Oui	0	-
Non	45	100,0% < 100,0 < 100,0%
TOTAL OBS.	45	

Stratégies mises en œuvre pour une gestion de la fertilité du sol

Les stratégies mises en œuvre par les agriculteurs pour une gestion de la fertilité du sol exploité sont contenues dans le tableau 10. Il ressort de son analyse que de manière générale, aucune stratégie visant une gestion durable du sol n'est mise en œuvre dans la zone.

Tableau 10 : Stratégies mises en œuvre pour une gestion de la fertilité du sol

Aucune	44	97,8%
Paillage du sol avec des résidus de récolte	1	2,2%
TOTAL	45	100,0%

2.2. Niveau de fertilité du sol

2.2.1. Relief, pente et profondeur

Concernant le relief, les zones étudiées sont relativement planes, peu vallonnées. A travers les différents sites visités, les pentes varient de 7,2 à 45,4 %. La pente moyenne mesurée est de 24,7 %. Considérant le tableau 11, les limitations agricoles en fonction

de la pente sont sévères pour les cultures annuelles, moyennes pour celles pérennes et faibles pour l'arboriculture.

Tableau 11 : Limitations agricoles en fonction de la pente du terrain (%)

Cultures	Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité peu élevée (limitations faibles)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations sévères)	Fertilité très basse (limitations très sévères)
Cultures annuelles	0 – 2	2 – 8	8 – 16	16 – 30	> 30
Cultures pérennes	0 – 8	8 – 16	16 – 30	> 30	
Arboriculture	0 – 16	16 – 30	> 30		

En général, entre 0 – 8 % les risques d'érosion sont faibles, l'utilisation du tracteur est recommandée. Au-delà de 16 % les risques d'érosion augmentent ; l'utilisation du sol nécessite des mesures de conservation élaborées. La mécanisation doit être réduite voire déconseillée à plus de 30 %.

On observe à travers le domaine peu d'endroits en proie à l'érosion hydrique (griffes, rigoles, ravines). Ce phénomène est faible à ce stade car le sol est bien couvert par une strate herbacée dense. Il est recommandé de protéger les sols contre l'érosion en assurant une couverture végétale épaisse et continue, augmentant les réserves organiques du sol (engrais verts, fumier, composts, jachère cultivée), en mettant en œuvre certaines façons culturales (paillage, labour en courbes de niveaux, cultures associées, agroforesterie).

La fosse pédologique creusée à Mboukou présente une profondeur > à 1,5 m. Ainsi, les limitations sont nulles pour la profondeur du sol (tableaux 12 et 13).

La nutrition minérale des plantes dépend de la colonisation du sol par les racines. Cette dernière est liée à la profondeur utile du sol qui peut être limitée par les contraintes physiques (roche mère, cuirasses, éléments grossiers), chimiques (horizons toxiques ou stériles), et hydriques (horizon hydromorphe).

Tableau 12 : Limitations culturales en relation avec la profondeur utile du sol (cm)

Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité peu élevée (limitations faibles)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations sévères)	Classe 5 : Fertilité très basse (limitations très sévères)
> 120	120 – 90	90 – 60	60 – 30	< 30

Tableau 13 : Intervalles de profondeur minimale (absolue et souhaitable) de cultures

Types de plantes cultivées	Minimum absolue (cm)	Minimum souhaitable (cm)
Plantes annuelles à racines fasciculées : riz, maïs, sorgho, arachide, haricot, courge, sésame	15 à 20	40
Plantes annuelles à rhizome et tubercules : manioc, igname, tarot, pomme de terre	30	50
Bananier	30	50
Cotonnier et plantes annuelles à pivot	40	60
Caféier, palmier à huile, cocotier	60	100
Cacao, théier	80	120
Hévéa	75	100

2.2.2. Texture et structure

La figure 2 présente les teneurs moyennes des différentes particules solides (argile, limon et sable) dans les sols des différents sites.

Les observations sur le terrain (test du toucher, test de formation de boudin et de l'anneau) indiquent que les sols étudiés sont peu pourvus en argile. Ces observations sont confirmées par l'analyse au laboratoire. La figure 4 indique en moyenne de faibles proportions en argile (11,9 %) et en limon (5,4 %) mais une forte proportion de sable (82,6 %) dans les sols prélevés.

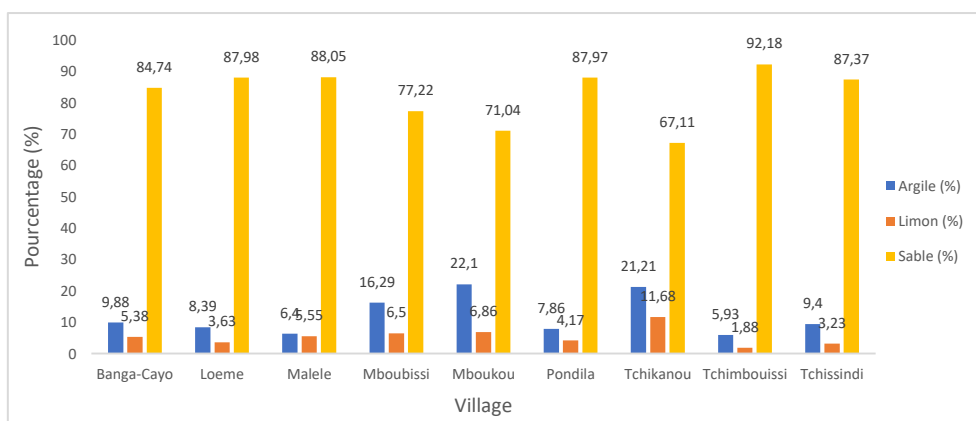


Figure 2 : Texture des échantillons de sols prélevés

La texture est un facteur clé de la fertilité du sol. Elle intervient dans le comportement de l'air et de l'eau dans le sol. Elle influence les autres propriétés physiques du sol, y compris le drainage, la capacité de rétention, la température, l'aération et la structure. Associée à l'humus, l'argile constitue le complexe argilo-humique caractérisé par sa capacité à retenir les nutriments lessivables. L'abondance du sable constitue un handicap pour la fertilité du sol.

En effet un sol sableux est peu pourvu en bases échangeables ; ce qui impacterait négativement l'alimentation de la plante et corollaire à cela la croissance et la production.

Selon les tableaux 14 et 15, les sols prélevés présentent de limitations agricoles sévères en termes de texture.

Tableau 14 : Limitations culturelles en fonction de la texture du sol

Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité peu élevée (limitations faibles)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations sévères)	Fertilité très basse (limitations très sévères)
40-25 % d'argile (argilo-sableux)	25-15 % d'argile (sablo-argileux)	> 40 % d'argile (argileux)	15-8 % d'argile (sableux)	< 8 % d'argile (sableux)

Tableau 15 : Relation entre classe de teneur en argile et quelques propriétés du sol

Propriétés	< 10 % d'argile	10 – 19,9 % d'argile	20 – 29,9 % d'argile	30 – 39,9 % d'argile	> 40 % d'argile
Perméabilité à l'eau	Très bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Faible
Capacité hydrique	Faible	Moyenne	Elevée	Elevée	Très élevée
Aération	Très élevée	Bonne	Bonne	Moyenne	Faible

Capacité de rétention en nutriments	Faible	Faible à	Moyenne	Bonne	Très bonne
Travail du sol	Facile	Facile	Moyen	Moyen à difficile	Difficile
Pénétration des racines	Très bonne	Très bonne	Bonne	Médiocre	Faible

Les éléments grossiers sont les constituants minéraux individualisés de diamètre > à 2 mm tels les graviers, les cailloux. Les observations faites sur le terrain montrent que le pourcentage des éléments grossiers par rapport au volume total du sol peut être estimé < 5 %.

Le cas échéant les éléments grossiers constituent une contrainte car entravent le développement du système racinaire de la plante, réduisent le volume du sol exploitable par les racines, s'opposent au travail du sol, ne peuvent fournir des éléments nutritifs aux plantes.

Il ressort des tableaux 16 et 17 que les éléments grossiers dans les sols des sites ne constituent pas une limitation.

Tableau 16 : Limitations agricoles en fonction des éléments grossiers (%) de la couche arable

Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité peu élevée (limitations faibles)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations sévères)	Fertilité très basse (limitations très sévères)
< 5	5 – 20	20 – 35	35 – 50	> 50

Les sols étudiés sont très sableux ; ils présentent une structure particulière. La structure désigne le mode d'assemblage des particules élémentaires du sol en agrégats, séparés par des fentes ou des pores. Les colloïdes minéraux et organiques agissent comme des ciments qui soudent les particules de sable et de limon pour former des agrégats. La structure conditionne l'ensemble des propriétés physiques fondamentales du sol : aération, respiration des racines, rétention d'eau, etc...

Contrairement à la texture, la structure n'est pas stable ; elle fluctue selon l'humectation et la dessiccation du sol, les interventions culturales. Toute mise en culture en dégradant la structure entraîne une diminution de la porosité des sols. De plus, le lessivage progressif des ions entraîne un processus d'acidification et diminue la stabilité des agrégats. Néanmoins, la structure peut être améliorée par le travail du sol, avec des instruments appropriés en période favorable et par l'application des matières organiques et du calcaire.

2.2.3. Couleur du sol

Il a été observé que les sols des sites visités sont de couleur peu foncée. La couleur d'un sol donné est déterminée en priorité par la forme et la teneur en oxyde de fer et par la teneur en matière organique qu'il contient. Une couleur sombre indique un horizon riche en matière organique. Les horizons rouges contiennent en abondance de l'hématite (fer ferrique sous forme d'oxyde) conséquence d'un régime hydrique contrasté (alternance fréquente d'une humidité forte mais aérée et d'une sécheresse accentuée). Ceux bruns ou jaunes contiennent de la goethite (fer ferrique sous forme d'oxyhydroxyde) conséquence d'un régime hydrique assez peu contrasté (sol souvent humide mais sans excès, alternant avec des phases de sécheresse ni fréquentes ni excessives). Enfin, ceux drainant mal sont gris ou tachetés

(rouille, bleu) à cause du fer ferreux (fer réduit) dont la présence est due à un excès d'eau).

Cette observation indique un bon drainage de l'eau du sol. Les inconvénients de l'excès d'eau dans le sol sont la dégradation de la structure, la diminution de l'aération, le ralentissement de la décomposition des matières organiques, la difficulté de travail du sol, etc. Les limitations agricoles de ces sols en terme d'hydromorphie sont donc inexistantes (tableau 17).

Tableau 17 : Limitations culturelles en relation avec les conditions d'hydromorphie du sol

Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité peu élevée (limitations faibles)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations sévères)	Fertilité très basse (limitations très sévères)
Pas d'hydromorphie jusqu'à 80 cm	Taches à 60-80 cm Pseudogley >80 cm	Taches à 40-60 cm Pseudogley >60 cm	Taches à 20-40 cm Pseudogley 30-60 cm	Taches dès la surface Pseudogley <30 cm

2.2.4. pH

La figure 3 donne l'acidité (pH eau et pH KCl) dosée au laboratoire sur les 9 échantillons de sols prélevés. L'analyse au laboratoire révèle que les sols sont très acides ; les valeurs moyennes des pH eau et pH KCl sont respectivement 5,25 et 4,24. Les sols les moins acides sont ceux prélevés à Banga-Cayo ; à l'opposé, les plus acides sont ceux de Tchikanou.

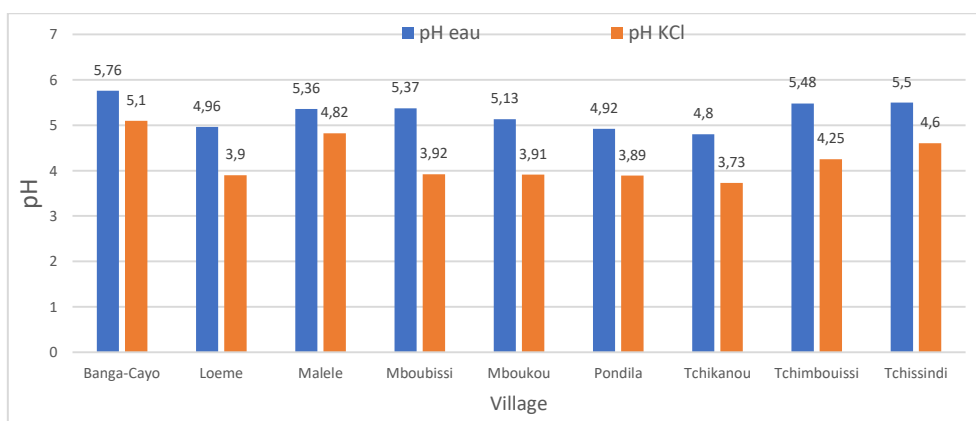


Figure 3 : potentiel d'hydrogène (pH) des échantillons de sols prélevés

Il existe sur le complexe absorbant des ions qui acidifient le sol (H^+ et Al^{3+}) et les ions basiques ou « bases échangeables » (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ et Na^+) qui relèvent le pH de celui-ci. Le pH d'une solution est la quantité d'ions H^+ libres qu'elle contient. Le pH eau mesure l'acidité de la solution du sol, et le pH KCl mesure l'acidité en réserve sur le complexe argilo-humique.

Le pH est un paramètre majeur qui conditionne les réactions chimiques et microbiologiques dans le sol. En sols acides, l'activité bactérienne est ralentie, la matière organique se décompose mal et a tendance à s'accumuler. L'assimilabilité des éléments nutritifs augmente avec le pH. La baisse du pH, aggrave souvent la toxicité aluminique voire manganique.

La plupart des cultures poussent convenablement dans un sol neutre ou légèrement acide ($5,8 < pH < 7$). A partir de valeurs de $pH < 5,2$ il se pose de problèmes pour la

plupart des cultures. Ainsi, concernant l'acidité du sol, les limitations agricoles sont jugées sévères pour la majorité des sites (tableaux 18 et 19).

Tableau 18 : Limitations culturales en fonction de l'acidité (pH eau) du sol

Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité peu élevée (limitations faibles)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations sévères)	Fertilité très basse (limitations très sévères)
6,7 – 7,2	6,6 – 6,0	5,9 – 5,2	5,1 – 4,5	< 4,5
	7,3 – 7,8	7,9 – 8,3	8,4 – 9,0	> 9,0

Tableau 19 : Intervalles de tolérance d'acidité de quelques cultures

Plante	pH toléré	pH optimum	Plante	pH toléré	pH optimum
Ail	5,5 – 7,5	6,5	Maïs	4,7 – 7,5	6,4
Ananas	4,5 – 6,5	5,5	Manioc	4,0 – 7,0	6,5
Arachide	4,5 – 6,5	6,5	Palmier à huile	3,2 – 7,0	5,0
Bananier	4,0 – 7,0	6,0	Patate douce	5,3 – 7,0	6,1
Cacaoyer	4,0 – 8,0	6,8	Persil	5,0 – 7,0	6,0
Caféier	4,5 – 7,0	6,0	Pomme de terre	4,5 – 6,0	5,2
Canne à sucre	4,0 – 8,9	7,0	Poireau	5,5 – 7,0	6,2
Concombre	5,5 – 7,5	6,5	Oignon	6,0 – 7,0	6,5
Courge	6,0 – 7,5	6,8	Radis	6,0 – 7,0	6,5
Carotte	5,0 – 7,0	6,2	Riz	4,5 – 7,5	6,2
Céleri	6,0 – 7,0	6,5	Soja	5,4 – 7,0	6,0
Chou	6,0 – 7,5	6,8	Théier	3,9 – 6,5	5,0
Citronnier	6,0 – 7,0	6,5	Tomate	5,5 – 7,5	6,5
Cocotier	5,0 – 8,0	6,4	Epinard	6,0 – 7,5	6,8
Cotonnier	5,2 – 8,0	7,0	Gingembre	6,0 – 8,0	7,0
Haricot	5,7 – 7,5	6,8	Laitue	6,0 – 7,0	6,5

Une solution à l'acidification du sol est le chaulage. Le chaulage se fait soit à partir des produits « crus » (calcaire broyé, dolomie, craie...) ou des produits « cuits » (chaux vive ou oxyde de calcium ou de magnésium et chaux éteinte ou hydroxyde de calcium). D'une manière générale, les produits crus ont une action moins rapide, ceux fins sont plus actifs que ceux grossiers.

En général, pour la plupart des sols du pays, les doses recommandées de chaux magnésienne en fumure de fond sont 2 t/ha sur sol argileux contre 1 t/ha pour un sol sableux. Il est recommandé de ne viser d'augmenter le pH du sol que d'une unité par apport de chaux. Par la suite pour le chaulage d'entretien, il est préconisé de compléter cet apport par environ 500 kg/ha de CaO chaque année.

2.2.5. Matière organique et azote

Le taux de matière organique dosé dans les sols prélevés est contenu dans la figure 4. Présentant une teneur en matière organique moyenne de 1,2 %, les échantillons de sols analysés en sont peu pourvus. Les sols les mieux pourvus en matière organique sont ceux de Mboukou et de Tchikanou.

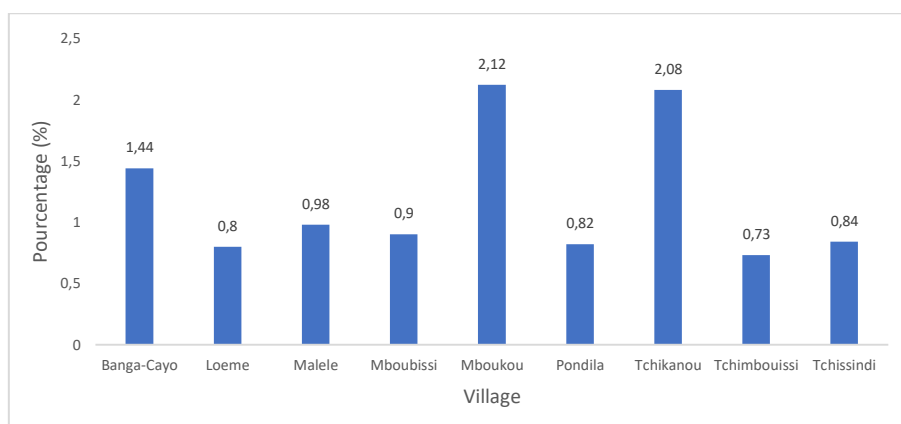


Figure 4: Taux de matière organique des échantillons de sols prélevés

La matière organique joue un rôle majeur dans la fertilité du sol :

- ✓ fournit des éléments nutritifs aux plantes par le processus de minéralisation, elle est par exemple la principale source d'azote, de manganèse et de bore,
- ✓ augmente la capacité de fixation du sol en éléments nutritifs, donc limite leur lessivage,
- ✓ affecte favorablement les propriétés physico-chimiques du sol (structure,...),
- ✓ contribue à augmenter la capacité de rétention en eau des sols,
- ✓ augmente l'activité microbienne car elle est une source d'énergie pour celle-ci.

L'humus est généralement associé aux minéraux argileux pour former le complexe argilo-humique. Les éléments retenus par le complexe absorbant sont la principale source pour la nutrition des plantes. Pour rappel, un taux de matière organique de 1,5 % est la limite critique, au-dessous de laquelle la fertilité du sol diminue rapidement. En pratique, il est recommandé de maintenir un taux minimal de 2,5 %. En général, un taux de 4 à 8 % correspond à une bonne productivité et à une bonne capacité de minéralisation. Au vu des résultats des analyses, les sols prélevés présentent de limitations sévères en matière organique (tableau 20).

Tableau 20 : Limitations agricoles suivant la teneur en matière organique du sol (%)

Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité peu élevée (limitations faibles)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations sévères)	Fertilité très basse (limitations très sévères)
> 6,0	6,0 – 4,3	4,2 – 2,1	2,0 – 1,0	<1

La figure 5 renseigne sur le taux d'azote total contenu dans les sols prélevés. On observe que le taux d'azote moyen dosé dans l'horizon superficiel des sols est de 0,06 %. Les sols de Mboukou et de Tchikanou sont relativement les mieux pourvus en azote.

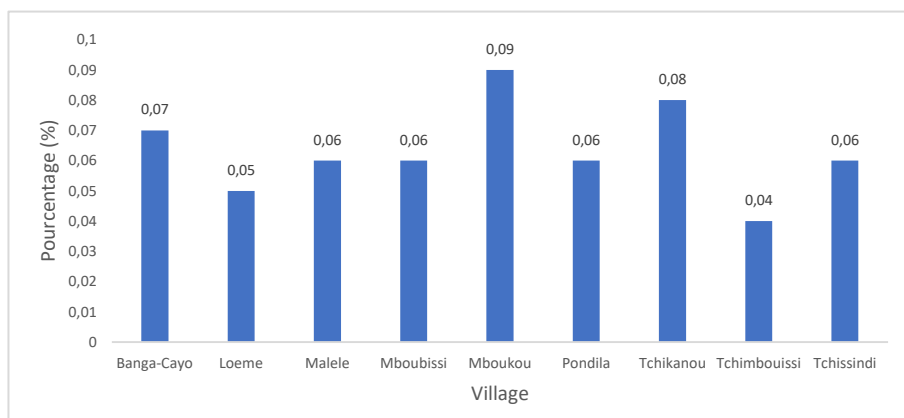


Figure 5 : Taux d'azote des échantillons de sols prélevés

Selon le tableau 21, il existe dans ces sols de limitations très sévères pour l'azote.

Tableau 21 : Limitations agricoles suivant la teneur (%) en azote du sol

Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité peu élevée (limitations faibles)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations sévères)	Fertilité très basse (limitations très sévères)
> 1,0	1,0 – 0,5	0,5 -0,2	0,2 – 0,1	< 0,1

L'azote joue un rôle primordial dans l'alimentation de la plante, il est le facteur déterminant des rendements (il est le pivot de la fertilisation). Très sensible au lessivage sous les tropiques, c'est la carence principale dans les sols. Pour la plupart des cultures, les rendements sont en relation linéaire avec le taux N total pour des valeurs inférieures à 0,1 %.

La mise en culture des sols entraîne une baisse de la teneur en matière organique donc en azote. Elle devrait s'accompagner d'un apport conséquent et régulier de matière organique. Ainsi, mettre en œuvre des stratégies de fertilisation visant à réduire l'acidité du sol pour mieux valoriser les réserves du sol en matière organique.

2.2.6. Bases échangeables

La figure 6 présente les valeurs de la somme de bases échangeables (potassium, magnésium, calcium, sodium) des sols prélevés. En termes de sites, les valeurs de la somme de bases échangeables s'étalent entre 4,5 méq/100 g (Banga-Cayo) et 0,9 meq/100 g (Loemé).

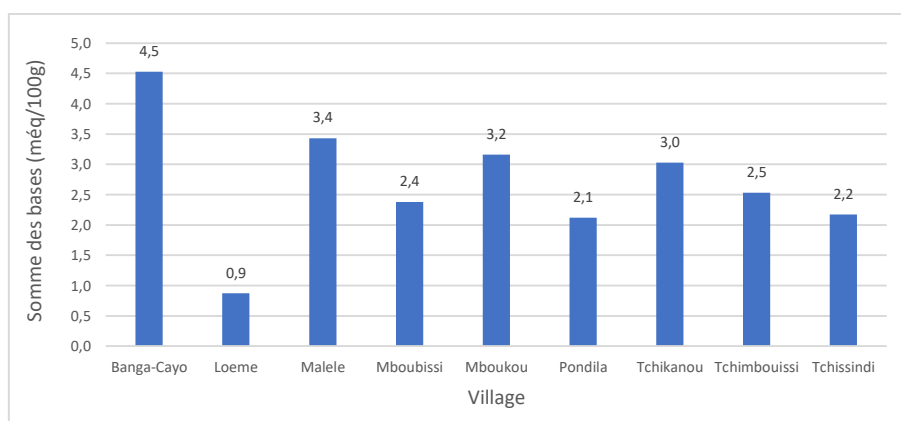


Figure 6 : Somme de bases échangeables des échantillons de sols prélevés

Au vu de faibles valeurs de la somme de bases échangeables, les limitations agricoles sont jugées sévères pour la majorité des sites (tableau 22).

Tableau 22 : Limitations agricoles suivant la somme des bases du sol (méq/100 g)

Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité peu élevée (limitations faibles)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations sévères)	Fertilité très basse (limitations très sévères)
> 15	15 - 10	10 - 5	5 - 2	<2

Les stratégies de gestion des bases échangeables (potassium, magnésium, calcium) recommandées devraient intégrer l'apport régulier de matières organiques ainsi que de chaux.

Les valeurs de la capacité d'échange cationique des sols prélevés sont indiquées dans la figure 7. Dans l'horizon de surface des sols, la capacité d'échange cationique dosée au laboratoire est de 5,01 méq/100 g de terre en moyenne. Comparés aux autres, les sols de Mboukou et de Tchikanou sont plus pourvus en cations échangeables.

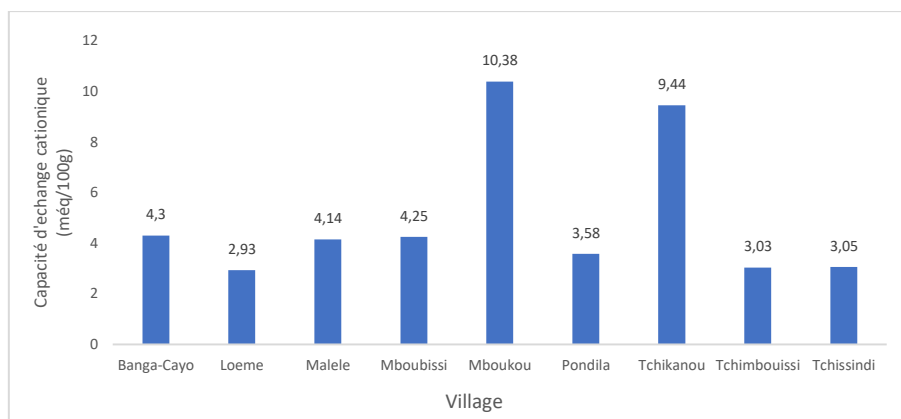


Figure 7 : Capacité d'échange cationique des échantillons de sols prélevés

En comparaison du tableau 23 portant sur les limitations agricoles suivant la capacité d'échange cationique du sol, les limitations sont sévères dans les sols prélevés.

Tableau 23 : Limitations agricoles suivant la CEC du sol (méq/100 g)

Fertilité élevée (sans limitations)	Fertilité peu élevée (limitations faibles)	Fertilité moyenne (limitations moyennes)	Fertilité basse (limitations sévères)	Fertilité très basse (limitations très sévères)
> 35	35 - 26	25-16	15 - 5	< 5

La capacité d'échange cationique (CEC) mesure la capacité du complexe argilo humique à retenir les éléments nutritifs du type cations (potassium, magnésium, calcium, sodium) et de les échanger avec la solution du sol pour nourrir la plante. La CEC est fortement liée aux teneurs en argile et en matière organique.

Il serait donc opportun de développer des techniques culturales susceptibles d'améliorer les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol pour réduire l'épuisement de ce dernier : apport de calcaire, de matière organique...

2.2.7. Abondance de la vie du sol (vers de terre, termites, escargots ...)

Les indicateurs biologiques incluent des mesures de micro et des macro organismes, leur activité et sous-produits. Le constat général après prospection de l'ensemble des sites est que l'activité des organismes édaphiques est peu intense dans ces sols. Elle a été appréciée par la présence (fourmis, termites, mille-pattes, vers de terre,...), et ses signes d'activité (galeries, turricules...). En général, on dénombre dans l'horizon superficiel quelques rares insectes surtout des fourmis (moins de 50 par m²). Cela peut s'expliquer par la forte acidité des sols.

La faune du sol est un important régulateur de la décomposition et de la dynamique de la matière organique. Elle a un rôle d'enfouissement et de mélange de la matière organique avec le sol. Elle est également à l'origine de la microstructure des horizons humifères. La dégradation de la matière organique est assurée par des microorganismes (bactéries, champignons, ...) qui ne sont actifs que dans des conditions physico-chimiques données dont la température, l'humidité, le pH...

Cependant, les organismes du sol sont sensibles aux techniques utilisées par l'agriculteur. En particulier, ils réagissent au travail du sol et à la quantité de matière organique du sol. De plus, les produits chimiques (pesticides, engrais) utilisés en agriculture altèrent la vie du sol.

2.3. Etat phytosanitaire, croissance et production

2.3.1. Variétés cultivées

Les variétés cultivées par les agriculteurs de Bondi et de Tchiamba-Nzassi figurent dans le tableau 24. Les variétés de manioc les plus cultivées sont les suivantes : Piakor (89 %), Moundelé-Mpakou (69 %), Mangueté (53 %). Le test du chi-deux montre de différences significatives entre les différentes variétés cultivées ($\chi^2 = 422,58$, ddl = 28, 1-p = >99,99%).

Tableau 24 : Variétés cultivées dans la zone d'étude

Variétés cultivées	Nb. cit.	Intervalles de confiance
Piakor	40	79,7% < 88,9 < 98,1%
Moundelé-Mpakou	31	55,4% < 68,9 < 82,4%
Mangueté	24	38,8% < 53,3 < 67,9%
Moudouma	15	19,6% < 33,3 < 47,1%
Pélagie	14	17,6% < 31,1 < 44,6%
Mont-Belo	9	8,3% < 20,0 < 31,7%
Diebo	8	6,6% < 17,8 < 29,0%
ENI	7	5,0% < 15,6 < 26,1%
Mauritanie	4	0,6% < 8,9 < 17,2%
Nkaba jaune	4	0,6% < 8,9 < 17,2%
Nzaou-tchinganga	2	0,0% < 4,4 < 10,5%
Tchnéné	2	0,0% < 4,4 < 10,5%
Ntombo	2	0,0% < 4,4 < 10,5%
Mantota	2	0,0% < 4,4 < 10,5%
Cameroun	2	0,0% < 4,4 < 10,5%
Fida	2	0,0% < 4,4 < 10,5%
Caritas	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
Diamayela	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
Parasoleil	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
Cathy	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
Infiltré	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
Moutouma	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
Comilog	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
Malessou	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
Makimouna	1	0,0% < 2,2 < 6,5%
Moubotsi	1	0,0% < 2,2 < 6,5%

La variable « Cultures associées au manioc » est ouverte, à réponses multiples

Les données relatives à la source de matériel de plantation sont figurées dans le tableau 25. Il ressort de celui-ci que les boutures utilisées par les agriculteurs comme matériel de plantation proviennent d'un champ précédent (totalité des enquêtés). Dans une moindre mesure, les enquêtés s'approvisionnent en boutures auprès de leurs voisins (24 enquêtés sur les 45). Il est à noter qu'aucun enquêté ne rapporte planter de boutures acquises auprès des structures spécialisées/recherche, ONG. Cette répartition sur la source du matériel de plantation montre des différences significatives ($\chi^2 = 91,36$, ddl = 5, 1-p = >99,99%).

Tableau 25 : Source du matériel de plantation

Source du matériel de plantation	Nb. cit.	Intervalles de confiance
Champ précédent	45	100,0% < 100,0 < 100,0%
Champ voisin	24	38,8% < 53,3 < 67,9%
Marché	4	0,6% < 8,9 < 17,2%
Autre localité	5	1,9% < 11,1 < 20,3%
Structure spécialisée	0	-

2.3.2. Etat sanitaire et stratégies mises en œuvre

2.3.2.1. Maladies

Pourcentage de pieds de manioc sains

La figure 8 renseigne sur le pourcentage de pieds de manioc sains dans les villages visités. Elle révèle que dans les champs de manioc visités, l'écrasante majorité des pieds présentent de symptômes de maladies ; le pourcentage de pieds sains est compris entre 10,0 et 16,2 %. Ainsi au moins 83 % des pieds sont attaqués par diverses maladies.

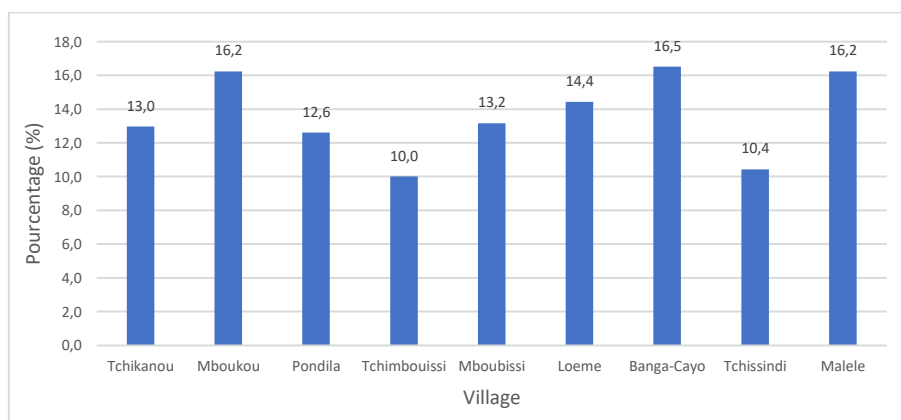


Figure 8 : Pourcentage de pieds de manioc sains dans les villages visités

Mosaïque

L'incidence de la mosaïque dans les champs de manioc des différents villages visités est consignée dans la figure 9. Les villages les moins touchés par cette maladie sont Tchimbouissi et Mboukou avec des incidences de 36,7 % et 39,5 % respectivement. L'incidence d'infection la plus élevée a été observée dans le village Tchikanou.

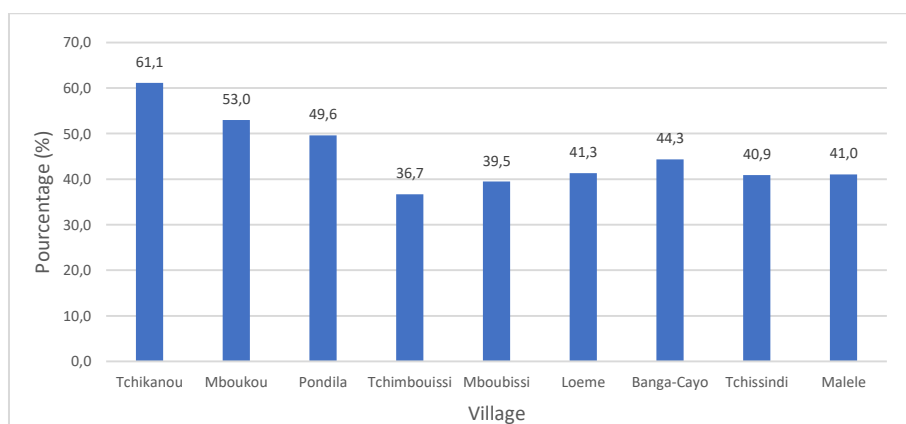


Figure 9 : Incidence de la mosaïque dans les champs de manioc visités

La figure 10 renseigne sur la sévérité de la mosaïque du manioc dans la zone étudiée. La sévérité des symptômes observés varie entre 2 et 5. Notons que les cotes fréquemment observées au champ sont 2 (32,1 %) et 3 (45,2 %).

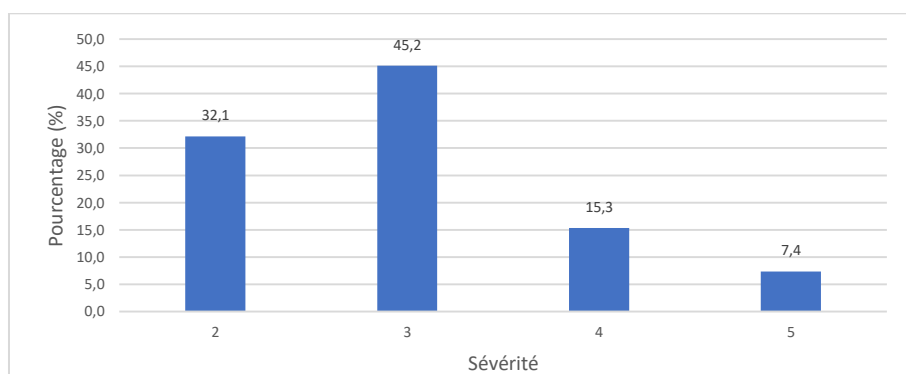


Figure 10 : Sévérité de la mosaïque dans les champs de manioc visités

Striure brune

La figure 11 donne le nombre de pieds de manioc présentant de symptômes de striure brune dans les champs de manioc des villages visités. A l'échelle de la zone d'étude, en moyenne 18,7 % des pieds sont atteints par le virus de la striure brune. Dans l'ensemble, l'incidence symptomatique la plus faible a été enregistrée dans les champs de Mboukou (9,4 %) et la plus élevée dans ceux de Malelé (29,1 %).

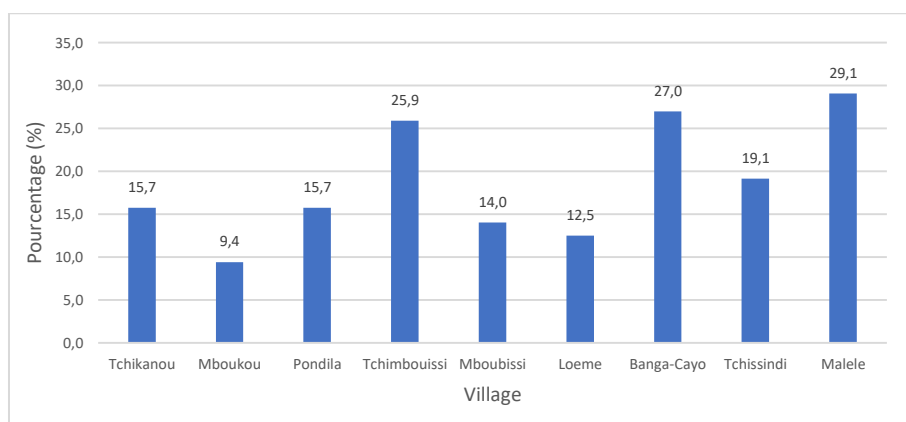


Figure 11 : Incidence de la striure brune dans les champs de manioc visités

La figure 12 porte sur la sévérité de la striure brune dans les champs de manioc investigués. Elle révèle que les indices de sévérité varient de 2 à 5. On constate que

la majorité (45 %) des tiges infectées par cette maladie affichent l'indice de sévérité de 3.

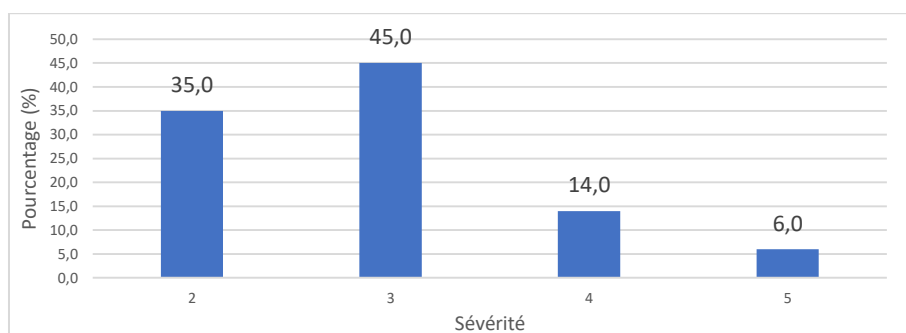


Figure 12 : Sévérité de la striure brune dans les champs de manioc visités

Pourridiés

L'incidence des pourridiés sur la culture du manioc est donnée dans la figure 13. L'incidence des pourridiés dans la zone étudiée varie de 10,2 % (Tchikanou) à 33,3 % (Mboubissi).

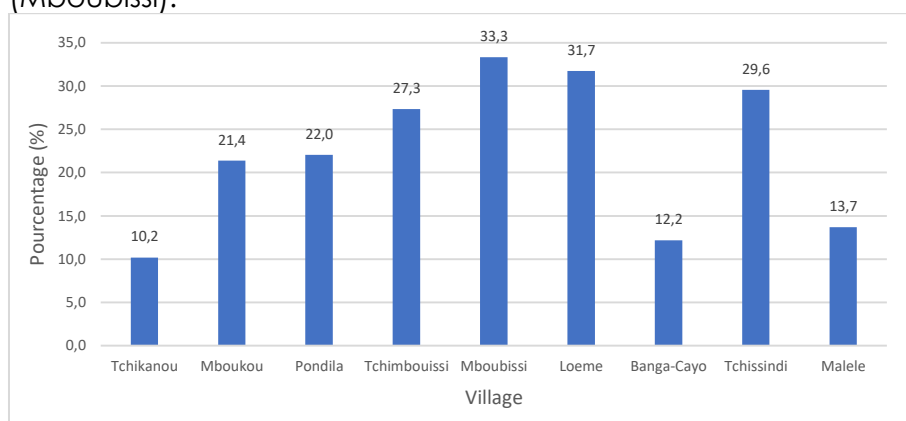


Figure 13 : Incidence des pourridiés dans les champs de manioc visités

Les cotes de sévérité des pourridiés dans les champs de manioc de la zone d'étude sont données dans la figure 14. De cette figure, il ressort que dans les conditions de la zone, les niveaux 2 et 3 sont les plus fréquents.

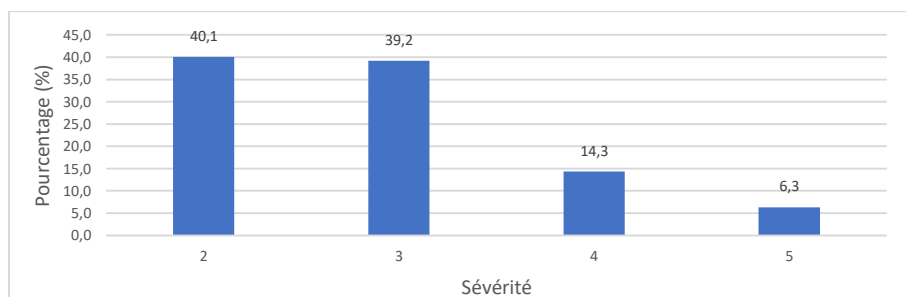


Figure 14 : Sévérité des pourridiés dans les champs de manioc visités

Autres maladies

A travers la zone d'étude, les observations menées montrent que les autres maladies de la culture du manioc (anthracnose, cercosporiose, bactériose) sont très peu fréquentes. De toutes ces maladies, la cercosporiose, considérée comme une maladie de moindre impact sur le rendement est celle relativement la plus rencontrée dans les champs avec une incidence estimée à moins de 5 %. Généralement les dégâts causés par ces maladies étaient relativement faibles

(cotes de 2 voire 3). Par ailleurs, il n'a pas été observé de symptômes de la bactériose sur un pied de manioc dans les villages étudiés.

2.3.2.2. Ravageurs

Mouche blanche

La figure 15 présente l'incidence de la mouche blanche dans les champs de manioc visités. Il en découle que le pourcentage moyen de pieds de manioc colonisés par ce ravageur varie peu, compris entre 16,7 % et 22,6 %.

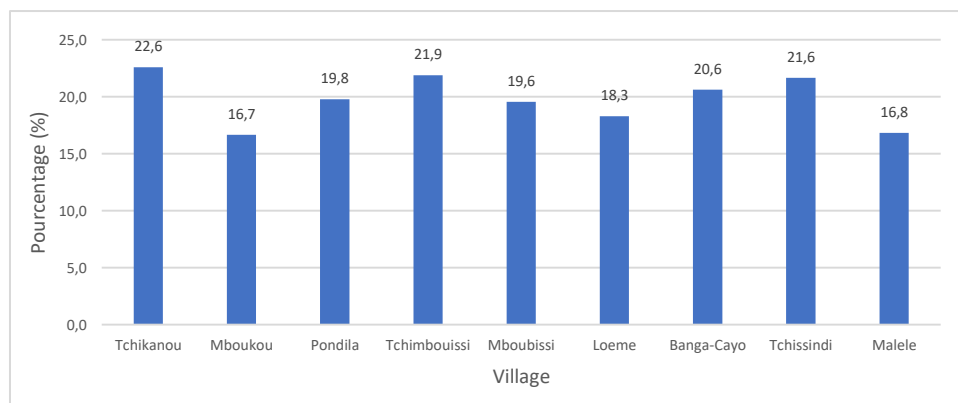


Figure 15 : Incidence des mouches blanches dans les champs de manioc visités

La figure 16 portant sur la sévérité de la mouche blanche dans les champs de manioc visités montre que généralement les dégâts dus à ce ravageur sont modérés dans la zone étudiée. On observe que l'indice de sévérité majoritaire est 2.

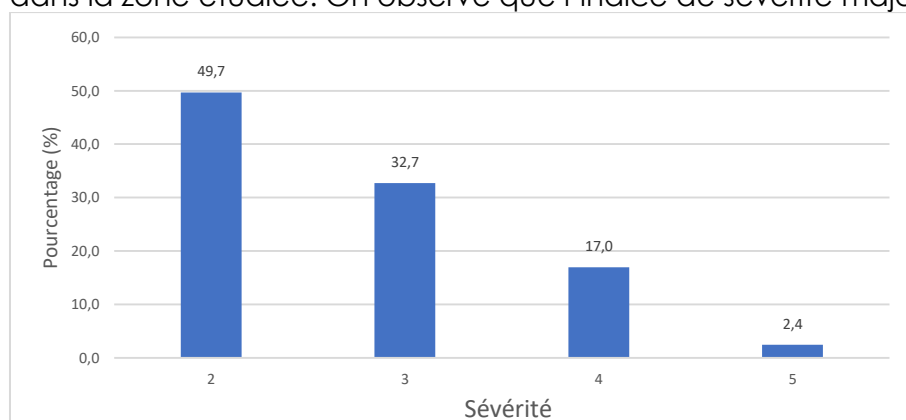


Figure 16 : Sévérité de la mouche blanche dans les champs de manioc visités

Acarien vert

Le nombre de pieds de manioc portant l'acarien vert dans la zone d'étude est donné dans la figure 17. Le nombre moyen de pieds de manioc portant ce ravageur est de 19,9 %. A l'opposé de Tchimbouissi, Malelé est le village dont les feuilles de manioc portent le moins d'acariens.

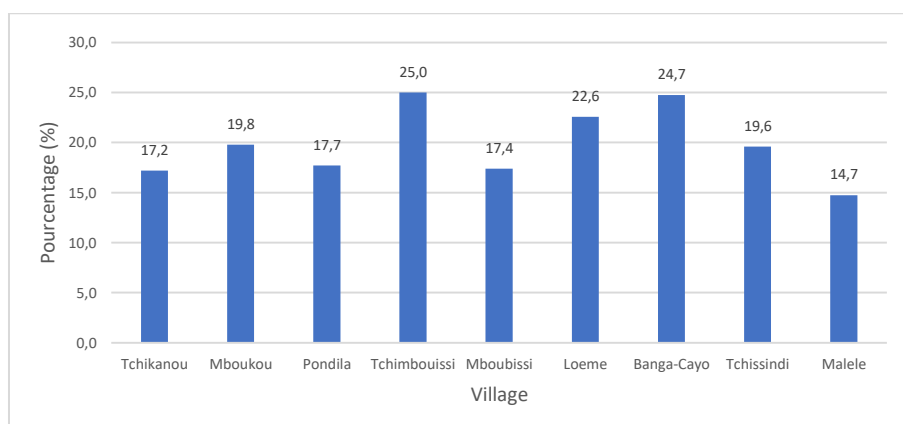


Figure 17 : Incidence de l'acarien vert dans les champs de manioc visités

Il ressort de la figure 18 donnant la sévérité de l'acarien vert dans les champs de manioc visités que les dégâts causés par ce ravageur dans la zone de Bondi et celle de Tchimba-Nzassi sont faibles ou moyens.

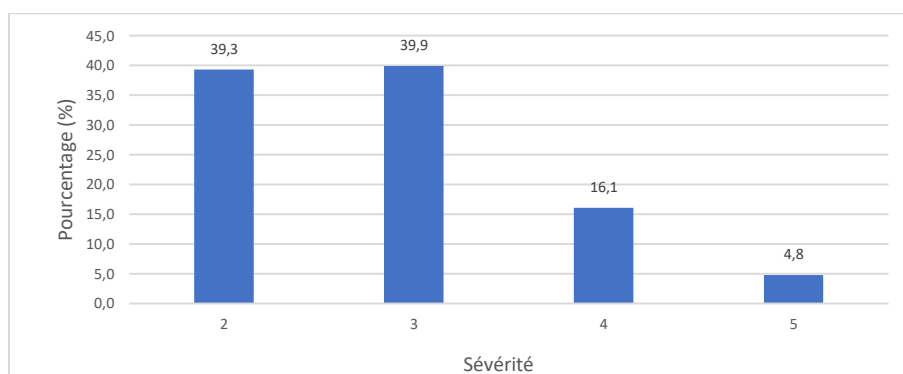


Figure 18 : Sévérité de l'acarien vert dans les champs de manioc visités

Autres ravageurs

Les observations sur les potentiels ravageurs de la culture du manioc (cochenille, criquet) n'ont pas montré de pression forte dans la zone étudiée. Ainsi des données sur les dégâts causés par ces ravageurs n'ont pas été collectées. Leur présence peut être estimée à < 5 % et < 2 % des pieds de manioc investigués respectivement pour la cochenille et le criquet.

2.3.2.3. Stratégies mises en œuvre dans la gestion des maladies du manioc

Les différentes stratégies mises en œuvre par les agriculteurs dans la gestion des maladies du manioc sont synthétisées dans la figure 19. Sur l'ensemble de la zone d'étude, en général aucune action n'est menée. Néanmoins, 20 % des enquêtés disent ne pas couper des boutures sur les tiges présentant de symptômes de maladies. Toutefois, près de 9 % d'entre eux prennent la précaution d'arracher les plants malades et les détruisent hors du champ.

Figure 19 : Stratégies mises en œuvre dans la gestion des maladies du manioc

Stratégies mises en œuvre	Nb. cit.	Intervalles de confiance
Aucune	31	68,9%
Aucune, mais on évite de bouturer les tiges malades	9	19,9%
Arrachage des plants malades, et on jette en dehors du champ	4	8,8%

Aucune, mais on bouturer les parties jeunes seules	1	2,2%
TOTAL	45	100,0%

2.3.3. Croissance et production

Hauteur et circonférence de la tige

La hauteur des plants de manioc dans les villages visités est présentée sur la figure 20. Les tiges de manioc les plus grandes sont mesurées dans les champs du village Loemé. A l'échelle de la zone d'étude, la tige de manioc mesure 2,08 m en moyenne.

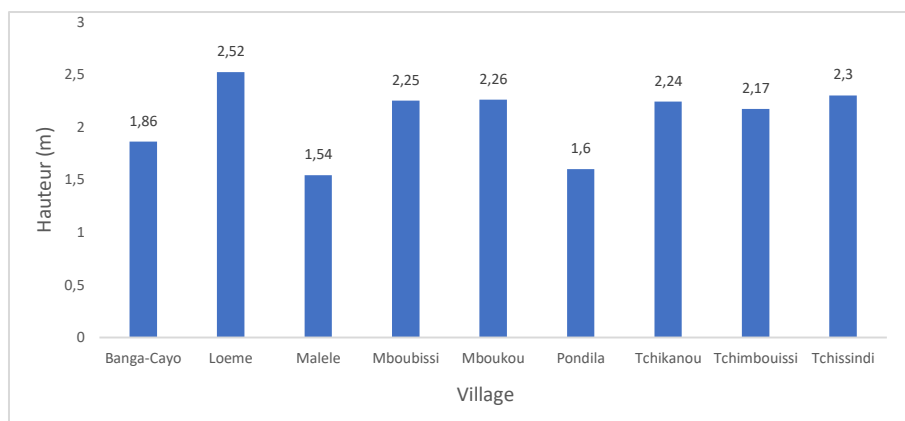


Figure 20 : Hauteur de la tige de manioc

La figure 21 donne la circonférence des pieds de manioc de la zone d'étude. Les pieds de manioc les plus gros sont mesurés dans les villages de Mboukou et de Tchimbouissi.

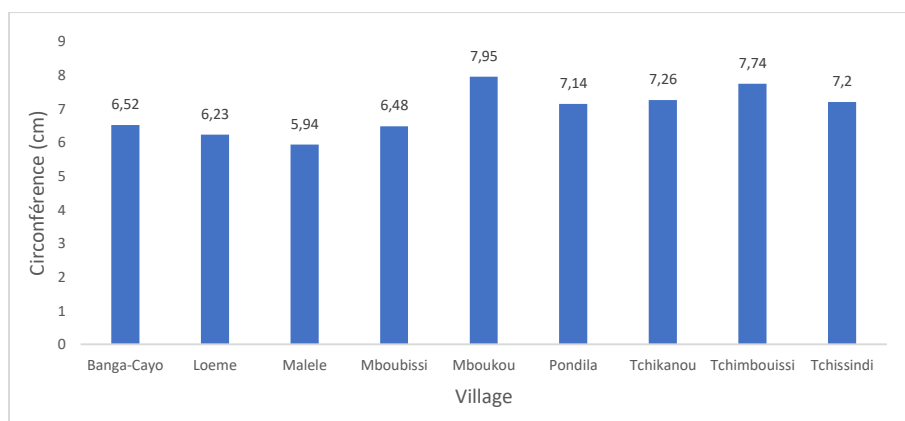


Figure 21 : Circonférence de la tige de manioc

Nombre de tubercules par tige et longueur de tubercule

La figure 22 montre le nombre de tubercules portés par un pied de manioc dans les villages visités. Ce nombre est plus élevé (4,95) à Malelé et plus bas (2,62) à Tchikanou.

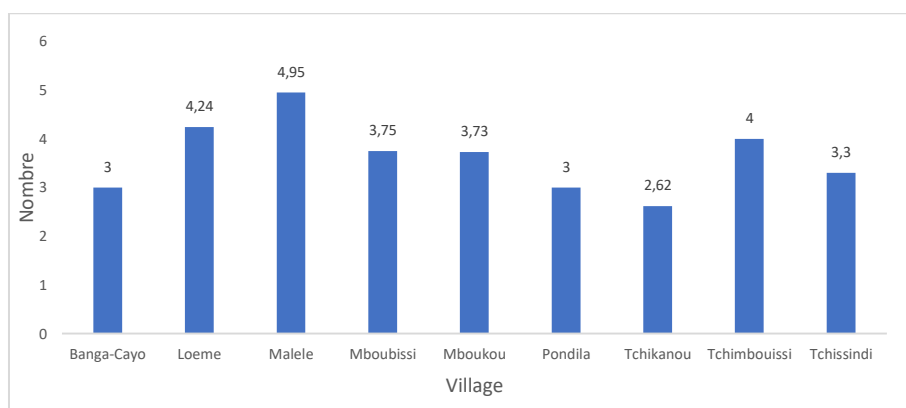


Figure 22 : Nombre de tubercules portés par un pied de manioc

La longueur moyenne des tubercules de manioc est ressortie sur la figure 23. Son analyse montre que les tubercules les plus longs sont récoltés à Banga-Cayo et à Tchimbouissi.

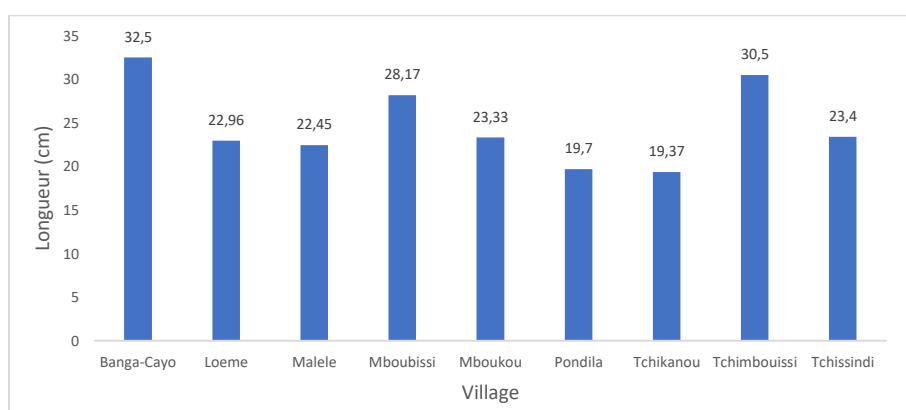


Figure 23 : Longueur de tubercule de manioc

Masse de fruits par pied et rendement

Le poids des tubercules de manioc portés par une tige est présenté sur la figure 24. Les plus lourds tubercules sont récoltés dans les villages de Banga-Cayo et de Malelé.

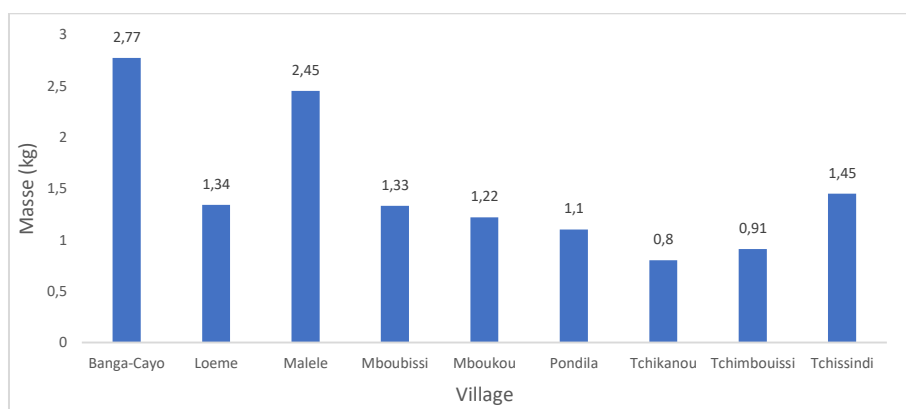


Figure 24 : Masse de tubercules portés par un pied de manioc

2.4. Niveau de pollution du milieu (air)

Le niveau de pollution de l'air de la zone d'étude est donné par le tableau 26. Comparées aux valeurs seuils de l'organisation mondiale de la santé (OMS) et de

L'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), les valeurs contenues dans ce tableau révèlent un niveau de pollution élevé.

Dans tous les sites étudiés, les valeurs en particules fines (PM_{2,5} et PM₁₀) sont au-dessus des seuils pour la santé humaine. Pour les cultures, seules les particules les plus grosses (PM₁₀) présentent de valeurs au-dessus de seuils dans les sites de Bondi, Mboubissi et Banga-Cayo. S'agissant des polluants gazeux, dans tous les sites étudiés, les teneurs en dioxyde d'azote et en dioxyde de soufre sont supérieures à seuil critique pour la santé humaine. Cependant, les teneurs en dioxyde de soufre représentent une contrainte pour les cultures dans tous les sites tandis que celles du dioxyde d'azote ne le sont que dans 3 sites (Mboubissi, Pondila et Banga -Cayo). Les teneurs en monoxyde de carbone ne présentent pas une contrainte ni pour la santé humaine ni pour les cultures.

Tableau 26 : Niveau moyen de polluants dans l'air de la zone d'étude

Village		Particules suspendues (PM ₁₀)	Particules fines (PM _{2.5})	Dioxyde d'azote (NO ₂)	Dioxyde de soufre (SO ₂)	Monoxyde de carbone (CO)
		µg/m ³				
Bondi	Min	31,4	22,5	0,0	23,6	48,1
	Max	241,8	63,7	24,4	47,1	407,6
	Moy	52,2	33	10,3	34,8	208,4
Djéno	Min	19,1	15,9	1,9	15,7	2,3
	Max	87,7	87,7	20,7	41,9	179,7
	Moy	31,1	22,1	9,4	26,7	58,3
Mboubissi	Min	18,1	16,3	0,0	13,1	242,7
	Max	263,1	197,65	65,8	60,2	1441,4
	Moy	73,66	44,2	14,5	27,5	399,6
Pondila	Min	10,9	7,7	1,9	23,6	3,4
	Max	57,8	28,8	270,8	47,1	546,1
	Moy	22,3	15,6	10,9	36,9	170,4
Banga-Cayo	Min	28,8	22,8	3,8	5,2	206,1
	Max	1364,7	1030,7	39,5	36,7	610,2
	Moy	134,2	63,7	16,4	22,0	323,3
Seuil critique	Cultures (FAO, 2021)	>150 µg/m ³ /an	-	30 µg/m ³ /an	20 µg/m ³ /an	250 ppm
	Humain (OMS, 2021)	15 µg/m ³ /an	5 µg/m ³ /an	10 µg/m ³ /an	10 µg/m ³ /an	4.000 µg/m ³ /24 h

Min : Minimum, Max : Maximum, Moy : Moyenne

3. RECOMMANDATIONS

3.1. Niveau de fertilité du sol

3.1.1. Contraintes majeures et stratégies de gestion durable

Les sols étudiés présentent de nombreuses contraintes agricoles. Sont hautement limitants dans ces sols, les variables suivantes : texture et structure, pH, matière organique et azote, bases échangeables (calcium, potassium, magnésium, sodium), capacité d'échange cationique, micro-organismes du sol.

Ainsi, il est recommandé, dans la mise en valeur agricole des sols étudiés de mettre en œuvre de stratégies pour une gestion durable de ces sols.

Lutte contre l'érosion

On observe sur les sites investigués une pente faible à moyenne avec risque réel d'érosion. Avec moins de 12 % d'argile en moyenne, les risques de dégradation de la structure de ces sols en culture mécanisée sont importants. Durant la réalisation des travaux de préparation du sol veiller particulièrement sur le choix de la date d'exécution, le délai entre les interventions (un délai fréquent rend le sol moins perméable et susceptible à l'érosion), la réduction des façons culturales (adoption des techniques telles "le travail minimum", "le semis direct"), l'orientation des façons culturales (exemple labour perpendiculaire à la pente, en courbes de niveau), et viser une adéquation entre la puissance du tracteur et les caractéristiques du sol.

Lors de la mise en valeur des sites, il sera veillé à stabiliser les zones à forte pente en y plantant des espèces susceptibles de retenir le sol (vétiver, gazon) et ainsi réduire l'érosion. Ces zones pourraient être valorisées avec des espèces ne nécessitant pas un labour du sol telles des arbres. Plantés perpendiculaires à la pente, ils freinent le ruissellement, améliorent la fertilité du sol par remontée des nutriments et par la biomasse

Lutte contre l'acidification du sol

Le remède au problème de l'acidification du sol est l'apport d'amendements calcaires ou calco-magnésiens broyés et de matière organique. Dans ces sols sableux, on recommande un apport en fond de 1 à 1,5 t/ha à la préparation des terres ; et en d'entretien 0,5 t/ha chaque année. Ne pas dépasser 2 t/ha en une seule application pour éviter un choc chimique.

Dans les sols ferrallitiques (majoritaires au Congo) où l'argile prédominante est la kaolinite, le rôle de l'humus est très important. C'est surtout l'humus qui joue un rôle essentiel dans la capacité de rétention des cations et de l'eau nécessaires aux cultures. La présence de l'humus est une condition favorable pour les bonnes caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol. La décomposition de la matière organique libère des éléments nutritifs pour les cultures. Celle-ci est le principal pourvoyeur du sol en azote, phosphore, magnésium...

Il est donc recommandé d'augmenter le stock de matière organique par des apports réguliers (paillage avec des résidus de récolte, apport de fumier, de compost... (au moins 15 t/ha/an). Par sa valeur nutritionnelle intéressante, le fumier de poule et celui de chauve-souris sont à privilégier ; néanmoins même les déjections des petits ruminants pourront être utilisées. S'agissant du fumier, il est souhaitable de le composter au préalable ou le stocker plus de 2 mois pour sa maturation avec baisse du rapport C/N et destruction de germes.

Dans l'optique d'augmenter le stock de matière organique, il peut être mis en œuvre la jachère améliorée, la culture d'engrais vert, les associations culturales intégrant les légumineuses. L'usage des légumineuses réside dans le fait qu'elles enrichissent le sol surtout en azote.

Dans le contexte national caractérisé par une cherté des fertilisants, il est pertinent de planter d'espèces fertilisantes (légumineuses) à croissance rapide telles Acacia, Leucaena, Flemingia, Glyricidia.... Cette biomasse sera fragmentée et enfouie au sol pour le fertiliser.

Le brulis de la biomasse, notamment les arbustes dessouchés est une pratique répandue dans la zone. Cependant cette pratique impacte négativement le sol : destruction de la matière organique et des colloïdes du sol, volatilisation des éléments nutritifs, création de conditions défavorables aux organismes du sol, modification des propriétés physiques du sol (structure, adhésivité...), émission de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Cette biomasse serait mieux valorisée en compost voire enfouie dans le sol. En se décomposant, elle libère les nutriments pour la culture et améliore les caractéristiques du sol.

Apport de fertilisants

Le phosphore et l'azote sont les éléments qui limitent le plus les rendements des cultures en sols ferrallitiques. Tenant compte de la physiologie de la culture, selon le niveau de fertilité du site, veiller au respect des régimes de fertilisation (matière fertilisante, dose et période d'apport) des cultures plantées. Sur ces sols acides, il est conseillé de réduire au strict minimum l'apport d'engrais ayant un effet acidifiant sur le sol (sulfate d'ammonium) ; enfouir plutôt des engrais azotés à action alcalisante tels les sels de chaux, de potasse ou de soude. De plus, pour le cas de ces sols sableux et acides, les apports de calcaire et d'engrais doivent être fractionnés à cause du faible pouvoir absorbant du sol.

Mise en œuvre d'une irrigation complémentaire

Pour le cas de certaines activités agricoles particulièrement exigeantes en eau, il est indispensable de prévoir de dispositifs d'irrigation car ces sols sableux sont très filtrants et n'ont qu'une faible réserve en eau.

3.1.2. Itinéraires techniques

Niveau d'instruction et formations agricoles reçues

Les producteurs de manioc enquêtés sont peu instruits, le niveau collège étant la catégorie la plus représentée. Il est évident que le développement d'innovations agricoles nécessite un minimum de formation et d'encadrement technique.

Les producteurs agricoles de la zone bénéficient de peu de formations, d'où le partage des informations entre les parents et les connaissances essentiellement. Cette situation n'est pas propice à l'adoption d'innovations agricoles. Or l'intégration d'innovations adaptées constitue un pilier majeur pour une agriculture performante.

Milieu cultivé et superficie cultivée

D'une manière générale, les activités agricoles sont menées sur de terrains en pente, sableux ; donc sensibles à l'érosion.

Les terres les plus favorables pour abriter des activités agricoles sont celles à pente douce. Les pentes abruptes s'érodent facilement. Les vallées et les dépressions ne sont également pas très adaptées car elles sont généralement gorgées d'eau et ne permettent pas aux cultures de bien se développer. De plus, le sol sableux est peu pourvu en nutriments, retient peu l'eau mais est facile à travailler ou à labourer.

En grande majorité, dans la zone, les cultures sont placées en forêt, jugée relativement plus fertile par les producteurs. Ainsi, les surfaces couvertes de forêt sont en recul, contribuant à la perte de la biodiversité, au changement climatique...

La superficie exploitée à des fins agricoles dans la zone est majoritairement comprise entre 0,25 et 0,5 hectare. Les agriculteurs qui valorisent plus de 1 ha sont rares, cela s'expliquerait par plusieurs facteurs : la difficulté d'obtention de boutures de qualité et de tracteurs pour la préparation des terres, la faible fertilité des sols, l'absence de main-d'œuvre disponible, etc.

Plantation et variétés cultivées

Il est montré que la disponibilité en eau figure parmi les contraintes majeures de la production agricole. Dans un contexte marqué par les effets des changements climatiques sur les disponibilités en eau ; afin de couvrir les besoins en eau des cultures, planter au début de la saison des pluies ; dès la première décade recevant 30 mm de précipitations.

Il est très important d'utiliser du matériel de plantation de bonne qualité, amélioré et sain. D'où de choix pertinents en termes de structure d'approvisionnement, de l'âge et de l'état sanitaire du champ de provenance des boutures, des parties de la tige à prélever...

Cependant, l'enquête a révélé que presque unanimement les enquêtés disent emblaver de nouvelles superficies de manioc à partir des boutures coupées dans des champs précédents. Aucun enquêté n'a planté de boutures provenant d'une structure spécialisée ou d'un service de l'Etat. Cette situation favorise la prolifération des maladies et des ravageurs dans la zone.

Sous réserve de synonymie, une assez importante diversité variétale (28 noms de variétés) de manioc a été observée à travers la zone étudiée. Il a été enregistré une moyenne de 7,5 accessions par village, comprise entre 3 (Banga-Cayo) et 14 (Mboukou). Actuellement, le pool variétal est constitué pour l'essentiel des variétés Mangueté, Piakor, Moundélé-Mpakou, Moudouma et Pélagie. La variété Piakor rencontrée dans 40 des 45 sites visités est la plus importante en termes de fréquence dans les parcelles.

Associations culturales

Une pratique courante dans la zone consiste à intercaler des cultures entre les pieds de manioc. Ainsi, les enquêtés disent planter le manioc en association avec d'autres cultures (maïs, arachide, courges, igname, légumes...). Pourtant contribuant à améliorer la fertilité du sol, les légumineuses (arachide, pois d'angle, lentilles...) sont peu plantées dans la zone.

Les associations les plus bénéfiques incluent des légumineuses (arachide, niébé, soja, pois d'angle) ou des cucurbitacées (pastèque, melon) ou des céréales (maïs, sorgho) voire des légumes (gombo, amarante) et l'ananas. En général, pour des associations culturales à base manioc efficaces, éviter les cultures hautes, celles à

croissance lente, celles sensibles aux aleurodes ou aux acariens, celles à cycle long (> 100 j), celles à racines et tubercules (igname, patate douce) ainsi que les associations trop denses.

La pratique consistant à intercaler des plantes alimentaires entre les pieds de manioc est répandue, particulièrement dans les systèmes de culture extensifs. Elle permet de maximiser l'utilisation des terres, la réduction des mauvaises herbes, la réduction de l'incidence des maladies tout en diversifiant les revenus.

Entretien

Concernant les opérations d'entretien des cultures menées, peu d'interventions sont faites. La plus courante est le sarclage des cultures mises en place. Le sarclage permet un bon développement de la plante car il freine la compétition avec les adventices et favorise un meilleur enracinement de la plante pour une bonne nutrition minérale. Les adventices coupées sont remuées et laissées sur le sol pour une restitution à celui-ci des nutriments exportés.

Il ressort des observations dans les champs que le sarclage des cultures est défaillant ; alors que certaines adventices peuvent être des hôtes des nuisibles de cultures. Ainsi il est conseillé de sarclages réguliers, jusqu'au moment où le manioc couvre le sol (4 -ème mois). Couplé au sarclage, le buttage intervient pour favoriser la formation des tubercules.

Activité pénible, le désherbage peut être mécanique (avec une débrousailluse) ou chimique (avec d'herbicides homologués). Cependant ces derniers sont à utiliser en dernier recours et en s'entourant de précautions. Une précaution supplémentaire recommandée est de réaliser de pares feux d'une dizaine de mètres de largeur.

Le recours à la fertilisation (minérale ou organique) de la culture du manioc est inexistant dans la zone. Le circuit de distribution des intrants est désorganisé, d'où leur faible disponibilité et leur cherté. Une pratique de gestion intégrée des engrais organiques et minéraux s'impose au risque de la dégradation des sols (acidification, baisse du stock des nutriments).

Culture la plus pratiquée dans la zone, le manioc est exigeant principalement en potasse pour la tubérisation, en phosphore et en azote. On recommande 15 t/ha de fumier et 650 kg/ha de NPK (17-17-17) fractionnées en 3 apports (1, 3 et 5 mois après plantation des boutures).

Croissance et production

En culture paysanne, un champ de manioc peut être récolté durant plusieurs mois suivant les besoins. En pratique, la récolte s'effectue après 10 à 18 mois de végétation. Au-delà, les tubercules durcissent et se lignifient.

La récolte des feuilles de manioc est une activité courante dans les régions où celles-ci sont consommées comme légumes. L'écimage arrête la dominance apicale et favorise l'émergence des bourgeons axillaires, ce qui augmente la biomasse (feuilles, tubercules). Cependant, les fréquences de récolte sont souvent plus nombreuses et réduisent la cime indispensable pour l'assimilation de la chlorophylle, donc défavorise la production. Cette pratique favorise également la prolifération des maladies à partir des nombreuses blessures causées.

Dans la zone est pratiquée une agriculture itinérante sur brulis. Après 2 ou 3 cycles de manioc, le terrain est laissé en jachère pour la restauration de sa fertilité. Contrairement à celle dite « naturelle », la jachère dite « améliorée » plantée d'espèces d'arbres ou d'arbustes choisies pour améliorer la fertilité du sol devrait être mise en œuvre dans la zone investiguée.

3.2. Etat sanitaire des cultures et stratégies à mettre en œuvre

Pour les exploitants agricoles enquêtés, les tiges de manioc au champ sont peu attaquées par les maladies et les ravageurs. Les producteurs méconnaissent généralement les symptômes des maladies du manioc. Sauf dans quelques très rares cas les pieds de manioc malades trouvés au champ sont laissés en place. La justification donnée est que même malade, un pied produit quand même.

Les tableaux 27 et 28 synthétisent les pestes les plus fréquentes sur la culture du manioc dans la zone d'étude ainsi que les moyens de lutte appropriés.

Tableau 27 : Maladies les plus fréquentes sur le manioc et les moyens de lutte appropriés.

Moyen de lutte / Maladie	Mosaïque Africaine	Striure brune	Pourriture racines	Anthracnose	Cercosporiose
Utiliser du matériel de plantation sain					
Planter des variétés résistantes / tolérantes					
Tremper les boutures dans une solution fongicide.					
Arracher et brûler les plants infectés dès leur apparition.					
Éliminer les mouches blanches					
Planter précoce pour éviter le pic de vecteurs (aleurodes)					
Planter sur billons ou buttes					
Cultures intercalaires avec des plantes hautes pour réduire le mouvement des vecteurs de la maladie.					
Stériliser les outils agricoles (machettes, houes..)					
Récolter précoce (9-12 mois) des tubercules dès la maturité.					
Détruire les débris végétaux (racines pourries, tiges).					
Pratiquer la rotation du manioc avec d'autres cultures					
Mettre en jachère les					

terres (3 à 5 ans).					
Assurer un bon drainage					
Fertiliser pour renforcer la résistance naturelle					

Tableau 28 : Ravageurs les plus fréquents sur le manioc et les moyens de lutte appropriés.

Moyen de lutte/ Ravageur	Acarien vert	Mouche blanche	Cochenille farineuse
Utiliser de variétés résistantes ou tolérantes			
Planter de matériel végétal sain			
Traiter les boutures avec un insecticide			
Arracher et brûler les plants infectés dès apparition			
Désinfecter les outils (machettes, houes)			
Pulvériser un insecticide sur la culture			
Faire de rotations des cultures.			
Opter pour une jachère (>6 mois)			
Fertiliser pour renforcer la résistance naturelle			

Les rongeurs exposent les racines du sol et les détruisent. Les dommages causés aux racines peuvent constituer une entrée pour les micro-organismes responsables de leur pourriture. Utiliser des pièges ou de clôtures en bois ou en grillage pour les attraper.

En général, combiner les méthodes de lutte agronomique (planter de variétés résistantes ou tolérantes aux nuisibles fréquents dans la zone, prélever le matériel de plantation uniquement sur des plantations non infestées ou sélectionner les boutures dans les branches de la tige plutôt que sur la tige principale, réduire la densité de plantation des boutures, fertiliser la culture du manioc (amendement, engrais surtout K et P), régulièrement désherber, désinfecter les outils utilisés, mettre en œuvre des associations culturales efficaces, de rotation des cultures ou de jachère sanitaire,...) et chimique pour assurer une bonne protection des exploitations agricoles. Cependant, l'application de produits chimiques exige de précautions : port des équipements de protection (vêtements, bottes, gants, lunettes...), respect du délai de sécurité (période minimale qu'il faut laisser s'écouler après le traitement du produit et sa consommation).

Les agriculteurs utilisent des boutures issues de champs précédents pour emblaver de nouveaux ; cela contribue à propager des maladies (particulièrement mosaïque et striure brune). L'accent devrait être mis sur la multiplication des boutures saines de manioc.

Récemment mise au point, la technologie hydroponique semi-autotrophique (SAH) est une méthode performante de propagation rapide du matériel végétal sain chez le manioc permettant de produire plus de 200 000 plants par an sur une superficie de 20 m². Certes moins perforantes, d'autres techniques plus accessibles aux producteurs peuvent être mises en œuvre : mini-bouturage (utilisation de boutures à deux nœuds), bourgeonnement axillaire in situ (utilisation de segments de tige portant une feuille, un pétiole et un bourgeon axillaire).

D'autres techniques plus onéreuses peuvent être retenues : assainissement par la technique de culture in vitro les variétés malades mais très appréciées des agriculteurs, Introduction de variétés améliorées résistantes ou tolérantes aux principales maladies.

3.3. Niveau de pollution de l'air

Comparées aux valeurs seuils de l'OMS et de la FAO, les teneurs en polluants dans l'air révèlent un niveau de pollution élevé. Dans tous les sites étudiés, les valeurs en particules fines, en oxydes d'azote et de soufre sont au-dessus des seuils critiques pour la santé humaine. Pour les cultures, alors que les teneurs en dioxyde de soufre représentent une contrainte pour les cultures dans tous les sites, le dioxyde d'azote et les particules les plus grosses (PM10) ne le sont que dans quelques sites tels Mboubissi et Banga-Cayo.

La pollution a un impact négatif sur les êtres vivants (végétaux, animaux) présents dans le milieu (sol, eau, air). Par exemple, les polluants issus d'hydrocarbures présents dans le milieu peuvent altérer la fertilité des terres agricoles (acidification des sols, diminution de la porosité, de la capacité de rétention d'eau et de nutriments, des organismes du sol...), réduire les rendements des cultures en interférant défavorablement avec la photosynthèse et provoquer une contamination des récoltes par bioaccumulation. Par contamination directe ou indirecte, la pollution entraîne divers problèmes de santé (problèmes de peau et d'yeux, des troubles respiratoires, neurologiques et cardiovasculaires) auprès des consommateurs.

Les entreprises pétrolières devraient assumer la responsabilité des initiatives visant l'atténuation des impacts voire la restauration du milieu dégradé. Dans les villages visités, en général aucune méthode d'atténuation n'est mise en œuvre à l'entour des sites pétroliers existants (plates-formes, puits, fosses d'emprunts, pipelines). Cet état des choses est d'autant plus déplorable que des activités agricoles sont menées à proximité, à moins de 200 m parfois.

Pour assainir les sols contaminés, des traitements physico-chimiques peuvent être effectués. Mais ces méthodes ont des coûts élevés et risquent aussi de causer une pollution secondaire. D'où l'intérêt porté à la bioremédiation (utilisation de bactéries, de champignons, de plantes) pour dégrader les hydrocarbures.

Ainsi, les espèces suivantes peuvent être utilisées en bioremédiation : ray-grass (*Lolium perenne*), fétuque (*Festuca arundinacea*), vétiver (*Chrysopogon zizanioides*), panicum (*Panicum maximum*), hyparrhenia rufa, luzerne (*Medicago sativa*), trèfle blanc (*Trifolium repens*), Brachiaria (*Brachiaria decumbens*), Andropogon gayanus, leucaena leucocephala, acacia (*Mangium* ou *auriculiformis*), Crotalaire (*Crotalaria juncea*), Stylosanthes (*Stylosanthes guianensis*), Tournesol (*Helianthus annuus*), Jatropha (*Jatropha curcas*), Ricinus communis (ricin). Concernant les espèces ligneuses ; saule (*Salix* spp.), peuplier, eucalyptus camaldulensis et Casuarina equisetifolia sont recommandés.

Au niveau des torchères, des gaz polluants (hydrocarbures aromatiques polycycliques, oxydes de soufre, d'azote et de carbone, sulfure d'hydrogène, composés organiques volatils, particules en suspension) sont libérés sur de longues distances, affectant gravement l'environnement. Il est indispensable de mettre en œuvre la captation et le recyclage de ces produits pétroliers pour la production d'électricité.

3.4. Cultures recommandées et activités alternatives

Les sols sableux présentent des défis majeurs tels qu'une faible rétention d'eau et des nutriments (azote, phosphore) qui sont rapidement lessivés par les pluies, la faible teneur en matières organiques (des sols dégradent très vite l'humus), une forte acidité (limite la disponibilité des nutriments et augmente la disponibilité de certains éléments toxiques tels l'aluminium ou le manganèse).

La correction des carences des sols par l'application des engrais et amendements n'est pas raisonnable lorsque des grandes quantités sont nécessaires. Une autre approche pour obtenir de rendements agricoles acceptables sur ces sols pauvres est la sélection des cultures adaptées à ces conditions défavorables. Ainsi les sols de la zone étudiée peuvent être plantés des cultures tolérant les sols pauvres et acides, la texture légère et un bon drainage. Il s'agit des cultures suivantes : soja, manioc, arachide, haricot, ananas, pois d'angole, niébé, igname, patate douce, maïs, sorgho, bananier, papayer, bissap, oseille, légumes, pomme de terre, courge, gombo, cotonnier, palmier à huile, voandzou, taro/macabo, piment/aubergine, pastèque/melon, gingembre, théier, anacardier,... citronnelle, menthe, poivre... Il s'avère également pertinent de promouvoir l'agroforesterie en associant de légumineuses (acacia, leucaena...) avec des cultures vivrières.

De nombreux agriculteurs locaux font état d'une baisse significative des rendements agricoles ; ce qui affecte directement leurs moyens de subsistance. Dans l'optique d'impulser une nouvelle dynamique agricole, il s'impose la nécessité de promouvoir des activités alternatives dans la zone.

- Transformation des racines tubéreuses et des feuilles de manioc en produits dérivés à haute valeur ajoutée, et pour un avantage compétitif sur le marché (local, sous-régional) : amidon, gari, chips, tapioca, attieké, alcool, farine panifiable,
- Production maraîchère : ciboule, chou, tomate, aubergine, laitue, concombre, persil, céleri, pastèque...,
- Plantation de vergers. Vu leur rusticité, des arbres (manguier, safoutier, avocatier, agrumes, anacardier, caféier, hévéa...) peuvent être plantés avec succès dans ce milieu. Dans les vergers, pendant les 4 premières années, quand les arbres sont encore petits, on peut semer des cultures entre les rangées d'arbres.
- Elevage d'herbivores en mettant à contribution l'herbe abondante sur les sites ainsi que la proximité des cours d'eau pour l'alimentation des cheptels. Ainsi, le choix peut porter sur les races adaptées et performantes, lapins, ovins et caprins ; voire de porcins et de volaille (poulets, canards et pintades).
- Une autre composante de la production à mettre en œuvre serait la pisciculture dans des étangs. En effet vu de la vocation de la zone, la pisciculture y est à encourager : élevage de tilapia (*nilotica* et *auria*), de silures (*hétérobranchus* et *clarias*) voire d'espèces à croissance rapide telles Congo-ya-Sika très appréciées des populations.
- Production des champignons comestibles tels les pleurotes en caisses ou en sacs dans différents sites en valorisant l'abondante biomasse disponible.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'étudier la situation phytosanitaire des exploitations agricoles (culture de manioc) autour des zones pétrolières de Bondi et de Tchiamba-Nzassi dans le département du Kouilou. Sur la base des observations, d'enquêtes et de mensurations, il a été recherché les maladies sévissant sur les cultures ainsi que les causes de leur prolifération.

Les sols des localités visitées sont ferrallitiques et fortement désaturés. Ses principales caractéristiques sont : une pente de 14 %, une texture sableuse (82 % de sable), une forte acidité (pH eau 5,2 unités), une teneur moyenne en matière organique 1,2 %, une très faible teneur en azote 0,06 %, en phosphore (0,03 %) et en bases échangeables (2,7 méq/100g). Par ailleurs, ces sols sont profonds, de couleur peu foncée avec une activité biologique peu intense.

Toutefois, l'abondance de sable, le pH acide, les faibles taux de carbone, d'azote, de phosphore, de bases échangeables, la faible capacité d'échange cationique, la forte désaturation, la faible abondance des organismes sont des contraintes agricoles identifiées. La situation décrite est aggravée par les mauvaises itinéraires techniques mises en œuvre par les agriculteurs : absence notoire de fertilisation des cultures, champs enherbés, mauvaises associations culturales. Au risque d'un épuisement précoce de sols des différents sites, opter pour des itinéraires techniques appropriées telles les apports réguliers et conséquents de calcaire et de matière organique, le respect des régimes de fertilisation de cultures, les rotations culturales intégrant de légumineuses, techniques de lutte contre l'érosion ...

L'enquête menée montre une forte pression sanitaire sur les variétés de manioc cultivées ; seulement 14 % de pieds de manioc observés sont apparemment indemnes de maladies. Par ailleurs, les boutures utilisées par les agriculteurs comme matériel de plantation dans la zone d'étude proviennent principalement d'un champ précédent et des voisins. De plus, les enquêtés tiennent peu compte de l'état phytosanitaire du champ de provenance des boutures. L'incidence élevée des maladies associée à la propagation par bouturage non contrôlée du manioc est de nature à contribuer à l'augmentation des maladies dans la zone et représente un danger du point de vue de la sécurité alimentaire. Des mesures doivent être prises à cet effet pour vulgariser des variétés résistantes ou tolérantes et des techniques visant à réduire l'incidence des maladies ...

L'analyse de l'air met en évidence une contamination élevée dans la zone en hydrocarbures et en produits dérivés, dépassant largement les seuils réglementaires. Cette situation observée dans les villages étudiés est préjudiciable sur la santé humaine et l'activité agricole ; elle serait la conséquence des retombées du torchage permanent des gaz de pétrole.

La contamination du milieu (sol, air et eau) par les hydrocarbures et leurs dérivés a plusieurs conséquences : dégradation de la fertilité des sols, contamination des eaux souterraines, perturbation des écosystèmes terrestres et risques sanitaires pour les populations exposées. Caractérisés par une texture sableuse, une forte perméabilité, une faible teneur en matière organique et une faible capacité d'échange cationique, les sols de la zone d'étude sont vulnérables à la pollution pétrolière. Ce qui justifie la mise en œuvre de mesures rigoureuses de surveillance et de remédiation, la mise en œuvre de cultures et activités alternatives adaptées à la zone.

Il sied de rappeler que les agriculteurs de la zone sont peu instruits et bénéficient de très peu de formations relatives à l'activité agricole entreprise. Il s'avère crucial de proposer un encadrement efficace aux agriculteurs sur : la gestion durable des terres, la sélection du matériel de plantation, l'identification des maladies et leur gestion au champ, la multiplication rapide des boutures saines...

En résumé, la prolifération des maladies et des ravageurs, la baisse des rendements observée résulterait de la combinaison de facteurs tels la faible fertilité naturelle du sol, certaines mauvaises pratiques agricoles (mode d'obtention des boutures, absence de fertilisation...) et surtout la forte concentration d'hydrocarbures dans le milieu (sol, air). En effet, en présence de polluants issus du pétrole et poussant sur sols pauvres, les cultures subissent un stress les rendant plus vulnérables aux maladies et aux ravageurs, entraînant de mauvaises croissance et de faibles rendements.

BIBLIOGRAPHIE

- Bakelana, Z.; Legg, J. P.; Lema, K. M.; Hauser, S.; Mahungu, N. M. 2012. Les facteurs déterminant l'abondance du vecteur mouche blanche (*Bemisia tabaci*, Homoptera : Aleyrodidae) et les types des virus distribués sur le manioc en R.D. Congo.
- Boyer J. 1982. Les sols ferralitiques : facteurs de fertilité et utilisation des sols. Initiation – documentations techniques n° 52, ed. ORSTOM Paris. 384 p.
- CERAPE-SOFRECO, 2012. Etude du Secteur Agricole, République du Congo. Plan de développement du Secteur Agricole – PDSA National. Brazzaville, 135 p.
- El-Sharkawy M.A. 2004. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology*, 56: 481-501.
- Landon J.R. 1991. Booker Tropical Soil Manual, A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Paperback, Longman, Booker Tate limited, Oxon, Royaume-Uni ; 474 p.
- Legg, J. P., Owor, B., Sseruwagi, P., & Ndunguru, J. (2006). Cassava mosaic virus disease in East and Central Africa: Epidemiology and management of a regional pandemic. In *Advances in virus research* (Vol. 67, pp. 355–418).
- Massamba J. et Trèche S. 1995. La consommation du manioc au Congo. In : *Transformation Alimentaire du Manioc*. T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd), ORSTOM, 85-92.
- Msikita, W.; James, B.; Nnodu, E.; Legg, J.; Wydra, K.; Ogbe, F. 2000. Lutte contre les maladies du manioc. 15 p.
- Sanginga N. & Woomer P.L. 2009. Integrated soil fertility management in Africa: principles, practices, and developmental processes. TSBF-CIAT and FORMAT, Nairobi, 263 p.
- Sys C., Ranst Van E., Debaveye J., 1991. Land evaluation, part II methods in land evaluation, Agricultural publications-N°7, General Administration for Development Cooperation. Brussels-Belgium, 254 p.
- Sys C., Ranst Van E., Debaveye J., Beernaert F., 1993. Land evaluation, part III crop requirements, Agricultural publications-N°7, General Administration for Development Cooperation. Brussels-Belgium, 199 p.
- Vennetier P. 1977. Atlas de la République Populaire du Congo. Edition Jeune Afrique, Paris, 63 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire soumis aux riverains de site

✓ Profil de l'exploitant

Nom et prénom..... Niveau
d'instruction.....
Année du début d'exploitation
Formations agricoles
reçues.....
.....

✓ Itinéraires techniques

Précédents
culturels.....
Age du champ.....Superficie cultivée
Sarclage.....
...
Fertilisation.....
.
Traitements
phytosanitaires.....
Association
culturels.....
Rotation
culturels.....

✓ Variétés cultivées

Nom Origine.....
Etat sanitaire du champ d'origine.....Rendement
courant.....

✓ Disponibilité d'autres facteurs agricoles

Fertilisants (amendements et engrais) :..... Mécanisation
.....
Main d'œuvre.....

Annexe 2 : Fiche des observations sur le terrain

✓ Description du site

Coordonnées GPS.....
Relief.....
Intensité de la pente..... En savane ou en forêt.....
Présence éventuelle de pollutions (traces d'huiles, boues de forage...) :
.....
.....

✓ Appréciation de la fertilité du sol

Éléments grossiers (diamètre > 2 cm)Couleur du sol.....
Texture.....
Structure.....
Abondance de la vie du sol (vers de terre, termites, escargots ...).
Traces d'érosion :.....
.....
Drainage.....
Profondeur :.....
Adventices dominantes.....
Stratégies mises en œuvre dans la gestion de la fertilité du sol.....
.....
Solutions proposées pour lutter contre la baisse de la fertilité du sol.....
.....

✓ Etat sanitaire

Maladie identifiée..... Période de prolifération de la maladie
.....
Incidence
Sévérité.....
Année d'apparition de la maladieFréquence de la maladie.....
Stratégies mises en œuvre dans la gestion des maladies des cultures.....
.....
Solutions proposées pour lutter contre la prolifération des maladies.....
.....

✓ Croissance et production

Hauteur de la tige.....Circonférence de la tige à la base
.....
Masse de tubercules par tige.....Nombre de tubercules par tige.....
Longueur de tubercule.....

✓ **Visite des sources de pollution**

Coordonnées GPS.....

Nature (torchère, site d'épandage d'hydrocarbures, pipeline...)

Ancienneté..... Importance.....Produit déversé.....

Présence de signe de pollutions (traces d'huiles, boues de forage...)

Activités menées à proximité du site et distance.....

Méthode d'atténuation mise en œuvre.....

Annexe 3 : Photographies illustrant certaines activités menées sur le terrain



Photo 1 : Manioc planté sur sol à dominance sableux



Photo 2 : Termitières rencontrée sur un site



Photo 3 : Plants de maïs associés au manioc



Photo 4 : Fort enherbement de la culture du manioc



Photo 5 : Plant de manioc présentant de symptômes de mosaïque



Photo 6 : Plant de manioc présentant de symptômes de pourridies



Photo 7 : Mensuration de la circonférence d'une tige



Photo 8 : Mensuration de la longueur d'un tubercule



Photo 9 : Panache d'une torchère



Photo 10 : Prélèvement de sol à l'aide d'une tarière



Photo 11 : Prélèvement de l'eau de surface



Photo 12 : Installation de l'appareil de suivi de la qualité de l'air

Annexe 4 : Composition des échantillons de sols prélevés sur le terrain



ZONE DE RECHERCHE DE POINTE-NOIRE
LABORATOIRE DE CHIMIE ANALYTIQUE
CITE SCIENTIFIQUE DE POINTE-NOIRE

25, avenue Edouard RENARD (Mvumvou – Base Agip) Tel : 06 673 30 18

BULLETIN D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Nature et nombre d'échantillon : 11 échantillons de sols

Analyses demandées : pH eau, pH KCl, carbone, azote, phosphore, calcium, magnésium, sodium, potassium, CEC et granulométrie.

Demandeur : CARITAS

Référence échantillon	pH Eau	pH KCl	Carbone (%)	Azote (%)	Phosphore (%)	Calcium (mé/100)	Magnésium (mé/100)	Potassium (mé/100)	Sodium (mé/100)	CEC (mé/100)
01 LOEME	4,96	3,90	0,47	0,05	0,007	0,20	0,16	0,43	0,08	2,93
02 MBOUBISSI	5,37	3,92	0,52	0,06	0,005	0,80	0,40	0,46	0,72	4,25
03 BANGA CAYO	5,76	5,10	0,84	0,07	0,023	2,40	1,00	0,45	0,68	4,50
04 MBOUKOU	5,13	3,91	1,23	0,09	0,063	1,20	0,60	0,64	0,72	10,38
05 MALELE	5,36	4,82	0,57	0,06	0,005	2,40	0,08	0,21	0,74	4,14
06 TOTO SIALA	4,92	3,89	0,48	0,06	0,006	1,00	0,60	0,43	0,09	3,58
07 DJENO	5,92	4,88	0,75	0,05	0,011	2,60	1,39	0,39	0,73	5,95
08 TCHICANOU	4,80	3,73	1,21	0,08	0,15	1,00	0,80	0,63	0,60	9,44
09 TCHISSINDI	5,50	4,60	0,49	0,06	0,010	1,20	0,40	0,47	0,10	3,06
10 TCHIKOULOU	5,15	3,84	0,48	0,04	0,007	0,60	0,80	0,38	0,06	2,38
11 TCHIBOUSSI	5,48	4,25	0,43	0,04	0,009	1,20	0,40	0,21	0,72	3,03

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Référence échantillon	MO (%)	HCT (%)
01 LOEME	0,80	0,00
02 MBOUBISSI	0,90	0,00
03 BANGA CAYO	1,44	0,00
04 MBOUKOU	2,12	0,00
05 MALELE	0,98	0,00
06 TOTO SIALA	0,82	0,00
07 DJENO	1,30	0,00
08 TCHICANOU	2,08	0,00
09 TCHISSINDI	0,84	0,00
10 TCHIKOULOU	0,83	0,00
11 TCHIBOUSSI	0,73	0,00

Réf. échantillon	Arg (%)	LF (%)	LG (%)	SF (%)	SG (%)	Total (%)
01 LOEME	8,39	2,47	1,16	43,51	44,47	100,00
02 MBOUBISSI	16,29	3,95	2,55	47,11	30,11	100,00
03 BANGA CAYO	9,88	2,47	2,91	42,66	42,08	100,00
04 MBOUKOU	22,10	2,51	4,35	43,33	27,71	100,00
05 MALELE	6,40	3,94	1,61	49,75	38,30	100,00
06 TOTO SIALA	7,86	2,95	1,22	38,02	49,95	100,00
07 DJENO	4,56	2,53	5,42	59,13	28,36	100,00
08 TCHICANOU	21,21	6,06	5,62	36,84	30,27	100,00
09 TCHISSINDI	9,40	0,99	2,24	35,42	51,95	100,00
10 TCHIKOULOU	7,92	2,48	1,89	49,26	38,45	100,00
11 TCHIBOUSSI	5,93	0,49	1,39	51,76	40,42	100,00



Méthodes analytiques	pH eau et KCl	Carbone	Azote	Phosphore assimilable	Calcium magnésium échangeables	Potassium et sodium échangeables	Hydrocarbures totaux	CEC
	Méthode électrométrique	Dosage par Walkley et Black	Dosage par Kjeldahl	Par BRAY, puis colorimétrie réactif de Murphy et Riley	Par complexométrie avec EDTA	Par spectrométrie à flamme	Par la méthode de sashlet	Par saturation au CaCl_2 puis KNO_3 et complexométrie avec EDTA

Fait à Pointe-Noire, le 09 juin 2026

Le responsable du laboratoire

Séraphin SITA

