



COMMISSION JUSTICE & PAIX

Depuis 1997 - Pointe Noire



INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE FORESTIERE
ZONE DE RECHERCHE DE POINTE NOIRE

Severin Kevin Romaric M'BAKI

Détenteur d'un Master Recherche en sciences agronomiques

Doctorant en Pédagogie

Téléphone : +242 066323371/065236810

Email : severin_romaric@yahoo.fr / gbasstytche@gmail.com



RAPPORT D'EXPERTISE SUR L'ETAT PHYTOSANITAIRE DES FRUITIERS DANS LES DIFFERENTS VILLAGES AVOISINANTS, LES ZONES D'EXPLOITATION PETROLIERE DANS LE DEPARTEMENT DU KOUILOU



Mai 2026



**TERRE
SOLIDAIRE**
Soyons les forces du changement

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 Tchiamba Nzassi. 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 impacte négativement les droits humains, notamment le droit à l'alimentation ainsi que le droit à la santé.

¹Décret 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.

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 brulage 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

INTRODUCTION

Depuis la fin du XIX^{ème} siècle, le secteur industriel s'est développé sans se préoccuper des rejets d'éléments toxiques dans les sols. De fait, le sol a été longtemps considéré comme une ressource renouvelable, voire même inépuisable à l'échelle des générations humaines, capable de recevoir sans conséquence les rejets de nos activités. On sait maintenant que les sols sont un équilibre fragile et vulnérable. Aujourd'hui, il est menacé par le lourd héritage du passé et par l'extension des surfaces consacrées au développement industriel.

Ils sont souvent négligés dans les débats environnementaux, pourtant ils jouent un rôle essentiel dans notre écosystème. Filtrant l'eau, stockant le carbone, soutenant la biodiversité et permettant la production alimentaire. Cependant, la pollution des sols menace aujourd'hui ces fonctions vitales. L'analyse de sol est une étape clé pour identifier ces pollutions, mesurer leur ampleur et mettre en place des solutions adaptées.

Certains polluants présents dans les sols peuvent migrer vers les nappes d'eau souterraine ou être absorbés par les plantes que nous consommons.

Le problème des sols contaminés est aujourd'hui très préoccupant pour les pays émergents. Ces impacts sont dévastateurs et souvent irréversibles sur les arbres, affectant leur croissance, leur productivité et leur survie. Les effets se manifestent tant au niveau aérien (fumées, chaleur) qu'au niveau du sol (contamination du système racinaire). Les métaux lourds tels que le plomb, le cadmium, le cuivre, le zinc et le mercure, ne peuvent pas être biodégradés et donc persistent dans l'environnement pendant de longues périodes.

De plus ils sont continuellement rajoutés dans les sols par diverses activités. Leur accumulation dans l'environnement se répercute sur les populations bactériennes ce qui n'est pas sans conséquence sur le fonctionnement de l'écosystème. Dans les études environnementales, le terme est souvent associé au qualificatif de toxique en omettant de signaler qu'en faibles concentrations certains métaux lourds sont des nutriments indispensables pour le vivant.

Ils sont naturellement présents dans les sols en faibles quantités et en partie libérés lors de l'altération de la roche mère et constituant le pool endogène. Un second pool, plus ou moins important selon la situation géographique est issu d'apports exogènes provenant principalement de l'activité humaine (émis par l'activité industrielle, les moyens de transport et amené par voie atmosphérique, ou localement de façon ponctuelle par les déchets contaminés).

La pollution atmosphérique résulte principalement du torchage des gaz, qui libère des grandes quantités de gaz à effet de serre (GES) et d'autres polluants dans l'atmosphère. Selon la Banque mondiale, le torchage du gaz contribue au changement climatique en libérant du dioxyde de carbone (CO₂) et du méthane (CH₄), deux puissants GES. Le processus de combustion émet également du dioxyde de soufre (SO₂), des oxydes d'azote (NO_x) et d'autres particules.

Un sol contaminé affecte toute la chaîne alimentaire en nuisant à la faune et à la flore, en perturbant les cycles naturels et en entraînant la perte de la biodiversité. La contamination du sol par les déversements d'hydrocarbures entraîne des modifications de la chimie du sol qui peuvent inhiber la croissance des plantes. A cet effet, les hydrocarbures présents dans le pétrole brut peuvent perturber les communautés microbiennes essentielles au cycle des nutriments dans les sols (Akan *et al.*, 2015). Les sols contaminés présentent souvent des niveaux de fertilité réduits en raison de la présence de substances toxiques qui entravent le développement des plantes. Les agriculteurs peuvent avoir de plus en plus de mal à cultiver des cultures traditionnelles car leurs terres perdent leurs viabilités pour l'agriculture.

Au Congo et particulièrement dans le Kouilou, les habitants des villages environnants les zones d'exploitations pétrolières se plaignent depuis un certain moment de la baisse des rendements des fruitiers qui poussent dans leurs vergers et jardins de case, car, les végétaux qui poussent

dans les zones d'exploitation pétrolière sont souvent exposés à des pollutions dues, au déversement des hydrocarbures au sol et aux émanations atmosphériques des torchères, libérant du NO₂ et SO₂. Les phénomènes suivants ont été indiqués :

- ◆ sécheresse des arbres des fruitiers (dieback) ;
- ◆ phénomènes de coulure des fleurs et fruits ;
- ◆ présence des tâches noires sur les feuilles et fruits des avocats;
- ◆ pourriture sèche et molle des fruits, en majorité des avocats, mangues et safous, ainsi que les corosses et goyaves ;
- ◆ la momification des fruits d'avocatier et safoutier sur les arbres ;
- ◆ changement de la couleur et de la texture du péricarpe des fruits du safou (couleur beige et texture rugueuse) ;
- ◆ feutrage de couleur marronne ou noire sur les feuilles.

A cet effet, le but de cette étude est de mener une expertise sur l'état phytosanitaire des fruitiers dans les villages qui se situent autour des zones d'exploitation pétrolière dans le département du Kouilou, en procédant à divers types d'analyses du sol et végétaux, afin d'en déceler les causes.

Au regard de cela, l'étude concerne spécifiquement à :

- ◆ identifier les maladies qui ravagent les différents fruitiers des villages concernés, ainsi que les causes de leur propagation ;
- ◆ déterminer les paramètres morphologiques, des sols ;
- ◆ évaluer le niveau de fertilité du sol, à travers l'analyse physico-chimique du sol ;
- ◆ évaluer le niveau de pollution du sol en déterminant les présences probables des ETM, Hydrocarbures totaux et Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dans le sol ;
- ◆ évaluer le niveau de pollution des plantes, à travers l'analyse chimique des feuilles des plantes représentatives dans les villages, en vérifiant la présence probable du dioxyde d'azote (NO₂) et dioxyde de soufre (SO₂).

2. Matériel et Méthodes

Lors des descentes de terrain, réalisées du 15 au 22 mai 2026 par l'expert, accompagné de son assistant et de quelques membres de la Commission Justice et Paix, des observations ont été faites sur les principaux arbres fruitiers pour déceler les maladies qui les ravagent, à partir des symptômes observés.

Matériel

GPS, clinomètre, tarière, pelle, machette, pioche, mètre, seau plastique, sacs de congélation, couteau, sac à dos, appareil photo, crayons, stylos, bloc-notes.

2.2. Zones d'étude

L'étude a été menée dans onze villages environnants les zones d'exploitation pétrolière de Bondi, Djeno et Banga-cayo (Figure 1). Tous ces villages sont entourés d'une ou plusieurs torchères pour le brûlage de gaz en excès. Il s'agit des villages de :

- ◆ **Tchimbouissi**, situé à 3 kilomètres d'une torchère du site de production de Bondi, disposant d'une population d'environ 183 personnes, majoritairement peuplée des femmes, vivant de la production de charbon et de l'agriculture ;
- ◆ **Ntoto-Siala**, situé sur la route nationale aux environs du site de Bondi, disposant d'une population de 700 habitants et vivant de l'agriculture ;
- ◆ **Tchicanou**, situé sur la route nationale, après le village de Bondi, entouré de 7 torchères des plateformes en production ;
- ◆ **Mbougou**, situé entre les villages de Tchicanou et Bondi, avec une population de 2562 habitants, vivant de l'agriculture, précisément de la culture du safoutier ;
- ◆ **Malele**, situé sur la route nationale, après le village de Ntoto-Siala, avec une population d'environ 972 habitants ;

- ♦ **Tchikoulou**, situé après le village de Tchimbouissi, en allant vers le site de production de Bondi, avec une population de 565 habitants, vivant de la production de charbon et agriculture ;
- ♦ **Mboubissi**, situé après le village de la Loemé, avec une population de 3834 habitants, vivant de l'exploitation du gravier et de l'agriculture ;
- ♦ **Loemé**, situé sur la route de Mboubissi, après les villages de Mboukou et Tchitondi, sa population est de 1219 habitants, vivant en partie de l'agriculture ;
- ♦ **Djeno**, Situé sur la route de la frontière du Cabinda, après côte Mateve non loin du terminal pétrolier. La population est de 6000 habitants, vivant de l'agriculture, de la pêche et de l'élevage ;
- ♦ **Banga-Cayo**, situé vers la frontière du Cabinda, après le village de Tandou-Ngoma, dans les sites de production pétrolière de la société Wing Wah ;
- ♦ **Tchissindi**, situé après le village de Banga cayo, non loin des sites de production de gaz de Wing-Wah, entouré de plusieurs torchères. La population est de 300 habitants, vivant des jardins de case constitués principalement des cultures d'avocatier, manguiers et safoutiers.

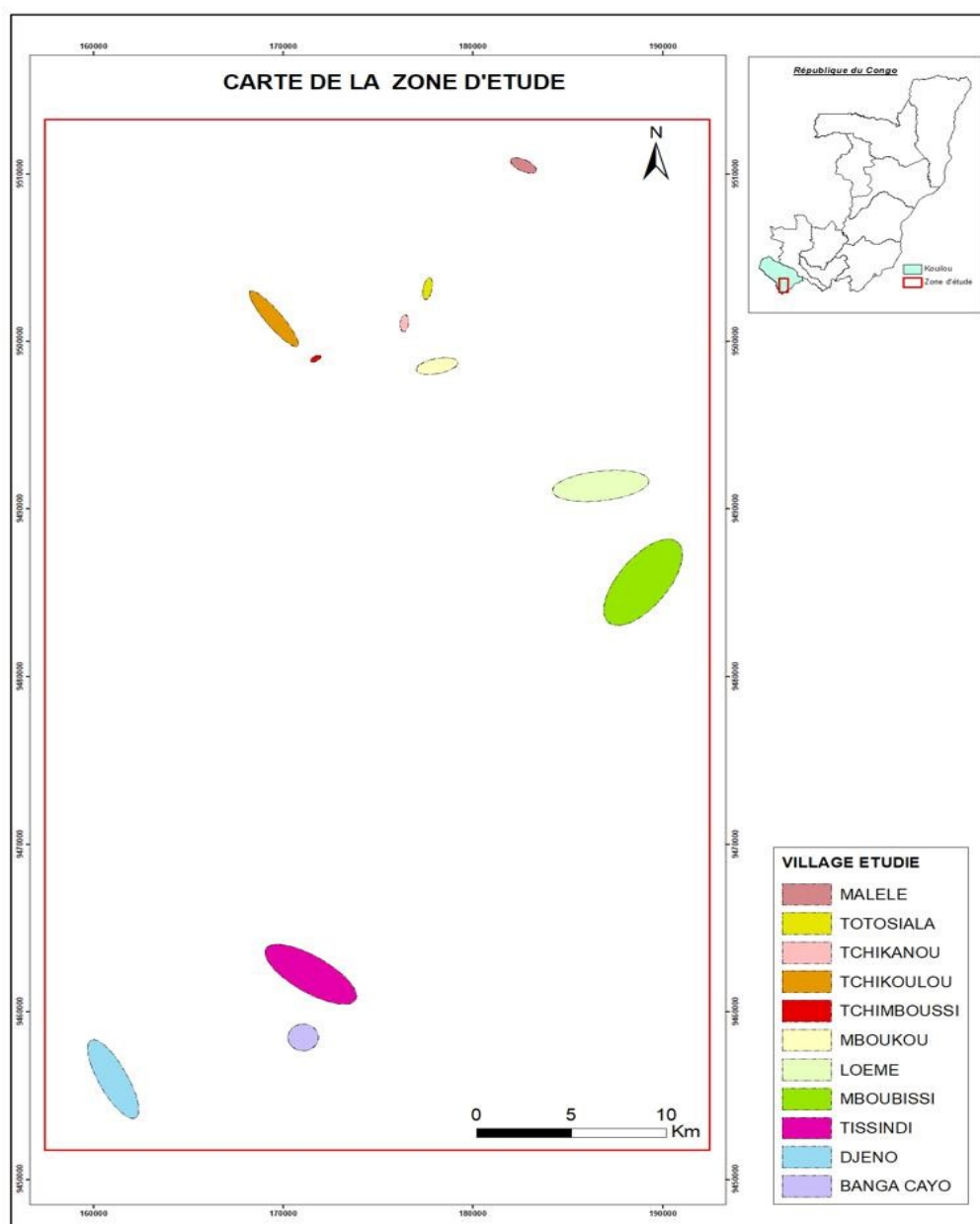


Figure 1 : carte de la zone d'étude dans le Kouilou

2.3. Prélèvement des échantillons de sol

Avant le prélèvement des échantillons, cinq mini fosses pédologiques de 50 cm² et une profondeur de 60 cm ont été creusés dans chaque village, en prenant leur emplacement géographique à l'aide d'un GPS. Après une description morphologique du profil pédologique, les échantillons de sol ont été prélevés dans la fosse et autour de la fosse à l'aide d'une tarière hélicoïdale à 20 cm, puis mis dans les sacs de congélation pour conservation. Au total cinq (05) échantillons de sol ont été prélevés dans la fosse et autour de la fosse à l'aide d'une tarière hélicoïdale à 20 cm, puis mis dans les sacs de congélation pour conservation. Au total cinq (05) échantillons de sol ont été prélevés dans les fosses et 25 échantillons prélevés à l'aide de la tarière par village a été obtenu. Ensuite les échantillons de sol de chaque village ont été mélangés pour former un échantillon composite, donnant un total de onze (11) échantillons de sol composites pour les analyses de laboratoire.



2.4. Prélèvement des échantillons des feuilles

Les échantillons des feuilles de trois espèces des fruitiers les plus répandues dans les villages de la zone d'étude à savoir : manguiers, avocats et safoutiers ont été prélevés aux environs de chaque fosse pédologique sur l'arbre, en mélangeant les vieilles feuilles et les plus jeunes. Ces échantillons ont été conservés dans les sacs plastiques, ensuite les feuilles ont été mélangées par espèce, afin d'obtenir les échantillons composites. Donnant aussi, un échantillon composite par espèce et par village. Au total onze échantillons (11) composites par espèce ont été obtenus.

2.5. Analyses de laboratoire

Différentes analyses physico-chimiques ont été réalisées, Les méthodes utilisées pour les analyses physico-chimiques sont illustrées en annexe de ces analyses faites par les laboratoires de l'IRSEN et AMTECH Expertises :

2.5.1. Sol

- Différentes analyses ont été faites à savoir : Mesure du **pH eau** et **pH KCl**, **carbone**, **azote**, **phosphore assimilable**, **bases échangeables**, **CEC** et **granulométries**.
- Les teneurs en **matières organiques**, ainsi que le rapport **C/N** ont été calculés.
- Dosage des **métaux lourds**
- Dosage des **HTC** et **HAP**

2.5.2. Feuilles

Dosage du dioxyde de soufre (SO_2) et dioxyde d'azote (NO_2). Les teneurs de dioxyde d'azote et de soufre ne se mesurent pas comme des concentrations accumulées dans les feuilles mais par un niveau critique dans l'air, car ils se métabolisent rapidement, une fois absorbé par les stomates. Par contre des méthodes internes du laboratoire AMTECH ont été utilisées afin d'obtenir les doses de ces éléments directement au laboratoire (réf. Doc. annexe).

3. Interprétation des résultats

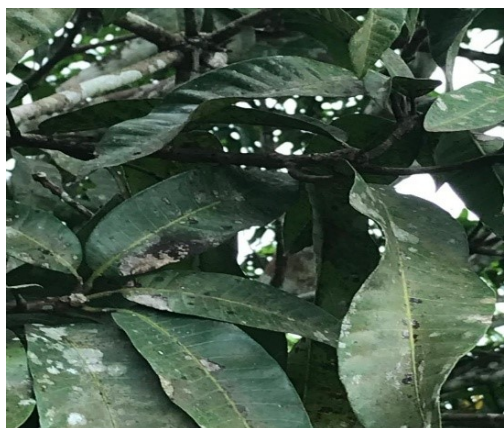
3.1. Maladies observées sur les fruitiers

- ♦ **Anthraxnose** : sur les manguiers, safoutiers et avocatier. Cette maladie est causée par un champignon (*Colletotrichum gloeosporioides*), provoquant des taches nécrotiques sur les feuilles, jeunes pousses, tiges et fruits qui s'étendent rapidement, en développant des zones enfoncées et décolorées. Cause d'une chute prématurée des fruits et des feuilles.

Il affecte énormément la productivité et la qualité des fruits. Ce champignon est favorisé par les pluies répétées et une humidité relative supérieure à 80%, ainsi que des températures chaudes constantes, oscillant entre 25 °C et 30 °C, qui accélèrent la production et la germination des spores, donc le cycle de développement du champignon.



- ♦ **Fumagine** : est une maladie cryptogamique provoquée par un champignon (*Capnodium* ou *Fumago*), donnant un aspect noirâtre sur les feuilles des plantes. Ce champignon ne s'attaque pas directement à l'arbre, mais se développe exclusivement sur le miellat des feuilles, une substance sucrée rejetée par les insectes piqueurs-suceurs, empêchant, ainsi la plante à réaliser correctement la photosynthèse.



- ♦ **Gale des fruits du safoutier** : cette maladie commence par une tâche brune en dépression, par la suite, les tissus adjacents se ramollissent, entraînant un affaissement de l'épiderme. Elle détériore la qualité des fruits en laissant des dépressions galeuses sur eux.



- ♦ **Pourriture et momification des fruits** : Elles sont causées principalement par des maladies cryptogamiques, favorisées par la chaleur et la forte humidité des tropiques, se propageant pendant la germination des spores sur les fruits mûrs ou par des lésions de la peau. Les fruits infectés et séchés, accrochés aux branches (les momies) abritent le champignon, de cette manière, pendant la saison des pluies, ces momies libèrent des spores qui, ensuite, contaminent les nouvelles fleurs et les fruits sains.



- ♦ **Dépérissement des plantes (dieback)** : C'est une maladie ou un état de stress végétal, caractérisé par la chlorose des feuilles, leur chute, l'amincissement de la canopée et la mort progressive de la plante, commençant généralement par les extrémités des branches, rameaux ou des racines et progressant vers l'intérieur de la plante. Il peut être provoqué par un stress hydrique, des champignons du sol ou une carence nutritive.



3.2. Caractéristiques morphologiques des sols

3.2.1. Village Tchimbouissi

La pente dans ce village varie entre 1 et 5%, avec la présence d'un horizon organique Ho, pourvue des feuilles mortes non décomposées et visibles, ainsi que de deux horizons H1 et H2 d'épaisseurs variables, respectivement, peu compact à compact. La couleur est brun jaunâtre foncé en surface et brun en profondeur. Les racines sont abondantes, régulières et fines à grosses en surface et profondeur, les activités biologiques sont peu nombreuses (présence de quelques fourmis et autres insectes).

3.2.2. Village Ntoto-Siala

La pente dans ce village varie entre 2 et 10 %, constitué d'un horizon organique Ho, avec peu de litière non décomposée, ainsi que de deux horizons H1 et H2 minéraux d'épaisseurs variables, peu compact et humide. La couleur est brun jaunâtre foncé en surface et brun jaunâtre en profondeur. Les racines sont abondantes, régulières et fines à grosses en surface et profondeur, les activités biologiques sont nombreuses, marquées par la présence des fourmis, grillons et larves des scarabées.

3.2.3. Village Tchicanou

La pente varie entre 1 et 15 %, l'horizon organique Ho est constitué des feuilles mortes non décomposées, avec peu de litière non décomposée, suivi de deux horizons H1 et H2 minéraux d'épaisseurs variables, peu compact à compact et peu humide. La couleur est brun foncé en surface et brun jaunâtre en profondeur. Les racines sont peu abondantes, régulières, quelques fois irrégulières, fines à grosses en surface et profondeur, les activités biologiques sont peu nombreuses, marquées par la présence de quelques termites, fourmis et mille-pattes.

3.2.4. Village Malele

La pente varie entre 3 et 10 %, l'horizon organique Ho est constitué des chevelus racinaire, feuilles mortes et tiges non décomposées, suivi des horizons minéraux (H1, H2 et H3) d'épaisseurs variables, peu compact et humide. La couleur est brun foncé en surface et brun jaunâtre en profondeur. Les racines sont peu abondantes, régulières, fines à grosses, les activités biologiques sont quasi absentes, marquées par la présence de quelques fourmis.

3.2.5. Village Mboukou

La pente varie entre 3 et 15 %, l'horizon organique Ho est constitué des chevelus racinaire, feuilles mortes en décomposition et non décomposées, suivi des horizons minéraux (H1, H2 et H3) d'épaisseurs variables, peu compact à compact et humide. La couleur est brun foncé en surface et brun jaunâtre en profondeur. Les racines sont peu abondantes, quelques fois abondantes, régulières, fines à grosses, les activités biologiques sont peu abondantes, marquées par la présence de quelques fourmis et mille-pattes.

3.2.6. Village Tchikoulou

La pente varie entre 5 et 8 %, l'horizon organique Ho est constitué des feuilles mortes non décomposées, suivi des horizons minéraux (H1 et H2) d'épaisseurs variables, peu compact et humide. La couleur est brun foncé en surface et brun jaunâtre en profondeur. Les racines sont abondantes, régulières, fines à grosses, les activités biologiques sont peu abondantes, marquées par la présence de quelques fourmis et termites.

3.2.7. Village Mboubissi

La pente varie entre 5 et 34 %, l'horizon organique Ho est constitué des feuilles mortes non décomposées et décomposées, suivi des horizons minéraux (H1 et H2) d'épaisseurs variables, peu compact à compact et peu humide. La couleur est brune en surface et brun jaunâtre en profondeur. Les racines sont abondantes, régulières, fines à grosses, les activités biologiques sont peu abondantes, marquées par la présence des fourmis.

3.2.8. Village Loemé

La pente varie entre 5 et 14 %, l'horizon organique Ho est constitué des feuilles mortes non décomposées, suivi des horizons minéraux (H1 et H2) d'épaisseurs variables, peu compact et peu humide. La couleur est brun foncé en surface et brun jaunâtre en profondeur. Les racines sont abondantes, régulières, fines à grosses, les activités biologiques sont peu abondantes, marquées par la présence des fourmis, termites et criquets.

3.2.9. Village Djeno

La pente varie entre 1 et 15 %, l'horizon organique Ho est constitué des feuilles mortes non décomposées, suivi des horizons minéraux (H1 et H2) d'épaisseurs variables, meubles à peu compact et humide. La couleur est brun jaunâtre foncé en surface et brun jaunâtre en profondeur. Les racines sont abondantes, régulières et irrégulières, fines à grosses, les activités biologiques sont peu abondantes, marquées par la présence de quelques fourmis.

3.2.10. Village Banga-Cayo

La pente varie entre 3 et 10 %, l'horizon organique Ho est constitué des feuilles mortes non décomposées et décomposées, suivi des horizons minéraux (H1, H2 et H3) d'épaisseurs variables, peu compact à compact et peu humide. La couleur est brun jaunâtre foncé en surface et brun en profondeur. Les racines sont peu abondantes, régulières et irrégulières, fines à grosses, les activités biologiques sont peu abondantes, marquées par la présence de quelques fourmis et charbon enfoui.

3.2.11. village Tchissindi

La pente varie entre 3 et 15 %, l'horizon organique Ho est constitué des feuilles, pailles et tiges mortes non décomposées, suivi des horizons minéraux (H1, H2 et H3) d'épaisseurs variables, peu compact à compact et peu humide. La couleur est brun foncé en surface et brun jaunâtre foncé en profondeur. Les racines sont peu abondantes, régulières et irrégulières, fines à grosses, les activités biologiques sont peu abondantes, marquées par la présence de quelques fourmis, termites et charbon enfoui.

3.2. Caractéristiques Physico-chimiques

3.3.1. Sol

3.3.1.1. Granulométrie

La texture et les taux des différentes fractions minérales sont illustrées dans le tableau I. La texture des sols des villages de la zone d'étude est en majorité sableuse, exceptés, les villages de Tchicanou et Mboukou, qui ont présenté des textures limonoargilosableuse, ainsi que les villages de Mboubissi et Banga-cayo qui sont sablo-limoneux. Et le pourcentage de sable est supérieur à ceux d'argile et limon variant entre 66 et 92%, 5 et 22%, 2 et 12%, respectivement.

Tableau I : texture des sols

VILLAGES	ARGILE (%)	LIMON (%)	SABLE (%)	TEXTURE
Tchimbouissi	6	2	92	sableux
Ntoto-Siala	8	4	88	sableux
Tchicanou	22	12	66	Limonoargilosableux
Malele	6	6	88	sableux
Mboukou	22	7	71	Limonoargilosableux
Tchikoulou	8	4	88	sableux
Mboubissi	16	7	77	Sablo-limoneux
Loemé	8	4	88	sableux
Djeno	5	8	87	sableux
Banga-Cayo	10	5	85	Sablo-limoneux
Tchissindi	9,40	3,23	87,37	sableux

3.3.1.2. Réaction du sol

Les valeurs du pH eau varient entre 4,80 et 5,92 et celles du pH KCl varient entre 3,73 et 5,10 (Figure 2). Indiquant des sols acides dans tous les villages, car, inférieur à 6,5. Une réaction du sol acide empêche l'absorption des oligoéléments et peut conduire à une toxicité aluminique.

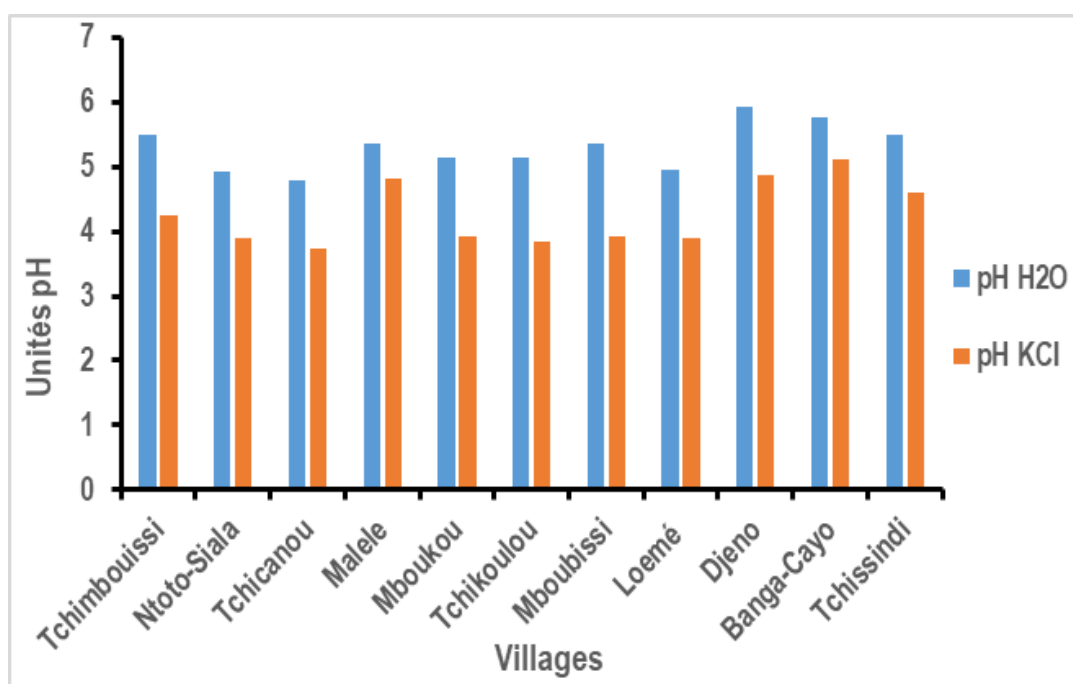


Figure 2 : unités du pH eau et KCl dans les villages d'étude

3.3.1.3. Matière organiques

Les teneurs en matière organique sont illustrées dans la Figure 3, ci-dessous. Elles varient entre 0,74 et 2,12%, indiquant des teneurs faibles à moyen dans le sol (Euroconsult, 1989). Les villages dont les teneurs sont inférieures à 1% sont juste au seuil de la carence, par contre celles entre 1 et 2% sont moyennement bonnes. Le sable retient très mal l'eau et les engrais. La matière organique joue le rôle d'éponge afin de fixer les nutriments et l'eau dans le sol, plus elle est élevée, plus le sol résiste à la sécheresse. Celles en azote varient entre 0,04 et 0,08% (voir, Annexe 2). Ces valeurs sont très faibles à faibles dans le sol, par contre pour un sol sableux, elles sont considérées normales.

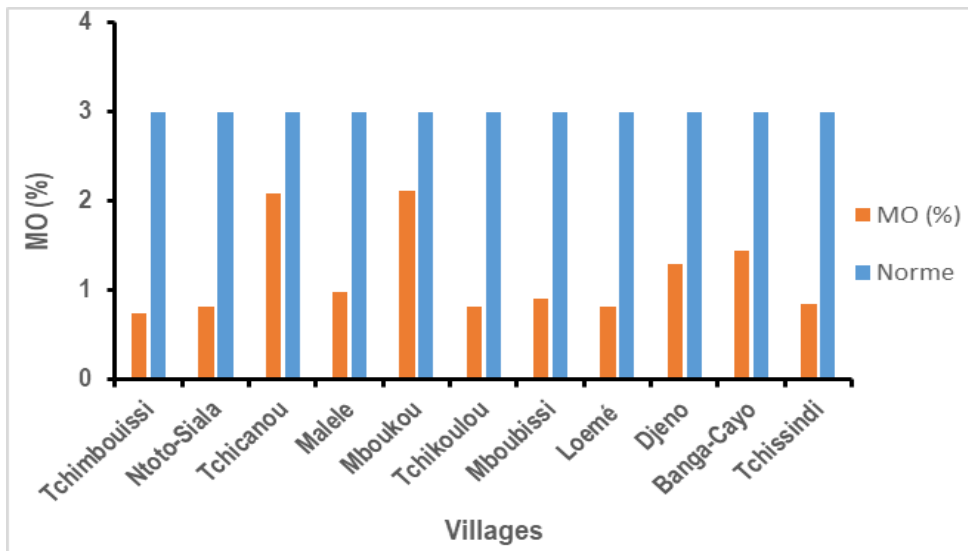


Figure 3 : teneurs en matière organiques dans les villages étudiés

3.3.1.4. Phosphore assimilable

Le taux de phosphore assimilable varie entre 0,005 et 0,15% (Figure 4), ce qui équivaut à 50 et 1500 mg/kg ou ppm, indiquant des taux excessifs pour la plupart des sols agricoles, car la fraction assimilable dépasse rarement 0,01% (100 mg/kg). Avec un seuil de 0,0002% (20 mg/kg). Le phosphore est peu mobile dans le sol des valeurs proches de 0,15%, indiquent une saturation en cet élément et peut bloquer l'absorption du fer.

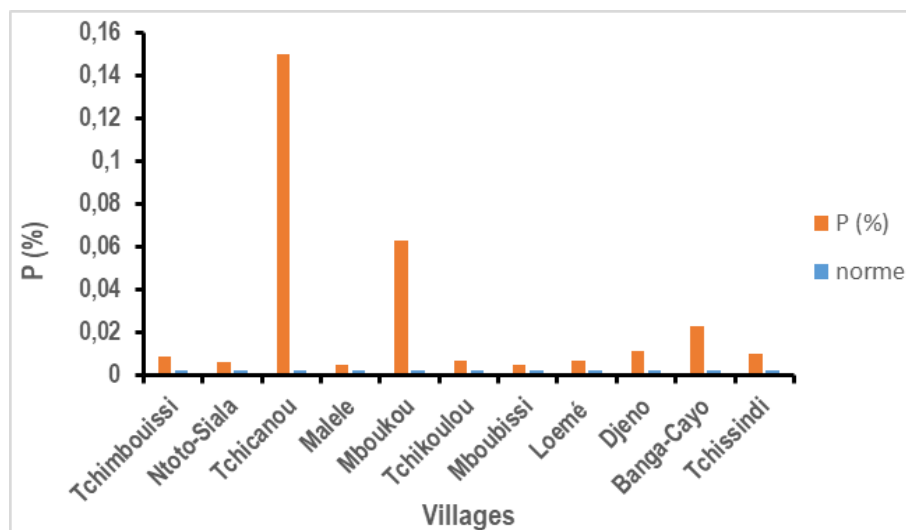


Figure 4 : teneurs en phosphore assimilable dans les villages étudiés

3.3.1.5. Somme des bases échangeables (S)

La somme des bases échangeables a varié entre 0,87 et 3,43 mé/100g de sol (Annexe 2), valeur inférieure à 5 mé/100g de sol et indique des valeurs très faibles. Cela est caractéristique des sols pauvres, souvent acides et sableux, typique des milieux fortement lessivés où le réservoir de fertilité chimique et de nutriment est très réduit.

3.3.1.6. La Capacité d'Echange Cationique (CEC)

La CEC, varie entre 3,03 et 10,38 mé/100 g de sol (Annexe 2), indiquant des valeurs majoritairement très faibles dans les sols des villages étudiés. Caractéristique des sols légers ou sableux à très faible réserve. Ce type de sol retient mal les nutriments et l'eau, nécessitant les apports fractionnés des fertilisants, bien que la valeur soit normale pour un sol sableux. Par contre elle indique une fertilité chimique médiocre.

3.3.1.7. Rapport C/N

Le rapport C/N, indique la qualité et la vitesse de décomposition de la matière organique dans le sol, les valeurs obtenues se situent entre 8 et 15 (Annexe 2). Indiquant une minéralisation normale et lente de la matière organique, ainsi qu'une bonne fourniture de l'azote assimilable pour la plante dans certains villages. Valeurs situées entre $8 \geq 12 > 15$.

3.3.1.8. Hydrocarbures totaux (HCT)

Les HCT, n'ont pas de seuil réglementaire précis, au Congo il n'existe pas de valeur limite dans le code environnemental, le seuil utilisé est celui de la France ou l'union européenne. Selon la norme Française (Tableau II), les concentrations obtenues dans notre zone d'étude sont illustrées dans la Figure 4. Ces concentrations ne compromettent pas les sols pour un usage agricole, car, la valeur la plus élevée a été obtenue à Ntoto Siala (12,20 mg/kg de matière sèche) et elle est inférieure au seuil limite qui varie entre 100 et 500 mg/kg de M.S.

Tableau II : Seuil de référence en France

Valeurs (mg/kg)	Interprétation
<50	Seuil le plus strict
100-500	Limite maximale d'acceptation
>500	Seuil caractérisant un impact anthropique

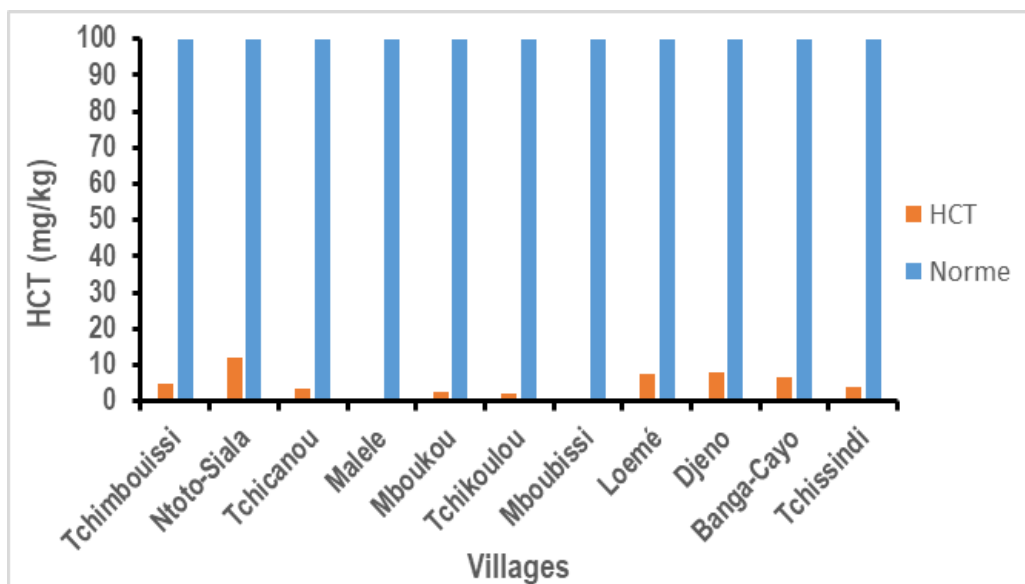


Figure 4 : teneurs de phosphore assimilable dans les villages étudiés

3.3.1.9. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les concentrations des HAP obtenues au laboratoire (Tableau III), sont inférieures à 0,05 mg/kg de M.S dans tous les villages, ce qui veut dire qu'il n'y a pas de pollution dans le sol. Une concentration des HAP inférieure à 0,05 mg/kg dans le sol n'est pas toxique pour les plantes, car, cette valeur est extrêmement faible, considérée comme niveau de fond ou seuil de détection pour des sols ordinaires ou ruraux.

Les effets toxiques directs sur les plantes apparaissent régulièrement à des concentrations supérieures, variant entre 30 mg/kg et plus de 2000 mg/kg de sol sec selon les composés. Ils sont très hydrophobes et s'adsorbent solidement sur la matière organique dans le sol, ce qui les rend inassimilables à l'absorption racinaire des plantes.

4.1.10. Métaux lourds ou ETM :

Souvent liés à l'activité industrielle ou au trafic routier, les métaux comme le plomb, le cadmium ou le mercure persistent dans l'environnement et peuvent être toxiques même à faible

dose. Le tableau III, illustre les valeurs des ETM des sols obtenus au laboratoire, montrant que les échantillons de sols de la plus grande partie des villages ne présentent pas des ETM à l'exception des villages de Tchicanou, Malele, Tchikoulou et Tchissindi où la présence du plomb, Chrome, cadmium et Nickel a été observée, mais avec des valeurs inférieures aux valeurs limites indicatives (voir tableau IV). Par contre la présence du cadmium même à des doses modérées peut être toxique dans les sols des villages de Malele, Tchikoulou et Tchissindi, car ces métaux lourds restent longtemps dans le sol et s'absorbent facilement par les plantes bien qu'inférieur à 2 mg/kg de M.S.

Le fer est l'un des éléments les plus abondants de la terre et représente quasi 5% du sol. Son évaluation se fait en fonction des seuils agronomiques. Il est le seul élément à avoir dans tous les villages des valeurs élevées, variant entre 1087,52 et 1321,21 mg/kg de matières sèches, valeurs se situant au-dessus de 800 ppm ou 800 mg/kg qui est le seuil agronomique, considéré comme risque de toxicité et pouvant bloquer l'absorption des autres oligoéléments comme le phosphore et le manganèse.

Cela est dû possiblement à l'acidité du sol qui libère des fortes quantités de fer au sol, que les plantes n'arrivent pas à absorber à cause des teneurs élevées en phosphore assimilable dans ces sols.

Tableau III : Concentration des ETM, HCT et HAP

VILLAGES	PARAMETRES ANALYSES								
	Cadmium (mg/kg)	Plomb (mg/kg)	Chrome (mg/kg)	Fer (mg/kg)	Nickel (mg/kg)	Mercure (mg/kg)	Aluminium (mg/kg)	HCT (mg/kg)	HAP (mg/kg)
Tchimbouissi	0	0	0	1278,51	0	0	0	4,89	<0,05
Ntoto-Siala	0	0	0	1258,84	0	0	0	12,20	<0,05
Tchicanou	0	7,09	0,71	1294,93	0	0	0	3,43	<0,05
Malele	0,45	0	0	1263,30	0,94	0	0	0	<0,05
Mboukou	0	0	0	1248,855	0	0	0	2,78	<0,05
Tchikoulou	1,26	0	0	1196,42	0	0	0	2,16	<0,05
Mboubissi	0	0	0	1177,85	0	0	0	0,44	<0,05
Loemé	0	0	0	1087,52	0	0	0	7,58	<0,05
Djeno	0	0	0	1120,77	0	0	0	8,20	<0,05
Banga-Cayo	0	0	0	1286,66	0	0	0	6,65	<0,05
Tchissindi	1,30	0	0	1321,21	0	0	0	3,88	<0,05

Élément Trace Métallique (ETM)	Sol à usage agricole (ex: épandage)	Seuil de risque (Usage sensible / résidentiel)
Plomb (Pb)	≤ 100 mg/kg	≤ 300 mg/kg
Cuivre (Cu)	≤ 100 mg/kg	≤ 100 mg/kg
Zinc (Zn)	≤ 300 mg/kg	≤ 500 mg/kg
Nickel (Ni)	≤ 50 mg/kg	≤ 50 mg/kg
Chrome (Cr)	≤ 150 mg/kg	≤ 120 mg/kg
Cadmium (Cd)	≤ 2 mg/kg	≤ 2 mg/kg
Mercure (Hg)	≤ 1 mg/kg	≤ 1 mg/kg

Tableau IV : valeurs limites indicatives courantes des ETM dans le sol

3.3.2. Feuilles

La figure 5, illustre le mécanisme du torchage comme méthode de combustion de gaz excessif

dans les sites d'exploitation pétrolière, dégageant de la chaleur et rejetant des sous-produits, source de la baisse de l'humidité du sol et des rendements agricoles. Ces gaz dégagés sont absorbés par les stomates des feuilles. Ainsi l'analyse de NOx et SO2 ont été réalisés.

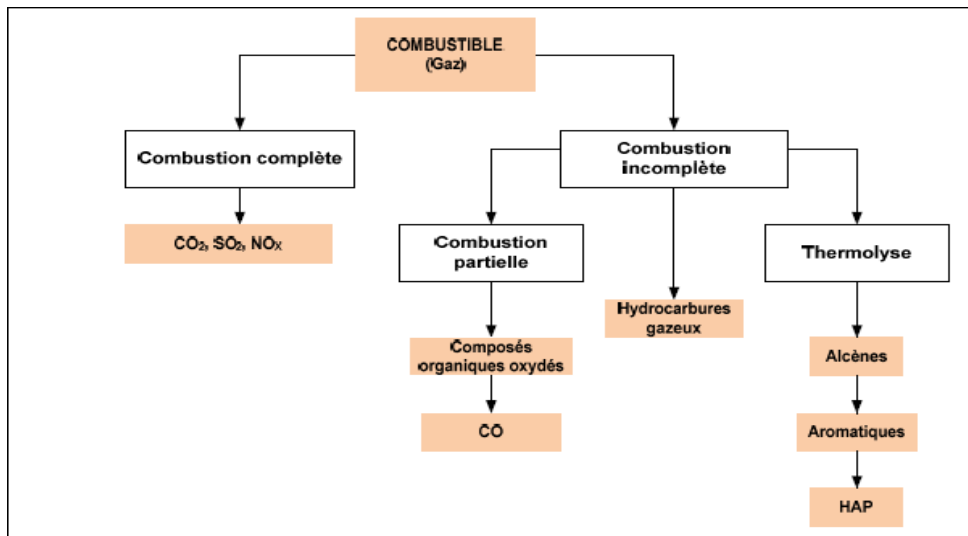


Figure 5 : schéma des composés libérés par les torchères

3.3.2.1. Dioxyde d'azote (NO2)

Le gaz NO2, une fois absorbé par les stomates des feuilles se transforme en ions nitrites (NO⁻²) et nitrates (NO⁻³), ou une exposition prolongée cause des dommages visibles (enroulement des feuilles en forme de cuillère vers le bas, tâches nécrotiques et chute prématuré des feuilles), avec des concentrations ne dépassant pas 3 à 4 % de matières sèches, soit 30000 à 40000 ppm.

3.3.2.2. Dioxyde de soufre (SO2)

Les teneurs normales de cet élément sont de 0,20 à 0,30 % ou 2000 à 3000 ppm et anormales entre 0,40 et 0,50 % ou 4000 et 5000 ppm de la matière sèche, en fonction des espèces et indiquant une saturation ou une exposition a des sources soufrées.

Les résultats de laboratoire illustrés dans le tableau V, montrent des valeurs de NO2 et SO2 dans les feuilles, bien qu'à des concentrations faibles, mais leur présence dans les feuilles, mets en évidence l'activité du brûlage des gaz par les torchères, souvent responsables des dégâts sur les plantes, dus aux pluies acides, en étant continuellement exposées à l'air ambiant dans les zones de brûlage de gaz.

VILLAGES	NO2 (ppm)			SO2 (ppm)		
	FRUITIERS (Feuilles)					
	Manguier	Avocatier	Safoutier	Manguier	Avocatier	Safoutier
Tchimbouissi	-1	4,0068	1,0388	-1	0	0,667
Ntoto-Siala	0	0,2226	0	0	0	-1
Tchicanou	0,2968	-0,5	0,5936	0	-3	0
Malele	0,4452	0,8904	0,371	2,001	0	-1
Mboukou	0,5194	0,8904	0,5794	1,334	1,334	0,667
Tchikoulou	0	0,4452	0,37	0	0,667	-1
Mboubissi	1,2614	0,742	0,2968	0	-1	2,668
Loemé	-0,1	0,8162	0,5936	-3	0	0
Djeno	0,5936	0,5936	0,6678	-1	0	-2
Banga-Cayo	0,5194	0,2968	0,4452	-1	0	-1
Tchissindi	0,742	0,742	0,2968	0	0	0

Tableau V : Teneurs en NO2 et SO2 dans les feuilles

Conclusion

Cette étude avait pour but de faire une expertise sur l'état des fruitiers de onze villages environnant les zones d'exploitation pétrolière de Bondi, Djeno et Banga-Cayo dans le département du Kouilou. Il ressort de cette étude que tous les principaux fruitiers observés sont attaqués par les mêmes maladies d'origine cryptogamique à savoir : l'anthraxose, la fumagine, dieback, pourriture du pédoncule de fruit, ainsi que des cas de coulure des fleurs et fruits.

Les zones fortement soumises au torchage subissent souvent d'importantes baisses de rendement agricole à cause de l'acidification des sols qui baisse sa fertilité et aussi crée des conditions favorables au développement des champignons qui profitent de la faiblesse des plantes due aux conditions extrêmes imposées par des températures élevées des zones de brûlage de gaz, en les attaquant et en réduisant considérablement leur productivité.

La fertilité des sols de ces villages est médiocre, suite aux résultats des analyses physico-chimiques obtenus, indiquant des sols en majorité de texture sableuse, avec des teneurs en matière organique faibles, mais appréciables pour ce type de texture, car elle nécessite des applications répétées des engrais.

L'acidité du sol est élevée, due certainement à l'évolution pédologique des sols du Kouilou et accentuée aux pluies acides qui tombent dans ces villages. Cette acidité des pluies serait, attribuable à la pollution de l'air par des gaz acides (NO_2 et SO_2), bien que les valeurs obtenues de ces deux gaz soient inférieures au seuil limite, mais leur présence dans les feuilles met en évidence l'exposition des arbres aux effets néfastes des torchères, car, la combinaison des oxydes de soufre et d'azote avec l'humidité dans l'atmosphère, provoque des pluies acides, qui, une fois tombée, sur les arbres, brûlent la peau protectrice des fruits et s'attaquent aux feuilles, en provoquant des cas répétés de nécroses et fumagines.

Des cas de présence de la suie sont aussi observés (carbone de couleur noire) sur les feuilles et fruits, subissant une réduction de l'activité photosynthétique de la plante, en affaiblissant ses défenses immunitaires et en créant une porte d'entrée des maladies, principalement d'origine fongique dans les villages sous influence de la chaleur extrême que dégagent les torchères.

Car, il faut souligner que la combinaison de cette chaleur avec des pluies abondantes créent un microclimat favorable au développement de l'anthraxose, principale maladie qui cause des chutes prématurées et pourritures des fruits dans ces villages.

Dans le sol, le taux d'acidité élevé (pH) affecte aussi la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes. Or, une plante avec des carences nutritives est vulnérable aux maladies.

Concernant les concentrations des hydrocarbures totaux (HCT), elles sont inférieures à 100 mg/kg, ce qui indique l'absence d'une contamination du sol. Les concentrations des HAP se situant entre 0,05 mg/kg, montrent l'absence d'une pollution de sol en cet élément. En milieu rural, la majorité des sols présente des concentrations de fond comparables ou légèrement supérieures à 0,05 mg/kg, qui sont issues de phénomènes de combustion naturelle.

Pour les terrains agricoles, les normes de risque sanitaire et environnemental sont généralement fixées à des niveaux supérieurs comme le cas de benzo[a]pyrène, les seuils se situent souvent autour de 0,1mg/kg. Par contre Le seuil de 0,05 mg/kg est la limite de quantification pour les laboratoires d'analyse pour un HAP pris isolément, selon la norme ISO 18287 :2006. Donc leur dangerosité dépend de la somme des 16 HAP réglementaires ou du composé spécifique comme le Benzo[a]pyrène.

Pour les ETM, le cadmium présent dans les sols des villages de Malele, Tchikoulou et Tchissindi bien qu'en dessous de 2mg/kg, n'est pas la valeur normale, car la valeur normale de fond se

situe entre 0,1 et 1 mg/kg avec une moyenne mondiale autour de 0,36 mg/kg, donc la fourchette de 0,45 à 1,30 mg/kg, qui est la marge obtenue dans notre étude, dépasse le seuil naturel, ce qui indique une contamination modérée, car les symptômes des plantes qui poussent sur un sol contaminé au cadmium incluent un ralentissement de la croissance, des cas de nécrose sur les feuilles, une diminution de la biomasse racinaire et foliaire, ce qui retarde la floraison et perturbe l'absorption d'eau et d'éléments nutritifs comme le fer, le calcium et le magnésium.

La concentration de fer a été excessive > 800 mg/kg dans tous les villages pouvant provoquer des cas de toxicité.

Les concentrations des gaz des oxydes d'azote et de soufre ont été trouvées dans les feuilles, bien qu'à des taux faibles, leur présence indique l'influence du torchage de gaz sur les plantes. L'exposition des plantes à des concentrations élevées ou d'une façon pérenne de ces gaz conduit à la perturbation de leur physiologie.

Mesures curatives et préventives des maladies observées.

Pour prévenir ou guérir l'anthracnose, principale maladie observée et causée par le champignon *colletotrichum gloeosporioides*, qui attaque premièrement les feuilles, puis migre vers les fleurs et fruits est de combiner les pratiques culturales, des traitements fongicides et soins post-récolte. Comme cette maladie se développe rapidement dans un climat chaud et humide, pour l'éviter :

- ♦ il faut aérer la canopée en pratiquant régulièrement l'élagage des branches, afin d'éclaircir le centre de l'arbre, cela permet de sécher rapidement les feuilles et fruits par l'air et le soleil ;
- ♦ hygiène de la plantation, en ramassant, brûlant ou enterrant les feuilles mortes, les rameaux secs et les fruits momifiés tombés au sol, car le champignon y vit encore ;
- ♦ respecter la densité de plantation ;
- ♦ procéder à une nutrition adéquate en élevant le niveau de potassium et éviter les excès d'azote ;
- ♦ application d'un fongicide à base de cuivre sur les arbres en période de dormance ou avant/après la floraison, afin de protéger les tissus sains. En cas d'attaque sévère, il faut alterner les fongicides de contact et les fongicides systémiques de la phase de nouaison jusqu'avant la récolte en tenant compte de la rémanence de ces fongicides.

Les dessèchements des arbres sont causés par plusieurs facteurs de stress : sécheresse extrême, maladie fongique, carence ou excès d'eau. Pour les éviter il faut procéder à l'hydratation ciblée, au paillage du pied de l'arbre et tailler les parties mortes, afin de limiter la propagation d'éventuelles maladies ou champignons.

ANNEXES

Annexe 1 : Réaction du sol

VILLAGES	pH H ₂ O	pH KCl	ΔpH
Tchimbouissi	5,48	4,25	1,23
Ntoto-Siala	4,92	3,89	1,03
Tchicanou	4,80	3,73	1,07
Malele	5,36	4,82	0,54
Mboukou	5,13	3,91	1,22
Tchikoulou	5,15	3,84	1,31
Mboubissi	5,37	3,92	1,45
Loemé	4,96	3,90	1,06
Djeno	5,92	4,88	1,04
Banga-Cayo	5,76	5,10	0,66
Tchissindi	5,50	4,60	0,90

Annexe 2 : Paramètres chimiques du sol

VILLAGES	MO (%)	C (%)	N (%)	C/ N	P (%)	Ca (mé/ 100)	Mg (mé/ 100)	K (mé/ 100)	Na (mé/ 100)	CEC (mé/ 100)	S (mé/ 100)
Tchimbouissi	0,74	0,43	0,04	11	0,009	1,20	0,40	0,21	0,72	3,03	2,53
Ntoto-Siala	0,82	0,48	0,06	8	0,006	1,00	0,60	0,43	0,09	3,58	2,12
Tchicanou	2,08	1,21	0,08	15	0,15	1,00	0,80	0,63	0,60	9,44	3,03
Malele	0,98	0,57	0,06	10	0,005	2,40	0,08	0,21	0,74	4,14	3,43
Mboukou	2,12	1,23	0,09	14	0,063	1,20	0,60	0,64	0,72	10,38	3,16
Tchikoulou	0,82	0,48	0,04	12	0,007	0,60	0,80	0,38	0,06	2,38	1,78
Mboubissi	0,90	0,52	0,06	9	0,005	0,80	0,40	0,46	0,72	4,25	2,38
Loemé	0,81	0,47	0,05	9	0,007	0,20	0,16	0,43	0,08	2,93	0,87
Djeno	1,29	0,75	0,05	15	0,011	2,60	1,39	0,39	0,73	5,95	5,11
Banga-Cayo	1,44	0,84	0,07	12	0,023	2,40	1,00	0,45	0,68	4,50	4,53
Tchissindi	0,84	0,49	0,06	8	0,010	1,20	0,40	0,47	0,10	3,06	2,17