

BURKINA FASO
Unité-Progrès-Justice

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
(M.E.S.S.R.S.)

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE
BOBO-DIOULASSO
(U.P.B.)

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE
(C.N.R.S.T.)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL
(I.D.R.)

INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.N.E.R.A.)

DEPARTEMENT PRODUCTIONS FORESTIERES
(D.P.F)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

EFFETS INDUITS DE LA CHALEUR SUR LA
FERTILITE DES SOLS SOUS PEUPELEMENTS DE
KARITE ET DE NERE

Directeur de mémoire : Dr SOME N. Antoine

Maître de stage : Dr ASIMI Salawu

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
LISTE DES TABLEAUX	ii
LISTE DES FIGURES	iii
LISTE DES PHOTOS	iii
RESUME	1
SUMMARY	2
INTRODUCTION GENERALE	3
PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	7
1-1 Notion de chaleur dans le sol	7
1-1-1 Les sources de chauffage du sol	7
1-1-2 Rappel : Effets du chauffage sur certains paramètres physico-chimiques du sol	8
1-2 Notion de fertilité	9
1-2-1 Introduction	9
1-2-2 Définition du concept de fertilité du sol	10
1-2-3 Evaluation de la fertilité du sol	11
1-2-4 Phénomènes de dégradation des sols	12
1-2-5 Notion de restauration des sols	12
1-3 Impact des ligneux sur le maintien de la fertilité des sols	13
1-3-1 Généralités	13
1-3-2 Cas particulier du karité et du Néré	15
1-4. Les processus biologiques dans les sols	15
1-4-1 Les organismes telluriques.	15
1-4-2 Les biotransformations : minéralisation, immobilisation, assimilation.	16
DEUXIEME PARTIE : DESCRIPTION DES SITES D'ETUDE	18
2-1 Terroir de Saponé	18
2-2 Terroir de Saria.	19
TROISIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODES D'ETUDE.	21
3.1 Matériel végétal.	21
3-1-1 Le karité	21

3-1-2 Le néré	21
3-1-3 Le sorgho	21
3-2 Les Sols.	22
3-2-1 Principe de prélèvement et d'échantillonnage des sols.	22
3-2-2 Chauffage des sols.	23
3-2-3 Dispositif expérimental.	23
3-3 Cultures des plantes de sorgho	24
3-3-1 Croissance végétative du Sorgho	25
3-3-2 Rendement en matière sèche du sorgho.	25
3-4 Analyses chimiques des sols	25
3-4-1 Mesures du pH eau et pH KCl	25
3-4-2 Dosage du carbone organique	26
3-4-3 Dosage du phosphore assimilable.	27
3-4-4 Dosage de l'azote total	27
3-5 Analyses microbiologiques.	28
3-5-1 Activité respiratoire.	28
3-5-1-1 Dosage du gaz carbonique	28
3-5-1-2 Expression des résultats.	28
3-5-2 Infection micorhizienne.	29
3-5-2-1 Principe de coloration.	29
3-5-2-2 Observation des racines au microscope optique.	29
3-5-2-3 Evaluation du degré de mycorhization des racines.	29
3-6 Analyses statistiques des données	30
QUATRIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION.	31
4-1 Effets de la température sur les caractéristiques chimiques des sols.	31
4-1-1 Le pH	31
4-1-2 Le carbone organique.	35
4-1-3 Le phosphore assimilable.	35
4-1-4 L'azote total.	36
4-2 Effets de la température sur les activités biologiques dans les sols.	38
4-2-1 Activité respiratoire.	38
4-2-2 Taux de mycorhization.	42
4-3 Effets de la température sur la croissance végétative et le rendement	

en matière sèche du sorgho.	44
4-3-1 Croissance végétative du sorgho.	44
4-3-2 Rendement en matière sèche.	44
4-4 Corrélations entre les paramètres étudiés.	50
4-4-1 Corrélations entre les rendements des plantes et les propriétés chimiques des sols.	50
4-4-2 Corrélations entre les rendements des plantes de sorgho et l'intensité respiratoire des sols.	50
4-4-3 Corrélations entre les propriétés chimiques et l'intensité respiratoire des sols.	50
CONCLUSION GENERALE	53
BIBLIOGRAPHIE.	55
ANNEXES.	61

REMERCIEMENTS.

Le présent mémoire représente le fruit de nombreux efforts déployés par plusieurs bonnes volontés. Ainsi nous voulons exprimer ici toute notre gratitude à tous ceux qui, à quelque niveau que ce soit ont largement contribué à l'aboutissement de notre travail.

Nous sommes infiniment reconnaissant au D^f Asimi Salawu, chef du laboratoire de microbiologie /D.P.F., initiateur de cette étude. En outre nous avons beaucoup été sensible à l'appui moral, technique et financier qu'il n'a cessé de nous apporter tout au long du stage. Nous lui disons grand merci pour tous les énormes efforts consentis pour notre encadrement.

Nous remercions le D^f Somé N. Antoine, directeur adjoint de l'I.D.R., notre directeur de mémoire qui malgré ses multiples occupations a bien voulu diriger ce travail. Son jugement nous a permis d'enrichir énormément le présent mémoire.

Nous remercions également le D Jules Bayala et le D^f Tiby Guissou dont les conseils et jugements ont été hautement appréciés.

Nos remerciements s'adressent également au personnel du D.P.F. pour leur concours inestimable dans la conduite de nos travaux. Nous n'oublions pas Bazié Marcel, Yonli H. Hermann, Koné N'gafien et Ilboudo Alassane à qui nous disons grand merci pour tous les travaux effectués au laboratoire.

Nous en savons gré à M. Bonou D. Alphonse, Ministre des ressources animales, pour tout le soutien apporté pendant nos études.

Nous remercions le D^f Somda Iréné, chef des stations, pour ses efforts déployés pour l'obtention de ce thème.

Notre gratitude va aussi à l'endroit du P^f Zombré Prosper pour ses conseils enrichissants.

Nous remercions Yé Abdou-Salam, Mihin Seydou, Ingénieur Hydrologue et le D^f Yé Y. Henri pour tous leurs soutien et conseils. Que le Dr Sawadogo Modeste retrouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous disons merci à Yé Thinro, Yé P. Nestor, Yé Yawèrè, Touré Yssouf, Yé Y Janvier, Yé P. Thoma, Dabiré Eliane, Ramdé Jean-Bernard, Lamien Charles, Bonou D. Hermann et Tiendrébéogo Abdoulaye pour tous les efforts consentis à notre égard.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous nos promotionnaires de l'I.D.R. en particulier Ramdé Paul Sylvestre, Yaméogo P. Aristide, Milogo Vinsoum, Mihin Mathias, Baziomo Florentin, Da Nomwine, Protet Judicael et Yaméogo K. Marc. Nous disons merci à Batiobo Louise et à Kaboré Silamane en I.D.R.₂.

Nous ne saurions terminer sans remercier notre père Yé Sibinou, notre mère Kohio N'Lanou et tous nos frères et sœurs pour tous les efforts consentis à notre égard pendant notre vie scolaire.

Nous disons enfin grand merci à tous les ami(e)s et tous ce qui nous ont soutenu durant nos études.

LISTE DES TABLEAUX.

- Tableau I : Caractéristiques chimiques des sols en fonction de la température (sols prélevés sous karité à Saponé).
- Tableau II : Caractéristiques chimiques des sols en fonction de la température (sols prélevés sous néré à Saponé).
- Tableau III : Caractéristiques chimiques des sols en fonction de la température (sols prélevés sous karité à Saria).
- Tableau IV : Intensité respiratoire des sols par intervalle de temps de 7 jours exprimée en mg C/100 g de sol (sols prélevés sous karité à Saponé).
- Tableau V : Intensité respiratoire des sols par intervalle de temps de 7 jours exprimée en mg C/100 g de sol (sols prélevés sous néré à Saponé).
- Tableau VI : Intensité respiratoire des sols par intervalle de temps de 7 jours exprimée en mg C/100 g de sol (sols prélevés sous karité à Saria).
- Tableau VII : Analyse de variance pour les hauteurs des plantes en fonction de la distance de prélèvement et de la température (sols prélevés sous karité à Saponé).
- Tableau VIII : Rendement en matière sèche du sorgho (sols prélevés sous karité à Saponé).
- Tableau IX : Relations entre les paramètres étudiés.

LISTE DES FIGURES.

Figure 1 : Schéma illustrant le principe de prélèvement des sols.

Figure 2 : Histogrammes illustrant l'intensité d'infection (I) et la fréquence de mycorhization (F) des plantes de sorgho.

Figure 3 : Histogrammes illustrant la croissance végétative des plantes de sorgho en fonction de la température dans les zones de prélèvement R/2, R, 2R et 3R sous karité à Saponé.

LISTE DES PHOTOS.

Photo 1 : Vue générale de la disposition des pots contenant les plantes de sorgho.

Photo 2 : Illustration de la croissance végétative des plantes de sorgho dans la zone R/2 en fonction de la température (sols prélevés sous karité à Saponé).

Photo 3 : Illustration de la croissance végétative des plantes de sorgho dans la zone 3 R en fonction de la température (sols prélevés sous karité à Saponé).

RESUME

Les effets de la chaleur sur les caractéristiques chimiques et biologiques des sols ainsi que sur la croissance végétative et le rendement du sorgho ont été étudiés. L'étude a porté sur des sols prélevés sous karité (*Vitellaria paradoxa*) et sous néré (*Parkia biglobosa*) à Saponé et à Saria dans le plateau central du Burkina Faso. Ces sols prélevés à différentes distances de l'arbre ont été chauffés à l'étuve respectivement aux températures de 120, 150 et 180°C et utilisés pour des cultures en vases de végétation des plantes de sorgho.

Les analyses des sols révèlent que le chauffage a des effets variables sur leurs caractéristiques chimiques et biologiques. Ces variations sont surtout liées aux intensités des températures de chauffage.

Sur le plan chimique, l'évolution du pH diffère avec les échantillons de sols. Le pH des sols prélevés sous karité à Saponé connaît une légère baisse avec l'augmentation de la température ; à l'inverse les pH des sols prélevés sous néré dans la même localité et sous karité à Saria augmentent légèrement. Le carbone organique et l'azote total des sols connaissent dans l'ensemble une légère baisse avec l'augmentation des températures de chauffage. Par contre on observe un accroissement de la teneur du phosphore assimilable avec l'augmentation de la chaleur. Concernant les zones de prélèvement des sols, les paramètres chimiques mesurés varient en fonction de la zone. Les valeurs les plus élevées de ces paramètres s'observent, dans la majeure partie des cas, à proximité de l'arbre et diminuent plus loin de l'arbre.

Sur le plan biologique, l'intensité respiratoire des sols est stimulée par l'élévation des températures des sols. Pour une température donnée, l'intensité respiratoire est plus forte dans la zone R/2 (plus proche de l'arbre) et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'arbre. Pour le taux de mycorhization, l'effet induit par les différentes températures est non significatif ; on note dans l'ensemble, sauf pour la zone R/2, une légère baisse du taux de mycorhization.

Pour la croissance végétative et le rendement en matière sèche du sorgho, on note une stimulation avec les températures de chauffage des sols. Les résultats montrent que les meilleures croissances végétatives et les meilleurs rendements des plantes sont observés avec l'augmentation de la température de chauffage. Dans toutes les zones de prélèvement les effets des traitements sont similaires.

Les effets de la chaleur sous houppier et hors houppier végétal sont comparables tant pour les paramètres chimiques et biologiques que pour le rendement des plantes.

Mots clés : fertilité, chaleur, paramètres chimiques, activité biologique, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *sorghum* sp.

EFFECTS OF HEAT TREATMENT ON SOIL FERTILITY IN SHEA TREE AND LOCUST BEAN PARKLANDS

SUMMARY

The effects of heat treatment on soil chemical and biological characteristics and the vegetative growth and the yield of sorghum sp. were studied. The study was performed on soils sampled under locust bean (*Parkia biglobosa*), and shea tree (*Vitellaria paradoxa*), respectively at Saponé and Saria in the central plateau of Burkina Faso. The soils were collected at different distances from the tree trunk and incubated in an oven for 2 h 30 min at 120, 150, and 180°C, respectively, and then, used in pots experiments for sorghum plants growth.

The soils analysis showed variable effects of heat treatment on chemical and biological characteristics which were related to soil temperature.

Soil chemical analysis showed that the variation of pH was related to the sampling site. At Saponé, soils under *Vitellaria paradoxa* showed a slight decrease of pH with the increasing of soil temperature. The pH of soils under *Parkia biglobosa* at Saponé and under *Vitellaria paradoxa* at Saria increased slightly with soil temperature. Globally, the soil organic carbon and the total nitrogen showed a slight decrease with the soil increasing temperature. In contrast the concentration of available phosphorus increased with increasing of soil temperature. All the chemical parameters varied with the sampling zone. The highest values were obtained mostly near the plant. These values decreased when the distance between the plant and the sampling zone increased.

For biological analysis, the soil respiration (CO₂ evolved) increased with increasing of soil temperature. For the same temperature the highest intensities of soil respiration were recorded in the R/2 zone (near the plant). These values decreased gradually with the distance between the sampling zone and the plant. The effect of soil temperature on the mycorrhization rate was not significant. In most cases, for all samples, a slight decrease in the infection intensity was observed with the increasing of soil temperature, excepted for the R/2 zone.

The vegetative growth and the plant dry weight increased with soil temperature for all the sampling zones.

The effects of heat treatments inside and outside the tree crown were similar for all of the parameters which were studied.

Key words: Fertility, heating, chemical parameter, biological activity, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *sorghum* sp.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

PROBLEMATIQUE

Le Burkina Faso est un pays sahélien dont l'agriculture est caractérisée par sa faible productivité. Les raisons souvent évoquées pour expliquer les faibles rendements des cultures seraient les conditions climatiques défavorables mais surtout la pauvreté originelle des sols, la faible utilisation des engrais minéraux et organiques, l'exportation des résidus de récolte et la forte pression démographique augmentant la demande en terre. Cette faible productivité engendre d'énormes problèmes qui sont d'ordre alimentaire, sanitaire, économique, et environnemental.

Les problèmes environnementaux des pays sahéliens se manifestent en particulier par la dégradation des sols, la désertification, le déboisement et par différentes pollutions dans les villes. Le problème de dégradation des ressources en terres ~~est~~ très crucial, dépasserait largement le contexte de la zone sahélienne et a même fait l'objet de rencontres scientifiques sur le plan international (Sédogo, 1993). Il est ressorti que l'essentiel du bien-être des populations dépend de l'environnement principalement du maintien de la fertilité des sols, que ce soit pour les cultures ou l'élevage.

Le maintien ou l'amélioration de la fertilité des sols nécessite une connaissance parfaite des qualités intrinsèques de ces sols. Avec la kaolinite comme argile principale, la capacité d'échange cationique des sols dans cette région, souvent inférieur à 1cmolkg^{-1} , dépend grandement de la teneur en matière organique des sols (Bationo and Buerkert, 2001). L'exploitation « minière » des sols (Hien *et al.*, 1994) se solde par des teneurs en carbone du sol allant de 1 à 8 g/kg dans la majorité des sols et des pertes en matière organique estimées à 2-4% par an. Tout cela se traduit par une faible capacité de rétention en eau des sols (Bationo *et al.*, 1998).

Dans un tel contexte, le maintien de la productivité des sols implique un recyclage approprié de la matière organique des résidus agricoles et une correction des carences. Or le système traditionnel de gestion des espaces cultivés dans bien des cas se traduit par une exportation des résidus culturaux et un brûlis du reste des résidus au moment de la préparation des champs pour les semis. Ces pratiques sont néfastes au maintien du potentiel de production. En effet, l'application des résidus de récolte induit les effets suivants : réduction de l'érosion,

enrichissement du sol en matière organique et minérale, stimulation de l'activité microbienne, facilitation de l'enracinement des plantes, etc. Par rapport aux brûlis, de simples observations (même au niveau paysan) montrent qu'on a une bonne croissance et un bon développement des cultures sur les parcelles ayant été sous influence de la chaleur suite aux brûlis des résidus de récoltes dans les champs. De prime abord ces résultats sont attribués, le plus souvent, à l'effet de la cendre déposée à la surface du sol. Pourtant ces résultats pourraient être l'expression matérielle due à plusieurs facteurs parmi lesquels figure la chaleur. En effet les avantages du brûlis des résidus de récolte ne portent pas seulement à la fertilisation par les cendres, mais il y a également l'action de la chaleur issue du feu. Il semble qu'il y ait une mobilisation des éléments nutritifs par la chaleur, et peut être une meilleure rétention de l'azote-nitrate en raison de la disparition de l'activité microbiologique (Andriessse *et al.*; cités par Young, 1988). En revanche, le brûlis, même s'il permet de rendre les éléments minéraux immédiatement disponibles aux plantes, induit une faible capacité de fixation des nutriments du fait de la faible teneur en matières organiques. Ceci est propice aux pertes par volatilisation, lessivage et lixiviation. Plus grave encore, un feu extrêmement chaud peut oxyder une partie de la matière organique du sol. Par ailleurs, la chaleur du brûlis aurait des effets néfastes sur la faune du sol.

De nombreuses études existent sur les effets de la chaleur sur les propriétés physico-chimiques des sols; ^{علاوة} ~~et~~ ont abouti aux conclusions suivantes : le chauffage du sol présente des effets directs sur les sols à cause des températures élevées atteintes en surface et dans les horizons superficiels (Masson, 1949 ; Louppe, 1996). Ces effets peuvent être avantageux ou préjudiciables à des degrés variables sur la fertilité des sols et la croissance des plantes (Giovannini et Lucchesi, 1997).

La chaleur des sols a des effets variables sur le pH, la capacité d'échange cationique, la teneur des matières organiques, l'azote total et le phosphore organique au niveau des sols sablonneux et argilo-limoneux (Giovannini *et al.*, 1990). Ces variations sont fortement liées aux variations de températures pendant le chauffage (Giovannini et Lucchesi, 1997).

Si donc les effets de la chaleur sur les aspects physico-chimiques sont assez bien étayés, les données sur les phénomènes biologiques sont peu fournies. Sur ce plan, on peut retenir que les températures élevées, atteintes en surfaces et dans les horizons superficiels pendant le feu, entraînent entre autre, la destruction de la pédofaune, de la biomasse microbienne, ce qui réduit l'activité biologique des sols et perturbe les processus d'humification (Louppe *et al.*, 1998 ; Pallo, 1998). A cela, s'ajoute la réduction du nombre des bactéries du sol qui peut retourner à la normale 12 à 14 mois après (Jorgensen et Hodges, cités par Widden et Parkinson, 1975).

Des études portant sur l'influence de la chaleur sur certains phénomènes biologiques tels que la mycorhization et les biotransformations (immobilisation, minéralisation, assimilation) sont encore rares.

Il est probable que l'action de la chaleur sur les propriétés physico-chimiques ou les phénomènes biologiques, serait variable avec les intensité des températures de chauffage, les types de sols et avec la distance au tronc des arbres dans les champs.

La présente étude a été conduite afin de contribuer à une meilleure connaissance des effets de la chaleur et des ligneux sur les paramètres chimiques et biologiques des sols. De telles données sont nécessaires pour confirmer ou infirmer les thèses de ceux qui déconseillent le brûlis comme méthode de préparation des champs et à apporter des conseils utiles aux producteurs pour une gestion durable de leur potentiel de production qu'est le sol.

□ **Objectif global.**

L' objectif global de cette étude est de déterminer les effets de la chaleur sur les paramètres chimiques et biologiques des sols et la conséquence de l'évolution de ces paramètres sur la croissance et le rendement du sorgho.

□ **Objectifs spécifiques**

- Déterminer l'influence de la chaleur sur les paramètres chimiques des sols ;
- déterminer les effets de la chaleur sur certains paramètres biologiques au niveau des sols: mycorhization, biotransformations (immobilisation, minéralisation, assimilation) ;
- déterminer les effets de la chaleur sur la croissance végétative et le rendement du sorgho
- déterminer les effets de la chaleur sous houppiers et hors houppiers du karité et du néré

□ **Hypothèses de recherche.**

- Le chauffage du sol modifie les paramètres chimiques du sol dans un sens défavorable à la fertilité à partir d'un certain seuil de température.
- Le chauffage du sol réduit l'activité biologique du sol et par conséquent perturbe les cycles bio géochimiques.
- La chaleur a les mêmes effets sous couvert végétal que sur les sols nus.

Le présent rapport s'articulera autour de 4 parties. La première partie sera consacrée à la revue bibliographique sur les notions de chaleur dans le sol et de fertilité, l'impact des

lignaux sur le maintien de la fertilité des sols et les processus biologiques des sols. La présentation des sites d'étude fera l'objet de la deuxième partie. La troisième partie comportera le matériel et les méthodes d'étude et la quatrième partie traitera des résultats et discussions.

PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1-1 Notion de chaleur dans le sol.

La chaleur du sol influe sur les phénomènes se déroulant dans le sol. En effet, le régime thermique du sol conditionne l'activité des microorganismes, l'activité physiologique des racines et des phénomènes physico-chimiques tels que la diffusion des minéraux et des gaz, la dissolution des éléments chimiques, l'altération des minéraux, etc.(Vilain, 1970). La chaleur se propage dans le sol uniquement par conduction ; elle se transmet de couche en couche (Vilain, 1970). En effet, le passage de la chaleur dans le sol se fait principalement par conduction thermique et la conductivité augmente avec la teneur en humidité ; la quantité de chaleur transférée dans le sol par conduction est proportionnelle à la conductivité thermique (aptitude à transmettre la chaleur) et inversement proportionnelle à la capacité calorifique (quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un volume de terre) (Vilain, 1970; Giovannini et Lucchesi, 1997).

L'eau exerce un effet complexe sur la propagation de la chaleur en agissant à la fois sur les deux caractéristiques réunies dans la diffusivité thermique (Vilain, 1970; Giovannini et Lucchesi, 1997). Celle-ci varie avec l'humidité du sol ; aux faibles humidités, l'eau assure un meilleur contact entre les particules, elle facilite donc la conduction sans cependant élever trop la capacité calorifique : la propagation de la chaleur est plus faible. Aux humidités plus élevées, sa présence nécessite un apport accru de chaleur ; l'effet sur la capacité calorifique est prépondérant et la propagation de la chaleur est ralentie. L'humidité est donc un facteur très important dans le chauffage du sol et détermine la température maximum atteinte à la surface du sol à un instant donné.

Lorsque la chaleur est provoquée à la surface du sol, ses effets sont variables avec la profondeur du sol à cause de la variation de température lorsque l'on passe de la surface en profondeur. Les températures provoquées sont très variables à la surface du sol, alors qu'en dessous de 2,5 cm de profondeur, l'augmentation de la température est négligeable (Giovannini et Lucchesi, 1997).

1-1-1. Les sources de chaleur dans le sol.

La quantité de chaleur observée au niveau des sols peut être provoquée par plusieurs

sources ; ce sont entre autres les rayonnements solaires, l'hydratation des colloïdes argileux et humiques, les réactions exothermiques comme celles qui se manifestent lors de la décomposition de la matière organique ; etc. (Vilain, 1970). A cela s'ajoutent les feux (feux de brousse, brûlis des résidus de récoltes, défriche-brûlage) provoqués à la surface des sols.

Le chauffage du sol par les brûlis des résidus de récoltes est une vieille pratique au Burkina Faso. Cette pratique est toujours adoptée par les paysans comme un moyen rapide de préparation des champs. Les résidus de récoltes restants, après une exportation d'une grande partie à d'autres fins, sont donc brûlés dans les champs avant les pluies. Ces feux provoqués peuvent entraîner une élévation considérable de la température.

1-1-2. Rappel : Effets du chauffage sur certains paramètres physico-chimiques du sol.

Les effets de la chaleur sur les propriétés physico-chimiques du sol ont été abordés par plusieurs auteurs (Betremieux. *et al.*, 1960 ; De Vries ,1975 ; Sertu et Sanchez,1978 ; Kang. et Sajjapongse,1980 ; Giovannini et Lucchesi;1997 ; Kitur et Frye, 1983 ; Giovannini *et al.*,1987 ;1990 ;). En effet, il est ressorti de ces travaux que le chauffage du sol entraîne la combustion des matières organiques et une diminution de la porosité. La diminution de la porosité est supposée causée par la baisse du volume fractionnel de la matière organique très poreux qui est remplacée par des minéraux beaucoup moins poreux. Par ailleurs la matière organique contribue à la structure du sol et la combustion provoque donc la dégradation et l'effondrement de la structure avec pour conséquence la perte de la porosité. Les températures croissantes provoquent des variations remarquables de l'aspect physico-chimique du sol au niveau de la couche de 0 à 2,5 cm (Giovannini et Lucchesi, 1997). La répartition par dimension des particules montre une augmentation continue de la fraction de sable avec l'élévation de la température correspondant à une diminution simultanée de la fraction d'argile. La fraction de limon reste inaltérée à une température jusqu'à 457°C. A des températures supérieures à 457°C le processus de latérisation commence et le sol sera classé comme sableux (Giovannini et Lucchesi, 1997). Ces transformations sont causées par une fusion des particules d'argile en particules dimensionnées de sable ; ceci peut être considéré comme le résultat de la modification thermique du fer et de l'aluminosilicate (Betrimieux *et al.*, 1960).

Le pH du sol baisse avec la croissance de la température jusqu'à 395°C. Ceci est probablement dû à la diminution de l'action tampon associée à la dénaturation des colloïdes et la combustion des matières organiques (Coles et Morrison, 1930). En effet, les colloïdes du sol se déshydratent localement d'une manière irréversible lorsque la surface est exposée à des hautes

températures. La baisse du pH est suivie ensuite d'une augmentation qui peut être attribuable à la perte des groupes OH résultant de la dénaturation des minéraux d'argile (Giovannini *et al*, 1990). La capacité d'échange cationique (CEC) baisse progressivement avec l'augmentation de la température ; la conversion des particules d'argile en particules de sable avec une diminution importante de la superficie de la surface réactive et la combustion des matières organiques avec la perturbation des sites d'échange semblant être responsable de ceci. Au-delà de 220°C, les matières organiques sont brûlées, l'azote total est volatilisé et le phosphore organique est minéralisé et transformé sous la forme inorganique. L'ammonium azote (N-NH₄), au contraire, augmente à 220°C et diminue très brusquement ; à 460°C il est à peine détectable (Giovannini et Lucchesi, 1997).

Le chauffage du sol par les feux présente très souvent certaines ambiguïtés vis-à-vis des processus de modification des propriétés physico-chimiques après les feux. Pour ce faire, il est tout à fait nécessaire d'apporter certaines précisions. En effet, normalement et immédiatement après un feu de brousse ou un brûlis des résidus de récoltes, l'environnement du sol est directement affecté par un approvisionnement en cendres et l'entrée de la chaleur dans le sol. Dans le champ, les effets de ces deux facteurs sont concomitants. Immédiatement après un feu, les cendres apparaissent comme une phase solide superposée sur la phase solide du sol. Les deux phases solides sont clairement séparées. Les cendres peuvent développer leur action seulement par lessivage. Ceci se produit grâce à l'eau de la pluie qui extrait les constituants solubles de la cendre et les apporte sous formes de solutions à travers les pores du sol. Ainsi les effets des cendres ne peuvent être attendus qu'après les pluies. Cependant, les modifications soudaines des propriétés physico-chimiques, ci-dessus énumérées, sont clairement attribuables à la chaleur qui affecte le sol durant le feu.

1-2. NOTION DE FERTILITE.

1-2-1. Introduction.

La fertilité peut se définir comme un potentiel de production d'un milieu à une époque donnée, potentiel qui dépend beaucoup des composantes physiques du milieu tels que le climat et les sols (Piéri, 1989). Elle peut être également définie comme le niveau de production obtenue ou encore l'aptitude à produire (Soltner, 1987), c'est-à-dire le niveau de production potentiel si tous les facteurs et conditions de production étaient à l'optimum (Vilain, 1989). L'idée de fertilité, très souvent, n'a été appliquée qu'au sol qui n'est qu'une composante de la production. En effet,

des sols réputés peu fertiles sont capables de fournir, après correction, des productions élevées. Par ailleurs, deux parcelles aux sols semblables où sont pratiquées des cultures identiques mais conduites différemment donnent des rendements différents (Pieri, 1989 ; Vilain, 1989). Ceci conduirait donc logiquement à leur attribuer des fertilités différentes.

La notion de fertilité a évolué et appelle une appréciation plus large basée sur la confrontation entre caractéristiques pédo-climatiques du milieu, les systèmes de production et les techniques agricoles pratiquées (Pieri, 1989). Dans un tel contexte, il est nécessaire de définir le concept de fertilité du sol.

1-2-2. Définition du concept de fertilité du sol

D'énormes définitions du concept de fertilité ont été proposées par plusieurs auteurs selon leur angle de vision. Selon Mando *et al.* cités par Zangré (2000), la fertilité d'un sol, vue sous un angle agricole, décrit sa capacité à fonctionner dans les limites d'un écosystème aménagé ou naturel afin de soutenir la production animale ou végétale, de maintenir voire même d'améliorer la qualité des systèmes auxquels il est lié. Ils poursuivent en disant, que la fertilité d'un sol décrit son efficacité à stocker et à libérer d'une part, des éléments minéraux et d'autres constituants ; et d'autre part, l'eau pour les besoins des plantes afin de promouvoir et d'assurer leur croissance racinaire. L'état de fertilité d'un sol, à un instant donné, est le résultat induit par de nombreux facteurs qui sont entre autres les conditions climatiques, les modes de gestion des terres, les éléments hydrologiques, la végétation, la faune, etc. Par conséquent, la fertilité du sol est la capacité de celui-ci à soutenir durablement la croissance des plantes, dans des conditions climatiques données et d'autres caractéristiques pertinentes de la terre (Young, 1988). La notion de durabilité introduite dans cette définition, selon le même auteur, se réfère à la capacité de supporter la croissance végétale de manière continue. Pour Boiffin et Sébillotte, cités par Pieri, (1989), la fertilité est assimilée à un jugement porté sur le fonctionnement d'un système biologique dont les composantes (sol-climat-plante) sont peu nombreuses mais interactives et en outre soumises à des déterminants techniques, économiques, sociaux et historiques. C'est ainsi que certains sols initialement productifs possèdent des réserves non protégées d'éléments nutritifs et perdent rapidement leur fertilité s'ils passent de la végétation naturelle à des écosystèmes aménagés. D'autres, notamment les nitosols sur roches basiques, possèdent des pouvoirs naturels de récupération qui leur permettent de reconstituer des éléments nutritifs par altération des roches (Young, 1995).

Le concept de fertilité du sol nous renvoie à certaines expressions telles que la faible fertilité du sol, le déclin de fertilité, le potentiel de fertilité, etc. Selon Young(1988), le déclin de fertilité du sol est l'effet combiné de la diminution de la matière organique du sol, de la détérioration de ses propriétés physiques, de la réduction de la teneur en éléments nutritifs et (dans certains cas) de l'acidification. Quant à la faible fertilité du sol, il stipule que c'est la faiblesse inhérente du sol qui est un problème distinct de celui de la dégradation des sols précédemment fertiles. Parmi les problèmes les plus fréquents de faible fertilité naturelle du sol on peut citer : l'acidité, la faible teneur en éléments nutritifs en général, les déficits en éléments nutritifs spécifiques, le plus souvent l'azote et le phosphore, et enfin des propriétés physiques défavorables (Young, 1995). Ces problèmes constituent, le plus souvent, les problèmes majeurs des sols de la plupart des pays sahéliens. Toujours le même auteur énonce enfin que la faible fertilité du sol et la baisse de la fertilité sont des problèmes distincts et sur certains plans, les deux situations présentent un problème semblable : un déficit en éléments nutritifs ou une structure médiocre ont les mêmes effets, quelle qu'en soit la cause. Par conséquent le diagnostic de faible rendement des cultures doit distinguer la fertilité du sol due aux conditions naturelles et le déclin de la fertilité du sol résultant de l'utilisation qui en a été faite. Concernant la notion de fertilité potentielle, elle peut être considérée comme une caractéristique intrinsèque du sol et indépendante des plantes qui peuvent y être cultivées (Mémento de l'agronome, 2002). L'évaluation de la fertilité potentielle apparaît donc comme une des données essentielles de la fertilisation.

1-2-3. Evaluation de la fertilité du sol

On rencontre parfois une acception plus étroite de la notion de fertilité, réduite à la teneur en éléments nutritifs disponibles et cela conduit à une gestion du sol restrictive qui néglige les propriétés physiques et biologiques. Il est préférable de désigner cet aspect sous le nom de teneur en éléments nutritifs (Young, 1988). En effet pour juger de la fertilité du sol, il faut, non seulement, tenir compte de la disponibilité en éléments nutritifs et la capacité de rétention de ces éléments au niveau du sol, mais également tenir compte des propriétés physiques et biologiques du sol ainsi que d'autres aspects du milieu(conditions climatiques). Les critères à prendre en compte dans l'évaluation de la fertilité du sol sont donc variés d'où la question ; comment évaluer la fertilité du sol ?

Dans la mesure où l'évaluation se situe dans une perspective agricole précise, on ne peut dissocier le facteur sol des autres facteurs de production. En effet, l'évaluation de la fertilité des sols selon Lal et Miller cités par Zangré (2000) doit comprendre :

- les propriétés physiques à savoir la structure, la porosité, la profondeur d'enracinement, etc. ;

- les propriétés chimiques telles que la teneur en matière organique et la dynamique du carbone, le recyclage des nutriments, la capacité tampon, etc. ;

- les propriétés biologiques qui sont entre autres , la microflore, les champignons et le cycle du carbone, les bio-transformations(immobilisation, minéralisation, assimilation), la diversité du sol, etc. ;

- le milieu climatique et les actions anthropiques.

1-2-4. Phénomènes de dégradation des sols.

Dans le domaine agricole la notion de dégradation est beaucoup plus liée aux ressources naturelles. La dégradation des ressources naturelles, de façon générale, peut être définie comme une altération de celles-ci. En effet la dégradation du sol est un processus naturel ou provoqué, destructeur de l'équilibre du sol entre profil, végétation, et milieu. Les formes reconnues de dégradation du sol sont l'érosion, la dégradation physique, chimique et biologique, la salinisation et la pollution, où la dégradation chimique inclut tant l'acidification que la teneur en éléments nutritifs (Young, 1995). Toutes ces formes de dégradation entraînent une baisse de la fertilité du sol. Par ailleurs , la dégradation du sol provoque, non seulement, une baisse des rendements agricoles que l'on pourrait obtenir d'après la fertilité intrinsèque du sol, mais peut aussi réduire fortement la réponse aux engrais.

Selon le degré des altérations, la dégradation du sol peut être qualifiée de légère, modérée ou grave. C'est ainsi qu'une sévère dégradation des propriétés physiques conduit à la formation de plaques ou croûtes qui réduisent l'infiltration, abaissent la résistance à l'érosion et empêchent la germination des semences.

Ces phénomènes de dégradation, ci-dessus, sont causés par la conjugaison des modes de gestion de l'espace agricole et des conditions climatiques (Piéri, 1990).

1-2-4. Notion de restauration des sols.

Nous avons souligné précédemment que les conséquences de la dégradation du sol, quelle que soit sa forme, est la baisse de la fertilité du sol qui se traduit le plus souvent par une baisse

des rendements agricoles. En effet, la productivité d'un sol est synonyme de fertilité (Hetier et Guiraud, cités par Sédogo, 1993) d'où la nécessité de maintenir ou d'améliorer la fertilité du sol. Cette question de fertilité a conduit, sans cesse, les acteurs du domaine agricole (paysans, chercheurs) à développer des stratégies de restauration de la fertilité du sol. Parmi ces stratégies ou techniques de restauration nous avons :

- la technique de mise en jachère, ou culture itinérante, qui était autrefois le moyen le plus répandu de restaurer la fertilité épuisée par la mise en culture. Son efficacité est surtout associée à une longue période de jachère or la pression démographique réduit fortement cette durée. Par conséquent, cette technique s'avère inefficace de nos jours. Notons que c'est la plus ancienne pratique agroforestière à laquelle s'ajoutent les cultures en couloirs, la méthode taungya, etc.(Young, 1995). Dans un tel système, c'est le rôle de l'élément ligneux qui est de plus en plus sollicité pour l'amélioration du statut organique des sols, et par là-même de leurs caractéristiques physique et biochimique, la fixation de l'azote, la modification de l'activité biologique dans les sols et donc influence sur la biochimie des sols et de façon souvent positive, etc.(Sène, 1994).
- l'apport des amendements(organique et/ ou minéraux) dont l'action positive sur l'évolution de la fertilité et des rendements agricoles est démontrée par plusieurs études. Mais la contrainte liée à l'approvisionnement et la qualité des amendements se rencontre fréquemment.
- le travail minimum du sol. En effet le labour minimum s'est révélé être un moyen efficace d'entretien de la fertilité du sol, y compris la lutte contre l'érosion(Young, 1995).
- etc.

La notion de restauration, qui pourrait donc se résumer en une reconstitution des propriétés ou de la capacité productive du sol, revêt des aspects assez complexes. En effet, redonner au sol sa capacité de production intrinsèque, nécessite non seulement, la détermination de techniques appropriées, mais également des moyens pour leur réalisation.

1-3. Impact des ligneux sur le maintien de la fertilité des sols.

1-3-1. Généralités

L'impact des ligneux sur le sol a fait et fait toujours l'objet de plusieurs travaux(Nair, 1984 ; Young, 1988, 1989 ; Boffa, 1999 ; etc.). On admet donc que la présence de ligneux

améliore la fertilité du sol. D'énormes preuves ont été avancées pour justifier le rôle des ligneux dans l'évolution de la fertilité des sols. En résumé, le lien entre les ligneux et la fertilité des sols est indiqué par la qualité élevée des sols sous forêt naturelle, par leur cycle nutritif relativement fermé, par le pouvoir de restauration des sols de la jachère ligneuse dans l'agriculture itinérante, et par le succès de la reforestation. En effet le sol qui se forme sous la forêt claire naturelle ou la forêt dense est fertile, bien structuré, a une bonne capacité de rétention de l'humidité, résiste à l'érosion et possède une réserve de fertilité dans les éléments nutritifs liés en molécules organiques. De même, la pratique de l'agriculture itinérante démontre que la forêt est capable de restaurer la fertilité. Par ailleurs, les comparaisons des propriétés du sol sous le cime d'arbres isolés avec celles du sol environnant sans couvert d'arbres apportent de nouvelles preuves des effets des ligneux sur le sol : sous climats semi-arides, il est courant de trouver des teneurs plus élevées en matière organique et en éléments minéraux sous les cimes des arbres que sur le terrain découvert avoisinant. Ces preuves démontrent clairement le rôle joué par les ligneux dans le maintien de la fertilité. Cependant, il est intéressant de savoir comment les ligneux améliorent ou maintiennent la fertilité des sols.

Selon les mêmes sources de travaux, les ligneux améliorent la fertilité des sols :

- en augmentant les apports (maintien ou accroissement de la matière organique ; fixation de l'azote, assimilation d'éléments nutritifs) ;
- en réduisant les pertes (matière organique, éléments nutritifs), en favorisant le recyclage et en contrôlant l'érosion : le principal effet néfaste de l'érosion est la perte de matières organiques et d'éléments nutritifs, entraînant un abaissement du rendement des cultures. On suppose généralement que les systèmes racinaires des ligneux interceptent, absorbent et recyclent les éléments nutritifs en solution dans le sol, qui auraient été perdus par entraînement, et bouclent ainsi plus étroitement le cycle des éléments nutritifs. Les systèmes de mycorhizes associés aux racines des ligneux jouent un rôle dans ce processus grâce à leur pénétration d'une grande proportion du volume du sol, ce qui permet l'absorption d'éléments qui ne peuvent migrer que sur des courtes distances ;
- en améliorant les propriétés physiques du sol, y compris la capacité de rétention d'eau, la structure, la porosité, etc. et l'ameublissement des couches compactes ou indurées par les racines. A cela s'ajoutent les modifications des extrêmes de températures du sol.
- en affectant les conditions chimiques du sol par la réduction de l'acidité (addition de bases à la litière des ligneux) et par la réduction de la salinité ou de la sodicité.

Les ligneux améliorent également la fertilité des sols par les effets bénéfiques sur les processus biologiques du sol.

Le principe selon lequel les ligneux améliorent la fertilité du sol fait l'objet de controverse. En effet, Sanchez et Russel (1987) stipulent qu'il serait possible que certains paramètres de fertilité du sol aient précédés l'installation de l'arbre lui-même. Pour eux, il est donc difficile de dire si ce sont les ligneux qui ont amélioré la fertilité du sol au niveau des endroits occupés par ceux-ci, ou si c'est parce que la fertilité du sol était initialement plus élevée sur ces sites que les ligneux s'y sont implantés. Ceci les a conduit à supposer que les plantes ligneuses choisissent de s'implanter sur des sites favorables et ce faisant, renforcent la redistribution et la concentration des éléments nutritifs et de l'eau .

1-3-2. Cas particulier du karité et du néré.

Au Burkina Faso, le karité et le néré sont les deux espèces les plus rencontrées dans les champs car ces espèces sont considérées comme les arbres de champs par excellence, très utiles économiquement et socialement. Ce sont des espèces dont le pouvoir fertilisant est controversé (Compaoré, 2002). Au Nigeria, il a été rapporté que des cultures de mil et de sorgho se développent mieux sous le houppier du néré (Young, 1986). En effet, lorsque le néré vieillit, il contribue énormément à enrichir le sol sous sa couronne par les débris de branches et d'écorces qui s'y détachent (Maïga, 1987). Par ailleurs, le néré, grâce à ces racines, retient, la terre sous végétale et empêche le ravinement du sol par les pluies. Quant au karité, il améliore la structure physique par son système racinaire et augmente la teneur en matière organique grâce aux feuilles qui tombent et à l'ombrage qui réduit l'évaporation (Picasso, 1984). Cependant ces deux espèces sont considérées dans une certaine mesure comme nuisibles aux cultures. Selon Maïga (1987), le néré est l'espèce la plus « dévoratrice des cultures » ; car dit-elle « je ne peux pas donner à l'homme mes graines pour assaisonner ses sauces et aussi permettre à ses cultures de produire sous mon couvert ».

1-4. Les processus biologique dans les sols.

1-4-1. Les organismes telluriques.

Le sol abrite partiellement ou complètement de nombreuses espèces animales et végétales (pédo-faune, microorganismes, racines). Ils ont tous une incidence directe ou indirecte sur la production végétale. Leurs interactions sur la nutrition minérale sont parfois déterminantes

comme dans le cas de l'azote et également celui des éléments peu mobiles (Vilain, 1970). Par ailleurs, l'activité biologique du sol est essentielle à sa construction, son fonctionnement et à sa fertilité : agrégation, porosité, disponibilité en éléments nutritifs, etc. En effet le sol n'existe pas sans activités biologiques abondantes et diversifiées.

La faune du sol est composée principalement par les nématodes, les arthropodes, les annélides et les insectes. Son rôle est assez important dans la protection des matières organiques et également dans l'entretien de la structure physique du sol (Lavelle *et al.*, 1990). Quant à la population microbienne, elle est toujours très nombreuse, diverse et variable d'un sol à un autre (Vilain, 1970).

Les mycorhizes sont des champignons qui forment des organes rappelant les racines, par une symbiose avec des racines fines. On distingue des ectomycorhizes et des endomycorhizes vésiculaires-arbusculaires. Dans les habitats infertiles, les mycorhizes jouent un rôle crucial dans la croissance et le développement des plantes étant donné leur aptitude à améliorer l'absorption des nutriments par les racines. Les mycorhizes absorbent le P du même pool de nutriments que les racines non colonisées (Connor, 1983). Stuart (1980) et d'autres auteurs notent une solubilisation accrue des nutriments par les mycorhizes associés aux racines d'une grande longévité, pouvant être due à un taux d'acidité accru, lié à leur présence. Un autre avantage des mycorhizes est leur grande capacité de stockage des nutriments. Par ailleurs, les mycorhizes assurent un transfert direct des nutriments de la litière vers les racines (Vitousek et Sanford, 1986).

Le développement des mycorhizes est favorisé par une intensité lumineuse élevée et une fertilité du sol de basse à modérée (Pritchett, 1979). Anderson et Swift (1983) ont suggéré que le rapport P/N puisse s'avérer crucial pour le développement mycorhizien : un rapport P/N élevé et un rapport P/N bas peuvent tous deux ralentir l'activité mycorhizienne.

1-4-2. Les bio-transformations : minéralisation, immobilisation, assimilation.

Les différentes transformations de nature biologique qui se déroulent dans le sol, et qui feront l'objet de notre étude, sont les processus de minéralisation, d'immobilisation et d'assimilation.

La minéralisation correspond à la décomposition des grosses molécules organiques en composés minéraux simples (Dommergues et Mangenot, 1970). C'est un ensemble de réactions de dégradation biologique des substances organiques et de libération des substances minérales. C'est donc un processus induisant un accroissement de la teneur du sol en éléments minéraux.

Dans le cas de la litière, par exemple, la minéralisation dépend des processus de décomposition qui s'y déroulent (Berendse, 1990). En effet, la minéralisation de la litière se déroule en trois phases : une phase initiale de libération où un lessivage des nutriments de la matière organique prédomine ; une phase d'immobilisation nette et une phase de libération nette (Berendse *et al.*, 1989 ; Upadhyay et Singh, 1989).

L'immobilisation consiste en une accumulation des composés minéraux dans les cellules microbiennes. C'est un processus inverse de la minéralisation qui se développe simultanément dans le sol et qui tend à réduire la quantité de substances assimilables par les plantes. En effet, c'est un processus induisant une diminution de la teneur du sol en éléments minéraux et peut être désigné encore sous le terme de réorganisation. Elle se produit par assimilation des éléments nutritifs par les invertébrés du sol dans la biomasse microbienne. La minéralisation de ces éléments se fera, finalement, par le biais des produits de déchets et la décomposition des organismes morts. L'immobilisation des nutriments est influencée par leur teneur dans le sol. Dans les régions tropicales, le N est immobilisé tant que le rapport C/N est supérieur à 10-30 et le phosphore est immobilisé pour un rapport C/P supérieur à 100-500 (Budelman, 1988 ; Upadhyay et Singh, 1989).

L'assimilation est l'absorption des nutriments par les cellules microbiennes ou par les racines des plantes.

Ces bio-transformations sont influencées par la nature des sols, les conditions climatiques et par les pratiques agricoles

DEUXIEME PARTIE :DESCRIPTION DES SITES D'ETUDE.

2-1. Terroir de saponé.

2-1-1. Situation géographique.

Saponé est situé à environ 35 km au sud de Ouagadougou (12°03 latitude Nord, 1°43 longitude Ouest) et à une altitude de 200 m (Bayala *et al.*, 2002). Le terroir de saponé fait partie du plateau central qui est situé entre les parallèles 11° et 14° Nord et les méridiens 0° et 3° Ouest (Sédogo, 1993).

2-1-2. Relief.

Selon Compaoré (2002), le terroir de saponé fait partie de l'immense pénéplaine qui occupe $\frac{3}{4}$ du territoire national. Les altitudes varient entre 300 et 350 m. Le relief est monotone rompu par endroits par des inselbergs granitiques et des buttes cuirassées, tabulaires ou inclinées. La plupart de ces affleurements rocheux ne dépassent pas quelques dizaines de mètres au-dessus de la pénéplaine.

2-1-3. Les sols.

Le terroir de saponé est essentiellement dominé par des sols hydromorphes. Typiques du plateau central, ces sols sont des sols ferrugineux tropicaux sur matériaux sableux. Ils ont une faible fertilité avec un faible pourcentage en éléments nutritifs (N=0,03%, phosphore assimilable= 1,05 ppm, bases échangeables inférieures à 2,5 méq/100 g) (Jonsson *et al.* cités par Bayala *et al.* 2002).

2-1-4. Le climat.

Le climat est de type soudano-sahélien (Compaoré, 2002). On distingue deux saisons : une saison pluvieuse marquée par des pluies intermittentes à partir d'avril et permanentes à partir de juin et un maximum en août et une saison sèche. La température moyenne est de 29°C.

2-1-5. La végétation.

La végétation est composée de deux types de formations : une partie constituée des vallées du fleuve Nazinon caractérisée de part et d'autre par deux massifs boisés moins spécifiques anthropisés et une autre constituée d'une mosaïque de savanes naturelles, des galeries forestières et de forêts claires (Ouadba, cité par Compaoré, 2002). Au-delà de ces massifs, selon toujours les mêmes sources, se trouvent des zones très peuplées, intensément cultivées et caractérisées par la dominance des parcs agroforestiers, de savanes arborée et/ou arbustives.

La végétation est caractérisée par plusieurs espèces. L'espèce dominante est le karité suivi du néré (Comparoré, 2002).

2-1-6. Les activités socio-économiques

Le terroir de saponé est caractérisé par une agriculture et un élevage extensifs. L'agriculture est dominée par la culture des céréales (mil, sorgho, maïs, riz) souvent en association avec le niébé et l'arachide. Quant à l'élevage, il est transhumant en saison sèche et dominé par l'élevage de la volaille et des petits ruminants.

Les activités économiques sont le petit commerce et notamment la vente des produits agricoles.

2-2. Terroir de Saria.

2-2-1. Situation géographique.

Le terroir de Saria fait partie de la province du Bulkiemdé. Saria est situé à environ 25 km à l'est de Koudougou le chef-lieu de la province. Dans ce terroir, une station de recherche, dont les coordonnées géographiques sont 12° 16' latitude nord et 2° 9' longitude ouest a été implantée depuis 1922.

2-2-2. Le relief.

Saria présente dans son ensemble une morphologie de plateau latéritique avec des altitudes variant de 280 à 340 m et caractérisée par des formations géologiques cristallines plus ou moins métamorphisées autour de Saria (Sédogo, 1993). Selon le même auteur, certains travaux indiquent que le substrat granitique est riche en minéraux hydrolysables (feldspaths, biotite, amphiboles) ; le profil d'altération est très développé et épais avec une séquence complète « cuirasse-carapace, argiles tachetées-saprophytes ».

2-2-3. Les sols.

Les sols du terroir de Saria sont des sols ferrugineux lessivés ou non (Jenny, cité par Sédogo, 1993). La texture de ces sols est sablo-limoneuse en surface et argilo-sableuse en profondeur et, la faible teneur en argile et la prédominance de limons et sables fins dans l'horizon 0-20 cm sont à l'origine des phénomènes de prise en masse (Nicou, cité par Sédogo, 1993). D'autres études sur la caractérisation des argiles révèlent une prédominance de la kaolinite et d'illites.

2-2-4. Le climat.

Il est de type nord-soudanien avec une saison sèche d'octobre à avril et une saison humide de mai à septembre. La pluviométrie moyenne est de 800 mm avec de très fortes variations au cours des années. La température moyenne annuelle est de 28°C.

2-2-5 La végétation.

La végétation naturelle est fortement dégradée en raison de la pression démographique et des pratiques agricoles. Seules subsistent sur la station de recherche des zones de mise en défens permettant de reconstituer le couvert végétal naturel (Sédogo, 1993). La physionomie du paysage présente de partout l'allure de paysage agricole dominé par quelques essences arborées protégées. La strate herbacée est composée d'espèce assez variées.

2-2-6 Les activités socio-économiques.

Tout comme à Saponé, le terroir de Saria est caractérisé par une agriculture et un élevage extensifs. L'agriculture est également dominée par la culture des céréales tels que le mil, le sorgho, le maïs. L'arachide, le niébé et les pois de terre sont souvent rencontrés en association avec les céréales. L'élevage est transhumant en saison sèche.

Les sources monétaires sont le petit commerce et la vente des produits agricoles.

TROISIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

3-1 Matériel végétal.

Le matériel végétal est constitué de 15 arbres (10 karités et 5 nérés) et du sorgho. Les arbres ayant un houppier atteignant au moins 3 m de rayon ont été retenus indépendamment de leur âge.

3-1-1. Le karité.

L'espèce est caractéristique de la zone soudanaise. Au Burkina Faso, le karité n'est présent qu'au-dessus du 14^{ème} parallèle de la latitude Nord (Terrible, cité par Compaoré, 2002). A l'exception de la pointe Nord du pays, cette espèce s'étend donc sur toute l'étendue du territoire et se développe préférentiellement sur les sols sablo-argileux ou argilo-siliceux sains, bien ressuyés et non asphyxiants, absent des sols marécageux (Picasso, cité par Niang, 1987). Il peut se contenter des stations pierreuses ou d'un sous-sol latéritique. Le karité aime la lumière ainsi qu'une situation dégagée ou aérée. Il se rencontre dans une tranche pluviométrique allant de 800 à 1500 mm (Maïga, 1987).

3-1-2 Le néré.

Son aire de répartition est sensiblement identique à celle du karité. Le néré préfère les sols limoneux profonds mais il s'adapte aux sols sableux voire aux cuirasses (Geerling, cité par Compaoré, 2002). Il préfère les pluviosités annuelles de 700 à 1500 mm (Hall *et al.*, cités par Compaoré (2002).

3-1-3. Le sorgho.

Le sorgho constitue l'une des principales céréales de base dans l'alimentation des populations au Burkina Faso. C'est une culture des climats tropicaux avec des précipitation supérieures à 400-500 mm, à saison chaude et sèche, exigeante en chaleur (optimum 28°C) pour son épanouissement. Les basses températures retardent la floraison du sorgho. C'est également une plante des jours courts et la baisse de la durée des jours provoque l'épiaison des variétés tardives alors qu'elle est sans effet sur celles précoces (Chantereau et Nicou, cités par Compaoré, 2002).

Le sorgho s'accommode à de nombreux sols avec des pH de l'ordre de 4,5 à 8,5. Il possède de grandes capacités d'utilisation des éléments minéraux ; c'est une plante dont les

besoins et absorption en éléments minéraux varient selon le niveau de rendement, l'intensité de fumure et la disponibilité du sol en ces éléments (Zongo, cités par Compaoré 2002).

Les variétés de sorgho utilisées pour notre étude sont :

- Une variété locale des paysans de Léo pour l'essai des cultures en vase de végétation sur sols prélevés sous karité à Saria.
- La variété SARIASO-14- RO2- pour l'essai des cultures en vase de végétation sur sols prélevés sous karité et sous néré à Saponé.

3-2. Les sols.

Les sols utilisés ont été prélevés à Saria, sous karité, et à Saponé sous karité et sous néré dans les champs des paysans. Sur ces sols les cultures qui étaient en place sont le sorgho, le mil, souvent en association avec le niébé et l'arachide.

3-2-1. Principe de prélèvement et d'échantillonnage des sols.

Pour éviter les éventuelles influences qui pourraient exister entre les arbres voisins, les sols ont été prélevés sous des arbres isolés. Quatre zones concentriques en fonction de la distance au tronc de l'arbre ont été retenues pour les prélèvements. Ces zones sont :

Zone A : $R/2$ autour de l'arbre.

Zone B ; de $R/2$ à R , limite de la projection du houppier au sol.

Zone C : de R à $2R$.

Zone D : de $2R$ à $3R$.

R = rayon moyen du houppier déterminé par la moyenne des 4 rayons (R_1, R_2, R_3, R_4) mesurés suivant les directions centre- est, centre-ouest, centre- nord et centre-sud à l'aide d'un mètre ruban. Le centre étant le tronc de l'arbre (schéma ci-dessous).

Les prélèvements de sols ont été faits dans les zones concentriques de façon aléatoire. Pour ce faire la surface des sols a été nettoyée afin d'enlever les feuilles mortes et autres débris de pailles et tiges. Les sols ont été prélevés sous karité dans le mois d'août à Saria et dans le mois de septembre à Saponé à l'aide d'une tarière. Le prélèvement des sols sous néré, à Saponé, a été effectué en décembre à Saponé à l'aide d'une pioche. On a par arbre 4 échantillons de sols prélevés dans l'horizon 0-25 cm, soit un échantillon composite par zone. L'horizon 0-25 cm a été retenue compte tenu du fait que les activités biologiques, sur lesquelles porte notre étude, se déroulent essentiellement dans les couches superficielles du sol (Piéri, 1989).

pourquoi cette fg ds le date de prélèvement

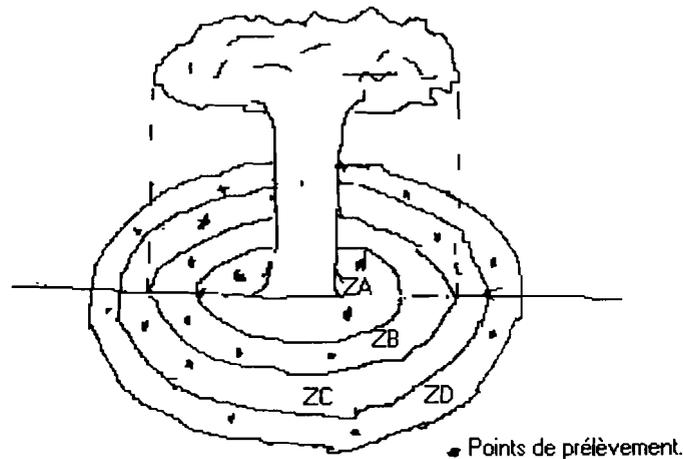


Figure1 : Schéma illustrant le mode de prélèvements des sols

3-2-2. Chauffage des sols

Les sols ont été chauffés à l'étuve pendant 2heures 30 minutes respectivement à 120, 150 et 180°C. Le choix de ces températures se justifie par le fait qu'en deçà de 100°C les caractéristiques chimiques des sols sont peu modifiées. Les travaux de Kang et Sajjapongse (1980) ont montré que les modifications apparaissent seulement à partir de 100°C.

Nous avons trois échantillons de sols : sols prélevés sous karité à Saria, sols prélevés sous karité à Saponé, sols prélevés sous néré à Saponé. Chacun de ces échantillons de sol est constitué de 4 échantillons composites. Chaque échantillon composite, constitué selon la zone de prélèvement, est subdivisé en 4 parties comprenant : un témoin (sol non chauffé) et trois parties chauffées respectivement à 120, 150 et 180°C.

3-2-3. Dispositif expérimental.

L'étude a été conduite suivant un dispositif expérimental en blocs de Fisher randomisé comportant 4 répétitions. Le chauffage constitue le facteur principal avec les traitements suivants :

- sol non chauffé (témoin) ;
- sol chauffé à 120°C ;
- sol chauffé à 150°C ;
- sol chauffé à 180°C.

La zone de prélèvement constitue le facteur secondaire avec 4 modalités :

- R/2 ;

- R ;
- 2R ;
- 3R.

3-3. Culture des plantes

En vue d'étudier les effets du chauffage des sols sur la croissance végétative, le rendement en matière sèche et la mycorhization des plantes de sorgho, des essais en vase de végétation ont été réalisés. Trois essais en vase de végétation ont fait l'objet de notre étude :

1) un essai avec les sols prélevés sous karité à Saria ; essai comportant 16 traitements x 3 répétitions. Durée de l'essai : un mois

2) un essai avec les sols prélevés sous karité à Saponé : il comprend 16 traitements x 3 répétitions. Durée de l'essai : deux mois.

3) un essai avec les sols prélevés sous néré à Saponé : l'essai comporte 16 traitements x 3 répétitions. Durée de l'essai : un mois et demi.

Pour ces expériences, des pots en plastique d'une capacité d'environ deux (2) litres ont été utilisés. Ces pots sont perforés au niveau du bas afin de permettre une élimination de l'eau en excès. Les sols sont repartis dans les pots en raison de 2kg par échantillon. Les pots après avoir été étiquetés ont été disposés de façon randomisée sur des châssis à raison de 16 pots par châssis (photo 1)

Les châssis sont disposés à l'air libre afin d'avoir des conditions plus ou moins analogues à celles sur le terrain. Nous avons effectué un semi-direct dans les pots 24 heures après un arrosage. Une semaine après la levée, un démariage à deux plants par pot a été effectué. L'arrosage se fait chaque 2 jours jusqu'à la fin de l'expérience. Dans le but de minimiser les évaporations, les surfaces des sols contenus dans les pots ont été recouvertes, après la levée, avec du gravier stérilisé à l'eau de javel.

Remarque : il convient de retenir que des difficultés ont été rencontrées pour les essais avec les sols prélevés sous karité à Saria et sous néré à Saponé . Nous avons constaté un dessèchement progressif des plants à partir de la 2^{ème} semaine. Ceci pourrait s'expliquer par les conditions climatiques défavorables des mois d'octobre et de mars ; périodes pendant lesquelles les essais ont été réalisés. Pour cette raison, seuls les résultats obtenus sur l'essai avec les sols prélevés sous karité à Saponé feront l'objet de discussion dans cette partie.



Photo 1 : Vue générale de la disposition des pots contenant les plantes de sorgho.

3-3-1. Croissance végétative du sorgho.

En vue de l'estimation des effets du chauffage sur la croissance végétative du sorgho, des mensurations des plantes ont été réalisées toutes les deux semaines. A cet effet, on a choisi le plant le plus vigoureux de chaque pot et l'on a mesuré sa hauteur (du collet jusqu'à la dernière feuille) à l'aide d'une règle graduée.

3-3-2. Rendement en matière sèche du sorgho.

Les paramètres considérés à ce niveau sont les poids secs des racines et de la partie aérienne de chaque plante. Ces deux parties sont séparées au niveau du collet à l'aide d'une paire de ciseaux. Les racines (soigneusement lavées à l'eau de robinet) et la partie aérienne sont séchées à l'étuve pendant 24 heures à 60°C. Les pesées ont été effectuées à l'aide d'une balance électronique de type Satørius ISO 9001.

3-4. Analyses chimiques des sols

Afin de déterminer l'influence du chauffage sur les paramètres chimiques du sol, des analyses chimiques des échantillons ont été effectuées.

3-4-1. Mesures du pH eau et du pH KCl.

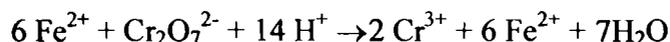
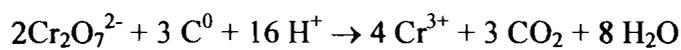
Les pH eau et pH KCl des sols ont été mesurés par la méthode électrométrique au pH-mètre (pH-mètre CRISON de type micropH, Allela, Spain)

Pour déterminer le pHeau du sol, 20 g de terre de chaque échantillon est pesé et mélangé à 50 ml d'eau distillée. L'ensemble est agité pendant 5 mn à l'aide d'un agitateur électrique. Le pHeau de la suspension, au repos, est déterminé électroniquement sur le pH-mètre après étalonnage avec les solutions tampons de pH 4 et pH 7.

Le pHKCl a été déterminé à partir d'une suspension sol/KCl contenant 3,74 g de KCl (poudre), 20 g de sol et 50 ml d'eau distillée. L'ensemble a été agité et laissé au repos pendant 30 mn. La lecture du pH a été réalisée avec le pH-mètre après étalonnage avec les solutions tampons de pH 4 et pH 7.

3-4-2. Dosage du carbone organique.

Le dosage du carbone organique a été effectué par la méthode de Walkley-Black. C'est une méthode par voie humide ; elle consiste en une oxydation à froid d'un échantillon (solide ou liquide) par une solution de bichromate de potassium en présence d'acide sulfurique. L'excès de bichromate est dosé en retour avec une solution standard de Fe²⁺ (dans du sulfate d'ammonium ferreux : sel de Mohr) pour déterminer la quantité qui a réagi. Les équations de réaction sont les suivantes :



Pour le dosage, nous avons tamisé les sols avec un tamis de 2 mm de mailles. Nous avons pesé des quantités de ces sols tamisés que nous avons introduits dans des Erlenmeyers de 500 ml. Selon la teneur en matière organique des échantillons, les quantités des sols varient entre 1,5 et 4 g. Cette variation du poids est due au fait que la quantité de sel de Mohr utilisée pour la titration doit être comprise entre 7 et 14 ml. Pour cette raison, lorsque la teneur en matière organique de l'échantillon est élevée la quantité de sol nécessaire pour le dosage est donc faible afin de respecter la marge. A cette quantité de sol on ajoute exactement 10 ml K₂Cr₂O₇ 1N et 20 ml de H₂SO₄ concentré. Nous avons dilué la suspension avec 200 ml d'eau distillée, après 30 mn de repos. Enfin, la solution est titrée avec Fe²⁺ à 0,5N jusqu'au rouge brique en présence de 10 gouttes d'indicateur (ferroïne). En plus des échantillons de sol, nous avons réalisé deux blancs qui sont faits de la même façon mais sans sol. Ces blancs sont utilisés pour la standardisation de la solution de Fe²⁺.

Calcul du pourcentage de carbone organique(C. org.) facilement oxydable.

$$\text{C. org. (\%)} = (\text{B-S})\text{NFe}^{2+} 1200/\text{p}4000.$$

B = volume de la solution de sel de Mohr utilisé pour titrer le blanc.

S = volume de la solution de sel de Mohr utilisé pour titrer l'échantillon.

P = poids du sol utilisé.

N = normalité du sel de Mohr.

3-4-3. Dosage du phosphore assimilable.

Le dosage a été effectué selon la méthode Bray1. C'est une méthode dans laquelle le sol est traité avec une solution 0,03M NH_4F et 0,025M HCl . Le phosphore est déterminé par colorimétrie avec du molybdate d'ammonium et de l'acide ascorbique. On extrait avec cette solution le phosphore soluble dans les acides, une grande partie des phosphates de calcium et une partie des phosphates d'aluminium et de fer. Le fluorure d'ammonium dissout les phosphates d'aluminium et de fer. Il forme des complexes avec les ions Al^{3+} et Fe^{3+} en milieu acide. Cette méthode a été utilisée fréquemment sur des sols acides comme indicateur du phosphore disponible. Nous l'avons donc utilisé car la plupart de nos sols sont des sols acides.

Pour cette fin, nous avons pesé 1,5g de sol de chaque traitement, tamisé avec un tamis de 2mm. Ce sol est introduit dans un flacon plastique de 25 ml dans lequel on ajoute 10,5 ml de la solution d'extraction (solution composée de 0,03M NH_4F et 0,025M HCl). Ce mélange a été agité manuellement et centrifugé pendant 5 mn à l'aide d'une centrifugeuse. Ensuite, filtrer immédiatement avec un papier filtre de type Wattman n°1, le filtrat est recueilli dans un tube plastique de 25 ml. Deux ml de l'extrait de chaque échantillon de sol auquel on ajoute 8 ml de réactif mélangé (solution-mère d'acide molybdique + acide ascorbique) ont été utilisés pour le développement de la couleur. L'ensemble est bien agité à l'aide d'un agitateur vortex. Une gamme étalons a été également préparée. Le principe est basé sur la lecture des absorbances. Cette lecture des absorbances de nos échantillon de sols et des standards (gamme étalon) a été effectuée sur un spectrophotomètre (Milton Roy Spectronic 20D) à 882 micromètres.

Le calcul des valeurs du phosphore assimilable a été réalisé à l'aide de la courbe de tendance obtenue par le logiciel excel à partir des valeurs de la gamme étalon. Il s'agit d'une courbe illustrant les valeurs lues sur l'écran du spectrophotomètre en fonction des concentrations de la gamme étalon et dont l'équation est de la forme $y = ax + b$.

3-4-4. Dosage de l'azote total.

Le dosage a été effectué par le laboratoire d'analyse chimique du C.R.E.A.F. de Kamboinsé suivant la méthode de Kjeldahl.

3-5. Analyses microbiologiques des sols

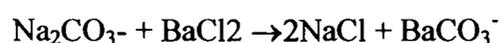
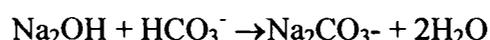
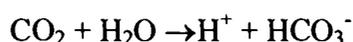
3-5-1. Activité respiratoire des sols

L'influence du chauffage des sols sur leur intensité respiratoire a été déterminée par le test respirométrique. Ce test a pour but d'apprécier et de comparer l'aptitude à la minéralisation de divers substrats organiques dans le sol. L'intensité respiratoire est l'expression de la minéralisation du carbone. Elle est déterminée par le dégagement du gaz carbonique (CO₂) qui est piégé et dosé par titration. Ce dégagement présente des caractéristiques qui fournissent des indications précieuses sur l'activité biologique des sols (Dommergues et Mangenot, 1970).

3-5-1-1 Dosage du gaz carbonique

Des bocaux d'une capacité d'1 litre ont été utilisés. Les sols, non tamisés, humidifiés aux 2/3 de leurs capacités maxima de rétention sont mis à incuber dans ces bocaux qui contiennent par ailleurs un flacon contenant 10 ml d'eau pour maintenir l'humidité du milieu constante et un flacon contenant 10 ml de soude (NaOH/10) pour piéger le CO₂. On dose toutes les 24 heures le CO₂ piégé par la soude pendant la première semaine d'incubation puis toutes les 48 heures après la première semaine d'incubation.

Le CO₂ fixé est précipité par le chlorure de baryum (BaCl₂ 3%); sous forme de carbonates selon les réactions :



Après précipitation du carbonate de sodium par le BaCl₂, on dose l'excès de NaOH par HCl N/10 en présence de la phénol phtaléine. Chaque test comporte 16 traitements x 3 répétitions. A ceux-ci s'ajoutent 3 blancs. Les blancs sont des bocaux sans échantillon de sol. L'incubation dure 21 jours.

3-5-1-2. Expressions des résultats.

La quantité Q de CO₂ dégagé par jour est obtenue par la formule suivante :

$$Q = (V_b - V_{\text{éch.}}) * 2,2$$

V_b = volume de HCl N/10 utilisé pour doser le blanc.

V_{éch.} = volume de HCl N/10 utilisé pour doser l'échantillon de sol.

A 2,2 g de CO₂ correspond 1 ml de HCl (Dommergues, 1960).

3-5-2. Infection mycorhizienne

Le taux de mycorhization des racines a été estimé par la méthode de Trouvelot *et al.* (1985) après coloration au bleu de Trypan selon la technique de Philips et Hayman cités par Trouvelot *et al.* (1985). L'observation au microscope optique a permis d'estimer le degré de mycorhization.

3-5-2-1. Principe de coloration des racines.

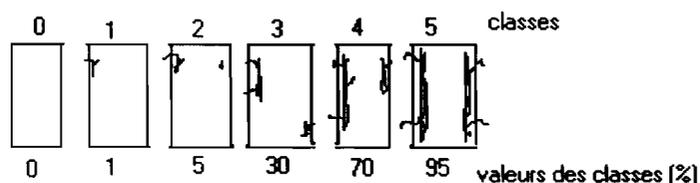
La coloration des racines a été réalisée de la façon suivante : des racines fines du système racinaire de chaque plante ont été prélevées et introduites dans un tube à essai. Une solution de KOH à 10% est préparée et versée dans chaque tube contenant les fragments de racines. L'ensemble racines + KOH 10% est chauffé pendant 30 minutes. Ensuite le KOH est éliminé et les racines sont rincées plusieurs fois à l'eau courante. Après cette opération, le bleu de Trypan, additionné au lactophenol 10%, est versé dans chaque tube contenant les fragments de racines. Au bout de 5-10 minutes de chauffage, le bleu de Trypan + lactophenol 10% est versé et les racines sont rincées à l'eau courante.

3-5-2.2. Observation des racines au microscope optique.

Pour l'observation, dix fragments de racines d'une longueur d'environ 1 cm sont montés sur des lames sur lesquelles on ajoute de la glycérine. Les racines sont observées à l'aide d'un microscope optique (grossissement : x 10). La présence d'hyphes indique la mycorhization de la racine.

3-5-2.3. Evaluation du degré de mycorhization des racines.

En vue de l'estimation du degré de mycorhization, deux paramètres ont été considérés. Ce sont la fréquence de mycorhization et l'intensité de mycorhization. Pour ce faire une notation des fragments de racines est effectuée au moyen de 6 classes allant de 0 à 5 selon le schéma suivant (Trouvelot *et al.*, 1985) :



0 : pas d'infection.

1 : trace.

2 : moins de 10%.

3 : de 11 à 50%

4 : de 51 à 90%

5 : plus de 90%

Les calculs ont été effectués comme suit :

- fréquence de mycorhization $F(\%) = 100(N-n_0)$. N = nombre de fragments observés et n_0 = nombre de ces fragments sans trace de mycélium. F reflète l'importance de la contamination.
- Intensité de mycorhization $M(\%) = (95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + 1n_1)/N$ où n_5, n_4, \dots, n_1 désignent respectivement les nombres des fragments notés 5, 4, ..., 1.

3-6. Analyses statistiques des données.

Les données ont été saisies sur le logiciel Excel. Elles ont été traitées par une analyse de variance et les moyennes comparées à l'aide des tests de Tukey et de Duncan grâce aux logiciels MINITAB et S.P.S.S.

QUATRIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

4-1 Effets de la température sur les propriétés chimiques des sols.

> Résultats

4-1-1 Effets sur le pH.

Les résultats des effets de la température sur les caractéristiques chimiques des sols sont donnés par les tableaux I, II et III. Il ressort des résultats d'analyse que la valeur du pH varie avec la température et la zone de prélèvement (annexes 1 et 2).

Pour les sols prélevés sous karité à Saponé une comparaison des valeurs moyennes de toutes les zones révèle que le pH eau diminue avec l'augmentation de la température : il passe de 6,84 pour le témoin (T) à 6,44 à la température de 180°C (annexe 1). La différence entre ces valeurs moyennes est significative au seuil de 5%. Les traitements se classent de la façon suivante : $T > 120^{\circ}\text{C} > 150^{\circ}\text{C} > 180^{\circ}\text{C}$.

Pour les sols prélevés sous néré à Saponé et sous karité à Saria, l'analyse de l'effet global des températures sur le pH eau montre une tendance différente de celle des sols précédents (annexe 1). Pour ces deux types de sol, les valeurs moyennes indiquent qu'on a une augmentation significative du pH eau du témoin (T) à 150°C ; on note une diminution à 180°C, la valeur obtenue restant supérieure à celle du pH eau du témoin (T). L'examen des résultats du pH eau en fonction de la zone de prélèvement montre une diminution des valeurs au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tronc de l'arbre au niveau des sols prélevés sous karité à Saponé quelle que soit la température fixée (annexe 2). La plus forte valeur est observée dans la zone R/2 et la plus petite dans la zone 3R. Pour les sols prélevés sous néré à Saponé les valeurs moyennes se classent respectivement comme suit : $2R > R/2 > 3R > R$ et sous karité à Saria on a $R > 2R > R/2 > 3R$. (annexe 2).

L'analyse de variance des moyennes de l'effet global de la température (annexe 1) montre une augmentation non significative du pH KCl (des sols prélevés sous karité à Saponé) de T à 150°C et une baisse de 150 à 180°C. Nous avons la même tendance pour les sols prélevés sous néré à Saponé et sous karité à Saria.

Par rapport à la distance au tronc d'arbre, les moyennes du pH KCl (annexe 2) suivent les mêmes tendances que celles du pH eau des sols prélevés sous karité à Saponé et à Saria. Par

Tableau I- : Caractéristiques chimiques des sols en fonction de la température
(sols prélevés sous karité à Saponé).

	Zone de prélèvement.	Températures			
		T	120°C	150°C	180°C
pH _{eau}	R/2	7,05g	6,98fg	6,93efg	6,70cd
	R	6,91efg	6,84def	6,62bc	6,52b
	2R	6,79de	6,73cd	6,61bc	6,35a
	3R	6,63bc	6,61bc	6,50b	6,23a
pH _{KCl}	R/2	6,42d	6,34cd	6,42d	6,27bcd
	R	5,83abc	6,02abcd	5,94abcd	5,86abcd
	2R	,569a	5,78abc	5,83abc	5,59a
	3R	5,49a	5,64a	5,68a	5,72ab
Carbone organique (%)	R/2	1,45g	1,25f	1,29f	1,24f
	R	0,89d	0,85cd	0,88d	0,87d
	2R	0,70ab	0,73ab	0,75ab	0,78ab
	3R	0,66a	0,71ab	0,67a	0,75ab
Phosphore assimilable.	R/2	2,26cde	2,24cde	2,43de	3,27g
	R	1,80ab	1,88abc	2,54ef	2,35de
	2R	2,05bcd	1,92abc	2,64ef	2,52ef
	3R	1,63a	2,56ef	2,56ef	2,83f
Azote total* (g/kg de sol).	R/2	0,60	0,60	0,66	0,58
	R	0,46	0,47	0,50	0,45
	2R	0,37	0,37	0,37	0,41
	3R	0,32	0,39	0,31	0,35

- (*) l'analyse a été réalisée sans répétition
- T : sol témoin non chauffé ; 120, 150 et 180°C températures respectives des sols chauffés.
- Pour chaque paramètre chimique, les valeurs portant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan.

Tableau II- Caractéristiques chimiques des sols en fonction de la température
(sols prélevés sous néré à Saponé).

Paramètres chimiques.	Zone de prélèvement.	Températures			
		T	120°C	150°C	180°C
pH _{eau}	R/2	5,71bcd	5,72bcd	5,93de	5,87cde
	R	5,37a	5,72bcd	5,92de	6,01e
	2R	5,73bcd	5,86cde	5,95de	5,79bcde
	3R	5,64bc	5,83bcde	6,06e	5,58ab
pH _{KCl}	R/2	4,80cde	4,86defg	4,97gh	4,98h
	R	4,49a	4,75bcd	4,86defg	4,92fgh
	2R	4,76bcd	4,91efgh	4,89efgh	4,71bc
	3R	4,52a	4,81cdef	4,88efgh	4,69b
Carbone organique.	R/2	0,64bcd	0,71cd	0,74d	0,65cd
	R	0,60abcd	0,57abcd	0,57abcd	0,54abc
	2R	0,66cd	0,59abcd	0,59abcd	0,56abcd
	3R	0,70cd	0,55abc	0,46ab	0,46ab
Phosphore assimilable.	R/2	2,02ef	1,74abcd	1,84cde	2,16f
	R	1,84cde	1,66abc	1,64abc	1,51a
	2R	1,76abcde	1,70abc	1,84cde	2,02ef
	3R	1,80bcde	1,74abcd	1,55ab	1,98def
Azote total* (g/kg de sol).	R/2	0,41	0,42	0,41	0,43
	R	0,35	0,38	0,36	0,35
	2R	0,38	0,34	0,36	0,32
	3R	0,31	0,32	0,27	0,31

- (*) l'analyse a été réalisée sans répétition
- T : sol témoin non chauffé ; 120, 150 et 180°C températures respectives des sols chauffés.
- Pour chaque paramètre chimique, les valeurs portant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan.

sur la ligne ou la colonne ?

Tableau III- : Caractéristiques chimiques des sols en fonction de la température
(sols prélevés sous karité à Saria).

Paramètres chimiques.	Zone de prélèvement.	Températures			
		T	120°C	150°C	180°C
pH _{eau}	R/2	6,26bcd	6,38cd	6,58d	6,43d
	R	5,77ab	6,27bcd	6,41d	6,26bcd
	2R	5,89abc	6,43d	6,35cd	6,17abcd
	3R	5,73a	6,28cd	6,24bcd	6,17bcde
pH _{KCl}	R/2	5,47def	5,56f	5,49ef	5,35cdef
	R	4,97ab	5,06bc	5,20bcdef	5,17bcde
	2R	5,02bc	5,11bc	5,22bcdef	5,12bcd
	3R	4,63a	5,03bc	4,88ab	4,92ab
Carbone organique* (%).	R/2	1,14	1,15	1,19	1,09
	R	0,92	0,97	1,01	0,90
	2R	0,80	0,94	0,96	0,82
	3R	0,85	0,79	0,92	0,84
Phosphore assimilable (ppm)	R/2	2,14ab	2,51bcde	2,80cde	3,12e
	R	1,67a	2,43bc	2,93cde	2,75bcde
	2R	3,02cde	2,70bcde	2,53bcde	3,09de
	3R	2,90cde	2,46bcd	2,58bcde	3,09de
Azote total* (g/kg de sol).	R/2	0,41	0,52	0,62	0,62
	R	0,54	0,41	0,51	0,36
	2R	0,53	0,39	0,49	0,46
	3R	0,51	0,56	0,57	0,47

- (*) l'analyse a été réalisée sans répétition
- T : sol témoin non chauffé ; 120, 150 et 180°C températures respectives des sols chauffés.
- Pour chaque paramètre chimique, les valeurs portant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan.

Adew

contre, celles des sols prélevés sous néré à Saponé changent ; Les valeurs, significativement différentes baissent de R/2 à 3R

4-1-2 Effets sur le carbone organique.

Les résultats de l'effet de la température sur le carbone organique des sols sont présentés dans les tableaux I, II et III.

Pour les sols prélevés sous karité à Saponé les résultats d'analyse de l'effet global de la chaleur (annexe 1) ne montrent pas de différences significatives, toutefois on note de légères variations entre les traitements. La plus faible valeur est obtenue à 120°C (0,89) et la plus forte dans le témoin (0,92).

Au niveau des sols prélevés sous néré à Saponé, l'analyse de l'effet globale (annexe 1) montre une diminution progressive et non significative du carbone organique avec l'augmentation de la température.

Pour les sols prélevés à Saria (tableau III), les valeurs indiquées portent sur une seule répétition. L'observation montre une tendance similaire des teneurs en carbone organique pour toutes les zones de prélèvement. On a une augmentation de la température témoin (T) à 150°C et une diminution à 180°C.

Par ailleurs ces résultats (tableaux I, II, III) et l'analyse statistique (annexe 2) indiquent qu'il existe des différences significatives en fonction des zones de prélèvement quelle que soit la température. On a une diminution du carbone organique au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'arbre.

4-1-3 Effets sur le phosphore assimilable.

L'examen des résultats des sols prélevés sous karité à Saponé (tableau I) montre une légère augmentation des valeurs du phosphore assimilable avec l'augmentation de la température dans les zones R/2 et 3R. Pour les zones R et 2R, on observe une légère baisse à 150°C et 180°C mais les valeurs restent supérieures à celles des témoins.

L'analyse de variance de l'effet global de la température (annexe 1) indique une différence significative. En général, le phosphore assimilable augmente avec la température au niveau de ces différents échantillons de sols. Pour les sols prélevés sous néré à Saponé et sous karité à Saria nous avons la même tendance que celle des sols précédents. Les plus fortes valeurs sont observées à 180°C. Par ailleurs, la zone R/2 renferme les teneurs en phosphore les plus élevées pour les sols prélevés sous karité et sous néré à Saponé. Quant aux sols prélevés sous

karité à Saria les valeurs moyennes les plus élevées sont observées au niveau de la zone 2 R (annexe 2). Le chauffage stimule donc la minéralisation du phosphore.

4-1-4 Effets sur l'azote total.

En ce qui concerne les valeurs de l'azote total, elles n'ont pas fait l'objet d'une analyse statistique car le dosage a été effectué en une seule répétition.

Les résultats d'analyse des sols prélevés sous karité à Saponé (tableau I) montrent que le chauffage du sol affecte légèrement la teneur de l'azote total qui augmente avec la température de 150°C et diminue à 180°C dans les zones R/2 et R. Pour les zones 2R et 3R, la teneur augmente du témoin (T) à 180°C. D'une zone à une autre les teneurs en azote total varient ; elle baisse légèrement quand on s'éloigne de l'arbre.

L'azote total des sols prélevés sous néré à Saponé (tableau II) varie légèrement avec la température et la zone de prélèvement. Par rapport à la température, les plus fortes valeurs sont observées à 180°C et les plus petites à la température témoin (T) pour les zones R/2 et R tandis qu'au niveau des zones 2R et 3R, on observe le phénomène contraire. Pour ce qui est des zones de prélèvement, c'est la même tendance au niveau des sols prélevés sous karité à Saponé. Concernant les sols prélevés sous karité à Saria (tableau III), on a aussi une variation de la teneur de l'azote total avec la température d'une part et d'autre part avec les zones de prélèvement. Dans la zone R/2 on a une légère augmentation de l'azote total de T à 180°C. Par contre dans les zones R, 2R, et 3R on a une légère diminution. En faisant la moyenne par température dans chaque type de sol, on constate que les températures élevées provoquent une diminution de l'azote total au niveau des sols.

➤ Discussion

Les résultats de l'étude montrent que le chauffage a des effets variables sur le pH du sol. Il peut entraîner une augmentation ou une diminution en fonction des températures. Ceci a été également observé par plusieurs auteurs. Certains auteurs ont noté que le chauffage du sol provoque une augmentation du pH (Nishita et Haug, 1972 ; Sertsu et Sanchez, 1978). D'autres par contre ont observé à la fois une augmentation et une diminution en fonction des gammes de températures. Ainsi pour Giovannini *et al.* (1987) le pH du sol diminue à 220°C et augmente pour toutes les températures supérieures à 220°C dans les sols (argileux et sableux).

La baisse du pH souvent observée serait probablement due à la diminution de l'action tampon associée à la dénaturation des colloïdes (Coles *et al.*, 1930). Quant à l'augmentation, elle

serait attribuable à la perte, entre autres des groupes OH résultant de la dénaturation des minéraux d'argile et à l'apparition de K_2O et de CaO qui entraîneraient une diminution de l'acidité (Monnier, 1981 ; Giovannini *et al.*, 1990). Selon Monier (1981), un tel résultat confirme l'opinion de pH Duchauffour selon laquelle : "l'incinération provoquée de la couche Ao, si elle est suffisamment rapide pour être incomplète et ne brûler qu'une partie de l'humus brut afin de limiter les pertes sous forme d'azote gazeux, serait suivie d'une forte libération d'azote minéral et d'une remontée accentuée du pH favorable à l'activité des bactéries".

S'agissant du carbone organique, ces résultats montrent dans l'ensemble une baisse avec l'augmentation de la température. Sa teneur varie avec la zone de prélèvement pour chaque échantillon de sol. Cet effet est conforme aux conclusions tirées par Giovannini et Lucchesi, (1997) ; Giovannini *et al.* (1990). Pour ces auteurs, la teneur de la matière organique diminue légèrement à 220°C et au-delà de cette température, la matière organique est oxydée. La baisse de sa teneur dans les sols serait l'effet d'une minéralisation et dans certaines mesures une oxydation du carbone organique. Les teneurs variables du carbone organique d'une zone à une autre sont surtout liées à une différence d'apports et de minéralisation des matières organiques dans ces zones. Les zones sous houppiers (R/2 et R) ont les teneurs les plus élevées à cause de la production continue de matière organique par les plantes en ces endroits. Ces observations renforcent le principe selon lequel les arbres accroissent la teneur des matières organiques au niveau du sol.

Dans le cas du phosphore, l'accroissement du phosphore assimilable dans les sols serait certainement provoqué par la solubilisation des formes minérales insolubles et la minéralisation des formes organiques (Dommergues et Mangenot, 1970). La majeure partie du phosphore inorganique serait immobilisée par les colloïdes du sol ou la matière organique (Tinker cité par Charron, 1990). Pour ce faire la dénaturation des colloïdes et la combustion des matières organiques pendant le chauffage (Giovannini et Lucchesi, 1997) pourrait aussi entraîner une augmentation de la teneur du phosphore dans les sols. A cela s'ajoute aussi la libération du phosphore qui était immobilisé dans les cellules microbiennes avant le chauffage. En fait certaines espèces microbiennes sont capables d'assimiler directement les phosphates insolubles ; elles accumulent ainsi à l'intérieur de leurs cellules de grandes quantités de phosphore qui peut être sous forme minérale et/ou sous forme organique (Dommergues et Mangenot, 1970). La mort de ces cellules microbiennes causée par le chauffage va stimuler donc la libération du phosphore dans le sol.

Concernant l'azote total le résultat obtenu est en accord avec ceux de Giovannini *et al.* (1990) qui ont observé une légère diminution de l'azote total à 220°C et une diminution très prononcée concomitamment avec la combustion de la matière organique au-delà de 220°C.

Les résultats des travaux antérieurs (Giovannini *et al.*, 1990 ; Giovannini et Lucchesi, 1997) ont montré que la baisse de l'azote serait probablement liée à la minéralisation et/ou la perte par volatilisation de l'azote.

4-2 Effets de la température sur les activités biologiques des sols.

> Résultats.

4-2-1 Intensité respiratoire.

Les résultats des quantités de CO₂ dégagé par les sols sont consignés dans les tableaux IV, V et VI. Ces résultats font apparaître un effet significatif des traitements sur l'intensité respiratoire des sols au seuil de 5%. Ils montrent par ailleurs une tendance similaire du dégagement de CO₂ pour les trois types de sols prélevés à Saponé et à Saria : la quantité de CO₂ dégagé augmente avec l'augmentation de la température quel que soit le traitement.

Le dégagement de CO₂ est plus important dans l'intervalle J1-7 suivie de J8-15 et de J15-21. Ceci signifie que le dégagement de CO₂ diminue avec la durée du temps d'incubation. Les quantités totales de CO₂ dégagé après 21 jours d'incubation diminuent progressivement avec l'augmentation de la température pour tous les sols. L'analyse de variance montre qu'on a une différence significative entre les traitements (annexe 3). Les plus fortes valeurs sont observées à 180°C et les plus faibles à T (témoin).

Pour ce qui est de la zone de prélèvement des sols, les résultats révèlent que la quantité totale de CO₂ dégagée pendant 21 jours d'incubation diminue progressivement de R/2 à 3R. L'analyse de variance montre également une différence significative entre les valeurs (annexe 4).

Ces résultats permettent de conclure que le dégagement de CO₂ est stimulé d'une part, par le chauffage du sol et, d'autre part, par la nature du sol (zone de prélèvement).

Tableau IV : Intensité respiratoire des sols par intervalles de temps de 7 jours exprimée en mg C/100g de sol (sols prélevés sous karité à Saponé).

Intervalle de temps (jours).	Zone de prélèvement	Températures.			
		T	120°C	150°C	180°C
J ₁₋₇	R/2	54,67h	61,27i	60,02i	77,18j
	R	27,32d	38,02f	38,17f	62,59i
	2R	24,90cd	26,00d	33,40e	38,83f
	3R	13,53a	19,54b	22,62c	47,41g
J ₈₋₁₄	R/2	26,14jk	24,63ij	23,06hi	26,72k
	R	13,78fg	14,59g	14,62g	22,00h
	2R	9,34c	10,30cd	12,35ef	12,42ef
	3R	4,91a	7,58b	11,70de	15,59g
J ₁₅₋₂₁	R/2	22,22h	17,42g	17,31g	20,76h
	R	10,53e	13,46f	8,95cde	15,81g
	2R	6,17ab	7,49bc	8,81cde	9,32cde
	3R	4,44a	5,73ab	8,44cd	9,87de
C-CO ₂ total.	R/2	103,03h	103,32h	100,39h	124,67i
	R	51,63d	66,07f	61,75ef	100,39h
	2R	40,41c	43,78c	54,56d	60,57e
	3R	22,28a	32,85b	42,75c	72,67g

T : sol témoin non chauffé ; 120, 150 et 180°C températures respectives des sols chauffés.

Les valeurs portant une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan.

Tableau V : Intensité respiratoire des sols par intervalle de temps de 7 jours exprimée en mg C/100 g de sol (sols prélevés sous néré à Saponé).

Intervalle de temps (jours).	Zone de prélèvement	Températures.			
		T	120°C	150°C	180°C
J ₁₋₇	R/2	22,40de	28,26i	29,07i	41,68j
	R	16,68bc	21,96de	26,72hi	27,31hi
	2R	12,42a	23,42def	22,18de	25,33fgh
	3R	15,14b	17,70c	21,08d	24,38egf
J ₈₋₁₄	R/2	9,83bcde	10,90de	11,85e	17,17f
	R	9,21bcde	9,61bcde	11,56e	11,52e
	2R	5,40a	8,40bcd	9,17bcde	9,28bcde
	3R	8,66bcd	7,27ab	8,00bc	10,31cde
J ₁₅₋₂₁	R/2	9,18c	8,12c	7,68abc	12,55
	R	7,53abc	8,23bc	9,14c	8,30bc
	2R	5,57a	6,50ab	6,32ab	7,09abc
	3R	7,71abc	6,50ab	6,32ab	7,09abc
C-CO ₂ total.	R/2	41,41ef	47,28fg	48,60g	71,40h
	R	33,42bcd	39,80de	47,42fg	47,13fg
	2R	23,59bc	38,33de	37,67cd	41,70ef
	3R	31,51bc	30,41b	34,44bcd	42,07ef

T : sol témoin non chauffé ; 120, 150 et 180°C températures respectives des sols chauffés.

Les valeurs portant une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan.

Tableau VI : Intensité respiratoire des sols par intervalle de temps de 7 jours exprimée en mg C/ 100 g de sol (sols prélevés sous karité à Saria).

Intervalle de temps (jours).	Zone de prélèvement	Températures.			
		T	120°C	150°C	180°C
J ₁₋₇	R/2	14,00bc	22,28e	21,11de	31,45f
	R	5,13a	11,51b	17,01cd	22,07e
	2R	4,98a	11,21b	14,07bc	17,74cd
	3R	3,95a	6,37a	11,00b	15,83c
J ₈₋₁₄	R/2	11,56gh	14,38h	13,32gh	13,25gh
	R	5,95abc	8,08bcde	9,76def	8,77cdef
	2R	7,67bcde	6,76abcd	8,04bcde	10,64efg
	3R	4,26a	3,86a	5,33ab	7,27bcd
J ₁₅₋₂₁	R/2	9,14d	10,28d	10,09d	10,39
	R	3,68ab	5,07abc	6,68c	6,94c
	2R	5,11abc	5,88bc	4,89abc	6,02c
	3R	3,31a	2,98a	3,49a	4,78abc
C-CO2 total	R/2	34,70de	46,95g	44,53fg	55,09h
	R	14,75a	24,65bc	33,45de	37,78ef
	2R	17,76ab	23,85bc	27,00cd	34,41de
	3R	11,53a	13,21a	19,81abc	27,88cd

T : sol témoin non chauffé ; 120, 150 et 180°C températures respectives des sols chauffés.

Les valeurs portant une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan.

4-2-2 Taux de mycorhization du sorgho.

La figure 2 présente les résultats sur l'intensité d'infection et la fréquence de mycorhization du sorgho sur les sols prélevés sous karité à Saponé. Une analyse de variance des valeurs moyennes indique des différences non significatives entre les traitements. Cependant on note de légères variations avec la température et aussi avec la zone de prélèvement des sols. Dans la zone R/2 l'intensité d'infection (I) augmente avec l'élévation de la température. Une tendance contraire est observée au niveau de la zone R. Pour les zones 2R et 3R, on a une diminution progressive de l'intensité d'infection de la température témoin (T) à 150°C suivie d'une légère augmentation à 180°C tout en restant supérieure au témoin. Dans l'ensemble, à l'exception de la zone R/2, le taux d'infection des sols chauffés est inférieur à celui des sols non chauffés.

La fréquence de mycorhization est élevée pour toutes les zones (> 70%).

➤ **Discussion.**

Les résultats de cette étude révèlent une stimulation de l'intensité respiratoire des sols par l'augmentation des intensités de chauffage. Ceci pourrait s'expliquer par la minéralisation des cadavres de microorganismes tués par la chaleur à laquelle il faut ajouter les phénomènes d'oxydation et de dégradation des matières organiques des sols chauffés. L'intensité respiratoire exprime la minéralisation des matières organiques, en particulier le carbone. Ainsi sa stimulation indique donc que le chauffage réduit l'immobilisation en faveur de la minéralisation. Ces deux phénomènes inverses se déroulent simultanément dans le sol (Dommergues et Mangenot., 1970).

Concernant les différences entre les quantités de CO₂ observées en fonction des zones de prélèvement elles seraient liées à la teneur des matières organiques, en particulier le carbone organique, dans ces zones.

Par rapport au taux de mycorhization, les diminutions observées pourraient s'expliquer par l'accroissement des nutriments assimilables, en l'occurrence le phosphore assimilable, dans les sols chauffés. En fait les analyses chimiques révèlent une augmentation du phosphore assimilable. Cet élément influencerait les phénomènes de mycorhization. L'effet inhibiteur du phosphore assimilable a depuis longtemps été mis en évidence et il a été montré que le pourcentage de la colonisation diminue avec des niveaux croissants de phosphore assimilable du sol (Asimi *et al.*, 1980 ; 2000 ; Charron, 1990).

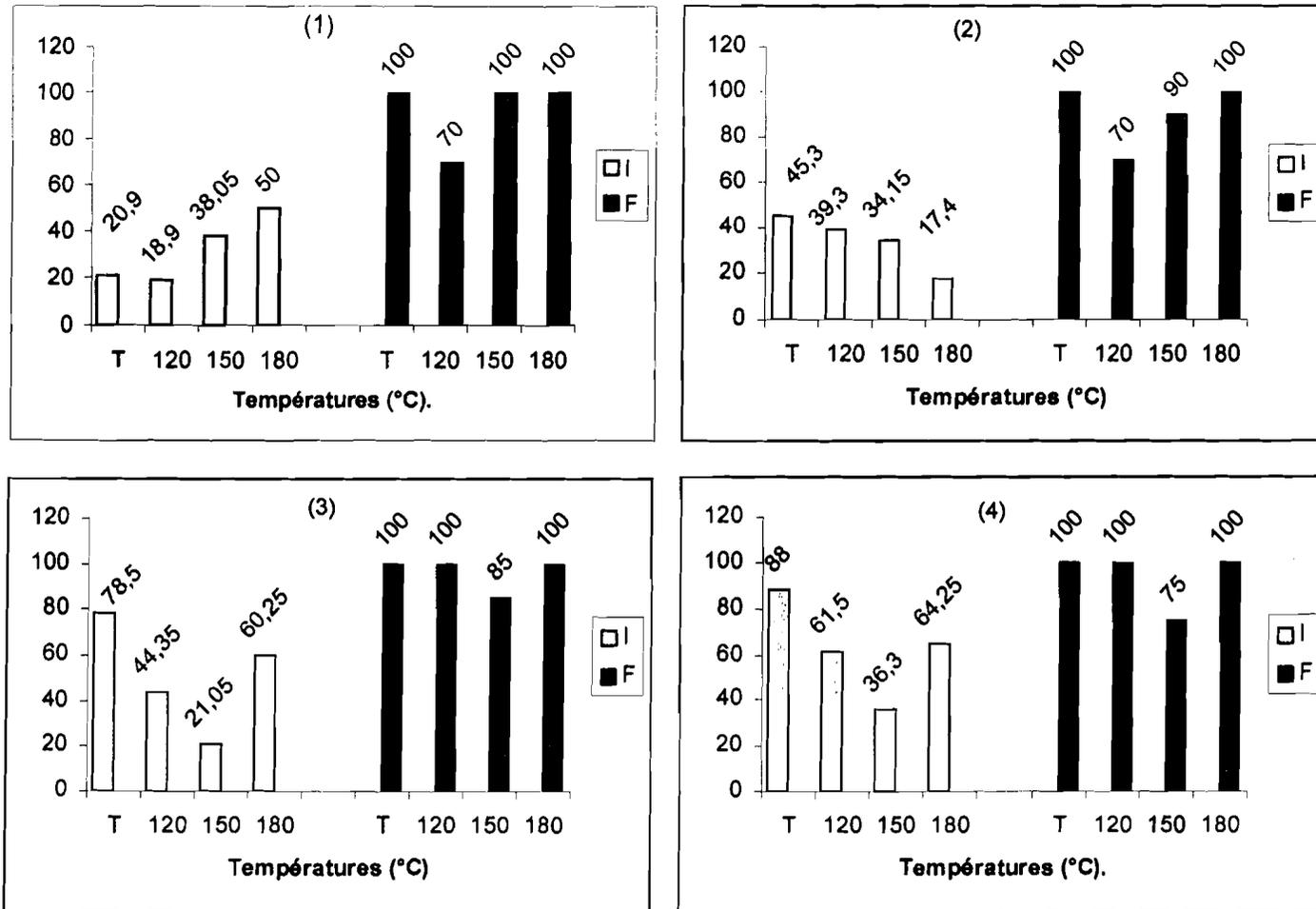


Figure 2- Histogrammes illustrant l'intensité d'infection (I) et la fréquence de mycorrhization (F) des plantes de sorgho. Prélèvements effectués dans les zones R/2 (1), R (2), 2R (3), et 3R (4) sous karité à Saponé. Les valeurs portées les histogrammes indiquent les pourcentages de mycorrhization

La teneur et la nature des nutriments constituent donc des facteurs très importants pour l'évolution de l'intensité d'infection et la fréquence de mycorhization au niveau du sol.

4-3 Croissance végétative et rendement en matière sèche du sorgho.

➤ Résultats.

4-3-1 Croissance végétative du sorgho.

Les photos 2 et 3 ainsi que la figure 3 illustrent la croissance végétative des plantes de sorgho pour les sols prélevés sous karité à Saponé et le tableau VII donne les résultats de l'analyse de variance.

Les histogrammes (figure 3) illustrent cette croissance végétative des plantes de sorgho en fonction de la température dans les zones de prélèvement des sols. Ils permettent de constater une différence entre les traitements. L'analyse de variance (tableau VII) révèle un effet significatif pour la température dès la première mesure (M1). On note que les températures élevées induisent des croissances relativement plus élevées. Dans chaque zone de prélèvement la valeur la plus élevée est observée à 180°C suivie de celle à 150°C les valeurs moyennes du témoin et de la température de 120°C sont sensiblement identiques. Concernant la distance par rapport à l'arbre, l'effet significatif n'est observé qu'à partir de la troisième mesure. Les écarts entre les différentes valeurs sont variables avec les zones de prélèvement.

4-3-2 Rendement en matière sèche.

Le tableau VIII regroupe les résultats des rendements en matière sèche dans les sols prélevés sous karité à Saponé. Il fait ressortir une différence significative entre les traitements.

Pour ces sols, le poids total de la matière végétale sèche évolue en dents de scie au niveau des R/2, R, et 2R. On a une légère augmentation de T à 120°C, puis une légère diminution à 150°C, tout en restant supérieure à la valeur du témoin, suivie d'une augmentation à 150 et 180°C. Dans la zone 3R, on a une légère augmentation progressive avec l'augmentation de la température.

Une analyse de l'effet global de la température (annexe 5) montre un léger accroissement du poids total de la matière sèche des plants de sorgho avec l'augmentation de la température pour toutes les zones de prélèvement. Cela nous conduit à dire que le chauffage stimule la production de la matière sèche.



Photo 2 : Illustration de la croissance végétative des plantes cultivées dans le sol de la zone R/2 en fonction de la température pour les sols prélevés sous karité à Saponé.



Photo 3 : Illustration de la croissance végétative des plantes cultivées dans le sol de la zone 3R en fonction de la température pour les sols prélevés sous karité à Saponé.

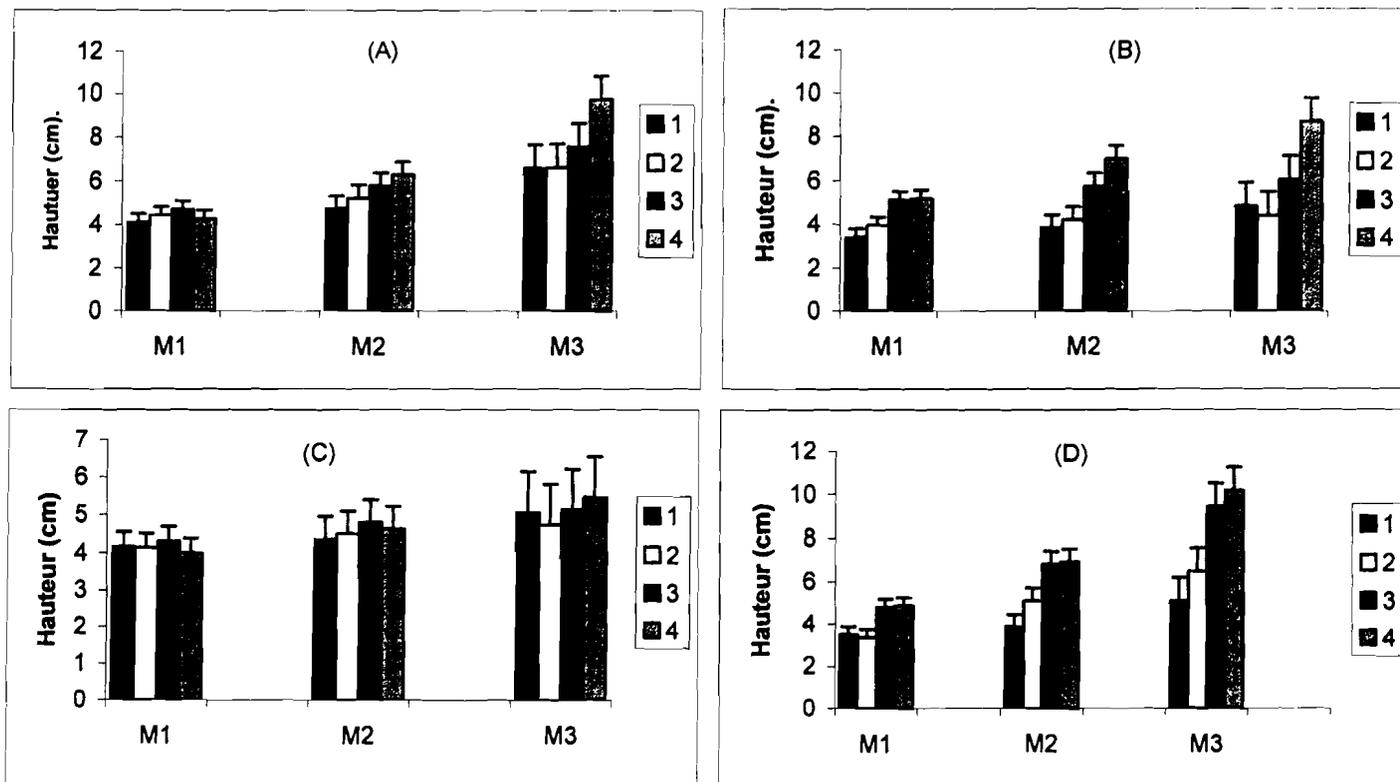


Figure 3- Histogrammes illustrant la croissance végétative des plants de sorgho en fonction de la température dans les zones de prélèvement R/2 (A), R (B), 2R (C), 3R (D) sous karité à Saponé. Les barres indiquent les écart-types ; les chiffres 1, 2, 3, et 4 de la légende correspondent respectivement aux températures du témoin, 120, 150, et 180°C.

Tableau VII : Analyse de variance pour les hauteurs des plantes en fonction de la distance de prélèvement et de la température (sols de Saponé sous karité)

Source	DF	SC	SC ajusté SS	CM	F	P
<u>1ère mesure :</u>						
dist	3	0,7306	0,7306	0,2435	0,50	0,687
T°C	3	7,4490	7,4490	2,4830	5,05	0,005
Erreur	41	20,1502	20,1502	0,4915		
Total	47	28,3298				
<u>2ème mesure :</u>						
dist	3	8,447	8,447	2,816	2,52	0,072
T°C	3	30,364	30,364	10,121	9,05	0,000
Erreur	41	45,879	45,879	1,119		
Total	47	84,690				
<u>3ème mesure :</u>						
dist	3	61,584	61,584	20,528	6,00	0,002
T°C	3	76,684	76,684	25,561	7,47	0,000
Erreur	41	140,291	140,291	3,422		
Total	47	278,559				

Tableau VIII- Rendement en matière sèche des plantes de sorgho en fonction des températures et des zones prélèvements des sols.

Site	Zone de prélèvement	Poids sec (mg)											
		Racines				Partie aérienne				Total			
		T	120°C	150°C	180°C	T	120°C	150°C	180°C	T	120°C	150°C	180°C
Saponé (Karité)	R/2	229abc	330bc	360cd	536e	302a	500ab	465ab	1175d	530ab	830abc	825abc	1711de
	R	137a	231abc	236abc	533e	149a	348a	283a	826bcd	286ab	579ab	520ab	1358cd
	2R	109a	127a	113a	173ab	146a	195a	150a	264a	255a	322ab	263a	437ab
	3R	242abc	332bc	518de	687e	260a	566abc	969cd	1243d	537ab	898bc	1487de	1930e
Saponé (nééré)	R/2	189d	61abc	90abc	108bc	260d	148c	135bc	227d	449f	208bcd	224cd	334e
	R	111c	66abc	64abc	75abc	133bc	74a	99abc	137bc	243d	139abc	163abcd	211bcd
	2R	78abc	73abc	41a	57ab	82ab	95abc	69a	112abc	160abcd	168abcd	110ab	169abcd
	3R	91abc	48a	43a	39a	104abc	65a	61a	72a	195abcd	113ab	103a	112ab
Saria (karité)	R/2	250b	230ab	100ab	122ab	186bcd	216cd	255d	120ab	436bcd	446cd	355abcd	241abcd
	R	180ab	128ab	106ab	169ab	110ab	168abc	162abc	142abc	290abcd	296abcd	268abcd	311abcd
	2r	123ab	141ab	84a	248ab	104ab	99ab	114ab	211cd	227abc	240abcd	198a	458cd
	3r	111ab	169ab	221ab	112ab	96a	134abc	115ab	119ab	207ab	303abcd	336abcd	231abcd

NB: pour chaque site, les valeurs portant une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan

Par rapport à la zone de prélèvement, on observe des différences significatives lorsque l'on passe d'une zone à une autre. De la zone R/2 à 2R on a une légère diminution suivie d'une augmentation à 3R. L'analyse de l'effet global de la distance (annexe 6), révèle qu'il existe une différence significative entre les valeurs obtenues. La plus forte valeur est observée dans la zone 3R et la plus faible dans la zone 2R.

➤ **Discussion.**

Ces résultats montrent que : 1) le chauffage du sol stimule la croissance végétative du sorgho ; 2) l'importance de la stimulation varie avec la température de chauffage. Ils sont en accord avec ceux de Sertsu et Sanchez (1978) qui ont montré que le chauffage du sol favorise la croissance des plantes. Les travaux de Wilson, cité par Giovannini et al. (1990), ont, quant à eux, montré que la croissance de certaines cultures tels que le blé, le seigle et l'orge s'est accentuée après le chauffage du sol à 95°C, mais qu'elle a été retardée par des températures comprises entre 135 et 175°C. Pour Giovannini *et al.*(1987) le chauffage à 170°C n'a pas d'effet sur la croissance des plantes; cependant les températures de 700 et 900°C inhibent la croissance.

La stimulation de la croissance des plants de sorgho traduit en fait une fertilité élevée de ces sols. Ceci pourrait s'expliquer par les modifications induites au niveau de certains facteurs : caractéristiques chimiques, activité biologique. Les résultats d'analyse chimique et le test respirométrique montrent que ces modifications s'accompagnent de la libération de certains éléments minéraux tels que le phosphore assimilable et le carbone minéral. L'accroissement de ces nutriments est une conséquence de la minéralisation de la matière organique. Signalons aussi que la destruction des microorganismes par le chauffage réduit les phénomènes de compétition entre les racines et ces derniers, favorisant ainsi une libre absorption des éléments nutritifs. Toutes ces conditions réunies entraînent une bonne nutrition minérale des plantes. Ce qui conduit à une bonne expression de leur potentiel de production.

L'accroissement du poids total avec l'augmentation de la température de chauffage est le reflet de la croissance végétative observée précédemment. Ce résultat serait la conséquence de l'évolution de certains paramètres chimiques et de l'activité biologique. En effet, on a une augmentation du phosphore assimilable et de l'intensité respiratoire des sols. L'augmentation de la teneur en phosphore assimilable, accompagnée de celle du carbone minéral avec l'élévation de la température justifierait le gain de poids observé. En effet, la teneur et la disponibilité des éléments nutritifs présents dans le sol au cours du cycle cultural, déterminent la capacité de la nutrition minérale des plantes et, en grande partie les rendements quantitatifs des cultures

(Bacyé, 1993). Pour ce faire la baisse du poids de la matière sèche de la zone R/2 à 2R répond bien à la condition ci-dessus. Cependant les résultats obtenus dans la zone 3R montrent que cette hypothèse n'est pas toujours vérifiée car avec des teneurs en éléments nutritifs légèrement plus faible de cette zone que celle des zones R/2, R et 2 R des poids plus élevés ont été obtenus. Ce résultat pourrait s'expliquer par la présence dans la zone 3 R d'éléments facilement assimilables par la plante.

4-4 Corrélations entre les paramètres étudiés.

> Résultats.

Les corrélations entre les différents paramètres étudiés sont données par le tableau IX.

4-4-1 Corrélations entre les rendements des plantes et les propriétés chimiques des sols.

On note d'une part, une corrélation positive entre le rendement et le carbone organique, l'azote total et le phosphore assimilable et d'autre part une corrélation négative avec le pH eau (tableau IX). Seule la corrélation avec le phosphore est hautement significative ($p = 0,005$).

4-4-2 Corrélations entre les rendements des plantes de sorgho et l'intensité respiratoire des sols.

Les rendements sont positivement corrélés avec la quantité de CO_2 dégagé par les sols. Cette corrélation est non significative.

4-4-3 Corrélations entre les propriétés chimiques et l'intensité respiratoire des sols.

Les résultats d'analyse de corrélation (tableau IX) montrent que la quantité de CO_2 dégagé est significativement corrélée avec les teneurs en carbone organique et en azote total des sols.

> Discussion.

L'examen des résultats montre une corrélation hautement significative entre le rendement des plantes et le phosphore assimilable. Ce résultat pourrait expliquer l'augmentation des rendements des plantes observée par suite du chauffage des sols. Ceci confirme bien les résultats d'analyse du sol qui ont révélé un effet significatif de la chaleur sur la teneur en phosphore assimilable. Ce résultat s'apparente à ceux de Giovannini et al. (1997) qui ont observé une augmentation de la teneur en phosphore minéral avec le chauffage des sols. Les éléments tels que l'azote total et le

Tableau IX- Relations entre les paramètres étudiés

Correlations (Pearson)

	rac	pa	tot	CO2	pHeau	N tot	C.org
pa	0,973 0,000						
tot	0,988 0,000	0,997 0,000					
CO2	0,441 0,087	0,424 0,101	0,432 0,094				
pHeau	-0,445 0,084	-0,466 0,069	-0,462 0,072	0,295 0,267			
N tot	0,056 0,836	0,010 0,970	0,025 0,926	0,824 0,000	0,657 0,006		
C.org	0,116 0,669	0,081 0,765	0,093 0,732	0,847 0,000	0,641 0,007	0,956 0,000	
P.ass	0,607 0,013	0,688 0,003	0,665 0,005	0,478 0,061	-0,433 0,094	0,184 0,495	0,230 0,392

Cell Contents: Correlation
P-Value

rac = poids sec racines, pa = poids sec partie aérienne ; tot = poids sec total

carbone organique semblent jouer un rôle secondaire. Pour le carbone et l'azote Pallo *et al.* (2000) ont obtenu des résultats similaires à ceux de cette étude. Ils ont en effet observé pour la fraction organo-minérale inférieure à 50 microns que les teneurs en matières organiques et azote ne sont que faiblement affectées par les feux.

Les corrélations entre le rendement des plantes et l'intensité respiratoire des sols ne sont pas significatifs au seuil 0,05, elles le sont au seuil de 0,1. L'accroissement des rendements des plantes semble être le reflet de l'augmentation de l'intensité respiratoire par suite du chauffage des sols. L'intensité respiratoire des sols est un bon indice qui permet d'estimer le taux de fertilité des sols (Asimi *et al.*, 2000).

L'intensité respiratoire des sols est fortement corrélée avec le carbone organique ($r = 0,84$) et l'azote total ($r = 0,82$). Ce résultat rejoint ceux d'autres travaux qui ont mis en évidence l'effet bénéfique de l'apport de ces deux éléments sur la respiration des sols (Shibahara *et al.*, 1998 ; Thiombiano et Dianou, 1999 ; Sawamoto *et al.*, 2000 ; Asimi *et al.*, 2000).

CONCLUSION GÉNÉRALE.

La présente étude a été conduite en vue de contribuer à une meilleure connaissance des effets de la chaleur provoquée et des plantes ligneuses sur les paramètres chimiques et biologiques des sols. L'objectif principal est de montrer les avantages et les inconvénients des pratiques de brûlis des résidus de récoltes utilisées comme méthode de préparation des champs chez les paysans à travers des tests sur des sols provenant des parcs à karité et à néré à Saria et à Saponé.

L'une des conclusions majeures de l'étude est l'élévation des températures des sols par chauffage induit des modifications sur les paramètres tant chimiques que biologiques. L'importance des modifications est fonction des intensités des températures de chauffage.

Au plan des propriétés chimiques des sols l'effet le plus marqué de la chaleur s'observe surtout avec le phosphore assimilable qui subit une augmentation significative par rapport au sol non chauffé.

L'étude a aussi révélée un important accroissement de l'intensité respiratoire des sols dû à l'élévation des températures ; cet accroissement passe pratiquement du simple au double suivant les traitements. Quant à la mycorhization des plantes l'étude n'a révélé aucun effet significatif de la chaleur sinon que de légères baisses avec les températures les plus élevées.

79 L'étude a également mis en évidence une stimulation de la croissance végétative et de rendement des plantes de sorgho. Toutes les températures utilisées pour cette étude se révèlent être dans l'intervalle des températures permettant au sol d'exprimer une bonne fertilité qui est traduit par les meilleurs croissance et rendement des cultures de sorgho après le chauffage. Cela atteste que le chauffage des sols pourrait être utilisé dans certaines mesures pour accroître la production des cultures. Cependant, l'effet inhibiteur des fortes intensités de températures doit être pris en compte dans cette pratique.

Cette étude montre par ailleurs que les effets du chauffage, sous couvert ou hors couvert végétal sont plus ou moins similaires du point de vue évolution des paramètres étudiés.

L'analyse des corrélations fait ressortir le lien étroit qui existe entre les différents paramètres étudiés surtout le phosphore assimilable dont la production est stimulée par le chauffage. De même l'activité respiratoire des sols est fortement corrélée par leur teneur en carbone organique, cela témoigne d'une bonne fertilité biologique des sols.

La présente étude se justifie par le fait que la chaleur quelle que soit sa source est un facteur qui influence la fertilité des sols, mais son action est très souvent négligée dans les

processus d'évaluation de la fertilité d'un sol. En modifiant les équilibres au niveau du sol, la chaleur affecte directement sa fertilité qui pourrait se répercuter sur les rendements agricoles.

Une telle étude devrait s'inscrire dans le long terme car des bénéfices immédiats peuvent se traduire par la suite par une destruction du potentiel de production. Dans ce cas, la question qui se pose est de savoir quelle technique doit-t-on adopter pour une meilleure exploitation des effets bénéfiques de la chaleur et assurer aussi une gestion durable de ce potentiel de production qu'est le sol ?

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson J. M. et M. J SWIFT** (1983). Decomposition in tropical forests. In "Tropical rain forest: ecology and management"; Sutton S. L., Whitmore T. C., Chadwich A. C. (eds) Blackwell, Oxford London Edinburgh Boston Melbourne, pp. 287-309 (special public 2 British Ecol. Soc.).
- Asimi S., V. Gianinazzi-Pearson, and S. Gianinazzi** (1980). Influence of increasing soil phosphorus levels on interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizae and Rhizobium in soybeans. *Canadian Journal of Botany*; **58** (20) :2200-2205.
- Asimi S., P. M Sedogo., A. Assa, et F. Lompo** (2000). Influence des modes de gestion des terres sur la respiration du sol et le carbone de la biomasse microbienne. *Science et technique, série Science Naturelle et Agronomie* ; **24** (1) : 42-53.
- Bacýé B.** (1993). Influence des systèmes de cultures sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone Soudano-Sahélienne (province du Yatenga, Burkina Faso). Thèse de doctorat en Sciences, Univ. Aix Marseille III, France, 243p.
- Bationo A., F. Lompo, and S. Koala** (1998). Research on nutrient flows and balances in west Africa: state of the art. *Agriculture, Ecosystems and Environment*; **71**: 19-35.
- Bationo A. and A. Buerkert** (2001). Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudano-Sahara west Africa. *Nutrient cycling in Agroecosystems*; **61**: 131-142.
- Bayala J., Z. Teklehaimanot et S. J. Ouedraogo** (2002). Millet product under pruned trees crowns in a parkland systems in Burkina Faso. *Agroforestry Systems*; **54** (3): 203-214
- Berendse F.** (1990). Organic matter accumulation and nitrogen mineralisation during secondary in heathland ecosystems *J. Ecol.*; **78**: 413-427.
- Berendse F., R Bobbink. et G. Rouwenhort** (1989). A comparative study on nutrient cycling. In wet heathland ecosystems In. "Litter decomposition and nutrient mineralisation". *Oecologia* (Berlin) ; **78**: 338-348.
- Betremieux R., E. Le Borgne and G. Monnier** (1960). Evolution de certains propriétés du sol sous l'influence du chauffage. *C. R. Acad. Sci. Paris* ; **251** : 2753-2755.
- Boffa J. M.** (1999). Agroforestry parklands in Sub-Saharan Africa. F.A.O. Conservation Guide 34.

- Budelman A.** (1988). The decomposition of the leaf mulches of *Leuceana leucocephala*, *Gliricidia sepium* and *Flemingia macrophylla* under humid tropical condition. *Agroforestry systems*; 7: 33-45.
- Charron G.** (1990). Réponse de plants d'oignons à l'endomycorhization selon la méthode d'inoculation, le type de sol et la fertilisation azotée et phosphatée. Mémoire de maître ès sciences (M. Sc). Ecole des gradués, Université Laval (Canada), 98p.
- Coles H. G. and C.G.T. Morrison** (1930). Deshydration and soil acidity. *Soil Science*, 29: 59-70.
- Compaoré A.** (2002). Effets de la taille du houppier sur la production fruitière du karité (*Vitellaria paradoxa Gaertn. C.F.*), du néré (*Parkia biglobosa Jacq. Benth.*) et sur le développement du sorgho (*Sorghum spp. Moench*) en culture associée dans les parcs agroforestiers à Saponé (province du Bazéga). Mémoire du diplôme d'inspecteurs des eaux et forêts, Ecole Forestière de Dindéresso, Burkina Faso.
- Connor D.J.** (1983). Plant stress and their influence on production of agroforestry plant association in Huxley P.A (ed). *Plant research and agroforestry*. I.C.R.A.F., Nairobi pp 249-256.
- De Vries D.A.** (1975). Heat transfer in soil. In "heat and mass transfer in the biosphere". D.A De Vries and N.H Afgan (eds) Scripta Book, Washington, D.C, pp 5-28.
- Dommergues Y.** (1960). La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. *L'Agronomie tropicale* ; 15 (1) : 56-60.
- Dommergues Y. et F. Mangenot** (1970). Ecologie microbienne du sol. Edition Masson et C^{ie}. Paris, France.
- Giovannini G., S. Luccchesi and M. Giachetti** (1987) The natural evolution of a burned soil: a three-year investigation. *Soil Science*; 143 (3): 220-226.
- Giovannini G., S. Luccchesi and M. Giachetti** (1990). Effects of heating on some chemical parameters related to soil fertility an plant growth. *Soil Science* 149 (6): 344-350.
- Giovannini G. and S. Luccchesi** (1997). Modifications induced in soil physico-chemical parameters by experimental fires at different intensities. *Soil Science*. 162 (7): 479-486.
- Hien V., P.M. Sédogo et F. Lompo** (1994). Gestion de la fertilité des sols au Burkina Faso. Bilan et perspectives pour la promotion de systèmes agricoles durables dans la zone soudano-sahélienne. In "Promotion de systèmes agricoles durables dans les zones pays d'Afrique Soudano- Sahélienne" ; (eds) M. Benoit- Cattin, J.-C. de Grandi. Séminaire 10-14 janvier 1994 ; F.A.O./C.I.R.A.D./C.T.A. p 47-59.

- Kang B.T. and A. Sajjapongse (1980).** Effect of heating on soil chemical properties of soils from Southern Nigeria and growth of rice. *Plant Soil*. **55**:85-95
- Kitur B.K. and W.W. Frye (1983).** Effects of heating on soil chemical properties and growth and nutriment composition of corn and millet. *Soil Science*. Am. J. **47**: 91-94.
- Lavelle P., A. Martin., E. Blanchart, C. Gilot, G. Mlendez, B. Pashanasi (1990).** Conservation de la fertilité des sols de savane par la gestion de l'activité de la macrofaune du sol : Comment produire plus et de façon durable en savanes au sud du Sahara ?. In : " Savanes d'Afrique terres fertiles? " (eds) Piéri C., J. Bodichon, P. Fontanel, J.M. Forgue. Actes des rencontres internationales : Montpellier, 10-14 décembre 1990. La documentation française, Paris, 371-399.
- Louppe D. (1996).** Température du sol après un feu de brousse. Mise à feu de la parcelle feu tardif. Konkodékro 8 mars 1996. I.D.F.O.R/D.F.O/C.I.R.A.D-Forêt. Korogho, Abidjan, Côte d'Ivoire, 8p.
- Louppe D., R. Olivier, N. Ouattara et M. Fortier (1998).** Impacts des feux répétés sur les sols des savanes du centre de la Côte d'Ivoire. Communication faite lors du séminaire international sur « aménagement intégré des forêts naturelles dans la zone tropicale sèche de l'Afrique de l'ouest », Ouagadougou, Burkina Faso, 16 au 20 novembre 1998., 11p.
- Maïga A. (1987).** L'arbre dans les systèmes agroforestiers traditionnels de la province du Bazéga. Influence sur les cultures. Communication présentée lors du séminaire national sur les essences forestières locales. Ouagadougou, Burkina Faso, 6-10 juillet 1987 : 47-54.
- Masson H. (1949).** La température du sol au cours d'un feu de brousse au Sénégal. *Bulletin Agricole*, Congo Belge, **40** :1933-1940.
- Mémento de l'agronome (édition 2002)** C.I.R.A.D-G.R.E.T. Ministère français des affaires étrangères.
- Monnier Y. (1981).** La poussière et la cendre. Agence de coopération culturelle et technique.
- Nair P.K.R. (1984).** Soil productivity aspects of agroforestry. *Science and practice of agroforestry I*. I.C.R.A.F., Nairobi.
- Niang A.I. (1987).** Notes préliminaires sur l'espèce *Butyrespermum parkii* G.D. (karité). Communication présentée lors du séminaire national sur les essences forestières locales. Ouagadougou, Burkina Faso, 6-10 juillet 1987 : 104-120.
- Nishita H. and R.M. Haug (1972).** Some physical and chemical characteristics of heated soils. *Soil Science*, **113**: 422-430.

- Pallo F. (1998).** Effets des feux sur la matière organique des sols des forêts naturelles dans la région centre-ouest du Burkina Faso. Communication faite lors du séminaire international sur « Aménagement intégré des forêts naturelles dans la zone tropicale sèche de l'Afrique de l'ouest ». Ouagadougou, 16-20 novembre 1998.
- Pallo F., L. Sawadogo et M.P. Sédogo (2000).** Effets des feux répétés sur la teneur en azote des sols dans la région centre-ouest du Burkina Faso. *Science et technique, Sciences naturelles et agronomie* ; **24** (1) : 92-101.
- Picasso C. (1984).** Synthèse des résultats acquis en matière de recherche sur le karité au Burkina Faso de 1950 à 1958. I.R.H.O II, Paris , France.
- Piéri C. (1989)** Fertilité des terres de savanes : bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. *Ministère français de la Coopération et du Développement/C.I.R.A.D-I.R.A.T.*, Paris, 444p.
- Piéri C. (1990).** Les bases agronomiques de l'amélioration et du maintien de la fertilité des terres de savanes au sud du Sahara. In "Savanes d'Afrique, terres fertiles ?" Actes des rencontres internationales, Montpellier, 10-14 décembre 1990. *Ministère de la Coopération et du Développement/C.I.R.A.D* ; p. 43-73.
- Pritchett W.L. (1979).** Properties and management of forest soils. John Wiley and Sons, New York Chichester Brisbane Toronto.
- Sanchez P.A. et C.E. Russel (1987).** Contrasting effects of *Pinus caribaea* and *Gmelina arborea* on soil properties. In "Tropsoils: technical report 1985-1986" (eds) Caudle et C.B. Mc Cant. Raleigh, north Carolina, U.S.A. : north Carolina state University :29-30.
- Sawamoto T., R. Hatano, T. Yajima, K. Takahashi and A.P. Isaev (2000);** Respiration in Siberian Taiga ecosystems with different histories of forest fire. *Soil Sc. Plant Nutr.* ;**41** (1) : 31-42.
- Sédogo M.P. (1993).** Evolution des sols ferrugineux lessivés sous cultures : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de doctorat ès-sciences (Sciences du sol), Université nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, 332p.
- Séne E.H. (1994).** Agroforesterie : Possibilités et limites en tant qu'option de développement durable. In "Promotion de systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique Soudano-sahélienne "(eds) Michel B.C. et J.C. de Grandi. F.AO.-C.T.A.-C.I.R.A.D. Dakar, Sénégal 10-14 janvier 1994.
- Sertsu S.M. and P.A. Sanchez (1978)** .Effects of heating on some changes in soil properties in relation to Ethiopian land management practice. *Soil Sci. Soc. Am. J.*; **42**: 940-944.

- Shibahara F., S. Yamamuro and K. Inubushi** (1998). Dynamics of microbial biomass nitrogen as influenced in paddy fields. I. Fate of fertilizer and soil organic N determined by ^{15}N tracer technique. *Soil Sc. Plant Nutr.* ; **44** (2) : 167-178.
- Soltner D.** (1987). Les bases de la production végétale. 15^{ième} édition. Collection *Sciences et Techniques agricoles*. Tome I. Le sol.
- Stuart C.F.** (1980) The mineral nutrition of wild plants. *Ann. Rev. Syst.*; **11**: 233-260.
- Thiombiano L. et D. Dianou** (1999). Activité biologique globale dans trois états de surface de sols sahéliens. *Annales de l'Université de Ouagadougou, série B.* ; **7** : 175-187.
- Trouvelot A., J.L Kough. et V. Gianinazzi-Pearson** (1985). Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In "Physiological and genetical aspects of mycorrhizae", Gianinazzi-Pearson V. and S. Gianinazzi, I.N.R.A. publications, Paris, France, p 217-221.
- Upadhyay V.P. and J.S. Singh** (1989). Patterns of nutrient immobilization and release in decomposition forest litter in central Himalaya. *India J. Ecol.* :**77**:127-146.
- Vilain M.** (1970). La production végétale: les composantes de la production. Agriculture d'aujourd'hui. *Sciences, Techniques, Applications*. Vol 1 Ed. J.B. Baillière.
- Vilain M.** (1989). La production végétale: la technique de la production. Agriculture d'aujourd'hui. *Sciences, Techniques, Applications*. Vol 2 361p ; Ed. J.B. Baillière.
- Vitousek P.M. and R.L.J. Sandford** (1986). Nutrient cycling in moist tropical forest. *Am. Rev. Syst.*; **17**: 137-167.
- Widden P. and D. Parkinson** (1975). The effects of a forest fire on soil microfungi. *Soil Biol. Biochem.*; **7** : 125-138.
- Young A.** (1986). Effects of trees on soil. In "Amelioration of soil by trees", (eds) Prinsley R.T. and Swift M.J. Commonwealth Science Council, London U.K., p 10-19.
- Young A.** (1988) The potential of agroforestry for soil conservation. In "Land conservation for future generations: proceedings of the fifth international soil conservation", (ed) S. Rimwanich. Conference, Bangkok, Ministry of Agriculture and Cooperatives; p 237-246.
- Young A.** (1989) Agroforestry for soil conservation. CAB International, London, I.C.R.A.F.; *Science and practice of Agroforestry* N°4.
- Young A. trad./ M. Baumer** (1995). L'agroforesterie pour la conservation du sol. C.T.A, I.C.R.A.F. ; 1995. 194p
- Zangré B.V.C.A.** (2000). Effets combinés du travail du sol et des amendements organiques sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical lessivé dans la région de Saria (zone centre du

Burkina Faso). Mémoire du diplôme d'Ingénieur Agronome. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 81 p.

.

ANNEXES

RESULTATS DES ANALYSES STATISTIQUES

Annexe 1- Effets de la température sur les caractéristiques chimiques des sols

1^{ère} variable : pHeau

Libellé	Saponé sous karité		Saponé sous néré			Saria	
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05			Sous-ensemble pour alpha= 0,05	
	1	2	1	2	3	1	2
T	6,84		5,61			5,91	
120	6,79			5,78			6,34
150	6,66				5,96		6,39
180		6,45		5,81	5,81		6,26
Signification	0,61	1	1,000	0,689	0,051	1,000	0,238

Test de Duncan au seuil 5%

2^{ème} variable : pHKCl

Libellé	Saponé sous karité		Saponé sous néré		Saria
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05
	1		1	2	1
T	5,86		4,64		5,02
120	5,94			4,83	5,19
150	5,97			4,90	5,20
180	5,86			4,82	5,14
Signification	0,576		1,000	0,228	0,246

Test de Duncan au seuil 5%

3^{ème} variable : Carbone organique

Libellé	Saponé sous karité	Saponé sous néré
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05	Sous-ensemble pour alpha= 0,05
	1	1
T	0,92	0,65
120	0,89	0,60
150	0,92	0,59
180	0,91	0,56
Signification	0,806	0,091

Test de Duncan au seuil 5%

4^{ème} variable : Phosphore assimilable

Libellé	Saponé sous karité		Saponé sous néré		Saria	
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05	
	1	2	1		1	2
T	1,94		1,85	1,85	2,43	
120	2,16		1,71		2,52	
150		2,54	1,71		2,71	
180		2,75		1,92		3,16
Signification	0,157	0,177	0,131	0,467	0,217	1,000

Test de Duncan au seuil 5%

Annexe 2- Effets de la distance sur les caractéristiques chimiques des sols

1^{ère} variable : pHeau

Libellé	Saponé sous karité			Saponé sous néré		Saria	
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05			Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05	
	1	2	3	1		1	2
R/2			6,91	5,80			6,41
R		6,72		5,75		6,17	6,17
2R	6,62	6,62		5,83		6,21	6,21
3R	6,49			5,77		6,10	
Signification	0,152	0,262	1,000	0,496		0,460	0,101

Test de Duncan au seuil 5%

2^{ème} variable : pHKCl

Libellé	Saponé sous karité			Saponé sous néré		Saria		
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05			Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05		
	1	2	3	1	2	1	2	3
R/2			6,36		4,90			5,47
R		5,91		4,75			5,10	
2R	5,72	5,72		4,81	4,81		5,12	
3R	5,63			4,72		4,86		
Signification	0,385	0,066	1,000	0,199	0,192	1,000	0,802	1,000

Test de Duncan au seuil 5%

3^{ème} variable : Carbone organique

Libellé	Saponé sous karité			Saponé sous néré	
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05			Sous-ensemble pour alpha= 0,05	
	1	2	3	1	2
R/2			1,31		0,68
R		0,90		0,57	
2R	0,74			0,60	0,60
3R	0,70			0,54	
Signification	0,207	1,000	1,000	0,171	0,056

Test de Duncan au seuil 5%

4^{ème} variable : Phosphore assimilable

Libellé	Saponé sous karité		Saponé sous néré		Saria	
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05	
	1	2	1	2	1	2
R/2	2,55		1,66		2,44	
R	2,14			1,93	2,64	2,64
2R	2,28		1,83	1,83		2,98
3R	2,44		1,77	1,77	2,76	2,76
Signification	0,088		0,079	0,079	0,217	0,175

Test de Duncan au seuil 5%

Annexe 3- Effets de la température sur l'activité biologique des sols.

Variable : Quantité totale de C-CO₂ dégagée après 21 jours incubation.

Libellé	Saponé sous karité		Saponé sous néré			Saria		
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05			Sous-ensemble pour alpha= 0,05		
	1	2	1	2	3	1	2	3
T	54,49		32,48			19,69		
120	61,51		38,95	38,95		27,17	27,17	
150	64,86			42,03			31,20	31,20
180		89,58			50,58			38,79
Signification	0,386	1,000	0,084	0,404	1,000	0,115	0,391	0,110

Test de Duncan au seuil 5%

Annexe 4- Effets de la distance sur l'activité biologique des sols

Variable : Quantité totale de C-CO₂ dégagée après 21 jours d'incubation.

Libellé	Saponé sous karité			Saponé sous néré		Saria		
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05			Sous-ensemble pour alpha= 0,05		Sous-ensemble pour alpha= 0,05		
	1	2	3	1	2	1	2	3
R/2			107,86		52,17			45,32
R		69,96		41,94			27,66	
2R	49,83			35,32			25,75	
3R	42,79			34,61		18,11		
Signification	0,269	1,000	1,000	0,051	1,000	1,000	0,589	1,000

Test de Duncan au seuil 5%

Annexe 5- Effets de la température sur le poids sec total du sorgho.

Libellé	Saponé sous karité			Saponé sous néré			Saria
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05			Sous-ensemble pour alpha= 0,05			Sous-ensemble pour alpha= 0,05
	1	2	3	1	2	3	1
T	402,21					262	276,55
120	657,25	657,25		157,06			309,55
150		773,67		150,06			283,36
180			1358,83		206,38		316,64
Signification	0,056	0,378	1,000	0,745	1,000	1,000	0,441

Test de Duncan au seuil 5%

Annexe 6- Effets de la distance sur le poids sec total du sorgho.

Libellé	Saponé sous karité			Saponé sous néré			Saria
	Sous-ensemble pour alpha= 0,05			Sous-ensemble pour alpha= 0,05			Sous-ensemble pour alpha= 0,05
	1	2	3	1	2	3	1
R/2			973,96			303,87	369,25
R		685,79			189,38		291,08
2R	319,33			151,50	151,50		280,67
3R			1212,88	130,75			269,33
Signification	1,000	1,000	0,073	0,337	0,087	1,000	0,062

Test de Duncan au seuil 5%