RÉPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

IDEFOR
Institut des Forêts

DÉPARTEMENT FORESTERIE
Division de Recherches en Zone de Savanes

TEMPÉRATURE DU SOL APRES FEU DE BROUSSE

Mise à feu de la parcelle "feux tardifs"
Kokondékro - 8 mars 1996

Dominique LOUPPE

Ingénieur de recherches
CIRAD-Forêt - IDEFOR-DFO

Mars 1996

RÉSUMÉ

A l'occasion de la mise à feu, le 8 mars 1996, de la parcelle "feux tardifs" de l'essai d'Aubréville à Kokondékro (Côte d'Ivoire), des mesures de température du sol et de l'air ont été effectuées.
Ces premières observations montrent que la température du sol, à un centimètre de profondeur, ne sont que faiblement affectées par le passage du feu. Les températures sous sol nu sont supérieures à celles relevées immédiatement après le feu. Cependant, des mesures complémentaires s'avèrent nécessaires car il semblerait que pendant le feu les températures puissent être très élevées à la surface du sol ou quelques centimètres au dessus. Seule une couverture forestière dense tampone correctement les températures de l'air et du sol.

Mots clés : Côte d'Ivoire, feux de brousse, température du sol.

INTRODUCTION

Plusieurs études sur les feux de brousse effectuées au Sénégal et en Côte d'Ivoire donnent des chiffres contradictoires quant aux températures atteintes par le sol lors du passage du feu. Ainsi, au Sénégal, la température du sol atteindrait 100°C pendant le feu et reviendrait à la normale après seize minutes. Cependant, à deux centimètres de profondeur, il faut attendre vingt et une minutes pour que la température monte de quatre degrés. En Côte d'Ivoire, dans la savane de Lamto, la température mesurée au niveau du sol atteindrait 350°C. L'IEMVT (1990) indique par contre que celle-ci ne dépasse pas 56°C.

Ces données laissent à penser qu'il y aurait dans certains cas des feux de litière, ce qui expliquerait les températures élevées parfois observées ; et dans d'autres un simple feu de pailles suite à l'absence de matière organique sur le sol. L'absence de litière est la conséquence du passage annuel des feux qui détruit la végétation sèche et empêche les débris inflammables de s'accumuler sur sol.

Quant aux températures atteintes au-dessus du sol, les différents auteurs indiquent des températures supérieures à 300°C à 50 cm du sol, températures diminuant rapidement avec la hauteur : 140°C à 1,40 m pour une végétation basse, 200°C à 2,40 m dans la savane de Lamto.

S'il n'y a aucun doute sur l'effet néfaste des feux de brousse sur la partie aérienne de la végétation, l'effet sur le sol, sa faune et sa flore est moins évident.

Des mesures complémentaires méritent d'être faites, dans plusieurs situations, pour mieux préciser les risques que les feux font courir au sol et aux êtres vivants qui l'habitent.

Dans les parcelles feux de Kokondékro, aucune étude de l'effet du feu sur les températures de l'air et du sol n'a été faite jusqu'à présent. Ainsi, la mise à feu tardive du 8 mars 1996 a-t'elle été l'occasion d'effectuer quelques mesures de la température du sol dans les parcelles brûlées ou non.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Rappelons rapidement le dispositif expérimental : en 1937 trois parcelles de deux hectares chacune, séparées par un pare-feu, ont été délimitées. La première, *Protection intégrale*, a été mise en défens, la seconde, *Feux précoces*, est brûlée chaque année le 15 décembre et la troisième, *Feux tardifs*, est mise à feu au début du mois de mars. Aujourd'hui, ces trois parcelles portent, l'une, une forêt dense semi-décidue, la seconde une savane arborée et une forêt claire selon la fertilité du sol et la troisième n'est qu'une savane herbeuse surmontée par quelques arbres d'espèces pyrorésitantes.

Une pluie abondante est tombée le 6 mars. Elle n'a pas été quantifiée car il n'y a pas de pluviomètre sur le site. Le 8 mars 1996, le sol était humide dans les horizons de surface, le vent était modéré et le ciel, dégagé le matin, s'est couvert progressivement en cours de journée.

La mise à feu de la parcelle *Feux tardifs* a débuté à 10 h 22' et la parcelle de deux hectares était entièrement brûlée à 10 h 30' soit moins de dix minutes plus tard.

Dès le passage du feu, avant même que la totalité de la parcelle n'ait brûlé, des mesures de la température du sol ont été effectuées. Elles ont été répétées aussitôt après dans chacune des deux autres parcelles ainsi que dans les pare-feu qui présentaient un recrû herbacé de 15 à 20 cm de haut entrecoupé de plages de sol nu. Ensuite, les observations ont porté, à divers moment de la journée, sur la température de l'air et du sol.

Les températures ont été mesurées avec un thermomètre à sonde à lecture digitale dont la précision est le degré centigrade. Les températures du sol ont été relevées à 1 et 9 cm de profondeur sous sol nu et sous sol couvert de végétation (touffes d'herbes). Pour la parcelle qui venait de brûler les températures ont été mesurées sous sol nu et sous le paillage formé par les herbes brûlées. La température de l'air a été prise à un mètre de haut, sous un ombrage temporaire. Les températures mesurées correspondent à la moyenne de 4 à 6 observations sauf pour la première série de mesures faite à 10h30'.

Les mesures de 10h45' ont donné des résultats similaires pour la parcelle feux précoce et pour le pare-feu. Par la suite, pour ne pas trop étaler les observations, celles-ci n'ont plus été effectuées dans la parcelle feux précoces.

RÉSULTATS

Température du sol

Les premières mesures faites en surface du sol (à un centimètre de profondeur) moins de dix minutes après la mise à feu ont révélé une température de 35°C sous sol nu dans le pare-feu et de 28 à 35°C dans la parcelle brûlée. Observer, juste après le passage du feu, des températures du sol inférieures à celles d'une parcelle intacte nous a beaucoup intrigué, aussi avons-nous multiplié les mesures de températures.

Température de l'horizon superficiel du sol (premier centimètre)

Sous sol nu

Tableau 1 : température du sol, à un centimètre de profondeur sous sol nu

Heure	Feux tardifs	Feux précoces	Protection intégrale	Pare-feu
10h30'	33,3°	-	-	35°
10h45'	35,7°	37°	-	37°
11h45'	38,2°	-	-	38°
14h30'	38°7	-	-	41°

La température après passage du feu aurait tendance à rester inférieure à celle d'un sol sans végétation. L'effet direct et immédiat du feu sur la température du sol à un centimètre de profondeur est faible. Il serait de l'ordre de quatre degrés centigrades par comparaison à la température du sol sous une touffe d'herbe dans le *pare-feu* (29°C à 10h30).

Les températures relevées à 14h30', sous sol nu dans la parcelle *feux tardifs* (brûlée ce jour), varient de 35 à 42°C. Les températures sont plus élevées dans les grandes plages (0,25 à 0,5 m²) de sol nu que dans les petites (0,005 à 0,02 m²). Quelle pourrait-être la cause de ces variations ponctuelles ? Les grandes plages de sol nu présentent une mauvaise infiltration (pellicule de battance) et la terre y est vraisemblablement moins humide que dans les petites plages nues entre les touffes d'herbes. Les sols humides dissipent l'énergie solaire en évaporant leur eau, ce qui maintiendrait leur température à un niveau inférieur. Des mesures de l'évolution de l'humidité du sol devront être effectuées à l'occasion des prochaines mises à feu pour confirmer cette hypothèse.

Sous couvert végétal

Dans la parcelle *feux tardifs* qui vient de brûler, le couvert est constitué d'un tapis, d'une épaisseur de 7 à 10 cm, de pailles brûlées, noires, prêtes à se déliter. Dans le *pare-feu*, la couverture végétale se compose exclusivement de touffes d'herbes de 15-20 cm de haut. Dans la parcelle *feux précoces*, partie basse, ce couvert herbacé bas est surmonté de petits arbres assez dispersés ; dans la partie haute, les graminées qui ont disparu sont remplacées par un sous-bois dense à *Phyllanthus numularifolia,* la litière y est très réduite voire presque inexistante. Dans la *protection intégrale*, il n'y a pas de végétation herbacée mais une litière assez fine de un à deux centimètres d'épaisseur.

Tableau 2 : Température du sol, à un centimètre de profondeur, sous couvert végétal.

Heure	Feux tardifs	Feux précoces	Protection intégrale	Pare-feu
10h45'	32,0°	29° (1 et 2) 28° (3)	25,5°	29,5°
11h45'	33,3°	-	27,4°	32,3°
14h30'	32,0°		26,5°	33,7°

(1) zone de savane arbustive ; (3) zone de forêt claire ; (2) zone de transition

La baisse de température à 14h30' peut être attribuée au couvert nuageux absent lors des mesures antérieures.

L'ombrage de la paille brûlée joue un rôle protecteur contre le rayonnement solaire direct presque aussi efficace qu'une végétation vivante basse. La différence constatée à 10h45' (+3°C) correspond certainement à l'effet instantané du passage du feu.

Seule la forêt dense protège efficacement le sol des variations brutales de température. Le rôle de la litière dans le tamponnement de la température du sol est important puisque dans les plages ensoleillées, la température du sol n'est que de un degré supérieureà celle des zones ombragées.

Température du sol à 9 cm de profondeur

A 10h30' la température du sol, à 9 cm de profondeur, dans la parcelle brûlée était de 27°C.

A 14h30', les températures suivantes ont été relevées :

Tableau 3 : Température du sol à 9 cm de profondeur sous sol nu et sous ombrage

	Feux tardifs	Protection intégrale	Pare-feu
Sous sol nu	33,0°C	-	34,3°
Sous ombrage	29,5°	25,0°	31,5°

Sous sol nu, la température à 9 cm de profondeur est inférieure à celle de surface de 5,7°C pour la parcelle *feux tardifs* et de 6,5°C pour le *pare-feu*.

Sous couvert végétal, les différences sont de 1,5°C pour la *protection intégrale*, de 2,2°C pour le *pare-feu* et de 2,5°C dans la parcelle *feux tardifs*.

La température du sol en profondeur dans la parcelle brûlée est inférieure à celle du *pare-feu*. Ceci peut s'expliquer par une meilleure infiltration de l'eau lors de la pluie survenue le 6 mars. En effet, à cette date, la parcelle *feux tardifs* était couverte d'un important paillage pratiquement continu d'herbes sèches alors que le pare-feu n'avait que de petites touffes d'herbes séparées par des plages plus ou moins étendues de sol nu.

Seule une couverture forestière continue tamponne complètement les variations thermiques. Ainsi, la légère augmentation de température en surface ne se fait-elle pas - ou peu - sentir en profondeur. Un léger couvert fait baisser les températures en profondeur de trois degrés environ.

Température de l'air

Tableau 4 : température de l'air à un mètre du sol

Heure	Feux tardifs	Feux précoces	Protection intégrale	Pare-feu
10h45'	31,0°	31° (1) 32° (2)	27,0°	
11h45'	33,0°		31,3°	31,7°
14h30'	34,5°		32,5°	35,0°

(1) Dans la zone de savane boisée -forêt claire (2) Dans la zone basse : savane arbustive à arborée

Le couvert forestier diminue la température diurne de l'air et ce, d'autant plus que le couvert est dense. La température légèrement plus élevée observée dans la savane arbustive pourrait être due à une réduction de la vitesse du vent qui n'a malheureusement pas pu être mesurée. Le vent homogénéise la température de l'air comme on peut le constater à 14h30' où la température de l'air dans la parcelle brûlée (de faible albédo) n'est pas plus élevée que dans le *pare-feu* où l'albédo est plus élevé.

OBSERVATIONS ULTÉRIEURES

Le vingt mars, soit douze jours après le feu, le paillage d'herbes brûlées avait complètement disparu. Seules subsistaient sur le sol quelques légères traces de cendres.

Bien que l'herbe avait déjà commencé à repousser, le sol était largement dénudé et laissait apparaître une densité tout à fait inhabituelle de turricules de vers de terre. Ceux-ci ne se rencontrent ni dans les *pare-feu*, ni dans les autres parcelles. En les observant de plus près, on se rend compte qu'ils ont une croûte très dure comme si la terre avait été cuite par le passage du feu. Leur très grande abondance laisse

supposer que ces turricules de "terre cuite" persistent d'une année sur l'autre. Cette hypothèse sera à vérifier en suivant leur évolution tout au cours de l'année prochaine. Si elle se confirme, cela signifie que l'infiltration des eaux de pluies est fortement réduite dans la parcelle. A l'échelle d'un basin versant, la répétition des feux tardifs pourrait alors entraîner un accroissement important du ruissellement et provoquer des dégâts par érosion ou par augmentation de l'intensité des crues en aval.

Cette observation nous amène à supposer que si le feu n'induit pas d'augmentation anormale de la température du sol à un centimètre sous la surface, la température au niveau de cette surface - ou tout au moins à un ou deux centimètres au dessus de celle-ci (hauteurs correspondant au sommet des turricules) - peut s'élever très fortement pendant un laps de temps très court.

CONCLUSION

Si le feu du 8 mars 1996 a été très violent, flammes de plusieurs mètres, cimes enflammées, etc., son effet direct sur le sol semble être resté faible. Aucune mesure n'a pu être faite au moment du passage du feu mais il a été constaté que la température du sol à un centimètre de profondeur, juste après le passage du feu, était inférieure de quelques degrés à celle d'un sol nu exposé au rayonnement solaire.

Ainsi, suite aux mesures effectuées, on pourrait croire qu'un feu violent et de courte durée n'est destructeur que pour la partie aérienne de la végétation et qu'il n'a que peu d'effets immédiats sur le sol. Son effet négatif sur le sol résulterait surtout de l'élimination de l'ombrage qui entraîne, par rapport à une formation forestière fermée, des augmentations de température du sol d'au moins 15°C en surface et de 10°C en profondeur. Ces variations thermiques journalières sont certainement défavorables à la faune et à la flore du sol.

Cependant, deux facteurs qui n'ont pu être mesurés, ont permis d'émettre des hypothèses bien moins optimistes mais qui restent à vérifier :

- le feu a laissé derrière lui un tapis de cendres noires qui absorbera le rayonnement solaire et fera monter les températures au-delà de celles observées sur un sol nu. Cette absorption de l'énergie n'a pas été observée le premier jour car elle n'intervient que lorsque les pailles brûlées se sont délitées et sont tombées sur le sol. Cet effet ne dure cependant que quelques jours.

- les températures juste au dessus du niveau du sol atteindraient, pendant le passage du feu, des valeurs suffisantes pour former une pellicule de terre cuite sur les turricules de vers de terre.

Cette dernière hypothèse pose la question "pourquoi n'est-ce pas l'ensemble de la surface du sol qui est cuite par le feu ?". Il se pourrait que les courants de convection

induits par le feu laissent passer une fine lame d'air "frais" au niveau du sol empêchant celui-ci de s'échauffer trop ; mais aussi que la température de cet air suite au dégagement d'énergie de la combustion augmente très fortement de température dans les premiers centimètres. Ainsi, les turricules, qui forment des excroissances, pourraient cuire sans que le sol n'atteigne des températures suffisantes pour durcir.

Ces premières observations devront être renouvelées lors des prochaines mises à feu avec du matériel plus précis permettant de mesurer les températures à différents niveaux au dessus et dans le sol pendant et après le passage du feu. Des mesures de l'humidité de la végétation et du sol avant et après passage du feu devront également être effectuées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

IEMVT [1990]. Fiche technique n°3 d'élevage tropical: Les Feux de Brousse. Maisons-Alfort, 12p.

LOUPPE, D. [1993]. Le feu, mieux le comprendre pour mieux lutter. IDEFOR-DFO, Abidjan, 25p. + annexes.

MONNIER Y. [1968]. Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière en Côte d'Ivoire. Abidjan, Etudes Eburnéennes n°9, 260p.

VUATTOUX. [1968]. Le peuplement du palmier rônier (*Borassus aethiopum*) d'une savane de Côte d'Ivoire. Annales de l'Université d'Abidjan, 1968, Série E, T 1, F 1, 138p.