

LE FEU

MIEUX LE COMPRENDRE POUR MIEUX LUTTER

INTRODUCTION

Le feu est et restera longtemps encore l'ennemi numéro un du forestier de savanes.

Toute action d'aménagement forestier sera illusoire si le feu n'est pas maîtrisé ou asservi. Ce chapitre va essayer de faire le point sur les connaissances en matière de lutte contre les feux en zone Soudano-Guinéenne.

En Afrique, relativement peu d'études ont été entreprises par les forestiers pour quantifier la matière combustible en saison sèche en savane boisée, en forêt claire ou en savanes boisées et en tirer des conclusions quant aux risques encourus et aux techniques de lutte à adopter.

La majorité des travaux qui ont été entrepris pour se prémunir contre les feux (pare-feux) l'ont été sur les bases empiriques.

Par contre, en zone méditerranéenne, où l'on rencontre également de longues périodes chaudes et sèches, et où les forestiers sont confrontés aux mêmes problèmes que nous en ce qui concerne les feux de forêts, des travaux de recherches plus fondamentales ont été entrepris. Nous essayerons de nous baser sur ceux-ci pour proposer des normes de constitution de pare-feux.

LE FEU: QUEL RISQUE EN NORD COTE D'IVOIRE ?

D'après CESAR (1987), en Côte d'Ivoire, les savanes guinéennes produisent entre 6 et 7 tonnes de matière sèche par hectare alors que les savanes soudanaises ne produisent que 3 à 4 tonnes. Ceci est à moduler car la production d'herbes varie suivant les années, parfois du simple au double, sur un même site.

Au cours de l'année 1991, nous avons effectué 3 essais d'herbicides pour tester leur efficacité tant pour l'installation des plantations que pour leur entretien. Les mesures de biomasse herbacée aérienne, sèche à l'air, effectuées en novembre donnent les résultats suivants: (La saison des pluies a été très pluvieuse: 1.494 mm)

- sur sol labouré: biomasse variant de 6,2 à 9,6 T/ha avec des parcelles allant jusqu'à 12 T/ha
- sol non labouré: biomasse de 4,7 à 7,2 T/ha
- plantation de *Eucalyptus camaldulensis* de 3 ans (7,5 m²/ha de surface terrière):
 - biomasse herbacée témoin: 2,2 T/ha
 - biomasse avec le meilleur herbicide: 0,85 T/ha (les différences ne sont pas significatives)

Ceci montre bien que le risque de feu, réel, est augmenté par une bonne préparation du sol. Celle-ci est indispensable néanmoins pour un démarrage des plantations.

Le risque persiste, en sous-bois, plusieurs années après plantation même pour les espèces à croissance rapide considérées comme des plus agressives. (*Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea* [2 à 3 ans], *Tectona grandis*).

UN PEU DE THEORIE

Les considérations plus théoriques présentées ici sont extraites de différents articles. Afin de ne pas dénaturer les textes, nous ne les avons pas réécrits mais présentons les paragraphes qui nous semblent les plus intéressants pour nos besoins.

Nous espérons que ces extraits, même s'ils sont un peu longs, seront utiles aux gestionnaires de la SODEFOR.

Inflammabilité du matériel végétal et conséquences

Ce paragraphe est extrait de:

INFLAMMABILITES DES ESPECES FORESTIERES MEDITERRANEENNES

Conséquences sur la combustibilité des formations forestières

par J.- C. VALETTE. *in* Espaces forestiers et incendies. R.F.F., 1990, pp 76-92.

Evolution de l'état hydrique du combustible forestier

En région méditerranéenne française, l'absence de précipitations durant des périodes supérieures à deux mois, la température de l'air, supérieure à 35°C sous abri et à 45°C en plein découvert à ras sol, et l'humidité atmosphérique, inférieure à 30 %, modifient non seulement l'état hydrique des végétaux morts et de leurs débris (feuilles ou aiguilles, brindilles, morceaux d'écorce), mais également celui des végétaux vivants.

Divers auteurs ont montré que la teneur en eau du combustible forestier mort suit celle de l'air avec d'autant moins d'inertie que les débris végétaux sont fins et divisés. Par contre, les végétaux vivants, herbacés ou ligneux, mettent en oeuvre des régulations physiologiques différenciées pour <<éviter>> la sécheresse.

Ainsi, l'état du combustible forestier mort voit sa teneur en eau, exprimée par rapport au poids sec, varier de 50 après une précipitation, à environ 5 en plein été. La teneur en eau des feuillages des végétaux vivants évolue tout au long de l'année. Elle chute de 500-600 lors du débourrement à un palier de 120-180 dès que ces feuillages sont complètement développés, où elle se maintient jusqu'à la phase de vieillissement au cours de laquelle elle décroît jusqu'à 20-30.

Décomposition thermique de la matière végétale

Ce processus s'amorce lorsque la matière végétale est exposée à la chaleur. Dans un premier temps, l'eau libre puis l'eau liée sont libérées, la durée de cette phase endothermique de dessiccation dépend de la quantité d'eau à vaporiser et donc de la teneur en eau de la matière végétale. Certaines huiles essentielles dont certaines espèces sont également vaporisées. Au cours de cette période, la quantité de chaleur disponible doit être au moins supérieure à la chaleur latente de vaporisation de l'eau qui, dans les conditions normales de température et de pression, est de 2260 J/g. Dans une seconde phase, également endothermique, la matière végétale desséchée se décompose en un mélange gazeux qui s'enflamme en présence d'une flamme nue ou d'un point chaud.

La quantité d'énergie, nécessaire pour que ce processus se déroule jusqu'à son terme, caractérise l'inflammabilité de la matière végétale. Cette quantité est d'autant plus faible que la teneur en eau est faible et que la surface d'interception présentée par cette dernière et le débit énergétique de la source de chaleur sont importants.

Inflammabilité: Règles générales

Les tests menés en laboratoire pour tester l'inflammabilité du matériel végétal ont montré ce qui suit:

La fréquence d'inflammation est nulle lors du débourrement et demeure très faible tant que la teneur en eau reste supérieure à 150-200. Le délai moyen d'inflammation est toujours très élevé (plus de 40 s) tandis que la durée moyenne de combustion est très faible (moins de 5 s). l'inflammation est extrêmement fugace. Ce même phénomène est observé lorsque la teneur en eau remonte d'une manière significative, après de fortes précipitations ou lorsque les végétaux développent une seconde pousse.

Dès lors que la teneur en eau passe sous la barre des 150-200, la fréquence d'inflammation augmente rapidement tandis que le délai moyen d'inflammation diminue

significativement (de 40 à 20 s) et que, corrélativement, la durée moyenne de combustion augmente (de 5 à 10 s). Toutefois, les résultats des tests demeurent fortement dispersés (coefficient de variation entre 30 et 50 %).

Après l'aoûttement, la teneur en eau se stabilise, en général entre 120 et 80. L'inflammation devient systématique (entre 95 et 100 %) tandis que les délais et les durées se resserrent autour des moyennes qui varient peu. Cette amélioration des distributions des valeurs permet de conclure à des écarts observés statistiquement significatifs, même lorsque ceux-ci paraissent faibles. Il en est de même lorsque l'étude porte sur des tissus morts ou des tissus desséchés dont la teneur en eau se situe entre 50 et 5.

Conséquences sur la combustibilité des formations forestières

Au sein d'une formation forestière, l'abondance d'une espèce à faible inflammabilité aura pour conséquence de réduire la combustibilité de la formation, au contraire la richesse en espèces fortement inflammables confère à la formation une plus grande combustibilité.

A titre d'exemple, analysons la combustibilité du taillis vieilli à Chêne pubescent en climat méditerranéen. Cette combustibilité est sous la dépendance directe de l'inflammabilité de la litière et du tapis herbacé qui assurent la continuité horizontale du combustible. (Ce qui est le cas de la majorité des formations mixtes, forestières et graminéennes de la zone soudano-guinéenne). Plus le couvert arboré est complet, plus longtemps est conservée l'humidité des strates basses. La suppression par le débroussaillage, l'emploi de phytocides, le brûlage dirigé, voire par le pâturage, du Chêne kermès, du *Filaria* ou du Thym dans les zones plus claires crée une discontinuité verticale qui évite que l'incendie ne se communique aux houppiers très inflammables des chênes. Lorsque le milieu est ainsi restructuré, la conduite du brûlage dirigé est favorisée par la présence d'une litière abondante, la couche supérieure de feuilles de Chêne pubescent et d'appareils aériens de graminées assure la propagation aisée du feu sans grand dégagement énergétique tandis que la couche inférieure plus compacte et plus humide, donc moins combustible, protège le sol et ses microorganismes.

Températures dégagées par les feux et conséquences

Y. Monnier dans Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière en Côte d'Ivoire. (Abidjan, Etudes Eburnéennes n°9, 1968, 260p.) cite une expérience qui a été menée au Sénégal:

L'expérience a eu lieu au mois de mai, en période de reviviscence, dans une savane à *Imperata cylindrica* dont la hauteur moyenne atteint approximativement 50 cm ; cette couverture végétale a une structure discontinue et les touffes sont peu épaisses ; de plus, le tapis herbacé est couché par le passage des bestiaux.

La température de l'air ambiant avoisine 31°C et il souffle un vent assez fort de 7 à 8 m par seconde. Le feu est allumé à 10 h 30, à un moment où la rosée du matin a eu le temps de s'évaporer.

Les mesures de température sont faites par couple thermo-électrique et par thermomètres à résistance munis d'une sonde pour les températures enregistrées dans le sol. Dans celui-ci, avant le feu, la température notée est de 33°C à 2 cm de profondeur.

Les résultats attirent un certain nombre de réflexions :

- le feu avance comme une barrière rectiligne et en chaque point son action est rapide et fugace; l'élévation de température ne se fait sentir qu'au moment où la barrière de flammes arrive au niveau des appareils ;

- la température diminue très rapidement avec la hauteur: elle est de 33,5°C à 0,50 m, mais elle n'atteint que 14°C à 1,40 m ;

- la température du sol atteint 100°C, mais redevient normale 16 minutes après le passage de la barrière de flammes. Cette température est amplement suffisante pour détruire la matière organique, ainsi qu'une partie de l'humus et une fraction notable des micro-organismes superficiels ; elle a certainement une action déterminante sur la structure physique du sol en surface ;

- on constate enfin que l'action du feu est pratiquement négligeable à 2 cm dans le sol: la température augmente de 3,8°C mais très lentement, puisqu'il faut 21 mn pour atteindre 36,8°C.

On ajoutera quelques observations personnelles de Y. MONNIER:

- si le tapis herbacé est détruit, de nombreux animaux réussissent néanmoins à fuir: Yves et Dominique GILLON estiment à 50 % le nombre d'animaux épargnés;

- d'autre part, si la température au sol peut atteindre 100°C, il suffit de très peu de chose: une touffe qui ne brûle pas, un matelas de végétaux non aéré qui ne s'enflamme pas pour diminuer beaucoup cette température. On peut voir en effet sous certains amoncellement de paille mal brûlée de petits mammifères, des rats en particulier, ou des serpents qui s'y sont réfugiés et n'ont pas eu apparemment à trop souffrir du passage des feux ;

- les vers de terres dont l'action est déterminante dans la structuration du sol ne sont pas non plus détruits par l'incendie ;

- enfin, dans la savane de Lamto, le feu est très rapidement stoppé, le soir, par les rosées que n'arrivent pas à dissiper totalement la chaleur de l'incendie.

D'après l'ITEMVT (Fiche technique nE3 d'élevage tropical: Les Feux de Brousse. Maisons-Alfort, 1990, 12p.) d'autres auteurs ont mesuré les températures au ras du sol et celles-ci ne dépassent pas 56 EC. et la vie biologique des sols serait donc préservée.

VUATTOUX, dans 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.) cite une autre série de mesures qui a été effectuée sur des jeunes Rôniers lors du passage du feu de brousse. Les mesures ont été faites avec une boîte de crayons thermo-indicateurs qui permettent de marquer des plaques d'amiante placées à différentes hauteurs. Les changements de couleur de certaines de ces marques permettent de déterminer approximativement la valeur extrême de la température en ce point.

Au pied d'un jeune Rônier (la hauteur exacte n'est pas précisée) la température est montée à 350EC; à 1,70 m du sol, sur les deux faces d'un rachis, elle était de 200E; à 2,40 m du sol, à la face inférieure d'une feuille, elle n'a pas atteint 200E, et à la face supérieure de la même feuille la température a atteint seulement 65E. Dans le bourgeon entre les bases des rachis à 0,40 m comme à 1,20 m elle n'a pas atteint 65E. Ces résultats permettent de penser qu'une partie de la faune des jeunes Rôniers résiste au passage des feux de brousse, spécialement dans le bourgeon. Les températures atteintes ne se maintiennent d'ailleurs que durant un instant très bref.

Cette forte température à environ 50 cm du sol explique ce que nous avons pu observer dans nos parcelles expérimentales: lors d'un feu trop précoce pour éliminer la totalité du matériel herbacé, les jeunes pousses ligneuses d'une hauteur de 30 à 70 cm ont été détruites alors que les jeunes arbres de plus de deux mètres ont semblé beaucoup moins souffrir.

Ces observations sur les températures au sol sont néanmoins à regarder avec précaution: quel était l'état de dessiccation du combustible au moment du passage du feu? Était-il suffisant pour que ce feu courant se transforme en un feu d'humus?...

Notons que si les températures semblent rester faibles au niveau du sol, il peut ne pas en être de même pour la partie aérienne des arbres. Les courants de convection engendrés par le feu font monter la chaleur dégagée vers les cimes. Si la source d'énergie est suffisante (biomasse herbacée sèche importante) et si le feuillage a une faible teneur en eau (feuillage bien aoûté) le feu peut se transmettre aux cimes. Ce passage sera d'autant plus aisé que la discontinuité entre strate herbacée et cimes est faiblement marquée.

Pare-feu et brise-vent

Paragraphe extrait de BRISE-VENT, PARE-FEU ET SYLVICULTURE
par G. GUYOT. in Espaces forestiers et incendies. R.F.F., 1990, pp 93-105.

Les brise-vent en réduisant la vitesse du vent pourraient avoir deux effets complémentaires au niveau du développement des incendies de forêt:

- ils pourraient réduire le renouvellement du comburant: l'oxygène, et ainsi limiter la vitesse de propagation du feu.
- ils pourraient réduire l'inflammabilité de la végétation qu'ils protègent en ralentissant son dessèchement, ce qui reste cependant à prouver.

De nombreux résultats expérimentaux sur les brise-vent ont permis de montrer l'existence d'une porosité optimale pour laquelle la combinaison de la réduction du vent et de l'extension de la zone protégée a une valeur maximale. Cette porosité optimale est de l'ordre de 40 % pour un brise-vent sans épaisseur.

Le rôle de la structure d'un brise-vent

Lorsque les brise-vents sont constitués par des rideaux d'arbres, leur porosité peut varier en fonction de la hauteur au-dessus du sol. Un certain nombre de travaux expérimentaux a permis de montrer que la porosité de la base d'un brise-vent joue un rôle fondamental. Lorsqu'elle est imperméable, l'ensemble du brise-vent se comporte comme un brise-vent imperméable alors que, lorsqu'elle est perméable, il se comporte comme un brise-vent perméable, même si la partie supérieure est imperméable. Ce point est très important lorsque l'on considère des bandes forestières. Si celles-ci possèdent un sous-bois ou un sous-étage, elles se comporteront comme un brise-vent imperméable.

Un autre facteur important pour les brise-vents forestiers est leur largeur. Toutes les études aérodynamiques qui ont été effectuées dans les conditions naturelles ou sur des maquettes en soufflerie ont permis de montrer qu'un brise-vent devait être mince pour avoir le maximum d'efficacité (un brise-vent est mince lorsque sa largeur est inférieure à la hauteur des arbres).

Dans une zone dégagée, où le vent est peu turbulent, un brise-vent perméable réduit la vitesse du vent sur une distance égale à au moins 20 H. Dans une zone où des obstacles (rideaux d'arbres, habitations, relief ...) accroissent la turbulence de l'air, cette distance n'excède pas 12 H. Ainsi, à l'inférieur d'un réseau de protection, un brise-vent protège une surface beaucoup plus faible que s'il était isolé.

Les effets aérodynamiques d'un réseau de brise-vent

D'après ce que nous venons de voir, dans un réseau de brise-vent les effets aérodynamiques des rideaux d'arbres successifs ne sont pas cumulatifs. Cependant, si l'on considère un réseau de protection suffisamment étendu, il se développe alors ce que l'on peut appeler une <<rugosité régionale>>. Il faut d'ailleurs noter que des arbres dispersés ou des bouquets d'arbres plus ou moins régulièrement répartis sur une surface ont pratiquement le même effet de freinage qu'un réseau de brise-vent.

Les facteurs du microclimat résultent à chaque instant de l'équilibre qui s'établit entre les différentes formes d'échange d'énergie au niveau de la surface du sol ou d'un couvert végétal. Les brise-vents, en modifiant la vitesse du vent au voisinage du sol et les échanges radiatifs, modifient l'ensemble des facteurs du microclimat.

Dans le domaine forestier, deux effets micro-climatiques des brise-vent nous intéressent plus particulièrement : ce sont les effets sur la température et sur l'évapotranspiration.

En période diurne, on observe généralement une élévation de la température de l'air dans la zone protégée. Elle passe par un maximum à une distance du rideau d'arbres qui est comprise entre 2 et 3 H et qui coïncide avec le minimum de vent.

En climat humide, les élévations maximales de température qui sont observées sont de l'ordre de 2°C. En conditions sèches, les élévations de température sont plus fortes et peuvent atteindre 4°C (Sud tunisien par temps de sirocco). Cependant, dans les régions où le facteur eau est limitant, il existe une interaction entre l'activité du couvert végétal et la température de l'air.

Au cours de la nuit, le ralentissement de la vitesse du vent dans la zone protégée s'accompagne d'un abaissement de la température de l'air. Il est maximum à une distance comprise entre 3 et 5 H. Cet abaissement est de l'ordre de 1 à 3°C.

Ainsi, les brise-vent ont pour effets d'accroître les amplitudes thermiques en augmentant les maxima et en diminuant les minima de température de la zone qu'ils protègent. En conditions sèches, les brise-vent, en accroissant les maxima de température, peuvent donc avoir un effet néfaste et favoriser le départ du feu.

Les effets des brise-vent sur l'évapotranspiration potentielle

L'évapotranspiration potentielle (ETP), quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée par un couvert végétal en phase active de croissance et parfaitement alimenté en eau s'exprime par:

$$ETP = aR_n + bE_a$$

avec :

- R_n : rayonnement net (bilan des échanges de rayonnement de courte et de grande longueur d'onde de la surface du sol) ;
- E_a : pouvoir évaporant de l'air, fonction de la vitesse du vent et de l'humidité de l'air ;
- a et b sont les constantes.

En conditions sèches, le poids relatif du terme bE_a est important (40 à 60 %) et toute réduction de E_a sera sensible sur l'ETP. Ainsi, une réduction du pouvoir évaporant de l'air de 30 % se traduira par une réduction de l'ETP de l'ordre de 15 %.

Effet des brise-vent sur l'évapotranspiration réelle

Lorsque la contrainte hydrique est modérée, la valeur maximale de l'ETP est supérieure au débit d'eau que les plantes sont susceptibles de fournir aux heures chaudes de la journée. Les plantes luttent alors contre le dessèchement en fermant partiellement ou totalement leurs stomates. Le brise-vent peut alors créer des conditions plus favorables aux plantes en réduisant l'ETP. La quantité d'eau consommée est réduite et la production végétale est augmentée (allongement de la période du jour pendant laquelle la photosynthèse est active).

Lorsque la contrainte hydrique est forte, l'ETP est nettement supérieure au débit maximum d'eau que les plantes sont susceptibles de fournir. Elles peuvent alors fermer complètement leurs stomates dans une zone ouverte alors que dans la zone protégée par un brise-vent, la réduction de l'ETP peut leur permettre de continuer à transpirer. Dans de telles conditions, un brise-vent a pour effet d'augmenter l'ETP et d'abaisser la température de l'air. Il faut ainsi noter que, dans ces conditions, le brise-vent a pour effet de conduire à un épuisement plus rapide des réserves d'eau du sol, comparativement à une zone ouverte. L'effet du brise-vent n'est donc positif que si les périodes sèches ne sont pas trop longues comparativement aux réserves d'eau du sol.

Lorsque la contrainte hydrique est très forte, les plantes ferment leurs stomates aussi bien dans la zone ouverte que dans la zone protégée. Le brise-vent n'a alors pratiquement plus d'effet sur l'ETP. Mais la vitesse du vent étant réduite dans la zone protégée, la température des végétaux s'élève pour pouvoir évacuer la chaleur reçue. Le brise-vent a alors un effet néfaste sur la végétation.

Vers une sylviculture des massifs forestiers

Les incendies de forêts se produisent généralement au cours de périodes sèches. Nous ne discutons donc des effets des brise-vent ou de <<la rugosité du paysage>> que dans ces conditions où les apports d'énergie adventive sont importants.

Deux cas particuliers seront considérés : l'aménagement des pare-feu et coupures de combustible et celui des massifs forestiers continus.

La structure des pare-feu et coupures de combustible

Une bande pare-feu est une bande de terrain, relativement étroite, débarrassée de toute végétation, qui passe au travers d'un massif forestier afin d'empêcher ou de limiter la propagation d'un incendie. Les pare-feu servent à la fois à la lutte passive contre les incendies et à la lutte active en facilitant l'approche des équipes et des moyens de lutte.

Une coupure de combustible est une bande de terrain beaucoup plus large (plusieurs dizaines ou centaines de mètres) qui est destinée à arrêter non seulement la propagation des feux courant au sol mais également la propagation de l'incendie par

les brandons qui s'échappent des couronnes des arbres lorsqu'elles sont atteintes par le feu.

Selon leur conception, un pare-feu ou une coupure de combustible peuvent être considérés simplement comme un moyen d'aide à la lutte active contre les incendies ou comme moyen passif, capable par lui-même d'arrêter la propagation du feu. C'est ce deuxième aspect que nous allons examiner.

Nous avons vu qu'une bande forestière large et a fortiori un massif forestier se comportent comme un brise-vent imperméable. Il se forme donc un vaste tourbillon sous le vent de la forêt. Le vent se rabat au sol à une distance qui est comprise entre 4 et 6 fois leur hauteur. Les flammèches transportées par le vent tomberont donc principalement dans cette zone. Aussi, si l'on veut piéger la plus grande partie des matériaux incendiaires, il faudra qu'une coupure de combustible ait une largeur égale à au moins 7 fois la hauteur des arbres, car il faut tenir compte du soulèvement de l'air par la lisière qui borde l'autre côté de la coupure de combustible.

Ces pare-feu passifs (ou coupures de combustibles) sont larges et donc coûteux à entretenir. Le meilleur moyen de réduire les coûts d'entretien consiste à les cultiver. Mais la rentabilité de cette culture ne sera pas assurée dans toutes les conditions. Il faudra donc compléter le revenu des exploitants par des aides dont le montant devrait rester cependant à un niveau inférieur au coût d'entretien d'un pare-feu non cultivé et nettoyé tous les ans.

Cas des forêts dont la strate dominante est peu dense

Une des particularités des forêts de pins des régions méditerranéennes est d'avoir une strate dominante peu dense, avec des houppiers bien séparés et un sous-étage constitué par les plantes de la garrigue ou du maquis, qui est assez dense et a entre 1 et 3 m de haut. Le feu naît et se propage grâce au sous-étage. Le problème est donc de savoir s'il est possible de rendre le développement initial du feu plus difficile dans cette partie de la forêt en réduisant la vitesse du vent et en ralentissant le dessèchement de la végétation.

L'ensemble des arbres de haut jet introduit une rugosité globale au niveau du massif forestier. Elle entraîne une réduction sensible de la vitesse du vent au niveau du sous-étage (d'au moins 50 %) comparativement à une zone où seule la végétation basse persiste. Dans ces conditions, la composante advective de l'ETP du sous-étage est réduite d'environ 30 %. Du fait de l'ombre portée par l'étage dominant, la composante radiative de l'ETP est également réduite (de façon très grossière: 40 % pour un taux de couverture de 40 %, 60 % pour un taux de couverture de 60 %). Dans le bilan hydrique global de la forêt, il faut tenir compte à la fois de la consommation de l'étage dominant et de celle du sous-étage. Si les arbres dominants sont nettement séparés, ils peuvent consommer jusqu'à 1,5 fois plus d'eau que la même surface de végétation basse.

Ainsi, si l'on considère une forêt méditerranéenne dont l'étage dominant a un taux de couverture de 40 % (arbres ou bouquets d'arbres régulièrement répartis) et si l'on prend une réduction de 45 % de l'ETP globale du sous-étage et une augmentation de 40% de l'étage dominant, on constate alors que l'ETP globale est supérieure de 11 % à celle d'une garrigue ou d'un maquis, sans arbres de haut jet et placés dans les mêmes conditions. Avec un couvert forestier plus fermé (taux de couverture 60 %), on arrive alors à des valeurs d'ETP voisines pour les deux types de couverts.

Cela amène donc à conclure qu'il est illusoire de vouloir installer des systèmes brise-vent dans de telles forêts pour essayer de réduire l'ETP.

Par ailleurs, une forêt claire joue le rôle d'un excellent piège à lumière compte tenu de l'espacement des couronnes des arbres. On observera donc des températures de l'air, qui seront plus élevées que dans une zone ouverte. En période estivale, ces élévations pourront atteindre 3 à 4°C, ce qui accroîtra encore les risques d'incendies.

Les forêts claires sont donc potentiellement dangereuses et il paraît extrêmement difficile de pouvoir améliorer la situation. La seule possibilité consisterait à limiter le développement du sous-étage, ce qui réduira la consommation globale de la forêt et supprimerait la cause principale de départ des feux.

Utilisation d'herbicides dans la lutte contre les feux

Extraits de:

PHYTOCIDES ET NANIFIANTS POUR L'ENTRETIEN DE COUPURES DE COMBUSTIBLE ET DE PARE-FEU EN REGION MEDITERRANEENNE

P. DELABRAZE. *in* Espaces forestiers et incendies. R.F.F., 1990, pp 135-138.

Une large gamme de phytocides - herbicides, arboricides, débroussaillants et inhibiteurs de croissance à effets nanifiants - permet de proposer des solutions originales appropriées aux lourdes sujétions que constitue l'entretien des coupures de combustibles et des pare-feu.

Des matériels spécialisés légers, des lances adaptables à certains petits porteurs d'eau, l'utilisation d'aéronefs agricoles et surtout d'hélicoptères permettent d'envisager l'application de substances aux modes d'action et aux effets aussi particuliers que :

- les destructions sélectives, parfois très spécifiques, de groupes d'espèces dangereuses ou indésirables sur ces coupures de combustible: graminées, herbacées dicotylédones, plantes semi-ligneuses ou ligneuses ... laissant le terrain libre à des plantes assurant une couverture du sol moins inflammable ;

- l'élimination temporaire de la quasi-généralité de la végétation, à l'exception des arbres, par exemple, tout en conservant le sol en place, structuré et en partie << armé >> par les systèmes racinaires subsistants ou dépérissants ;
- un arrêt du développement d'une végétation partiellement rabattue par dessèchement ou par dormance prolongée de la dernière élongation terminale.

Stratégie d'emploi

Deux voies d'adsorption de ces substances chimiques conduisent à distinguer deux stratégies et trois groupes de solutions:

1. Les herbicides à adsorption racinaire quasi exclusive:
 - Simazine
 - chlortiamide, dichlobénil
 - tébuthiuron, terbuthylazine, thiazafluron.
2. Les phytocides à adsorption foliaire dominante ou exclusive
 - Le dalapon
 - l'hexazinone
 - le glyphosate
 - 2,4-D + dichloprop
 - le triclopyr.
3. Nanifiant débroussaillant-inhibiteur de croissance
 - Le fosamine ammonium

Les brûlages dirigés (feux précoces)

Extraits de:

LES BRULAGES DIRIGES DANS LES PYRENEES-ORIENTALES

... De la régénération des pâturages d'altitude à la protection des forêts

...

B. LAMBERT - V. PARMAN. *in* Espaces forestiers et incendies. R.F.F., 1990, pp 141-155.

Les gestionnaires forestiers, suite à des feux catastrophiques, souhaitent protéger les massifs forestier et abaisser les dépenses liées à la lutte contre les incendies en s'appuyant sur les acteurs locaux et surtout les éleveurs du département. Ces derniers, qui représentent plus de 500 familles avec 20 000 unités de gros bétails, ont relancé cette activité (le pâturage) en l'adaptant au nouveau contexte socio-économique local.

Pour cela, lors de rencontre de concentration entre les différents acteurs cités ci-dessus, auxquels il est bon d'associer les chasseurs et les services de secours et d'incendie, sont déterminés les choix d'aménagement du massif ou de la zone étudiée. C'est donc dans ce cadre qu'il peut être judicieux de proposer la création, au coeur ou à la périphérie des massifs forestiers, de coupures de combustibles exploitables par l'élevage. Mais face au fort embroussaillage, au fort pendage des parcelles, à la présence de rochers voire de murettes, qui interdisent généralement la mécanisation du débroussaillage, le brûlage dirigé selon des savoir-faire déjà éprouvés par ailleurs (USA, Portugal) apparaît souvent comme la dernière technique financièrement abordable.

Le brûlage dirigé s'insère alors, non seulement dans un système de gestion cohérent, mais surtout dans un plan d'aménagement où l'on fait un zonage des surfaces à débroussailler avant de décider du mode d'action à employer.

Procédure de réalisation des chantiers

Le check-list de la visite de terrain

Au cours de ces visites, nous suivons le processus d'analyse logique suivant :

1) Quelle est la cohérence de la demande ?

Objectifs de traitements, place de la parcelle dans le système d'exploitation, l'aménagement forestier ou le plan de lutte contre l'incendie. Quelle sera le gestion post-brûlage à court et à moyen terme ? Comment prendre en compte les aspects cynégétiques et paysagers ? ... Cette étape est indispensable pour obtenir un consensus social local vis-à-vis des brûlages (à cette occasion peut émerger le problème de la maîtrise foncière).

2) La végétation est-elle inflammable ?

L'inflammabilité qualifie la facilité avec laquelle les éléments fins de la litière et des espèces végétales en place vont prendre feu et assurer la propagation du front de flamme. Cette notion est capitale pour apprécier la facilité avec laquelle le brûlage pourra être conduit. Elle s'articule autour de trois critères :

- La nature des associations végétales et de la litière: en effet, plus un combustible est finement divisé et plus il sera inflammable (facilité d'échange de l'eau avec l'atmosphère de dessiccation en avant du front de flamme et intensité du mélange combustible-comburant).
- Les conséquences de la pente et des vents dominants: au dessus du front de flammes, le courant de convection évacue plus de 80% des calories. Lorsqu'un feu monte une pente ou qu'un vent le pousse, ce courant s'oriente au ras du sol entraînant un dessèchement de la litière et des éléments fins en avant du front

de flammes donc un accroissement de la vitesse de propagation et des transports de flammèches voire de brandons sur plusieurs dizaines de mètres.

- La période la plus favorable à préconiser:...éléments vivants moins de 50% de teneur en eau relative; éléments morts et litière: moins de 20%.

3) Cette formation est-elle combustible ?

La combustibilité caractérise la puissance du front de flamme issu d'une formation végétale donnée. En conséquence, elle détermine la nature et l'importance des moyens de sécurité à mettre en oeuvre pour maintenir le front de flamme dans la parcelle (largeur du coupe-feu, surveillance des sautes de feu, etc ...), et surtout le choc thermique potentiel sur les premiers horizons du sol. La combustibilité dépend des espèces végétales en présence et de la structure de la végétation :

- Plus la structure de la végétation sera homogène et plus le front de flamme aura tendance à atteindre la puissance permise par les conditions météorologiques et l'état de sécheresse du milieu. En effet, le flux de rayonnement émis par le <<panneau radiant>> du front de feu est extrêmement intense à proximité immédiate. C'est donc ce rayonnement à courte distance (quelques mètres) qui cause le dessèchement et la pyrolyse du combustibles en avant du front et assure la progression et la montée en puissance de ce dernier. Ainsi, une structure discontinue <<cassera>> la vitesse et la hauteur du front de flamme : par exemple, un front puissant (3 à 5 m de haut, 600 m/heure) issu d'une communauté dense de Genêts purgatifs se changera en petit feu extrêmement rapide dans une zone à graminées (pouvant atteindre 1,5 km/heure).

4) Fractionner les chantiers

Sur des milieux où la végétation peut être homogène, il est fréquent de rencontrer des situations topographiques fort différentes. Ainsi les contrastes d'ensoleillement et de flux des vents qui en découlent sur la même parcelle vont créer des différences notoires d'humidité de la litière et des éléments fins. Il en sera de même pour l'orientation et la force du vent. Donc, multiplication des difficultés pour conduire et maîtriser le front de feu. Tout incite à fractionner les chantiers en autant de parcelles homogènes. Cette homogénéité est définie par :

- l'unité topographique : milieu, bas, haut de versant, exposition ...
- l'unité écologique : le faciès de végétation (espèce dominante par strate, ligneux hauts, bas et herbacées).

Pour chaque parcelle sera reprecisé alors l'effet attendu du feu sur les différentes strates et en conséquences les types de brûlage possibles.

C'est ici que le feu reprend sa place dans la gestion du terroir. Il redevient avec les autres techniques parcellaires (phytocides, travaux du sol) un moyen de restructurer l'espace en autant de terroir.

5) Les types de brûlage à préconiser pour chacune des parcelles

Selon la finalité du brûlage, il s'agira, soit de minimiser les effets du front de flamme sur les appareils aériens de la strate arborée, soit d'atténuer seulement le choc thermique sur le tapis herbacé et les premiers horizons organiques du sol, soit tout simplement de limiter avant tout les risques de voir le feu échapper à tout contrôle.

Pour maîtriser ainsi les brûlages, les opérations bénéficient de 4 leviers :

- Le dispositif de sécurité.
- Les données météorologiques avant et pendant le brûlage.
- La conduite du feu : elle permet de corriger ou d'accentuer les conséquences de l'inflammabilité et de la combustibilité. Elle est donc liée aux deux leviers précédents. Elle s'appuie sur trois composantes :

. La méthode d'allumage : linéaire ou par points, ou lignes successives ou simultanées, voire en anneaux concentriques, etc ... En l'absence de vent, chaque méthode crée une dynamique du courant de convection et du contre-vent spécifique.

. La direction de propagation du front de feu par rapport au vent ou à la pente : sens du vent, à contre-vent, perpendiculaire.

. Le pourcentage de surface brûlée : brûlage homogène en une seule fois, découpage de la parcelle en plusieurs chantiers espacés de plus d'un an, brûlage par taches selon l'inflammabilité des associations végétales (on revient au cas présent), brûlage par langues, en utilisant les rafales de vent, etc ...

Ces trois composantes entrent en jeu pour définir la configuration du front de flamme. On pourra ainsi rencontrer des fronts présentant les caractéristiques suivantes :

- 1 Propagation dans le sens du vent ou de la pente : feu puissant, peu intense, mais très rapide (>200 m/heure) à très large et très haut front de flamme.
- 2 Propagation à contre-vent (ou à contre-pente) : feu peu puissant, mais intense et très lent (<50 m/heure) à étroit et bas front de flamme.
- 3 Propagation dans une direction perpendiculaire à celle du vent ou de la pente: feu à caractéristiques intermédiaires : le choix de la technique dépend de l'objectif de brûlage. Pour l'entretien de sous-bois, on optera pour le type 2 ; par contre, pour favoriser les herbacées, on préférera le type 1 ou 3 (dans la mesure où la teneur en eau des premiers horizons du sol est suffisante).

- La teneur en eau des couches inférieures de la litière et des premiers horizons du sol: il s'agit de limiter les effets du choc thermique sur les appareils souterrains des végétaux, voire le plateau de tallage des graminées.

6) Le dispositif de sécurité à mettre en oeuvre

Ce dispositif est arrêté en deux étapes :

- Première étape : à la fin de la première visite de terrain, une fois les types de brûlage arrêtés, il est alors nécessaire d'intégrer les éléments qui vont contribuer au maintien du front de flamme dans la parcelle. A cet effet, on étudie quels sont :
 - . les accès : pour les équipes d'allumeurs, pour les moyens de sécurité;
 - . la localisation des points d'eau ... ou ceux qui peuvent être créés conjoncturellement ;
 - . les barrières existantes ou les points d'appui : routes, chemins, sentiers, ruisseaux, barre rocheuse, murettes, habitat, forêt ;
 - . les alliés d'un jour: mouillères, lieu de changement du niveau d'inflammabilité et de combustibilité (talweg, crête, lisière de forêt), vent dominant ;
 - . les points faibles : zones à protéger (bois, maisons, ...), surfaces où le feu montera en puissance ou s'accéléra, zone de vent.

L'aboutissement de la démarche conduira à préconiser la création d'éléments passifs, complémentaires : layon confectionné à la main ou au bull, amélioration des accès, brûlage de sécurité par temps pluvieux, etc ...

Toutefois, les barrières ne sont jamais absolues. L'état de sécheresse du milieu, les conditions météorologiques locales vont décider de la dynamique du feu. C'est donc cette dynamique qu'il faut anticiper afin d'adapter le dispositif aux besoins.

La réalisation du brûlage

La réalisation de chaque chantier s'appuie en fait sur deux tâches complémentaires: la conduite du feu et la surveillance des lisières pendant et surtout après le passage du front de flamme.

- La conduite: elle est l'aboutissement du raisonnement précédent auquel viennent s'ajouter les conditions météorologiques du jour. Elle définit donc le type d'allumage: localisation, distance entre lignes, nombre d'allumeurs, vitesse de la mise à feu.

- la surveillance: elle est le fait de tous. Toutefois, dans le cas où la flamme se couche sur les coupures de combustible, il faut prévoir du personnel en plus sur les bordures dangereuses. L'importance de la surveillance est fonction des conditions locales, de la longueur et de la nature des coupe-feu.

QUE RETENIR?

Inflammabilité: bonne si les éléments vivants ont une teneur en eau inférieure à 50% et inférieure à 20% pour les éléments morts.

Calories: le courant de convection créé par temps calme par le feu évacue plus de 80% des calories. A l'avant du front du feu, l'énergie est utilisée pour la dessiccation des matériaux et sa décomposition en un mélange gazeux.

Comburant: le feu a besoin d'un apport extérieur d'oxygène. Celui-ci est apporté par les courants de convection; il est donc indispensable de les ralentir.

Vents et pente: ces deux facteurs limitent la dissipation par courant de convection de l'énergie dégagée par le feu. Ils favorisent donc des feux plus destructeurs.

Structure discontinue: tant au niveau horizontal que vertical, l'existence d'une discontinuité dans le matériau inflammable réduit l'importance du feu.

Ces cinq facteurs très importants doivent être toujours pris en compte et utilisés pour rendre plus efficace la lutte contre les feux.

Effet brise-vent: dans le cadre d'un brise-vent étanche, les flammèches et brandons peuvent être projetés jusqu'à 6 fois la hauteur du mur végétal.

Feux précoces (brûlages dirigés): cette opération doit idéalement se faire alors que la matière végétale herbacée présente une bonne inflammabilité. A cette condition, le feu sera efficace et éliminera la végétation combustible dangereuse.

Pare-feu: bande nue étroite servant essentiellement à arrêter les feux courants.

Coupure de combustible: bande nue large d'au moins 7 fois la hauteur de la futaie, destinée à "récupérer" tous les brandons provenant du feu = moyen passif de lutte contre les sauts de feu.

COMMENT LUTER CONTRE LES FEUX EN ZONE SOUDANO-GUINEENNE ?

Au vu de ce qui précède, il est évident que l'aménagiste forestier ne peut envisager au sein de la forêt la création de bandes coupures de combustible larges de plus de 100 m (correspondant à une savane boisée de 15 m de haut).

En raison de la mentalité paysanne actuelle et du manque de formation du monde paysan dont les enfants, on peut penser que, si ces bandes sont réservées à l'agriculture, elles risquent également d'être sources de foyers involontaires et

incontrôlés: par exemple enfants chassant les rats, ce qui a d'ailleurs déjà détruit de nos plantations expérimentales!

Cependant, les coupures de combustible ont toujours été le mode principal de création des "pare-feu" en zone soudano-guinéenne. Celles-ci avaient généralement une largeur trop faible: 20-25 mètres, parfois 50 m, rarement plus. Ce qui explique leur échec dans différents aménagements mis en application (ceux-ci datent généralement de la période coloniale et ont souvent été abandonnés peu de temps après les indépendances). Néanmoins, j'ai pu consulter un certain nombre de vieux rapports de l'administration forestière de la région de Bobo-Dioulasso et y recueillir des coûts d'entretien de "pare-feu". Ceux-ci sont présentés à titre d'informations, en annexe au présent chapitre.

D'autres solutions sont donc à chercher.

Feux précoces ou dirigés

En cas de végétation sèche et de période d'harmattan (mois de mars-avril par exemple) il est illusoire de vouloir arrêter un "feu de brousse". tous les auteurs sont unanimes! Peu de calories sont utilisées pour la vaporisation de l'eau "végétale" et très peu sont dispersées par les courant de convection que l'on aurait par vent nul. Le feu est donc violent et destructeur. Dans ce cas, seul l'absence ou la rareté de matière inflammable peut permettre de lutter contre le feu.

La rareté de matière combustible doit donc être provoquée par une sylviculture adéquate: sur les bons sols, le maintien d'un couvert boisé continu éliminera les herbacées et limitera le risque à la litière. Dans le cas contraire, savane ouverte, il est indispensable d'éliminer les herbes par brûlage contrôlé. Si les risques de feu sont limités à un seul côté (extérieur de la forêt) le brûlage d'une bande de 200 à 250 mètres de large devrait suffire amplement. La décision d'effectuer des feux "précoces" sur des superficies plus importantes sera fonction des risques "internes" souvent liés aux parcours en forêt (feux de régénération du tapis herbacé) ou à la chasse.

Cette technique dite de feux "précoces" est jusqu'à présent basée uniquement sur la subjectivité de l'aménagiste. Elle a cependant montré toute son efficacité dans les parcelles feux de Kokondékro installées en 1936 par Aubréville et toujours suivies (au niveau de la gestion) par l'IDEFOR-DFO.

Actuellement, on peut penser que des mises à feu basées sur le taux d'humidité de la végétation herbacée (entre 40 et 50%) auraient pu donner des résultats encore plus probants. En effet, ce moment optimal aurait permis chaque année d'éliminer le maximum de matière combustible tout en limitant au maximum les dégâts à la flore ligneuse en utilisant le maximum d'énergie pour la vaporisation de l'eau encore contenue dans la végétation herbacée. Quant aux risques encourus par la micro-faune et flore du sol, il semble que ceux-ci ne soient réels que par feu de litière.

Les pare-feu verts

Cette idée a été développée depuis de nombreuses années. Ce type de "pare-feu" est basé sur deux types de considérations:

- 1 une bande boisée verte reste peu sensible aux feux, l'essentiel de l'énergie du feu étant utilisée à la vaporisation de l'eau des végétaux.
- 2 le peu de combustible trouvé par le feu dans ce type de bande d'arrêt est représenté par la litière. Si celle-ci n'est pas totalement sèche, le feu sera faible et pourra être arrêté facilement par une bande "pare-feu" nue: une piste par exemple.

L'idée, en soi, est bonne. Malheureusement, les sauts de feu ont généralement été oubliés: la bande boisée pare-feu est limitée fréquemment à au maximum trois rangées d'anacardier (Bobo-Dioulasso, Casamance,...). Or, les brandons peuvent sauter une centaine de mètres; moins vraisemblablement en savane boisée où les arbres dispersés ralentissent la vitesse du vent.

Quoi qu'il en soit: on a souvent fait trop étroit, que ce soit en "coupure de combustible" ou en "pare-feu vert". La première solution étant irréaliste en zone soudano-guinéenne, il faut améliorer la seconde.

Dans le cadre du projet d'Appui à la SODEFOR pour l'implantation d'un programme de protection contre les incendies de forêt (1983-85), M. CATINOT avait proposé les deux types de pare-feu suivants:

La structure de base est une bande boisée de 50 mètres de large réalisée avec des espèces forestières d'intérêt économique, encadrée par deux routes de 10 mètres de large.

- **pare-feu à un seul étage:** les espèces préconisées sont le teck (*Tectona grandis*) ou le badi (*Nauclea diderrichii*) susceptibles d'arrêter le feu ou de servir de base de lutte. Les inconvénients sont l'entretien du sous-bois notamment lorsque les tecks sont défeuillés.
- **pare-feu à deux étages:** la bande extérieure, de 15 m de large, est constituée d'une espèce couvrant bien le sol et destinée à bloquer les feux courants; la bande interne de 35m est constituée comme le pare-feu à un étage. Les espèces conseillées sont:
 - . pour le pare-feu bas: anacarde (*Anacardium occidentale*), badi recépé, *Acacia* sp., *Eucalyptus torrelliana*, neem (*Azadirachta indica*), éventuellement *Gmelina arborea*.
 - . pour le pare-feu haut: badi, teck et éventuellement gmélina.

Ces pare-feu se rapprochent de ce que nous proposerons plus loin.

Sur quelles bases théoriques asseoir la conception des pare-feu verts?

L'objectif que l'on se fixe est de transformer un feu violent avec sauts de feu en un feu courant pouvant être arrêté par une simple bande de sol nu: une piste.

Les facteurs à prendre en compte:

- La largeur du pare-feu doit être suffisante pour éviter le sauts de feu: soit 100 mètres en terrain dégagé ou 60 m en zone boisée en raison de l'effet brise-vent de la savane.
- Le matériel inflammable ou combustible doit être limité: absence de graminées et de dicotylédones herbacées sèches (les plantes sempervirentes peuvent être recherchées) et d'une litière exubérante. Certaines espèces ligneuses comme le teck fournissant une litière épaisse peu putrescible et fortement inflammable doivent être éliminées.
- Il doit y avoir une discontinuité, tant horizontale que verticale, dans le matériel combustible afin de freiner la violence du feu.
- L'énergie dégagée par le feu doit être absorbée au maximum par la vaporisation de l'eau du combustible: des espèces sempervirentes doivent être utilisées en bordure de "pare-feu".
- L'apport latéral de comburant (oxygène) doit être limité au maximum: il est indispensable que les bordures du pare-feu limitent les transferts d'air latéraux.

A cinq problèmes, cinq réponses:

- **La largeur:** si la bande est parallèle aux "vents à risque", sa largeur peut être réduite, mais il vaut mieux être prudent! En conséquence, afin de réduire le coût d'installation de telles bandes pare-feu, il est indispensable de s'appuyer au maximum sur les forêts galeries et forêts denses sèches existantes. Celles-ci augmentent sans investissement la largeur du "pare-feu".
- **L'élimination de la végétation basse combustible** ne peut résulter que d'un couvert continu.
- **La discontinuité** horizontal pourra être réalisée par une juxtaposition en lignes larges d'espèces arbustives et d'arbres, de zones nues (pistes), rivières,...
- **La dissipation de l'énergie du front de flamme** ne pourra être faite que par la rencontre d'une formation "verte" assez large.
- **L'apport latéral de comburant** ne pourra être limité que par l'existence de brise vent efficaces en limite de "pare-feu".

Quelles espèces utiliser?

- Un premier principe, qui pourrait paraître étonnant, est l'utilisation d'espèces exotiques pour la "charpente" du pare-feu. Pourquoi donc les utiliser? En droit coutumier les espèces locales (de brousse) sont propriété collective. Elle n'appartiennent à personne et sont donc exploitables n'importe quand. Par contre, une essence exotique, fruit visible du travail humain, est encore respectée.
- Ces espèces doivent être très concurrentielles et éliminer la végétation adventice. Répondent à cette condition: *Anacardium occidentale*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* et quelques *Acacia* australiens. Mais, comme nous l'avons vu, le teck à cause de sa litière ne doit pas être retenu. Ces espèces doivent également être résistantes au feu: par manque de recul, nous écarterons donc les *Acacia* à phyllodes.
- Discontinuité verticale: association en bandes d'espèces basses et d'essences de haut jet. Pour les espèces de futaie, il est souhaitable qu'elles limitent le feu en un feu courant au sol et qu'elles l'empêchent de gagner les cimes par de branches trop basses et porteuses de feuilles mortes. Eviter les feux de cime peut se faire grâce à des espèces caducifoliées qui seraient néanmoins élaguées (ou dont les branches mortes seraient éliminées) sur quelques mètres.
- Discontinuité horizontale et apport latéral de comburant: ces deux points semblent liés: si de part et d'autre de la futaie dont nous venons de parler, nous avons un "mur", le comburant ne pourra venir que d'en haut. En raison des courants de convection (l'air chaud monte) l'apport d'oxygène frais sera ralenti et le feu deviendra moins violent. Si de plus ce "mur" est constitué de matériel vert, il diminuera également la violence des feux "latéraux".

En fin d'analyse, bien que des solutions voisines aient été proposées antérieurement (dont certaines avec élimination des litières pour éviter le passage du feu), je suggérerais donc de constituer les pare-feu de la manière suivante:

Le pare-feu sera composé comme suit: (détails annexe 2)

Au centre: une bande boisée, dense (à écartement maximum de 3 x 3 m) en *Gmelina arborea* qui sera élaguée en son milieu. Les branches de la périphérie ne doivent pas être supprimées car elles contribuent à réduire l'éclairement latéral (et donc limitent le développement des adventices) ainsi que les vents de convection en cas de feu. Le choix de *Gmelina arborea* est également dicté par le fait que sa litière est de décomposition rapide, donc moins combustible.

En périphérie: deux lignes d'une espèce ligneuse sempervirente qui servira à la fois à réduire la vitesse des feux courants par utilisation de l'énergie pour la vaporisation de l'eau de son feuillage bas et à limiter l'apport latéral de comburant. Le choix de *Anacardium occidentale* semble également évident car cette espèce a fait ses preuves;

mais en plus on peut espérer qu'elle sera protégée par les paysans du voisinage car elle est source directe de revenus (des acheteurs/exportateurs de noix sont présents à Korhogo).

Toutefois, on peut envisager de planter sur l'un des deux côtés une autre espèce buissonnante basse si, par exemple, l'objectif est également de limiter la divagation du bétail. Dans ce cas *Dichrostachys cinerea*, bien qu'espèce locale mais très épineuse, pourrait convenir.

Ce pare-feu sera complété par une bande de sol nu: une piste. Celle-ci doit être installée du côté opposé au risque maximum de feu. Ainsi elle n'aura qu'à empêcher un feu courant de s'étendre.

Le bétail, outil de lutte contre le feu?

On peut penser que le surpâturage des savanes boisées, en fin de saison des pluies, pourrait laisser un sol propre de combustible herbacé. Malheureusement, outre la difficulté que l'on aurait à gérer le cheptel pour assurer cet effet de protection, cela n'est pas si simple. Toutes les espèces herbacées ne sont pas appréciées de manière identique.

En fait, comment évolue une savane en cas de surpâturage? César dans son article:

"Les pâturages naturels en milieu tropical humide"
in Terroirs Pastoraux et Agro-pastoraux en Zone Tropicale. IEMVT, 1987 pp 167-232.

décrit très bien cette évolution. Il décrit également l'évolution naturelle des jachères. Bien que ces travaux aient été menés dans un sens strictement pastoral, il nous a semblé utile que le forestier gestionnaire en soit bien informé:

Recolonisation d'une jachère en l'absence de feu

Sur un sol de savane de qualité moyenne, la végétation évolue de la façon suivante :

1E) - de 1 à 3 ans

Envahissement du champ par des adventices, des graminées annuelles ou de petite taille (*Digitaria* spp. *Paspalum orbiculare*, *Pennisetum* spp.). La valeur pastorale de la jachère est alors très faible en saison des pluies et nulle en saison sèche.

2E) - de 2 à 5 ans

Installation progressive d'*Andropogon gayanus* et localement, sur des plaques plus pauvres, d'*Imperata cylindrica* - Apparition de très jeunes ligneux.

3E) - de 5 à 15 ans

Formation homogène à *Andropogon gayanus* - élimination des plaques d'*Imperata cylindrica* - Développement des ligneux. Les plus gros atteignent 5 à 10 cm de diamètre.

4E) - de 15 à 25 ans

Apparition de graminée savaniques (*Hyparrhenia smithiana*, *Andropogon schirensis*) - Vieillesse des touffes d'*Andropogon gayanus* qui se morcellent.

5E) - de 25 à 30 ans

Dominance des graminées de savane qui éliminent les dernières touffes d'*Andropogon gayanus*.

6E) - au-delà de 30 ans

Fermeture du couvert ligneux - Transformation de la savane arborée en savane boisée ou forêt claire - Modification de la composition floristique des herbacées par augmentation des espèces sciaphiles.

La durée d'évolution décrite ci-dessus correspond à un sol de valeur moyenne à texture sablo-argileuse, sous le climat soudanais avec 5 à 6 mois de saison sèche (région de Boundiali-Korhogo). Elle peut être plus rapide ou plus lente en fonction de la fertilité du sol ou de la longueur de la saison des pluies.

Dans la région de Boundiali-Korhogo, sur sables gravillonnaires lessivés, le stade 2 n'apparaît pas avant 5 ans et le stade 3 avant 12 ans; sur sol argilo-sableux de cuirasse, le stade de reconstitution des graminées savaniques est pratiquement achevé dès la 20^{ème} année. Lorsque les paysans disposent d'une surface suffisante, la remise en culture a lieu uniquement sur la savane reconstituée du dernier stade. Les paysans attendent toujours d'élimination complète de l'*Andropogon gayanus*.

Les jachères jeunes de 1 à 5 ans, trop riches en annuelles et dicotylédones diverses n'ont qu'un faible intérêt pastoral, et limité à la saison des pluies.

En revanche, la jachère à *Andropogon gayanus* constitue un excellent pâturage, productif, très appétible et riche en matière azotée.

Evolution d'un pâturage de savane sous l'action du bétail

L'exploitation de la savane par les animaux entraîne souvent une transformation du milieu dans un sens qui n'est pas favorable à l'élevage : réduction puis disparition du tapis graminéen. On peut cependant distinguer deux grands types de dégradation en fonction du milieu (humidité) et de la texture du sol. Suivant les cas, le terme ultime de cette évolution malheureusement souvent observée est soit la forêt, soit le sol nu. Mais avant d'aboutir à ce dernier stade, plusieurs étapes intermédiaires permettent de suivre l'évolution sous l'action du bétail. Ces stades se reconnaissent facilement sur le terrain et devraient aider l'exploitant à gérer ses pâtures.

Stade 1 - Modification de la structure de la strate herbacée. C'est un phénomène bien connu que le broutage, ainsi que le piétinement provoquent la multiplication des talles chez les graminées. La croissance a tendance à devenir plagiotrope (émission de talles horizontaux qui rayonnent à partir de la touffe). La production reste la même, mais c'est la répartition dans l'espace qui est modifiée. Les touffes s'élargissent. Le recouvrement au sol, toujours faible en savane, augmente. Il passe parfois de 15 à 50 p.100. Cette transformation est favorable.

Stade 2 - Modification de la composition floristique quantitative. Très rapidement, la composition floristique quantitative (c'est-à-dire le pourcentage de chaque espèce ou contribution spécifique) est modifiée. D'une part, le bétail choisit les espèces les plus tendres ou les plus riches en matière azotée (plantes appétibles) et délaisse les autres (refus). Les espèces non broutées (*Panicum phragmitoides*) dont la croissance n'est pas perturbée, ont tendance à envahir le pâturage alors que les mieux broutées régressent. D'autre part, parmi les graminées appétées, certaines résistent mal à la dent du bétail. Les espèces qui s'adaptent au broutage (ou à la coupe) sont des plantes capables d'émettre des talles plagiotropes (v. ci-dessus) à la base de la touffe. Cette aptitude est par exemple très développée chez *Hyparrhenia dissoluta* mais faible chez *H. smithiana*. Il s'ensuit une alimentation (photosynthèse) meilleure chez la première. D'où un bouleversement des lois de compétition interspécifique qui provoque à court terme une modification de la composition floristique. C'est ainsi qu'en savane soudanaise (Badikaha) au bout d'un an d'exploitation par coupe, *H. dissoluta* est passé de 10 à 32 p. 100 (différence significative à 0,995) alors que *H. smithiana* régressait de 14 à 1,3 p. 100 (différence significative à 0,95).

Cette évolution est déjà défavorable dans la plupart des cas, du fait de la régression des espèces appétibles.

Stade 3 - Modification de la composition floristique qualitative. Si l'exploitation se poursuit, on risque de voir disparaître du pâturage certaines espèces, parmi les mieux appétées, mais simultanément, des espèces nouvelles apparaissent et se multiplient. Ce sont d'abord des dicotylédones de savanes, rares habituellement, qui prennent subitement un grand développement. On y rencontre des *Borreria* spp. et de nombreuses légumineuses (*Indigofera* spp., *Tephrosia* spp.). Toutes ces plantes sont de bonnes indicatrices de l'épuisement des graminées. Il suffit d'une diminution de charge ou d'une mise en repos temporaire pour rétablir l'équilibre entre les dicotylédo-

nes et les graminées broutées. Mais passé ce stade, des espèces de dégradation non savaniques envahissent la pâture (*Sporobolus pyramidalis*, *Hyptis suaveolens*, *Zornia glochidiata*), tandis que les nitrophiles s'installent par plaques (*Dactyloctenium aegyptium*, *Eleusine indica*, *Sida* spp., *Amaranthus* spp.).

Stade 4 - Embroussaillage ou épuisement du sol. L'évolution se poursuit alors différemment suivant les milieux.

Sur les sols stables, argileux ou argilo-sableux, la strate herbacée est envahie par les ligneux. Les espèces envahissantes appartiennent aux strates supérieures (*Daniellia oliveri*, *Uapaca togoensis*, *Afrormosia laxiflora*) mais il s'y ajoute dans le sud des espèces forestières (*Phyllanthus discoïdeus*, *Harrisonia abyssinica*, *Harungana madagascariensis*, *Trema guineensis*) ou introduites (*Solanum rugosum*). Le feu ne passe plus ou mal par manque de combustible herbacé, la compétition entre herbacés et ligneux disparaît. Les ligneux ne rencontrent plus d'obstacle à leur développement et la végétation évolue très rapidement en formation boisée dense (formation à *Uapaca togoensis* dans le Nord) ou en fourré forestier (Sud).

Sur les sols sableux, moins fertiles et fragiles, l'embroussaillage est limité. Une seule espèce (*Parinari curatellifolia*) se multiplie mais ne se développe guère en taille et n'est pas gênante. Par contre, on observe une diminution progressive de l'horizon humifère. Des espèces de sable lessivé (psammophiles) remplacent les graminées de savane : *Eragrostis* spp., *Digitaria* spp., *Polycarpaea* spp., auxquelles succède *Microchloa indica*, stade ultime de dégradation avant le sol nu.

Au-delà du stade 3, l'évolution devient pratiquement irréversible en ce sens que l'on ne peut retrouver rapidement le stade initial par la seule action du feu ou de la protection des animaux.

Les dégradations sont donc provoquées par le broutage permanent de mêmes touffes de graminées. Les repousses sont consommées dès qu'elles apparaissent. La photosynthèse n'est plus suffisante et la plante s'épuise par défaut d'aliment énergétique. Le seul remède est de ménager des temps de repos par la pratique de rotations.

En guise de conclusion sur l'effet du pâturage

Pour les forestiers que nous sommes, le bétail peut donc être un outil d'aménagement afin de régénérer assez rapidement un couvert ligneux sur les sols argilo-sableux et argileux.

Par contre, il ne semble pas qu'il puisse être à court terme un outil de lutte contre les feux. Bien qu'à long terme, il le soit. Cependant, ceci présente un risque: les pasteurs qui auraient un droit de pacage en forêt risquent d'y mettre le feu afin d'éviter

l'envahissement par les ligneux et de régénérer leur pâturage. Le risque semble plus important que l'avantage. Il vaut donc mieux limiter le cheptel en forêt.

CONCLUSION

Pour lutter contre les feux, nous disposons de deux outils qui semblent performants:

Le brûlage dirigé ou feu précoce que l'on doit utiliser dans toutes les zones à risques: près des villages, sur les lieux de pacages et de parcours du bétail, aux emplacements traditionnels de chasse.

Aux endroits où les risques sont limités, on peut envisager une mise en défens totale par un quadrillage de haies (pour le bétail) et de pare-feu verts comme décrits ci-dessus. Pour renforcer le dispositif, il convient d'utiliser comme pare-feu vert toutes les formations de forêt sèche et de forêt galerie. L'utilisation de feux dirigés n'exclut pas l'utilisation de pare-feu verts et inversement. Il est même souhaitable que ces deux techniques coexistent.

Au stade actuel, il semble peu réaliste d'envisager l'utilisation de produits phytocides ou nanifiants pour l'entretien des pare-feu ou de coupures de combustibles.

BIBLIOGRAPHIE

- CATINOT, M. [1982]. Projet d'Appui à la SODEFOR pour l'implantation d'un programme de protection contre les incendies de forêt (1983-85).
- CEZAR, J. [1987]. Les pâturages naturels en milieu tropical humide" *in* Terroirs Pastoraux et Agro-pastoraux en Zone Tropicale. IEMVT, 1987 pp 167-232.
- DELABRAZE, P. [1990]. Phytocides et nanifiants pour l'entretien de coupures de combustible et de pare-feu en région méditerranéenne. *in* Espaces forestiers et incendies. R.F.F., 1990, pp 135-138.
- GUYOT.G. [1990]. Brise-vent, pare-feu et sylviculture. *in* Espaces forestiers et incendies. R.F.F., 1990, pp 93-105.
- IEMVT [1990]. Fiche technique nE3 d'élevage tropical: Les Feux de Brousse. Maisons-Alfort, 12p.
- LAMBERT, B. PARMAN, V. [1990]. Les brûlages dirigés dans les pyrénées-orientales ... De la régénération des pâturages d'altitude à la protection des forêts ... *in* Espaces forestiers et incendies. R.F.F., 1990, pp 141-155.
- LOUPPE, D. [1978]. Les techniques de pépinière et de plantation forestière utilisées à Dindéresso, Haute-Volta. Document de travail FAO nE FO : DP/SUD/78/004. pp12-15.
- MONNIER Y. [1968]. Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière en Côte d'Ivoire. Abidjan, Etudes Eburnéennes nE9, 260p.
- VALETTE. J-C. [1990]. Inflammabilité des espèces forestières méditerranéennes. Conséquences sur la combustibilité des formations forestières *in* Espaces forestiers et incendies. R.F.F., 1990, pp 76-92.
- VUATTOUX. [1968]. Le peuplement du palmier ronier (*Borassus aethiopum*) d'une savane de Côte d'Ivoire. Annales de l'Université d'Abidjan, 1968, Série E, T 1, F 1, 138p.

ANNEXE I

REALISATION ET COUTS DES BRISE-VENT CONVENTIONNELS AU BURKINA FORETS CLASSEES DE DINDERESSO ET DE NIANGOLOKO

Aménagement forestier

Actuellement la forêt de Dindéresso près de Bobo-Dioulasso ne jouit plus d'aucun plan d'aménagement, celui qui avait été proposé vers 1950 n'ayant jamais été réellement mis en application, sauf la création du réseau de pare-feu.

La mise en place de ce réseau a été entamée en 1953 et fut entièrement effective en 1957. Il se composait de 51 km de pare-feu périphériques et 46 km de pare-feu intérieurs qui protégeaient des incendies une surface de 5.000 ha et la divisaient en 20 parcelles de 250 ha environ chacune.

Le plan concevait l'exploitation en taillis à révolution de 20 ans avec réserve des brins d'avenir (Vène, Caïlcédrat, Iroko).

La production estimée était de 50 stères par ha tous les 20 ans ce qui permettrait l'exploitation soutenue de 7.500 stères chaque année (3.750 m³ environ).

Le système de pare-feu a fonctionné jusqu'en 1962. Par manque de crédit, après cette date, seuls les pare-feu autour des plantations ont été maintenus.

Ils étaient réalisés comme suit :

Pare-feu périmétraux : une bande de 3 m de large, bordant la forêt est désherbée ; une bande de 50 m vers l'extérieur est alors fauchée puis incinérée quand les herbes à brûler sont sèches. Il était précisé que les feux devaient être très précoces, les herbes non fauchées étant encore vertes, et faits tôt le matin ou tard le soir pour profiter de l'effet de rosée; on réduit ainsi les risques de propagation accidentelle du feu hors des pare-feu.

Pare-feu intérieurs : Deux bandes de 3 m de large, distantes de 50 m sont entièrement désherbées. La bande centrale est alors fauchée puis incinérée.

Un réseau de pare-feu similaire a été installé dans la forêt de Niangoloko, divisant la forêt en parcelles rectangulaires de 100 ha chacune. Les parcelles de 1,3 km de long sur 0,8 large, étaient disposées perpendiculairement à la direction des vents dominants de saison sèche.

Réalisation des pare-feu.

Ceux-ci ont été réalisés comme décrit plus haut pour Dindéresso mais avec désherbage manuel ou mécanique des bandes de bordure.

Le coût de l'opération est le suivant:

- **Désherbage manuel** : temps de travail en hommes-jours/km :

a) pare-feu périmétraux :

Désherbage	6 h-j/km
Fauchage	8
Incinération	<u>1</u>
Total	15

b) pare-feu intérieurs:

Désherbage	10
Fauchage	8
Incinération	<u>2</u>
Total	20

- Désherbage mécanisé

Une fois les bandes externes des pare-feu dessouchées, des essais de désherbage par passage d'engins motorisés ont été réalisés. Le fauchage de bandes intérieures a toujours été fait manuellement.

a) Engins tractés :

ont été testés la débroussailleuse landaise lourde
le rouleau PILTER
le rotavator.

Un essai de désherbage par passage de charrue à disques était prévu mais n'a pu être réalisé. Le rotavator s'est avéré être un engin trop fragile. Le rouleau PILTER et la débroussailleuse landaise ont donné des résultats satisfaisants mais l'herbe rabattue reste en surface et le feu risque de traverser les bandes travaillées. L'efficacité de ces engins est d'autant plus grande que le travail est fait tôt en début de saison sèche : à ce moment un seul passage suffit, deux mois plus tard (décembre) deux à trois passages sont nécessaires pour un travail de même qualité. Le temps de travail moyen est de 45 minutes au Km.

b) Engins automoteurs

Seul le bull grader en angle doser a été testé ; le travail est idéal: un seul passage suffit quel soit l'avancement de la saison sèche, il ne reste sur le sol aucune herbe pouvant permettre la transmission du feu et la bande désherbée peut servir de

voie de roulement pour les véhicules forestiers.

Surveillance

En vue de pouvoir lutter contre les feux de brousse dès leur début, le système de surveillance suivant a été installé :

- le préposé affecté à la surveillance de la forêt effectue des tournées à vélo dans les pare-feu,
- un réseau de guetteurs est installé sur les points culminants + des miradors,
- dès le repérage du feu, le préposé et/ou les guetteurs font appel à la population locale et aux manoeuvres forestiers s'il y en a,
- le feu est alors combattu par des contre-feux allumés le long des pare-feu de la parcelle atteinte ainsi, au maximum, une seule parcelle brûle.

ANNEXE II

PROPOSITION DE REGLES SYLVICOLES POUR LA CONSTITUTION ET LA GESTION DE PARE-FEU VEGETAUX EN ZONE DE SAVANE

Introduction

Dans le cadre de l'aménagement de la forêt de Badénou (28.000 ha) la SODEFOR aura à installer un réseau de pare-feu végétaux d'approximativement 100 km soit une surface de 500 ha pistes non comprises.

Ces pare-feu doivent jouer également un second rôle tout aussi important: limiter l'entrée du bétail dans la forêt. Ils doivent donc être doublés par une haie-vive qui leur sera intégrée.

Structure du pare-feu - haie-vive

Structure du pare-feu

Principe de base

Afin de faciliter les travaux, l'écartement retenu pour l'ensemble des plantations du pare-feu sera de 3 x 3 m.

La volonté de la SODEFOR est de profiter du pare-feu pour créer une haie-vive imperméable aux bovins. Cette haie sera installée en bordure du pare-feu du côté opposé au risque (de feu) maximum. Elle doit également pouvoir rester opérationnelle sans opération de taille.

Les expérimentations de la station IDEFOR-DFO de Lataha ont montré que deux lignes plantées en *Gmelina arborea*, espacées de 50 cm avec des écartements en quinconce de 50 cm, étaient, à 4 ans, un obstacle de qualité au passage du bétail. Ces bandes expérimentales, encadrées à 4 mètres par des *Eucalyptus* plantés également denses, montrent une mortalité quasi nulle.

Cette bande haie-vive, doit également être doublée, vers l'extérieur, par une espèce buissonnante qui permettra à la fois d'arrêter les feux courants provenant des *Gmelina* ou en contre-sens et de limiter les courants de convection latéraux qui alimenteraient le feu en oxygène. *Anacardium occidentale* pourrait très bien convenir, mais comme la SODEFOR souhaite renforcer l'effet haie, une espèce épineuse autochtone et très agressive a été proposée: *Dichrostachys cinerea*.

Quelques considérations sur les espèces retenues

Anacardium occidentale montre une croissance latérale du houppier en largeur assez rapide: sur bons sols, le houppier atteint 6 mètres de diamètre à 5 ans. Sans concurrence latérale ce houppier peut dépasser les 10 mètres. L'écartement de 3 x 3 mètres permettra donc la fermeture rapide du couvert et l'effet pare-feu pourra être obtenu en 3 ou 4 ans. De plus, à cette densité, suite à l'entremêlement des branches, l'espèce peut jouer un premier rôle de barrière contre le bétail. Si cet aspect est prioritaire, les densités sur la première ligne peuvent être ramenées à moins de 1 mètre (des haies avec des écartement de 30 à 50 cm sur la ligne montrent, dans la région de Korhogo, une très faible mortalité après 7 à 10 ans).

Pour jouer un effet pare-feu (arrêt des feux courants), il est indispensable de conserver toutes les branches de la ligne de bordure retombant sur le sol. Vu le développement rapide du houppier, il est nécessaire d'avoir un recul de la première ligne d'au moins 4 mètres. Cette contrainte obligera à maintenir cette bande propre (non enherbée) pendant les 4 à 5 premières années; bande qui se rétrécira d'année en année.

Gmelina arborea a également un développement latéral rapide du houppier et un feuillage dense en saison des pluies, ce qui en permet l'utilisation pour l'élimination de la végétation herbacée. Il présente néanmoins l'inconvénient d'avoir de grosses branches qui, lorsqu'elles vont mourir par élagage naturel vont provoquer deux risques:

- une quantité importante de combustible au sol risquant d'intensifier le développement du feu
- ou une quantité de matière sèche sur les arbres créant une continuité entre le sol et les houppiers risquant de faire monter le feu dans les cimes (même si celles-ci sont défeuillées)

En conséquence, pour limiter l'enherbement sous les arbres, il est indispensable de conserver feuillées les branches basses des deux rangées latérales. Dans la bande pare-feu elle-même, l'élagage artificiel suivi de l'enlèvement du bois ainsi récolté est indispensable.

Dichrostachys glomerata forme naturellement des fourrés très denses, qui, lorsque leur développement latéral est limité (par exemple entre un champ et une piste) créent une haie-vive très efficace. Le défaut de l'espèce, au niveau agricole, est son drageonnement abondant qui la rend envahissante. Dans le cas des haies SODEFOR, cet inconvénient devient un avantage en épaississant les haies (il n'y a pas ici de problème d'espace).

Structure du pare-feu

Suite aux considérations ci-dessus, nous proposons que le pare-feu soit constitué comme suit (en partant de la zone à risque vers la zone à protéger).

- 3 rangées de *Anacardium occidentale* à 3 x 3 m en quinconce avec un recul de la première ligne de 4 mètres par rapport à la limite.

- 11 rangées de *Gmelina arborea* en quinconce, à 3 x 3 m. Seules la première de ces rangées ne sera pas élaguée.
- 5 mètres après la dernière rangée de *Gmelina*, deux lignes de *Gmelina arborea* en quinconce à 50 cm d'écartement. Ceux-ci ne seront pas élagués.
- 5 mètres d'espace puis deux lignes de *Dichrostachys cinerea* à 50 cm en quinconce.
- 2 mètres entre la dernière rangée de *Dichrostachys* et la limite de l'emprise (largeur dessouchée) de la piste. Celle-ci, en dernier recours, éteindra les feux courants peu violents qui auraient réussi à traverser le pare-feu.

Installation du pare-feu

Un tel pare-feu demande la mise en place de 12.667 plants par kilomètre dont:

- 1.000 *Anacardium*
- 3.667 *Gmelina* pour le corps du pare-feu
- 4.000 *Gmelina* et
- 4.000 *Dichrostachys* pour la réalisation des haies-vives.

soit pour un chantier comme celui de la forêt de Badenou, environ 1,2 millions de plants.

Bien que la SODEFOR ait pour politique d'impliquer au maximum les populations riveraines de la forêt dans la réalisation de l'aménagement et des travaux correspondants, celles-ci, de par leur rareté dans cette zone ne pourront produire un tel nombre de plants dans des pépinières "villageoises" ou "privées".

La SODEFOR a donc choisi l'option du semis direct.

Celui-ci est possible mais demande le respect d'un certain nombre de règles sous peine d'échec.

Le semis direct de l'*Anacardium* est couramment utilisé par les paysans de la région de Korhogo. Les plantations industrielles de *Gmelina* au voisinage de Banjul (Gambie) ont toutes été réalisées par semis directs, par des paysans en contrats de culture.

Dans les deux cas, la réussite des semis est liée au fait que les entretiens sont le fait de la méthode "taungya": les paysans lors du sarclage des cultures intercalaires dégagent les jeunes plants.

Pour *Dichrostachys cinerea* qui est considéré plus comme envahissante qu'utile, il n'y a pas de précédent d'installation par semis direct. Cependant, dans deux tests préliminaires réalisés en 1990 et 1991, nous avons eu les résultats suivants:

Dans le premier cas, les graines ont été traitées à l'acide puis trempées dans l'eau et semées (après un ressuyage sommaire) au semoir mécanique: le *Dichrostachys* est l'espèce qui montre le meilleur taux de survie (quoique faible) à deux ans.

Dans le second cas, graines prétraitées à l'acide sulfurique, rincées et séchées, puis semées manuellement nous avons eu un excellent taux de germination puis une mortalité dont la cause n'a pas été déterminée (vraisemblablement plants sectionnés au collet par des insectes) n'a laissé qu'une dizaine de pour-cent de plants vivants. Quelques précautions supplémentaires seront donc à prendre pour garantir la réussite des semis.

Semis directs: règles générales

Le semis doit être réalisé dès que la saison des pluies est installée afin de profiter d'un maximum de précipitations avant la saison sèche. Dans la région de Korhogo, cela signifie que les semis doivent être fait aux environs du 15 mai de telle sorte qu'ils soient bien installés pour résister à la courte période de sécheresse (15 jours) qui survient généralement en juin. La vitesse de croissance du système racinaire, qui dépasse 1 cm par jour, met les plantules à l'abri de cette sécheresse dès 10 à 15 jours après la germination.

La croissance de la partie aérienne des semis directs est, sauf exception, inférieure à celle des plantations. De plus, il ne faut pas oublier qu'ils partent avec au moins 30 cm de retard par rapport à des plants éduqués en pépinière. Ceci est lié au fait que les espèces de zone sèche développent préférentiellement leur système racinaire. Ainsi faut-il, dans le cas de semis direct, encore plus que pour des plantations, éliminer la concurrence des adventices.

Par contre, les essais de Korhogo ont montré que dès la seconde année la différence de croissance entre semis et plantations s'estompe. Aussi faut-il arriver jusque là!

Semis direct: règles particulières

Récolte des graines

Anacardium occidentale ne pose aucun problème: les graines peuvent se récolter au sol et conservent bien, au stockage, leur pouvoir germinatif. Dans la région de Korhogo cependant, comme un réseau d'achat et d'exportation de noix de cajou existe (pris des graines entre 80 et 125 F/kg), on ne peut plus trouver de graines dès le mois d'avril. Comme l'aspect qualitatif des fruits et noix n'a que peu d'importance, l'achat des graines au paysan est une solution aisée à condition que le prix minimum soit de 100 F/kg.

Gmelina arborea, par contre a un pouvoir germinatif qui diminue assez rapidement si les graines sont conservées en milieu ambiant. Il est donc indispensable que la récolte, pour un semis en mai, soit faite dans les mois qui précèdent. Pour éviter l'acquisition de vieilles graines, je suggérerais que la SODEFOR achète, aux populations voisines des plantations de gmélina, uniquement des graines encore

enrobées de la pulpe (drupes). Nous n'avons pas d'information sur le poids frais, ni sec, de graines non dépulpées. Le coût de dépulpage (trempage à l'eau pendant 24-48 h puis pressage des fruits pour extraire le noyau suivi d'un séchage) est négligeable.

Dichrostachys cinerea a des gousses qui sont assez rapidement attaquées par des insectes. La récolte des gousses doit être faite juste avant la maturité des graines pour éliminer ce risque: celle-ci intervient à Korhogo vers le mois de novembre. Le moment idéal de récolte est à observer avec précision: il semblerait que le pouvoir germinatif dépende fortement de celui-ci.

Conditionnement des graines

Pour ces trois espèces, la conservation des graines et de leur pouvoir germinatif ne pose aucun problème (conservation écosées ou dépulpées) en milieu ambiant si la récolte est de l'année.

Prétraitement des graines

Le nombre de graines d'anacarde par kilo est de 225 environ, le CNSF de Ouagadougou recommande une scarification avant le semis qui donne 66% de germination. Sans prétraitement, les essais de 1988 à Korhogo, ont donné 72% de germination aux champs.

Le gmélina a environ 1.950 graines par kg. Bien que chaque graine contienne 3 embryons, le CNSF de Ouagadougou donne un pouvoir germinatif de 60%. Il conseille également un pré-traitement à l'acide de 5 minutes suivi d'un trempage à l'eau de 24 heures ou un simple trempage à l'eau de 48 h. Cependant, il semble que le semis de graines non pré-traitées donne de bons résultats. L'IDEFOR-DFO de Korhogo va entreprendre une expérimentation pour mieux préciser ces faits.

Les graines de *Dichrostachys glomerata*, (17.000/kg) par contre, n'auront naturellement qu'un taux de germination très faible (1 à 5 %) au cours de la saison des pluies en raison de l'épaisseur de la cuticule qui empêche les échanges hydriques avec le sol. Les essais de prétraitement et de conservation qui ont été menés en 1991 par l'IDEFOR-DFO ont montré que le trempage dans l'acide sulfurique concentré à 95% pendant 30 à 60 minutes permet de conserver les graines pendant 15 jours, en ambiance normale, avant le semis lequel donne alors un taux de germination de 44%. Le CNSF de Ouagadougou donne avec traitement à l'acide durant 15 minutes suivi d'un trempage à l'eau de 24 h, un taux de germination de 86%, ce qui n'a jamais été obtenu par ailleurs: Blaffart, avec le même traitement a eu 49% de germination et Roy, avec 25' dans l'acide a eu 63%. Ces chiffres militent en faveur de l'importance de la date de récolte des graines. En général, la fructification de cette espèce est abondante et, à raison de 4 graines par gousse, l'approvisionnement en graines ne devrait pas poser de problème majeur.

Protection des jeunes plantules

Nous avons vu que les insectes pouvaient être une des causes de la disparition des jeunes plantules. A ce problème, il faut ajouter celui résultant des fontes de semis.

Bien qu'au niveau forestier aucune expérimentation n'a été entreprise sur ce sujet, on peut se baser sur les connaissances acquises par les agronomes. Le "Marshall" (*Carbosulfan*) utilisé en Côte d'Ivoire, pour l'enrobage des semences agricoles et pour les protéger plus d'un mois contre les attaques d'insectes peut être envisagé pour l'enrobage des graines. Des fongicides "anti-fontes de semis" à longue rémanence (voir les fournisseurs de produits phytosanitaires) tels "Quilonate pro" (*Carbendazime + Oxyquinoléate de cuivre*) peuvent être adjoints à l'enrobage. Les expériences prévues sur ce thème en 1992, n'ont pu être menées de par manque de temps et de coopération des fournisseurs.

Préparation du lit de semis

Comme pour toutes les espèces cultivées, un labour (non suivi d'un pulvérisage, surtout si le sol est battant), favorise le démarrage des semis (mais aussi des adventices). Le travail peut être grossier si le semis est manuel, il doit être plus fin si le semis est mécanisé (traction animale).

Dés herbages

Comme pour les pépinières villageoises, impossible à réaliser par manque d'agriculteurs, l'entretien ne pourra être réalisé la méthode taungya.

Le dés herbage manuel sera également difficilement réalisable. L'utilisation d'herbicides reste donc la seule solution.

Les essais de 1991 ont montré que, pour le semis direct et une seule application annuelle, le meilleur herbicide de préémergence (sur les 4 testés) pour *Ziziphus mauritiana*, *Bauhinia rufescens* et *Dichrostachys glomerata* était le "**Cotodon**". Les herbicides sélectifs (anti-monocotylédones), appliqués une seule fois sur l'année, se sont montrés moins efficaces.

Cependant, dans les deux cas, l'effet d'une seule application annuelle est insuffisant.

Pour qu'un semis réussisse pleinement, il semble que, immédiatement après le semis, un traitement au Cotodon (*Metholachlor + Dipropetryne*) doit être effectué et suivi, dès que la végétation herbacée atteint 5 cm (stade du tallage), par un herbicide anti-monocotylédones par exemple Fusilade" (*Fluazifop-p-butyl*) ou Gallant (*Haloxifop-ethoxyethyl*).

Attention, le choix du moment d'application de cet herbicide sélectif est primordial.

Le renouvellement de l'application de l'herbicide sélectif, en début et en cours de saison des pluies, la seconde et troisième année garantira l'installation des plants.

Je rappelle ici que les herbicides ont une action optimale si le moment d'application est bien choisi (se conformer aux instructions du fabricant). Tout

échec ne peut donc être imputé à la recherche forestière qui, dans ses essais, a respecté ces prescriptions.

Par manque d'expérimentation, nous ne pouvons préciser si, en première année, une seule application d'herbicide sélectif (en plus du cotodon) est suffisante. Pour la seconde année, ou la troisième, le désherbage chimique se fera en fonction du développement des monocotylédones **mais il ne faut pas oublier que toute application trop tardive sera inefficace! ET CECI SANS POSSIBILITE DE CORRECTION.** L'utilisation d'herbicides demande donc une discipline sans compromis!