

DOMINIQUE LOUPPE
CIRAD-Forêt

N'KLO OUATTARA
IDEFOR/D.F.O.

ALASANNE COULIBALY
IDEFOR/D.F.O.

EFFET DES FEUX DE BROUSSE SUR LA VÉGÉTATION



Photo 1. Parcelle feu **précoce** : mise à feu du **15** décembre 1994. Le feu reste **modéré** et les flammes n'atteignent pas les houppiers.
*Early fire plot : set **alight on 15 December** 1994. The **fire was not fierce** and the **flames did not reach the crowns**.*

running fires which might pass through it in an abnormally dry year.

- In poor soils, the evolution over the first few years is akin to that of the « late fire » plot : young specimens are killed off by fire. It would nevertheless seem that some saplings escape possibly in very wet years which restrict fire intensity. A

sort of balance is thus established, which keeps the ligneous stand stable. There is virtually no timber production.

So the recolonization of fallow land can only be envisaged with total protection in all soil types, or by the use of early fires in the most fertile areas. Late fires should be banned, as should early fires, in the poorest

soils. The forester whose goal is to re-develop a closed formation, which is productive and sustainable, must bear this in mind, especially if he plans to use fire as a management tool. □

For bibliography, see the French version.

1996 QFRI - IUFRO CONFERENCE

TREE IMPROVEMENT FOR SUSTAINABLE TROPICAL FORESTRY

Caloundra, Queensland, Australia
Sunday October 27 - Saturday November 2 1996
Conference

Sunday November 3 - Thursday November 7 1996
Post-Conference tour in North Queensland

Queensland Forest Research Institute - M.S. 483, Gympie, Qld, 4570 - Australia

La plus ancienne expérimentation africaine sur la dynamique de la végétation ligneuse en fonction des feux de brousse date de 1936. Implantée à Kokondékro par A. AUBREVILLE, elle a été suivie de sept inventaires complets entre 1937 et 1994 dont les résultats font l'objet de cet article.

tes forestiers qui travaillent en zone de savanes ont très tôt observé l'effet néfaste des feux de brousse sur les formations forestières. Dans les années 30, ils affirmaient que les feux répétés font régresser les forêts en savanes herbeuses de moins en moins boisées. Cependant, ils sont peu écoutés et « bien des gens restent encore sceptiques sur le caractère artificiel des savanes du pays sénoufo ou du pays mossi » (BÉGUÉ, 1937) car ils les croient d'origine édaphique. Après des études phytosociologiques menées en 1931 et 1935 dans le nord de la Côte-d'Ivoire, BÉGUÉ se demande si ce phénomène de savanisation est réversible et « si l'évolution des savanes herbeuses plus ou moins boisées vers des peuplements fermés est possible ?... Nous n'hésitons pas à répondre par l'affirmative à condition de supprimer radicalement les feux de brousse... »

AUBREVILLE (1953) partage avec BÉGUÉ la conviction que le climax de la région de Bouaké est la forêt dense semi-décidue et que le feu est le facteur déterminant de la régression de ces formations forestières. Pour corroborer ses convictions, il

se devait de répondre à deux questions :

- ta savane du centre et du nord de la Côte d'Ivoire est-elle anthropique ou édaphique ?
- Quel rôle joue le feu dans la création des savanes et leur maintien ?

Pour y répondre il a initié en 1936, en Côte-d'Ivoire, un réseau de trois dispositifs destinés à étudier l'impact des feux sur la végétation ligneuse. Celui de Kokondékro, près de Bouaké, est le seul à ne pas avoir disparu.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Il se compose de trois parcelles rectangulaires, de 2 hectares (100 x 200 m), séparées par des pare-feu de 10 m de large et allongées dans le sens de la pente. Les cultures, le parcours ainsi que l'exploitation forestière sont interdits. A chacune des parcelles est appliqué, annuellement depuis 1937, un traitement différent :

- parcelle X : protection intégrale contre le feu ;

CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

La forêt de Kokondékro est située dans une zone de transition entre les climats soudano-guinéen et guinéen forestier au sens d'AUBREVILLE (1950). La saison sèche s'étend de novembre à mars. La saison des pluies montre généralement deux maxima pluviométriques (juin et septembre) mais, parfois, la petite saison sèche de juillet-août ne parvient pas à s'installer. Les précipitations annuelles moyennes sont de 1 086 mm (1974-1990) avec de grandes fluctuations interannuelles. La température annuelle moyenne est de 26 °C.

La roche-mère est un granite calco-alcalin qui affleure par places dans la partie basse de l'essai. La partie amont des parcelles expérimentales repose sur une dalle latéritique fossile ; la partie aval, sur un sol de pente à gravillons quartzeux et ferrugineux.

Le dispositif, installé au centre de la forêt classée de Kokondékro, est entouré de formations forestières naturelles (partie amont de chaque parcelle) et artificielles (plantations de *Cassia siamea*, *Gmelina arborea* et *Tectona grandis* datant du début des années 40).

the semi-deciduous closed rain forest (*Antiaris africana*, *Canarium schweinfurthii*) and plenty of shrubs and small trees typical of this same formation : *Aidia genipaeiflora*, *Eugenia* sp., *Lecaniodiscus cupanioides*, *Malacantha heudelotiana*, *Olax subscorpioidea*, *Rothmannia longiflora*, *Trichilia prieurana*, etc. The underbrush is invaded by *Phyllanthus nummularifolia*. Wherever the cover is not yet closed, the underwood forms a dense layer which hampers the development of a continuous herbaceous carpet. The herbaceous species, which are very scattered, include *Euclasta condylo-tricha*, *Dioscorea bulbifera* and lots of young ground creepers.

□ In the lower part (photo 4, p. 65), the stand is very open and invaded by Gramineae (*Eliniandra androphylla*, *Panicum fragmitoides*, *Hyparrhenia smithiana*, *Euclasta condylo-tricha*) and herbaceous and subligneous dicotyledons (*Aspilia bussei*, *Cissus rufescens*, *Lippia rugosa*, *Tephrosia* sp., etc.). Lots of sprouts from species from the over-storey are scattered in this herbaceous layer, but the annual fires stop them spreading. The over-storey consists almost exclusively of savanna species : *Bridelia ferruginea*, *Crossopteryx febrifuga*, *Cussonia arborea*, *Daniellia oliveri*, *Ficus capensis*, *Piliostigma thonningii*, *Pseudocedrel/a kotschyi*, and *Terminalia glaucescens*. All these trees bear the after-effects of repeated fires. They are twisted and, unlike the stems and trunks in the upper part of the plot, they appear unsuitable for use as timber.

In this « early fire » plot, 79 species have specimens with a circumference of more than 2 cm. The density is 2,244 specimens/ha for a basal area of 15.6 sq.m. per hectare. Compared with the totally protected plot, the specific wealth is reduced by one third ; the total number of specimens (excluding *Phyllanthus*

nummularifolia) has dropped by two-thirds and the basal area by 44 %.

« LATE FIRE » PLOT

This plot has been burnt every year at the end of the dry season. It supports a shrubby savanna in the two lower thirds and a wooded savanna in the upper part (photo 5, p. 65).

There are two dominant ligneous species : *Piliostigma thonningii* and *Terminalia glaucescens*. Then we find *Crossopteryx febrifuga*, *Cussonia arborea*, *Lophira lanceolata*, *Pseudocedrel/a kotschyi* and *Vitellaria paradoxa*, with certain specimens with a circumference of more than 30 cm. The herbaceous layer includes *Andropogon* sp., *Imperata cylindrica*, *Panicum fragmitoides* and *Hyparrhenia smithiana*.

The number of species surviving after 58 years of fires is now not more than 20 out of 214 specimens per hectare and 3.0 sq.m./ha basal area. Compared with the totally protected plot there is a noticeable difference in this plot : The number of species has been divided by 6, the stems by 32, and the basal area by 10.

EXOTIC SPECIES

These appeared at a much later date in the inventories : In 1953, for *Cassia siamea*, and in 1961 for *Gmelina arborea* and *Tectona grandis*. With the exception of one or two large specimens already there, *Mangifera indica* also became established as from 1961.

These exotic species have been particularly competitive (Map 2, p. 66). They have started to invade the « total protection » and « early fire » plots, where they now represent 29 % and 41 % of the basal area. This invasiveness has certainly altered the way natural forest formations have regained the fallow land. Between 1976 and 1994, the regression of a certain number of indigenous species can definitely be

explained by a lack of competitiveness with the exotic species.

CONCLUSION

In the pre-forest Sudano-Guinean zone, the application of different fire systems to fairly homogeneous wooded savanna brings about very contrasting situations, 58 years later.

• **1 Without any fires**, on two soils with different fertility, a semi-deciduous closed rain forest regrows in less than 60 years. The best fertility is marked in particular by the presence of large trees from the dominant species and by a conspicuous invasion of *Cassia siamea*.

□ In no time, late fires have destroyed pole stands, and sprouts from stumps have not managed to grow. Stumps have died off progressively. Adult trees of pyrophilous species still withstand fires and are continuing to grow, but regeneration is no longer guaranteed. After forty years or so, large specimens have started to die back, without being replaced by saplings. The cover is thinner and thinner, and fires are becoming fiercer and fiercer. The death toll for old trees is on the rise. They only survive, with difficulty, in the most fertile soils. It is likely that they will soon disappear, giving way to grassy savanna.

□ **With early fires**, soil fertility is decisive.

• **In rich soils**, the cover becomes closed in places probably around old termites' nests. Fire no longer occurs regularly and the cover keeps closing in. Small areas of closed forest appear and spread, ending up by becoming joined together. The number of semideciduous closed forest species is rising, but the young forest thus formed is not immune to

Photo 2. Parcelle feu tardif – partie aval : mise à feu du 10 mars 1995. La violence et la vitesse de propagation du feu est remarquable. Les flammes atteignent les houppiers dont les déformations, provoquées par les feux antérieurs, sont visibles.

Late fire plot – lower part : set alight on 10 March 1995. The fire spread remarkably fast and fiercely. The flames reached the crowns, whose deformed shapes, caused by previous fires, can be seen.



- parcelle Y : « feux précoces » avec mise à feu le 15 décembre en début de saison sèche (photo 1, p. 59) ;

- parcelle Z : « feux tardifs » avec mise à feu en fin de saison sèche, au cours de la première quinzaine du mois de mars (photo 2).

EN DÉBUT D'EXPÉRIENCE : UNE JACHÈRE DE 6 ANS

En 1930, à l'emplacement de l'essai, il y avait un parc arboré de 7 ha, cultivé en coton. Lâché depuis cette date, il a brûlé annuellement jusqu'en 1936. L'année suivante, lors du premier inventaire, les trois parcelles présentaient un aspect de savane arborée et une bonne homogénéité floristique.

La parcelle en protection intégrale était, avec 50 espèces présentes, la plus pauvre du point de vue botanique. Les parcelles « feux précoces » et « feux tardifs » en comptaient respectivement 62 et 60. Quelques gros arbres avaient été conservés dans les cultures et formaient l'étage

dominant du peuplement initial : *Bridelia ferruginea*, *Cussonia arborea*, *Ficus capensis*, *Lannea barteri*, *Parikia biglobosa*, *Piliostigma thonnigii*, *Terminalia glaucescens*, *Trichilia emetica* et *Vernonia colorafa*.

SUIVI DE L'EXPÉRIMENTATION

Depuis la mise en place de l'essai, sept inventaires ont été effectués : en 1937, 1945, 1953, 1961, 1968, 1976 et en 1994.

- Les quatre premiers n'ont distingué que quatre classes de dia-

mètre* : 0 à 2 cm ; 3 à 5 cm ; 6 à 10 cm ; 11 cm et plus.

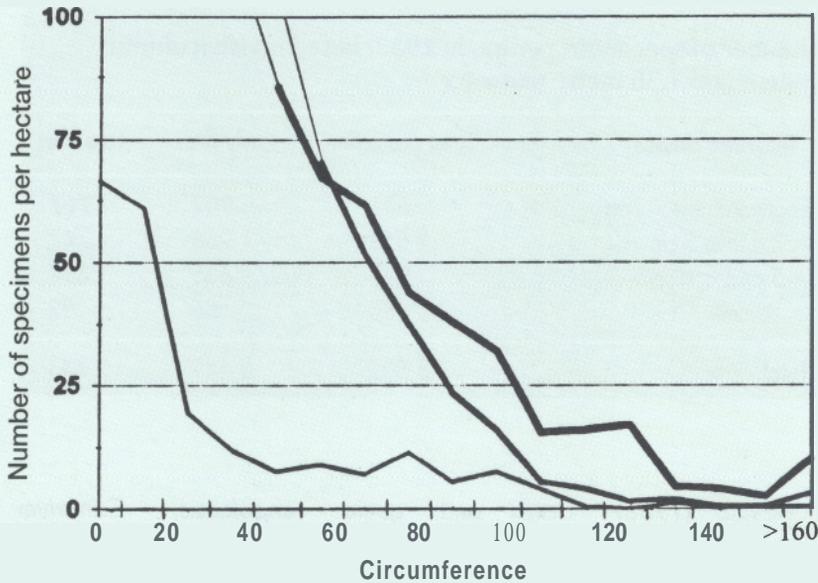
- En 1968, trois classes ont été ajoutées : 11 à 15 cm ; 16 à 20 cm ; plus de 20 cm.

- L'inventaire de 1976 considérait des classes de diamètre de 2 en 2 cm jusqu'à 34 cm, une classe 34

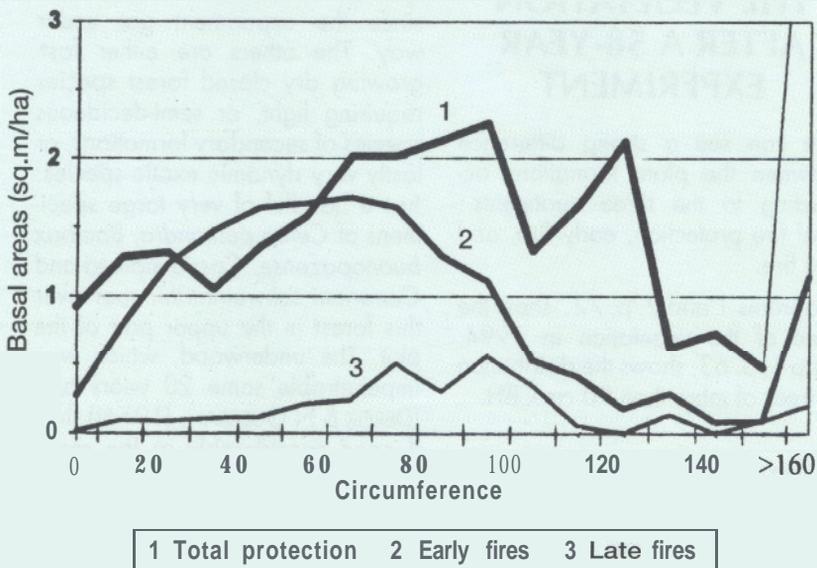
* Toutes les mesures en circonférence et en diamètre ont été réalisées à 1,30 m au-dessus du niveau du sol.

NOMBRE D'INDIVIDUS PAR HECTARE, EN 1937 EN FONCTION DU DIAMÈTRE À 1,30 m, DANS CHAQUE PARCELLE

Classes de diamètre	Protection intégrale	Feux précoces	Feux tardifs
Régénérations < 2 cm	631	902	767
≥ 2 et < 5 cm	1 858	1 956	1 747
≥ 5 et < 10 cm	927	635	837
≥ 10 cm	86	56	92
Total	3 502	3 549	3443



Graph 1. Number of specimens per hectare by circumference class.



Graph 2. Basal areas (sq.m/ha) by circumference class.

ceous layer is very sparse and includes, among other species, *Opilia latifolia*, *Thonningia sanguinea*, *Setaria barbata* and *Oplismenus bormanii*.

In this plot, 17 species have been recorded with a circumference greater than 2 cm, with a total of 6,877 specimens per hectare. The basal area is 27.8 sq.m./ha.

Signs of light extraction for medicinal and herbal purposes (*Olex subscorpioidea*, *Sarcocephalus latifolius*, etc.) and timber (*Cassia siamea*, *Daniellia oliveri*, etc.) have been recorded. These might well correspond to the low basal area figures appearing in diagram 2 in the 30-50 cm circumference classes. Some species present at the start of and during the experiment have since regressed or disappeared. This could well explain the gaps recorded, in diagram 2, in the basal area curve at the level of certain large circumference classes. These few observations help to confirm that the figures presented here are lower than the actual productivity of the total protection system.

« EARLY FIRE » PLOT

The « early fire » plot hosts two quite distinct plant formations. The more fertile upper part is covered with a less mature closed forest than that of the totally protected plot. Wooded savanna covers the infertile ground in the lower area.

□ In the upper part, the cover is virtually closed. The crowns are starting to be invaded by creepers. In the over-storey we find the following exotic species : *Cassia siamea*, *Gmelina arborea*, *Mangifera indica* and *Tectona grandis*. These four species alone represent 39.7 % of the basal area of the entire plot. The dominant species also include open woodland/forest and dry closed forest species, and species colonizing secondary forest : *Cola cordifolia*, *Diospyros mespiliformis*, *Holarrhena floribunda*, *Lannea barteri* and *Pterocarpus erinaceus*. Some specimens of more typically savanna-related species, such as *Terminalia glaucescens* and *Vitex doniana* grow among the co-dominant species.

The underwood includes some saplings from large-sized tree species of

à 39 cm et une dernière de 40 cm et plus.

• En 1994, les mesures de circonférences ont été réalisées au centimètre couvert pour les tiges de 2 cm de circonférence et plus, qui ont toutes été repérées en coordonnées cartésiennes au décimètre près. Ces relevés ont permis d'établir des cartes de distribution des différentes espèces.

Ne seront exposés ici de façon détaillée que les résultats du dernier inventaire. L'évolution de la végétation ligneuse depuis l'installation du dispositif sera présentée succinctement, les données détaillées des inventaires précédents n'étant plus disponibles. La description de l'évolution de la végétation sera basée sur l'analyse de quelques publications : AUBRÉVILLE (1953) ; DEREIX et N'GUESSAN (1976) ; C.T.F.T.-C.I. (1969) ; MENSBRUGE (de la) et BERGEROO-CAMPAGNE (1958) ; N'GUESSAN (1984)*.

LA VÉGÉTATION APRÈS 58 ANNÉES D'EXPÉRIMENTATION

On observe une différence marquée des formations végétales suivant les trois traitements : protection intégrale, feux précoces et feux tardifs.

Les figures 1 et 2 présentent l'état de la végétation en 1994 et la carte 1 montre la distribution des arbres de plus de 90 cm de circonférence.

PARCELLE « PROTECTION INTÉGRALE »

Après 65 ans de jachère, dont 58 années de protection intégrale, cette parcelle supporte une forêt dense

* Dans la suite du texte, pour éviter de le surcharger, il ne sera plus fait référence à ces publications.

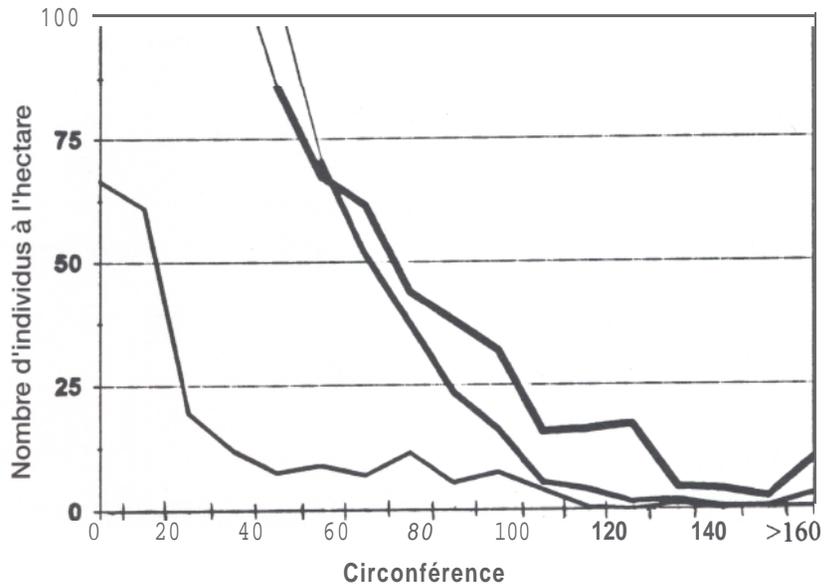


Figure 1. Nombre d'individus à l'hectare par classes de circonférence.

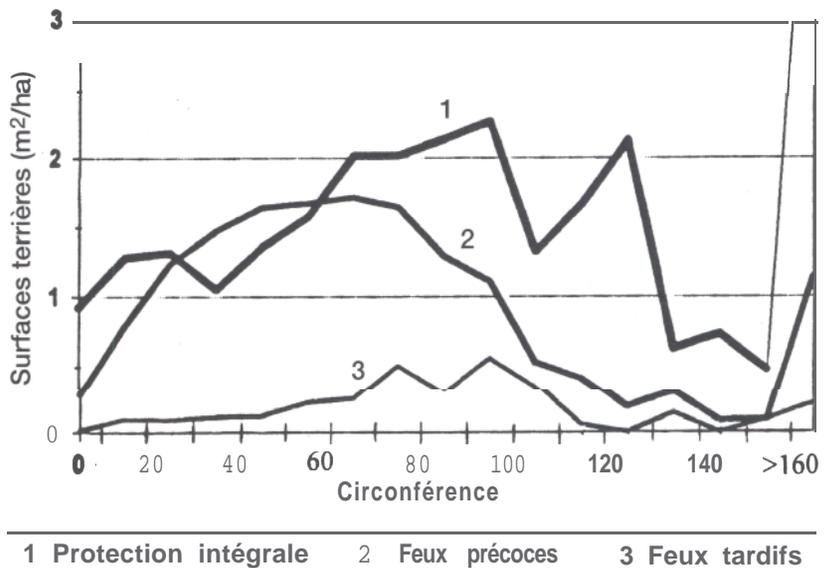


Figure 2. Surfaces terrières (m²/ha) par classes de circonférence.

semi-décidue (photo 3, p. 64). Le couvert est pratiquement continu et envahi par les lianes. S'y observent de grands arbres : *Azelia africana*,

Antiaris africana, *Bosqueia angolensis*, *Canarium schweinfurthii*, *Cassia siamea*, *Chlorophora excelsa*, *Cordia cordifolia*, *Daniellia oliveri*,

The totally protected plot, with 50 species present, was the poorest from the botanical standpoint. The early and late fire plots had 62 and 60 species respectively. A few large trees had been kept in the cultivated areas and formed the overstorey of the initial stand : *Bridelia ferrugineu*, *Cussonia arborea*, *Ficus capensis*, *Lannea barteri*, *Parkia biglobosa*, *Piliostigma thonningii*, *Terminalia glaucescens*, *Trichilia emetica* and *Vernonia colorata*.

EXPERIMENT FOLLOW-UP

Since the start of the experiment, there have been seven inventories : in 1937, 1945, 1953, 1961, 1968, 1976 and 1994. The first four included only four diameter classes* : 0-2 cm ; 3-5 cm ; 6-10 cm ; 11 cm and more. In 1968, three more classes were added : 11-15 cm ; 16-20 cm ; and more than 20 cm. The 1976 inventory used successive 2 cm classes up to 34 cm, a 34-39 cm class, and a last class of 40 cm and more. In 1994, the circumference was measured for stems with a circumference of 2 cm and more, which were all recorded in Cartesian coordinates to the nearest decimetre. With these recordings it has been possible to draw up distribution maps for the different species.

All we shall describe here, in any detailed way, will be the results of the latest inventory. The development of the ligneous vegetation since the settlement of the experiment will be briefly described, bearing in mind that the detailed data of the previous inventories are no longer available. The description of the development of the vegetation will be based on an analysis of few publications :

* All the circumference and diameter measurements were taken at 1.30 metres above ground level.

Number of specimens per ha, in 1937, based on silvicultural system and 1.30 metre diameter

Diameter classes	Total protection	Early fires	Late fires
Regenerations < 2cm	631	902	767
≥ 2 and < 5 cm	1 858	1 956	1 747
≥ 5 and < 10 cm	927	635	837
≥ 10 cm	86	56	92
Total	3 502	3 549	3 443

AUBRÉVILLE (1953) ; DEREIX and N'GUESSAN (1976) ; C.T.F.T.-C.I. (1969) ; MENSBRUGE (de la) and BERGEROO-CAMPAGNE (1958) ; and N'GUESSAN (1984)**.

THE VEGETATION AFTER A 58-YEAR EXPERIMENT

We can see a strong difference between the plant formations according to the three treatments : total fire protection, early fire, and late fire.

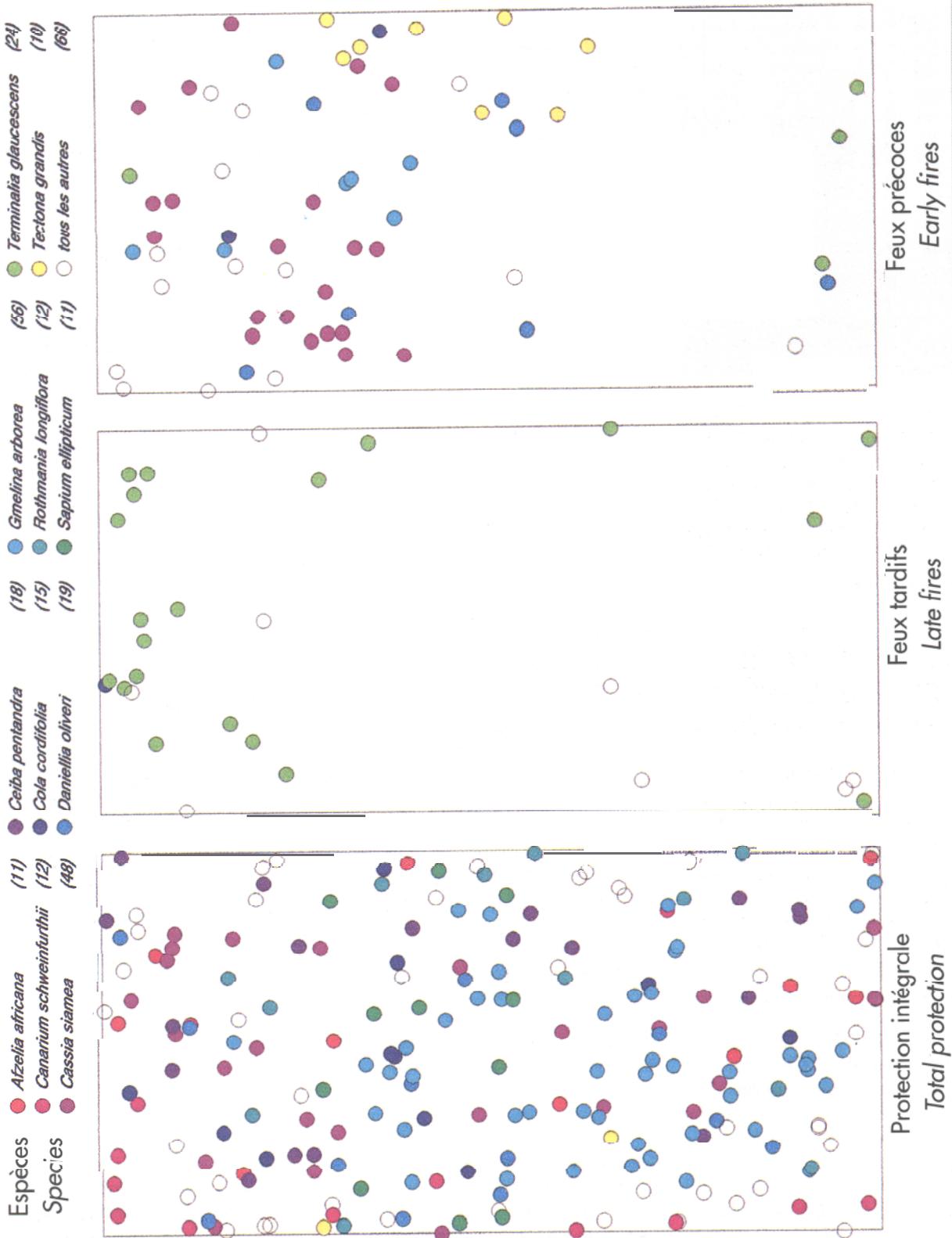
Diagrams 1 and 2, p. 72, show the state of the vegetation in 1994. Map 1, p. 63, shows the distribution of trees of more than 90 cm CBH.

« TOTAL PROTECTION » PLOT

After 65 years of fallow, 58 of which have enjoyed total protection, this plot boasts a dense, semi-deciduous forest (Photo 3, p. 64). The cover is virtually continuous and invaded by creepers and vines. There are various large trees : *Azelia africana*, *Antiaris africana*, *Bos-*

** Later on in this article, to avoid overloading it, no further reference will be made to these works.

queia angolensis, *Canarium schweinfurthii*, *Cassia siamea*, *Chlorophora excelsa*, *Cola cordifolia*, *Daniellia oliveri*, *Elaeis guineensis*, *Gmelina arborea*, *Khaya grandifoliola*, etc. Among them there are still a few rare savanna species, which have been present since the experiment got under way. The others are either fast-growing dry closed forest species requiring light, or semi-deciduous species of secondary formations, or lastly very dynamic exotic species. Just a handful of very large specimens of *Ceiba pentandra*, *Bombax buonopozense*, *Cassia siamea* and *Canarium schweinfurthii* soar over this forest in the upper part of the plot. The underwood, which was impenetrable some 20 years ago [DEREIX & N'GUESSAN, (1976)], has thinned considerably as the cover has risen and become closed. In addition to the regeneration, it includes quite a number of shrubs and small trees typical of semi-deciduous rain forest, such as *Aidia genipaeflora*, *Antidesma membranaceum*, *Baphia purpurens*, *Eugenia sp.*, *Lecaniodiscus cupanioides*, *Malacantha heudelotiana*, *Morelia senegalensis*, *Olax subscorpioides*, *Ouratea glaberina*, *Pavetta corymbosa*, *Psychotria obskana*, *Rothmannia longiflora*, *Samanea dinklagei*, *Trichilia prieurana*, *Uapaca heudelotii*, etc. The herba-



Carte 1. Distribution des arbres de plus de 90 cm de circonférence.
 Map 1. Distribution of trees with a circumference of more than 90 cm.

THE EFFECTS OF BRUSH FIRES ON VEGETATION

It was very early on that foresters in savanna zones observed the disastrous effects of brush fires on forest stands. In the 1930s, they assessed that repeated fires turn forests into less and less wooded grassy savanna. But little heed was paid to them and « plenty of people are still sceptical about the artificial character of the savanna in the Sénoufo and Mossi regions » [BÉGUÉ, 1937], because it was their view that the origins of this were soil-related (edaphic). After various phyto-sociological studies carried out in 1931 and 1935 in northern Côte-d'Ivoire, BÉGUÉ started to wonder if this savannization phenomenon was reversible, « if the evolution of more or less wooded grassy savannas towards

closed stands is possible ?... Our unhesitating reply is that it is, as long as brush fires are radically eliminated... »

In 1953, AUBREVILLE shared BÉGUÉ's persuasion that the climax of the Bouaké region is the semi-deciduous closed forest, and that fire is the decisive factor in the regression of these forests. To corroborate his convictions, he had to answer two questions :

- is the savanna in central and northern Côte-d'Ivoire anthropic or edaphic ?
- what role does fire play in the creation of savannas and their continuance ?

In 1936, to find these answers, he set up in Côte-d'Ivoire a three-part network to examine the impact of fires on ligneous vegetation. The Kokondékro station, near Bouaké, is the sole remaining one.

THE EXPERIMENTAL DESIGN

The station consists of three rectangular two-hectare plots (100 x 200 metres) separated by firebreaks ten metres wide. The plots run lengthwise with the slope. Grazing, crop cultivation, and timber extraction in them are forbidden. Every year since 1937 a different silvicultural system has been applied to each plot :

- plot X : total fire protection ;
- plot Y : « early fires », starting on 15 December at the start of the dry season (Photo 1, p. 59) ;
- plot Z : « late fires » starting at the end of the dry season, during the first half of Marsh (Photo 2, p. 61).

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Kokondékro is situated in a transitional zone between the Sudano-Guinean and forest-Guinean climatic belts, using AUBREVILLE's definitions [1950]. The dry season lasts from November to March. The rainy season usually shows two pluviometric maxima (June and September), but in some years the short rainy season in July and August fails to materialize. Average annual precipitation amounts to 1,086 mm (1974-1990) with marked variations from one year to the next. The average annual temperature is 26 °C.

The parent rock is a calco-alkaline granite, with outcrops in places in the lower part of the experimental zone. The upper part of the experimental plots rests on a fossil lateritic slab, while the lower part rests on sloping ground with fine quartz and ferruginous gravel.

The station is situated in the heart of the Kokondékro Forest Reserve, surrounded by natural forests (the upper part of each plot) and planted forest (*Cassia siamea*, *Gmelina arborea* and *Tectona grandis* planted in the early 1940s).

BEFORE THE EXPERIMENT : A 6-YEAR FALLOW SYSTEM

In 1930, on the experimental site, there was a seven-hectare wooded park, with a cotton crop. It had been left fallow from that year on, and burnt every year until 1936. In 1937, for the first inventory, the three plots looked like tree savanna, with an homogeneous flora.



Photo 3. Parcelle protection intégrale : lesous-bois est relativement clair, les régénérations sont abondantes. Les arbres sont bien conformés mais envahis par les lianes. Le couvert semble encore léger car la photo est prise en fin de saison sèche : 10 mars 1995.

Totally protected plot : the underbrush is relatively thin, with abundant regeneration. The trees are well formed but invaded by creepers. The canopy seems to be still open, because the photo was taken at the end of the dry season, on 10 March 1995.

Elaeis guineensis, *Gmelina arborea*, *Khaya grandifoliola*, etc. Parmi eux, subsistent encore quelques rares espèces de savanes présentes dès le début de l'essai. Les autres sont soit des espèces de lumière à croissance rapide de forêt dense sèche, soit des essences semi-décidues des formations secondaires, soit encore des espèces exotiques très dynamiques. Seuls quelques très grands individus de *Ceiba pentandra*, *Bombax buonopozense*, *Cassia siamea* et *Canarium schweinfurthii* surplombent cet ensemble dans la partie haute de la parcelle. Le sous-bois, qui était impénétrable il y a une vingtaine d'années (DEREIX et N'GUESSAN, 1976), s'est forte-

ment éclairci suite à l'élévation et à la fermeture du couvert. Outre la régénération, il comprend bon nombre d'arbustes ou de petits arbres caractéristiques de la forêt dense humide semi-décidue tels que *Aidia genipaeflora*, *Antidesma membranaceum*, *Baphia purpurens*, *Eugenia sp.*, *lecaniodiscus cupanioides*, *Malacantha heudelotiana*, *Morelia senegalensis*, *Olax subscorpioidea*, *Ouratea glaberina*, *Pavetta corymbosa*, *Psychotria obskana*, *Rothmannia longiflora*, *Samanea dinklagei*, *Trichilia prieurana*, *Uapaca heudelotii*, etc. La strate herbacée très clairsemée comprend, entre autres, *Opilia latifolia*, *Thonningio sanguineo*, *Setaria barbata* et *Oplismenus bormanii*.

Dans cette parcelle ont été recensées 17 espèces dépassant 2 cm de circonférence pour un total de 6 877 individus par hectare. La surface terrière est de 27,8 m²/ha.

Des traces d'exploitation légère pour la pharmacopée (*Olax subscorpioidea*, *Sarcocephalus latifolius*, etc.) ou le bois (*Cassia siamea*, *Daniellia oliveri*, etc.) ont été relevées ; peut-être correspondent-elles aux faibles valeurs de surface terrière apparaissant sur la figure 2, dans les classes de 30 à 50 cm de circonférence. Certaines espèces présentes en début ou en cours d'expérience ont régressé ou disparu depuis, ce qui pourrait expliquer les iatus relevés dans la courbe des surfaces terrières au niveau de certaines grosses classes de circonférence (cf. fig. 2). Ces quelques observations permettent d'affirmer que les valeurs présentées ici sont inférieures à la productivité réelle du traitement protection intégrale.

PARCELLE « FEUX PRÉCOCES »

Cette parcelle supporte deux formations végétales distinctes. La partie haute, plus fertile, est recouverte par une forêt dense moins mature que

celle de la parcelle en protection intégrale. Une savane boisée occupe les sols pauvres de la partie basse.

□ Dans la partie amont, le couvert est pratiquement fermé. Les houp-piers commencent à être envahis par les lianes. Dans l'étage dominant, se retrouvent les espèces exotiques suivantes : *Cassia siamea*, *Gmelina arborea*, *Mangifera indica* et *Tectona grandis*. Ces quatre espèces représentent à elles seules 39,7 % de la surface terrière de la totalité de la parcelle. Les dominants comptent aussi des essences de forêt claire et de forêt dense sèche ou colonisatrices de formations secondaires : *Cola cordifolia*, *Diospyros mespiliformis*, *Holarrhena floribunda*, *Lannea barteri* et *Pterocarpus erinaceus*. Quelques individus d'espèces plus typiquement savaniques comme *Terminalia glaucescens* ou *Vitex doniana* se maintiennent dans les codominants.

Le sous-bois comporte quelques baliveaux d'espèces de première grandeur de la forêt dense humide semi-décidue (*Antiaris africana*, *Canarium schweinfurthii*) et de nombreux arbustes ou petits arbres caractéristiques de cette même formation : *Aidia genipaeflora*, *Eugenia sp.*, *lecaniodiscus cupanioides*, *Malacantha heudelotiana*, *Olax subscorpioidea*, *Rothmannia longiflora*, *Trichilia prieurana*, etc. ; il est envahi par *Phyllanthus nummularifolia*. Là où le couvert n'est pas encore fermé, le sous-bois forme une strate dense qui empêche le développement d'un tapis herbacé continu. Les herbacées, très disséminées, comprennent notamment *Euclasta condylotricha*, *Dioscorea bulbifera* et de nombreuses jeunes lianes rampantes.

□ Dans la partie aval (photo 4), le peuplement est très ouvert et envahi par des graminées (*Eliniandra an-*

R É S U M É

EFFET DES FEUX DE BROUSSE SUR LA VÉGÉTATION
Résultats après 60 années d'expérimentation

La plus ancienne expérimentation africaine sur la dynamique de la végétation ligneuse en fonction des feux de brousse est présentée ici [mise en place par A. AUBRÉVILLE en 1936 à Kokondékro, Côte-d'Ivoire]. Les résultats montrent la reconstitution forestière dans la parcelle protégée des feux (17 espèces présentes) et l'évolution vers une savane de la parcelle à feux tardifs. Dans la parcelle à feux précoces, on observe une évolution variable selon la fertilité du sol. Les espèces exotiques des parcelles environnantes se sont aussi installées spontanément dans ces parcelles.

Mots-clés : Incendie. Brousse. Impact sur l'environnement. Protection de la forêt. Régénération. Côte-d'Ivoire.

A B S T R A C T

THE EFFECTS OF BRUSH FIRES ON VEGETATION
Results after a 60-year experiment

The oldest African experiment on the dynamics of ligneous vegetation in relation to brush fires is described in this article (the experiment was set up by AUBRÉVILLE in 1936 at Kokondékro). The results show reforestation in the plot protected from fires (17 species present) and a savanna-type development in the plot affected by late fires. Development is variable in the plot affected by early fires, depending on soil fertility. The exotic species in the surrounding plots have also grown naturally in these plots.

Key words : Fires. Scrublands. Environmental impact. Forest protection. Regeneration. Côte-d'Ivoire.

R E S U M E N

EFECTO DE LOS INCENDIOS DE MATORRALES SOBRE LA VEGETACION
Resultados tras 60 años de experimentación

Se presenta en este artículo la experimentación africana más antigua acerca de la dinámica de la vegetación moderada en función de los incendios de matorrales en la selva (llevada a cabo por A. AUBRÉVILLE en 1936 en Kokondékro, Côte-d'Ivoire). Los resultados demuestran la reconstitución forestal en la parcela protegida contra los incendios (17 especies existentes) y la evolución hacia una sabana de la parcela sometida a incendios tardíos. En la parcela de incendios precoces, se observa una evolución variable según la fertilidad del suelo. Las especies exóticas de las parcelas circundantes se han llegado a instalar también espontáneamente en estas parcelas.

palabras clave : Incendios. Tierras de matorral. Impacto ambiental. Protección forestal. Regeneración. Côte-d'Ivoire.

Photo 4. Parcelle feu précoce – partie aval : 10 mars 1995. Tout le taillis de sous-bois a connu des descentes de cime suite au feu du 15 décembre 1994. Les différentes espèces de savane ont bien rejeté.

Early fire plot – lower part : 10 March 1995. The whole underbrush coppice has been affected by fallen crowns as a result of the fire of 15 December 1994. The various savanna species have resprouted well.



drophylla, *Panicum fragmitoides*, *Hyparrhenia smithiana*, *Euclysta condylotricha*) et des dicotylédones herbacées ou sous-ligneuses (*Aspilia bussei*, *Cissus rufescens*, *Lippia rugosa*, *Tephrosia sp.*, etc.). De nombreux rejets des espèces de l'étage supérieur sont dispersés dans cette strate herbacée, mais les feux annuels empêchent leur développement. L'étage dominant comprend presque exclusivement des essences de savane : *Bridelia ferruginea*, *Crossopteryx febrifuga*, *Cussonia arborea*, *Daniellia oliveri*, *Ficus capensis*, *Piliostigma thonningii*, *Pseudocedrella kotschy* et *Terminalia glaucescens*. Tous ces arbres portent les séquelles des feux successifs. Ils ont une forme tortueuse et s'avèrent, contrairement aux tiges de la partie amont, inaptes à une utilisation éventuelle en bois d'œuvre.

Dans cette parcelle « feux précoces », 79 espèces sont représentées par des individus de plus de 2 cm de circonférence. La densité est de 2 244 individus/ha pour une surface terrière de 15,6 m² par hectare.

Par rapport à la parcelle en protection intégrale, la richesse spécifique est diminuée d'un tiers, le nombre total d'individus (à l'exception de *Phyllanthus nummularifolia*) a baissé des deux tiers et la surface terrière de 44 %.

PARCELLE « FEUX TARDIFS »

La parcelle brûlée chaque année en fin de saison sèche supporte une savane arbustive dans les deux tiers aval et une savane arborée dans la partie amont (photo 5).

Deux espèces ligneuses dominent : *Piliostigma thonningii* et *Terminalia glaucescens*. Vient ensuite *Crossopteryx febrifuga*. *Cussonia arborea*, *Lophira lanceolata*, *Pseudocedrella kotschy* et *Vitellaria paradoxa* présentent aussi quelques individus de plus de 30 cm de circonférence. La strate herbacée comprend *Andropogon sp.*, *Imperata cylindrica*, *Panicum fragmitoides* et *Hyparrhenia smithiana*.

Le nombre d'espèces survivantes, après 58 années de passage du feu, n'est plus que de 20 pour 2 14 indi-



Photo 5. Parcelle feu tardif – partie amont. *Terminalia glaucescens* et *Cussonia arborea* après le passage du feu du 10 mars 1995. La forme est généralement torturée et les nombreux balais de sorcière témoignent des dégâts antérieurs causés aux houppiers dont certains se sont enflammés.

Late fire plot – upper part. *Terminalia glaucescens* and *Cussonia arborea* after the fire had passed through on 10 March 1995. The form is generally twisted and the large number of witches' brooms attest to previous damage caused to the crowns, some of which went up in flames.

feu courant qui la traverserait à l'occasion d'une année anormalement sèche.

• **Sur sols pauvres**, l'évolution au cours des premières années est semblable à celle de la parcelle « feux tardifs » : les jeunes sujets sont détruits par le feu. Il semble cependant que certains gaulis en réchappent, peut-être à l'occasion d'années très pluvieuses qui limitent l'intensité du feu. Il s'établit ainsi une sorte d'équilibre qui maintient stable le peuplement li-

gneux : il n'y a pratiquement aucune production de bois.

Ainsi, la recolonisation d'une jachère ne peut s'envisager que par protection intégrale sur tous types de sol ou par l'usage des feux précoces sur les terres les plus fertiles. Le feu tardif est à proscrire, tout comme le feu précoce sur les sols les plus pauvres. Le forestier qui se donne comme objectif la restauration d'une formation fermée, productive et durable, doit en tenir compte surtout s'il envisage d'utiliser le feu comme outil de gestion. □

Remerciements : nous remercions l'Union Européenne de l'appui qu'elle nous a apporté lors de la réalisation de l'inventaire 1994 des parcelles feux d'AUBREVILLE.

► Dominique LOUPPE
CIRAD-Forêt/IDEFOR-D.F.O.
08 B.P. 33
ABIDJAN 08
Côte d'Ivoire

► N'Klo OUATTARA
Alassane COULIBALY
IDEFOR/D.F.O.
B.P. 947 KORHOGO
Côte d'Ivoire

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUBREVILLE (A.), 1950.

Flore forestière soudano-guinéenne : A.O.F. - Cameroun - A.E.F. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 523 p.

AUBREVILLE (A.), 1953.

Les expériences de reconstitution de la savane boisée en Côte-d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques n° 32 : 4-10.

BÉGUÉ (L.), 1937.

Contribution à l'étude de la végétation forestière de la Haute-Côte-d'Ivoire. Paris, Librairie Larose, 126 p.

C.T.F.T.-C.I., 1969.

Note sur les parcelles d'expérience concernant l'action des feux de brousse

(Kokondékro 1969). Bouaké, C.T.F.T.-C.I., 5 p.

DEREIX (Ch.) et N'GUESSAN (A.), 1976.

Etude de l'action des feux de brousse sur la végétation. Les parcelles feux de Kokondékro. Résultats après quarante ans de traitement. Bouaké, C.T.F.T.-C.I., 32 p. + graphiques.

MENSBRUGE de la (G.) et BERGEROOCAMPAGNE (B.), 1958.

Rapport sur les résultats obtenus dans les parcelles d'expériences sur les feux de brousse en Côte-d'Ivoire. 2^e Conférence Forestière Interafricaine, London. C.S.A./C.C.T.A, 43 : 659-671.

MENSBRUGE de la (G.), 1961.

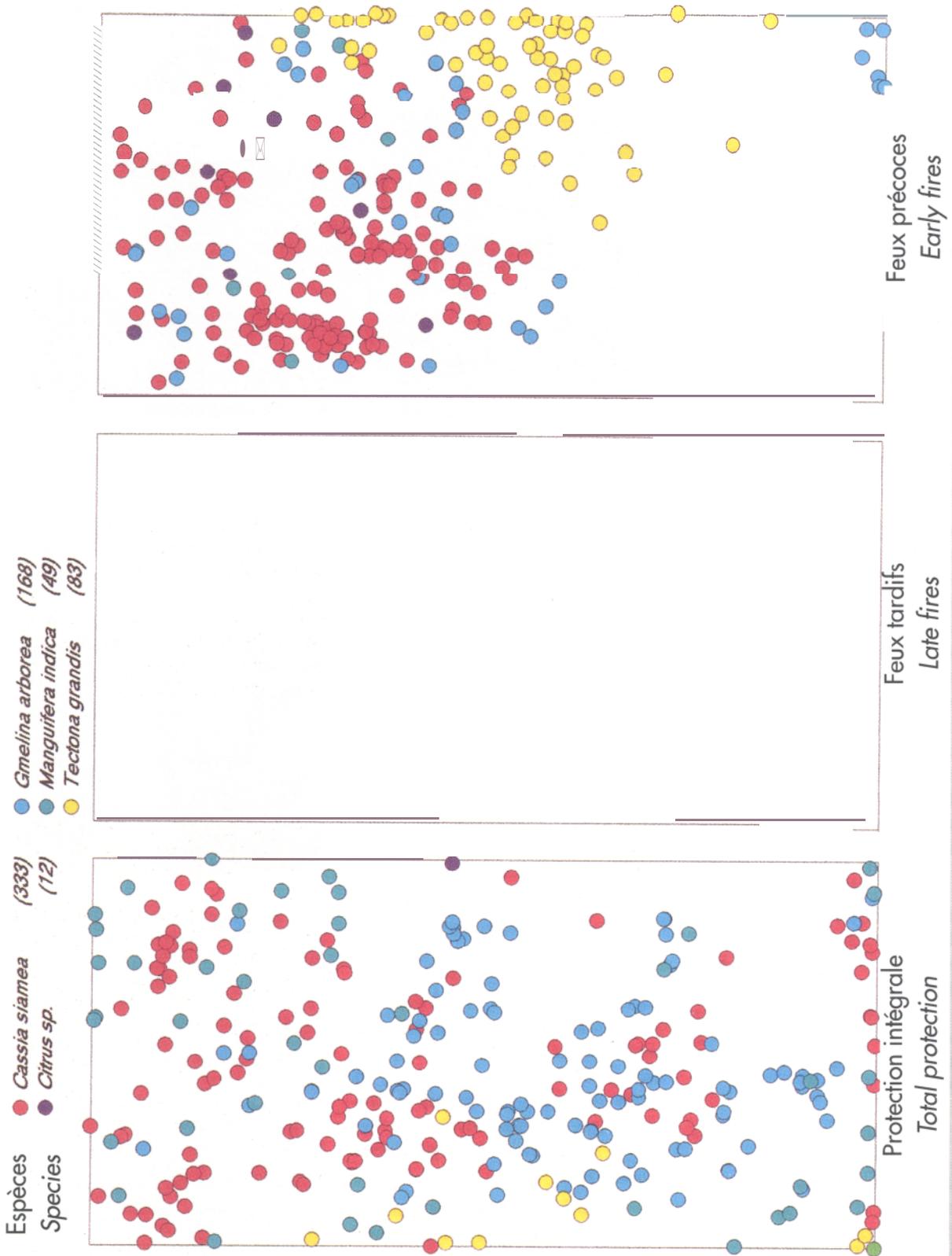
la lutte contre les feux-Parcelles d'essai-Restauration forestière (Côte-d'Ivoire). Abidjan, C.T.F.T.-C.I., np.

N'GUESSAN (K. A.), 1984.

Influence de la saison des feux sur une savane préforestière soudano-guinéenne de la région de Bouaké (Côte-d'Ivoire) Mémoire de D.E.A. Ecologie Terrestre. Montpellier, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 31 p.

OUATTARA (N.), 1994.

Etude de la macrofaune du sol sous divers couverts végétaux en zone préforestière et de savane soudano-guinéenne dans la moitié nord de la Côte d'Ivoire. Mémoire de D.E.S.S. Gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux en zone tropicale. Créteil, Université de Paris XII, 71 p.



Carte 2. Distribution des espèces exotiques. Arbres de plus de 30 cm de circonférence.
 Map 2. Distribution of exotic species. Trees with a circumference of more than 30 cm.

vidus par hectare et 3 m²/ha de surface terrière. Par rapport à la parcelle « protection intégrale », la différence est considérable : il y a ici 6 fois moins d'espèces, 32 fois moins d'individus et une surface terrière réduite des neuf dixièmes.

LES ESPÈCES EXOTIQUES

Celles-ci sont apparues tardivement dans les inventaires : en 1953 pour *Cassia siamea*, en 1961 pour *Gmelina arborea* et *Tectona grandis*. A l'exception d'un ou deux gros sujets préexistants, *Mangifera indica* s'est également installé à partir de 1961.

Ces exotiques se sont montrées particulièrement compétitives (carte 2). Elles ont commencé à envahir les parcelles « protection intégrale » et « feux précoces », dont elles représentent aujourd'hui 29 % et 41 % de la surface terrière. Cet envahissement a certainement modifié l'évolution de la reconquête de la jachère par les formations forestières naturelles. La régression, entre 1976 et 1994, d'un certain nombre d'espèces autoch-

tones peut sans doute être expliquée par un manque de compétitivité vis-à-vis des exotiques.



CONCLUSION

En zone soudano-guinéenne préforestière, les différents traitements par le feu appliqués à une savane arborée assez homogène induisent, 58 années plus tard, des situations extrêmement contrastées.

■ **L'absence de feux**, sur deux sols de fertilité différente, permet à une forêt dense humide semi-décidue de se reconstituer en moins de 60 ans. La meilleure fertilité est indiquée notamment par la présence d'arbres de première grandeur et par un envahissement important de *Cassia siamea*.

■ **Les feux tardifs** ont détruit rapidement les perchis, et les rejets de souches n'ont pu se développer ; les souches sont mortes progressi-

vement. Les arbres adultes des espèces pyrophiles résistent encore aux feux et continuent de se développer mais la régénération n'est plus assurée. Après une quarantaine d'années, les gros sujets ont commencé à dépérir sans qu'ils soient remplacés par des baliveaux. Le couvert est de plus en plus lâche et les feux de plus en plus violents ; la mortalité des arbres âgés augmente. Ils ne survivent difficilement que sur les sols les plus fertiles. Il est probable qu'ils disparaîtront bientôt, laissant la place à une savane herbeuse.

■ Les **feux précoces** rendent déterminante la fertilité du sol.

• **Sur sols riches**, le couvert se ferme par endroits, vraisemblablement au niveau des vieilles termi-tères ; le feu ne passe plus régulièrement et le couvert continue de se fermer. Des îlots de forêt dense apparaissent et grandissent pour finir par se rejoindre ; le nombre des espèces de forêt dense semi-décidue augmente mais la jeune forêt ainsi reconstituée n'est pas à l'abri d'un

Photo 6. Pare-feu séparant la parcelle feu tardif (à gauche) et la protection intégrale (à droite) : 15 décembre 1994.

Firebreak separating the late fire plot (left) and the totally protected plot (right) : 15 December 1994.

