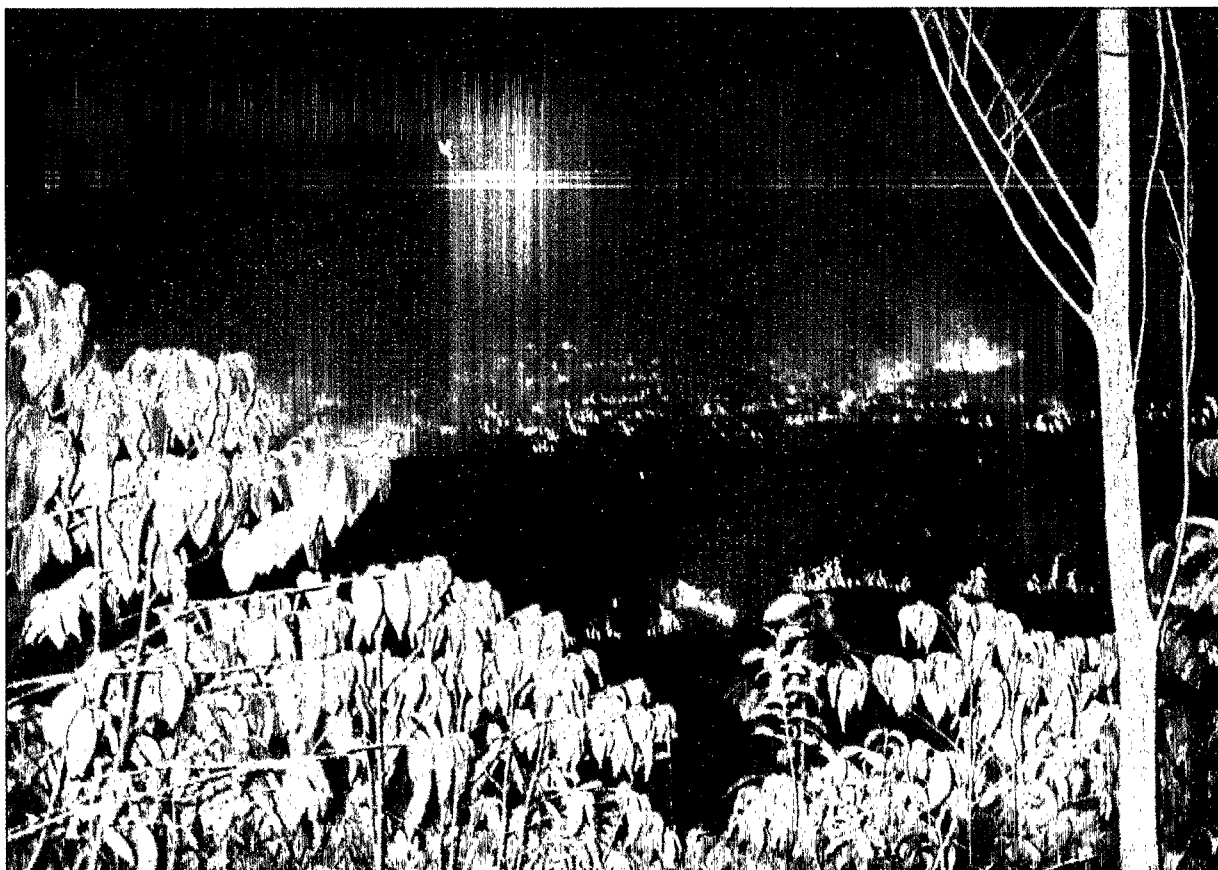


QUAND LA FORÊT TROPICALE S'ENFLAMME

Près de trois millions d'hectares détruits à Kalimantan

par Jean-Guy BERTAULT
Ingénieur de Recherche au C.T.F.T.



Lorsque la saison sèche persiste, de jour comme de nuit, le feu continue son inexorable progression.

RÉSUMÉ

QUAND LA FORÊT TROPICALE S'ENFLAMME Près de trois millions d'hectares détruits à Kalimantan

Après avoir rappelé les relations souvent anciennes entre le feu et la forêt tropicale, l'auteur souligne que ces incendies ne peuvent se développer que dans des circonstances très particulières comme l'apparition de sécheresses marquées, elles-mêmes corrélées à d'autres phénomènes comme celui d'« El Nino », courant de l'océan Pacifique dont les oscillations se manifestent les années de forte sécheresse. Les effets de la sécheresse en 1982 et 1983 sont ensuite décrits dans cette province de l'Est-Kalimantan avec les différents types de progression de ces feux qui ont parcouru durant cette période plus de trois millions d'hectares.

Parmi les facteurs imputables à l'extension de ces incendies, outre la sécheresse, trois causes sont retenues : l'état desséché de la végétation après exploitation suite à l'ouverture du couvert, le rôle des veines de houille affleurant fréquemment en forêt comme vecteur de propagation et, principalement, la pratique traditionnelle de la mise à feu de la végétation pour la préparation des terrains agricoles. En conclusion, après avoir présenté un bilan des dégâts occasionnés à ces massifs par types de peuplements, l'auteur avance des propositions de réhabilitation de ces zones dégradées pour maintenir à ces forêts de l'Est-Kalimantan, qui contribuent de manière significative à l'approvisionnement en bois du pays, leur fonction également de protection sur des sites très vulnérables.

ABSTRACT

TROPICAL FOREST FIRES Nearly three million hectares destroyed in Kalimantan

After pointing out the often long-standing association of fire hazard with tropical forests, the author emphasizes that such fires can develop only in very special circumstances, such as severe drought, themselves correlated with other phenomena like El Nino, the Pacific Ocean current occurring in very dry years. The effects of the drought of 1982 and 1983 in the Province of Kalimantan are then described, along with the different ways in which these fires spread to cover more than three million hectares.

Among the factors to which the extension of these fires may be attributed, apart from drought, three are considered : the withered state of the vegetation after logging and the creation of canopy gaps ; coal seams lying flush with the topsoil ; and most importantly, the traditional practice of clearing the ground for cultivation by burning the vegetation.

In conclusion, after assessing the damage caused in terms of stand types, the author suggests ways of rehabilitating the burnt areas so that the forests of East Kalimantan, which make a significant contribution to the country's timber supplies, may also continue to protect these highly vulnerable sites.

RESUMEN

INCENDIOS EN EL BOSQUE TROPICAL Unos tres millones de hectáreas destruidos en Kalimantan

Tras presentar un resumen de la relación, frecuentemente antigua, entre el fuego y el bosque tropical, el autor subraya que estos incendios sólo pueden desarrollarse en circunstancias muy específicas, como por ejemplo la aparición de sequías acentuadas, relacionadas a su vez con otros fenómenos como « El Nino », corriente del Océano Pacífico cuyas oscilaciones se manifiestan en los años de gran sequía. Acto seguido se describen los efectos de la sequía en 1982 y 1983 en la provincia del Este-Kalimantan con los diversos tipos de progresión de estos incendios que destruyeron durante este periodo más de tres millones de hectáreas.

Además de la sequía, cabe señalar tres causas entre los factores que provocan la extensión de estos incendios : el estado seco de la vegetación tras la explotación a raíz de la apertura del vuelo forestal, el papel de las vetas de hulla que afloran con frecuencia en el bosque como vector de propagación y, principalmente, la práctica tradicional de la quema de la vegetación para la preparación de los terrenos agrícolas. En conclusión, después de presentar un balance de los daños ocasionados a estos macizos por tipo de población, el autor presenta diversas propuestas para la rehabilitación de estas zonas degradadas, para que estos bosques del Este-Kalimantan, que contribuyen de forma notable al aprovisionamiento de madera del país, conserven también su función de protección en emplazamientos muy vulnerables.

Le feu est un des éléments qui ont contribué à façonner le paysage sous les tropiques depuis des millénaires. Conjugée aux effets des feux naturels créés par la foudre et les éruptions volcaniques, la maîtrise par l'homme de ce nouvel outil, il y a 250 000 à 500 000 ans, allait conduire à une vision nouvelle de son environnement. La pratique courante en Afrique des feux de brousse, il y a plus 40 000 ans, était aussi exercée en Australie, à la même époque, par les aborigènes pour chasser, améliorer leur alimentation et faciliter leurs déplacements. De nos jours, sur le milliard d'hectares restant de forêt tropicale, pour les mêmes raisons, l'homme continue, lorsque la saison sèche succède à la mousson, de répéter le même geste de mise à feu de la végétation que celui transmis par ses ancêtres. Lorsqu'une sécheresse exceptionnelle coïncide avec cette pratique culturelle, les effets peuvent être désastreux comme en témoigne le spectacle navrant de plusieurs millions d'hectares de forêt brûlés en Est-Kalimantan, sur l'île de Bornéo, en 1982, 1983 et plus tard en 1987. Après chaque catastrophe, les mêmes questions reviennent, répétées avec un étonnement égal à la capacité d'oubli du passé. Comment cela est-il possible ? La forêt tropicale peut-elle brûler ainsi ? Qui est responsable, quelle est l'ampleur des dégâts et que peut-on faire pour ces zones dévastées ? En s'appuyant principalement sur une étude financée par l'Organisation Internationale des Bois Tropicaux (O.I.B.T.) et réalisée conjointement par l'Agence de Recherche du Ministère des Forêts d'Indonésie (A.F.R.D.) et le Deutsche Forstservice GmbH (D.F.S.), nous tenterons de répondre à ces questions et de voir quelles tendances se dégagent pour l'avenir de ces massifs sinistrés.

LE FEU ET LA FORÊT TROPICALE

Une opinion répandue veut que l'écosystème forestier tropical soit résistant au feu. Les caractéristiques climatiques, qui affectent particulièrement l'humidité du sol, la rapide minéralisation réduisant la biomasse inflammable, font que lorsque le feu arrive accidentellement, il se limite à de faibles surfaces. De récentes découvertes en 1988, au Venezuela, sont venues nuancer cette théorie de l'inflammabilité de la forêt tropicale : KAUFMANN a relevé sur la partie nord-ouest du massif amazonien des valeurs de biomasse combustible à haute teneur énergétique et plus élevées qu'en zone tempérée ; en revanche, il a noté des teneurs plus faibles en cendres, riches en carbone, dont les propriétés retardantes dans la propagation des flammes sont bien connues. La présence de veines de charbon dans les couches plus profondes du sol nous renseigne utilement sur l'importance qu'ont pu prendre ces feux dans le passé. Ainsi, près de San Carlos de Rio Negro, dans le bassin de l'Amazone, les analyses de houille trouvée en forêt et datée au carbone 14 par SANFORD révèlent 6 240 ans pour les plus anciens échantillons et 250 ans pour les plus récents. En Est-Kalimantan, où la présence de houille est très importante, des résultats similaires ont été observés. La datation par thermoluminescence effectuée par

GOLDAMMER et SEIBERT en 1989 sur les argiles consumées, associées aux veines de houille qui affleurent en forêt, confortent l'hypothèse que des feux ont eu lieu pendant la période Pléistocène-Holocène. A cette époque, les tropiques bénéficiaient d'un climat à la fois plus frais et plus sec, et les feux s'y développaient régulièrement. Plus près de nous, des voyageurs rapportent qu'en 1925, les berges des principales rivières étaient mises à feu dans le sud-est de Bornéo avec un contrôle très aléatoire. En Malaisie également, à Kelantan en 1880 et surtout en 1915 dans la Grassland Sook Plain où 80 000 hectares de forêt disparaissent, les incendies de forêt sont toujours présents dans les mémoires.

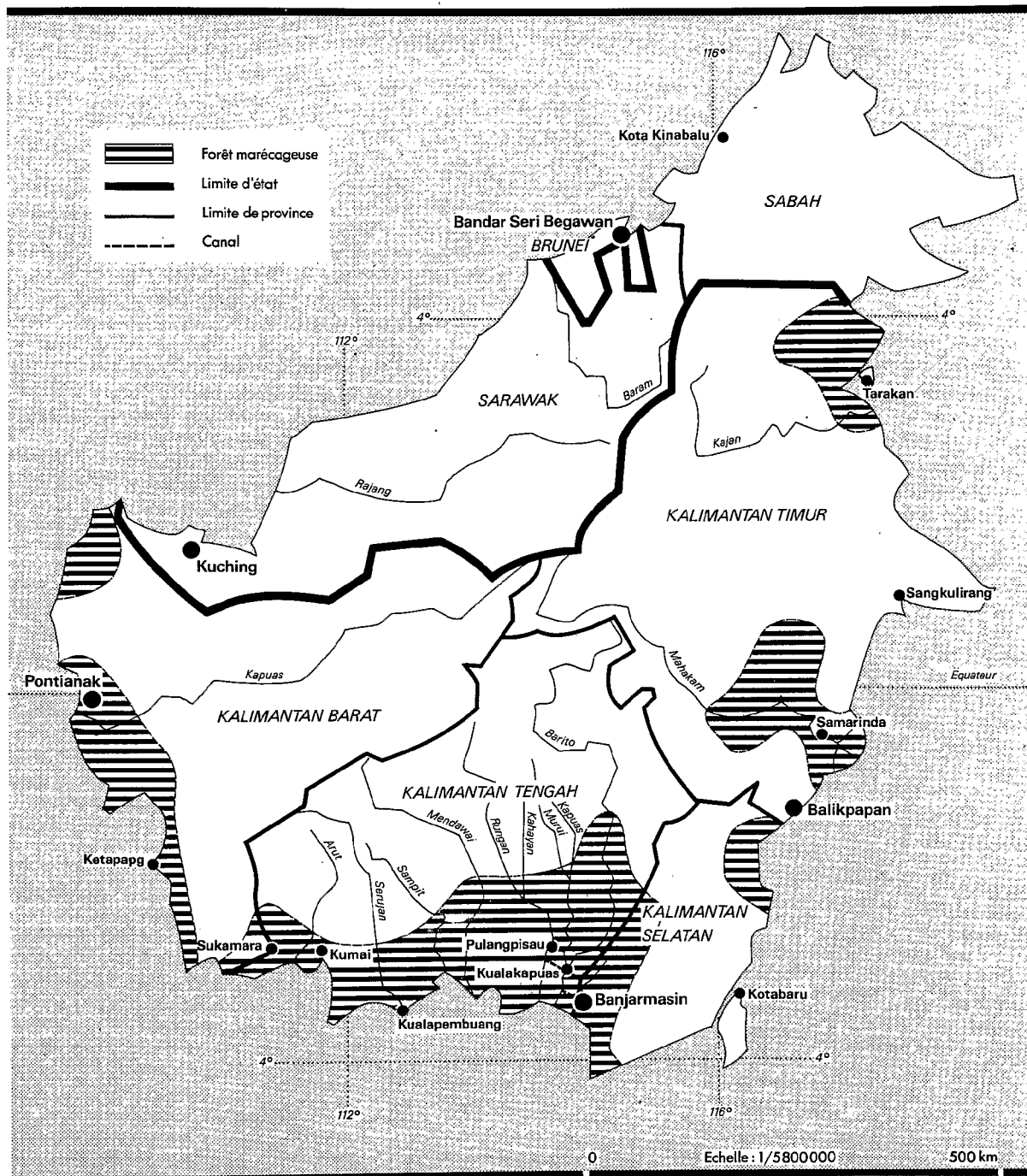
De juin 1982 à mai 1983, une sécheresse très marquée affecta l'hémisphère sud, notamment l'Asie du Sud-Est et l'Australie. Dans toute cette région, la sécheresse fut suivie par des feux qui parcoururent l'Inde, l'Australie, Sumatra, le Sarawak et la Malaisie péninsulaire où les forêts marécageuses sur tourbe, asséchées, se consumèrent pendant plusieurs mois. En Afrique, la situation fut identique et particulièrement dramatique dans le golfe de Guinée où les populations furent sans doute les plus affectées. Mais la zone la plus touchée, durant cette période, fut sans conteste la partie sud-est de Bornéo, appelée Kalimantan, où 3,2 millions d'hectares de forêt tropicale brûlèrent. Cet incendie reste le plus grand connu à ce jour avec ceux de la péninsule du Yucatan au Mexique,

de Heilung-Kiang en Chine et, plus près de nous, celui du parc de Yellowstone aux Etats-Unis, qui parcoururent près de 400 000 hectares. Si les incendies de forêt ne sont pas un phénomène récent comme nous l'avons vu, en revanche, la dimension qu'ils prennent en région tropicale constitue un élément nouveau par l'importance de la végétation affectée par cette dégradation. En outre, ces feux ne peuvent se développer qu'en présence de circonstances qui leur sont favorables et, en tout premier lieu, une sécheresse marquée.

DERNIÈRE MINUTE

Au moment où nous mettons sous presse, avec la conjonction maintenant traditionnelle de pratiques humaines peu compatibles avec une sécheresse prolongée et la présence de veines de houille toujours en combustion depuis 1982, les feux parcoururent à nouveau Kalimantan en son centre et au sud-est. Pendant que l'opinion internationale interpellée se mobilise en ordre dispersé pour apporter les premiers secours et proposer sa technologie, les hectares brûlés de 1991 s'ajoutent, lorsque ce ne sont pas les mêmes, à ceux des années précédentes et font ainsi payer aux massifs de Kalimantan un lourd tribut hypothéquant déjà pour certains leur pérennité. Puisse ce nouveau fléau, après la prise de conscience qu'il a suscité, être aussi le départ d'une politique vigoureuse de prévention qui restera, encore plus en milieu tropical qu'en zone tempérée, la meilleure garantie de ces forêts.

LE KALIMANTAN



LA SÉCHERESSE ET LE PHÉNOMÈNE « EL NINO »

La sécheresse en Asie du Sud-Est coïncide fréquemment avec l'apparition d'« El Nino », une oscillation d'un courant de l'Océan Pacifique. Ce changement dans ce courant est causé par un réchauffement occasionnel de l'Océan Pacifique à proximité des côtes du Pérou et de l'Equateur et ses manifestations sont bien connues des météorologistes. « El Nino » crée des perturbations à grande échelle, soit des précipitations très élevées, soit d'extrêmes sécheresses sous les tropiques. Ce phénomène apparaît périodiquement tous les 4 à 5 ans avec des pics tous les 80 à 100 ans. Certains chercheurs pensent que l'oscillation de ce courant est corrélée avec la modification des relations entre l'air et la surface de l'eau ; celle-ci, à son tour, serait reliée à l'extraordinaire augmentation de vase et de limon, le long des côtes de Chine et d'Asie du Sud-Est, provenant de la déforestation de ces zones où les rivières charrient vers la côte des alluvions dans des proportions jusque-là inconnues.

Mais déjà, en 1878, une sécheresse très forte affecta les Célèbes (Sulawesi) et l'île de Bornéo, comme le rapporte le zoologiste danois Carl BOCK. Dans ses carnets de voyage, il décrit la famine affectant les populations et précise que cette sécheresse dura 9 mois, ce qui est tout à fait comparable à celle de 1982-1983, mais aucune mention sur le feu n'est faite. Quelques années plus tard, en 1890, GRABOWSKI qui explorait le Kalimantan Sud mentionne, pour la première fois, la présence de feux de grande importance à cette époque. Pas très loin de là, à Pekan, en Malaisie, une grande sécheresse est mentionnée en 1902 où 954 mm seulement tombèrent au lieu des 3 230 habituels. En 1925, ENDERT

rapporte la présence de feux en 1915 à Bornéo et, le premier, affirme que la végétation caractéristique des berges, les *padang*, ainsi que les espaces à *imperata*, communément appelés *alang-alang*, auraient le feu comme origine. Plus près de nous, avec le développement de l'implantation des stations de météorologie, les informations sur les variations climatiques deviennent plus précises et les grandes sécheresses de 1963 et 1972-1973 sont mieux connues. LEIGTON, en 1984, a regardé si les apparitions des années plus sèches correspondaient à la manifestation d'« El Nino », connu depuis 1927 dans l'Océan Pacifique, et mit en évidence une corrélation étroite entre ces deux phénomènes pour les années 1941, 1951, 1953, 1957, 1963, 1965, 1969, 1972, 1976, 1979, 1982 et 1983. En 1987, « El Nino » se manifesta également comme dans les tout premiers jours de 1991 où les scientifiques de l'UNESCO signalèrent sa réapparition et mirent en garde les autorités indonésiennes sur la possible apparition d'une sécheresse marquée pour cette année.

Sous les tropiques, les conditions de sécheresse apparaissent lorsque l'évapotranspiration est supérieure aux précipitations reçues et à l'eau mobilisable sous toutes ses formes. Empiriquement, il est considéré que ces conditions sont réunies en forêt tropicale lorsque les précipitations sont inférieures à 100 mm par mois. Sur cette affirmation, certains chercheurs comme BRUENIG, au Sarawak, ont démontré que ces conditions de sécheresse pouvaient se rencontrer au moins une fois par an sur plusieurs années consécutives et se sont posé la question de savoir s'il avait jamais existé un climat de forêt tropicale humide dans ces régions. En s'appuyant sur des valeurs comme l'épaisseur de l'écorce, la réflectance des feuilles sur les sites les plus secs, les fructifications occasionnelles des Diptérocarpacées et la résistance très particulière à la sécheresse d'essences comme certains *Shorea*, on peut en conclure que l'adaptation à la sécheresse est un important facteur de régulation de l'écologie des forêts tropicales.

LA SÉCHERESSE DE 1982-1983 EN EST- KALIMANTAN

L'île de Bornéo est scindée en 4 entités : Sabah et Sarawak appartenant à la Malaisie, au Brunei, Etat indépendant, et au Kalimantan qui forme la plus grande partie de l'île avec une superficie proche de celle de la France, et qui appartient à l'Indonésie. Cette île, recouverte par la forêt équatoriale à 75 %, n'est pratiquement pas habitée en dehors de quelques grands axes et ports fluviaux ou maritimes. La province de l'Est-Kalimantan, avec ses 211 400 km², joue un rôle économique majeur par ses ressources en pétrole, en houille et dans la filière bois en contribuant à environ 30 % de la production nationale de grumes.

Comme nous l'avons dit précédemment, la sécheresse commença en juin 1982 et dura jusqu'en mai de l'année suivante avec une interruption vers Noël. A la station de Kota Pangun, de juillet 1982 à avril 1983, 570 mm de pluie furent enregistrés au lieu des 1 820 mm habituels et, dans la station de Recherche du Parc National de Kutai, on releva 721 mm pour la même période au lieu des 2 200 mm observés annuellement. Cette absence de précipitation affecta rapidement les réserves en eau du sol. Sur le bassin de la Mahakam, les grands lacs furent complètement asséchés et les grandes rivières, telles que la Sangata, sans l'alimentation de leurs affluents, devinrent de minces filets d'eau. Suite à l'assèchement de ces fleuves et de ces rivières, principales voies de communication de ces régions, des zones entières furent isolées durant plusieurs mois, ce qui rendit délicate la tâche des organisations venant en aide à ces zones sinistrées. La pêche comme la chasse, principales sources de protéines des populations de l'Est-Kalimantan, s'arrêtèrent et toutes les productions agricoles, riz inclus, dépérèrent. L'approvisionnement en eau douce devint également

problématique, principalement dans les villages côtiers où la teneur en sel des maigres filets d'eau augmenta fortement. Les populations du sud de la province furent les plus touchées, à la pénurie alimentaire s'ajoutant la destruction de leurs ressources telles que le rotin, les résines, le latex et les troubles de santé consécutifs à l'émanation d'épaisses fumées durant plusieurs mois.

Durant cette période, des températures inhabituelles furent enregistrées. La température moyenne journalière fut de 3 degrés au-dessus de la normale, ce qui augmenta encore le stress hydrique des végétaux. Lorsque le feu commença, la plupart des cimes des arbres, généralement verte à cette période, avaient déjà commencé à perdre leurs feuilles. Les arbres isolés et les plus exposés à la lumière directe sur les crêtes et collines furent les premiers à dépérir et cette défeuillaison, aussi précoce qu'abondante, créa sur le sol des conditions idéales de propagation du feu. Mais des sécheresses similaires, comme nous l'avons vu, s'étaient déjà manifestées précédemment. Pourquoi alors cette sécheresse a-t-elle été suivie par un feu d'une telle ampleur qui détruisit près de 3,2 millions d'hectares et quelles en ont été exactement les conséquences ?

LES FEUX DE 1982 ET 1983 À KALIMANTAN

Fin novembre-début décembre 1982, des feux de forêt commencèrent simultanément dans de nombreux endroits mais furent néanmoins limités dans leur progression par les zones encore humides, une teneur en eau encore persistante dans la litière et l'absence de vent. Après quelques pluies autour de Noël, la sécheresse reprit sans discontinuer jusqu'en mai 1983, accompagnée par la reprise de feux à la progression plus rapide, leurs mouvements étant facilités par leurs précédents passa-

ges qui avaient accéléré la défeuillaison, asséché le sol ainsi que les premières strates arbustives. Par ailleurs, le ciel sans nuages et les hautes températures qui accentuaient le stress hydrique des végétaux augmentaient leur sensibilité au dépérissement. La litière, constamment alimentée par cette défeuillaison totale, et les rémanents ligneux, laissés par l'exploitation forestière, constituèrent un combustible et un vecteur de choix pour la propagation des incendies. Par les jours de grand vent, l'intensité du feu atteignit son paroxysme : les cimes à plus de 30 mètres de hauteur s'enflammèrent comme des torches, allumées par les lianes desséchées qui reliaient les branches maîtresses aux strates proches du sol. Des troncs entiers explosèrent quand les flammes atteignirent des poches de résine qui se vaporisaient sous l'effet de la chaleur. Quelquefois, les incendies furent d'une telle intensité qu'on ne retrouva rien des ponts construits avec des grumes de fort diamètre appartenant néanmoins à des essences jugées particulièrement résistantes au feu.

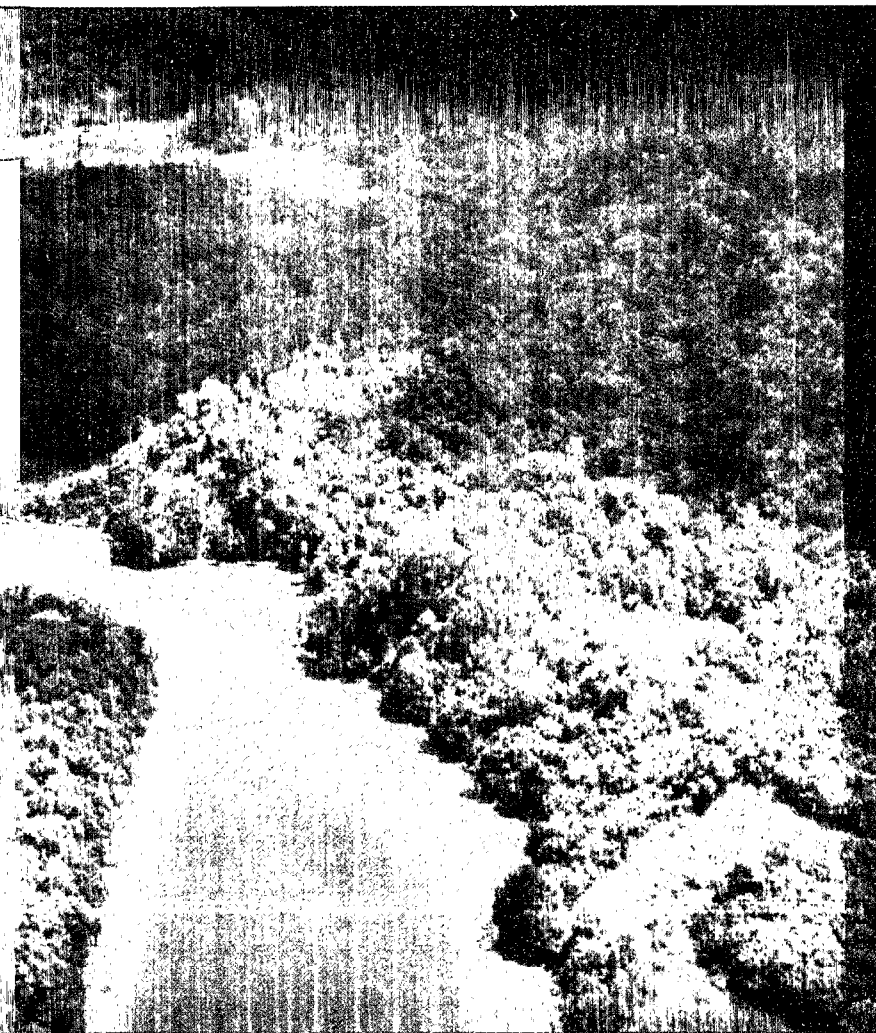
L'un des points les plus souvent débattus concerne les causes d'une telle extension de ces feux, liée à l'ampleur des dommages subis.

Dans les forêts primaires, à strates multiples, la voûte formée par les cimes est jointive et le sol, où les déplacements d'air sont pratiquement nuls, ne reçoit qu'une lumière très faible, de l'ordre de 1 % de l'éclairage incident total, ce qui contribue à maintenir un taux d'humidité élevé propice à une minéralisation rapide de la biomasse. En outre, la capacité de rétention en eau de ces formations végétales est très forte. Si d'aventure un feu éclate, il s'arrête rapidement s'il n'y a pas de vent, privé de ses deux éléments moteurs : d'une part, le combustible générant des gaz provenant de sa pyrolyse et, d'autre part, un comburant, en l'occurrence l'oxygène de l'air, dont le renouvellement accéléré par le vent se fait mal au niveau du sol des forêts tropicales humides. Les dégâts sont alors mineurs et ne concernent que des surfaces limitées.



A Kalimantan, les berges des rivières sont régulièrement

En Est-Kalimantan, l'exploitation forestière débuta autour des années 1970 et modifia sensiblement la structure de ces riches forêts à Diptérocarpacées. Si le prélèvement à l'hectare porte sur environ 30 % de la surface terrière, les dégâts causés par cette exploitation sont plus vastes et on considère que la perturbation, avec des intensités différentes, peut toucher 60 à 70 % du peuplement. Comme seules les billes de haute valeur sont débardées, il y a sur le sol une accumulation très importante de surbilles, de culées d'abattage, de houppiers desséchés, de grumes éliminées et ces rémanents ligneux sont une proie facile pour les flammes. Dans ces conditions, il est



ises à feu.

clair qu'en présence d'une sécheresse très marquée, ces forêts secondaires non seulement deviennent très vulnérables mais connaissent aussi ce que les experts appellent une combustibilité différente; ce terme traduit la sensibilité d'une formation végétale à propager le feu par opposition à la notion d'inflammabilité qui exprime les facilités d'éclosion des feux, puis d'embrasement d'un végétal soumis à un fort rayonnement calorifique. C'est donc plus dans les changements de structure et dans les modifications profondes subies par ces massifs que dans la seule sécheresse qu'il faut chercher les raisons majeures de l'extension de ces incendies.

Dans les forêts marécageuses sur tourbe, à l'époque non exploitées, la situation fut quelque peu différente. Avec la sécheresse, les tourbières s'asséchèrent et, lorsque le feu y entra, il progressa également de manière souterraine sur des épaisseurs pouvant atteindre un mètre, entraînant ainsi la disparition complète de la végétation. Les formations végétales très particulières dénommées *kerangas* que l'on trouve à Kalimantan sur des sols acides à substrat sableux, très sensibles au stress hydrique, furent également très durement touchées.

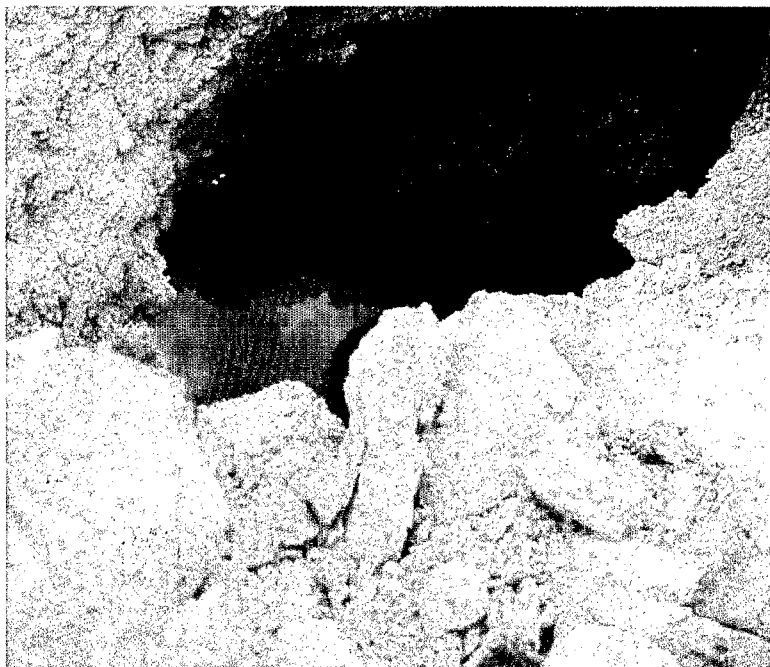
Les feux atteignirent leur intensité maximale en avril 1983. Durant cette

période, le trafic aérien dut être complètement stoppé. Le ciel était envahi par d'épaisses fumées et la vision du soleil était réduite à la perception d'un pâle disque de couleur jaunâtre. Non seulement les aéroports de Samarinda et de Balikpapan durent être fermés mais aussi celui de Surabaya, sur l'île de Java. La fumée dégagée par ces gigantesques incendies créa des interférences dans la navigation aérienne, non seulement à Jakarta mais aussi à Singapour à plus de 1 500 km de là.

Ces incendies s'arrêtèrent lorsqu'ils rencontrèrent les régions montagneuses situées au nord et à l'ouest de la province de Kalimantan-Est, là où les précipitations sont plus élevées et les forêts non exploitées. Plus précisément, l'arrêt du feu coïncide avec la rencontre des isohyètes 2 800 à 3 000 mm et la limite des concessions ouvertes à l'exploitation forestière. En mai 1983, avec le retour des pluies, le feu s'éteignit de lui-même quoique des veines de houille, très abondantes dans cette région, continuent de se consumer. Cet aspect très particulier déclencha une vive controverse sur l'origine de ces incendies. Une fois écartée l'hypothèse de la foudre et des effets de loupe joués par des bouteilles laissées par les exploitants forestiers, deux causes furent avancées pour expliquer l'origine de ces incendies: le rôle joué par les veines de houille qui affleurent en forêt et celui des agriculteurs pratiquant des cultures itinérantes.

Le rôle des veines de houille

GOLDAMMER et SEIBERT, en 1989, pensent que des feux couvant depuis longtemps dans des veines de houille, à différents niveaux du sol, ont pu être à la base de ces incendies. L'Est-Kalimantan est l'un des rares sites en forêt tropicale où des feux de houille ont pu être observés et suivis non loin de la surface du sol. Tout d'abord, il fut communément admis que ces veines avaient été allumées par les feux de 1982 et 1983, mais de nombreux témoignages contredisent



Veine de charbon en feu depuis 1982 à 50 cm de la surface du sol et toujours en activité 9 années plus tard.

cette affirmation et précisent que ces veines, probablement par l'entremise de la foudre, brûlaient bien avant 1982. Ces filons, une fois enflammés, se consomment pendant de longues périodes et avancent lentement sous les toutes premières couches du sol, à la surface de ces forêts. Ils ne peuvent être éteints par les pluies et représentent un potentiel latent pour le développement de nouveaux feux. Que ces veines de houille aient été allumées en 1982 ou pas, une fois mises à feu, elles furent sans conteste des vecteurs non négligeables des second et troisième feux, en rampant à travers la forêt et pérennisant ainsi leur action.

Le rôle joué par les agriculteurs

Les différentes enquêtes menées sur l'origine des feux conclurent rapidement à mettre en exergue la responsabilité des agriculteurs qui ne purent contrôler leurs traditionnelles mises à feu en forêt, préalables à toute opération agricole. Ces défrichements sont normalement effectués durant les mois secs d'août et septembre lorsque les pluies se situent mensuellement autour de 100 à 300 mm et que l'évaporation est

supérieure aux précipitations. Ceci permet à la biomasse coupée de sécher et de devenir combustible en octobre et novembre, ce qui coïncide avec les dates de démarrage des grands feux de l'Est-Kalimantan en 1982.

Dans cette province, de grands courants migratoires, depuis une vingtaine d'années, ont touché différentes ethnies aussi bien originaires de l'île elle-même, comme certaines tribus dayaks abandonnant leurs aires traditionnelles pour s'installer dans les bassins de la Mahakam et de la Kayan, que des contrées voisines. Ainsi de nombreux migrants de Java, de Sulawesi, autrefois appelé Célèbes, et du Sud-Kalimantan, attirés par le boom de l'exploitation forestière et des routes ouvertes pour l'évacuation de ces produits, s'installèrent à proximité des zones exploitées. La densité croissante des populations conduisit également à une augmentation rapide des zones défrichées et à une potentialité accrue d'incendie. Il n'est donc nullement étonnant de trouver une corrélation étroite entre les régions les plus brûlées et les districts les plus peuplés de la province, zones de transmigration incluses.

LES FEUX DE 1987

Mi-juin 1987, une autre vague de sécheresse frappa l'Est-Kalimantan avec la réapparition du phénomène « El Nino », mais avec moins de gravité qu'en 1982 et 1983. Comme en 1982, les paysans furent jugés comme principaux responsables de la propagation de ces feux pour l'établissement de leurs cultures. SEIBERT, en 1988, rapporte que ces feux eurent leur origine dans des sites multiples aussi bien dans des forêts bénéficiant du statut de protection que dans des plantations d'hévéas par l'entremise des veines de houille qui se consumaient. La légère couche de terre recouvrant ces veines s'assécha, puis s'écroula, permettant ainsi à la végétation de s'enflammer. En septembre, le gouvernement décida d'éteindre ces feux dans la zone de Bukit Soeharto entre Samarinda et Balikpapan. Un Transall, spécialement équipé pour la lutte anti-incendie et doté d'une capacité de 12 000 litres d'eau, intervint avec succès dans cette région et maîtrisa les feux de surface allumés par les planteurs de poivriers. Ce fut le premier essai d'utilisation d'une technologie moderne dans la lutte contre les incendies de forêt. Cependant son coût horaire élevé, près de 20 000 Francs de l'heure, allait en limiter l'usage.

LES DÉGÂTS CAUSÉS PAR LES FEUX SUR LA VÉGÉTATION

L'étude menée sous l'égide de l'O.I.B.T. et réalisée par D.F.S. décrit, avec beaucoup de minutie, les relations entre les facteurs agissant sur le comportement du feu, tels que la typologie des peuplements au moment de l'incendie, les conditions de milieu comme la topographie et les différents types de sols. L'une des conclusions majeures qui se dégagent est la très grande sensibilité des zones

exploitées liée, entre autres facteurs, à l'accumulation de rémanents ligneux très combustibles sur le sol. L'étude de la profondeur du sol et de sa texture, paramètres de la capacité de rétention en eau, sont en outre d'excellents indicateurs de la vulnérabilité d'une zone.

Le tableau suivant, obtenu à partir des images Landsat 1988, Spot 1988 et de survols aériens, condense les informations recueillies sur la végétation.

En conclusion, on peut noter qu'à la simplification d'une structure multi-étagée en une monostate s'est ajoutée la modification de la composition floristique, qui a été sensible-

ment remaniée. Les espèces pionnières ont moins souffert que d'autres et certaines d'entre elles (*Macaranga spp.*, *Trema spp.*, *Anthocephalus spp.* et *Vitex spp.*) ont connu un développement spectaculaire. La valeur économique des forêts de l'Est-Kalimantan repose principalement sur la famille des Diptérocarpacées et celle-ci a particulièrement été touchée aussi bien au niveau de l'étage dominant que de la strate régénération. Les experts estiment qu'il faudra entre 30 et 500 années pour retrouver des conditions favorables à la croissance de ces essences et que les cycles de régénération, propres à chacune de ces espèces, retrouvent leur mécanisme originel.

QUEL AVENIR POUR LES FORÊTS DE KALIMANTAN ?

Après cette catastrophe, sur le plan forestier, deux points retiennent notre attention : quel est l'avenir des massifs qui ont été épargnés par le feu et que peut-on réellement entreprendre pour les zones dévastées ? Pour ces dernières, selon une étude typologique à définir, plusieurs approches sylvicoles peuvent être proposées :

- En ce qui concerne les zones les plus touchées, seul le reboisement

EFFETS DU FEU PAR TYPE DE VÉGÉTATION

Classification de la végétation	Surface (1 000 ha)	(%)	Brûlé (%)	Non brûlé (%)
Forêts non exploitées	410	9	11	89
Forêts exploitées à faible prélèvement	1 096	23	58	42
Forêts exploitées à prélèvement moyen	984	21	84	16
Forêts exploitées à prélèvement élevé	727	15	88	12
Plantations	27	1	96	4
Total forêts de plaine	3 244	69	67	33
Kerangas	40	1	45	55
Forêts de montagne	43	1	56	44
Forêts marécageuses non exploitées	181	4	17	83
Forêts marécageuses exploitées	385	8	97	3
Recrûs sur marécages	110	2	82	18
Forêts marécageuses en eau saumâtre	22	0	23	77
Forêts côtières	41	1	0	100
Total forêts	4 066	86	67	33
Cultures itinérantes	387	8	85	15
Cultures, villages	213	5	69	31
Lacs et rivières	67	1	100	0
Autres types de végétation	667	14	79	21
Total	4 733	100	67	33

Source : The forest fire 1982/83 in East Kalimantan — Part 1 : the fire, the effects, the damage and technical solutions. W. SCHINDELE, W. THOMA, K. PANZER. FR-Report No. 5., 1989.

peut redonner à ces terres une vocation forrestière dans un délai acceptable. Après la destruction totale de l'écosystème, il est illusoire de compter sur la régénération naturelle qui entrera en compétition avec des espèces herbacées mieux adaptées à ces zones de recrus.

• Là où une strate forestière, même discontinue, est toujours présente, la plantation d'espèces à haute valeur commerciale peut être envisagée. Ces plantations peuvent s'effectuer, soit dans les trouées, soit en layon après l'abattage des arbres morts sur pied, dont la chute occasionnerait des dommages pour les espèces introduites.

• Les peuplements peu touchés après le feu, où la présence de semenciers de qualité est assurée, peuvent être conduits avec des méthodes plus classiques de sylviculture. Ainsi, après l'abattage des arbres morts sur pied, l'un des traitements peut être l'élimination de la végétation concurrente comme les espèces pionnières et les lianes, couplée aux périodes de fructification des Diptérocarpacées.

De nombreuses propositions techniques peuvent être avancées mais leur coût restera élevé : un projet soumis à l'O.I.B.T. estime à près de 400 millions de dollars le coût de ces opérations de réhabilitation. Sans tenir compte du préjudice subi au niveau écologique, les premiers calculs situent les pertes créées par ces incendies à 9 milliards de dollars. Aussi, pour le futur, si l'on veut conserver à Kalimantan sa double vocation de protection de l'environnement et de ressources forestières, des mesures de prévention et de lutte contre l'incendie doivent être rapidement envisagées. En particulier, doivent être prises des dispositions de protection adaptées au danger très spécifique, mais pouvant être localisé, que constitue la combustion des veines de houille. En outre, l'as-

sociation des populations riveraines, ces dernières étant à la fois la cause de ces incendies et ses victimes, revêt la plus haute importance tout comme l'établissement d'un système de contrôle du feu, non pas dans les régions éloignées mais dans les villages, les zones de transmigration et les campements dotés de services de détection précoce et de réels moyens d'action. Enfin, la mise sur pied d'un Service public contre les feux de forêt donnerait toute sa teneur à l'engagement politique visant à la gestion effective de ces massifs. Si l'homme a appris à recréer la forêt qu'il a brûlée dans les zones tempérées, il ne maîtrise aucunement les mécanismes de régénération de l'écosystème forestier sous les tropiques.

A ce titre, la prévention demeure une action prioritaire et cette prise de conscience, partagée par le plus grand nombre, doit contribuer à assurer la sauvegarde, la protection et une valorisation rationnelle de la forêt tropicale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOCK (C.), 1882. — The headhunters of Borneo: A narrative of travel up the Mahakam and down the Barito, also journeyings in Sumatra. Singapore Oxford University Press, Oxford, New York.
- BRUENIG (E. F.), 1969. — On the seasonality of droughts in the lowlands of Sarawak (Borneo). *Erdkunde*, 23, 2, pp. 127-133.
- ENDERT (F. H.), 1925. — Midden oost Borneo expeditie. Botanisch en Floris tisch Verslag. G. Kolff & Co, Batavia, Woltevreeden.
- GOLDAMMER (J. G.), SEIBERT (B.), 1989. — Natural rain forest fires in Eastern Borneo during the Pleistocene and Holocene.
- GRABOWSKY (F.), 1890. — Streifzuege durch die malayischen Distrikte Suedost Borneos. II. *Globus*, 57.
- KAUFMANN (J. B.), UHL (C.), CUMMINGS (D. L.), 1988. — Fire in the Venezuelan Amazon. Fuel biomass and fire chemistry in the evergreen rainforest of Venezuela. *Oikos*, 53, pp. 167-175.
- LEIGHTON (M.), 1984. — The El Nino-southern oscillation event in Southeast Asia: Effects of drought and fire in a tropical forest in Eastern Borneo. Presented at the American Association for the Advancement of Science Annual Meeting, May 1984, pp. 24-29, New York City.
- MAYER (J. H.), 1989. — Socioeconomic aspects of the forest fire 1982/83 and the relation of local communities towards forestry and forest management in East Kalimantan. FR-Report No. 9. Investig. of the Steps Needed to Rehab. the Areas of the Kalim. Seriously Aff. by Fire.
- NIKEN (S.), AMBLANI (M.), 1989. — Socioeconomic aspects of the forest fire 1982/83 and the relation of transmigrants towards forestry and forest management in East Kalimantan. FR-Report No. 11.
- SANFORD (R. L.), SILDARRIAGA (J. S.), CLARK (K. E.), UHL (C.), HERRERA (R.), 1985. — Amazon rain-forest fires. *Science*, Vol. 227, pp. 53-55.
- SCHINDELE (W.), THOMA (W.), PANZER (K.), 1989. — The forest fire 1982/83 in East Kalimantan. Part I: The fire, the effects, the damage and technical solutions. FR-Report No. 5.
- SCHINDELE (W.), THOMA (W.), 1989. — Proposal for a pilot project on forest rehabilitation after fire in East Kalimantan. FR-Report No. 10.
- SEIBERT (B.), 1988. — Forest fires in East Kalimantan 1982/83 and 1987. The press coverage. Forestry Faculty, Mulawarman University, Samarinda, East Kalimantan, Indonesia.
- SEIBERT (B.), 1989. — Forest regeneration after fire in East Kalimantan.