

Apport des études écologiques dans la lutte contre le feu

Pour estimer correctement le comportement d'un éventuel incendie et son extension probable, il faut observer, préalablement, les particularités des divers combustibles végétaux, donc en priorité, de la végétation elle-même. En effet, la détermination des risques d'incendie doit être faite, non seulement en fonction des prévisions météorologiques au moment du sinistre, mais encore en tenant compte des différentes sensibilités au feu des formations végétales. Or, la prévention des incendies de végétation et la lutte contre ces incendies nécessitent non seulement la connaissance des formations végétales, mais aussi la connaissance des facteurs qui conditionnent la nature même de ces formations. Toutes ces données, qui relèvent des études sur la végétation, peuvent être intégrées dans une « carte des formations végétales combustibles », outil fondamental et indispensable à ceux dont le rôle est de prévenir ou de combattre les incendies de végétation.

CONCEPTS GÉNÉRAUX ET NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE LA PHYSIQUE DU FEU

• Les combustibles végétaux

Les combustibles végétaux peuvent être définis comme des assemblages de parties de plantes qui ont une forme et une composition définies, dépendant des qualités de la plante et des conditions du milieu. Individuellement, une plante est composée de parties ou organes différents ; par exemple : des racines, des tiges ou des troncs, des branches, des feuilles, des écorces, des épines, des bourgeons, des pétioles, des fleurs, etc. Ces diverses parties, vivantes ou mortes, constituent des éléments combustibles de différentes tailles et formes. Un ensemble d'éléments combustibles peut être appelé un *complexe combustible* (Brown, 1970). C'est l'assemblage, dans l'espace, de différents complexes combustibles qui constitue une *formation végétale combustible* (ou peuplement combustible).

Cependant, il existe de grandes différences dans les *caractéristiques du matériel inflammable*. Un humus épais, des feuilles mortes à terre, des touffes d'herbes, une litière de brindilles et de branches sèches, des troncs, des broussailles, le feuillage des arbres, des chicots d'arbres morts, sont autant de matériaux organiques dont chacun possède des caractéristiques distinctes d'inflammabilité (Trabaud, 1971).

Les caractères physiques des combustibles recensés en un lieu donné régissent le comportement d'un feu éventuel ; la taille de la particule, son poids, son agencement, sa structure, sont les éléments les plus importants à considérer. Tous ces caractères sont compris dans la définition des combustibles végétaux qui, selon l'agencement ou la structure des parties végétales élémentaires donnent les formations végétales telles que n'importe qui peut les observer dans la nature. Or, ces caractères des combustibles agissent d'une manière significative sur la probabilité d'inflammation, la vitesse de propagation et l'intensité du feu : toutes données qu'un combattant du feu doit savoir évaluer afin de pouvoir lutter efficacement contre un incendie déclaré.

Mais il ne suffit pas de décrire les différents constituants d'un ensemble combustible, il faut tenir compte aussi de nombreux autres critères ou paramètres (Trabaud, 1971).

Ainsi, la *distribution* du combustible est un facteur primordial agissant sur le comportement du feu. Si le combustible est distribué de façon homogène le feu se propagera facilement et régulièrement, s'il est distribué de façon hétérogène le feu se propagera plus difficilement et pourra même s'éteindre rapidement.

La *quantité* de combustible joue aussi un rôle. Un accroissement de la quantité du matériel inflammable entraîne un accroissement de la quantité d'énergie émise par le feu (Byram, 1959). Les feux les plus violents, et par conséquent les plus difficiles à combattre, apparaissent dans les zones contenant de grandes accumulations de combustibles.

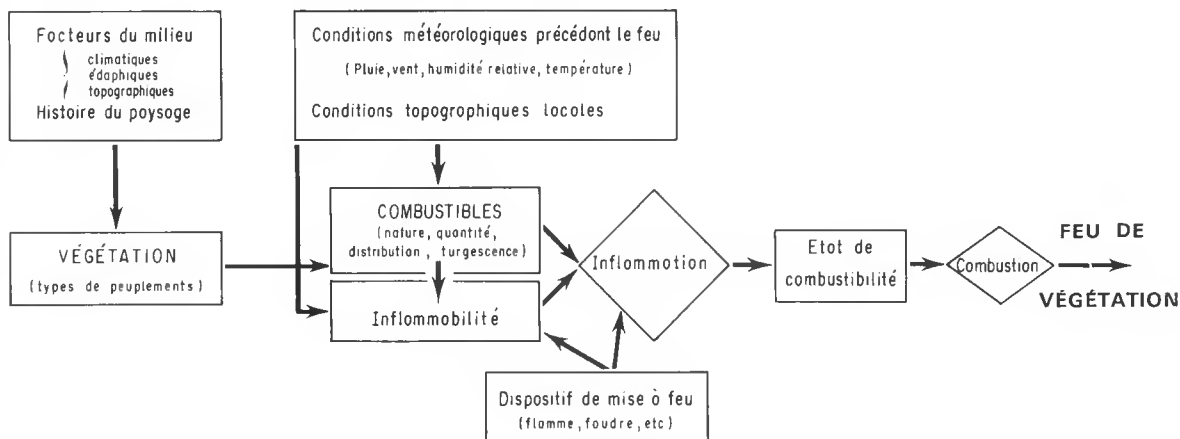
La *compacité* d'un combustible, c'est-à-dire la quantité de combustible par unité de volume, varie beaucoup selon les types de combustibles. Les feux brûlent plus rapidement des combustibles peu tassés parce qu'il y a une plus grande circulation d'oxygène.

L'*état de turgescence*, ou teneur en eau, des tissus végétaux est un autre facteur qui influence le comportement du feu. Plus les végétaux sont gorgés d'eau, moins la vitesse de propagation et la quantité d'énergie calorifique dégagée par le feu sont élevées. L'inflammabilité des végétaux est, elle aussi, réduite. Ainsi, le temps d'inflammabilité d'une dizaine de plantes des garrigues est une fonction hyperbolique de leur teneur en eau (Trabaud, données non publiées). Cet état de turgescence des combustibles est, bien entendu, influencé par les facteurs météorologiques (pluie, humidité relative, température), par l'ombre portée par le couvert des arbres, par la situation topographique, par l'exposition et par la nature morphologique ou physiologique des végétaux.

• Le degré d'inflammabilité

Le degré d'inflammabilité d'un peuplement végétal varie en fonction de sa composition floristique, de sa structure, de sa biomasse et de l'état des matériaux qui le composent (individus vivants et morts), mais aussi des conditions météorologiques locales (figure n° 1). Les facteurs du milieu (climat, sol, topographie) ainsi que l'histoire du paysage (l'action passée de l'homme en particulier) conditionnent les types de peuplements végétaux, leur structure, leur composition floristique, leur biomasse et, par conséquent, les matériaux plus ou moins inflammables qu'ils contiennent. Tandis que les conditions météorologiques influent directement sur le degré d'inflammabilité du matériel végétal et varient constamment.

Figure n° 1. — LES CONDITIONS D'OCCURENCE D'UN FEU DE VÉGÉTATION



L'*inflammabilité* est la propriété à s'enflammer que possède un végétal dès qu'une source de chaleur entre en contact avec lui, tandis que la *combustibilité* est la manière dont brûlent les végétaux une fois qu'ils sont enflammés.

Dès qu'un combustible est chauffé soit par rayonnement thermique provenant d'une source externe, soit par convection provenant d'un flux de gaz chauds, sa température, aux différentes profondeurs sous la surface exposée à la chaleur, s'accroît en fonction du temps selon les lois du transfert de chaleur. Si l'échauffement est continu, le combustible entre en pyrolyse, c'est-à-dire un processus chimique

de dégradation par lequel le combustible est irréversiblement séparé en résidus charbonneux et en pyrolysats vaporisés. Ces vapeurs traversent la surface du combustible sous forme gazeuse et se mélangent avec l'oxygène de l'air, et, si les conditions le permettent, donnent une flamme. L'inflammation est le résultat de l'apparition de cette réaction exothermique brutale entre le combustible et l'oxydant. Les facteurs qui influent sur l'inflammation des combustibles peuvent être séparés en deux grandes catégories : les facteurs externes et les facteurs internes. Le milieu dans lequel se trouve le combustible, les flux thermiques, la durée de l'exposition, l'intensité de la chaleur (donnée par R , le rayonnement dans le cas de chauffage par rayonnement, et par $h(T_f - T_c)$ dans le cas de chauffage par convection où h est le coefficient newtonien de transport de chaleur, T_f la température du flux et T_c la température de la surface du combustible exposée au flux, qui est une fonction du temps), la composition et la pression de la phase gazeuse, etc. sont autant de facteurs externes. Les facteurs internes comprennent, la capacité d'absorption de chaleur de la surface du combustible, le préchauffage de l'échantillon T_0 , les caractéristiques de pyrolyse, la conductivité thermique, la chaleur spécifique, la densité, la teneur en eau, l'épaisseur, l'homogénéité etc. du combustible.

Le type d'inflammation peut être soit spontané soit « piloté ». Lorsque l'inflammation est « pilotée », le mélange des gaz du combustible et de l'air au voisinage de la surface exposée est à l'état latent d'inflammabilité mais il faut une source externe de chaleur (flammes ou braises, etc.) pour déclencher la combustion. Par contre, dans le cas de l'inflammation spontanée, le mélange, en plus d'être dans les limites de l'inflammabilité, est aussi dans une condition thermique telle qu'il peut entrer en réaction automatiquement de façon exothermique pour donner une flamme, sans l'aide d'une quelconque source d'énergie locale externe. Il suffit donc d'un phénomène naturel (foudre) ou, plus souvent, d'une négligence humaine pour qu'un combustible s'enflamme (*inflammation*); suivant l'état de combustibilité du peuplement végétal les végétaux auront alors une *combustion* différente. Ainsi, le comportement du feu sera variable selon les différents peuplements végétaux qu'il rencontrera au cours de son évolution.

LA DIAGNOSE DES COMBUSTIBLES VÉGÉTAUX

Comme nous venons de le voir, chaque peuplement possède, en fonction de ses constituants et des conditions écologiques locales, sa propre inflammabilité et sa propre combustibilité. Par exemple, un incendie ne se déclenche pas et ne se comportera pas de la même façon dans un taillis de Chêne vert, une pinède de Pin d'Alep (formations ligneuses hautes) ou dans une garrigue de Chêne kermès (formation complexe de ligneux bas et d'herbacés), pour la bonne raison que les constituants végétaux et les biomasses ne sont pas les mêmes et sont différemment distribués (figures n^{os} 2 et 3).

Il est donc important de pouvoir recenser les formations végétales combustibles, mais aussi les différents types de combustibles car il existe de grandes différences dans les caractéristiques du matériel végétal inflammable (Traubaud, 1971).

• Les principaux types de combustibles végétaux

La litière

Elle comprend :

l'humus dont le rôle de combustible dans les forêts méditerranéennes notamment est réduit, étant donné son état de décomposition et sa faible quantité;

les feuilles mortes, hautement inflammables quand elles sont sèches, en particulier les aiguilles de résineux qui forment un tapis lâche propice à un embrasement rapide et même parfois instantané;

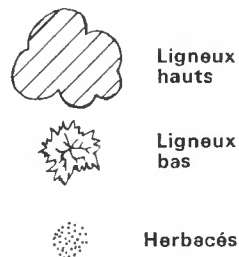
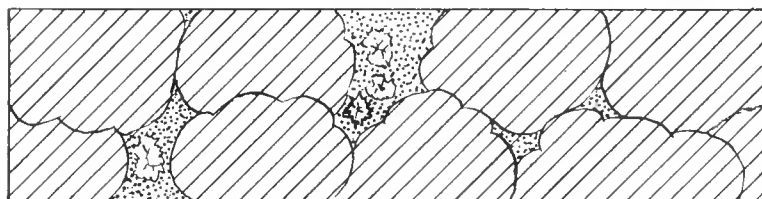
les mousses et les lichens qui forment, en période sèche, un tapis dont l'inflammabilité n'est pas négligeable;

les brindilles qui sont à l'origine de la propagation de nombreux feux.

La place de la litière, en tant que strate combustible, peut paraître hors de proportion par rapport à la quantité de matériel qu'elle représente. Cependant, la litière est un combustible important; en effet, c'est à partir d'elle que pratiquement tous les feux démarrent, car les feux éclatent généralement, faut-il le rappeler, au sol et non dans la cime des arbres. En outre, la litière réagit très rapidement aux variations climatiques, s'imbibant d'eau très vite s'il pleut ou si l'humidité relative de l'atmosphère est élevée, et, par contre, se desséchant rapidement dès que la pluie cesse ou que l'humidité relative est faible.



Figure n° 2
Ligneux hauts
denses = LHd



(Chaque coupe représente la végétation interceptée par la ligne médiane du plan correspondant)

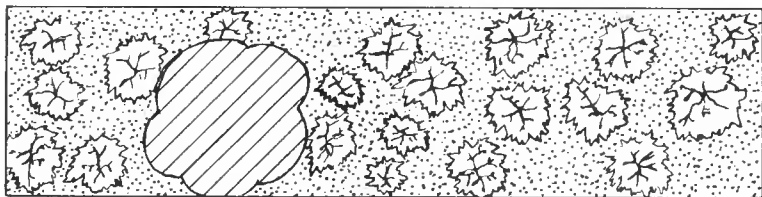


Figure n° 3
Ligneux bas et
herbacés = LBH

La strate herbacée

Ce sont les graminées et les fougères qui constituent essentiellement cette strate. Les espèces herbacées forment un combustible de choix en période de sécheresse, surtout si le tapis herbacé est dense et continu (par exemple : un tapis épais formé de frondes sèches des fougères).

La strate des ligneux bas

Elle comprend les broussailles, les bas arbustes et les arbrisseaux ; c'est-à-dire des ligneux ne dépassant pas deux mètres de haut. Cette strate est particulièrement importante pour le comportement des incendies ; lorsqu'elle est continue et que la quantité de combustible est élevée, elle transmettra parfaitement bien le feu.

La strate des ligneux hauts

Ces strates comprennent les branches et les feuillages des arbres. Bien que n'intervenant que secondairement dans l'apparition des feux, il est inutile de souligner les possibilités combustibles de ces strates et de leur empreinte sur le comportement du feu ainsi que dans la lutte anti-incendie. Dès qu'un feu aura atteint la cime des arbres, c'est là qu'il trouvera la plus grande quantité de combustibles à brûler, qu'il avancera le plus rapidement et que, de ce fait, il rendra les opérations de lutte très difficiles.

Bois morts et chicots

Ces types de combustibles constituent une classe à part, car ils appartiennent au matériel mort de la végétation. Les accumulations de bois mort par chute naturelle, déchets de coupe, élagage et les chicots d'arbre, dus aux maladies ou à la foudre, représentent des zones de combustibles extrêmement dangereuses, car elles sont génératrices de l'expansion des feux par la création de foyers secondaires au moyen de brandons enflammés emportés par le vent.

LES CARTES DES FORMATIONS VÉGÉTALES COMBUSTIBLES

L'évaluation précise du comportement probable d'un éventuel feu de végétation dépend, pour une certaine part, de l'aptitude que possède le combattant du feu à reconnaître et à décrire qualitativement et quantitativement certains caractères physiques ou chimiques du combustible. Les cartes des formations végétales combustibles sont utiles au combattant du feu en ce sens qu'elles lui apportent tous les renseignements concernant la végétation, et donc les risques d'inflammabilité, le type de feu et la nature du travail qu'il aura à fournir pour maîtriser l'incendie.

● La carte à moyenne échelle

Tout d'abord, nous avons réalisé une carte des formations végétales combustibles du département de l'Hérault à l'échelle du 1/200 000 (Trabaud, 1971). Cette carte a été établie en fonction de l'espèce dominante, du comportement probable de l'incendie dans les formations arborées, les formations buissonnantes et les formations herbacées, de la phénologie saisonnière globale et les risques de feux de cimes. C'est ainsi que nous avons été amené à décrire neuf grands types de formations végétales : (1) bois caducifoliés denses, (2) bois caducifoliés clairs, (3) bois sempervirents denses, (4) bois sempervirents clairs, (5) forêts de résineux, (6) broussailles, (7) pelouses sèches, (8) pelouses humides, (9) roselières et sansouires. Ces types de formations végétales peuvent, par ailleurs, se combiner entre elles pour constituer des mosaïques lorsque la taille de la maille des formations sur le terrain ne peut pas être reproduite sur la carte à l'échelle retenue.

● La carte à grande échelle

Cependant, pour une lutte efficace sur le terrain, une telle documentation cartographique à moyenne échelle (le 1/200 000) n'est pas suffisante : des documents à plus grande échelle doivent être utilisés. C'est pourquoi dans une deuxième phase, nous avons expérimenté la réalisation d'une carte des formations végétales combustibles du département de l'Hérault à grande échelle (1/20 000 ou 1/25 000 selon les fonds topographiques de l'Institut géographique national disponibles) (Trabaud, 1973). Cette carte synthétique apporte des renseignements sur la structure de la végétation, les « commodités » pour la lutte anti-incendie et l'artificialisation du milieu (reboisements, nouveaux lotissements, points d'eau importants, hélizones). En fait, cette carte est une carte d'occupation des terres (Long, 1969), mais orientée vers le thème des combustibles végétaux et de ce fait elle porte des renseignements propres à la végétation naturelle.

Nous avons fait appel à quatre notions fondamentales :

— *la structure de la végétation* : qui correspond à l'agencement dans l'espace des diverses parties des végétaux ; c'est un caractère fondamental à connaître pour la lutte anti-incendie car il détermine, dans une large mesure, la vitesse de propagation et le type de propagation du feu (feu de surface, feu de cimes, feu de litière) ;

— *le biovolume* : c'est le volume total de matériel végétal pouvant être brûlé dans l'hypothèse où un feu parcourt un peuplement ; il régit l'intensité du feu ;

— *les espèces dominantes* : qui caractérisent le paysage végétal en raison de leur importance en volume ou en poids et dont la combustibilité peut influencer sur la dynamique des feux ;

— *les « commodités » pour la lutte anti-incendie* : c'est l'ensemble des critères qui caractérisent le peuplement du point de vue de la lutte contre l'incendie.

Structure de la végétation

Elle comprend à la fois les types de formations végétales et la stratification de la végétation (Godron et al., 1968).

En ce qui concerne les formations végétales, onze unités fondamentales ont été distinguées en fonction des végétaux dominants :

- cinq formations végétales simples, constituées par un seul type dominant de végétaux;
- quatre formations végétales complexes constituées par plusieurs types dominants de végétaux;
- une zone érodée, caractérisée par un tapis végétal toujours très clairsemé;
- une zone sans végétation (carrières, terrils, etc.).

Sont considérées comme strates : la litière, la strate herbacée, la strate ligneuse basse, les strates ligneuses hautes. Un système de sigles permet de distinguer les différentes strates ligneuses hautes (2-4 m, 4-8 m, 8-16 m, > 16 m) (Trabaud, 1973).

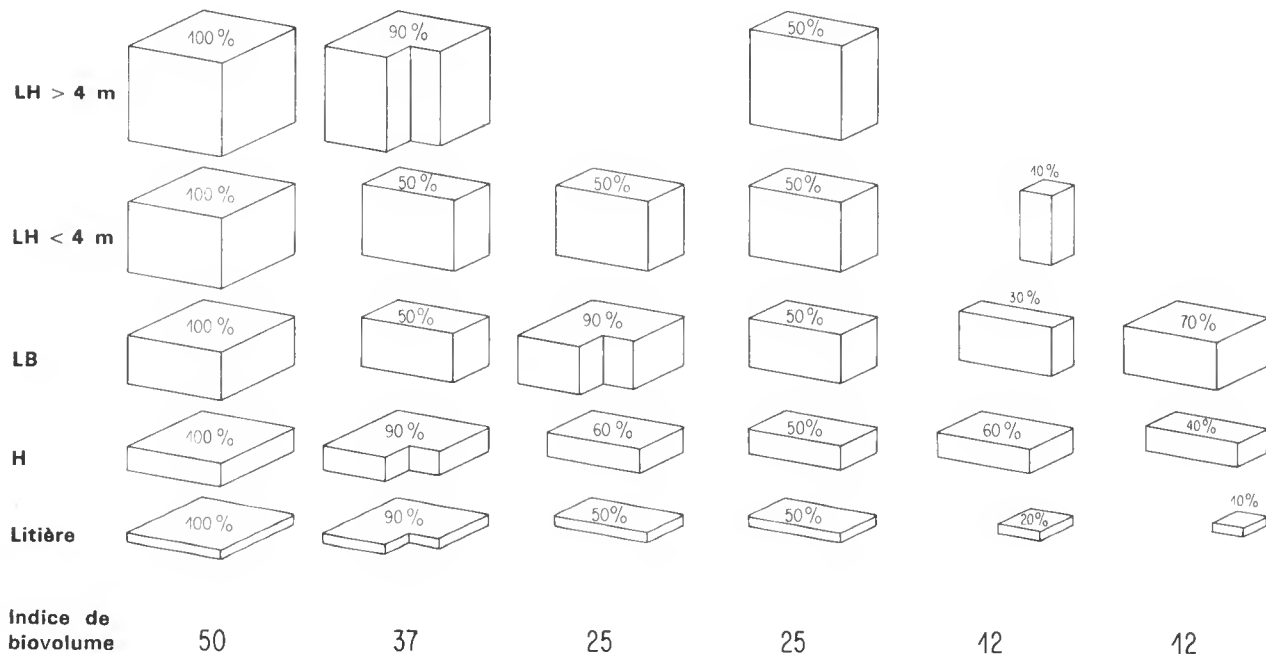
La notion de biovolume

Le biovolume représente le volume total de matériel végétal d'un peuplement donné susceptible de brûler lors d'un feu éventuel. Ce biovolume correspond à un parallélépipède dans lequel la végétation serait enfermée en tenant compte du recouvrement de tous les types de combustibles dans toutes les strates. Si la végétation remplit entièrement le parallélépipède, le biovolume est égal à 50 (nombre maximum obtenu en faisant la somme des différents recouvrements par types de peuplement pour tous les peuplements identifiés dans l'Hérault); dès que le recouvrement de la végétation diminue, le biovolume décroît. La figure n° 4 donne quelques exemples du biovolume et de sa répartition spatiale en fonction de différentes dispositions des strates.

Figure n° 4

EXEMPLES REPRÉSENTATIFS DU BIOVOLUME COMBUSTIBLE ET DE SA RÉPARTITION ÉVENTUELLE EN FONCTION DES DIFFÉRENTES STRATES

(les nombres placés sous les parallélépipèdes correspondent au biovolume tel qu'il peut être lu dans les siglages des formations)



Identification spécifique

Les espèces principales de chaque peuplement sont notées par des sigles appropriés. Pour faciliter la lecture, les ligneux hauts sont représentés par deux lettres majuscules, les ligneux bas par une lettre majuscule et une lettre minuscule, les herbacés par deux lettres minuscules. Dans la légende les espèces sont classées par ordre d'importance décroissante.

Commodités pour la lutte anti-incendie

L'appréciation des commodités de lutte est faite à partir de trois notions : accessibilité, déplacement, pénétrabilité.

Accessibilité (sigle A) : c'est la possibilité permise à un véhicule d'atteindre normalement la zone décrite. La zone est accessible s'il y a une route ou un chemin, à proximité de la zone; si un véhicule ne peut pas accéder jusqu'à la zone, la distance de la route à la zone doit être inférieure à 50 mètres.

Déplacement (sigle D) : ce critère correspond aux possibilités permises par le terrain pour qu'un véhicule puisse se déplacer dans la zone; la zone est peu accidentée quand un véhicule tout-terrain peut s'y déplacer; la zone est considérée accidentée quand il y a présence de rochers ou d'obstacles, quels qu'ils soient, empêchant la progression d'un véhicule tout-terrain.

Pénétrabilité (sigle P) : c'est la possibilité donnée à un homme à pied de pouvoir pénétrer dans la zone ou le peuplement. Un peuplement est pénétrable quand un homme peut s'y mouvoir sans être obligé de se frayer un passage à l'aide d'un moyen mécanique (il utilise seulement ses mains); si l'homme est obligé d'utiliser un moyen mécanique (débroussailluse, tronçonneuse, etc.) pour se frayer un passage le peuplement est peu pénétrable.

Les diverses combinaisons des commodités pour la lutte sont symbolisées en fin de légende, par des chiffres romains allant de I à VIII selon les difficultés croissantes rencontrées sur le terrain. Ces diverses possibilités ont été regroupées dans le tableau n° 1.

Tableau n° 1

COMMUNITÉS POUR LA LUTTE ANTI-INCENDIE (toutes les possibilités ont été envisagées)

I.	ADP	Toutes évolutions possibles dans la zone.
II.	AD P	Zone accessible et non accidentée mais pénétration difficile (rarement rencontrée).
III.	A D P	Zone accessible et pénétrable, mais présence d'obstacles (pour engins) sur le terrain.
IV.	A D P	Zone accessible mais mauvaises conditions de lutte sur le terrain.
V.	A DP	Zone peu accessible mais terrain propice à la lutte.
VI.	A D P	Zone peu accessible, pénétration sur le terrain difficile, mais les engins tout-terrain peuvent s'y déplacer (rarement rencontrée).
VII.	A D P	Zone peu accessible et difficilement pénétrable pour un engin, l'homme seul peut s'y déplacer.
VIII.	A D P	Zone inaccessible à tous points de vue

Quelques exemples de symbolisation

Toutes les données recueillies sur le terrain sont notées sur des bordereaux spécialement prévus à cet effet (tableau n° 2). Chaque colonne correspond à une zone identifiée sur photographie aérienne et décrite sur le terrain. C'est à partir de ces données que la légende définitive est composée puis transcrite sur les cartes. La légende comprend, dans l'ordre, la caractérisation de la formation végétale, le nombre de strates, l'estimation du biovolume total combustible, les espèces prépondérantes et les commodités de lutte.

Sur la carte sont aussi portées des observations supplémentaires d'intérêt particulier tels que reboisements (R), hélizonnes (H), parc d'agrément (P), lotissements récents (L), points d'eau permanents d'une certaine importance (Lac).

Tableau n° 2. — RELEVÉ DE DONNÉES POUR LA CARTOGRAPHIE DES COMBUSTIBLES VÉGÉTAUX (Hérault)

Nom de la carte :
 Numéro de la feuille :

Auteur : D.P.E.G.

Date : 1972

n° de la zone																		
Ligneux hauts LH	16 m	10 DG																
	8 m	40 DG																
	4 m	90 DG	20 CH															
	2 m	50 DG	50 CH	10 PS	10 CB													
Ligneux bas LB			Ea 60 Ec Xm	Ca 80 Ss	10 Bu	10 Bu Ao	50 Em Ro Jp	80 CV Xm	50 PA Ck LI	60 Xm Xa	90 Ck CV Tv							
Herbacés H	10 pt		30 pt	30 fe	10 be	70 sy be	be 30 am	10 br	40 br	40 br	50 br							
	90 > 1 cm																	
Litière/Humus (et épaisseur)																		
	20																	
Chicots, bois morts																		
Sol Nu																		
Accessibilité/chemin carrossable Déplacement/4 x 4 Pénétration/homme																		
Espèces prépondérantes par ordre d'importance décroissante																		
Observations Reboisements (R) Hélices (H)																		
Symbolisation sur la carte																		

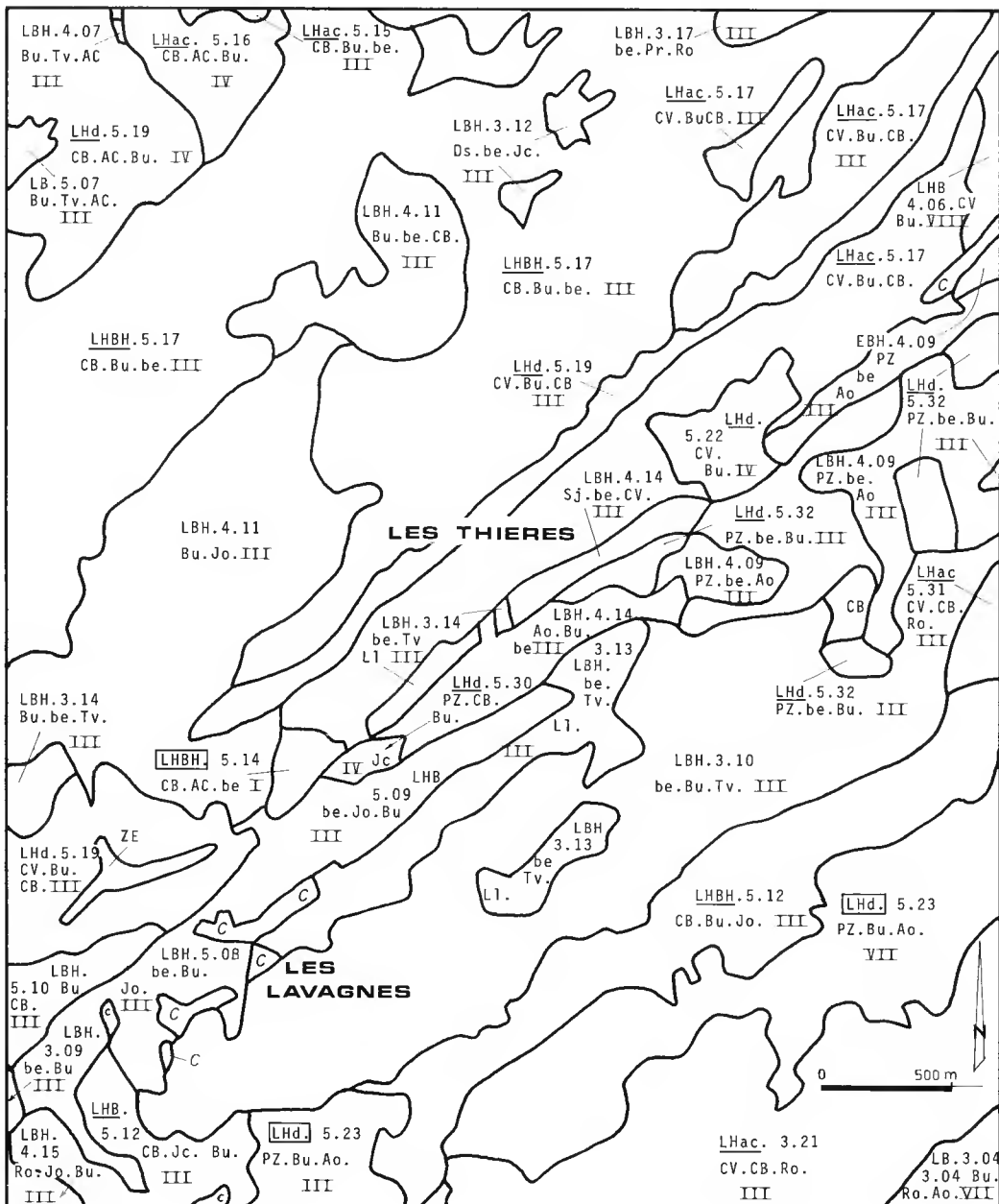


Figure n° 5

**EXTRAIT DE LA CARTE DES FORMATIONS VÉGÉTALES COMBUSTIBLES
DU DÉPARTEMENT DE L'HERAULT
RÉGION NORD DE SAINT-GUILHEM-LE-DÉSERT (LE CAYLAR 8)**

N. B. Cette carte est normalement superposable au fond topographique de la carte I.G.N. au 1/25 000

L'extrême variété des milieux et de la végétation du département de l'Hérault entraînent une grande variété des peuplements végétaux. Aussi, il suffit de regarder l'extrait de carte (figure n° 5) et de consulter rapidement le modèle de bordereau (tableau n° 2) pour constater la grande diversité des symbolisations. Cependant, pour faciliter la compréhension de cette cartographie thématique nous allons exposer ci-après trois exemples.

Premier exemple. **LHd** 9.31. DG. pt. III (R), ce qui veut dire : formation dense de ligneux hauts (forêt) dont le recouvrement est compris entre 75 et 100 % ; la hauteur des arbres dépasse 16 mètres ; biovolume important ; les espèces principales sont le Sapin de Douglas et la Fougère aigle ; la zone est accessible par véhicule, mais l'homme seul peut pénétrer à l'intérieur du peuplement, aucun engin ne peut se déplacer facilement à l'intérieur du peuplement ; c'est un reboisement.

Deuxième exemple. **LHac**. 5.21. PA. CV. br III, correspond à une formation assez claire de ligneux hauts (forêt) dont le recouvrement est compris entre 50 et 100 % ; la hauteur maximale des arbres ne dépasse pas 8 mètres ; le biovolume combustible est assez important ; les espèces principales sont le Pin d'Alep, le Chêne vert et le Brachypode rameux ; la zone est accessible pour un véhicule, mais l'homme seul peut pénétrer dans le peuplement, aucun engin ne peut se déplacer facilement à l'intérieur de la zone.

Troisième exemple. **LBH**. 3.17. Ck. br. I, c'est une formation complexe de ligneux bas et d'herbacés (garrigue), le recouvrement des ligneux bas comme celui des herbacés est compris entre 10 et 100 % ; biovolume assez réduit ; les espèces principales sont le Chêne kermès et le Brachypode rameux ; il y a un chemin d'accès qui mène à la zone, les véhicules peuvent s'y déplacer à l'intérieur sans difficulté et l'homme peut y pénétrer facilement.

L'ensemble des informations fournies par ces documents à grande échelle doit permettre, au combattant du feu, d'analyser très rapidement la situation d'un incendie, compte tenu des conditions météorologiques et topographiques momentanées ou locales. Cet ensemble d'informations permet d'optimiser très rapidement le choix des moyens à mettre en œuvre, en hommes et en matériel, et, de ce fait, peut amener le combattant du feu à lutter et à maîtriser plus efficacement et plus rapidement le feu (1).

APPLICATION DES CARTES DES COMBUSTIBLES VÉGÉTAUX

La carte à grande échelle des combustibles végétaux doit rendre d'énormes services au combattant du feu et à tous ceux qui ont la responsabilité de l'espace rural. En effet, les renseignements contenus sur la carte permettent à une personne un peu entraînée de voir immédiatement les différents types de formations et les espèces principales qui les caractérisent. Ceci permet déjà une appréciation grossière des risques d'incendies et du travail qu'il y aura à fournir quand l'incendie aura éclaté dans une zone.

L'implantation future de points d'eau ou de pare-feu, peut être judicieusement décidée en fonction des différentes formations rencontrées, du relief et de la disponibilité de l'eau. De même, l'implantation de nouvelles zones urbaines (lotissements) pourrait être étudiée en fonction des types de formations et des espèces dominantes, en choisissant soigneusement les zones peu dangereuses ; ou, au contraire, si l'implantation de telles zones doit être faite impérativement au milieu de formations végétales réputées combustibles, faire en sorte que le cahier des charges contienne toutes les précautions à prendre pour installer des habitations en milieu dangereux, y compris s'il le faut, des restrictions à apporter soit dans l'architecture des maisons, soit dans les diverses activités qui peuvent être exercées dans ces zones résidentielles ; le tout, bien sûr, après les avis et sous le contrôle des personnalités compétentes ayant la responsabilité de la protection tant de la forêt que des personnes. A ce propos, bien souvent, des habitations, anciennes ou récentes, se trouvent au contact de zones dangereuses. De la même façon, il faudrait, dans ce cas, prendre les mesures qui s'imposent dans ces périmètres péri-urbains de contact entre l'espace rural et l'espace urbanisé. Avec les nouveaux modes de vie (maisons au milieu des bois.

(1) Bien que les études sur les feux de végétation aient commencé au Centre d'études phytosociologiques et écologiques Louis-Emberger sur sa seule initiative, nous devons dire que l'intérêt des services de la Protection civile du département de l'Hérault pour nos études, a suscité une collaboration accrue entre les chercheurs du Centre d'études L.-Emberger et les combattants du feu du département de l'Hérault. Le lieutenant-colonel Godderidge, inspecteur départemental des Services d'incendie et de secours a été le principal artisan de cette collaboration entre chercheurs et techniciens.

barbecues, grillades et autres), les risques d'incendie augmentent de plus en plus ; or, souvent, les personnes habitant ces zones ont une mentalité insouciant vis-à-vis du problème des incendies et même ignorent totalement le danger qu'elles peuvent encourir ou faire encourir aux autres.

Pour les personnes directement impliquées dans la *lutte anti-incendie*, cette carte leur apporte la connaissance des types de formations et leurs superficies, ce qui leur permet de déterminer la politique et les besoins nécessaires à mettre en œuvre pour une gestion efficace vis-à-vis du feu. Cette carte permet de préparer et de réaliser les aspects à court terme de la prévention, de la détection et de la lutte.

De même, en utilisant la carte des formations végétales combustibles, le combattant du feu peut prévoir les risques d'incendies d'une zone plus ou moins grande ou de l'ensemble d'un département, et donc, prévoir les moyens ou les opérations à mettre en œuvre. Quand le temps est très sec, si une source d'inflammation est présente, il y a de fortes chances pour que la plupart des combustibles s'enflamment rapidement. Étant donné cela, la probabilité d'inflammation est plus forte en été qu'au printemps ou en automne, compte tenu de la plus grande abondance du matériel végétal sec dans tous les peuplements (forestiers ou non). Pendant ces périodes, il faut accroître l'intensité de la détection. Certaines informations devraient alors être transmises au public par tous les moyens de communications actuellement disponibles (presse, radio, télévision), et ce, peut-être, en différenciant les risques selon les zones. De nouveaux panneaux routiers, amovibles, et peut-être même mis à jour quotidiennement, devraient être placés à des endroits stratégiques afin d'informer le public qui circule dans ces zones des risques élevés d'incendie, ainsi que des contraintes spéciales à observer certains jours ou dans certaines zones.

En outre, cette carte peut fournir des renseignements sur les types de formations seuls, ou sur le biovolume seul, autant d'indications qui permettent d'établir un plan d'alerte préventive des matériels en fonction de la masse ou du type combustible devant lesquels le combattant du feu risque de se trouver au cours de la lutte active.

Les commodités pour la lutte seules pourraient faire, aussi, l'objet d'une carte interprétative analytique. Il suffirait de regrouper les zones ayant le même type de commodité, ainsi quiconque pourrait connaître le degré d'accessibilité, de pénétrabilité ou de possibilité de déplacement pour un engin tout-terrain, de n'importe quel endroit. Cela serait tout aussi valable pour le combattant du feu que pour toute personne devant faire face à des problèmes d'aménagement, de quelque nature que ce soit (aménagement de paysage, équipement routier). Cela permettrait de voir aussi les zones où l'infrastructure routière est insuffisante et, si besoin est, de créer de nouvelles voies d'accès pour la lutte anti-incendie, ainsi que pour tout autre aménagement.

Mais il est possible d'aller plus loin, en essayant d'élaborer une méthode rigoureuse de prévention et de lutte contre les incendies en *interprétant les données* portées sur la carte.

Tout d'abord il faut connaître *les risques d'incendie et les difficultés de la lutte* que présentent les différents peuplements. C'est ce que nous avons déjà fait sur la carte au 1/200 000 en affectant à chaque peuplement recensé une série de valeurs (par exemple : combustibilité de la formation végétale, densité de la végétation, types et fréquence des feux, vitesse de propagation, etc.). Cette interprétation a permis de dresser deux autres cartes, l'une des *risques d'incendie*, l'autre des *difficultés de la lutte* (Trabaud, 1971). Ces cartes synthétisent de nombreux critères inhérents aux peuplements végétaux. Elles permettent une meilleure compréhension du phénomène du feu, une appréciation plus juste des zones combustibles ainsi qu'une tentative d'évaluation des difficultés de la lutte selon les zones. Ce travail peut être fait aussi pour les cartes à grande échelle.

En affectant des valeurs relatives à chaque renseignement porté sur la carte (type de formation, stratification, biovolume, espèces dominantes) il est possible de calculer pour chaque peuplement un *indice de combustibilité*, qui peut traduire aussi une estimation du travail à accomplir lors de la lutte effective contre le feu dans chaque peuplement. Il en est de même pour un *indice d'inflammabilité* qui serait forcément différent de l'indice de combustibilité car les critères pris en considération ne seraient pas les mêmes (seulement type de formation et espèces dominantes).

L'établissement de la carte des types de combustibles implique des différences dans le comportement du feu entre les divers types, mais ces différences ne sont pas évaluées. La connaissance de l'endroit où sont situés les types de combustibles est utile car elle permet de savoir où il faut accentuer la détection des feux pendant les périodes critiques. De plus, l'expérience montre que l'occurrence des feux, ainsi que les superficies brûlées, sont les plus grandes dans les zones où les graminées sont abondantes et où dominent les résineux ; il est raisonnable de penser qu'il en sera de même dans l'avenir.

Cependant, des *estimations de la combustibilité* auraient une grande valeur en tant que première approximation du risque d'incendie. Nous avons réalisé ceci pour quelques zones-tests seulement (figure n° 6). En effet, l'indice de combustibilité peut intégrer l'intensité probable du feu, les estimations de la vitesse relative de la propagation du feu, ainsi que les difficultés de lutte pour chaque type de formation décrit.

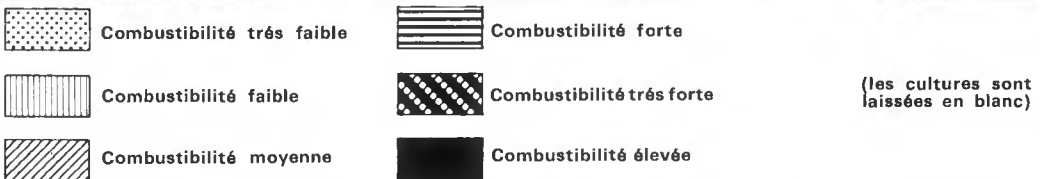


Figure n° 6. — EXEMPLE DE REPRÉSENTATION DE LA CARTOGRAPHIE DES COMBUSTIBLES VÉGÉTAUX PAR INDICES DE COMBUSTIBILITÉ (Région nord de Saint-Guilhem-le-Désert - Le Caylar 8)

Ces estimations prennent une très grande valeur étant donné qu'elles peuvent fournir une indication sur la vitesse de propagation, d'où la longueur relative du périmètre du feu, et sur la quantité (biovolume) de matériel combustible disponible, ce qui entraîne une évaluation du nombre de personnes à envoyer au feu, ainsi que le matériel et les équipements nécessaires pour assurer une rapide maîtrise du feu ; mais aussi, ce qui permet de décider de la stratégie et des tactiques de combat. Car, plus l'indice est élevé plus la combustibilité du peuplement sera grande et donc le travail à fournir pour lutter contre l'incendie sera plus difficile.

Le reproche qui pourrait être fait aux indices est qu'ils diminuent l'information, en ce sens qu'ils ne permettent pas la connaissance de tous les renseignements qui sont fournis par la carte ; car, selon la structure de la végétation ou la composition floristique dominante, des zones ayant un même indice de combustibilité peuvent présenter un comportement du feu totalement différent (feux de cimes ou pas, propagation rapide ou lente, etc.). Par contre, l'avantage d'un indice est qu'il permet du premier coup d'œil d'avoir une vue d'ensemble de la situation et de pouvoir apprécier quelles sont les zones qui présentent un même risque.

Enfin, en considérant toujours le problème de la lutte contre les feux de végétation, nous pouvons envisager un autre type d'application des cartes à grande échelle. C'est de combiner plusieurs facteurs inhérents à la végétation (inflammabilité des espèces, combustibilité des formations) portés sur les cartes, et ceux fournis par la topographie (accessibilité) ainsi que les caractéristiques hydrologiques (présence d'eau : rivières, ruisseaux, lacs, etc.). Cet ensemble permettrait de caractériser une *vulnérabilité au feu* des diverses zones, les zones, ou les formations, étant plus ou moins vulnérables selon leurs caractéristiques. Ainsi, par exemple, les zones peuplées de résineux, inaccessibles à tous points de vue et n'ayant pas de point d'eau seraient considérées comme extrêmement vulnérables ; alors que les zones possédant une vulnérabilité nulle seraient les cultures aisément accessibles par le réseau routier et ayant des points d'eau (canaux d'irrigation, bassins, puits, etc.). Il est même possible de classer les différents types de points d'eau selon leur périodicité : permanents, semi-temporaires, temporaires. Ce travail serait d'une importance capitale dans l'appréciation des techniques de lutte et des moyens à mettre en œuvre lors d'un incendie se propageant dans différents peuplements. Il est possible, même, d'aller plus loin et d'évaluer les distances aux points d'eau, soit pour des véhicules, soit pour des tuyaux et, compte tenu des chemins ou de la dénivellation, utiliser des pompes de puissance et de capacité adéquates.

EN GUISE DE CONCLUSION

Au lieu de conclure, nous nous permettons de faire quelques remarques sur la cartographie des combustibles végétaux.

Tout d'abord, la connaissance précise des particularités de chaque combustible végétal est essentielle pour estimer correctement le comportement d'un feu. En effet, le degré d'inflammabilité, ou de combustibilité, d'un peuplement végétal varie en fonction de sa composition floristique et de l'état biologique des matériaux qui le constituent. La cartographie des combustibles végétaux est donc un moyen d'apprécier cet état.

Ce type de cartographie est profondément imprégné des conceptions cartographiques générales du C.E.P.E.-L. Emberger (Long, 1974) ; c'est un prolongement, appliqué à un certain travail pour un but précis, de concepts déjà amplement élaborés par plusieurs chercheurs. Après avoir expérimenté ce type de cartographie au cours de plusieurs campagnes de terrain et sur un territoire aussi diversifié que celui du département de l'Hérault, nous pouvons dire que cette méthode de cartographie très souple se plie à différentes utilisations ainsi qu'à différentes échelles. Elle traduit de façon très objective la complexité naturelle de la végétation et peut être facilement appliquée à des territoires autres que celui du département de l'Hérault ; par exemple, la cartographie des combustibles végétaux est actuellement en cours dans la vallée du Golo (Corse).

Enfin, nous voudrions ajouter qu'une étude expérimentale de l'impact du feu sur la végétation de la zone méditerranéenne occidentale française (en quelque sorte une étude de l'écologie du feu) a été entreprise dans la zone des garrigues du Montpelliérais, depuis 1967, et dans le cadre du programme de recherche du C.E.P.E.-L. Emberger. Cette étude est de longue haleine, car dans ce domaine beaucoup est encore à découvrir. Mais d'ores et déjà nous avons une meilleure connaissance du comportement du feu compte tenu des variables météorologiques et végétales, du degré de sensibilité des espèces végétales (espèces qui « résistent » au feu ou qui brûlent mal), de la combustibilité du matériel végétal.

Nous commençons aussi à mieux connaître la dynamique de la végétation, c'est-à-dire la façon et la rapidité avec laquelle la végétation se reconstitue après le passage du feu. Autant d'éléments qui, nous espérons, permettront de comprendre mieux une force du milieu méditerranéen : le feu.

Louis TRABAUD
Docteur en écologie
Ingénieur de recherches
CENTRE D'ÉTUDES PHYTOSOCIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES
Louis EMBERGER
Route de Mende
B.P. 5051
34033 MONTPELLIER CEDEX

BIBLIOGRAPHIE

- BROWN (J.K.). — Physical fuel properties of ponderosa pine forest and cheatgrass. *Intermountain forest and range experiment station, research paper INT-74*, 1970, 16 p.
- BYRAM (G.M.). — Combustion of forest fuels. *In* : DAVIS, Forest fire : control and use. — New-York, McGraw-Hill Co, 1959. — pp. 61-89.
- GODRON (M.), DAGET (P.), EMBERGER (L.), LONG (G.), LE FLOC'H (E.), POISSONET (J.), SAUVAGE (C.), WACQUANT (J.P.). — Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. — Paris, Centre national de la recherche scientifique, 1968. — 292 p.
- LONG (G.). — Conceptions générales sur la cartographie biogéographique intégrée de la végétation et de son écologie. *Annales de géographie*, n° 427, 1969, pp. 257-285.
- LONG (G.). — Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. I. Principes généraux et méthodes. — Paris, Masson et C°, 1974. — 252 p.
- TRABAUD (L.). — Les combustibles végétaux dans le département de l'Hérault. — Montpellier, Centre national de la recherche scientifique-Centre d'études phytosociologiques et écologiques, 1971. — 78 p.
- TRABAUD (L.). — Notice des cartes à grande échelle des formations végétales combustibles du département de l'Hérault. — Montpellier, Centre national de la recherche scientifique-Centre d'études phytosociologiques et écologiques, 1973. — 33 p. (Document n° 68).