



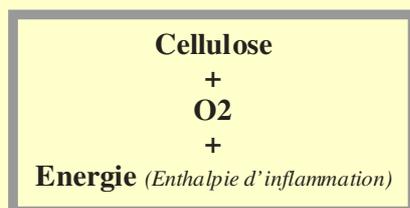
LES INCENDIES DE FORETS

Mécanisme et propagation des feux

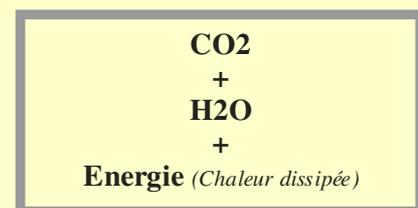
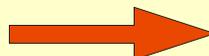
Formations Feu De Forêt ECASC
Agence DFCI, mars 2017



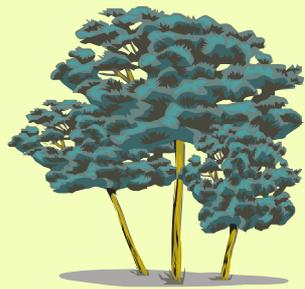
Un incendie de forêt est une combustion à l'air libre, se propageant librement, qui consomme des combustibles végétaux naturels (humus, litière, herbes, buissons et arbres) en dégageant de grandes quantités d'énergie.



COMBUSTION



Le triangle du feu



Les phases du feu

- Phase de dessèchement (en dessous de 200°C)

L'énergie absorbée par le combustible change sa température et sa teneur en eau.

- Phase de pyrolyse (200 à 280°C)

Les combustibles subissent une distillation partielle des gaz qu'ils contiennent.

- Phase d'inflammation (280 à 500°C)

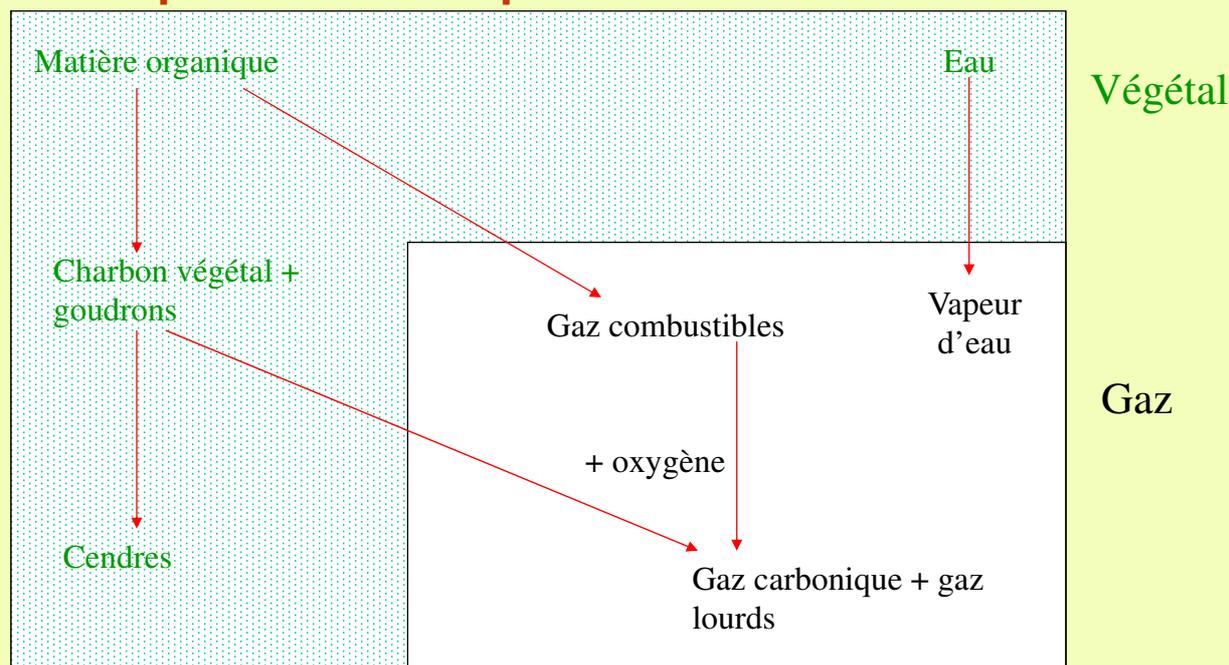
C'est le stade de la décomposition exothermique, l'énergie émise dépasse l'énergie absorbée

Les produits distillés sont enflammés.

- Phase de combustion des résidus charbonneux (500 à 1000°C et plus)

Après le passage de la flamme, les résidus charbonneux et les derniers restes de combustibles se consomment et continuent à émettre de l'énergie.

Que devient un végétal lors d'un feu ? Composition chimique



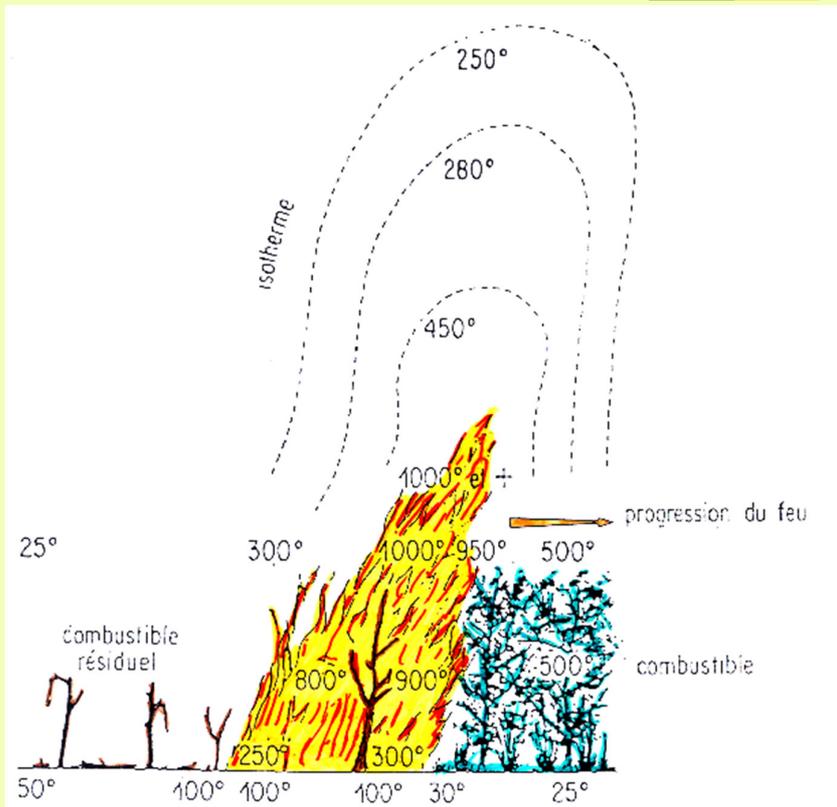
L'énergie de la combustion

A cause de l'humidité du combustible, sa combustion nécessite préalablement l'apport de chaleur, pour :

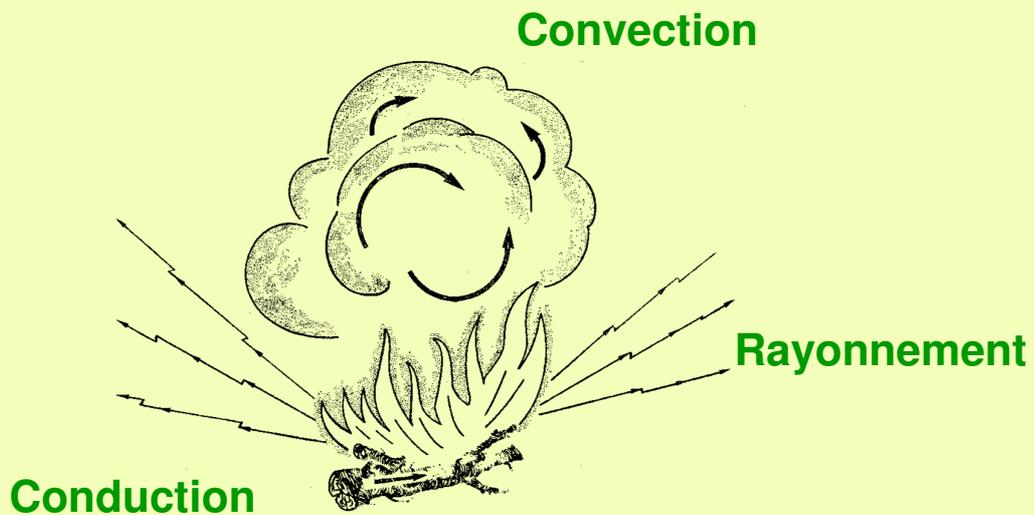
- élever la température de l'eau dans le combustible
- séparer l'eau de constitution du combustible
- vaporiser l'eau



Températures du front de flamme



Les transferts thermiques



Les trois modes de transfert de chaleur



Les transferts thermiques : La conduction

Transfert de chaleur **sans déplacement de matière**

Dépend de la **conductivité thermique** du matériau

Phénomène **négligeable** pour la propagation des feux, car le bois est mauvais conducteur de la chaleur
(bois = $0,1 \text{ W/m/}^\circ$; cuivre = 390 W/m/°)

Joue un rôle important dans **la litière**, et pour l'entretien des foyers après le passage de la flamme



Les transferts thermiques : La convection

Transfert de chaleur par **mouvement des masses gazeuses**, lié à la différence de densité générée par la différence de température dans le fluide

La quantité de chaleur transmise est fonction de la **différence de température** entre la flamme et le combustible



Les transferts thermiques : La convection

Mouvement **ascendant**

Il évacue **80 à 85 %** de l'énergie produite

C'est le principal agent qui transmet le feu depuis la surface jusqu'à **la cime** des arbres

A l'origine des puissantes « **colonnes de convection** »

Les courants transportent aussi des **matières en ignition**



La convection





Les transferts thermiques : Le rayonnement

Phénomène de nature **électromagnétique**, mais à longueur d'onde non visible à l'œil nu

Représente **10 à 20 %** de l'énergie émise

Rôle **important** dans le comportement du feu :

- transmission de la chaleur entre plusieurs combustibles proches
- provoque le préchauffage des combustibles en avant du front de flamme



Office National des Forêts



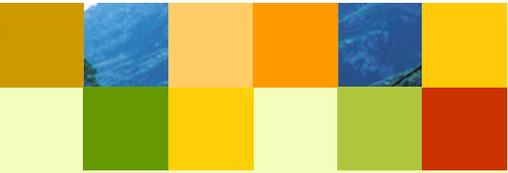
Les transferts thermiques : Le rayonnement

Pour un feu « ponctuel », l'intensité énergétique du rayonnement varie avec **l'inverse du carré de la distance**

Pour un front de feu linéaire, l'intensité énergétique du rayonnement varie avec **l'inverse de la distance**



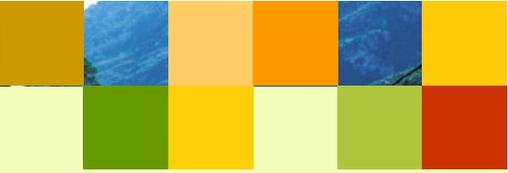
Office National des Forêts



Les transferts thermiques : Le rayonnement

À titre de comparaison :

rayonnement du soleil perçu au sol =	0,1 W/cm ²
grille-pain =	1 à 1,5 W/cm ²
seuil de douleur ressentie sur la peau =	0,2 W/cm ²
seuil de tolérance d'un pompier protégé =	0,7 W/cm ²
proximité immédiate du front de flamme =	3 à 9 W/cm ²
à 5 m du front de flamme =	1 à 5 W/cm ²
à 25 m du front de flamme =	0,2 à 1 W/cm ²
à 50 m du front de flamme =	0,1 à 0,5 W/cm ²



Propagation du feu : Les feux de sol

Ils consomment la matière organique constituant la litière et l'humus

Le front avance lentement, sans flamme, en émettant peu de fumée, rendant le feu difficile à déceler

Peuvent être destructeurs pour les systèmes souterrains

Leur arrêt nécessite la construction de véritables tranchées



Propagation du feu : Les feux de surface

Ils ne se développent qu'à la surface du sol

Ils brûlent la litière, la végétation herbacée, la broussaille, les végétaux morts, les arbustes, parfois aussi des petits arbres

Ils se propagent par rayonnement





Feu de sol dans de la fougère sous pin maritime



Propagation du feu : Les feux de cime

Ils débutent presque toujours par un feu courant qui parvient à enflammer la cime des arbres.

Ils avancent de la cime d'un arbre à l'autre.

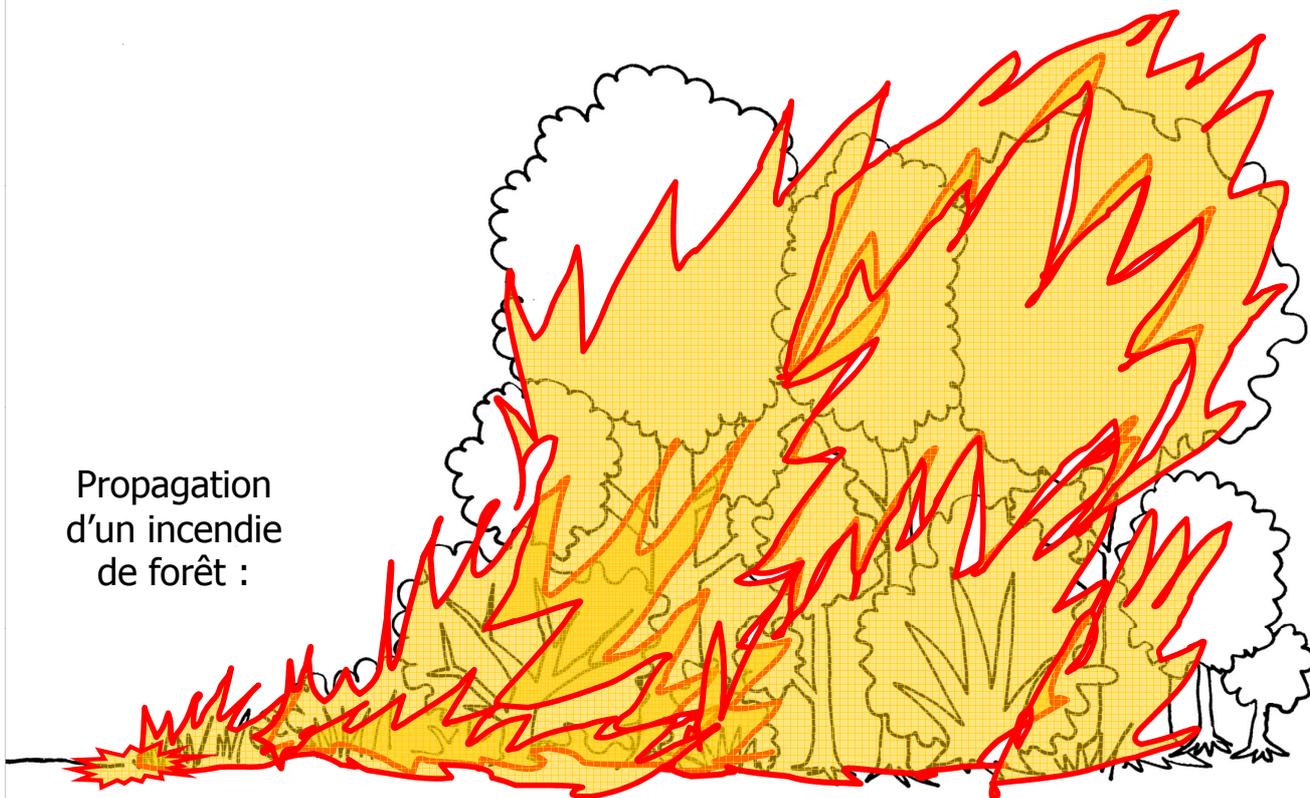
Ils sont le siège de nombreux phénomènes de convection.

Ils se propagent rapidement en produisant une grande quantité d'énergie.

Ils provoquent fréquemment des « sautes de feu ».



Propagation
d'un incendie
de forêt :



Les herbes et broussailles propagent le feu aux cimes des arbres.







Propagation du feu : Sautes de feu



Propagation du feu : Sautes de feu

Fréquemment observées de 100 à 300 m, parfois 1000 à 2000m

Facteurs intervenants :

- intensité du feu
- conditions météo (surtout vitesse du vent)
- nature de la végétation de départ et d'arrivée
- position topographique



Propagation du feu : Explosions gazeuses

Phénomène mal connu, à l'origine d'accidents mortels.

Embrassement soudain et généralisé de poches de gaz, semblable aux « flash-overs » observés dans des bâtiments clos.

Semble être lié à des conditions topographiques particulières propices à une accumulation des gaz de distillation combinées à des conditions de vent changeant.







Les facteurs influençant la propagation

Les facteurs liés à la végétation :

- l'inflammabilité
- la combustibilité
- la teneur en eau



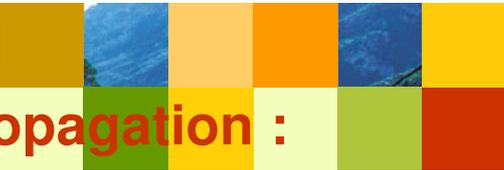
Les facteurs influençant la propagation : L'inflammabilité

C'est la propriété à s'enflammer que possède un végétal dès qu'une source de chaleur entre en contact avec lui
(Trabaud 1989)

Elle dépend surtout de la teneur en eau, donc de l'espèce et de son stade phénologique, mais aussi de la forme de l'association végétale

Elle influe sur les risques d'éclosion

Elle influe sur la propagation des feux naissants



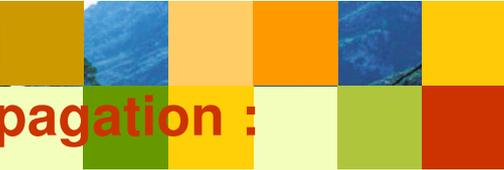
Les facteurs influençant la propagation : La combustibilité

C'est la manière dont brûle le végétal, une fois qu'il est enflammé (Trabaud 1989).

Elle caractérise la « puissance » du feu qu'une formation végétale peut alimenter.

C'est donc un bon indicateur des effets du feu, et de la difficulté à l'éteindre.

Elle est liée au pouvoir calorifique ou chaleur spécifique de combustion, qui dépend de la composition chimique du végétal.



Les facteurs influençant la propagation : La teneur en eau

Influe très fortement sur l'inflammabilité et la combustibilité du végétal

- accroissement du délai d'inflammation
- absorption d'une partie de l'énergie calorifique émise par le feu, et réduction du taux de combustion

La teneur en eau du combustible augmente les besoins de chaleur nécessaire à la pyrolyse, et réduit la vitesse avec laquelle est émise la chaleur



Les facteurs influençant la propagation : La teneur en eau

La teneur en eau d'un combustible végétal mort ne dépend que de l'humidité relative de l'air ambiant.
Le combustible se met en équilibre avec Hr.

La teneur en eau d'un combustible vivant est une relation complexe avec son environnement.
Elle dépend aussi de sa régulation physiologique (stade phénologique et régulation stomatique)



Office National des Forêts



Les facteurs influençant la propagation

Les facteurs liés à la topographie

- ◆ Pente
- ◆ Exposition

Les facteurs liés aux conditions météorologiques

- ◆ Vent
- ◆ Température, hygrométrie de l'air



Office National des Forêts

Les facteurs influençant la propagation : la topographie

Le principal élément qui modifie le comportement d'un feu est **la pente du terrain**.

La pente exerce une influence très importante sur la vitesse de propagation :

- Influence sur le transfert thermique par rayonnement :
 - diminution ou augmentation de la distance entre le panneau radiant et le combustible
- Influence sur le transfert thermique par convection
 - rapprochement ou éloignement de la colonne de convection



Office National des Forêts

**Feu progressant vers le bas
d'une pente en l'absence de
vent.**



**Feu progressant vers le haut
d'une pente en l'absence de
vent.**



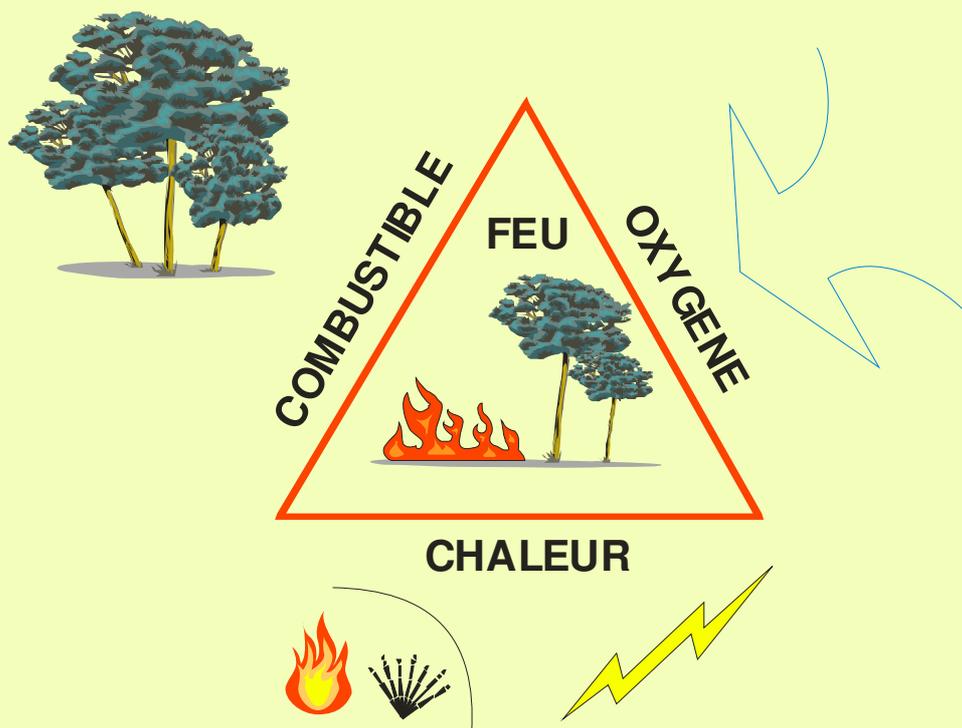
Office National des Forêts

Les facteurs influençant la propagation : les conditions météorologiques (vent)

Les effets du vent :

- Le vent accélère la dessiccation des végétaux.
- Il avive les flammes en augmentant l'apport en oxygène.
- Il rapproche le panneau radiant du combustible, en couchant les flammes.
- Il provoque des sautes de feu.

Les moyens d'actions

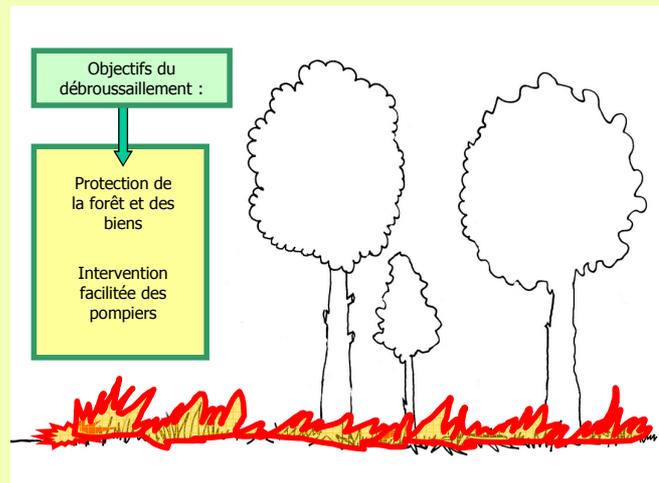


Actions sur le combustible

Il s'agit essentiellement du débroussaillage.

C'est une action relevant principalement du domaine de la prévention.

Peut également se mettre en œuvre en phase de lutte active (débroussaillage ou feux tactiques).



Actions sur la chaleur

Actions relevant de la lutte active

Objectif : abaissement de la chaleur

Action principale : apport d'eau sur les combustibles, pour :

- diminuer leur température
- augmenter leur teneur en eau
- utiliser une partie de l'énergie pour l'évaporation de l'eau (cf. chaleur latente de l'eau)



Actions sur l'oxygène

Actions relevant de la lutte active

Objectif : éteindre un incendie en le privant de l'oxygène nécessaire à la combustion

Techniques :

- « étouffer » le feu en utilisant une batte à feu ou en projetant de la terre (possible seulement pour de petits feux courants)
- l'eau agit aussi sur le comburant par la formation de vapeur qui isole le combustible
- les produits moussants jouent également, entre autre, un rôle d'isolant



Office National des Forêts