

Prévention et extinction des incendies.

Les feux de forêts frappant ma région tous les étés, je me suis intéressé aux différentes manières de les combattre tout en protégeant l'environnement. Mes recherches m'ont amené à me renseigner sur les produits retardants. Il s'agira pour moi de mener des expérimentations afin de comprendre et d'évaluer leur efficacité.

L'utilisation massive de retardants lors de la lutte contre les incendies permet de protéger la santé animale, végétale et humaine. De plus, la modélisation de la propagation des feux permet de prévoir et d'anticiper l'efficacité des produits retardants.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- ROCHAS Jérémy

Positionnement thématique (ETAPE 1)

CHIMIE (Chimie Théorique - Générale), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Retardants</i>	<i>Fire-retardant</i>
<i>Polyphosphate d'ammonium</i>	<i>Ammonium polyphosphate</i>
<i>Pyrolyse</i>	<i>Pyrolysis</i>
<i>Automate cellulaire</i>	<i>Cellular automaton</i>
<i>Simulation</i>	<i>Simulation</i>

Bibliographie commentée

En 2020 plus de 50 millions d'hectares de forêts ont brûlé. Les dégâts causés à la faune et la flore sont immenses et ces incendies dégagent une forte quantité de gaz à effet de serre qui contribuent au réchauffement climatique. C'est alors un cercle vicieux : avec le réchauffement climatique et la montée des températures, de plus en plus d'incendies se déclarent et deviennent difficiles à arrêter, augmentant les émissions de gaz à effet de serre et réduisant l'absorption en CO₂ du couvert végétal (moins d'activité photosynthétique). [1]

L'étude du mécanisme du feu montre que la naissance d'un feu est liée à la présence d'un apport initial d'énergie. Sa propagation et sa puissance vont dépendre des caractéristiques des éléments en jeu dans le phénomène de combustion (combustible, comburant), de la quantité d'énergie rayonnée par le front de flamme et des transferts de chaleur radiatifs du front de flamme vers la végétation en avant de celui-ci. [2]

Les produits retardants sont composés majoritairement d'un sel ignifugeant, le polyphosphate d'ammonium, un composé qui entre également dans la formulation de certains engrais. Il est associé à de l'argile en tant qu'épaississant, ainsi qu'à un pigment naturel rouge. Le mélange largué contient 20% de retardant et 80% d'eau. Le pigment de couleur rouge ocre est de l'oxyde de fer(III) (Fe_2O_3). Il n'intervient pas dans l'effet retardant mais permet de visualiser les zones qui ont déjà été protégées. [3]

Le produit actif retarde la pyrolyse (ou thermolyse) des végétaux. La pyrolyse est une décomposition chimique des composés organiques végétaux par une augmentation importante de leur température. Sous l'action de la chaleur, certaines liaisons chimiques des constituants végétaux (essentiellement la cellulose, l'hémicellulose et la lignine) sont rompues engendrant des composés organiques plus légers qui s'enflamment facilement en présence du dioxygène de l'air. La combustion et la pyrolyse sont des processus couplés : la combustion provoque et entretient la pyrolyse aussi longtemps qu'il reste de la matière à brûler. [4] La déshydratation des végétaux commence vers 100 °C et la pyrolyse des constituants du bois vers 250 °C. Grâce au retardant qui recouvre les végétaux, ces processus sont retardés jusqu'à ce que la température atteigne environ 700°C. Sous l'action de la chaleur, le polyphosphate d'ammonium se décompose en acide polyphosphorique et en ammoniac. L'acide réagit avec les groupes hydroxyle des composés du bois (cellulose, lignine...) pour former un ester instable : ce dernier est alors déshydraté par la chaleur et une carbonisation se produit en surface. La couche carbonisée ainsi formée joue le rôle d'isolant et retarde la décomposition supplémentaire du végétal. [5]

Il existe un petit nombre de produits homologués à effet retardant et utilisés dans la lutte contre les feux de forêt. Comme tout produit chimique, il existe un seuil de toxicité mais leur préparation répond à un cahier des charges strict qui exige que ce seuil ne soit jamais dépassé. Ainsi, les produits utilisés seraient sans impact sur la santé humaine ou l'environnement.

Dans un feu de forêt, la propagation de la combustion dépend notamment des propriétés thermophysiques et chimiques des espèces d'arbres présentes : résineux ou feuillus [6] et des conditions météorologiques (fortes chaleurs, vent modéré à fort). Ainsi comprendre les mécanismes de propagation permet de réfléchir aux méthodes à mettre en œuvre sur le terrain pour parvenir à maîtriser les incendies. Les hommes du feu mais aussi les chercheurs collaborent et déploient des efforts importants pour combattre ces feux. [7]

Des simulateurs vectoriels intégrant des données concernant les conditions locales de végétation, de vent et de relief ont été conçus afin de modéliser la propagation du feu à partir d'un point d'initiation, comme FARSITE « Fire Area Simulator ». Cela permet notamment d'estimer le déplacement du front de l'incendie afin de coordonner les actions de lutte terrestres et aériennes [8]

Problématique retenue

Comment la combustion du polyphosphate d'ammonium permet-elle d'expliquer l'efficacité des produits retardants ? En quoi les simulations s'appuyant sur les mécanismes de propagation du

front de flamme peuvent-elle se révéler utiles dans la stratégie de lutte contre les feux de forêts ?

Objectifs du TIPE

Mon objectif est de comprendre les stratégies mises en œuvre dans la lutte contre les feux de forêts nécessitant des largages de retardants.

Je me propose, après avoir étudié le mode d'action des principes actifs contenus dans les retardants, de mettre en évidence et de quantifier par la simulation leur capacité à limiter la propagation du feu.

En m'appuyant sur des expériences de brulage et de propagation, je développerai un modèle informatique de type automate cellulaire qui me permettra ensuite de multiples simulations, avec et sans retardant, afin de comprendre où doivent être effectués les largages aériens de retardants.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] CÉLINE DELUZARCHE : Un monde en feu : la Nasa dévoile une carte mondiale des incendies : <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/foret-monde-feu-nasa-devoile-carte-mondiale-incendies-8995/>
- [2] PIERRE-YVES COLIN , MARIELLE JAPPIOT , ANNE MARIEL : Thèse "Protection des forêts contre l'incendie" : <https://www.fao.org/3/y2747f/y2747f.pdf>
- [3] TRACKERS-FRANCE : Le retardant pour combattre les feux de forêt : <https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/incontournables-trackers-combat-feu-airs-418/page/7/>
- [4] CLAUDE MARET : Les produits chimiques dans la lutte : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/21016/RFF_1975_S_T2_476.pdf?sequence=1
- [5] BERNARD VALEUR : Pourquoi répandre du retardant rouge sur un feu de forêt ? : <https://scilogs.fr/questions-de-couleurs/pourquoi-repandre-du-retardant-rouge-sur-un-feu-de-foret/>
- [6] DANIEL ALEXANDRIAN ET ERIC RIGOLOT : Thèse "Sensibilité du pin d'Alep à l'incendie" : http://www.foret-mediterraneenne.org/upload/biblio/FORET_MED_1992_3_185.pdf
- [7] BASILIU MORETTI : Thèse "Modélisation du comportement des feux de forêt pour des outils d'aide à la décision" : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01404137/document>
- [8] MATTHIEU DE GENNARO : Thèse "Modélisation de la propagation des grands incendies de forêts et élaboration d'un outil opérationnel d'aide à la lutte tactique" : <http://www.theses.fr/2017AIXM0148>

DOT

- [1] Mars 2021 – Visite du CEREN (Centre d'Essai et de Recherche de l'Entente méditerranéenne) : lieu de conception et de test des produits retardants qui seront utilisés pour les incendies du bassin méditerranéen. Lecture de la thèse [2] pour connaître les spécificités des incendies ravageant cette région.
- [2] Avril 2021 – Recherche documentaire sur « le jeu de la vie » de Conway afin de créer mon programme basé sur les automates cellulaires pour modéliser la propagation d'un front de flamme.

- [3]** *Septembre 2021 – Expériences de brûlage de cellulose afin de créer les « règles » de mon automate cellulaire. Sur cette base, finalisation du programme de propagation de feu. En parallèle, travail au laboratoire de chimie sur le produit retardant afin de comprendre son mode d'action et l'introduire dans mon modèle.*
- [4]** *Octobre 2021 – Conception de protocole pour expliquer les transformations subies par le produit retardant à l'approche d'un feu. Travail sur des feuilles de cellulose mimant le bois végétal. Expérimentation des trois étapes clés de la transformation du polyphosphate d'ammonium basé sur le schéma proposé dans l'article [5].*
- [5]** *Novembre 2021 – Expériences de chimie : première expérience naïve de brûlage de feuille imbibée de retardant puis réalisation de différents protocoles (dont des titrages) pour permettre de valider les 3 réactions expliquant l'efficacité des produits retardants.*
- [6]** *Décembre 2021 – Interprétation des résultats de brûlage de cellulose avec des lignes de retardant afin d'établir la probabilité de propagation d'un arbre en feu vers un arbre avec retardant. Amélioration du modèle pour qu'il colle avec la réalité de terrain : essais de positionnement de largage avec une maison à protéger.*
- [7]** *Janvier 2022 – Prolongements donnés au programme : simulation d'un feu de forêt avec vent fort orienté. Largage de retardant avec des « trous » permettant de conclure sur une baisse d'efficacité dans la lutte contre un incendie ravageur lorsque le largage n'est pas optimal.*