

Modèles de recherche opérationnelle et utilisation d'avions contre les incendies de forêts en Amérique du Nord

par Frank E. GREULICH
University of California - Berkeley (U.S.A)

PREMIERE PARTIE

En Amérique du Nord, l'utilisation d'avions contre les incendies de forêts a été en progression constante pendant les deux dernières décennies.

En 1956, le Service Forestier Américain (USFS) utilisait environ 17 000 heures de vols d'avions ; depuis, le nombre d'heures de vols a augmenté en moyenne de 4 000 heures par an et a atteint 85 000 heures en 1970.

Bien qu'en francs constants les budgets annuels de lutte contre l'incendie soient restés au même niveau depuis 1956, l'utilisation d'avions a été en augmentant.

Au Canada, bien que les données à ce sujet se montrent plus limitées, l'expérience acquise dans l'utilisation d'avions contre les incendies est identique à celle de l'USFS. En 1970, 55 000 heures de vols furent nécessaires à la lutte aérienne contre les incendies de forêts. De 1967 à 1970, la flotte aérienne anti-incendies a augmenté de 27 %.

Il faut compter de 200 à 600 dollars (900 à 2 700 francs) par heure de vol selon l'avion et son type de mission. En ignorant tous les coûts indirects associés à l'utilisation d'un avion, l'USFS a dépensé 34 millions de dollars (153 millions de francs) en 1970 pour la lutte aérienne contre les incendies de forêts.

L'expérience canadienne suit une voie parallèle ainsi qu'en témoigne la neuvième résolution du Séminaire sur la gestion d'une flotte aérienne contre les incendies des forêts domaniales (1970). Attendu :

- que l'attaque aérienne est une technique onéreuse de lutte contre l'incendie,
- que l'utilisation de la technique de l'avion porteur d'eau (airtanker) va en augmentant,
- qu'une proportion croissante des budgets de lutte contre l'incendie est dépensée pour les attaques aériennes,
- que des sujets de recherche tels que l'étude de l'obtention de gouttes à caractère désirable et tels que l'étude de systèmes adéquats de déversement sont souhaitables,

il a été convenu que le Comité de lutte contre les incendies de forêts encourage par tous les moyens mis à sa disposition les études et recherches qui contribueront à l'application plus efficiente des « airtankers ».

Quel est donc le rôle de l'avion dans la lutte contre le feu pour justifier de si larges dépenses ?

Quels facteurs ont motivé l'utilisation croissante et de plus en plus disproportionnée de l'avion par rapport à d'autres variantes de lutte ?

Comment une ressource si onéreuse est-elle gérée ? Comment, en fin de compte, les spécialistes de recherche opérationnelle ont-ils répondu aux problèmes qui se posent aux gestionnaires des flottes aériennes de lutte contre l'incendie ?

I — *Rôles de l'avion dans la lutte contre le feu.*

Les trois missions essentielles qui prennent la grosse part des dépenses sont :

- la reconnaissance
- le transport
- la livraison et le déversement de retardants contre le feu.

a) *La reconnaissance :*

Elle consiste à :

- détecter les incendies
- diriger et contrôler la lutte.

La détection aérienne des incendies est de plus en plus utilisée soit seule soit en complément de la surveillance au sol.

La direction et le contrôle de la lutte anti-feu se sont trouvés facilités du fait de la création d'un « point haut » mobile où un responsable de la lutte peut voir l'ensemble du phénomène.

b) *Le transport :*

Il consiste à amener hommes et matériel à pied d'œuvre, d'une région à l'autre si c'est nécessaire.

c) *La livraison et le déversement de retardants :*

Le nombre de ces opérations spectaculaires s'est multiplié pendant les vingt dernières années.

Deux types de missions accessoires ont été assignées aux avions :

- ignition d'un contre-feu dans la lutte contre un incendie à grande échelle,
- ensemencement des nuages, lorsque les conditions météorologiques le permettent, au front des grands incendies.

II — *Facteurs motivant l'utilisation de l'avion :*

Plusieurs facteurs économiques concourent pour justifier l'utilisation croissante des avions :

a) Le coût de la main-d'œuvre ne cessant d'augmenter, les moyens de production exigent de plus en plus de capitaux — d'où la nécessité de défendre efficacement cette production dont le prix de revient est élevé.

Des équipes de spécialistes sont aéroportées avec leur équipement, sur de longues distances, aux endroits d'incendie. Il n'est pas nécessaire à l'heure actuelle de maintenir des équipes d'intervention locales importantes. Les miradors utilisés continuellement aussi bien pendant les jours de grand risque d'incendies que pendant les jours « normaux » sont maintenant remplacés par des patrouilles aériennes vigilantes.

Avec l'aide des « airtankers » les équipes d'attaque au sol peuvent être réduites.

b) Accroissement de la valeur des ressources naturelles. Il existe une pression politique. (Enfin, on a pris conscience du coût et de la valeur des ressources naturelles) sur les organismes de lutte contre le feu pour réduire les dommages causés par les incendies à un *niveau encore moindre que celui atteint présentement*, par ces organismes.

C'est seulement en réduisant les dégâts commis par ces 1 à 2 % de grands incendies qui causent 80 à 90 % des dommages que des progrès significatifs en ce sens pourront être enregistrés.

Seul l'avion par sa vitesse, sa mobilité et la force de son impact dans la lutte contre l'incendie peut apporter ces réductions significatives dans les dégâts dus au feu.

Ceci est particulièrement vrai pour les vastes étendues de ressources naturelles comme elles se trouvent au Canada, en Alaska et dans certaines régions des Etats-Unis contigus.

c) Accroissement de l'efficacité technologique dans l'équipement et l'utilisation d'avions.

Les systèmes de détection à infra-rouge, la mise au point de réservoirs déverseurs de retardants continuent de s'améliorer en même temps qu'une expérience opérationnelle s'acquiert progressivement par les responsables des luttes contre le feu.

d) Possibilité d'utiliser jusqu'à maintenant des surplus d'avions désuets pour l'armée.

Les surplus d'avions de l'armée américaine ne coûtent pas très cher. Même pour les années à venir il devrait y avoir suffisamment d'avions peu onéreux sur le marché.

e) Possibilité de former des équipes d'intervention très bien entraînées.

Des spécialistes aéroportés et opérant au sol ont été entraînés et sont qualifiés pour ce genre d'opérations combinées avec les avions. Leur nombre va croissant.

III — *Gestion de la flotte aérienne :*

En Amérique du Nord, la plupart des avions ainsi utilisés appartiennent à des entreprises privées. Ils font l'objet de contrats aussi bien en cas d'urgence que de façon saisonnière.

Ces arrangements de type contractuel ont deux avantages importants :

— possibilité de changer d'avions d'une période de contrat à l'autre en réponse aux besoins de la lutte contre l'incendie et aux progrès réalisés dans la construction et l'équipement des avions.

— économie d'argent réalisée si ces avions ne peuvent pas être utilisés constamment au même niveau pendant toute l'année ou si ces avions ne peuvent pas être aisément reconvertis pour d'autres utilisations.

Les contrats de service varient d'une administration à l'autre, mais il semble que les contrats types de l'USFS servent de guide (1).

Mais c'est au niveau de la gestion de la flotte d'avions que le plus de travail reste à faire. Des efforts pour augmenter la productivité et réduire les coûts doivent être développés.

(à suivre)

(traduction Michel Chavet)

(1) Des références peuvent être fournies aux lecteurs intéressés.

A paraître dans le numéro 106 :

RECHERCHE OPERATIONNELLE ET GESTION DES AVIONS

SPECIALITÉ : PLOTS SCIAGES CHENE DE BOURGOGNE

— Bois grain blanc pour Menuiserie et Ebénisterie —
En DEPOT : BOIS SEC et MI-SEC. épaisseur 27 à 150 mm



Scierie TRUCHOT à SAINT-GERMAIN-DU-BOIS (Saône-et-Loire)

EGALEMENT : Frises chêne, traverses, etc...
grumes chêne, noyer, bouleaux, peupliers, etc.
RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE

- *Il n'y a point de ministre si occupé qui ne sache perdre chaque jour deux heures de temps ; cela va loin à la fin d'une longue vie : et si le mal est encore plus grand dans les autres conditions des hommes, quelle perte infinie ne se fait pas dans le monde d'une chose si précieuse, et dont l'on se plaint qu'on n'a point assez !*

(LA BRUYÈRE).

La Forêt Privée Française

ET REVUE FORESTIÈRE EUROPÉENNE

SEPTEMBRE - OCTOBRE 1975

LES ÉDITIONS S.P.E.

Si la forêt m'était contée...

	Pages
★ Le grand problème de l'heure : ne pas confondre épargne authentique et fausse épargne, par H. Noilhan	7
★ Le jeu d'une clause pénale dans les marchés de vente de coupe et l'incidence de la loi du 11 juillet 1975 modifiant les articles 1152 et 1231 du Code Civil, par A. Leclère	15
★ Taxe sur les plus-values des forêts	21
★ Primes à l'investissement forestier. Superficie minimale des opérations primables. Dérogation aux instructions générales concernant le financement des plantations de peupliers exclusivement	23
★ Ministère de l'Agriculture. Aide aux feuillus de qualité .Circulaire SF. n° 3014 du 22 mai 1975	26
★ La forêt méditerranéenne en 1975, par G. Plaisance	37
★ Centre Technique du Bois. — Le chauffage au bois	43
★ Note sur les premiers résultats des grandes ventes de bois sur pied de l'automne 1975	45
★ Un chauffage au bois moderne, par R. Kobloth	48
★ Cours indicatifs des bois sur pied, par Ch. Chavet	56
★ La situation du marché des bois sur pied au 15 octobre 1975, par Ch. Chavet	59
★ Notes de biologie forestière. Nématodes et Forestiers, par B. Boullard	63
★ La meilleure façon de faire mourir les campagnes plus vite, par M. Brissot	71
★ Une vivante évocation de la vie populaire d'hier et d'avant-hier dans l'Auvergne et le Velay, par H. Siriez	78
★ L'Auvergne et le Velay : la vie populaire d'hier et d'avant-hier, par L. Gachon (Extraits de cet ouvrage : les ouvriers de la forêt)	83
★ A propos du « feuillage » des conifères : vraies et fausses feuilles, par B. Boullard	93
★ La pollution... des esprits, par H. Siriez	98
★ La dendrochronologie, par P. de Martin	101
★ Mécanisation de l'exploitation des bois de faibles dimensions. Ebrancheur-tronçonneur SEGEM, par P. Chavet	106
★ Modèles de recherche opérationnelle et utilisation d'avions contre les incendies de forêts en Amérique du Nord, par F.E. Greulich	109

Reproduction de tous articles interdite, sauf autorisation
Les auteurs sont seuls responsables de leurs articles

Modèles de recherche opérationnelle et utilisation d'avions contre les incendies de forêts en Amérique du Nord

par Frank E. GREULICH

University of California - Berkeley (U.S.A.)

(suite du n° 105 de septembre-octobre 1975)

DEUXIEME PARTIE

IV — Recherche opérationnelle et gestion des avions (1).

Les techniques de recherche opérationnelle (RO) ont été appliquées aux problèmes de détection, transport et livraison et déversement de retardants.

Peter Kourtz du Canadian Forest Fire Research Institute (Institut canadien de recherches contre les incendies de forêts) a fait un gros travail de modélisation de la mission de détection des incendies. Un de ses premiers travaux a été une analyse de coûts-bénéfices utilisant la simulation pour calculer la combinaison optimale de miradors et d'avions étant donné un budget de détection fixé à l'avance.

Par la suite, son travail a porté sur la détermination d'un calendrier d'opérations et sur la détermination de trajets d'avions de détection d'incendies à l'aide de la simulation et de la programmation dynamique. Ce travail, affiné par celui de David Martell qui prend en compte la nature des variables de décision obtenues avant puis après les vols d'avions de détection, devrait conduire à des changements radicaux dans les opérations de détection d'incendies.

L'analyse des systèmes d' « airtankers » par la RO conduit à répondre à trois questions :

1 — étant donné un budget limité, de quels avions et de combien d'avions a-t-on besoin de passer en contrat pour chaque saison à venir et où ces avions doivent-ils être basés ?

2 — étant donné un budget limité et un ensemble d'avions pris en contrat pour la saison en cours, comment ces avions doivent-ils être déplacés de base en base en réponse aux besoins variables des forces de suppression des incendies.

3 — quel est le comportement d'un système de transfert d' « airtankers » sous différentes hypothèses concernant l'organisation de ce système.

Pour répondre à la question 1, James Maloney a donné l'analyse la plus détaillée qui existe à ce jour. Pour la California Division of Forestry (CDF), il a utilisé la programmation linéaire prenant en compte les 12 bases et les 21 avions que la CDF avait en 1969. A peu de chose près, et étant données

les hypothèses simplificatrices du modèle, Maloney démontre que l'affectation des différents avions que CDF pratiquait, était efficiente !

A. Neuberger a construit et utilisé un modèle de simulation dont l'objectif principal était de comparer entre eux plusieurs types d'avion. Beaucoup d'efforts furent apportés dans l'élaboration d'un modèle de suppression d'incendies, bien que ce soit encore le point le plus faible du modèle.

Aucun modèle de simulation n'a été réalisé pouvant répondre de façon satisfaisante à la question 1. Seul le modèle de programmation linéaire donne une approche correcte.

Pour répondre à la question 2, un modèle qui définit les règles optimales « transfert - utilisation » pour un ensemble d'avions et de bases a été mis au point par F. Greulich et W. O'Regan. En utilisant la programmation linéaire, le modèle maximise l'espérance mathématique (2) du rendement total (3) des attaques initiales (4) contre l'incendie sur l'ensemble de la saison sous la contrainte d'un budget opératoire. Le transfert journalier des « airtankers » est déterminé d'après l'espérance mathématique de la demande d'attaques initiales contre le feu dans la région couverte par la base. Ce modèle fut appliqué au cas du District n° 1 de la CDF. En 1967, ce District avait trois avions et trois bases. Le modèle était parfaitement cohérent pour ce cas mais il faut noter que cette méthode ne s'applique que si le système est petit (ici trois bases d'avions uniquement).

Une extension logique de ce modèle est d'essayer de développer une réponse simultanée à la question « transfert - utilisation » d' « airtankers » et à la question « avion - bases définitives » à choisir pour la saison.

Les Canadiens travaillent sur ce sujet en utilisant des modèles de simulation (A. Simard et R. Forster). L'USFS finance une recherche pour laquelle la programmation linéaire est la technique de résolution (F. Greulich).

Pour répondre à la question 3, A. Simard a proposé de réaliser une analyse de différents schèmes institutionnels possibles concernant un système de transfert d'airtankers couvrant tout le Canada. Un modèle de simulation de système

(2) L'espérance mathématique d'une variable aléatoire est la somme des produits de différentes valeurs que peut prendre la variable par la probabilité d'obtenir ces dites valeurs. Note du traducteur.

(3) Le rendement est mesuré en « litres de retardant effectivement déversés sur la zone en incendie » ; la tendance naturelle voudrait que l'on considère cette mesure comme étant un ingrédient entrant dans le processus de production dont le produit fini est l'arrêt du feu. Vu sous l'angle du sous-système d'airtankers, le produit fini est en fait le nombre de litres de retardant déversés sur le feu. N.D.T.

(4) Une attaque initiale se définit ainsi : la période de temps commençant avec le premier assaut des forces de suppression contre l'incendie et finissant ou bien quand trois heures se sont passées ou bien quand une stratégie de lutte a été élaborée. L'alternative qui est atteinte en premier définit la fin de la période de l'attaque initiale. (California Division of Forestry Budget Definition). N.D.T.

continu a été adopté car à ce niveau (l'ensemble du pays), il n'est plus pratique, ni raisonnable, d'analyser la réponse d'un système à des événements discrets (c'est-à-dire individuels et séparés d'autres événements). Par exemple, le transfert de la « ressource airtankers » ne se fait pas en réponse à un incendie particulier mais en réponse à l'occurrence d'incendies regroupés au niveau des régions.

A. Simard pense que les bénéfices potentiels d'une analyse globale de différentes structures institutionnelles sont beaucoup plus élevés que les bénéfices provenant de la solution de n'importe quel problème en rapport avec les opérations des « airtankers ».

Ce modèle n'en est qu'au premier stade de la recherche et le besoin d'études dans ce domaine est largement ressenti.

Les études de RO dans l'utilisation d'avions de transport sont très limitées. G. Parks examine entre autres facteurs les relations existant entre les temps de trajets vers les incendies, la dimension des équipes et la dimension finale de la zone sinistrée après extinction du feu. Il résulte de son étude qu'une réduction des temps de trajets pour les attaques initiales d'incendies s'opère à l'aide d'utilisation d'hélicoptères pour transporter les équipes d'intervention.

V — Vers quoi doivent se porter les efforts de modélisation ?

Le Professeur Paul Casamajor de l'Université de Californie à Berkeley concluait lors d'un séminaire tenu à San Francisco en novembre 1961 par la Société de Recherche Opérationnelle américaine et l'Institut de Management Science que les analystes de RO pouvaient contribuer surtout à résoudre les problèmes des incendies en trouvant des méthodes de détection et de suppression des feux avant qu'ils ne deviennent trop larges. A cet effet, une des techniques les plus prometteuses est l'utilisation efficace d'avions dans la détection et la suppression. Pourtant, dix ans après, lors d'un séminaire à Chalk River dans l'Ontario, les spécialistes insistaient sur le fait que l'efficacité des attaques initiales aériennes contre l'incendie dépendent beaucoup du système de détection ; ces spécialistes se rendaient à l'évidence que le système actuel de détection était encore bien déficient. Le résultat est qu'en fait aucun des sous-systèmes (détection, suppression) ne fonctionne aussi bien que prévu.

Le rythme de la modélisation s'est montré lent ; mais l'application pratique des résultats des modèles s'est montrée encore plus lente.

A part les problèmes omniprésents d'application, il y a des problèmes théoriques inhérents à la modélisation comme par exemple le fait de modéliser des sous-systèmes, c'est-à-dire : détection, suppression, etc... La difficulté, outre l'étude de

(5) La simulation de système continu permet aux variables de changer de façon continue à tout moment ; par exemple la résolution d'un système d'équations différentielles fonction du temps. N.D.T.

chaque sous-système, est de relier entre eux les différents sous-systèmes. Par exemple si l'on cherche à mesurer l'efficacité du sous-système de détection, il faut aussi spécifier les sous-systèmes constitués par le feu lui-même et par le mode d'attaque initiale contre l'incendie. Malheureusement un analyste faisant un travail de modélisation de sous-système, considère les autres sous-systèmes comme étant d'un intérêt secondaire ou comme étant si complexes qu'ils débordent toujours le cadre de son étude. La charnière d'articulation entre chaque sous-système étudié et les autres sous-systèmes a toujours été mal définie.

Le sous-système qui est le plus délicat à modéliser est le comportement du feu et plus particulièrement de ces 1 à 2 % d'incendies qui dépassent 150 hectares.

Des progrès significatifs en ce sens ont été réalisés (P. Kourtz, S. Nozaki, W. O'Regan) ces dernières années. Ce progrès en même temps que des efforts pour regrouper des sous-systèmes actuellement bien spécifiés devraient donner des mesures de rendement assez précises qui pourraient être aisément évaluées par les responsables (« décideurs »).

L'application de modèles de RO restera lente tant que les décideurs n'auront pas obtenu des résultats qu'ils considèrent plausibles.

(traduction : Michel Chavet)

SPECIALITÉ : PLOTS SCIAGES CHENE DE BOURGOGNE

— Bois grain blanc pour Menuiserie et Ebénisterie —
En DEPOT : BOIS SEC et MI-SEC, épaisseur 27 à 150 mm



Scierie TRUCHOT à SAINT-GERMAIN-DU-BOIS
(Saône-et-Loire)

EGALEMENT : Frises chêne, traverses, etc...
grumes chêne, noyer, bouleaux, peupliers, etc.
RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE

La Forêt Privée Française

ET REVUE FORESTIÈRE EUROPÉENNE

Si la forêt m'était contée...

	Pages
★ Générosité et gloire de la forêt, par G. Plaisance	7
★ Quand y a-t-il vente publique et par enchères ? par A. Leclère	23
★ Les effets de la fertilisation sur la qualité de la vie, par C. Fricker ..	31
★ La sylviculture dans la région Auvergne. Son évolution depuis 1914. Les perspectives d'avenir, par L. Gachon	37
★ Cours indicatifs des bois sur pied, par Ch. Chavet	48
★ Depuis la deuxième quinzaine de novembre la situation du marché des bois sur pied est moins précaire, par Ch. Chavet	50
★ Le choix des essences à planter sur les versants Sud, par M. Brissot	53
★ L'installation des conifères sur les sols tourbeux dominés par les joncs, les bruyères, la molinie ou les linaigrettes. Conseils en matière de fertilisation, par B. Boullard	61
★ La santé de la forêt, par G. Rousseau	67
★ L'assurance incendie des plantations forestières, par B. Barny de Romanet	71
★ A propos des incendies de forêts dans les régions méridionales, par M. Duvernoy	75
★ A propos d'une étrange dénomination fiscale. Redécouverte de la physiocratie, par H. Noilhan	79
★ Débardage sur terrain à faible portance et pentu, par P. Chavet	85
★ Colloque d'Interlaken	87
★ Pensées d'hier pour aujourd'hui	88
★ Modèles de recherche opérationnelle et utilisation d'avions contre les incendies de forêts en Amérique du Nord, par F. E. Greulich (Tra- duction M. Chavet)	92

Reproduction de tous articles interdite, sauf autorisation
Les auteurs sont seuls responsables de leurs articles