



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE,
DE L'ÉNERGIE, DU CLIMAT,
ET DE LA PRÉVENTION
DES RISQUES

*Liberté
Égalité
Fraternité*



PANOPTÈS

INNOVATION - DÉTECTION - SUIVI
FEUX DE FORÊT

*Préparation au déploiement d'un dispositif de détection précoce
et de suivi des départs de feux de forêts et d'espace naturel à l'échelle nationale.*



*Réalisé avec le soutien du Ministère de la Transition écologique,
de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques*

Suivi de l'étude

Rédaction	Lieutenant-colonel Philippe MERESSE (ENTENTE VALABRE) Commandant Marjorie SAMPSONI (ENTENTE VALABRE)
Révision	Madame Clarisse DURAND (MTECP) Contrôleur général Jean-Marc BEDOGNI (ENTENTE VALABRE) Monsieur Sébastien LAHAYE (Warucene)
Version	N°1 du 27/03/2024 N°2 du 23/09/2024 N°3 du 12/05/2025

Table des matières

PREAMBULE	7
1. PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE	8
1.1 CONTEXTE	8
1.2 ATTENDUS DE L'ETUDE PANOPTÈS	10
1.3 OBJECTIFS ET PORTEE DE L'ETUDE PANOPTÈS	11
1.4 UTILISATION DES RESULTATS ET DONNEES DU RAPPORT	12
1.5 CADRE METHODOLOGIQUE DE L'ETUDE PANOPTÈS	12
1.6 ÉCOSYSTEME DE L'ETUDE PANOPTÈS	13
1.7 CHRONOLOGIE	13
2. CONTEXTE DES FEUX DE FORET A L'ECHELLE NATIONALE	14
2.1 ÉVOLUTION DES FEUX DE FORET	14
Evolution des régimes de feu dans le monde	14
Répartition géographique du risque en France	14
Tendance enregistrée sur les dernières décennies	17
Évolution attendue	18
2.2 MODIFICATION DE LA CINETIQUE DES FEUX ET CONSEQUENCES SUR L'ACCROISSEMENT DES SURFACES BRULEES	21
Types de feux	21
Caractéristiques des feux convectifs	22
Observations en France	22
Évolution attendue	23
2.3 EXTENSION DES ZONES A RISQUE	25
Extension du danger météorologique	25
Croisement du danger météo et de l'occupation des sols	26
2.4 LES INCENDIES DE FORET, QUELS ENJEUX FINANCIERS EN FRANCE ?	29
Calcul du coût des incendies	29
Enjeux en France	30
2.5 CONTEXTE DES INTERFACES HABITATS-FORET	32
Quantification et localisation des interfaces	32
2.6 FOCUS SUR LES FEUX DE VEGETATION AGRICOLE	34
Enjeux prioritaires	35
3. SOLUTIONS ET PROJETS MAJEURS DEVELOPPES A L'ETRANGER	37
3.1.1 Croatie	39
Contacts	39
Historique	39
Gouvernance et modèle économique	39
Technologies	40
Notions de niveau de conformité avec l'étude PANOPTÈS	41
3.1.2 Pologne	42
Contacts	42
Historique	42
Cadre réglementaire et gouvernance	42
Technologies	43
3.1.3 Allemagne	45
Contacts	45
Historique	45
Gouvernance	45
Technologies	46
3.1.4 Portugal	47
Contacts	47
Historique	47
Cadre et gouvernance	47
Technologies	48
3.1.5 Espagne	50
Contact	50
Développements	50
3.1.6 Italie	51
Contact	51

Développements.....	51
3.1.7 Grèce.....	51
Contacts.....	51
Développements.....	51
3.1.8 Turquie.....	52
Contact.....	52
Développements.....	52
3.1.9 Etats-Unis (cas de la Californie).....	53
Contact.....	53
Développements.....	53
3.1.10 Australie.....	55
Contact.....	55
Développements.....	55
3.1.11 Canada.....	56
Contact.....	56
Développements.....	56
3.1.12 Solutions internationales matures de détection.....	58
3.1.13 Bilan international.....	59
4. ÉTUDE PANOPTÈS.....	61
4.1 PRESENTATION DE L'ÉTUDE PANOPTÈS.....	61
4.1.1 Les premières conclusions issues de l'AMIN.....	66
De nombreuses propositions à large spectre de couverture du besoin.....	66
Une grande diversité dans la maturité des solutions proposées.....	67
Les points faibles relativement communs aux différentes propositions.....	68
4.1.2 Évaluation des qualités des solutions de captures sur critères (vecteurs), après tests ou études.....	69
Les capteurs physiques d'alerte (détection pure, faible capacité de suivi).....	69
Les capteurs d'images, vidéos fixes (au sol), avec ou sans IA de reconnaissance de fumées ou feux,.....	70
Les capteurs d'images et ou vidéos embarqués à bord d'aéronefs au sens large.....	72
Les capteurs d'images à partir de satellites.....	75
Les capteurs issus des réseaux sociaux.....	76
Plateforme multimodale Interopérable type C2.....	77
Algorithmie et IA.....	78
Réseaux de communication.....	79
4.2 ANALYSE SWOT.....	80
4.2.1 Les composantes « Forces » de PANOPTÈS.....	82
4.2.2 Les composantes « Faiblesses » de PANOPTÈS.....	83
4.2.3 Les composantes « Opportunités » de PANOPTÈS.....	84
4.2.4 Les composantes « Menaces » de PANOPTÈS.....	84
4.3 SCENARIOS DE DEPLOIEMENT POTENTIELS DE SOLUTIONS PANOPTÈS.....	85
4.3.1 Étape N°1 : Définir la Gouvernance du système à l'échelle nationale et territoriale.....	85
4.3.2 Étape N°2 : Définir un système Central de traitement, bancarisation et distribution.....	87
4.3.3 Étape N°3 : Définition du protocole PANOPTÈS.....	89
4.3.4 Étape N°4 : Validation des structures de base de données et des IA.....	90
4.3.5 Étape N°5 : Validation des vecteurs, technologies et process.....	92
4.3.6 Étape N°6 : Rétrocompatibilité des solutions existantes.....	93
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	94
TABLE DES ANNEXES.....	96
TABLE DES REFERENCES.....	125
TABLES DES FIGURES.....	128
TABLE DES ABREVIATIONS.....	130

Préambule

Dans un contexte de changement climatique, des attentes sociétales croissantes se confirment en matière de prévention du risque d'incendie de forêt. La politique française en cours depuis les trente dernières années et qui a fait ses preuves, est basée sur le principe d'attaque massive des feux naissants. Mais celle-ci n'est rendue possible que si le feu est détecté de façon précoce.

L'étude PANOPTÈS symbolise cette ambition de surveillance et de suivi étendue, visant à passer de 6 % à 100 % de couverture du territoire (hexagone et Corse) pour une détection systématique et en moins de 5 minutes, tout en assurant le suivi de l'ensemble des feux en quasi-temps réel (superficies brûlées, fronts de feux, sautes de feux, points chauds, etc.). Ce dispositif vise à renforcer la prévention, à augmenter l'efficacité des interventions et à protéger les zones aménagées, les infrastructures, la biodiversité, la vie humaine et la santé publique.

Le présent rapport, intitulé « Étude de l'action PANOPTÈS : préparation au déploiement d'un dispositif de détection précoce des départs de feux d'espace naturel et leur suivi à échelle nationale », est commandité par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques (MTECP), et soutenu par le Ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté Alimentaire et de la Forêt (MASAF) et le Ministère de l'Intérieur (MI).

Cette étude vise donc à élaborer et proposer un plan de déploiement d'un ou plusieurs systèmes de détection et suivi des feux de forêts et d'espace naturels à une échelle nationale. C'est dans ce contexte que l'ENTENTE VALABRE a été mandaté pour réaliser cette étude sur une durée d'un an.

Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques (MTECP)

Le MTECP est l'organe gouvernemental français chargé de l'élaboration et de la mise en œuvre des politiques de développement durable, de protection de l'environnement, de lutte contre le changement climatique, d'aménagement du territoire et de prévention des risques naturels et technologiques. Il vise à promouvoir une transition écologique juste et inclusive, qui concilie la préservation de l'environnement avec le progrès social et économique. Au cœur de ses missions, le MTECP coordonne des actions dans les domaines législatif, réglementaire, technique et organisationnel pour améliorer la prévention des risques, notamment ceux liés aux incendies de forêt et de végétation, en particulier par l'information préventive, la réduction de la vulnérabilité, l'aménagement du territoire et la connaissance de l'aléa, de la vulnérabilité et du risque.

Entente pour la forêt méditerranéenne (ENTENTE VALABRE).

L'Entente pour la forêt méditerranéenne, connue sous l'appellation « ENTENTE VALABRE » est un établissement public administratif de référence à vocation interdépartementale créé en 1963 et inscrit dans la loi de modernisation de la sécurité civile¹, avec pour mission initiale, la mutualisation et l'harmonisation des pratiques de gestion du risque majeur des feux de forêts et risques naturels auprès des acteurs de sécurité civile.

Le siège de l'ENTENTE VALABRE est implanté à Gardanne, dans le département des Bouches-du-Rhône (13).

¹ Loi n°2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile.

1. Présentation générale de l'étude

1.1 Contexte

Les incendies de forêt et d'espaces naturels constituent un défi majeur pour la sécurité des personnes, la préservation de la biodiversité et la protection des infrastructures. Dans le sillage d'événements climatiques extrêmes, l'urgence de répondre à ces enjeux s'intensifie.

Dans ce contexte, le législateur et l'ensemble des services ministériels sont engagés dans la mise en œuvre et la préconisation de solutions à court et moyen termes, avec pour exemple :

La loi du 10 juillet 2023 n°2023-580, visant à renforcer la prévention et la lutte contre l'intensification et l'extension du risque incendie, promeut, dans son Titre 1er, l'élaboration d'une stratégie nationale interministérielle avec un délai d'un an de production. PANOPTÈS s'inscrit naturellement dans cette stratégie nationale, bien que la stratégie actuelle d'attaque des feux naissants sous-entende déjà explicitement la détection précoce de ceux-ci.

Le rapport (Tome 1) sur « La politique de prévention et de lutte contre l'incendie de forêt dans un contexte d'extension et d'intensification du risque dû au changement climatique » produit en février 2023 par l'Inspection Générale de l'Environnement et du Développement Durable (IGEDD), l'Inspection Générale de l'Administration (IGA) et le Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux (CGAAER), traite des politiques de prévention contre les incendies de forêts et autres végétations, leur articulation avec d'autres politiques publiques, et l'efficacité des outils utilisés. Il présente un diagnostic global de la chaîne de prévention, prévision et lutte contre les incendies, intégrant la gouvernance des actions. Le rapport souligne la nécessité de renforcer la gouvernance interministérielle et multi acteurs, d'assurer un pilotage efficace aux niveaux central et territorial, d'intégrer le risque incendie dans les schémas directeurs de la forêt, de l'agriculture et de l'aménagement du territoire, et de développer des activités économiques réduisant la vulnérabilité des territoires. Il formule des recommandations pour une action immédiate et sert de base pour le Tome 2, qui se concentre sur l'adaptation à moyen et long terme aux scénarios climatiques et leurs effets sur le risque d'incendie.

La recommandation n°7 mentionne précisément la nécessité de renforcer et organiser la surveillance et la détection des espaces naturels, agricoles et forestiers (Figure 1). PANOPTÈS s'inscrit intégralement dans cette recommandation.

Recommandation n°7 : Renforcer la surveillance des espaces naturels, agricoles et forestiers : i) (DGSCGC, préfet) consolider la détection précoce assurée par des moyens humains et technologiques ; ii) (préfet) fédérer, organiser et animer un « réseau sentinelle incendie de forêt » des acteurs de terrain à l'échelle départementale pour la vigilance et l'alerte incendie, ainsi que pour l'information des usagers en termes de prévention en précisant les responsabilités et missions des partenaires ; iii) (DGSCGC, collectivités territoriales) soutenir et développer les réserves communales ou intercommunales de sécurité civile ; iv) (préfet, parquets) renforcer les actions de surveillance sur les territoires, y compris en interservices avec un plan d'action annuel traduisant les priorités stratégiques, dont le risque incendie.

Figure 1 : Extrait du rapport IGEED, IGA, CGAAER « Politique de prévention et de lutte contre l'incendie de forêt dans un contexte d'extension et d'intensification du risque dû au changement climatique », février 2023, Tome 1, page 35.

Aujourd'hui, l'État a investi aux côtés des collectivités locales de façon importante sur les moyens de lutte telles que les moyens aériens bombardiers d'eau, la création d'une nouvelle Unité d'Instruction et d'Intervention de Sécurité civile (UIISC) dans le Sud-Ouest, la création d'un financement des SIS pour acquérir des moyens de lutte contre les feux de forêts (Pacte Capacitaire), ainsi que la mise en place du Fonds Verts avec une mesure spécifique sur la prévention des risques d'incendie de forêt et de végétation (MTECP). Toutefois, l'axe capacitaire ne peut s'étendre sans limitation, du fait du coût et des moyens humains et matériels nécessaires.

C'est pourquoi il est nécessaire de trouver des solutions pour agir sur les autres leviers pour réduire le nombre de feux et les surfaces brûlées. L'axe de prévention, déjà développé, doit être encore amélioré de façon significative (élargissement de la Défense de la Forêt Contre l'Incendie (DFCI), harmonisation des pratiques, respect et élargissement des Obligations Légales de Débroussaillage (OLD), règlementations constructives en zone forestière, etc.), mais prend un temps important pour amener des résultats, car basé sur l'aménagement du territoire, la règlementation et le changement d'attitude des citoyens. Pour une action rapide, le rapport PANOPTÈS se positionne à la frontière de la prévision, de la prévention et de la lutte, au moment précis où le feu apparaît.

L'étude PANOPTÈS s'ancre dans la nécessité de prévenir efficacement les feux, d'améliorer la réactivité des interventions et de réduire l'impact des incendies sur l'environnement et la santé humaine, dans le contexte du changement climatique, qui conduit à une extension et à une intensification du risque d'incendies de forêt et de végétation.

L'approche française, éprouvée depuis trente ans, repose sur une attaque massive des feux naissants, qui ne peut être effective qu'avec une détection précoce des incendies et leur suivi, permettant de :

- Déclencher les moyens de lutte le plus rapidement possible en vue de stopper les feux dans leur phase initiale et éviter d'avoir à mettre en sécurité ou évacuer des personnes dans des conditions complexes (thrombose des axes de circulation, mobilisation de moyens navals quand le feu accule les personnes en bord de mer, hélitreillage, etc.) ;
- Limiter les conséquences des incendies et leurs impacts sur les personnes, les biens, les enjeux environnementaux et économiques ;
- Améliorer l'efficacité de la défense des forêts et des espaces naturels contre les incendies (y compris les espaces agricoles) pour la préservation de la biodiversité ;
- Protéger la vie humaine, la santé et l'environnement. Les fumées et lessivas (écoulements liquides résultant de l'emploi de l'eau qui entraînent les cendres dans le sol et dont la teneur peut être toxique) sont des sources de nuisances et de pollutions considérables ;
- Éviter de générer d'autres risques tels que mouvements de terrain, chutes de blocs, inondations, etc.

Suivre le développement des feux en temps réel permet de :

- Gérer les opérations de façon efficace tout en ayant une image précise de la situation ;
- Anticiper les prochaines phases de développement et déployer des tactiques opérationnelles plus efficaces ;
- Comprendre les modes de propagation des sinistres en stockant l'information, en l'historisant, en croisant avec des modèles scientifiques ;
- Sécuriser l'action des acteurs du secours et de la lutte ;
- Prioriser les actions de lutte et de sauvegarde.

1.2 Attendus de l'étude PANOPTÈS

Nota bene : les réflexions préparatoires à l'étude PANOPTÈS ont eu lieu avant les incendies de l'année 2022.

L'étude PANOPTÈS représente un défi stratégique et technologique ambitieux, dont l'objectif est la mise en place d'un dispositif de détection précoce des départs de feux de forêt et d'espaces naturels à l'échelle nationale, tout en assurant leur suivi.

L'objectif de l'étude est d'explorer et recommander des solutions matérielles, logicielles et organisationnelles capables de détecter systématiquement, et en quasi-temps réel, les départs de feux et d'assurer leur suivi. L'importance de ce projet ne se limite pas à la réponse immédiate aux incendies, mais s'étend également à la prévention, grâce à l'exploitation de l'historique des feux pour une meilleure anticipation des risques et aller jusqu'à la prédiction potentielle des départs de feux à terme.



Figure 2 : Dieu grec PANOPTÈS.

Le nom PANOPTÈS, tiré du grec et signifiant « qui voit tout », reflète la vocation du projet : offrir une vision exhaustive et en temps réel des feux de forêts et de végétation sur l'ensemble du territoire français (hexagone et Corse).

Le concept de compatibilité « PANOPTÈS » peut être évalué selon six critères :

- **Détection rapide** : la solution garantit-elle la détection de tout départ de feu en moins de 5 minutes dans sa zone de couverture, en fonction des critères technologiques choisis ?
- **Utilisation de l'IA** : la solution intègre-t-elle un processus d'IA ? Si oui, quel type ? Quel jeu de données a été utilisé pour son entraînement et quelle est la fiabilité du système ?
- **Continuité de détection** : la solution fonctionne-t-elle en continu 24h/24, 7j/7 ? Comment gère-t-elle les contraintes telles que la nuit, les nuages, l'ensoleillement, etc. ? Y a-t-il des périodes d'interruption ?
- **Gouvernance du système** : peut-elle être gérée au niveau local, régional ou national par l'utilisateur ? Qui a l'autorité de gestion à chaque niveau ?
- **Couverture du territoire** : est-il possible de déployer la solution à l'échelle nationale, régionale ou locale ? Quelle est l'étendue de sa couverture et quelles sont les contraintes d'installation ou d'utilisation ?
- **Suivi des incendies** : outre la détection, la solution permet-elle le suivi de l'évolution des incendies ? Quel est le taux de rafraîchissement des données et quelles informations fournit-elle (comme le contour, le front de feu, la vitesse de propagation, etc.) ?

Ce rapport formule des préconisations : il s'agira de décider politiquement et opérationnellement de l'opportunité de leur donner suite, en reprenant tout ou partie des éléments de ce rapport :

- Choix sur les solutions de détection précoce et les Intelligences Artificielles (IA) associées ;
- Choix sur les systèmes de traitement de données et le schéma d'organisation et transformation de celle-ci ;
- Choix du système de bancarisation de la donnée en gardant le principe de la souveraineté et du partage.

Il est important de garder à l'esprit que le taux de couverture actuel en simple surveillance des départs de feu est d'environ 6 % du territoire. L'ambition de PANOPTÈS est d'assurer une couverture de 100 % du territoire !

1.3 Objectifs et portée de l'étude PANOPTÈS

L'un des éléments clés de l'étude PANOPTÈS réside dans sa capacité à détecter avec une réactivité sans précédent, en moins de 5 minutes, tout départ de feu sur le territoire métropolitain et en Corse.

Pourquoi le principe des 5 minutes ?

La notion de détection repose sur un principe qui intègre une part d'aléatoire qui ne peut être résolue. En effet un feu ne sera jamais détectable en fonction de l'horodatage de l'allumage, cette information étant inconnue par nature ! Alors comment déterminer une contrainte de détection ? Une approche pourrait consister à déterminer cette contrainte en fonction d'une surface brûlée qui correspondrait à une capacité d'extinction rapide et efficace par des moyens au sol ou aériens. Cette notion est intéressante mais relative aux conditions météo, aux types de végétations, aux délais de mise en œuvre des moyens (proximité et accessibilité), etc. Aussi, PANOPTÈS prend le parti d'une donnée temporelle issue de l'état de l'art. Aujourd'hui, les systèmes de détection les plus déployés fonctionnent sur caméra rotative en 180° ou 360°. Chaque portion de la zone surveillée est couverte sur les 360° en 3 minutes environ et la caméra reprend sa position initiale après 2 minutes maximum, car la majorité des systèmes ne fonctionnent pas en rotation continue du fait des contraintes d'installation. De ce fait, un départ de feu prend au maximum 5 minutes à être détecté, quel que soit le moment de son allumage ou sa surface. Les systèmes répondant aux contraintes de PANOPTÈS devront ainsi être au moins aussi efficace que les systèmes actuels et proposer une capacité future en quasi-temps réel.

Cette performance est rendue possible grâce à une « constellation » de technologies innovantes, pour une détection précise et rapide. Le suivi en temps réel ou quasi-temps réel des événements permet non seulement une alerte précoce, mais aussi une surveillance continue des feux, facilitant ainsi la prise de décisions opérationnelles et l'allocation optimale des ressources pour la lutte contre les incendies. Ces technologies avancées, en synergie avec la doctrine opérationnelle nationale, transforment la manière dont les services d'urgence et de secours abordent la prévention et la gestion des risques liés aux feux d'espaces naturels. Ce système doit permettre de déclencher rapidement les moyens de lutte contre les incendies, de prévenir les risques associés et de faciliter la prise de décision des autorités et des acteurs de secours.

L'étude PANOPTÈS vise à mobiliser les compétences et les innovations des secteurs privés et publics, en reconnaissant l'existence d'un besoin opérationnel clair pour des solutions de détection et de gestion des feux de forêt. Les technologies requises pour répondre à ces besoins existent déjà ou sont en cours de développement, l'objectif est de les faire converger et de les optimiser pour répondre efficacement aux défis identifiés. Par ce processus, l'étude cherche à stimuler l'émulation et l'innovation, dans le but de faire émerger des solutions exceptionnelles qui pourront être adoptées dans la lutte contre les incendies de forêt.

De plus, cette étude offre une opportunité significative de reconnaissance de l'expertise et du savoir-faire français au-delà des frontières nationales. En effet, l'exportation de ce savoir-faire français pourrait non seulement s'étendre à l'échelle européenne, mais également avoir une portée mondiale. Cela positionnerait la France comme un leader dans le domaine de la détection et du suivi des incendies de forêt, et pourrait contribuer au rayonnement de ses compétences technologiques et organisationnelles en matière de sécurité civile et de gestion des catastrophes naturelles.

1.4 Utilisation des résultats et données du rapport

Le MTECP décide de la parution et de la communication des éléments de la présente étude. Une fois l'étude rendue publique, elle peut être consultée, diffusée et ses éléments utilisés, sous condition de citation des sources. (« Étude PANOPTÈS 2024 VALABRE MTECP »).

1.5 Cadre méthodologique de l'étude PANOPTÈS

La méthodologie adoptée pour l'étude PANOPTÈS repose sur une démarche scientifique et rationnelle, articulée autour d'une collecte et d'une analyse systématique des données, tout en s'assurant de la pertinence et de l'applicabilité des solutions technologiques identifiées.

Elle s'appuie également sur une démarche proactive et étendue de mise en réseau et de collaboration. Cette approche a impliqué une série d'actions visant à tisser un réseau relationnel professionnel substantiel, capital pour le succès et la pertinence du projet.

- État de l'art

L'étude PANOPTÈS s'est appuyée sur un état de l'art exhaustif au niveau national et le plus large possible au niveau international pour identifier les technologies de détection et de gestion des incendies de forêt et d'espaces naturels. Cette exploration a permis de cartographier les solutions existantes et d'identifier les innovations susceptibles de répondre aux objectifs ambitieux du projet. L'accent a été mis sur la capture des données en temps réel et leur traitement rapide, des éléments clés pour une réaction efficace face aux départs de feu.

La société Warucene est intervenue en partenariat pour apporter ces éléments d'état de l'art international, ainsi que les éléments de description de l'évolution du risque en France.

- Appel à manifestation d'intérêt national

L'appel à manifestation d'intérêt (AMI) ou appel à projets, est une procédure qui permet à des entreprises innovantes de présenter leurs solutions pour répondre au besoin d'un opérateur public ou privé.

Un Appel à Manifestation d'Intérêt National (AMIN) a été réalisé en collaboration étroite avec le Pôle de compétitivité SAFE Cluster, en qualité d'assistance à maîtrise d'ouvrage. Bien qu'il n'y ait pas de marché public ouvert avec appel d'offre, cet AMIN a permis de réaliser un recensement (« sourcing ») national le plus exhaustif possible, de solutions innovantes capables de s'intégrer dans un système interopérable formant une « Smart-constellation » de technologies répondant aux objectifs de PANOPTÈS.

L'initiative de cette AMIN a constitué un moment clé dans la démarche de « sourcing ». Elle a suscité un intérêt considérable, se traduisant par la réception d'un nombre significatif de propositions de la part de nombreuses structures disposant de statuts juridiques variés (PME, TPE, Start-up, Multinationales, Universités, Institutions, Associations, etc.). Le processus de sélection a été mené avec rigueur par un groupe d'experts pour distinguer les solutions les plus prometteuses, tenant compte de leur potentiel d'innovation et de leur capacité à répondre efficacement aux enjeux de l'étude PANOPTÈS.

Cette première partie du projet a donc été essentielle pour établir les fondations d'un écosystème collaboratif, marqué par la recherche et l'intégration de technologies de pointe, en vue de la mise en place d'un système de détection et de gestion des feux d'espaces naturels à la hauteur des ambitions de l'étude PANOPTÈS.

1.6 Écosystème de l'étude PANOPTÈS

Dans le cadre de l'élaboration et du développement de l'étude PANOPTÈS, une présence active et stratégique a été maintenue lors de salons professionnels et de nombreuses manifestations, aussi bien sur le territoire national qu'à l'international.

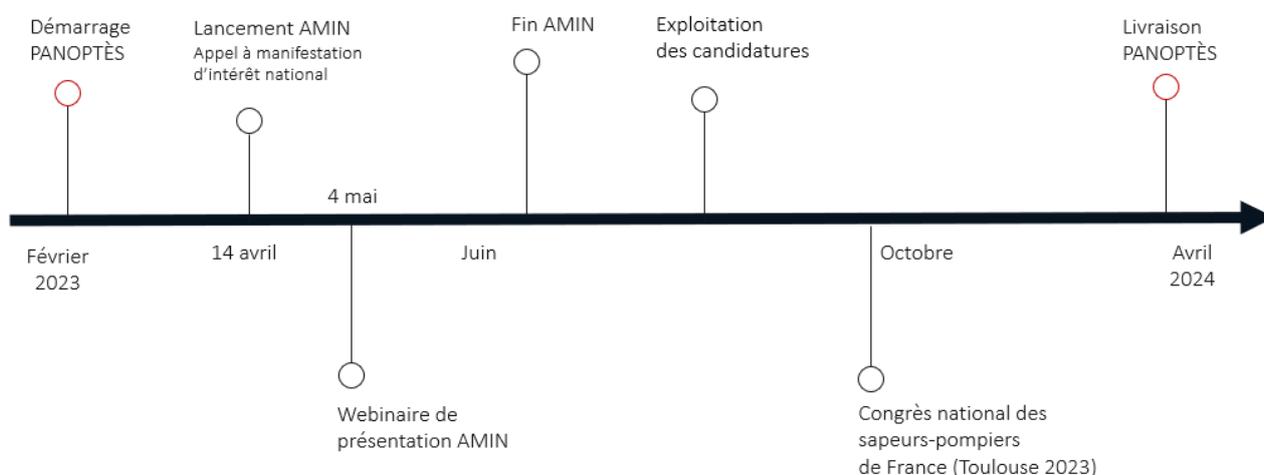
Ces événements ont servi de plateforme pour la présentation du projet et ont permis d'établir des contacts essentiels avec des acteurs majeurs du secteur. L'objectif était de tisser un réseau de relations solides et durables, propice à la collaboration et à l'échange d'expertises.

Des déplacements ciblés et des réunions ont été organisés pour démarcher et promouvoir l'étude PANOPTÈS auprès d'une audience sélective. Ces actions ont par exemple inclus la tenue de webinaires et présentations publiques, qui ont offert une opportunité supplémentaire pour sensibiliser et impliquer des acteurs industriels, des start-ups, des petites et moyennes entreprises, ainsi que des laboratoires de recherche, dans la dynamique du projet. L'accent a été mis sur la nécessité de répondre aux besoins des utilisateurs finaux, notamment les SIS, en présentant des solutions technologiques adaptées et innovantes.

Environ 1 200 heures ont été investies dans la construction de l'écosystème découlant de l'étude PANOPTÈS.

1.7 Chronologie

Le calendrier ci-dessous détaille la chronologie de l'étude PANOPTÈS.



2. Contexte des feux de forêt à l'échelle nationale

2.1 Évolution des feux de forêt

Evolution des régimes de feu dans le monde

La question de l'évolution des régimes de feu en Europe, et plus largement dans de nombreuses régions du monde, a fait l'objet d'une attention croissante au cours des dernières années. Des études telles que celle de Jones (Jones, 2022) ont mis en lumière une tendance à l'augmentation généralisée du risque d'incendie. D'abord alertés par la communauté scientifique (Goldammer, 1996), les décideurs socio-économiques ont aujourd'hui pris la mesure des enjeux (OCDE, 2023) (The World Bank, 2020).

Bien que le changement climatique soit reconnu comme un facteur majeur dans l'évolution de ce risque, d'autres éléments tels que les modifications de l'occupation des sols jouent également un rôle significatif. Les recherches de Moreira (Moreira, Novembre 2019) ont révélé que le passage d'une gestion agricole et pastorale extensive à l'abandon des terres et à leur enfrichement, ainsi que la suppression systématique des brûlis et des feux de faible intensité, contribuent à l'accroissement du risque d'incendie.

Ces facteurs, combinés aux effets du changement climatique, créent des conditions propices à la prolifération des incendies. En conséquence, il est impératif de repenser les stratégies de gestion des terres et de prévention des incendies pour s'adapter à cette nouvelle réalité. Les efforts doivent se concentrer sur une approche intégrée qui tient compte à la fois des changements environnementaux et des pratiques de gestion du territoire pour réduire efficacement la vulnérabilité aux incendies et protéger les écosystèmes ainsi que les communautés humaines.

Répartition géographique du risque en France

En France métropolitaine, le risque d'incendie est particulièrement élevé dans la partie méridionale, comme le montre la Figure 3. Selon l'inventaire réalisé par l'Institut Géographique National (IGN, 2022), ce risque est principalement concentré dans trois des onze Grandes Régions Ecologiques (GRECO), détaillées dans la Figure 4 et le Tableau 1.



© GIP ATGeRi
© IGN
© BDIFF

Nombre de départs de feux et surfaces brûlées par département
(Moyenne annuelle 2007 - 2019)

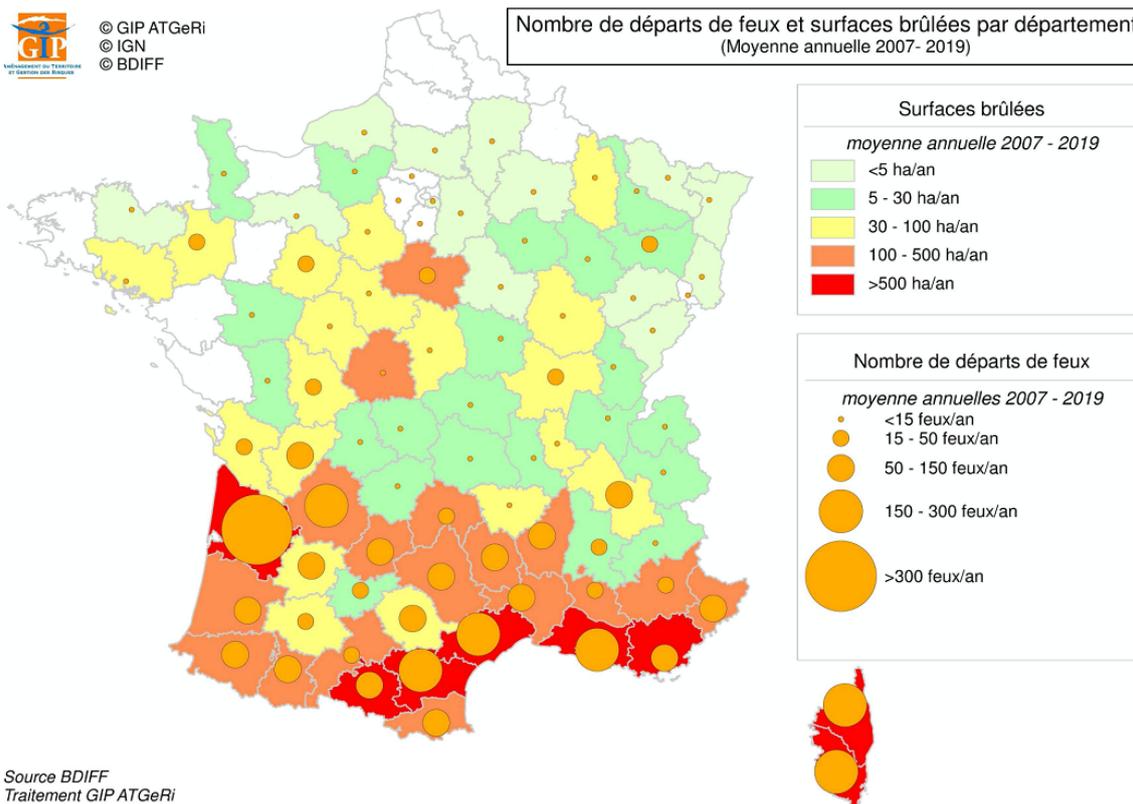


Figure 3 : Risque incendie actuel en France (source : Rapport d'information du Sénat 2022 - Feux de forêt et de végétation : prévenir l'embrasement).



Figure 4 : Les 11 GRECO définies par l'IGN (source : inventaire-forestier.ign.fr).

Tableau 1 : GRECO les plus fortement soumises au risque incendie.

GRECO	Zone concernée	Caractéristiques	Evolution
F- Sud-Ouest océanique	Massif des Landes de Gascogne (3 départements).	Continuum forestier en monoculture de pins maritimes depuis le XIX ^{ème} siècle.	Après l'incendie meurtrier d'août 1949 en Gironde (52.000 ha parcourus et 82 personnes décédées), les propriétaires forestiers ont organisé un système de prévention, de détection et de lutte qui a permis de limiter les surfaces brûlées jusqu'en 2022.
J- Méditerranée	Totalité des 15 départements.	Climat méditerranéen, propice aux incendies en raison de la forte sécheresse estivale (Pausas, 2012).	Ces 2 GRECO concentrent aujourd'hui 75 % des surfaces brûlées en France et les plus grands incendies des dernières décennies, à l'exception de ceux de 2022 en Gironde.
K- Corse			

L'activité des feux de forêt et de végétation en France présente des variations significatives, notamment au sein des GRECO J « Méditerranée » et K « Corse ». Ces régions se caractérisent par des « Pyrorégions » distinctes, chacune avec son propre régime d'incendie, comme le souligne Sébastien Lahaye (Lahaye, 2018). Le Tableau 2, en complément de la Figure 5, offre un aperçu détaillé des spécificités propres à chaque Pyrorégion, mettant en évidence les différences en termes de fréquence, d'intensité et de comportement des feux.

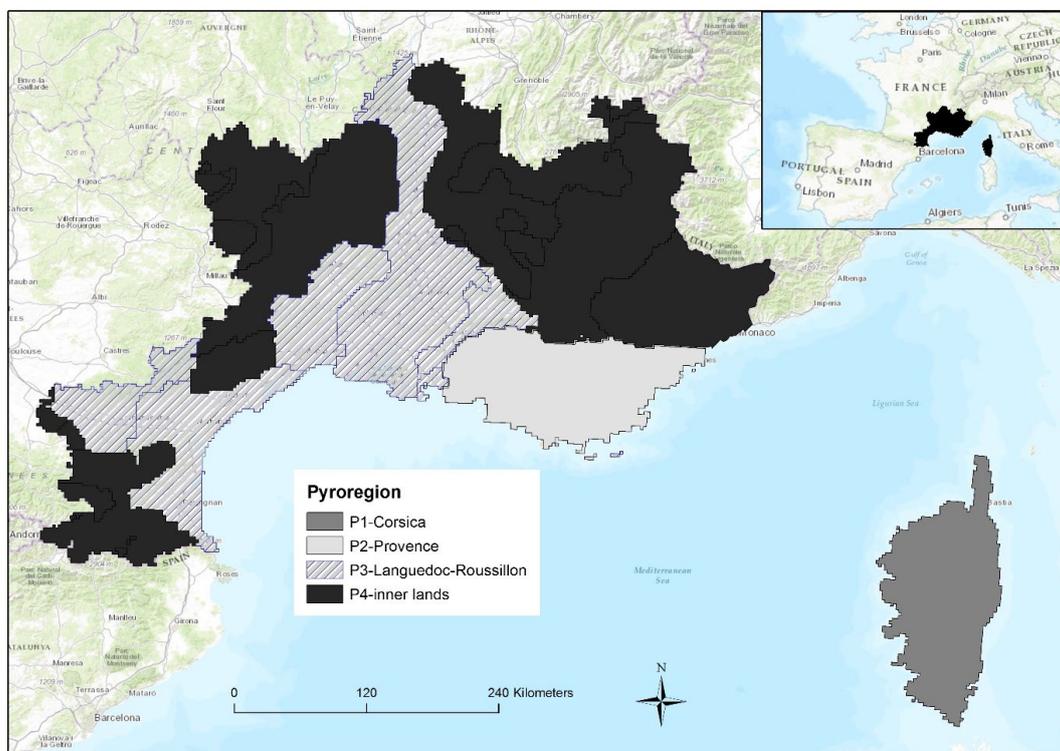


Figure 5 : Les Pyrorégions de la zone Méditerranée/Corse selon Lahaye et al (2018).

Tableau 2 : Particularité des Pyrorrégions dans le Sud-Est de la France.

Pyrorrégion	Localisation	Caractéristiques	Conséquences
P1	Corse	Les vagues de chaleur dues à la latitude basse, le caractère insulaire et le relief marqué amènent des conditions propices à des feux extrêmes .	Moins importantes que sur le continent en raison de la plus faible densité de population.
P2	Littoral provençal	Continuum forestier important (Var notamment) et météorologie défavorable (sécheresse, chaleur et vent) créent les conditions propices aux feux les plus extrêmes .	Incendies destructeurs en raison de la forte densité humaine : résidents et touristes.
P3	Languedoc, Roussillon et couloir rhodanien	Vent parfois très fort mais paysage fragmenté (cultures, friches, urbanisations) qui limite l'extension des incendies.	Incendies qui impactent régulièrement les grandes infrastructures de transport et le tourisme (campings notamment).
P4	Pyrénées, Cévennes, Alpes	Relief marqué et vents modérés amènent des incendies qui se développent lentement. Inaccessibles, ils peuvent durer plusieurs jours.	Impact écologique fort en été : destruction de biotopes mal adaptés aux incendies intenses. En hiver, les écobuages ont un impact limité, voir bénéfique s'ils sont contrôlés.

Tendance enregistrée sur les dernières décennies

À la suite des importants incendies survenus dans les années 1980 dans la région méditerranéenne, le gouvernement français a établi une doctrine nationale pour la gestion des feux de forêt, qui demeure toujours en vigueur à ce jour (Direction de la Sécurité Civile, 1994).

La doctrine nationale française en matière de feux de forêt s'articule autour de quatre piliers fondamentaux.

Le premier vise à **prévenir les incendies** en identifiant et traitant leurs causes, en informant et sensibilisant le public aux bons gestes à adopter (une majorité des feux étant d'origine humaine), en prévoyant et anticipant les dangers, ainsi qu'en mettant en place une surveillance dissuasive.

Le deuxième pilier concerne la **maîtrise de l'éclosion des feux à leur stade initial**, en aménageant le territoire de manière stratégique et en assurant une détection et une intervention rapide dès les premiers signes d'incendie (**notion d'attaque sur feux naissants**).

Le troisième pilier a pour objectif de **limiter l'ampleur des incendies** et leurs conséquences catastrophiques, en préservant les biens et les personnes à travers une lutte proactive et une stratégie mobile concentrant les efforts là où ils sont les plus nécessaires, ainsi qu'en préparant et gérant la crise de manière efficace.

Enfin, le quatrième pilier concerne la **réhabilitation des zones affectées par les incendies**, en procédant à un réaménagement adéquat des espaces touchés.

Cette approche a permis de réduire significativement les surfaces brûlées jusqu'au milieu des années 2010, comme l'illustre la Figure 6. Cependant, depuis 2016, on observe une recrudescence des incendies, suggérant que la doctrine actuelle pourrait nécessiter une évolution. Comme le soulignent les études (Moreira, Novembre 2019) et les rapports (OCDE, 2023), il apparaît essentiel d'ajuster les niveaux d'investissement, en accordant une plus grande importance à la prévention en complément des efforts de lutte contre les incendies.

Évolution attendue

Le changement climatique entraîne une augmentation incontestable du risque d'incendie en France, comme l'indiquent les travaux de Galizia et ses coauteurs (Galizia et al, 2022). Cependant, il est important de reconnaître que ce risque est le résultat d'une combinaison de facteurs, incluant les conditions climatiques, le relief, la dynamique des écosystèmes, l'occupation des sols et plus généralement de toute activité humaine. Ces éléments interdépendants rendent complexe l'établissement de prévisions chiffrées précises sur l'évolution future du risque d'incendie.

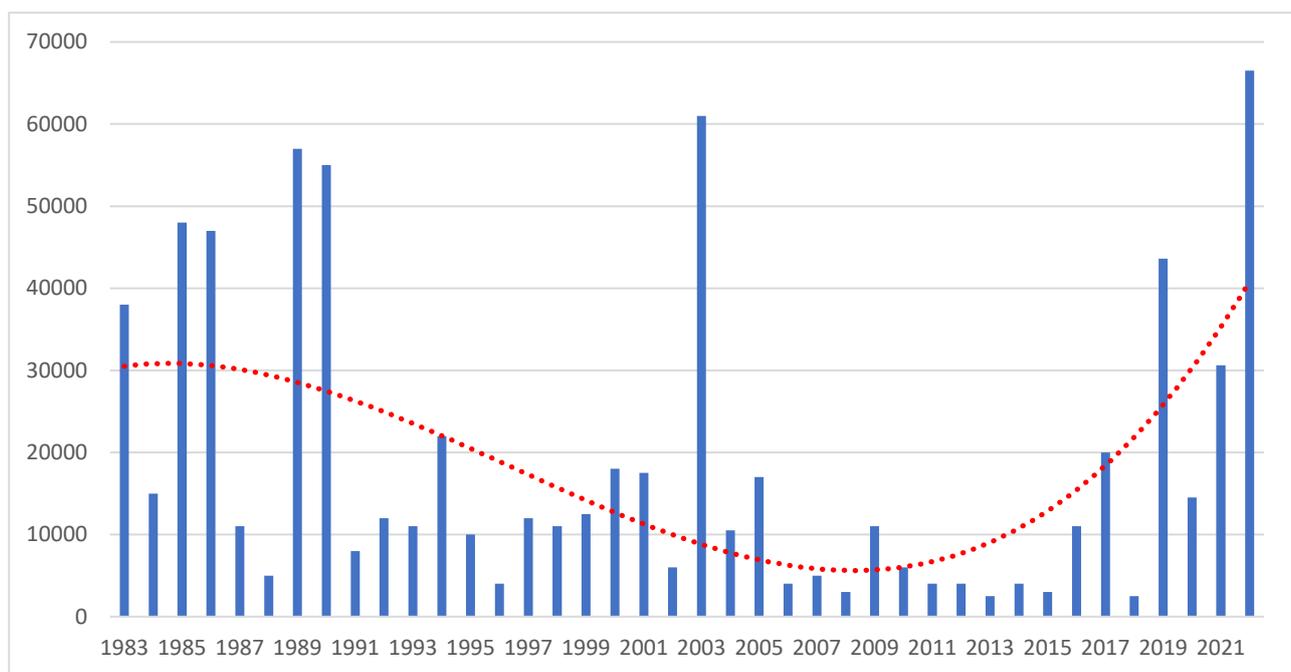


Figure 6 : Surface annuelle incendiée en France, en hectares (données BDIF), la ligne rouge représente la tendance sous forme de régression polynomiale du 3^{ème} degré.

Le projet européen FirEURisk², qui mobilise 38 partenaires issus d'instituts de recherche de premier plan, s'attelle à cette tâche complexe. Bien que les résultats initiaux ne soient pas encore disponibles, il est attendu qu'ils présentent des variations importantes en fonction des différents scénarios envisagés. Une analyse plus approfondie de ces résultats sera abordée ultérieurement pour éclairer davantage l'évolution potentielle du risque d'incendie en France.

² www.fireurisk.eu

Fargeon et ses coauteurs (Fargeon et al, 2020) ont également mis en exergue l'incertitude qui entoure les projections relatives au risque d'incendie en France. Toutefois, leurs travaux indiquent que c'est dans la zone méditerranéenne que l'augmentation du risque sera la plus marquée, et c'est aussi dans cette région que l'incertitude quant aux prévisions est la plus réduite.

Selon les récentes estimations de Pimont et ses coauteurs (Pimont et al, 2023), l'activité des incendies en région méditerranéenne française pourrait connaître une hausse significative de 180 % si les températures venaient à augmenter de 4°C.

D'autre part, les travaux de Turco et ses coauteurs (Turco, 2018) ont révélé que, à l'échelle du bassin méditerranéen européen, l'étendue des zones incendiées pourrait s'accroître de 40 % à 54 % avec une hausse globale des températures de 1,5°C, envisagée pour la période 2030-2035.

Cette augmentation pourrait atteindre 62 % à 87 % avec un réchauffement de 2°C prévu aux alentours de 2050, et de 96 % à 187 % avec une élévation de 3°C attendue vers 2075.

L'intensification de l'activité incendie, telle qu'elle a été quantifiée précédemment, sera influencée par divers indicateurs clés.

Le premier indicateur significatif est l'allongement de la période à risque d'incendie. Selon les prévisions pour la région méditerranéenne, le nombre de jours où l'Indice Forêt Météo (IFM) atteint un niveau de danger « Sévère » devrait augmenter, passant d'environ un mois et demi par an à trois mois à partir de 2055, d'après la Direction générale de la sécurité civile (Direction générale de la sécurité civile, 2023). Hélène Fargeon suggère que, sous le scénario « Representative Concentration Pathway » RCP 8.5, actuellement suivi, la durée annuelle des périodes propices aux incendies pourrait s'étendre de trois à six mois (IGEDD, 2023). À terme, ces périodes pourraient englober les mois de février à mai ainsi que de juin à fin septembre, comme illustré dans la Figure 7.

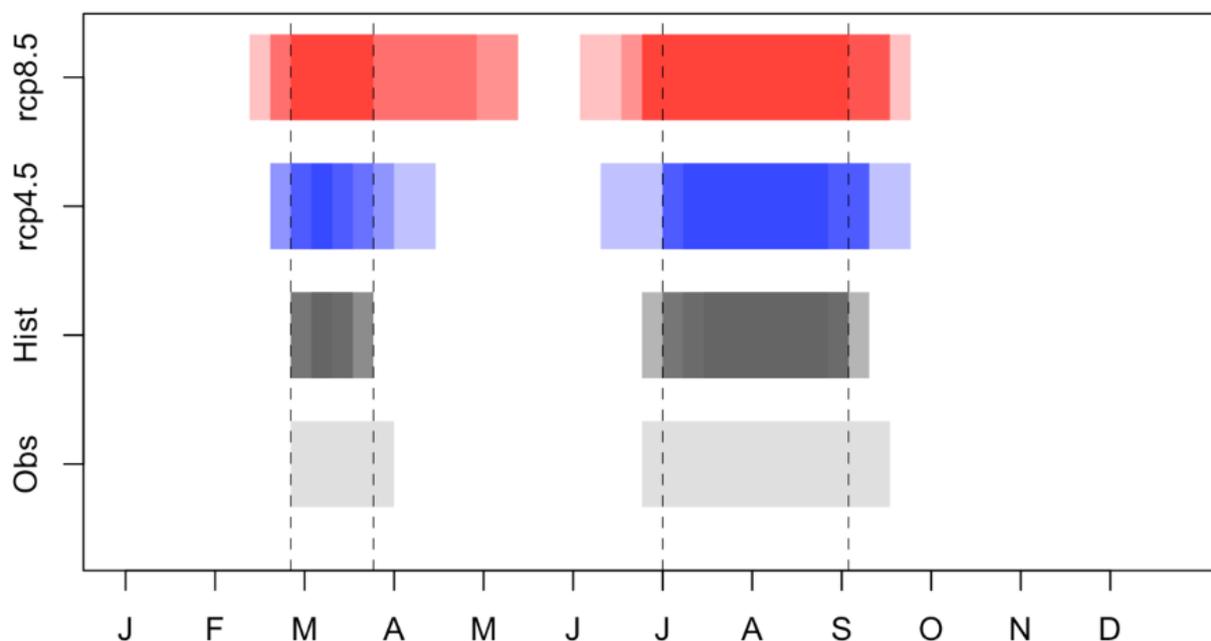


Figure 7 : Comparaison de la longueur de saison de feu projetée par les modèles sur les périodes historique (1986-2015) et future (2066-2095).

Les « Representative Concentration Pathways » (RCPs) sont des scénarios de concentration en gaz à effet de serre qui ont été élaborés pour servir de base à la recherche sur le changement climatique. Ils ont été utilisés notamment dans le cadre du Cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC).

Les RCPs décrivent 4 trajectoires différentes de concentration atmosphérique de gaz à effet de serre et de leurs effets radiatifs (c'est-à-dire de la quantité d'énergie solaire retenue par les gaz à effet de serre) jusqu'à l'année 2100. Ces trajectoires sont identifiées par leur forçage radiatif en l'an 2100 :

- RCP 2.6 : suppose des émissions très faibles et un forçage radiatif de 2.6 W/m² ;
- RCP 4.5 et RCP 6.0 : sont des scénarios intermédiaires avec des forçages radiatifs de 4.5 et 6.0 W/m², respectivement ;
- RCP 8.5 : représente un scénario avec des émissions très élevées et un forçage radiatif de 8.5 W/m² ; souvent considéré comme un scénario « business as usual » sans politiques supplémentaires de limitation des émissions.

Ces scénarios sont utilisés pour projeter les impacts potentiels du changement climatique, y compris l'augmentation des températures globales, les modifications des régimes de précipitations, l'élévation du niveau de la mer, et d'autres conséquences environnementales et socio-économiques. Ils sont essentiels pour planifier des stratégies d'atténuation et d'adaptation face au changement climatique.

La Figure 7 illustre la comparaison entre la durée projetée de la saison des feux sur les périodes historiques (1986-2015) et futures (2066-2095), basée sur les modèles climatiques. Cette durée est évaluée lorsque le seuil des surfaces brûlées excède le nombre de feux de plus d'un hectare par semaine. La variation des teintes sur la carte reflète le niveau de consensus entre les différents modèles utilisés. Les lignes pointillées représentent quant à elles, la période des feux de forêt telle qu'observée historiquement (IGEDD, 2023).

Le second indicateur clé est l'élargissement de l'aire géographique soumise au risque d'incendie. Selon les prévisions de Pimont et ses coauteurs (Pimont et al. 2023), la région méditerranéenne pourrait voir la zone exposée à un risque élevé d'incendie s'étendre de 8 % à 30 % si les températures augmentaient de 4°C. Le rapport Mortier évoque l'extension du risque vers le Nord et l'Ouest (IGEDD, 2023).

Enfin, les interactions entre les incendies et d'autres phénomènes tels que les sécheresses et les invasions d'insectes sont reconnues comme exacerbant les modifications des écosystèmes sous l'effet du réchauffement climatique. Il est prévu que la fréquence des incendies augmente, entraînant ainsi des transformations des paysages et soulevant des questions quant à la régénération forestière et la diversité des espèces. En particulier, les régions les plus arides et les plus chaudes risquent de connaître des difficultés accrues en matière de régénération naturelle.

En plus de l'augmentation globale du risque d'incendie dans la région méditerranéenne, Ruffault et ses coauteurs (Ruffault et al, 2020) ont examiné la probabilité d'apparition de conditions météorologiques favorables à l'émergence des incendies les plus intenses, désignés sous le terme « convectifs ». Leur étude indique qu'à l'horizon 2071-2100, la fréquence de ces conditions pourrait augmenter de 14 % dans le cadre du scénario RCP 4.5 et de 30 % avec le scénario RCP 8.5. Le prochain chapitre fournira des précisions sur les caractéristiques spécifiques de ces incendies convectifs et sur les répercussions qu'ils entraînent.

A retenir !

La stratégie de lutte contre les incendies mise en place dans les années 1980 en France a d'abord entraîné une diminution des surfaces brûlées. Depuis 10 ans cependant, la tendance est à nouveau à la hausse, en raison du changement climatique couplé au changement d'occupation des sols.

Dans les décennies à venir, le niveau de danger va augmenter d'autant plus que le forçage climatique sera important. Cette évolution sera très marquée en zone méditerranéenne : allongement de la saison à risque et extension de la zone concernée.

2.2 Modification de la cinétique des feux et conséquences sur l'accroissement des surfaces brûlées

Types de feux

Les études réalisées par Viegas et ses coauteurs (Viegas et al, 2011), et McRae et ses coauteurs (McRae et al, 2013) ont mis en lumière des comportements de feux de forêt particulièrement intenses et ont décrit les processus menant à ces situations extrêmes. Pour mieux comprendre ces types d'incendies, la classification développée par le service d'incendie et de secours de Catalogne, telle que rapportée par Duane et ses coauteurs (Duane et al, 2015), et Costa et ses coauteurs (Costa et al, 2011), s'avère pertinente. Cette méthode de catégorisation est désormais adoptée dans les cursus de formation des analystes spécialisés dans le comportement des incendies en France, une initiative mise en place par l'ENTENTE VALABRE à partir de 2023.

D'après les recherches et analyses récentes, trois catégories d'incendies ont été distinguées en fonction de leurs caractéristiques distinctes :

- Les incendies guidés par le vent, qui sont influencés principalement par les conditions météorologiques et la direction des vents dominants ;
- Les incendies influencés par la topographie, où le relief du terrain joue un rôle déterminant dans la propagation du feu ;
- Les incendies convectifs, qui se caractérisent par une dynamique thermique intense et des phénomènes tels que des sautes de feu et des comportements erratiques.

Les incendies influencés par le vent et la topographie présentent généralement un comportement qui peut être anticipé. En se basant sur les prévisions météorologiques et la configuration du terrain, il est possible d'estimer la direction et la vitesse à laquelle le feu se propagera, ce qui est crucial pour l'élaboration des stratégies d'intervention. Cependant, il arrive que ces incendies connaissent des accélérations soudaines et dangereuses, surtout dans des zones telles que les canyons ou sur des pentes raides, dépassant les 20°C. Malgré ces potentielles accélérations, le comportement de ces incendies est généralement prévisible et ne tend pas à être erratique.

Caractéristiques des feux convectifs

Les incendies dits « convectifs » présentent des attributs qui les rendent particulièrement menaçants et dévastateurs :

- Leur propagation est extrêmement rapide ;
- Les trajectoires qu'ils empruntent sont changeantes et peuvent ne pas suivre les directions du vent dominant ;
- Ils ont la capacité de provoquer des sautes de feu éloignées en projetant des brandons incandescents ;
- Ils dégagent des flux thermiques considérables, avec des flammes qui peuvent s'élever à des hauteurs dépassant les 10 mètres ;
- Dans certains cas, ils démontrent des comportements de feu d'une violence extrême, comme des tourbillons de flammes ou des explosions massives.

Les incendies extrêmement violents, souvent qualifiés de « convectifs », sont au centre de nombreuses études en raison de la complexité de leur prévision, qui demeure l'un des défis majeurs de notre époque. À l'heure actuelle, l'absence de modèles prédictifs fiables place les services d'incendie dans une position difficile lorsqu'ils sont confrontés à des feux qui dépassent leurs capacités d'intervention. Dans de telles circonstances, l'objectif des interventions se concentre sur la protection des populations, tandis que la lutte directe contre les flammes devient souvent secondaire. L'impossibilité d'une confrontation frontale avec le feu oblige les équipes de secours à se concentrer sur la sauvegarde des vies humaines et à préparer les terrains, notamment en réduisant la végétation en amont, pour créer des conditions plus favorables à l'action contre le feu.

La prévision des incendies convectifs reste complexe, mais leurs causes principales sont bien établies : ils résultent d'une densité et d'une continuité élevées de matière combustible. La régression de l'activité agricole sur le long terme, exacerbée par une stratégie de suppression systématique des feux mise en œuvre depuis les années 1980, a favorisé l'apparition d'une végétation dense et ininterrompue, notamment dans des régions telles que le département du Var, comme le soulignent Curt et ses coauteurs (Curt et al, 2013). Par ailleurs, le changement climatique aggrave cette situation en entraînant des périodes de sécheresse de plus en plus prononcées et prolongées, augmentant la vulnérabilité de la végétation aux incendies.

Observations en France

La communauté scientifique et les services d'incendie ne s'intéressent de manière approfondie à la classification des incendies que depuis un peu plus d'une décennie, comme le montrent les travaux de Costa et ses coauteurs (Costa et al, 2011). Par conséquent, il est difficile d'affirmer si les incendies de type « convectif » étaient moins fréquents ou simplement moins identifiés en France dans le passé. Néanmoins, l'augmentation observée sur la courbe des surfaces brûlées ces dernières années, illustrée par la Figure 6, semble être principalement due à un nombre restreint d'incendies qui ont dépassé les capacités de lutte et ont parcouru de vastes étendus. Le Tableau 3 et la Figure 8 présentent des exemples significatifs de tels incendies survenus ces dernières années.

Tableau 3 : Incendies convectifs observés en France ces dernières années.

Année	Localisation	Comportement observé	Dégâts
2016	Rognac (Bouches-du-Rhône, 13)	Propagation à 5,3 km/h pendant 1h20	2.663 ha parcourus 60 bâtiments détruits
2019	Générac (Gard, 30)	Sautes > 1km	1 pilote d'avion décédé
2021	Gonfaron (Var, 83)	Propagation à 7 km/h pendant 50 minutes Sautes autour de 2 km	6.832 ha parcourus 2 personnes décédées 302 bâtiments touchés
2022	Gironde (33)	Extension de plusieurs milliers d'ha par jour par vent faible	30.000 ha parcourus 50.000 évacuations

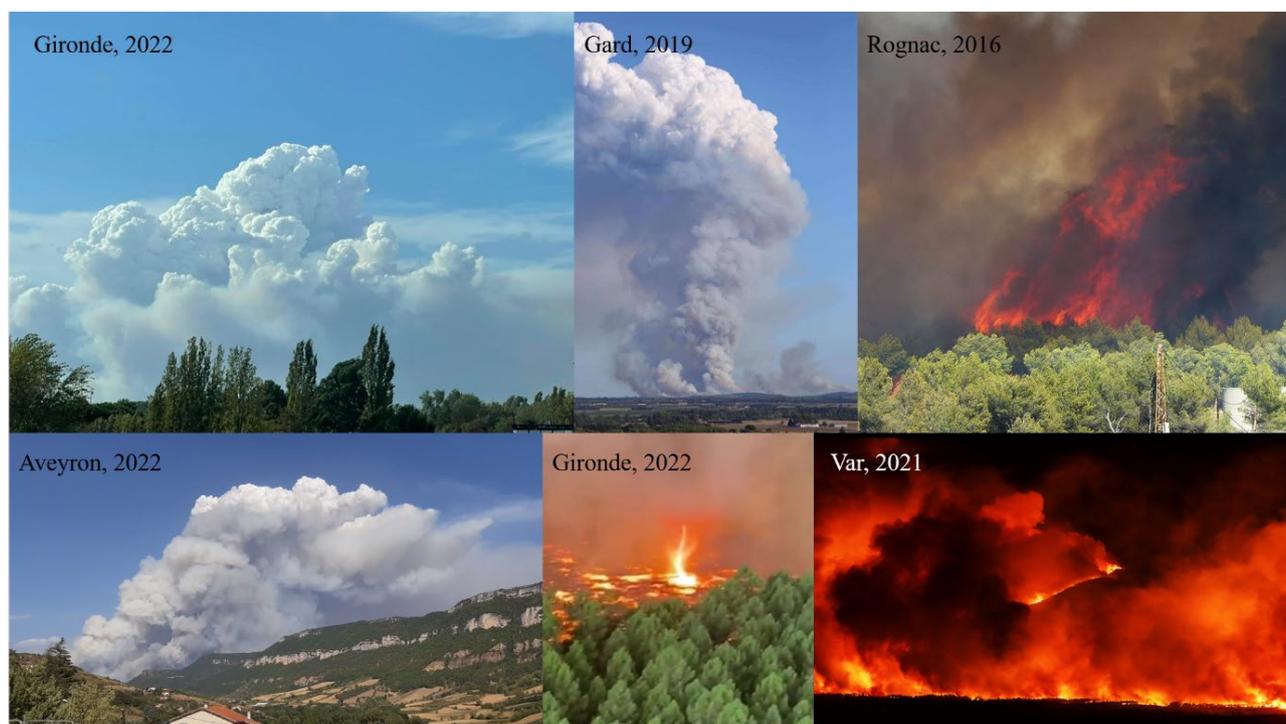


Figure 8 : Comportements extrêmes observés ces dernières années en France (source : médias et réseaux sociaux).

Évolution attendue

Comme l'ont indiqué Ruffault et ses coauteurs (Ruffault et al, 2020), les incendies convectifs, caractérisés par leur comportement extrême et leur capacité à engendrer des dommages importants, vont devenir plus fréquents en France, en particulier dans les régions du Sud. Ces incendies, connus pour leur propagation rapide et leur nature destructrice, devraient également voir leur occurrence augmenter dans des territoires qui étaient jusqu'alors moins touchés, tels que les régions du Sud-Ouest, du Sud-Est et du Centre. Des détails supplémentaires sur cette tendance seront fournis ultérieurement dans le rapport.

Pour se protéger contre les incendies extrêmes, il est impératif de reconsidérer en profondeur l'aménagement des zones à haut risque en éliminant les continuités de végétation dense. Une telle transformation, si elle est mise en œuvre, s'étalera sur plusieurs décennies en raison des nombreux défis socio-économiques à surmonter.

En attendant, les stratégies à court terme disponibles pour faire face au risque d'incendies extrêmes incluent :

- La préservation des capacités de détection précoce et d'intervention rapide afin de réduire autant que possible la propagation initiale des incendies, tout en reconnaissant que certains incendies dépasseront inévitablement ces capacités ;
- L'amélioration des capacités d'analyse et d'anticipation pour identifier les conditions favorables à l'émergence d'incendies extrêmes et pour communiquer ces informations aux équipes sur le terrain, aux autorités et à la population ;
- La préparation des communautés et la sécurisation des zones de contact entre les forêts et les zones bâties pour diminuer leur vulnérabilité face à ces incendies dévastateurs.

Dans les régions méridionales de la France, correspondant aux Grandes Régions Ecologiques (GRECO) F, J et K, il est prévu que les incendies de type convectif deviennent de plus en plus fréquents. Ces incendies, caractérisés par leur rapidité de propagation et leur capacité à générer des comportements extrêmes, représentent un défi croissant pour la gestion des risques d'incendie. Le chapitre suivant fournira une analyse détaillée de l'évolution du risque d'incendie dans d'autres régions du territoire français.

À RETENIR !

Les incendies dits « convectifs » sont en passe de devenir de plus en plus courants en France, en particulier dans les régions méridionales. Ces feux sont associés à d'importantes continuités de combustibles, telles que des étendues de forêts non fragmentées, et surviennent souvent après des périodes de sécheresse prolongées. Leur intensité et leur comportement imprévisible les rendent particulièrement difficiles à maîtriser pour les services d'incendie et contribuent à leur nature hautement destructrice.

Le dépassement capacitaire ne peut être évité qu'en agissant sur la prévention et l'amélioration de la détection. La stratégie générale doit aussi évoluer en gardant ses principes fondateurs comme l'attaque massive des feux naissants.

2.3 Extension des zones à risque

Le projet européen FirEUrisk a mis en exergue la complexité des paramètres à considérer pour modéliser l'évolution du risque d'incendie. Les travaux dirigés par Chuvieco et ses coauteurs (Chuvieco et al., 2023), ont identifié les variables qui doivent être prises en compte pour établir des prévisions précises, comme illustré dans la Figure 9.

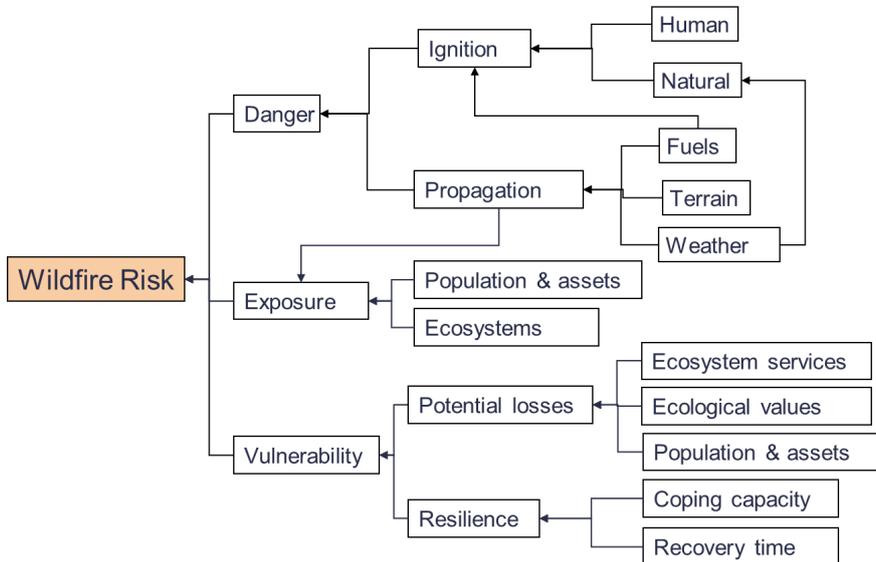


Figure 9 : Composantes intégrées du risque d'incendie (Chuvieco et al., 2023).

Comprendre l'évolution du danger météorologique d'incendie est un prérequis essentiel.

Extension du danger météorologique

La Figure 10 illustre l'augmentation prévue du nombre de jours avec un Indice Forêt Météo (IFM) supérieur à 40, un seuil indiquant un risque d'incendie élevé, pour la décennie à venir et jusqu'à la fin du siècle selon le scénario RCP 8.5 en France. Cette hausse est comparée à la moyenne annuelle actuelle. Si l'élargissement de la zone à risque en région méditerranéenne a déjà été abordé, il est également projeté que le risque s'accroîtra sur presque tout le territoire français, avec une attention particulière portée à l'Ouest, notamment les Pays de la Loire, le Centre-Val de Loire et la Nouvelle-Aquitaine.

Cette tendance à l'augmentation du risque d'incendie vers le nord du pays a été sporadiquement observée ces dernières années, exacerbée par des périodes de chaleur et de sécheresse. Les incendies survenus en Bretagne, dans les Vosges et le Jura en 2019 et 2022, des zones autrefois moins touchées, en sont des exemples notables.

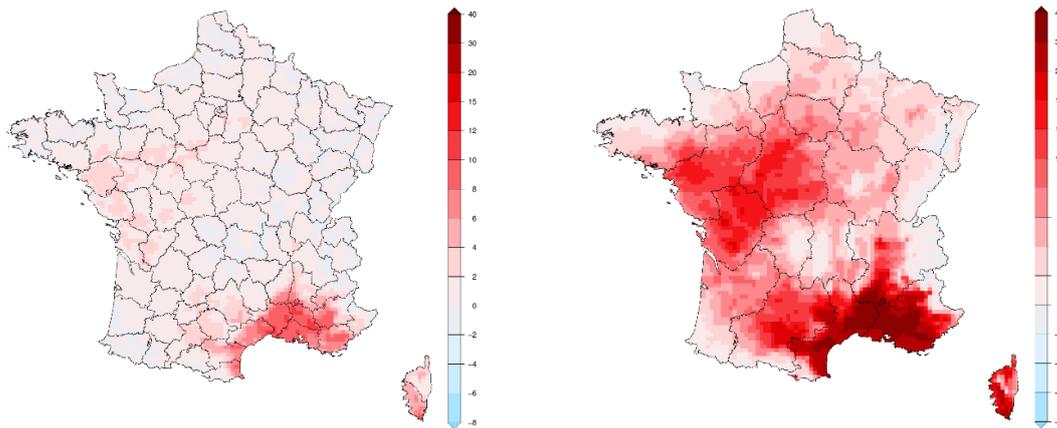


Figure 10 : Augmentation du nombre de jours avec un IFM > 40, RCP 8.5. Différence entre la période considérée et la période de référence. À gauche, horizon 2021-2050, à droite, horizon 2071-2100. Moyenne annuelle/médiane de l'ensemble (Données DRIAS-2020).

Au-delà du changement climatique, qui contribue à l'élargissement de la zone de danger vers le Nord de la France et intensifie le risque dans les régions actuellement affectées, il est également nécessaire de prendre en compte d'autres éléments constitutifs du risque d'incendie.

Croisement du danger météo et de l'occupation des sols

Le projet européen FirEUrisk se consacre à l'analyse conjointe de l'évolution du risque météorologique et des autres facteurs influençant le risque d'incendie, comme le montre la Figure 9, y compris les changements démographiques et la dynamique du couvert végétal. Bien que les résultats préliminaires ne soient pas encore finalisés, ils suggèrent que le risque d'incendie pourrait considérablement s'accroître, affectant non seulement l'Ouest de la France mais également l'Est.

Cette augmentation du risque est en partie due à la diversité de la composition forestière en France, qui varie d'une région à l'autre. À l'Est du pays, on trouve de vastes étendues de forêts résineuses, notamment dans le Jura, les Vosges et le Massif alpin. En général, les forêts résineuses sont plus vulnérables aux incendies que les forêts feuillues, car ces dernières retiennent mieux l'humidité, comme l'illustrent les Figures 11 et 12.



Figure 11 : Peuplement de feuillus dans l'Aisne (02) (source Warucene).



Figure 12 : Résineux dans le Loir et Cher (41) (source Warucene).

Les forêts de résineux, naturellement plus sensibles aux incendies, sont également affectées par d'autres conséquences du changement climatique, telles que les infestations de scolytes, entraînant un dépérissement significatif des arbres, comme l'illustre la Figure 13. Au cours de la dernière décennie, l'accroissement de la mortalité des arbres a atteint 54 %, selon les données de l'inventaire forestier national. Cette augmentation est attribuée à une fréquence accrue des épisodes de sécheresse ainsi qu'à la prolifération de ravageurs et de maladies depuis l'année 2016.



Figure 13 : Dépérissement de résineux attaqués par des ravageurs dans les Vosges (source Warucene, juillet 2023).

La sécheresse constitue un facteur déterminant pour la santé des forêts, les épisodes de dépérissement étant étroitement liés aux années de sécheresse extrême. Les périodes de sécheresse survenues ces dernières années, notamment en 2018, 2019, 2020 et 2022, ont causé d'importants dommages à diverses espèces d'arbres, telles que l'épicéa, le sapin, le pin sylvestre et le hêtre. Ces dommages sont observables tant chez les populations d'arbres situées en limite de leur aire climatique optimale que chez celles établies en plein cœur de celle-ci, comme le souligne l'Académie des Sciences (Académie des Sciences, 2023).

En outre, dans les peuplements feuillus un autre phénomène pourrait également accentuer le risque : les vagues de chaleur extrêmes. Lors de sécheresses prononcées, si les arbres à feuilles caduques subissent des températures de 35°C ou plus pendant plusieurs jours consécutifs, ils peuvent entrer en sénescence précoce, perdant rapidement leurs feuilles, un phénomène rapporté par Wu et ses coauteurs (Wu et al, 2022). Un tel événement s'est produit fin août 2023, après une canicule d'une semaine, affectant les chênes de la vallée du Rhône, comme indiqué dans la Figure 14. Si cette sénescence survient en début de saison estivale, elle rend les forêts particulièrement sensibles aux incendies lors des périodes de danger accru, en raison de l'accumulation de feuilles sèches.

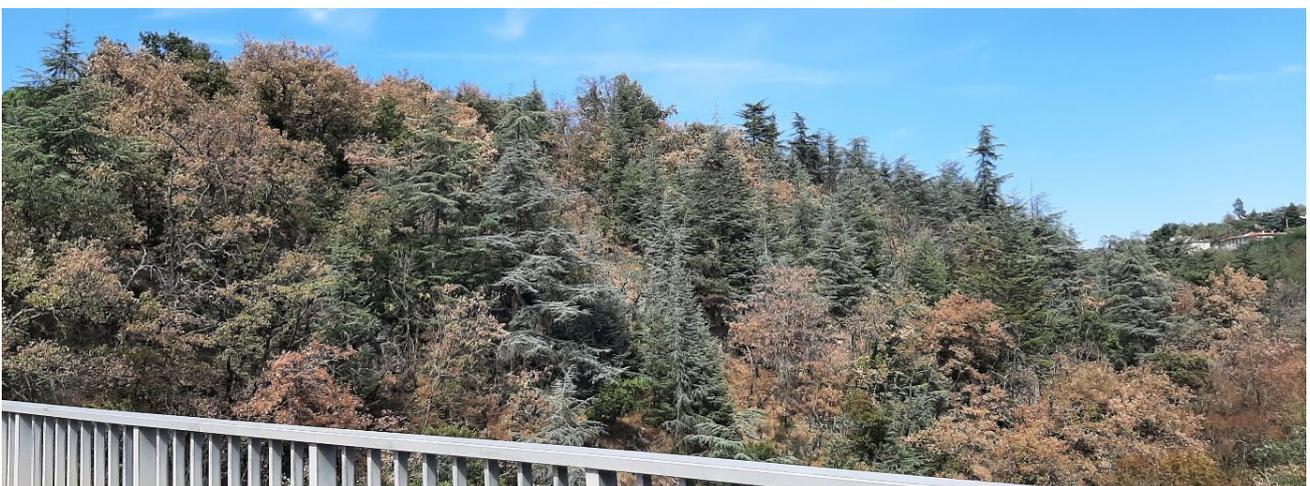


Figure 14 : Sénescence des chênes après une vague de canicule en Ardèche, (source Warucene, août 2023).

À RETENIR !

L'intensification du danger météorologique est prévue dans l'Ouest de la France, s'étendant du Sud jusqu'au Bassin parisien. Dans l'Est, la vulnérabilité des forêts résineuses à l'incendie s'accroît du fait de leur dégradation progressive. En conséquence, une hausse significative du risque est anticipée sur une large étendue du territoire national. Les Hauts-de-France, ainsi que certaines zones plus fraîches et plus humides, pourraient demeurer moins exposés pour une période plus longue.

La généralisation de la détection et du déploiement des solutions PANOPTÈS sur l'ensemble du territoire doit être anticipée.

2.4 Les incendies de forêt, quels enjeux financiers en France ?

Calcul du coût des incendies

L'évaluation du coût d'un incendie de forêt représente un défi complexe. Contrairement à certains pays, comme les États-Unis, où l'estimation des coûts de lutte et la valorisation des pertes sont effectuées en temps réel pendant les interventions (Boersma et al, 2014), en France, cette évaluation a tendance à être réalisée postérieurement aux opérations d'envergure.

Cette évaluation doit prendre en compte divers éléments, parmi lesquels :

- Le coût engagé pour les opérations de lutte contre l'incendie ;
- La valeur économique de la forêt détruite par les flammes ;
- La valeur des services écosystémiques que la forêt fournissait, tels que les loisirs, la séquestration du carbone, entre autres.

La dernière de ces composantes s'avère particulièrement complexe à intégrer en raison de l'absence de références fiables et établies.

À l'échelle européenne, le coût moyen d'un incendie de forêt en 2023 est estimé à 10 334 euros par hectare, selon San-Miguel-Ayanz (San-Miguel-Ayanz et al, 2023). Oehler (Oehler et al, 2012) a par ailleurs élaboré une carte détaillant les coûts de reconstitution des forêts post-incendie en fonction du type de végétation et de l'intensité des incendies (Figure 15).

Les coûts augmentent considérablement lorsque les incendies entraînent des pertes en vies humaines ou affectent des zones habitées. Par exemple, le coût total des incendies en Californie en 2017 a été évalué à 180 milliards de dollars, ce qui représente un coût moyen de 322 000 USD par hectare, d'après la Banque mondiale (The World Bank, 2020).

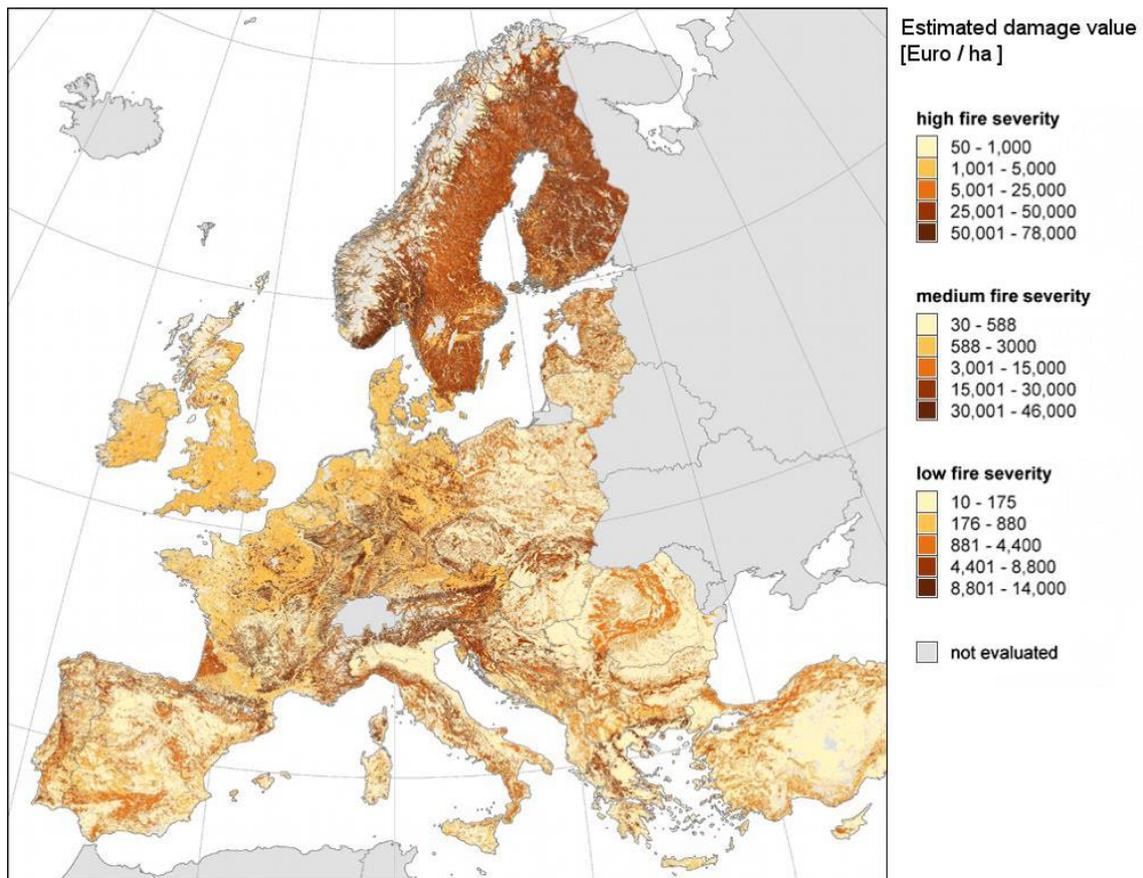


Figure 15 : Coûts de la reconstruction après un incendie selon l'intensité du feu (d'après Oehler et al. 2012).

Enjeux en France

En France, ainsi que dans d'autres pays, il est particulièrement complexe d'attribuer une valeur monétaire aux services écosystémiques tels que les loisirs, la conservation des ressources en eau et la préservation des sols. Cependant, il est reconnu que les forêts jouent un rôle crucial en séquestrant 15 % des émissions nationales de gaz à effet de serre.

Sur le plan économique, le secteur de la forêt et du bois génère un chiffre d'affaires de plus de 60 milliards d'euros et soutient près de 400 000 emplois au sein de 100 000 entreprises, selon les chiffres³ de la Fédération nationale du bois. De plus, avec 75 % des forêts appartenant à des propriétaires privés, la forêt constitue le troisième placement financier en France, après l'immobilier et les marchés financiers, d'après les informations fournies par Les Coopératives Forestières⁴.

³ Chiffres Clés - Fédération Nationale du Bois (fnbois.com)

⁴ La filière forêt bois en France - Les Coopératives Forestières (lescooperativesforestieres.fr)

Les forêts françaises sont majoritairement constituées de feuillus, qui représentent deux tiers des peuplements, tandis que le tiers restant est formé de résineux. Les taux de prélèvement les plus élevés pour les feuillus, notamment le chêne et le hêtre, se trouvent dans les régions du Nord et de l'Est. En revanche, pour les résineux tels que l'épicéa de Sitka, le Douglas et le pin maritime, ce sont principalement la Bretagne et la Nouvelle-Aquitaine qui affichent les taux de prélèvement les plus importants. Les régions Méditerranée et Corse montrent quant à elles des taux de prélèvement nettement inférieurs.

Dans ces dernières régions, bien que l'industrie forestière soit moins prévalente, l'économie touristique subit des conséquences directes et indirectes dues aux incendies :

- Directement, par les effets immédiats sur les touristes présents lors des incendies et les retombées médiatiques qui peuvent atteindre une couverture mondiale ;
- Indirectement, par l'altération progressive des paysages et de l'environnement, ce qui peut réduire l'attrait touristique de ces régions sur le long terme.

Jusqu'à présent, les incendies ont principalement affecté des zones forestières peu ou pas productives. Cependant, avec l'extension du risque d'incendie vers le Nord et l'Ouest de la France, des impacts économiques plus conséquents sont à craindre. De plus, la fréquence des incendies dans des écosystèmes non adaptés pourrait nuire à la régénération naturelle, entraînant un déclin des populations forestières et une dégradation de la qualité des sols.

Les incendies survenus en 2022 dans le département de la Gironde (33) offrent un aperçu des défis économiques associés à la gestion des forêts productives des Landes de Gascogne. Le coût de la lutte contre ces incendies a été estimé à 12 millions d'euros. Les propriétaires forestiers de la région pratiquent une rotation de 40 ans sur les parcelles plantées de pins des Landes, et la valeur marchande des peuplements affectés par le feu varie en fonction de leur âge, comme indiqué dans le Tableau 4. Bien que le coût par hectare impacté par l'incendie puisse être calculé, il est important de noter que la valeur des services écosystémiques perdus n'a pas été prise en compte dans cette estimation.

Il est également à noter que l'industrie forestière, particulièrement dynamique dans les Landes de Gascogne, a optimisé les coûts de reconstruction et a la capacité de valoriser les forêts touchées par le feu, même après un incendie majeur. Cette capacité n'est pas partagée par la plupart des autres régions, où le coût d'un incendie est inévitablement plus élevé en raison de la moindre préparation et de la capacité de valorisation post-incendie.

Tableau 4 : Détail du coût des incendies en 2022 en Gironde (données Association Régionale de Défense des Forêts contre l'Incendie ARDFCI Aquitaine).

Coût des incendies Gironde 2022	Coût (€) de la lutte, ramené à l'hectare (ha)	Perte de valeur marchande	Coût de la reconstruction et troubles de gestion	Coût total (€ / ha)
Valeur minimum	400 €	3 000 €	2 300 €	5 700 €
Valeur maximum	400 €	5 000 €	2 800 €	8 200 €

À RETENIR !

Il est essentiel de noter que le coût total minimum d'un incendie de forêt se situe autour de 10 000 euros par hectare, une estimation à laquelle doivent s'ajouter les pertes de services écosystémiques et de biodiversité, qui, bien que difficiles à évaluer, représentent une part significative du coût réel. Les implications financières en France sont considérables, surtout face à l'augmentation des zones forestières mal préparées aux incendies, qui sont maintenant sous menace.

2.5 Contexte des interfaces habitats-forêt

Quantification et localisation des interfaces

Les zones d'interface habitats-forêt, où les constructions humaines et la végétation inflammable se rencontrent, sont des points critiques en termes de risque d'incendie (Lampin-Maillet et al, 2008). Ces interfaces sont non seulement des points de départ potentiels pour les feux, mais elles subissent également les conséquences directes et les dommages liés aux incendies. C'est dans cette zone que la majorité des départs de feux sont constatés.

D'après l'étude la plus récente, datant de 2012 et se concentrant sur la région méditerranéenne française (Duché et al, 2014), il a été estimé que sur les 3,4 millions de bâtiments situés dans les départements méditerranéens, environ 1,55 million se trouvaient en forêt ou à proximité, et 475 000 étaient localisés dans des zones d'interface particulièrement sensibles aux incendies. Avec l'évolution du risque d'incendie, ces zones d'interface se sont déjà étendues et devraient continuer de s'élargir dans les années à venir. De plus, l'augmentation des constructions dans ces zones sensibles exacerbe le risque, comme l'ont démontré Fox et ses coauteurs (Fox et al., 2018), qui ont observé une augmentation de 5 % des interfaces en zone méditerranéenne entre 1990 et 2012.

Avec les avancées technologiques actuelles, notamment l'abondance des données satellitaires et la campagne LIDAR⁵ récemment effectuée par l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), il sera bientôt possible d'obtenir des informations actualisées et précises sur le nombre et l'emplacement des bâtiments situés à proximité des forêts. Ces données sont essentielles pour la lutte contre les feux de forêt et font l'objet d'un contrat d'expérimentation, comme indiqué sur le site presse.cnes.fr⁶.

Actuellement, d'après une étude réalisée à l'échelle européenne par Bar-Massada et ses coauteurs (Bar-Massada et al, 2023), la France compterait environ 65 000 km² d'interfaces habitat-forêt, ce qui représente 12 % de la superficie totale du pays (voir Figures 16 et 17).

⁵ Le LIDAR, acronyme de « Light Detection and Ranging » (en français : détection et télémétrie par la lumière), est une technologie de télédétection qui mesure la distance qui sépare le LIDAR d'un objet ou d'une surface. Cette mesure est effectuée en émettant un faisceau laser vers l'objet et en analysant la lumière réfléchi qui revient au capteur.

⁶ presse.cnes.fr | [Lutte contre les feux de forêt : un contrat d'expérimentation.](#)

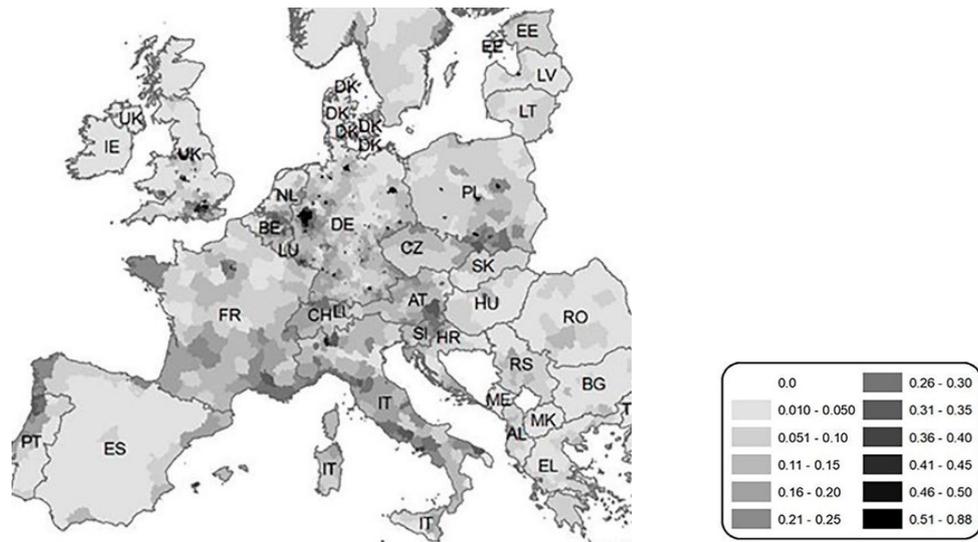


Figure 16 : Proportion d'interfaces habitat-forêt dans chaque zone NUTS-3 en Europe, selon Bar-Massada et al. (2023).

Dans l'étude mentionnée, les zones qualifiées d'« intermix » désignent des habitats isolés où plus de la moitié de la superficie dans un rayon de 500 mètres autour d'un bâtiment est couverte de forêt (Figure 18). Par contraste, les zones dites « interface » se réfèrent à des zones urbanisées qui se trouvent à moins de 600 mètres de massifs forestiers d'une superficie supérieure à 5 km² (Figure 19). Il faut toutefois noter les limites de cette étude qui considère toutes les formations forestières comme identiquement vulnérables à l'aléa incendie., sans distinction entre les différents types de forêts et leur susceptibilité variable à l'incendie.

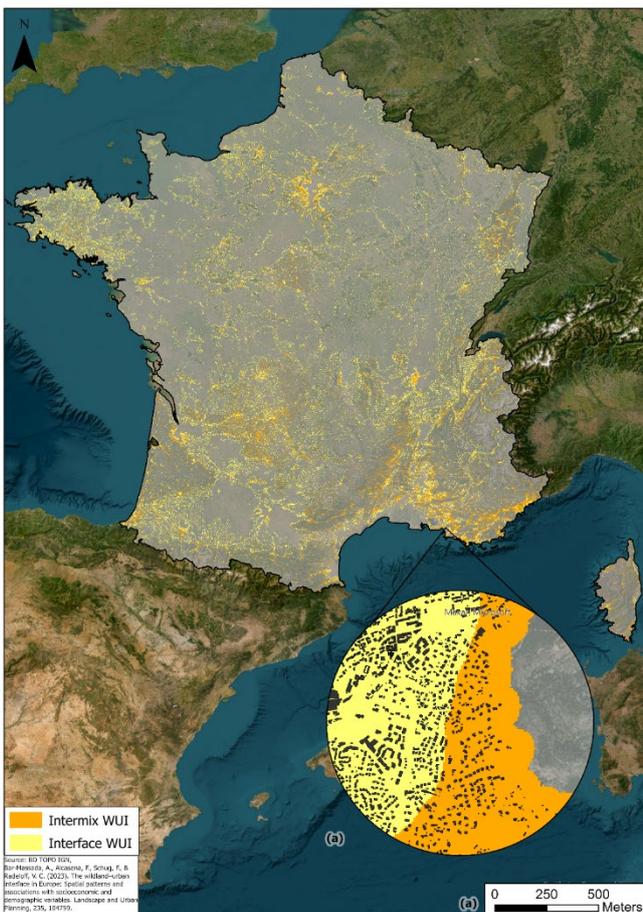


Figure 17 : Distribution en France des « intermix » et « interfaces » selon (Bar-Massada et al, 2023).



Figure 18 : Illustration de « l'intermix ».



Figure 19 : Illustration de « l'interface ».

En France métropolitaine, près d'un tiers de la surface du pays est occupé par des bois et des forêts, représentant 32 % de l'étendue totale du territoire. Ce taux de boisement place la France au quatrième rang en Europe, derrière des nations telles que la Suède, la Finlande et l'Espagne. La diversité des forêts françaises est remarquable, avec une variété d'espèces d'arbres (feuillus, résineux), des configurations de peuplements variées, allant de purs à mixtes, et des structures forestières allant de la futaie régulière à la futaie irrégulière, en passant par le taillis. Ces forêts contribuent à la régulation du climat et du cycle de l'eau, à la préservation des sols, et offrent des ressources en bois, ainsi que des lieux de loisirs et de patrimoine culturel.

2.6 Focus sur les feux de végétation agricole



Figure 20 : Feu de végétation agricole.

L'agriculture, quant à elle, domine plus de la moitié du paysage métropolitain. La répartition des sols en France, selon le MASAF (www.agriculture.gouv.fr) est la suivante :

- 37 % de terres arables ;
- 34 % de surfaces boisées ;
- 16 % de prairies permanentes ;
- 6 % de landes, friches, maquis et garrigues ;
- 7 % de zones artificialisées, telles que les zones urbaines et industrielles.

La France, avec ses forêts étendues et ses vastes terres agricoles, se trouve à un carrefour où l'équilibre écologique et économique est intimement lié à la gestion harmonieuse de ces deux types de paysages.

Tandis que les incendies de forêt suscitent des interrogations quant à l'évolution future du risque et aux stratégies de préparation nécessaires, l'impact des incendies de végétation, en particulier dans les zones agricoles, ne doit pas être sous-estimé.

La superficie actuellement touchée par les incendies de végétation est comparable à celle des zones boisées. Les coûts directs d'exploitation et d'aménagement d'un hectare agricole se situent entre 10 000 et 16 000 euros, selon les données recueillies auprès des Chambres d'agriculture régionales⁷. Cependant, à ce jour, il n'existe pas d'étude de référence évaluant le coût spécifique d'un incendie par hectare en zone agricole, bien que l'occurrence des incendies soit en augmentation et que leur impact économique devienne de plus en plus significatif.

À RETENIR !

Il est important de comprendre que la détection précoce des incendies ne doit pas se limiter aux forêts, mais doit englober l'ensemble du territoire, y compris les zones agricoles et les espaces naturels. Ces derniers, dans les années à venir, deviendront de plus en plus vulnérables aux incendies. Les conséquences potentielles de tels événements n'ont pas encore été pleinement évaluées, mais les coûts associés pourraient s'avérer tout aussi significatifs que ceux rencontrés en zones forestières. Actuellement, les interfaces entre l'agriculture et l'habitat ainsi que les exploitations agricoles ne bénéficient pas de mesures de prévention comparables à celles mises en place pour la DFCI.

Enjeux prioritaires

En France, le débroussaillage est une mesure essentielle pour la protection des zones où habitats et forêts se côtoient. Cette obligation légale de débroussaillage, qui concerne les structures situées à moins de 200 mètres des massifs forestiers à risque, est cependant souvent négligée, comme l'indique l'Office National des Forêts (ONF), chargé du contrôle dans le cadre de sa Mission d'Intérêt Général. En effet, l'ONF a constaté un taux de non-conformité de 60 % suite à 28 600 contrôles effectués entre 2017 et 2021, selon le retour d'expérience suite au feu de Gonfaron (Préfet du Var et al, 2023).

Les leçons tirées des incendies récents révèlent la fragilité des interfaces habitat-forêt. Par exemple, l'incendie survenu à Gonfaron en 2021 a entraîné la perte de deux vies humaines et causé des dommages importants à

⁷ Croisement des données : chambres-agriculture.fr et occitanie.chambre-agriculture.fr

plus de 300 habitations, certaines étant complètement détruites (Préfet du Var et al. 2023). Ce retour d'expérience montre que les habitations non débroussaillées sont trois fois plus susceptibles de subir des dommages internes que celles qui ont été correctement débroussaillées.

Des recherches, comme celles effectuées au Portugal après les incendies de 2017, ont également mis en évidence la vulnérabilité de différents types de structures en fonction des matériaux utilisés pour les toitures, les façades et les aménagements extérieurs (Ribeiro et al, 2020).

Il faut noter le rôle déterminant que peuvent jouer les compagnies d'assurance dans la sécurisation des interfaces bâties. Elles pourraient imposer des restrictions de construction dans certaines zones et exiger la réalisation correcte des OLD, ainsi que l'utilisation de matériaux de construction appropriés. En Californie, par exemple, les assureurs refusent de couvrir les habitations situées dans des zones à haut risque d'incendie, tandis qu'en Australie, des normes spécifiques telles que le « Bushfire Attack Level » sont requises pour garantir la résistance des bâtiments face aux brandons incandescents projetés lors d'incendies majeurs.

Enfin, il est essentiel de prêter une attention particulière aux structures non permanentes, notamment :

- Les **campings**, qui ont subi de lourds dommages lors d'incendies de forêt ces dernières années, comme à Martigues (13) en 2020, Gonfaron (83) en 2021, en Gironde (33) en 2022, et à Argelès-sur-Mer (66) en 2023. Dans chaque cas, l'évacuation totale a été cruciale pour éviter les victimes.
- La « **cabanisation** », un phénomène en expansion dans certaines zones, exacerbé par les difficultés croissantes d'accès au logement. Ces habitations précaires, souvent érigées sans autorisation dans des zones forestières ou en friche, abritent des populations vulnérables et sont généralement éloignées des points d'eau, ce qui complique leur protection en cas d'incendie.

Le projet européen WUITIPS⁸, une collaboration franco-espagnole, se concentre sur les « solutions de protection des infrastructures touristiques contre les incendies dans les zones péri-forestières » et vise à identifier les « Hot Spots » (points chauds) touristiques soumis au risque incendie d'espace naturel. Les études préliminaires soulignent l'importance de la géolocalisation précise des départs de feu et d'un suivi immédiat pour mettre en place des mesures de protection adéquates et efficaces, en particulier face à une population touristique souvent peu consciente du risque et susceptible de réagir de manière panique. Ainsi, la détection précoce des incendies doit impérativement être couplée à un suivi en temps réel de la propagation du feu pour être véritablement efficace.

À RETENIR !

Il est important de reconnaître que les interfaces entre habitats et forêts constituent un défi croissant. Des mesures de protection efficaces, telles que le débroussaillage et l'utilisation de matériaux de construction appropriés, sont essentielles pour atténuer les risques. Les compagnies d'assurance peuvent également jouer un rôle déterminant en soutenant ces efforts de prévention. Une vigilance accrue est nécessaire concernant les campings et les zones affectées par la « cabanisation », où des structures précaires peuvent être particulièrement exposées aux incendies. La capacité à détecter et suivre rapidement les départs de feu est un élément clé pour une intervention efficace et pour prévenir l'escalade de situations chaotiques en cas d'incendie.

⁸ WUITIPS : Wildland-Urban-Interface Fire Touristic Infrastructures Protection Solutions (<https://wuitips.org/>) - UCPM-2022-PP Projets de prévention et de préparation en matière de protection civile et pollution marine.

3. Solutions et projets majeurs développés à l'étranger

Cette section du rapport ne prétend pas couvrir de manière exhaustive toutes les solutions de détection d'incendies mises en œuvre à l'international, ni l'ensemble des technologies disponibles. Elle propose plutôt un éclairage sur la situation de plusieurs pays confrontés à la nécessité d'une détection automatique des départs d'incendie. Ces informations ont été collectées grâce à des entretiens non directifs, réalisés entre juin et septembre 2023 avec des interlocuteurs qualifiés, parmi lesquels des universitaires, des représentants de services publics et des membres d'associations (Tableau 5).

Ces discussions ont permis d'obtenir une vision claire et relativement exhaustive de l'historique, de la structure de gouvernance et des technologies utilisées dans quatre pays spécifiques : la Croatie, le Portugal, la Pologne et l'Allemagne. Les données recueillies sont exposées dans la première partie de ce chapitre.

Pour d'autres nations telles que l'Italie, l'Espagne, la Grèce, la Turquie, les États-Unis et l'Australie, les entretiens ont fourni des informations utiles, bien que moins complètes. En conséquence, les « fiches pays » relatives à ces pays sont moins détaillées.

Le dernier chapitre récapitule, sous forme de tableau, les principales technologies de détection identifiées au cours de l'étude. Plusieurs entreprises internationales, informées de cette étude, ont souhaité nous présenter leurs solutions. Ces entreprises sont citées dans le rapport (Tableau 6). L'une d'entre elles a transmis un document de synthèse produit par l'État d'Alberta au Canada, suite à un challenge organisé en 2022 pour évaluer l'efficacité de six solutions de détection fixes. Toutefois, ce document situé en annexe, ne doit pas être considéré comme un document officiel.

Tableau 5 : Entretiens avec des personnes qualifiées : universitaires, services publics utilisateurs ou associations.

Date	Nom	Institution	Pays	Contact
15/06/2023	Giovanni Fresu	Vigili del fuoco Service National d'Incendie	Italie	giovannifresu8@gmail.com
03/07/2023	Colleen Bryant	Australian National University	Australie	Colleen.Bryant@anu.edu.au
27/07/2023	Jan Kaczmarowski	Direction Générale des Forêts de Pologne	Pologne	jmkaczmarowski@gmail.com
02/08/2023	Georgios Eftychidis et Vassiliki Varela	Université Aristote de Tessalonique	Grèce	vassiliki.var18@gmail.com
29/08/2023	Detlef Maushake	Association WALDBRANTEAM	Allemagne	d.maushake@waldbrandteam.de
05/09/2023	Edgar Nebot	Service Incendie de Catalogne	Espagne	eneboth@gencat.cat
05/09/2023	Casey Teske	National Park service	Etats-Unis	casey_teske@nps.gov
05/09/2023	Jorge Gomez	VOST- Association des Volontaires pour le suivi digital des situations d'urgence	Portugal	jorge.gomes@vost.pt
08/09/2023	Pr Domingos Viegas et Miguel Almeida	Université de Coimbra Laboratoire de thermodynamique et d'ingénierie incendie (ADAI)	Portugal	xavier.viegas@dem.uc.pt
29/09/2023 et 09/10/2023	Pr Darko Stipaničev Et Ljiljana Šerić	Université de Split Département électronique & informatique	Croatie	dstip@fesb.hr
08/01/2024	Joshua Johnston	Natural Resources Canada Government of Canada	Canada	<a href="mailto:joshua.johnston@nrcan-
nrcan.gc.ca">joshua.johnston@nrcan- nrcan.gc.ca

Tableau 6 : Entretiens avec des sociétés privées.

Date	Nom	Institution	Pays	Contact
29/06/2023	Christopher Tylor	Société EXCI	Australie	info@exci.ai
14/09/2023	Adrian Cardil	Société Tecnosylva	Espagne et États-Unis	acardil@tecnosylva.com
18/09/2023	Wolfgang Weber et Christoph Schwenger	Société IQ Firewatch	Allemagne	<a href="mailto:christoph.schwengner@iq-
technologies.berlin">christoph.schwengner@iq- technologies.berlin

Le système de détection est géré par la compagnie nationale de télécommunication et de radiodiffusion OIV, sous la dénomination⁹ « OIV Fire Detect AI ». Les principaux utilisateurs publics de ce service, qui s'acquittent d'une redevance auprès de l'opérateur de télécommunications, incluent les services d'incendie et de secours, le ministère des Armées et, plus récemment, des offices gestionnaires de parcs nationaux. Chacun de ces services dispose d'un accès à une salle de contrôle dédiée aux caméras.

Le système est intégralement interconnecté à l'échelle nationale, avec une salle de contrôle présente dans chaque comté et une salle nationale située à Split pour coordonner les efforts des forces nationales et des unités militaires. Les images capturées sont conservées pendant sept jours pour les besoins des enquêtes policières, tandis que celles ayant déclenché des alertes de détection sont archivées pour toute la durée de la saison des incendies.

Technologies

La détection est optimale dans un périmètre de 10 km et demeure efficace jusqu'à environ 20 km. Le tableau de contrôle, conçu pour simplifier l'utilisation par les opérateurs, permet de visualiser simultanément plusieurs caméras. En cas de détection d'incendie, la localisation de l'événement est immédiatement géoréférencée sur une carte. Le système est également équipé d'un simulateur de propagation qui, en intégrant les données météorologiques, offre la possibilité de projeter le potentiel développement de l'incendie, comme illustré dans la Figure 21.

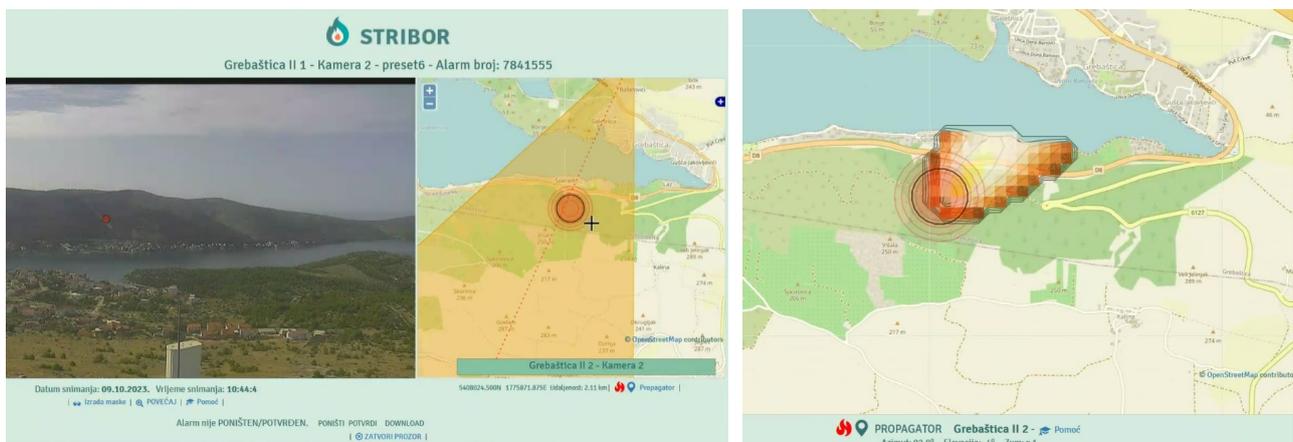


Figure 22 : Image, géolocalisation de l'alarme et simulation de la propagation.

Suite à une série d'expérimentations avec diverses technologies, le laboratoire de recherche de l'Université de Split a choisi de privilégier l'utilisation d'images capturées dans le spectre visible pour la détection des incendies, cette méthode ayant démontré une efficacité supérieure. En période estivale, les températures élevées de l'air rendent la différence de température avec la fumée moins marquée, ce qui complique la détection rapide des incendies par des moyens thermiques, comme le montre la Figure 22.

⁹ OIV Fire Detect AI | OIV digital signals and networks : <https://oiv.hr/en/services-and-platforms/oiv-fire-detect-ai/>.



Figure 23 : Fumée détectée dans le spectre visible (à gauche), non détectée dans l'infrarouge (à droite) (source : D. Stipaničev).

L'algorithme déployé pour le système de détection est programmé en langage C et fonctionne sous l'environnement Linux, offrant une stabilité remarquable sans défaillance recensée depuis son lancement. La prochaine version du système intégrera des fonctionnalités de Deep Learning¹⁰, renforçant ainsi ses capacités d'analyse et de reconnaissance. Conçu pour être sécurisé, le système est exclusivement accessible par l'entité qui le gère et n'est pas ouvert au public.

En résumé, ce système se distingue par sa robustesse, sa facilité d'utilisation, et a été conçu par une institution universitaire. Il est géré et exploité par une compagnie nationale de télécommunications.

Notions de niveau de conformité avec l'étude PANOPTÈS

Afin d'évaluer le niveau technique de chaque pays, face aux critères de l'étude PANOPTÈS, 6 niveaux de conformité sont proposés. Ces niveaux ne représentent pas la qualité des systèmes nationaux mais les points de comparaison avec les objectifs de l'étude.

CROATIE	<u>Conformité avec le concept PANOPTÈS :</u>
	<ul style="list-style-type: none"> - Détection précoce : assurée - Utilisation de l'intelligence artificielle : confirmée - Permanence de la détection : partielle - Gouvernance du système : échelle nationale - Détection globale sur le territoire : partielle - Méthode de suivi des feux : non spécifiée

¹⁰ Deep Learning (source dictionnaire Larousse) : Technologie basée sur des réseaux de neurones artificiels (en couches) permettant à une machine d'apprendre par elle-même, utilisée dans de nombreux domaines de l'intelligence artificielle (reconnaissance d'images, voiture autonome, diagnostic médical, etc.).

3.1.2 Pologne

Contacts

Jan Kaczmarowski occupe le poste de responsable national de la prévention et de la lutte contre les incendies au sein de la Direction Générale des Forêts de Pologne. Pour toute correspondance, il est possible de le contacter à l'adresse électronique suivante : jmkaczmarowski@gmail.com.

Historique

La Pologne possède un réseau historique de tours de guet forestières, avec environ 700 structures réparties sur son territoire. Face aux défis rencontrés dans les années 1970 pour recruter suffisamment de guetteurs, le pays a commencé à expérimenter l'utilisation de caméras en partenariat avec la société Smoke Detection (SmokeD). Malgré des progrès au début des années 2010, le système souffrait encore de nombreuses fausses alarmes.

Cependant, depuis 2018, des améliorations significatives ont été apportées, rendant le système nettement plus efficace, en particulier dans les zones de risque modéré qui manquent de surveillance humaine. Pour les zones à haut risque, la surveillance par des vigies humaines reste préférée, leur jugement étant considéré comme plus fiable que celui des dispositifs technologiques.

Cadre réglementaire et gouvernance

En Pologne, la grande majorité des forêts, soit 85 %, est de propriété publique et est directement gérée par la Direction Générale des Forêts. Selon la législation, cette Direction Générale a pour responsabilités spécifiques la surveillance des forêts, la détection des départs de feu et la gestion de la lutte contre les incendies. Les forêts privées, qui représentent 15 % des parcelles et qui sont généralement situées à proximité des forêts publiques, bénéficient également de la couverture du système de détection mis en œuvre par la Direction Générale.

La réglementation en vigueur détermine la densité requise des tours de guet, qui sont essentielles pour la détection des feux. Cette densité est établie en fonction du niveau de risque d'incendie auquel sont exposés les différents massifs forestiers. Le niveau de risque est réévalué tous les dix ans en prenant en compte divers facteurs, tels que les conditions météorologiques, le type de végétation, l'impact des activités humaines et l'historique des incendies, comme indiqué dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Densité des tours de guet en Pologne.

Niveau d'aléa	Densité des tours de guet	Observation
Fort	1 pour 1 000 ha	Tout point visible par 2 vigies ou plus
Intermédiaire	1 pour 2 000 ha	Tout point visible par 1 vigie ou plus
Faible	Variable	

La période des incendies en Pologne s'étend d'avril à septembre, durant laquelle le système de détection d'incendies est pleinement opérationnel. En fonction du niveau de risque évalué, les vigies humaines sont déployées pour assurer une surveillance accrue. La Direction Générale des Forêts, qui administre le territoire forestier du pays, est divisée en 17 régions et 400 districts, comme le montre la Figure 23. Chaque district est équipé d'un centre de coordination des ressources, qui, jusqu'à présent, a été responsable de la gestion des tours de guet. La société SmokeD, spécialisée dans les systèmes de détection d'incendies, suggère désormais de centraliser la gestion de ces tours au sein d'un centre national de coordination afin d'optimiser le processus de surveillance et d'intervention.

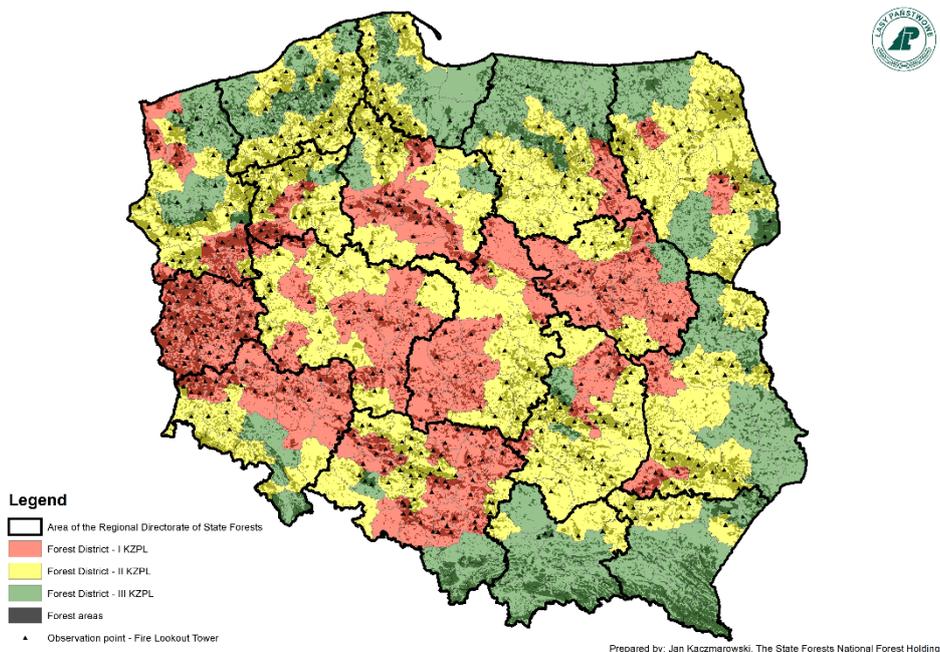


Figure 24 : Districts et position des tours de guet en Pologne.

Technologies

Le dispositif de surveillance et de détection des feux de forêt s'appuie sur un ensemble de ressources comprenant des tours de guet, des patrouilles terrestres et des missions de reconnaissance aérienne. Au cœur de ce dispositif, le réseau de tours de guet joue un rôle crucial.

Le réseau polonais compte environ 700 tours, dont la hauteur varie de 30 à 49 mètres, et chacune est équipée d'une cabine de guet à son sommet pour une surveillance optimale. Actuellement, 40 % de ces tours ont été modernisées et sont équipées de caméras automatiques de détection de deuxième génération, comme le détaille le Tableau 8. Ces caméras renforcent la capacité de détection rapide des départs de feu et contribuent à une surveillance plus efficace des espaces forestiers.

Tableau 8 : Caméras installées en Pologne.

Génération	Caméras	Traitement de l'image
1 ^{ère} génération	Caméras rotatives	Images envoyées sur un Cloud ¹¹ pour analyse
2 ^{ème} génération	4 caméras fixes par mât	Intelligence artificielle intégrée dans la caméra

¹¹ Cloud (source dictionnaire Larousse) : Informatique en nuage (cloud computing), modèle d'organisation informatique permettant l'accès à des ressources numériques dont le stockage est externalisé sur plusieurs serveurs.

La société SmokeD¹², basée en Pologne et présente sur le marché national depuis plusieurs décennies, détient une position dominante dans le domaine de la surveillance automatique des incendies. Elle a étendu son activité à divers pays en Europe, ainsi qu'en Amérique du Nord, en Amérique du Sud et en Australie. Récemment, SmokeD a commencé à distribuer son système en France par l'intermédiaire de la société FIREBREAK¹³, spécialisée dans la détection précoce et la géolocalisation des départs de feu en milieu naturel. FIREBREAK a participé à l'AMIN PANOPTÈS en 2023.

En résumé : Les forêts, majoritairement publiques et sous gestion centralisée, bénéficient d'une couverture étendue grâce à un réseau dense de 700 tours de guet. Cette infrastructure assure une détection efficace sur l'ensemble du territoire, avec une société polonaise qui monopolise le marché de la surveillance automatique par ce système.

POLOGNE



Conformité avec le concept PANOPTÈS :

- Détection précoce : **assurée**
- Utilisation de l'intelligence artificielle : **confirmée**
- Permanence de la détection : **partielle**
- Gouvernance du système : **échelle nationale**
- Détection globale sur le territoire : **partielle (forêts uniquement)**
- Méthode de suivi des feux : **non spécifiée**

¹² <http://www.smokedsystem.com/>

¹³ <https://www.firebreak.eu/>

3.1.3 Allemagne

Contacts

Detlef Maushake est le fondateur et président de l'association WALDBRANTEAM, une organisation dédiée à la formation et à la lutte contre les incendies de forêt en Allemagne. Il est joignable à l'adresse électronique suivante : d.maushake@waldbrandteam.de.

Historique

Depuis de nombreuses années, les États (Länder) du Nord de l'Allemagne sont équipés de tours de guet pour la détection des incendies. Dans les années 1980, ces tours, initialement dotées de vigies humaines, ont été progressivement équipées de systèmes automatiques de détection par caméras. La technologie a depuis connu des avancées, et de nouveaux modèles de caméras ont été mis en place.

Pour le moment, il ne semble pas y avoir de projet gouvernemental ni d'impératif pour le développement de nouvelles solutions de détection au-delà de celles déjà en service, malgré l'intérêt manifesté par des entreprises privées innovantes dans ce domaine.

Gouvernance

En Allemagne, la structure fédérale du pays confère à chaque Land le pouvoir de mettre en place sa propre législation forestière et sa propre stratégie de lutte contre les incendies. Actuellement, sept Länder, tous situés dans la partie nord du pays où le relief est principalement plat, sont équipés de systèmes de détection automatique par caméras, comme le montre la Figure 24.

Chaque Land en Allemagne dispose d'une ou de plusieurs salles de contrôle dédiées à la surveillance des incendies, qui sont habituellement gérées par les services forestiers locaux. L'activation de ces salles de contrôle dépend du niveau de risque d'incendie évalué dans la région.

Dans certains Länder, en complément des systèmes de caméras, des avions de reconnaissance sont utilisés pour surveiller les zones qui ne sont pas couvertes par la détection automatique. Ces avions sont équipés pour transporter un équipage composé d'un pilote, d'un expert forestier et d'un pompier.

Étant donné la densité de population relativement élevée dans ces régions, il est courant que les signalements d'incendies par des appels téléphoniques coïncident avec les alertes issues de la détection automatique.



Figure 25 : Les 7 États allemands dotés de détection automatique (source : IQ Firewatch).

Technologies

Les sept Länder allemands dotés d'équipements de détection automatique des incendies sont fournis par la société IQ FireWatch, accessible via le site <https://www.iq-firewatch.com/>. Cette technologie repose sur l'utilisation de détecteurs de fumée multispectraux et s'appuie sur des algorithmes conçus par le German Aerospace Center DLR, initialement développés pour la mission spatiale Rosetta dans les années 1990.

Les caméras installées sur les tours peuvent balayer une zone de 10 à 20 km et sont capables de rotation complète à 360 degrés. Les délais de rotation des caméras et les temps de détection associés sont précisés dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Délais de rotation et de détection.

Délais	Jour	Nuit
Délai de rotation 360°	4 à 6 minutes	9 à 12 minutes
Délai de détection	2 à 3 minutes	5 à 6 minutes

En résumé : Le système de surveillance automatique en Allemagne est caractérisé par l'exclusivité d'une entreprise allemande sur le marché. Cette société se distingue par l'utilisation d'une technologie avancée et sophistiquée pour ses équipements de détection.

<p>ALLEMAGNE</p>  <p>PANOPTÈS INNOVATION - DÉTECTION - SUIVI FEUX DE FORÊT</p>	<p>Conformité avec le concept PANOPTÈS :</p> <ul style="list-style-type: none">- Détection précoce : assurée- Utilisation de l'intelligence artificielle : confirmée- Permanence de la détection : partielle- Gouvernance du système : échelle locale- Détection globale sur le territoire : partielle- Méthode de suivi des feux : non spécifiée
---	---

3.1.4 Portugal

Contacts

Le Pr Domingos Viegas et le Dr Miguel Almeida, de l'Université de Coimbra, sont affiliés au Laboratoire de thermodynamique et d'ingénierie incendie (ADAI) et tiennent le rôle de coordinateurs pour le projet européen FirEUrisk. Ils sont joignables par e-mail à l'adresse suivante : xavier.viegas@dem.uc.pt.

Jorge Gomez occupe la fonction de Directeur opérationnel au sein de VOST, l'Association des Volontaires pour le suivi digital des situations d'urgence. Pour toute correspondance, sa messagerie électronique est jorge.gomes@vost.pt.

Historique

Entre 2000 et 2005, l'équipe dirigée par le Pr Viegas a évalué quatre systèmes automatisés de détection et de suivi d'incendies par caméra, comme documenté par Pita et ses coauteurs (Pita et al. L. P. C., 2006). Ces systèmes comprenaient le système CICLOPE de l'Institut INOV, un dispositif développé en interne par l'Université de Coimbra, ainsi que des systèmes proposés par des entreprises espagnoles et italiennes.

Au fil du temps, le système CICLOPE est celui qui a été le plus largement déployé, sans position monopolistique toutefois. Actuellement, la détection des incendies au Portugal repose sur une combinaison de solutions et de technologies diverses. Plus de 90 % des départs sont signalés directement par les citoyens. . En complément, le pays utilise des tours de guet avec des vigies humaines, un nombre croissant de caméras automatiques et des drones à longue autonomie. De plus, l'équipe du Pr Viegas continue de développer d'autres projets, dont un ballon/drone à haute altitude.

Les tragiques incendies de 2017, qui ont entraîné la mort de 120 personnes, ont provoqué une prise de conscience au niveau national et ont suscité une réévaluation de la gouvernance inter-services en matière de lutte contre les incendies.

Cadre et gouvernance

Au Portugal, la détection des incendies implique une variété d'acteurs, tant publics que privés. Parmi eux, les municipalités gèrent des tours de guet traditionnellement surveillées par des vigies humaines et qui s'équipent progressivement de caméras de détection automatique. En outre, la compagnie nationale d'électricité est en train d'étendre son parc de caméras de détection, passant de 10 à 100 dispositifs automatiques.

Indépendamment de l'opérateur, qu'il soit public ou privé, et de la technologie de détection utilisée, telle que le système CICLOPE ou autre, toutes les solutions sont reliées entre elles et coordonnées par un centre national de contrôle opéré sous l'égide de la Guarda Nacional Republicana, qui joue un rôle similaire à celui de la gendarmerie nationale, comme illustré dans la Figure 25.

La Guarda Nacional Republicana est également responsable de la définition des missions et des itinéraires de vol pour les drones à longue portée, qui sont gérés par l'armée de l'air. Le Portugal dispose de quatre bases aériennes, chacune équipée de deux ou trois drones.

Toutefois, un écueil de cette centralisation sous l'autorité de la Guarda Nacional Republicana a été signalé : les services d'incendie et de secours n'ont pas accès aux images prises par les drones, ce qui limite leur capacité à suivre l'évolution des incendies en temps réel.

En parallèle, diverses associations de volontaires actifs sur les réseaux sociaux, regroupées sous l'égide de VOST Portugal, collectent et organisent les alertes et informations provenant des citoyens. Ces données, une fois traitées, sont ensuite communiquées à l'Autorité Nationale de Protection Civile (ANEPC).

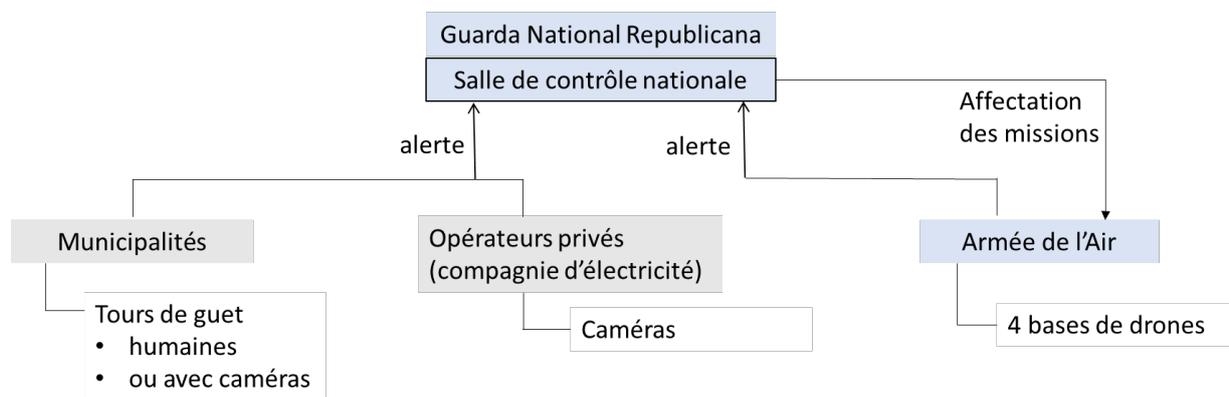
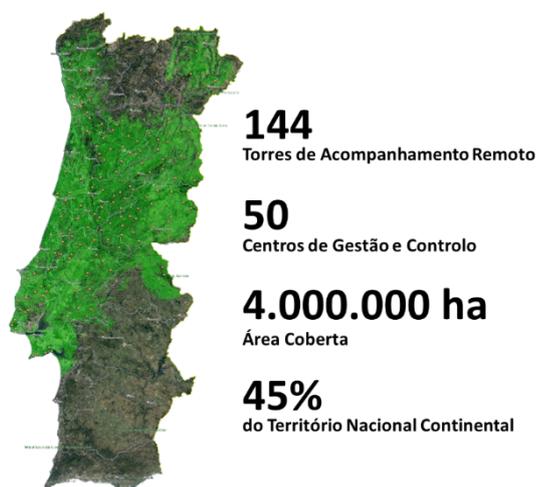


Figure 26 : Contrôle de la détection des incendies au Portugal.

Technologies

- Caméras de détection automatiques



Plusieurs systèmes de détection d'incendies sont opérationnels au Portugal. Parmi eux, le système CICLOPE de l'Institut INOV [CICLOPE](#) couvre 45 % du territoire national. Ce système utilise des caméras opérant dans les spectres visible et infrarouge et est capable de détecter des incendies dans un rayon de 20 km, comme l'indique ci-dessous la Figure 26.

Figure 27 : Couverture du système CICLOPE (source CICLOPE | INOV).

Le système développé par la société [Bee2fire](#) capitalise sur l'algorithme d'intelligence artificielle IBM Watson pour offrir une solution de détection automatique précoce des incendies à longue portée.

- Drones

Les drones opérés par l'armée de l'air ont une élongation supérieure à 6 heures et une capacité de vol de nuit. Leur trajectoire de vol est prédéterminée. Ils subissent les limites de vol liées aux conditions météorologiques : vent notamment.

- Ballon

Le projet « Eye in the sky », mené par Alexandra Moutinho de l'Institut d'ingénierie mécanique de Lisbonne et Miguel Almeida de l'ADAI à Coimbra, vise à créer un ballon destiné à l'observation et au suivi des incendies, dont les détails sont disponibles sur le site www.adai.pt/eyeinthesky. Ce projet, qui a atteint un niveau de maturité technologique, ou Technology Readiness Level (TRL), de 6, a pour objectif de surmonter les contraintes des drones aériens, telles que l'autonomie limitée et les conflits de niveau de vol avec les avions bombardiers d'eau. Le ballon est conçu pour atteindre une altitude de 12 000 à 15 000 mètres et fonctionner pendant 7 à 8 heures. Après cette période, un drone à voilure fixe, transporté par le ballon, continuera la mission avec un vol de 5 à 6 heures. De plus, le ballon est équipé d'un relai radio.

- Médias sociaux

VOST Portugal surveille activement les réseaux sociaux, en particulier X¹⁴, en utilisant des mots clés spécifiques pour détecter les alertes d'incendie. L'organisation s'est considérablement investie dans la création de ressources éducatives pour le public et dans l'organisation des informations collectées.

Le site web Fogos, disponible à l'adresse <https://fogos.pt/> et sous forme d'application mobile, fournit des données en temps réel sur l'emplacement et les détails des incendies au Portugal. Ces informations proviennent à la fois des autorités officielles et des rapports de citoyens, qui sont systématiquement vérifiés. Le système a été développé en open source, et ses données sont intégrées dans Google Maps pour une diffusion plus large.

VOST Portugal a mis en place une stratégie de communication « un à plusieurs » (« one-to-many ») pour la diffusion rapide d'informations critiques sur diverses plateformes de réseaux sociaux, y compris Telegram, X et d'autres canaux. Par ailleurs, il existe une collaboration étroite entre la communauté WAZE et VOST, permettant de restreindre l'accès aux routes présentant un risque en raison d'un incendie en cours.

En résumé : Le système de détection des incendies au Portugal a été significativement amélioré, avec l'intégration d'une gamme complète de solutions, incluant des tours de guet avec vigies humaines, des caméras de détection automatique, des drones et l'utilisation des réseaux sociaux pour la collecte d'informations. Toutes les alertes issues de la détection automatique sont centralisées par la Guarda Nacional Republicana, l'équivalent de la gendarmerie nationale.

PORTUGAL



Conformité avec le concept PANOPTÈS :

- Détection précoce : assurée
- Utilisation de l'intelligence artificielle : confirmée
- Permanence de la détection : assurée
- Gouvernance du système : échelle nationale
- Détection globale sur le territoire : partielle
- Méthode de suivi des feux : non spécifiée
- Interconnexion multi-systèmes/multi-technologies : assurée

¹⁴ Réseau social X, anciennement dénommé « Twitter ».

3.1.5 Espagne

Contact

Edgar Nebot est membre de l'Unité technique incendie de forêt GRAF du Service d'Incendie de Catalogne. Pour toute correspondance, il peut être contacté à l'adresse électronique suivante : eneboth@gencat.cat.

Développements

Dans les régions densément peuplées, les signalements d'incendies par téléphone contribuent à une identification rapide des feux. Parallèlement, les services de lutte contre les incendies exploitent aussi les informations issues des réseaux sociaux. En Catalogne, par exemple, une communauté dédiée à la surveillance des incendies sur Telegram compte 2 000 membres,. Les informations qu'elle partage, illustrées dans la Figure 27, sont examinées à la fois par les services d'incendie catalans et par les autorités forestières.

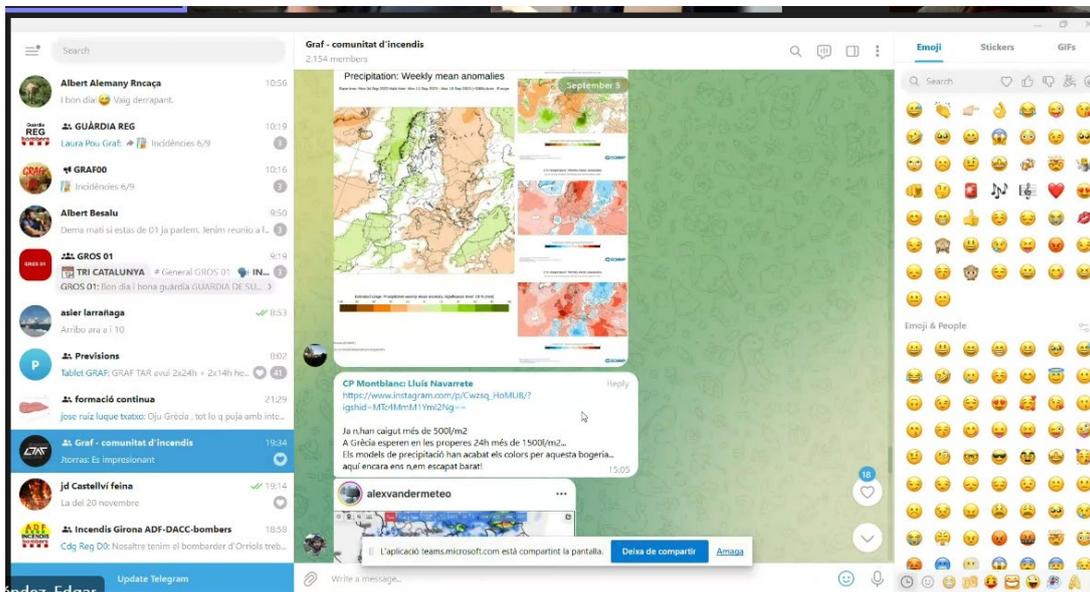


Figure 28 : Informations partagées sur Telegram en Catalogne.

Dans les régions rurales, les tours de guet traditionnelles avec surveillance humaine sont encore courantes. Cependant, certaines de ces tours ont été modernisées et sont maintenant équipées de caméras issues de la [solution XProtect](#), mise en place par l'entreprise danoise Milestone Systems, spécialisée dans les systèmes de gestion vidéo.

ESPAGNE	Conformité avec le concept PANOPTÈS :
	<ul style="list-style-type: none">- Détection précoce : assurée- Utilisation de l'intelligence artificielle : non- Permanence de la détection : partielle- Gouvernance du système : échelle locale- Détection globale sur le territoire : partielle- Méthode de suivi des feux : non spécifiée

3.1.6 Italie

Contact

Giovanni Fresu occupe le poste de conseiller technique national pour les feux de forêt au sein des Vigili del Fuoco, le service d'incendie en Italie. Pour toute correspondance, il peut être contacté par courrier électronique à l'adresse suivante : giovannifresu8@gmail.com.

Développements

L'Italie dispose traditionnellement d'un réseau de tours de guet avec surveillance humaine avec, par exemple, 282 tours en Sardaigne. La détection automatique reste limitée et se manifeste à travers des projets régionaux spécifiques. Deux initiatives ont été signalées :

- En Calabre, 17 tours situées dans des parcs nationaux ont été équipées de caméras en 2015 dans le cadre d'un projet européen (2015 - Roma - PON videosorveglianza (vigilfuoco.it) ; Sezione 1 (vigilfuoco.it) ;
- En Lombardie, un réseau de détection a également été mis en place.

À ce jour, il n'y a pas de stratégie nationale centralisée pour le déploiement de la détection automatique à travers l'Italie. Toute expansion future dans ce domaine sera probablement issue d'initiatives régionales.

<p style="text-align: center;">ITALIE</p>  <p style="text-align: center;">PANOPTÈS INNOVATION - DÉTECTION - SUIVI FEUX DE FORÊT</p>	<p style="text-align: center;"><u>Conformité avec le concept PANOPTÈS :</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Détection précoce : assurée partiellement (Provinces)- Utilisation de l'intelligence artificielle : non- Permanence de la détection : partielle- Gouvernance du système : échelle locale- Détection globale sur le territoire : partielle- Méthode de suivi des feux : non spécifiée
--	--

3.1.7 Grèce

Contacts

George Eftychidis et Vassiliki Varela sont affiliés à l'Université Aristote de Thessalonique. Pour toute correspondance, ils peuvent être contactés par courriel à l'adresse suivante : vassiliki.var18@gmail.com.

Développements

Le système de détection automatique ALGO, mis en œuvre dans les années 1990, est opérationnel sur plusieurs îles avoisinant Rhodes. En 2022, ce même type de détection a été étendu aux zones collinaires de l'Attique, près d'Athènes.

Actuellement, il n'existe pas de stratégie nationale unifiée pour la détection des incendies. Les responsabilités en la matière semblent être partagées entre les services forestiers et les services d'incendie, sans qu'une coordination claire ne soit établie. Par ailleurs, certaines initiatives locales de détection financées par des collectivités ont été laissées à l'abandon par manque de suivi en matière de maintenance. De même, un système développé par le groupe italien FIAT a été mis en place, mais n'est désormais plus en service.

Néanmoins, la Grèce bénéficie de plusieurs partenariats internationaux :

- La société SATWAYS représente en Grèce la solution [CICLOPE](#), développée par l'institut portugais INOV ;
- Le système allemand IQ FIREWATCH et le système sud-africain FIRE EYE font l'objet d'essais ;
- L'Observatoire National d'Athènes, en collaboration avec la NASA, travaille sur un service de suivi satellitaire des incendies ; ce service, toutefois, n'est pas orienté sur la détection.

<p>GRÈCE</p> 	<p><u>Conformité avec le concept PANOPTÈS :</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Détection précoce : non assurée- Utilisation de l'intelligence artificielle : non- Permanence de la détection : partielle- Gouvernance du système : échelle locale- Détection globale sur le territoire : partielle- Méthode de suivi des feux : partielle
--	--

3.1.8 Turquie

Contact

Orman Genel Müdürlüğü - OGM, équivalent de l'Office National des Forêts français.

Développements

La Turquie a développé depuis 2020, l'usage de la surveillance de massifs au moyen de drones longue élévation, grande autonomie sur les zones sensibles (drone ©Bayrakar TB2).

Forte de plus de 3 700 incendies détectés, elle annonce avoir réduit son délai d'intervention de 45 minutes à 11 minutes en 4 ans.

Les 6 drones utilisés disposent du potentiel de surveillance de 35 000 km² en 1 minute.



Figure 29 : Secteurs de surveillance des 6 drones.

<p>TURQUIE</p> 	<p>Conformité avec le concept PANOPTÈS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Détection précoce : assurée - Utilisation de l'intelligence artificielle : confirmée - Permanence de la détection : partielle - Gouvernance du système : échelle nationale - Détection globale sur le territoire : partielle - Méthode de suivi des feux : assurée
---	---

3.1.9 Etats-Unis (cas de la Californie)

Contact

Casey Teske occupe le poste de directrice de la recherche sur les incendies au sein du National Park Service, Fire and Aviation Management National Interagency Fire Center (Services des parcs nationaux, Centre national inter institutions d'incendie et de gestion de l'aviation). Pour toute correspondance, elle peut être contactée à l'adresse électronique suivante : casey_teske@nps.gov.

Développements

Depuis longtemps, les États-Unis disposent de tours de guet avec vigie humaine pour surveiller les forêts. Cependant, depuis le début des années 2000, des initiatives universitaires, principalement dans les États de l'Ouest, ont conduit à l'installation de systèmes de caméras automatiques pour la détection des incendies.

Parmi ces programmes, on peut mentionner :

- L'Université du Montana FireCenter - University Of Montana (umt.edu) ;
- L'Université de Californie à San Diego avec WIFIRE (ucsd.edu) ;
- Le consortium formé par les universités du Montana et de l'Oregon avec ALERT Wildfire.

Financés en grande partie par des partenaires privés, y compris des fournisseurs d'énergie (gaz, électricité), ces programmes offrent des données accessibles au public. Le site [Alert Wildfire](#), par exemple, permet de visualiser en temps réel les images prises par les caméras installées, comme le montre la Figure 29.

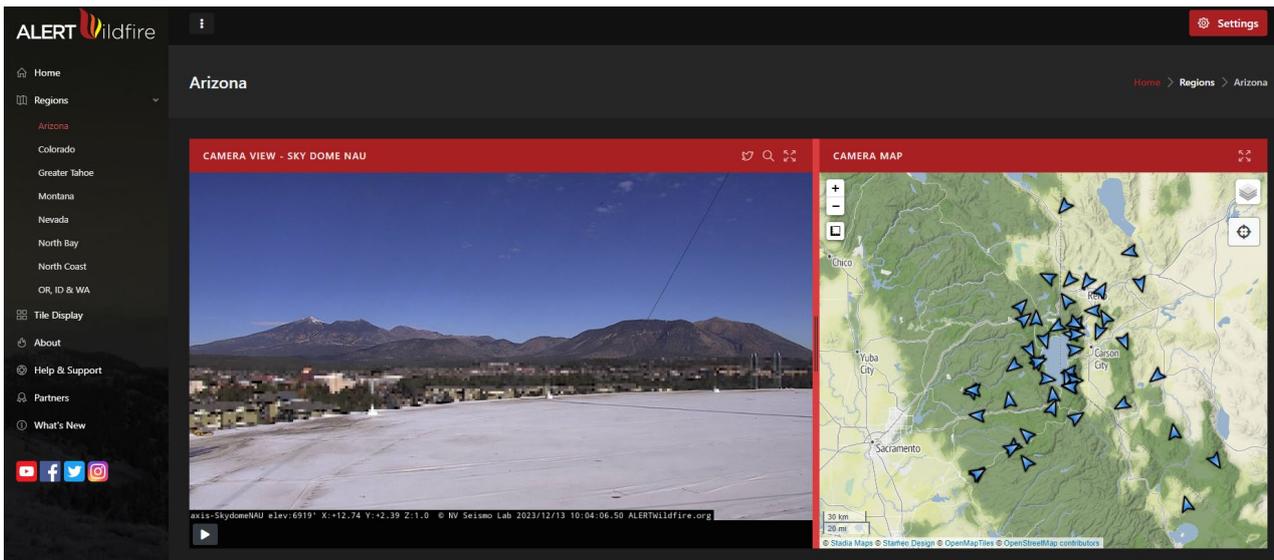


Figure 30 : Localisation des caméras et images accessibles sur le site Axis-SkyDomeNAU.

En Californie, où les ressources de détection sont parmi les plus avancées, des moyens aériens variés, tels que des drones, des avions et des satellites, sont utilisés pour la surveillance des incendies. Ces moyens mobiles d'observation sont gérés par un service militaire ; les détails opérationnels sont confidentiels. Lorsqu'un incendie est détecté, l'alerte est relayée au service d'incendie compétent.

Pour compléter la détection automatisée, les services d'incendie réalisent parfois des vols de reconnaissance, en particulier pour identifier les départs de feu causés par la foudre dans les zones moins densément peuplées du nord de la Californie.

<p>ÉTATS-UNIS (CAS DE LA CALIFORNIE)</p>	<p><u>Conformité avec le concept PANOPTÈS :</u></p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Détection précoce : assurée - Utilisation de l'intelligence artificielle : confirmée - Permanence de la détection : assurée - Gouvernance du système : échelle de l'État Californien - Détection globale sur le territoire : totale - Méthode de suivi des feux : assurée

3.1.10 Australie

Contact

Colleen Bryant est affiliée à l'Australian National University. Pour toute correspondance, elle peut être contactée par courriel à l'adresse suivante : Colleen.Bryant@anu.edu.au.

Développements

Si l'on considère l'Australie dans toute son étendue, le délai moyen de détection d'un incendie est aujourd'hui de 30 à 45 minutes.

Sur une grande partie du territoire, inhabitée et pour laquelle le feu doit continuer à faire partie du cycle naturel, il n'y a pas d'enjeu à diminuer ce délai. Sur une partie du territoire en revanche, essentiellement sur la côte Est où se concentrent les activités humaines, les enjeux sont présents.

Plusieurs initiatives sont en cours de développement. Elles sont portées par des universités, des services publics et des opérateurs privés.

Parmi les initiatives notables, on compte le ANU-OPTUS Bushfire Research Center of Excellence, financé par la compagnie de télécommunication australienne OPTUS et porté par l'[Australian National University \(ANU\)](#) en collaboration avec l'Université de Wollongong. Ce centre travaille conjointement avec les services publics de l'Australian Capital Territory, incluant ACT Parks et ACT Fire & Rescue Service, ainsi qu'avec le NSW Rural Fire Service, le service d'incendie de l'État de New South Wales.

L'objectif poursuivi est de pouvoir détecter en moins d'une minute et supprimer en moins de 5 minutes tout incendie causé par un impact de foudre au Sud du tropique du Capricorne. L'ANU développe à cette fin des drones pour vols nocturnes, des capteurs infrarouges non dispersifs et de l'intelligence artificielle pour le traitement des données. Ces efforts sont soutenus par le système « Athena », qui est conçu pour prédire les conséquences des incendies résultant d'impacts de foudre.

Le projet bénéficie de la technologie mise au point par [Fire Neural Network](#), une entreprise américaine spécialisée dans la détection des impacts de foudre et l'application de l'intelligence artificielle, ainsi que de l'expertise de l'Université de Floride.

Des missions de reconnaissance aérienne sont également menées par les services d'incendie publics après des orages, afin d'identifier les départs de feu dus à la foudre dans plusieurs États, notamment Victoria, le Territoire de la Capitale Australienne, la Nouvelle-Galles du Sud et le Queensland.

En Australie, notamment dans le Territoire de la Capitale Australienne (Australian Capital Territory), les tours de guet traditionnelles avec surveillance humaine sont complétées par l'introduction de caméras automatiques.

La société EXCI a élaboré une solution qui combine l'utilisation de caméras automatiques pour la surveillance des zones forestières denses avec l'exploitation d'images satellites pour la couverture des régions les plus éloignées. Le logiciel de reconnaissance d'images utilisé par EXCI est constamment perfectionné par une équipe dédiée de la société.

Actuellement, cette technologie surveille 310 000 hectares de plantations dans le Queensland et 2 millions d'hectares en Nouvelle-Galles du Sud (New South Wales). La société EXCI affiche des taux de détection des départs de feu de 66 % en moins d'une minute, de 95 % en moins de 5 minutes et de 100 % en moins de 10 minutes.

AUSTRALIE	<u>Conformité avec le concept PANOPTÈS :</u>
	<ul style="list-style-type: none">- Détection précoce : assurée- Utilisation de l'intelligence artificielle : confirmée- Permanence de la détection : partielle- Gouvernance du système : échelle nationale, par État- Détection globale sur le territoire : partielle- Méthode de suivi des feux : non spécifiée

3.1.11 Canada

Contact

Joshua Johnston est affilié au Natural Resources Canada, service gouvernemental canadien. Pour toute correspondance, il peut être contacté par courriel à l'adresse suivante : joshua.johnston@nrca-nrcan.gc.ca.

Développements

Le Canada consacre annuellement environ un milliard de dollars à la lutte contre les incendies de forêt. Cependant, les coûts indirects associés à ces incendies peuvent toutefois atteindre plusieurs milliards de dollars chaque année. Ces coûts supplémentaires incluent les pertes matérielles, les dommages causés aux infrastructures, les interruptions des activités économiques et industrielles, les coûts des évacuations, les dépenses de santé et les pertes économiques dans divers secteurs d'activité, y compris le tourisme, la sylviculture et l'énergie (source : www.asc-csa.gc.ca).

Il est important de prendre en compte les diverses initiatives mondiales en cours liées à l'utilisation des satellites pour le suivi des incendies. De plus en plus, les satellites sont envisagés comme un outil précieux pour les acteurs sur le terrain, leur offrant une vue d'ensemble et un suivi en continu des feux. Cependant, il est à noter que les projets annoncés sont souvent issus de pays dont la superficie et les stratégies de gestion des incendies diffèrent considérablement de celles de la France et de l'Europe de manière générale.

À titre d'exemple, le projet canadien GARDEFEU¹⁵ de l'Agence spatiale canadienne, vise à fournir un système satellitaire aux acteurs de la lutte contre les incendies de forêt d'ici à 2029. Avec un budget de plus de 150 millions de dollars canadiens, ce projet ne se concentre pas sur la détection ou le suivi en quasi-temps réel des fronts de feu, mais plutôt sur le suivi des émissions de fumées et de particules pour évaluer leur impact potentiel sur la santé publique. Les caractéristiques des incendies au Canada ne permettent pas l'adoption d'une stratégie similaire à celle mise en œuvre en France. Le projet canadien a également été conçu en tenant compte des budgets et enjeux futurs et de la prévision d'un doublement des surfaces brûlées dans les 25 prochaines années.

CANADA



Conformité avec le concept PANOPTÈS :

- Détection précoce : **partielle**
- Utilisation de l'intelligence artificielle : **confirmée**
- Permanence de la détection : **partielle**
- Gouvernance du système : **échelle nationale, par État**
- Détection globale sur le territoire : **partielle**
- Méthode de suivi des feux : **non spécifiée**

¹⁵ [La mission GardeFeu : améliorer la gestion des feux de forêt au Canada | Agence spatiale canadienne \(asc-csa.gc.ca\).](https://asc-csa.gc.ca/fr/mission-gardefeu)

3.1.12 Solutions internationales matures de détection

Le Tableau 10 répertorie diverses entreprises internationales proposant des solutions de détection des incendies ayant atteint un niveau de maturité technologique TRL 8 ou 9. De même, le Tableau 11 met en avant les solutions développées par des centres de recherche universitaires dans ce domaine. Ces tableaux offrent un aperçu des technologies avancées disponibles pour la détection et le suivi des incendies de forêt à l'échelle mondiale.

Tableau 10 : Solutions portées par des sociétés privées, par ordre alphabétique.

Sociétés	Pays	Solutions	Sites Web	Références et remarques
Bee2Fire	Portugal	Caméras automatisées Traitement IA	Bee2FireDetection- Long Range Early Automatic Fire Detection	
Bosch	Allemagne	Caméras	Soluções de detecção automática de incêndio da Bosch Bosch Security and Safety Systems Portugal	Acteur majeur de la captation d'images.
DRYAD		Réseau de capteurs IoT	Ultra Early Wildfire Detection Dryad Networks	Mesures de gaz. Délai de détection : 60 minutes.
EXCI	Australie	Caméras et images satellite Traitement IA	EXCI- Proven AI-powered Early Wildfire detection in minutes	63 millions d'hectares couverts en Amérique du Nord et Australie. Algorithme d'IA internalisée.
FIRE NEURAL NETWORK	États-Unis		Fire Neural Network	
INOV		Caméras automatisées Traitement IA	CICLOPE INOV	
IQ FIREWATCH	Allemagne	Caméras automatisées Traitement IA	IQ FireWatch	Solution utilisée depuis 20 ans. 180 capteurs en Allemagne. 24 millions d'ha couverts sur 4 continents. Détection fumée multispectrale. Mis en avant par le Wildfire Detection Challenge d'Alberta (rapport annexé).
MILESTONE	Danemark	Caméras de vidéosurveillance	XProtect® Milestone Systems video management system	Acteur majeur de la vidéoprotection urbaine. Pas de solution dédiée à la détection automatique des incendies.
OIB	Croatie	Caméras automatisées Traitement IA	OIV Fire Detect AI OIV digital signals and networks	106 caméras en Croatie. Algorithme développé par l'université de Split.
SMOKE D	Pologne	Caméras automatisées Traitement IA	Wildfire Detection Systems- Forest Fire & Smoke Automatic Detection- SmokeD (smokedsystem.com)	Monopole en Pologne. 250 caméras et 4 millions d'hectares couverts.

Les centres de recherche universitaires jouent un rôle clé dans le développement de technologies avancées pour la détection des incendies. Ces institutions apportent leur expertise scientifique et technique pour créer des systèmes de détection plus précis et réactifs, en intégrant souvent des innovations telles que l'intelligence artificielle et l'analyse d'images satellitaires. Ces travaux de recherche contribuent à l'amélioration des capacités de détection précoce des incendies.

Tableau 11 : Solutions portées par des centres de recherche universitaires.

Principale université	Pays	Nom	Site web
ANU Australian National University	Australie	ANU-OPTUS	ANU-Optus Bushfire Research Centre of Excellence Australian National University
Nevada, Reno & Oregon	Etats-Unis	ALERT Wildfire	Home ALERT Wildfire
UC San Diego	Etats-Unis	WIFIRE	WIFIRE HOME WIFIRE (ucsd.edu)

3.1.13 Bilan international

Le bilan international révèle une tendance générale des pays confrontés à des feux de forêt à mettre en place des systèmes de surveillance, certains pays ayant même développé des systèmes de détection avancés, à l'instar du Portugal. Cependant, l'approche entreprise par l'étude PANOPTÈS est actuellement considérée comme unique et novatrice, tant par son envergure que par ses objectifs.

À RETENIR !

Pour tous les pays concernés, l'objectif ne se limite pas à la détection ou la surveillance des incendies, mais, comme dans le cadre de l'étude PANOPTÈS, à la prédiction d'occurrence des départs de feux et d'expertise de ceux qui pourraient devenir incontrôlables et catastrophiques.

On comprend à travers ce tour international qu'une initiative telle que PANOPTÈS prend tout son sens lorsqu'elle est mise en œuvre à l'échelle nationale, tout en permettant la diffusion de certains de ses outils au niveau mondial pour assurer une cohérence technologique et une mutualisation des coûts. En outre, les technologies sont souvent traitées individuellement alors que PANOPTÈS promeut l'inverse, avec une gestion et une gouvernance centralisée.

Comparaisons des solutions internationales face aux spécifications de l'étude PANOPTÈS.

Critères	Croatie	Pologne	Allemagne	Portugal	Espagne	Italie	Grèce	Turquie	Californie	Australie	Canada
Détection précoce	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	☹️
Utilisation de l'IA	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Permanence de la détection	☹️	☹️	☹️	✓	☹️	☹️	☹️	☹️	✓	☹️	☹️
Gouvernance nationale du système	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Détection globale sur le territoire	☹️	☹️	☹️	☹️	☹️	☹️	☹️	☹️	✓	☹️	☹️
Méthode de Suivi des feux	✗	✗	✗	✗	✗	✗	☹️	☹️	✓	✗	✗
Interconnexion multi-systèmes et multi-technologies	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Légende :

- ✓ Détection précoce conforme
- ☹️ Détection précoce partielle
- ✗ Détection précoce non conforme

4. Étude PANOPTÈS

4.1 Présentation de l'étude PANOPTÈS

L'étude PANOPTÈS se définit par une approche visant à atteindre les objectifs fondamentaux suivants :

- La détection des départs de feux dans les plus brefs délais, en moins de 5 minutes ;
- Le suivi continu de l'évolution des incendies, avec une mise à jour des données toutes les 20 minutes au maximum ;
- L'archivage des données recueillies dans un format standardisé, facilitant leur utilisation future pour des analyses statistiques et des prédictions opérationnelles.

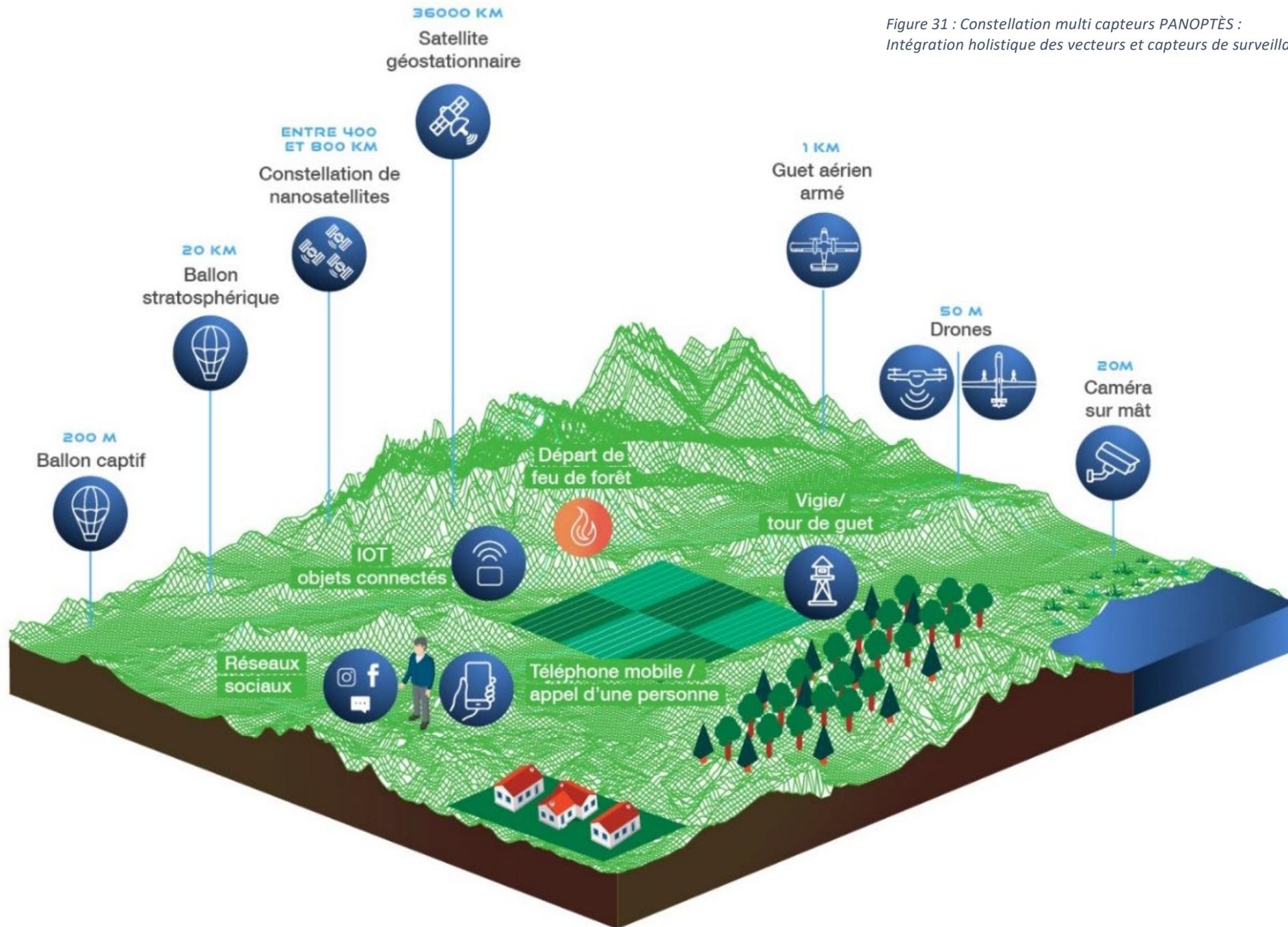
Le processus d'Appel à Manifestation d'Intérêt National est détaillé dans l'annexe 4, où sont exposés la méthodologie et le cahier des charges techniques. Les soumissions et les résultats de l'AMIN sont abordés dans l'annexe 5.

À RETENIR !

Sans la démarche de l'AMIN, le rapport PANOPTÈS n'aurait pas pu fournir un aperçu aussi complet de l'état technologique et industriel français actuel sur le sujet. Par ailleurs, grâce à cette méthodologie et à cette approche axée sur la communication, de nombreux acteurs complémentaires ont inclus dans leurs appels à projets, leurs programmes de subventions et leurs propositions de recherche, des éléments fonctionnels dérivés de l'étude PANOPTÈS.

Les Figures 30 à 32 illustrent l'étude PANOPTÈS, envisagé dans sa globalité. Ces représentations graphiques ont été conçues pour faciliter la compréhension des composantes clés de l'étude PANOPTÈS et pour aider les parties prenantes à visualiser comment les différentes technologies peuvent s'articuler pour répondre aux besoins opérationnels. Elles guident également la réflexion stratégique lors de la réponse aux appels d'offres et lors de l'adressage des défis techniques, confirmant le caractère avant-gardiste et la portée innovante de PANOPTÈS dans le domaine de la sécurité civile et de la prévention des incendies de forêt.

Figure 31 : Constellation multi capteurs PANOPTÈS :
Intégration holistique des vecteurs et capteurs de surveillance.



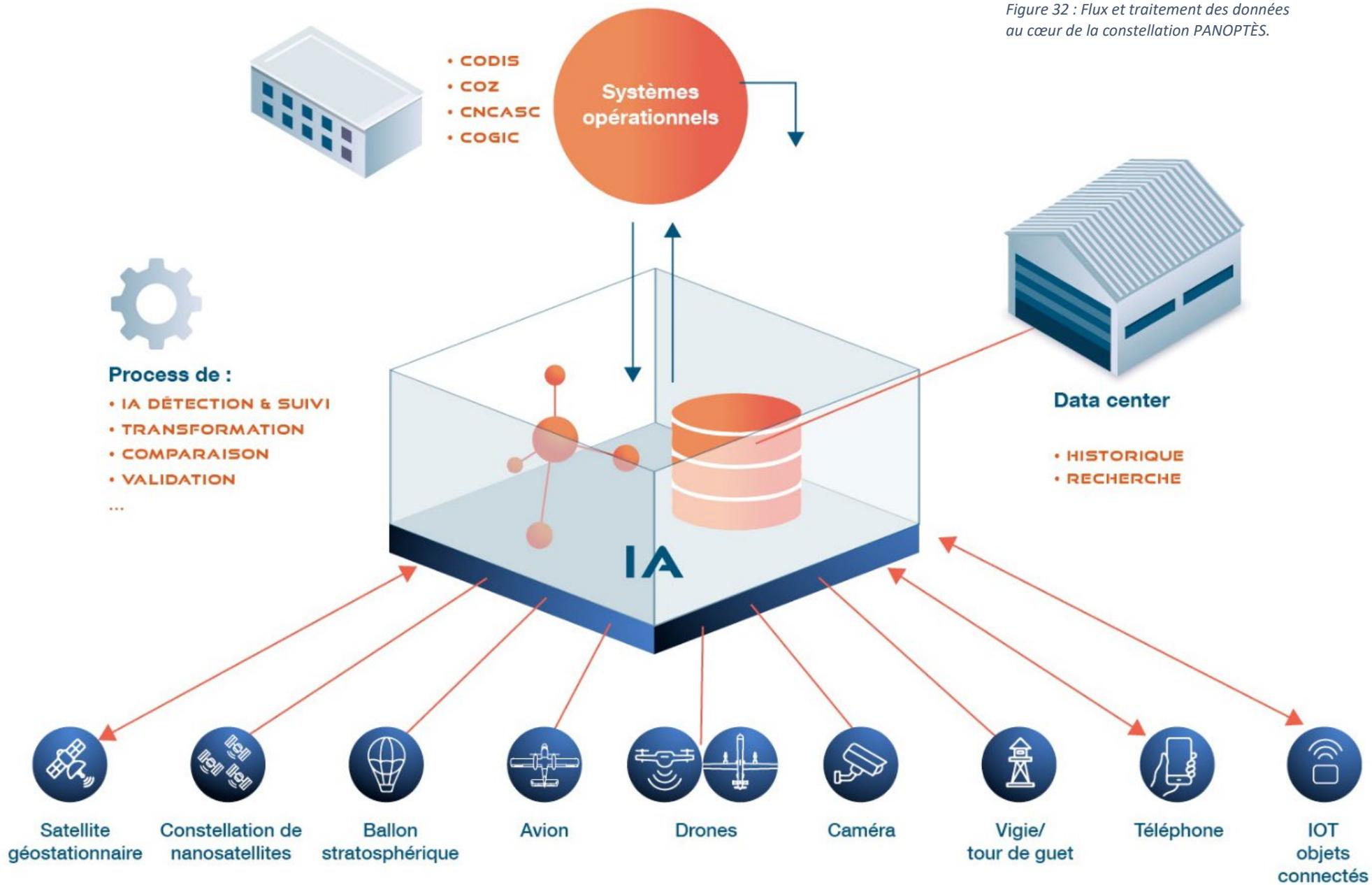


Figure 32 : Flux et traitement des données au cœur de la constellation PANOPTÈS.

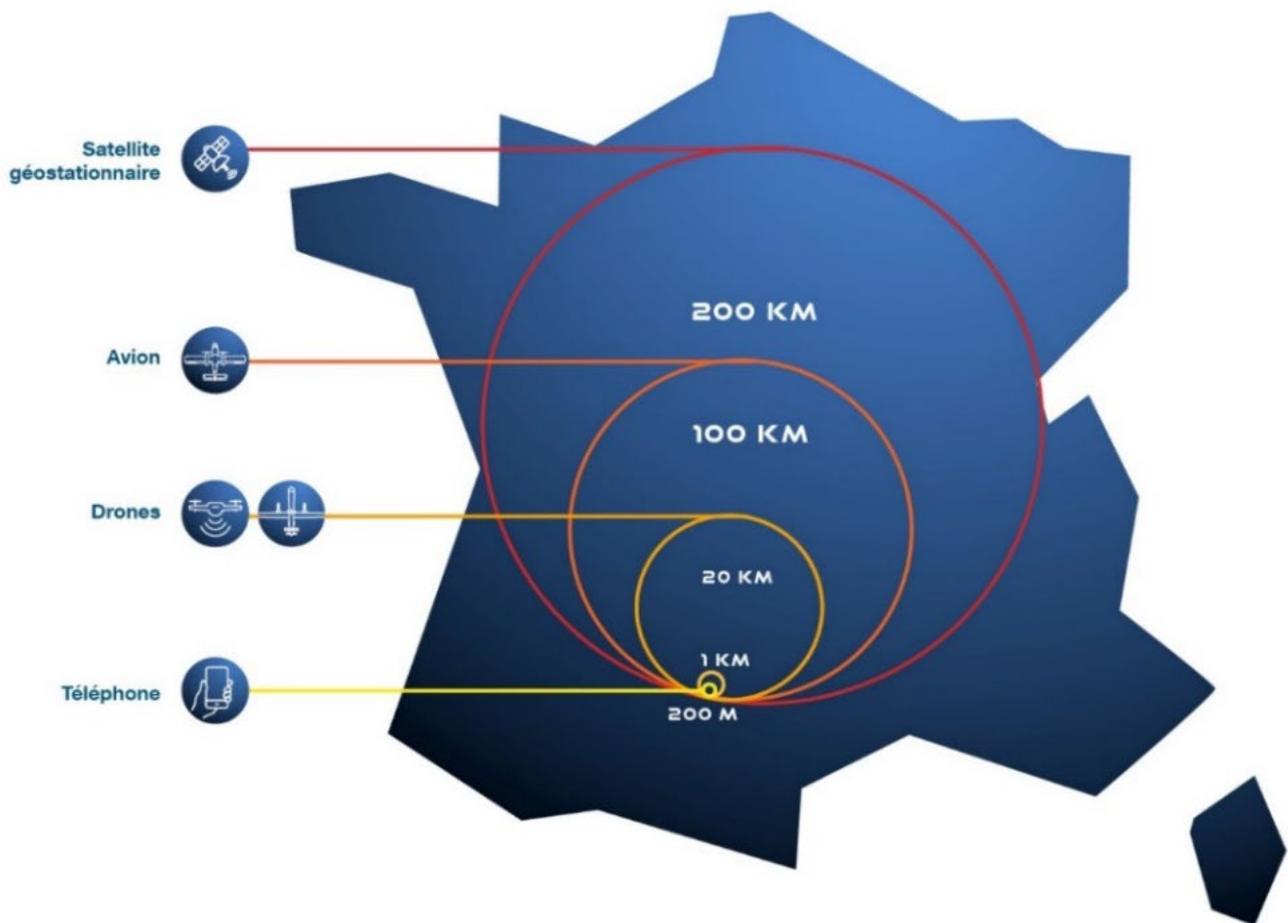


Figure 33 : Cartographie des zones de couverture par technologie, rayons d'action des capteurs et vecteurs.

Ces schémas servent de référence fondamentale, offrant une représentation visuelle des composantes et de l'architecture du système de l'étude PANOPTÈS.

À la suite de l'Appel à Manifestation d'Intérêt National pour l'étude PANOPTÈS, 121 structures ont manifesté leur intérêt, parmi lesquelles 70 structures françaises ont soumis leur dossier de candidature. Après la phase de sélection, 21 projets ont été retenus comme lauréats. Certains de ces projets ont été présentés en consortium, ce qui a conduit à un total de 64 structures distinctes étant désignées comme lauréates. Ces informations sont détaillées dans le Tableau 14.

Tableau 12 : Projets et structures lauréates de l'AMIN.

Projet N°	Nom du projet	Structures porteuses
1	ACV 24	DEVISUBOX
2	ALESIA	Cloudskeyes - Magellium
3	CANOPEE	Airbus DS - HD Rain - MidGard - OneWeb - SCC - XXII
4	CROWD4FIRE	BRGM - Nunki
5	Détection des feux par aéronefs	First Light Imaging - Merio - Thales Groupe - UAD-Aéroservices
6	DEWS	Nimesis Technology
7	DPSI	A2S - EONEF - Icube - SERTIT - IGO - Midgard
8	DRIF	Aria firefighting - AzurIA - LIS Toulon - Drone Geofencing - Signalert
9	ELLIOT	IRT Saint Exupéry
10	EPHAÏSTOS	Delair - AzurIA - CS GROUP - DIGINOVE - Prométhée - Paratronic
11	FC MSGU FDF	FIRE CHASER
12	Fire Eagle	Menaps
13	GOFF	Midgard - SCC
14	GOS-STK 4 FIRE	ORAMA System - Global Smart Rescue - SCALIAN SAS - Kinéis - SYLVIACARE - Telespazio France
15	InVIA	ELECTRIC BRAIN
16	PROLIPSI-P	EONEF - ATEM - BOREAL - SYT - LTU - MAGELLIUM - MERIO - VDSYS - ORBITICA - PRIMUS - VODEA

Projet N°	Nom du projet	Structures porteuses
17	PYRONEAR	PYRONEAR
18	SYLVANS	Orange Business- Orbital Solution Monaco- ACRI-ST- DIGINOVE
19	Thales DRS system	Thales Alenia Space- Thales- Thales AVS- Thales SIX
20	VGF	Delair - Elistair - ELLONA - INRIA - KINEIS - Paratronic - Pixstart - Signalert - CS GROUP
21	VIGIPYRO	Alcatel Lucent Entreprise- Asman Technology- Avion jaune- Elistair- Global Smart Rescue- H3 Dynamics- Instadrone- Midgard-AI- Paratronic - CS Group France - Prométhée New Space

Catalogue numérique PANOPTÈS

Le QR code ci-dessous permet un accès immédiat à la version numérique du catalogue PANOPTÈS (97 pages), fournissant un aperçu exhaustif des innovations et des systèmes retenus.



4.1.1 Les premières conclusions issues de l'AMIN

De nombreuses propositions à large spectre de couverture du besoin

Les résultats de l'AMIN pour l'étude PANOPTÈS ont révélé une couverture des besoins bien au-delà des attentes initiales. Près de 30 % des propositions ont montré l'ambition de répondre à l'ensemble des fonctionnalités requises par le projet, en formant des consortiums à la fois larges et complémentaires. Ces propositions se sont révélées diverses, allant de briques technologiques élémentaires (pour l'immense majorité utilisées aussi dans un consortium), à des systèmes complets, bien articulés et cohérents, visant à couvrir l'intégralité des fonctionnalités et conçus pour fournir une solution exhaustive.

Cependant, il est apparu que, malgré le nombre et la qualité des propositions, aucune d'entre elles n'a atteint à ce stade le niveau de maturité technologique (TRL) requis pour garantir la totalité des performances attendues, qui sont particulièrement exigeantes. De même, la viabilité économique à long terme de ces

solutions n'a pas été démontrée. Ces constatations soulignent l'existence d'un **défi industriel, organisationnel et financier majeur** qui devra être relevé dans la poursuite du développement de PANOPTÈS.

À RETENIR !

Pour avancer, il sera essentiel d'entreprendre un travail approfondi pour valider et intégrer les solutions proposées dans les systèmes opérationnels existants des SIS. Ce travail comprendra la mise en place d'essais réalistes, l'articulation des appels d'offre autour de briques technologiques interopérables et la constitution de jeux de données certifiés pour l'entraînement des algorithmes d'intelligence artificielle, adaptés aux différents scénarios envisagés par PANOPTÈS. En outre, l'État et ses services ministériels devront assurer la Gouvernance d'un projet de type conceptuel sur une durée potentiellement longue, liée à l'émergence et la prise de maturité des technologies nécessaires.

Une grande diversité dans la maturité des solutions proposées

La diversité des niveaux de maturité des technologies présentées dans le cadre de l'AMIN pour l'étude PANOPTÈS reflète les multiples facettes du défi technologique à relever. Pour répondre de manière exhaustive aux besoins définis, il est nécessaire de s'appuyer sur un éventail de systèmes et de technologies complémentaires.

Certains produits sont déjà opérationnels et ont été largement adoptés par les SIS (caméras de surveillance et de détection notamment), témoignant de leur efficacité et de leur intégration réussie dans les pratiques existantes. Cependant, d'autres technologies présentent un degré de maturité plus faible, nécessitant des développements supplémentaires et des processus de validation rigoureux avant de pouvoir être déployées.

La **coordination efficace** des technologies pour créer une solution complète répondant à toutes les exigences de l'AMIN reste un **enjeu majeur**. À l'heure actuelle, l'interopérabilité native entre les technologies n'existe pas, principalement en raison de l'absence d'un référentiel commun. Des aspects tels que la définition standardisée d'une alerte, la redondance dans les méthodes de levée de doute, et la normalisation des formats de sortie des données restent à établir. De plus, la maturité globale des systèmes intégrés est souvent jugée insuffisante, nécessitant un travail conséquent de validation et d'intégration au sein des dispositifs opérationnels des SIS. Actuellement, une alerte émise par un système de caméra requiert une double saisie dans les outils d'alerte et de gestion opérationnelle, entraînant diverses compétences potentielles.

Pour atteindre l'objectif fixé, il sera nécessaire non seulement de valider techniquement chaque solution individuelle, mais aussi de garantir leur interopérabilité pour une mise en œuvre cohérente et performante. L'ambition est de créer une « Smart-Constellation » de technologies qui, collectivement, fourniront une capacité de détection et de suivi en temps réel des incendies de forêt et d'espaces naturels sur l'ensemble du territoire national, en temps réel et sans levée de doute.

À RETENIR !

La création d'un référentiel PANOPTÈS est impératif pour coordonner l'action des fournisseurs de solution. Le contrôle et test des dites solutions nécessitent un processus d'évaluation qui sera d'ordre technique, sécuritaire, de maintenabilité et d'employabilité.

Les points faibles relativement communs aux différentes propositions

Parmi les propositions reçues, certains points faibles communs ont été identifiés, reflétant des domaines nécessitant une attention particulière pour aligner les solutions technologiques avec les besoins opérationnels.

L'intégration opérationnelle a révélé une certaine décorrélation des solutions (techno push) avec les attentes des utilisateurs. Cette situation, bien que normale à ce stade du projet, souligne la nécessité d'un dialogue approfondi entre les opérationnels, les développeurs de systèmes et les technologues. Un accent particulier doit être mis sur la validation de la qualité de détection et de suivi offerte par les technologies proposées et sur leur intégration dans les processus opérationnels des SIS.

La question de la dualité entre les exigences locales et nationales a également été soulevée, avec des difficultés à assurer la « scalabilité » des solutions. La scalabilité, également connue sous le terme d'évolutivité, fait référence à la capacité d'un système, d'une architecture réseau ou d'une application à s'adapter et à gérer efficacement une augmentation de la charge de travail ou à étendre sa capacité opérationnelle. Cela peut impliquer d'augmenter les ressources matérielles, comme le nombre de serveurs ou la puissance de calcul individuelle (scalabilité verticale), ou d'ajouter plus de machines au système (scalabilité horizontale) pour répondre à une demande croissante sans compromettre la performance ou la qualité du service. Ce changement de capacité du système est à la fois à prévoir du côté technique qu'à l'échelle territoriale. Cette double scalabilité implique une ingénierie financière innovante et multi niveau. Si l'État pouvait s'impliquer financièrement sur l'échelle nationale, les territoires et leurs établissements publics pourraient prendre en charge les solutions à portée plus réduite. L'objectif étant que chaque solution soit compatible avec le concept PANOPTÈS.

Dans le contexte de l'AMIN, il a été observé que certaines solutions proposées sont spécifiquement conçues pour des zones à risque élevé et pourraient être envisagées pour une réplification à l'échelle nationale. Cependant, une telle stratégie est inadéquate, car une solution efficace à l'échelle locale peut ne pas être viable ou économiquement faisable lorsqu'elle est appliquée à l'ensemble du territoire. Cette approche est donc à proscrire car absolument incohérente. Par exemple, l'utilisation de capteurs IoT tous les km², à un coût unitaire abordable (60 € pièce) est intéressante à déployer dans une zone sensible d'un parc naturel (ex. : 200 km² soit 12 000 €), mais inapplicable à grande échelle !

En ce qui concerne l'intelligence artificielle (terme générique utilisé pour couvrir un champ allant de l'algorithmie aux réseaux de neurones en passant par le Deep Learning, en particulier pour la détection de feux et fumées dans des données de type image ou vidéo), bien que de nombreuses propositions fassent appel à cette technologie, il existe un manque de détails concernant la caractérisation et la certification des systèmes d'IA.

À RETENIR !

La création de bases de données de référence, adaptées aux différents scénarios de l'étude PANOPTÈS, représente une phase essentielle qui n'a pas été pleinement traitée par les fournisseurs de solutions. Ces insuffisances mettent en évidence la nécessité de mettre au point des méthodologies pour tester et confirmer la performance des solutions d'intelligence artificielle, spécifiquement dans le cadre de la détection et du suivi des incendies.

Pour surmonter ces défis, il sera essentiel d'engager des efforts concertés pour améliorer la maturité opérationnelle des technologies, définir des cadres opérationnels clairs et élaborer des jeux de données robustes qui permettront d'évaluer avec précision les performances des solutions d'IA. Cela nécessitera une collaboration étroite entre toutes les parties prenantes, un organe de Gouvernance et de suivi, y compris les acteurs industriels, les centres de recherche et les utilisateurs finaux.

4.1.2 Évaluation des qualités des solutions de captures sur critères (vecteurs), après tests ou études

Les technologies proposées dans l'AMIN ont été évaluées selon plusieurs critères essentiels, tels que la durée de traitement des données, la fiabilité de la détection, la précision de géolocalisation, ainsi que leur capacité à s'intégrer dans les systèmes opérationnels des SIS existants.

De façon plus générale, les solutions présentes et à venir devront également démontrer leur capacité à s'aligner avec les concepts d'emploi et les qualifications requises pour une mise en œuvre efficace. La proposition de cette articulation des technologies et des défis à surmonter est sujette à révision et à ajustement, afin de garantir que les solutions sélectionnées soient à la fois innovantes et adaptées aux besoins opérationnels des acteurs de la sécurité civile.

Les capteurs physiques d'alerte (détection pure, faible capacité de suivi)



Les capteurs physiques d'alerte se caractérisent par leur capacité à détecter une variation de paramètres physiques, tels que la température ou la concentration de certains gaz, qui sont des indicateurs de la présence potentielle d'un feu. Ces capteurs sont conçus pour être économes en énergie et pour avoir une longue durée de vie, communiquant principalement des informations unidirectionnelles vers un centre d'opérations par l'intermédiaire de réseaux de télécommunications à faible capacité et à faible coût élémentaire, d'installation et de maintenance. Ils sont présents dans toute la famille d'objets dit connectés regroupée dans la terminologie IoT (Internet of Things). Dans le cadre de PANOPTÈS, les réseaux IoT proposés intègrent des capteurs de température, de gaz, de lumière, de sons. Ils transmettent leurs captations par réseau radio ou satellitaire.

L'évaluation des propositions reçues a révélé que, bien que la technologie sous-jacente de ces capteurs soit éprouvée dans d'autres applications, il reste à démontrer leur efficacité opérationnelle dans le contexte spécifique des feux de forêt et leur industrialisation.

Des questions telles que le nombre de capteurs nécessaires, leur emplacement optimal et la fiabilité de la détection sont des aspects qui nécessitent des démonstrations in situ pour confirmer leur applicabilité. Par conséquent, le défi réside moins dans la maturité technologique que dans la maturité opérationnelle et industrielle des solutions.

Il n'y a quasiment aucune donnée disponible pour évaluer l'efficacité de ces dispositifs. Leur intérêt, qui peut être différent selon le type de site à surveiller, reste donc à démontrer. Cette démonstration doit passer par des tests approfondis pour valider l'intégration de ces capteurs dans les processus opérationnels.

Si ces matériels sont essentiellement destinés à la détection d'un évènement (départ de feu), leur utilisation en suivi de propagation de feu nécessite un déploiement relativement plus important (Figure 35).



Figure 34 : Capteurs IoT en interface pour détection départs de feu - Capteurs IoT en déploiement large pour le mode suivi.



À RETENIR !

La démarche initiée par le Centre National d'Études Spatiales (CNES) dans le cadre des financements France 2030 a validé, à partir des communications autour de l'étude PANOPTÈS, le déploiement de 10 000 capteurs IoT à compter de fin 2024. Une démarche d'intégration et de retours d'expériences sera essentielle pour évaluer les bénéfices de cette technologie.

Les capteurs d'images, vidéos fixes (au sol), avec ou sans IA de reconnaissance de fumées ou feux,



Les capteurs d'images et vidéos fixes au sol, avec ou sans intelligence artificielle (IA) pour la reconnaissance de fumées ou de feux, représentent une technologie qui a déjà fait ses preuves et qui est largement déployée. L'expérience opérationnelle acquise avec ces systèmes suggère qu'ils continueront à être précieux, tant pour optimiser l'utilisation du parc existant que pour les déploiements futurs. Parmi les évolutions observées, on note l'utilisation combinée de plusieurs types de capteurs, tels que ceux capturant des images dans le spectre visible et ceux dans les bandes infrarouge (IR), qui améliorent la détection en fournissant des informations complémentaires.

La capacité à contrôler ces capteurs à distance et leur intégration dans des réseaux de communication variés, y compris les réseaux GSM¹⁶ et ceux de moindre capacité comme l'IoT LoRa (longue portée), etc., sont des avancées notables. L'intégration de l'IA directement embarquée dans les capteurs permet une réduction significative du volume d'informations à transmettre, en ne communiquant que les données pertinentes, telles que les alertes de détection.

La coordination des capteurs sur le terrain est un autre aspect crucial pour créer une couverture de surveillance cohérente et efficace. En parallèle, on assiste à une tendance à la baisse des coûts du matériel, de l'installation et de la maintenance - le Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) - ce qui rend ces solutions plus accessibles. La sécurité, tant physique que cybernétique, est également une considération importante, avec des mesures de protection intégrées pour prévenir les intrusions et garantir l'intégrité des systèmes.

Pour cette catégorie de technologie, il apparaît nécessaire d'enrichir l'offre avec des produits potentiellement plus spécialisés, afin de proposer une gamme adaptée aux différents scénarios opérationnels. L'enjeu principal réside moins dans le développement de nouvelles technologies que dans la spécification de produits ciblés et l'encouragement de l'industrie à réduire les coûts. Cela rendrait les solutions de détection par caméras fixes plus compétitives et mieux adaptées aux besoins spécifiques du terrain.



Des solutions émergentes proposent actuellement des capteurs efficaces à coûts réduits issus du domaine public et non professionnel ce qui va permettre une extension des couvertures de surveillance et un primo accès à ces technologies pour les territoires non dotés. Cependant, l'utilisation actuelle de ces technologies ne garantit pas encore une fiabilité de détection élevée, et les IA embarquées, toujours en phase d'apprentissage, ne peuvent être considérées comme pleinement adaptées à tous les environnements. Il est donc crucial de procéder à mise en concurrence de ces IA à l'aide d'un ensemble de données de test et de constituer un jeu de données d'entraînement adéquat.



Figure 35 : Caméra de surveillance feux de forêts (source : feuxdeforet.fr - image générée par une IA).

¹⁶ Global System for Mobile communications (GSM) : Norme de télécommunication mobile numérique de deuxième génération (2G), qui a été introduite en 1991 par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute).



À RETENIR !

La technologie de capteurs vidéo est mature et largement répandue mais essentiellement utilisée en surveillance et très peu en détection, avec l'usage d'algorithmes de reconnaissance. La localisation précise et automatisée d'un départ de feu n'est pas encore efficace. L'interopérabilité de ces systèmes n'est pas fonctionnelle sauf démarche locale limitée. Il est nécessaire de donner une direction aux industriels avec des formats et procédures qui rendront leurs systèmes compatibles avec le concept de la globalisation de l'alerte portée par PANOPTÈS et qui facilitera l'intégration dans le Système de Gestion des Alertes (SGA) / Système de Gestion Opérationnelle (SGO) national NEXSIS 18-112.

Les capteurs d'images et ou vidéos embarqués à bord d'aéronefs au sens large



La catégorie des capteurs d'images et de vidéos embarqués à bord d'aéronefs, qui inclut les mini drones, les drones de longue élévation, les avions et les ballons, est principalement utilisée pour le suivi des incendies, avec des capacités de détection qui sont souvent limitées à des conditions et des cas d'usage spécifiques. Le panel de solutions disponibles est vaste et s'appuie fréquemment sur l'utilisation conjointe de produits existants. Ces solutions intègrent également des propositions d'IA embarquée, qui renforcent les capacités de traitement et d'analyse des données collectées et limite le poids des informations à transmettre.



Le panel de solution est assez large, avec pour la plupart l'utilisation conjointe de produits existants sans que des instruments spécifiques soient proposés en développement. Il convient de noter que, sur certains secteurs, il n'existe aucune solution européenne. Il pourrait donc être nécessaire de mettre en place une politique incitative (accompagnement au financement, aide à la maturation...etc) pour renforcer la souveraineté technologique dans ce domaine.

Ces solutions doivent néanmoins faire face à des défis technologiques liés à l'aspect vecteur. Les limitations physiques, telles que la résistance aux vents (environ 50 km/h à 65 km/h) et la cohabitation avec les moyens aériens de lutte contre les incendies, posent des contraintes opérationnelles significatives, en particulier pour les aéronefs utilisés pour la levée de doute et le suivi des feux. Les réglementations en vigueur, en particulier pour les drones de longue élévation, ainsi que les coûts associés à la couverture nécessaire et à une automatisation techniquement et réglementairement encore incertaine, sont d'autres obstacles à surmonter. De plus, le temps de déploiement après une détection potentielle est un facteur critique à considérer, nécessitant de la ressource humaine.

En ce qui concerne les ballons stratosphériques, il a été établi que les solutions non dirigées (lâchers libres), sans rémanence (dérivants) ne sont pas opérationnellement adaptées, du fait du nombre de ballons nécessaire, du coût de la ressource humaine et de l'aléa important de prédiction des trajectoires.



Figure 36 : Exemple de ballon stratosphérique, pouvant s'élever à 25 km d'altitude.

Les solutions à rémanence (stationnaires sur une zone), qui pourraient offrir une détection et un suivi efficaces sur une zone étendue, n'ont pas été suffisamment explorées ou détaillées dans les propositions reçues. La feuille de route pour atteindre une maturité opérationnelle de ces technologies est estimée à plusieurs années, ce qui représente un défi pour accélérer leur développement dans le cadre de l'étude PANOPTÈS. Ces solutions sont représentées par des vecteurs situés en zone stratosphérique (projet [©STRATOBUS - Thales](#) et [©ZEPHIR - Airbus](#)).



Figure 37 : Projet ©ZEPHIR - Airbus

Les solutions stationnaires de type aérostats « captifs » (c'est-à-dire reliés à un câble) sont actuellement opérationnelles mais leur déploiement en conditions opérationnelles se heurte à des difficultés d'emploi. Ce type d'outils nécessite en fait un équipage de plusieurs agents qui devront rester près du câble retenant l'aérostat pour permettre un retour en cas de présence de moyens aériens traditionnels, de conditions météo en dégradation et pour éviter tout vandalisme.

Les solutions basées sur l'emploi d'avions traditionnels ou Ultra légers sont actuellement éprouvées et employées dans plusieurs départements. De nouveaux acteurs commencent à offrir dans ce contexte des outils de transformation de l'image en information, pertinents et directement connectables aux systèmes de Situation opérationnelle partagée des SIS. Toutefois, ces vecteurs sont trop souvent opérés à l'échelle du département quand le besoin est en réalité à l'échelle régionale. Une mutualisation de ces outils permettrait des économies d'échelle et une meilleure couverture du territoire. Les solutions de ce type opérées par l'État (Beech Aircraft avec systèmes optroniques) sont de bonnes qualités mais ne disposent pas de systèmes de transfert de l'information vers le sol, dès qu'ils sont hors de portée radio. Une étude lancée par le CNES, et confiée à TELESPAIZO, a mis en lumière qu'il existe des systèmes de transmission satellitaires haut débit déjà certifiés pour ce type d'appareil. Une étude d'opportunité pourrait être réalisée afin d'accroître la capacité d'emploi de ce vecteur au profit des acteurs de terrain.

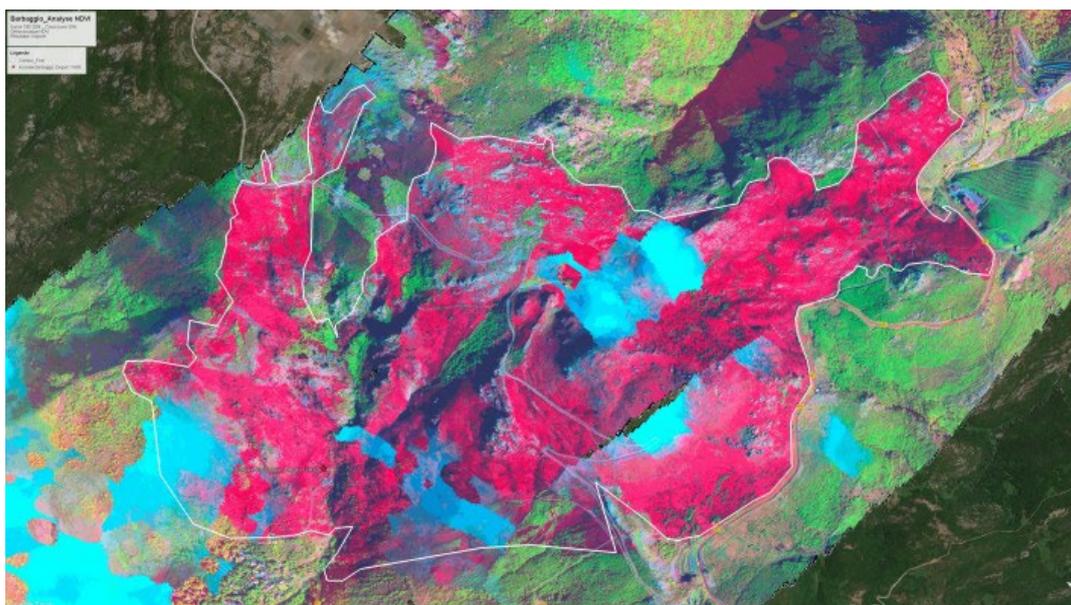
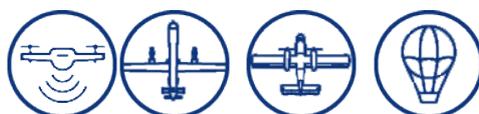


Figure 38 : Information transmise par un vecteur aérien accompagné d'un traitement par IA (source ©Aria Firefighting).

Les solutions de type drone léger semblent actuellement une alternative très intéressante tant dans leur qualité de captation que leur rapport coût/efficacité. L'intégration dans l'espace de ces vecteurs en cas de présences d'aéronefs d'État ou départementaux reste un frein mais leur usage efficace n'a pas besoin d'une permanence de vol, ce qui permet de les déployer en fonction du besoin et des contraintes, tout en gardant une continuité du suivi du feu suffisante. Un effort particulier sera à réaliser sur le traitement des images issues de ces drones pour lesquels l'usage des IA n'est pas encore suffisamment automatisé et intégré.

La transmission des informations issue de ces capteurs sur vecteur drone n'est pas encore normalisée, ce qui complique l'intégration des données dans les systèmes opérationnels. En outre, la prédominance d'un fabricant asiatique dans l'approvisionnement des SIS démontre l'inadaptation des dronistes nationaux et européens qui auraient besoin d'une meilleure coordination à l'échelle nationale pour pouvoir présenter des offres concurrentes adaptées (normalisation des informations en sorties de capteurs, intégration des données sur des flux maîtrisés, respect des normes type STANAG, assurance de la souveraineté des données produites, etc.) et financièrement supportables.



À RETENIR !

Cette catégorie de capteurs sur vecteurs aériens peut être considérée comme celle disposant de la plus grosse capacité de développement. Les capacités techniques et opérationnelles permettent en effet d'envisager un déploiement pour de la détection (systèmes rémanents) mais aussi pour du suivi (systèmes mobiles) pour une couverture du territoire très variable en fonction du vecteur. La mise à disposition d'une définition du fonctionnement spécifique sur ces missions professionnelles et l'interaction avec les systèmes opérationnels doivent être suivis et orientés sans délai sous peine de devenir tributaire de solutions étrangères. La mutualisation dans l'accès aux solutions aériennes doit être valorisée et potentiellement aidée pour étendre leur nombre et leur couverture.

Des synergies interdépartementales de financements doivent être recherchées et mises en œuvre pour accélérer le déploiement d'une partie de ces vecteurs.

Les capteurs d'images à partir de satellites



Dans le cadre de l'étude PANOPTÈS, plusieurs propositions distinctes ont été présentées pour la mise en place de solutions satellitaires visant la détection et le suivi des incendies. Ces solutions comprennent le déploiement d'une constellation de mini satellites dédiés spécifiquement à la sécurité civile, l'intégration d'instruments sur des satellites géostationnaires de télécommunications (« hosted payload »), ainsi que l'emport d'une trentaine de caméras sur des satellites prévus pour le lancement au sein d'une constellation de télécommunications existante (« hosted payload »).

Ces offres démontrent un potentiel considérable pour une couverture de détection et de suivi à l'échelle nationale, avec une possibilité d'extension à d'autres marchés, notamment pour la détection et le suivi des feux en Europe. S'appuyant sur des technologies déjà établies, ces propositions envisagent des développements relativement limités. Cependant, la capacité de détection, en particulier la précision de détection sur l'ensemble de la zone couverte dans toutes les conditions météorologiques, n'a pas été pleinement validée. Ces technologies ne permettent pas, à ce jour de valider l'ensemble des performances des données captées avant lancement des satellites, ce qui représente un risque potentiel dans les objectifs de la mission (notion de « risking »). Les modèles de « hosted payload » et les constellations de nano satellites sont conçus pour limiter les investissements en capital (CAPEX¹⁷) mais peuvent entraîner certaines dépendances. Par ailleurs, d'autres solutions faisant appel à des satellites se concentrent sur l'utilisation d'images satellitaires « classiques », avec des fréquences de revisite variables, combinant plusieurs sources, principalement pour la contextualisation et le suivi des incendies. Les acteurs du New Space¹⁸ et les sociétés du spatial dit « traditionnel » proposent des solutions intéressantes. **On remarquera toutefois un acteur qui dispose actuellement de la possibilité de déploiement en renouvellement de plus de 36 satellites dans les deux ans et offrant un service de détection et suivi compatible PANOPTÈS (projet ©Firescan-Eutelsat/Airbus).**

Enfin, toutes ces solutions devraient pouvoir travailler conjointement sous forme de réseau et permettre ainsi l'exploitation de plusieurs constellations !



La solution géostationnaire semble encore éloignée du fait des contraintes techniques et financières, mais représente certainement la solution avec les vecteurs rémanents stratosphériques la plus adaptée et efficace malgré des limitations potentielles dues à la couverture nuageuse et à des contraintes astrophysiques. La solution ©EarthLive-Thales est la seule à avoir été étudiée et présentée.

¹⁷ Le Capital Expenditure (CAPEX) désigne les dépenses qui sont enregistrées en tant qu'investissements à long terme.

¹⁸ New Space : Mouvement de transformation du secteur spatial, porté par de nouveaux acteurs privés et des innovations technologiques, visant à démocratiser et élargir l'accès et les usages de l'espace (ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie).



À RETENIR !

Bien que les solutions satellitaires offrent des perspectives prometteuses pour le suivi à grande échelle des incendies, il est nécessaire et urgent de poursuivre le travail sur la validation des performances et la fiabilité. De nombreux pays soumis au risque incendie de forêts sont actuellement en recherche de solutions satellitaires, ce qui entraîne une compétition à l'échelle mondiale, y compris à l'intérieur même de l'Europe. Ces technologies ne pouvant être déployées instantanément, tout retard dans le support de la France à ses industriels sur ces périodes de validation entraînera une élimination directe des industriels sur les services proposés. En effet, le marché français étant limité, tout développement doit être rentabilisé à l'échelle globale. Les industriels qui réussiraient sans le support national pourraient fournir un service finalement non exploitable pour les besoins français. En outre, il est important que le système de Gouvernance de PANOPTÈS soit représenté dans les instances de gestion des programmes de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) afin d'orienter les axes de développement à l'échelle européenne et les possibilités de financement et de services. Actuellement, de nombreux programmes sont en définition pour l'amélioration des services d'observation de la Terre ©COPERNICUS. Le travail avec le CNES doit être amplifié et pérennisé, tout en intégrant les aspects de sécurité civile.

Les capteurs issus des réseaux sociaux

Dans le paysage des solutions technologiques pour la détection des incendies, les capteurs issus des réseaux sociaux représentent une catégorie innovante qui a été explorée par plusieurs offres.

Ces solutions se divisent en deux grandes classes :



La première est passive, c'est-à-dire que les données sont extraites sans que les utilisateurs des réseaux sociaux en soient conscients. Elle repose principalement sur l'analyse de textes, d'images et de vidéos qui, grâce à des algorithmes de sélection, permettent de géolocaliser des signaux indiquant potentiellement la présence d'un feu.



La seconde classe est active et participative. Elle implique des applications où les utilisateurs contribuent volontairement en partageant des informations sur la présence de feux, parfois avec des niveaux de précision et de connaissance variables. Cette approche contributive crée une dynamique où les utilisateurs deviennent des acteurs actifs de la détection, en partageant des informations calibrées ou non.

Ces technologies, qui ne sont pas exclusivement dédiées à la détection des incendies, utilisent largement l'Intelligence Artificielle. Dans le contexte particulier de la détection incendie, une validation spécifique est nécessaire pour assurer l'efficacité et la fiabilité. Les tendances actuelles incluent le développement du multilinguisme pour traiter des données issues de diverses communautés linguistiques, l'exploitation de tous les réseaux sociaux, y compris ceux privilégiés par les jeunes générations, et une focalisation sur les zones densément peuplées où la couverture réseau est optimale. Généralement, les données des réseaux sociaux

servent davantage à confirmer les informations ou à compléter le suivi des incendies qu'à les détecter de manière autonome.

Il est important de reconnaître la contribution des associations à but non lucratif qui mettent à disposition des ressources physiques, des applications et le temps de bénévoles pour enrichir les modèles. L'inclusion de ces acteurs dans le processus de développement et de tests à plus grande échelle semble prometteuse et pourrait apporter une valeur ajoutée significative. Cependant, il convient de noter que ces solutions, du fait de leur nature bénévole et communautaire, ne peuvent garantir un niveau constant d'opérabilité sur le long terme et dans l'ensemble de l'espace géographique.



À RETENIR !

Les réseaux sociaux sont les médias les plus utilisés aujourd'hui (4,5 milliards de personnes¹⁹), 60 % du trafic internet est réalisé sur mobile et de ce fait, les sources d'information sont de plus en plus générées sur ces plateformes. Dans le cadre de PANOPTÈS, il y a un intérêt fort à surveiller les posts sur ces réseaux sociaux pour en récupérer des informations utiles en détection d'événements et en suivi. Toutefois, la versatilité et diversité des plateformes est une contrainte importante et très peu de solutions au monde permettent une surveillance globale. Un test doit être réalisé pour déterminer la qualité de ces solutions dans un contexte de sécurité civile et leur mode d'intégration dans la chaîne d'alerte. Le second aspect sur lequel la Gouvernance PANOPTÈS doit se pencher, est la mise à disposition ou non d'une application mobile de déclaration de départs de feu. Si de nombreuses solutions permettent actuellement ce type d'action, elles sont toutes indépendantes et ne transmettent pas leurs informations de manière structurée aux services de secours. Un véritable enjeu est à prendre en compte dans ce contexte, car le premier acteur de sécurité civile est le citoyen. Face à l'évolution des comportements et des moyens de communication de la population, il incombe à l'administration d'adopter une approche flexible et de se moderniser pour répondre efficacement à ces changements.

Plateforme multimodale Interopérable type C2

Dans le cadre de l'étude PANOPTÈS, plusieurs consortiums ont proposé des solutions globales de qualité, offrant des plateformes multimodales interopérables de type Command and Control (C2). Ces plateformes sont conçues pour intégrer les données issues des différents capteurs, les traiter et les visualiser, fournissant parfois également des fonctionnalités d'aide à la décision et d'archivage intégré. Elles permettent une interface fluide avec les Systèmes d'Information Géographique (SIG) utilisés par les opérationnels sur le terrain. Bien que l'offre de telles plateformes soit substantielle, l'objectif de PANOPTÈS ne doit pas être de favoriser l'émergence de multiples solutions concurrentes, mais plutôt de sélectionner la ou les solutions les plus adaptées.

Les critères de sélection incluront la capacité des plateformes à intégrer les systèmes existants, à répondre efficacement et opérationnellement aux besoins identifiés, et à maintenir un niveau de souveraineté et d'indépendance par rapport à d'autres usages.

¹⁹ <https://wearesocial.com/fr/blog/2023/07/les-derniers-chiffres-du-numerique-juillet-2023/>

La modularité d'échelle est également un facteur décisif, permettant d'adapter la solution depuis le niveau local des SIS jusqu'à une échelle nationale. De plus, des considérations telles que la cybersécurité, l'interopérabilité et la maîtrise des coûts sont essentielles pour garantir la viabilité à long terme de la plateforme choisie.

À RETENIR !

Un processus de sélection s'orientera vers des spécifications bien définies, en tenant compte de l'ensemble des critères multi sources de l'étude PANOPTÈS, plutôt que vers un développement technologique supplémentaire. Cette approche vise à optimiser l'utilisation des ressources et à s'assurer que la plateforme C2 sélectionnée pour que l'étude PANOPTÈS soit en parfaite adéquation avec les objectifs stratégiques et les contraintes opérationnelles des acteurs impliqués dans la gestion des risques liés aux incendies de forêt et d'espaces naturels. Un lien vers le système NEXSIS 18-112 sera obligatoire.

Cette plateforme multimodale constitue l'élément central du système, agissant comme le pivot opérationnel et technologique autour duquel s'articulent toutes les fonctionnalités du dispositif. Elle représente le cœur du système PANOPTÈS !

Algorithmie et IA

La majorité des propositions reçues dans le cadre de l'AMIN pour l'étude PANOPTÈS font état de l'utilisation de l'IA. Cependant, il est à noter que les détails concernant la nature spécifique de l'IA employée, les jeux de données utilisés pour l'apprentissage et les performances attendues des modèles d'IA ne sont pas systématiquement fournis. En l'absence de ces informations essentielles, il est difficile d'évaluer précisément l'effort nécessaire pour développer et intégrer ces solutions d'IA et de déterminer leur impact opérationnel potentiel.

Plusieurs niveaux d'utilisation de l'IA ont été identifiés :

- Transformation de données physiques en seuil d'alerte : principalement pour les IA embarquées ou les capteurs physiques, où l'IA convertit les données brutes en alertes binaires (de type « vrai » ou « faux ») ou en points de localisation Global Positioning System²⁰ (GPS) précis (ex. : front de feu), sans transmettre les données initiales.
- Détection de fumées ou de feux dans les images ou vidéos : certaines propositions suggèrent l'utilisation de l'IA pour détecter les signes d'incendie avec un certain niveau de confiance, permettant potentiellement une levée de doute. Bien que les données brutes soient généralement conservées, des contraintes de capacité réseau peuvent limiter la transmission de ces informations. Toutefois de vraies avancées ont été remarquées durant la durée de l'étude PANOPTÈS.
- Levée de doute multi-informations : l'IA peut être utilisée pour croiser des données provenant de différentes sources afin d'évaluer la probabilité d'un départ de feu. Cette application est mentionnée dans quelques propositions mais reste peu développée, la levée de doute étant souvent déléguée à une intervention humaine. C'est certainement le développement qui sera le plus efficace une fois que différents capteurs de type non homogène croiseront des informations dans le C2.

²⁰ GPS : Global Positioning System, Géo-positionnement par satellite.

- Aide à la décision opérationnelle : l'IA peut également servir à orienter la décision d'engagement des moyens, comme l'envoi de drones de reconnaissance basé sur des analyses poussées des données disponibles, par exemple proposition d'envoi de drones de reconnaissance en fonction des informations de caractérisation du départ supposé de feu, de la disponibilité du moyen de son temps d'arrivée sur zone, de son autonomie, etc., voire de couplage avec les moyens de lutte. Cet aspect a été relativement peu exploré dans les propositions mais pourrait contribuer très efficacement aux équipes de coordination des moyens nationaux maintenant que le besoin couvre la quasi-totalité du territoire. Disposer d'une solution à chaque départ de feu en fonction de la vitesse d'un type d'avion ou hélicoptère bombardier d'eau, de la présence de systèmes de remplissage en eau ou retardant, du nombre de rotations sur la cible, du seuil d'efficacité d'un vecteur en fonction du terrain et du vent, etc., autant de paramètres que doit gérer un homme dans un contexte de stress et qui pourrait être prétraités pour faciliter la prise de décision.

À RETENIR !

L'intelligence artificielle se révèle être un outil indispensable pour trier, hiérarchiser les informations et définir des seuils d'alerte crédibles, fiables, avec un niveau de confiance acceptable. Néanmoins, il y a une carence manifeste de jeux de données calibrés et référencés, spécifiques aux scénarios de PANOPTÈS, qui seraient nécessaires pour une évaluation précise de l'efficacité des solutions. Un investissement conséquent dans la création de ces jeux de données est essentiel. De plus, il existe un manque de méthodologies d'approche claires et détaillées dans les propositions, laissant au donneur d'ordre la charge de structurer l'effort de développement. Cette lacune représente l'un des principaux défis identifiés par l'AMIN.

La création d'un Laboratoire d'intelligence artificielle (« Lab IA ») de sécurité civile et l'exploitation de données issues de la Direction Générale de la Sécurité civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC), de SIS DATA LAB et d'autres producteurs de données, est une opportunité à saisir dans ce contexte.

Réseaux de communication

L'ensemble des technologies de détection et de suivi évaluées pour l'étude PANOPTÈS s'appuie sur l'utilisation de réseaux de communication diversifiés, en particulier ceux à bas débit, avec différentes technologies telles que le GSM, la 5G, les réseaux à bas débit, ainsi que les liaisons satellitaires, soulignant la possibilité de leur utilisation combinée pour optimiser la couverture et la réactivité des systèmes de détection.

La combinaison de ces différentes technologies de communication doit être conçue pour s'adapter aux besoins spécifiques des SIS et des autres acteurs de la sécurité civile. Elle doit également tenir compte des contraintes réglementaires, des coûts associés et des exigences de résilience et de sécurité, notamment en termes de cybersécurité.

En somme, la dimension sous-jacente de l'infrastructure de communication pour l'étude PANOPTÈS est un aspect fondamental qui soutient toutes les technologies de détection et de suivi envisagées. Elle nécessite une attention particulière pour garantir que le système final soit non seulement fonctionnel et fiable, mais également durable et sécurisé, capable de répondre aux défis opérationnels actuels et futurs dans la gestion des incendies de forêt et d'espaces naturels.

L'Agence des Communications Mobiles Opérationnelles de Sécurité et de Secours (ACMOSS) pourra être interrogée et impliquée pour déterminer la capacité du Réseau Radio du Futur (RRF) à intégrer ces besoins spécifiques, tout au moins pour partie.

À RETENIR !

Chaque système de détection mentionné ne peut fonctionner sans réseau de communication. Il est important que chaque proposition informe l'utilisateur (État ou collectivité) des caractéristiques, du parcours et du volume de données à transporter, pour acheminer l'information jusqu'aux opérationnels.

4.2 Analyse SWOT

Le tableau ci-après fournit une vue d'ensemble des technologies proposées dans le cadre de l'étude PANOPTÈS. Un récapitulatif des coûts indicatifs qui devront être ajustés en fonction des scénarios d'utilisation spécifiques y est présenté.

Type de vecteur	Altitude (m)	Superficie couverte (km ²)	Avantages	Inconvénients	Nombre pour la France	Coût pour 24h/100km ² (€)	Coût d'installation (€)	Coût de maintenance (€/an)
Satellites géostationnaires	36 000 000	~551 695	Large couverture	Coût Résolution moyenne	1	~49,66	>100M (part d'investissement GVT)	>10M
Nano satellites (VLEO-LEO)	180 000 - 2 000 000	~100 - 500	Flexibilité Coût réduit	Temps de revisite	~50	~164,38	>30M (part d'investissement GVT)	~7M
Solutions Stratosphériques (Stratobus/Zephyr)	20 000 - 22 000	~100	Coût relatif par satellite, flexibilité Durée de vol	Durabilité	~5	~27 397 / unité	>10M / unité	~1M
Drones longues élancement	500 - 12 000	~100 - 200	Haute résolution, flexibilité	Autonomie limitée à quelques jours pour la version solaire	~15	~274 / unité	~60 000 à 500 000 / unité	~10 000 - 100 000
Drones télépilotés	500 - 4 000	~1 - 20	Flexibilité, haute résolution	Autonomie limitée Coût	~1 000	N/A	~50 000 - 200 000	~10 000 - 25 000
Essaims de drones	500 - 4 000	~1 - 20	Couverture large, flexibilité	Coût, complexité	~1 000	N/A	~50 000 - 200 000	~10 000 - 30 000
Capteurs IoT	~	0,01 - 0,1	Faible coût, flexibilité	Portée limitée	~1M - 5M	~274	~100 / unité	~10-150 (coût communications)
Réseaux sociaux	Non Applicable (N/A)	Variable	Faible coût Couverture large	Fiabilité variable	N/A	N/A	N/A	N/A
Caméras sur tour de guet	15 - 30	~80 (120° champs vision)	Visibilité élevée Faible coût	Champ de vision limité	~500 - 1 000	~200 /unité	~20 000 - 50 000 / unité	~5 000 - 10 000
Surveillance urbaine des communes	6 - 12	~0,5 - 3	Infrastructures existantes	Champ de vision Accès limité	Varie selon commune	~300 - 800	~10 000 - 30 000	~3 000 - 7 000

Pour appréhender de manière exhaustive les enjeux, les contraintes et les potentialités de l'étude PANOPTÈS, une analyse SWOT²¹ (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) se révèle être un outil d'évaluation particulièrement pertinent. Cette méthode d'analyse stratégique, qui examine les Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces, permet d'obtenir une vision globale du projet en identifiant les éléments internes et externes susceptibles d'influencer son déploiement et sa réussite. L'étude SWOT PANOPTÈS offre ainsi un cadre structuré pour évaluer la robustesse technique, l'intérêt opérationnel et les avantages politiques du projet, tout en mettant en lumière les défis à surmonter.

Dans l'analyse SWOT de PANOPTÈS, il est essentiel de considérer une approche multidimensionnelle incluant les perspectives globale, technologique, ainsi que les aspects de souveraineté nationale.

4.2.1 Les composantes « Forces » de PANOPTÈS

PANOPTÈS dispose d'un ensemble de solutions techniques déjà existantes, qui peuvent être adaptées et intégrées pour créer un système de détection précoce et de suivi des incendies en France. La diversité des technologies disponibles et l'expertise acquise offrent une base solide pour le projet, tandis que les défis restants en matière de développement, de validation et d'intégration fourniront des orientations pour les prochaines étapes du déploiement de l'étude, comme détaillé dans l'annexe 6.

CONCLUSION POINTS DE FORCE :

L'ensemble de ces « Forces » démontrent que PANOPTÈS est un projet ambitieux, avec une vision stratégique à long terme, visant à intégrer les solutions spatiales comme outils incontournables dans la lutte contre les incendies de forêt en France.

Contrairement à l'approche de techno-push, qui consiste à développer des technologies puis à chercher des applications pour celles-ci, souvent sans considération préalable des besoins spécifiques du marché ou des utilisateurs finaux, l'étude PANOPTÈS est fondée sur une compréhension approfondie des besoins opérationnels réels. Cela implique que les solutions sont développées en réponse directe aux défis concrets rencontrés sur le terrain, avec pour objectif de fournir des outils pertinents et efficaces pour la détection précoce et le suivi des incendies de forêt, tout en anticipant les défis futurs dans le domaine de la sécurité civile et de la prévention des catastrophes naturelles.

Ce projet traduit l'engagement de la France à adopter une gestion proactive et autonome des risques environnementaux. Il représente également une opportunité nationale de se distinguer à l'échelle internationale, grâce à l'exportation de solutions novatrices et efficaces élaborées sur son sol.

²¹ L'analyse SWOT, acronyme de Strengths (Forces), Weaknesses (Faiblesses), Opportunities (Opportunités) et Threats (Menaces), est un outil stratégique utilisé pour comprendre les forces et les faiblesses d'une organisation, ainsi que les opportunités et les menaces qui proviennent de son environnement externe. Cette méthode permet de dresser un portrait complet de la situation actuelle de l'organisation pour faciliter la prise de décision stratégique.

4.2.2 Les composantes « Faiblesses » de PANOPTÈS

Dans le cadre de l'analyse SWOT de l'étude PANOPTÈS, il est essentiel d'identifier les faiblesses qui pourraient entraver la réalisation des objectifs ambitieux de ce programme national. Ces faiblesses (annexe 7) représentent les défis internes et les contraintes structurelles auxquels le projet doit faire face pour assurer son succès. L'examen des faiblesses doit permettre de mettre en lumière les domaines nécessitant une attention particulière, des ajustements stratégiques ou des améliorations opérationnelles. Cette introspection critique est cruciale pour renforcer le projet, optimiser les ressources et maximiser l'efficacité des interventions. Les faiblesses peuvent concerner des aspects techniques, financiers, organisationnels ou réglementaires, et leur identification précise est une étape indispensable pour élaborer des stratégies de mitigation et de renforcement du concept PANOPTÈS.

CONCLUSION POINTS DE FAIBLESSES :

La composante « Faiblesse » de l'analyse SWOT du concept PANOPTÈS révèle plusieurs défis significatifs. Les points faibles identifiés mettent en lumière les obstacles à surmonter pour assurer le succès du projet, notamment en termes d'intégration opérationnelle, de maturité technologique et de développement des solutions. Il est essentiel de reconnaître ces faiblesses afin de mettre en place des stratégies de renforcement et d'amélioration.

Les faiblesses technologiques, telles que la nécessité d'adapter les solutions aux systèmes opérationnels des SIS et de développer des jeux de données robustes pour l'entraînement de l'IA, sont des points critiques. De plus, des défis organisationnels et financiers, tels que la coordination entre les niveaux local et national et la sécurisation des financements, doivent être pris en compte.

Les faiblesses identifiées dans le concept PANOPTÈS, bien qu'importantes, sont contrebalancées par un ensemble de Forces significatives qui constituent la base solide du projet. Ces Forces comprennent un portefeuille de solutions déjà existantes, une expertise technologique de pointe et un engagement fort de la part des acteurs clés impliqués dans le projet. Il est essentiel de capitaliser sur ces Forces pour transformer les Faiblesses en Opportunités.

Cette démarche permettra d'améliorer la proposition de valeur de PANOPTÈS et de maximiser son impact sur la gestion des incendies en France. L'expertise technique et l'engagement envers l'innovation, soutenus par des partenariats stratégiques et un modèle de financement viable, sont des atouts qui permettront de relever les défis actuels et futurs. En tirant parti des opportunités de commercialisation nationales et internationales, ainsi que de l'alignement avec les politiques environnementales globales, PANOPTÈS peut renforcer sa position en tant que leader dans la détection et le suivi des incendies de forêt et devenir un modèle de référence pour des solutions similaires dans le monde entier.

4.2.3 Les composantes « Opportunités » de PANOPTÈS

Dans l'annexe 8, les composantes « Opportunités » de PANOPTÈS sont explorées, mettant en lumière les perspectives de développement et d'expansion que le projet peut exploiter, tant au niveau national qu'international.

CONCLUSION POINTS D'OPPORTUNITÉ :

Ces opportunités reflètent le potentiel du concept PANOPTÈS à obtenir un soutien financier solide, à établir des partenariats stratégiques durables et à s'ouvrir à un marché commercial étendu, renforçant la position de la France en tant que leader dans la gestion des risques environnementaux et la technologie spatiale. Les efforts de financement sont à envisager sur des pas de temps échelonnés, en différenciant les sources nationales et territoriales, voire privées, qui peuvent se croiser en fonction des briques concernées.

4.2.4 Les composantes « Menaces » de PANOPTÈS

Dans l'annexe 9, les composantes « Menaces » de PANOPTÈS sont examinées, mettant en avant les défis et les risques potentiels que les suites de l'étude pourraient rencontrer, tant au niveau technique qu'opérationnel, pour garantir une compréhension approfondie des obstacles à surmonter.

CONCLUSION POINTS D'OPPORTUNITÉ :

L'analyse SWOT révèle que PANOPTÈS est un projet bien établi, tirant parti de ses atouts distincts et des occasions favorables qui se présentent, tout en abordant avec prudence les obstacles et les risques potentiels. Les actions de communication ciblées et les échanges significatifs avec l'écosystème élargi ont ancré PANOPTÈS en tant qu'initiative influente, jetant les bases des progrès à venir dans la prévention et la gestion des incendies de forêt. C'est ensuite un choix de l'acteur politique d'investir dans un tel projet structurant, avec une forte implication des territoires, des instituts de recherche, des industriels et surtout des opérationnels. Ce choix doit s'inscrire dans la durée, en visant des objectifs atteignables à chaque pallier et en assurant le financement en conséquence.

4.3 Scénarios de déploiement potentiels de solutions PANOPTÈS

Les outils PANOPTÈS ne doivent pas être vus comme des solutions uniques, indépendantes. Toute la force d'un projet innovant comme celui qui est proposé repose sur la centralisation, la globalisation et la « scalabilité ».

Centralisation : Toutes les données, provenant des capteurs et/ou systèmes de traitement, doivent être produites dans un format contrôlé, à rendre obligatoire dans les appels d'offres publiques portant sur la surveillance/détection et suivi des départs d'incendies. Ces données seront stockées dans une base de données unique qui constituera le cœur même de PANOPTÈS.

Globalisation : Tout système nouvellement acquis répondant aux normes PANOPTÈS devra se connecter à la centrale PANOPTÈS pour y déposer ses données. Il pourra disposer de protocoles qui lui soient propres mais respectera un minimum de standardisation.

Scalabilité : Les solutions PANOPTÈS pourront répondre aux besoins, à différentes échelles et pour différentes attentes,. Par exemple : un parc naturel pourra s'équiper avec des solutions IoT pour couvrir une partie de son territoire avec un retour d'information 365 jours par an, 24h/24. Pour autant, il disposera en plus, sur la totalité de son territoire cette fois, d'une surveillance par drone mais seulement sur des périodes de risque dits « très sévères » et sur un temps contraint. Les drones, quant à eux, seront potentiellement opérés par le SIS ou les moyens nationaux.

Ainsi, toute « brique de solution PANOPTÈS » viendra occuper un espace précis sur l'échelle temporelle et spatiale, de sorte que la solution globale intégrant toutes les briques assure une couverture territoriale complète sur un temps continu.

L'analyse des technologies disponibles et des priorités permet de suggérer un déploiement cohérent du système PANOPTÈS et passe par plusieurs étapes. Ce déploiement par étape part du principe que le **besoin est validé par les pouvoirs politiques**.

4.3.1 Étape N°1 : Définir la Gouvernance du système à l'échelle nationale et territoriale

Durée : 6 mois

Pour que le système PANOPTÈS puisse fonctionner, il est impératif d'établir un mécanisme de coordination et de supervision. Un tel système ne peut opérer efficacement sans une structure de Gouvernance adéquate. Cette entité de Gouvernance doit être de nature interministérielle pour couvrir l'ampleur des enjeux concernés. Bien que sa composition reste à préciser, elle devrait inclure des représentants des institutions suivantes pour une opérationnalité optimale.

Tableau 13 : Proposition de composition d'un Comité interministériel et interdisciplinaire de gouvernance PANOPTÈS.

ÉTAT	TERRITOIRES	AGENCES
MTECP	SIS	ANSC
MASAF	Conseil départemental	ACMOSS
MI DGSCCGC (EMN ²² et SDMN ²³) SAELMI DINUM	Conseil régional	
MEFI		
EMIZ		

Après la création de cette instance multidisciplinaire par les services du Premier Ministre, il est possible de déployer un plan d'action qui se concentre initialement sur les aspects suivants.

De cette manière, il est envisageable de séparer diverses fonctionnalités qui bénéficieront d'une administration distincte.

Création par décret :

- Du Comité interministériel et interdisciplinaire de gouvernance PANOPTÈS ;
- D'un Comité de pilotage et de suivi, dont la composition sera définie par le Comité de gouvernance, qui aura pour mission, la mise en œuvre d'un plan d'action décennal :
 - * Tests et étude des technologies et systèmes disponibles
 - * Contractualisation, déploiement
 - * Valorisation
 - * Communication

²² EMN : Etat Major National

²³ SDMN : Sous-Direction des Moyens Nationaux

4.3.2 Étape N°2 : Définir un système Central de traitement, bancarisation et distribution

Durée : 2 à 6 ans

L'appellation « **PANOPTÈS CORE** » sera utilisée. Ce CORE system est obligatoirement géré par le niveau national car il est garant à l'échelle globale du territoire de la qualité de service, de l'homogénéité des bases de données produites et de la distribution des données de façon maîtrisée et sécurisée. C'est aussi une garantie de persistance dans le temps, du fait que les territoires ne mettront pas en œuvre les systèmes connectables au CORE dans les mêmes échéances (étape 4).

Ce PANOPTÈS CORE est ce qui a été identifié dans l'AMIN comme le « C2 ». Il faut le voir comme un outil qui automatisera l'envoi d'informations vers les acteurs du secours au sein de leur SGA/SGO ou de leur solution de Situation Opérationnelle Partagée. C'est aussi à partir de cette plateforme que seront contrôlées et programmées les missions des capteurs sur vecteurs à vision globale opérés par l'État : satellites et système stratosphériques. Il bancariserait l'ensemble des données pour une exploitation future de prédictivité, en croisant différentes bases de données. Ce CORE est le développement initial essentiel à produire.

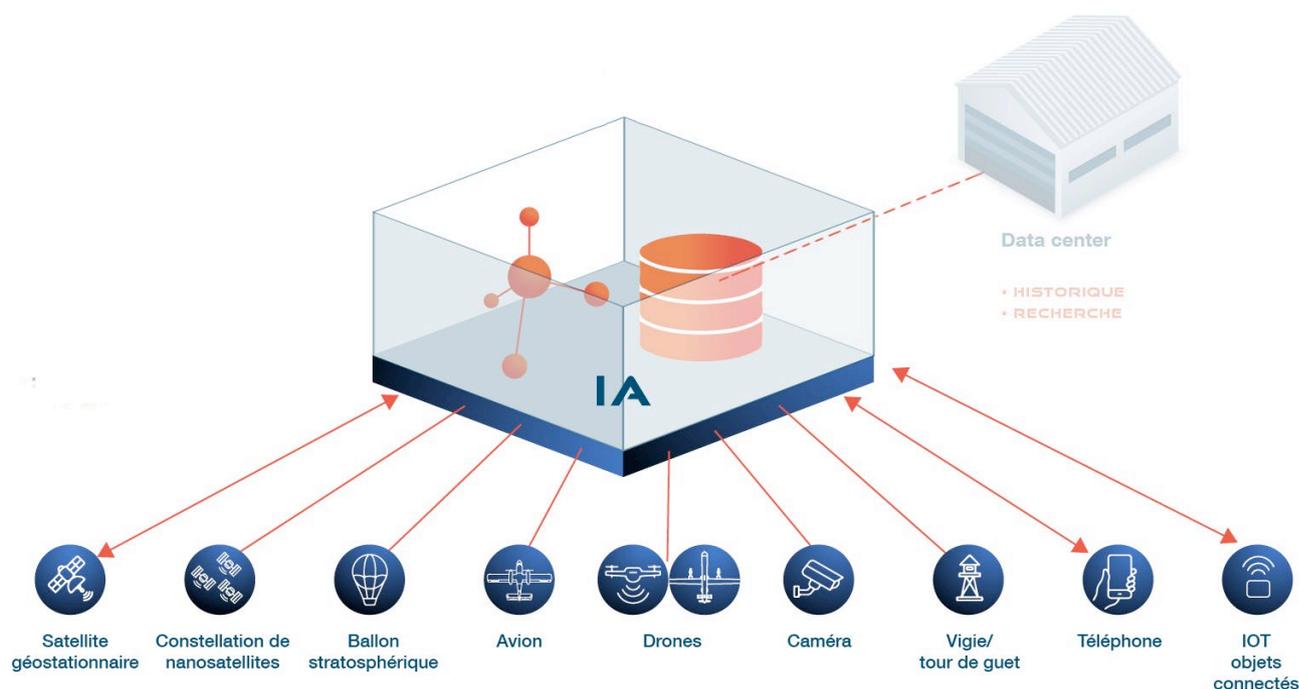


Figure 39 : PANOPTÈS CORE de centralisation, traitement, distribution et bancarisation.

Les systèmes connectés à échelle nationale (3 à 6 ans) :

En analysant les technologies proposées par l'AMIN, mais également envisagées par certains pays, il s'avère nécessaire de définir le niveau d'emploi de certains vecteurs.

La présence de l'État sur la gestion des vecteurs à très large couverture et grande disponibilité permettrait d'assurer une cohérence à l'échelle globale des territoires et de focaliser les collectivités et services locaux sur le déploiement de systèmes de vecteurs et capteurs complémentaires à leur échelle. Parmi les systèmes à gérer au niveau national, on trouve :

- *Le satellite géostationnaire* (6 ans) : Un matériel de ce genre est un investissement de plusieurs dizaines de millions d'euros (M€). Toutefois, le coût d'un tel outil doit aujourd'hui être relativisé au regard du coût d'un avion bombardier d'eau de type CANADAIR ou DASH 8 par exemple (60 M€ environ l'unité),. Un satellite géostationnaire demande un engagement de l'État tant dans sa production que dans son utilisation. La sécurité civile française ne dispose à ce jour d'aucun moyen satellitaire spécifiquement dédié. Sachant qu'un matériel de cette capacité pourrait couvrir 80 % du territoire européen, une stratégie de co-financement européen (EU) sur des fonds COPERNICUS est faisable, mais nécessite une présence dans l'orientation des appels d'offres des futurs services proposés par l'Europe. C'est à l'organe de Gouvernance de porter la voix de la France sur ses besoins et mutualisations potentiels.
- *Les constellations de satellites* (3 ans) : Ces systèmes satellitaires se sont répandus de façon exponentielle ces dix dernières années avec l'émergence de sociétés dites « New Space », capables de proposer un modèle économique plus abordable. Essentiellement tournés vers le monde des communications (STARLINK, ONEWEB), peu de systèmes sont exploitables à ce jour dans les conditions d'emploi de PANOPTÈS avec des capteurs compatibles et un taux de revisite adéquat. Il n'est pas nécessaire de disposer d'une seule constellation pour alimenter en données PANOPTÈS, l'exploitation de différentes constellations permettrait de diversifier les sources et ainsi d'accélérer le déploiement d'un service complet qui pourra continuer à s'améliorer au fur et à mesure des lancements de nouvelles grappes de satellites. Cela nécessite de définir un protocole commun aux fournisseurs de données satellitaires et une contractualisation centralisée qui ne peut être coordonnée que par l'état mais dont le financement peut être un croisement entre l'État et les territoires.
- *Les vecteurs stratosphériques* (2 ans) : Ces vecteurs technologiques sont actuellement en phase de développement final et d'homologation de vol. Compte tenu des coûts, la stratégie de déploiement ne peut être confiée qu'à un échelon régional (EMIZ²⁴) ou national (CNCASC²⁵ ou COGIC). En outre, ces engins doivent être considérés comme engin d'État pour disposer d'autorisations de vol moins restrictives. Enfin, ces vecteurs demandent une technicité d'emploi et de maintenance qui ne pourra être supportée que par une entité nationale. Ces vecteurs devraient ainsi trouver un support auprès du Groupement des Moyens Aériens (GMA) de la sécurité civile ou au sein d'une unité mixte gérée pour l'ensemble des missions du ministère de l'Intérieur et dont l'emploi sera prioritaire en période à risque pour les missions de sécurité civile.

²⁴ EMIZ : État-Major Interministériel de Zone.

²⁵ CNCASC : Centre National de Coordination Avancé de Sécurité Civile.

- *Les drones longue élévation (2 ans)* : Ce type de vecteur est actuellement inutilisable en usage courant du fait de la réglementation de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) et de la réglementation européenne (EASA²⁶). Toutefois, cette contrainte sera levée prochainement sous condition technique normative. Ainsi, l'usage de tels moyens pourra être possible pour les acteurs du secours. Au même titre que les vecteurs stratosphériques, ces nouveaux outils amèneront des contraintes d'usage et de maintenance que les SIS ne pourront assumer facilement. En outre, ces vecteurs disposent de capacités de vol qui dépassent le simple territoire départemental. Un positionnement au sein des UIISC²⁷ semble être le scénario le plus cohérent. Ces moyens s'intégreraient ainsi avec les capacités actuelles engagées à ce jour dans les modules européens EMERPAS (EMergency Remotely Piloted Aerial System).
- *Les autres vecteurs* : Tous les autres vecteurs peuvent trouver un positionnement et une gestion à l'échelle territoriale en fonction des ressources disponibles et des enjeux locaux.

4.3.3 Étape N°3 : Définition du protocole PANOPTÈS

Durée : 1 an

Avant de mettre en lien différents types de technologies, de bancariser les données produites et de transmettre des informations à des utilisateurs suivant des formats spécifiques, il est impératif de définir un cadre minimum de caractéristiques techniques permettant une conformité avec le système PANOPTÈS. En complément de ces caractéristiques, le mode de transmission des données de chaque capteur doit être défini de façon exhaustive. Enfin, l'information transmise aux utilisateurs devra être caractérisée tant dans sa forme que dans sa destination. Les interactions avec le système PANOPTÈS devront être supportées et intégrées par les outils de gestion opérationnelle tels que les SGA/SGO et autres Common Operational Picture²⁸ (COP). Ces caractéristiques devront être intégrées dans chaque appel d'offre public de l'État, comme des territoires, qui porteront sur la surveillance, la détection et le suivi des départs d'incendie.

RÉALISATION :

Ce travail pourra être réalisé sous contrôle du Comité de pilotage et de suivi par un binôme institution/laboratoire universitaire.

Le livrable prendra la forme d'un catalogue de prescriptions techniques non fermées et mises à jour une fois par an, pour éviter les phénomènes d'obsolescence normative.

²⁶ <https://www.easa.europa.eu/en>

²⁷ UIISC : Unité d'Intervention et d'Instruction de la Sécurité Civile.

²⁸ COP : Common Operational Picture (situation opérationnelle partagée).

4.3.4 Étape N°4 : Validation des structures de base de données et des IA

Durée : 1 à 2 ans

Une fois le protocole PANOPTÈS défini, il devient possible de mettre en test et validation deux éléments essentiels : la base de données et la (ou les) IA.

La base de données : À ce jour, la base de données spécialisée sur les feux de forêt est la BDIFF²⁹, pilotée et financée par le MASAF, mis en œuvre par l'IGN et reprenant les informations de la base historique « Prométhée ³⁰».

Cette base de données, dont la vocation n'est pas opérationnelle, ne dispose pas non plus d'une structure qui la rendrait utilisable dans le cadre de PANOPTÈS. Il est donc nécessaire de créer des informations supplémentaires dont l'objectif sera de définir le plus exhaustivement possible toutes les informations que les systèmes PANOPTÈS devront et pourront fournir comme la position GPS la plus précise possible du départ de feu, les contours progressifs par pas de 20 minutes du contour de la zone brûlée, la position des fronts de flamme actifs et des lisières, les points chauds, les sautes de feu, les vitesses de propagation, les actions offensives réalisées, les dégâts enregistrés, le pourcentage de végétation brûlée, etc.

	Année	Alerte	Département	Commune	Surface (ha) ^{1F}	Nature	Précision de la donnée
	2022	18/06/2022 09:25	83	Aiguines	2,500.0000	Involontaire (travaux)	-
	2022	14/07/2022 16:16	13	Graveson	1,451.5300	Accidentelle	-
	2022	08/08/2022 16:21	48	Massegros Causses Gorges	1,207.0000	Accidentelle	-
	2022	26/07/2022 10:32	34	Saint-Bauzille-de-la-Sylve	951.8000	Malveillance	-
	2022	28/06/2022 11:26	66	Opoul-Périllos	941.9300	Malveillance	-
	2022	26/07/2022 14:13	04	Rougon	844.4900	-	-

Figure 40 : Tableau des feux référencés sur la BDIFF.

The screenshot displays the BDIFF 'Consultation des incendies' interface. On the left, a sidebar provides details for fire ID 2022-18052:

- Localisation:** Commune : 83002 - Aiguines (VAR)
- Date:** Première alerte : 18/06/2022 09:25
- Surfaces:** Surface parcourue : 2500 ha (Forêt: 719 ha, Surfaces de maquis, garrigues: 649 ha, Autres surfaces: 1132 ha)
- Origine:** Nature : -

 The main area shows a topographic map of the Aiguines region with a red fire perimeter and yellow progress contours. Key geographical features like 'C. Lacs et Gorges du Verdon' and 'Canyon de l'Aruby' are labeled.

Figure 41 : Exemple de fiche incendie issue de la BDIFF.

²⁹ [BDIFF : Recherche et consultation des incendies de forêt \(agriculture.gouv.fr\)](https://agriculture.gouv.fr/bdiff)

³⁰ <https://www.promethee.com/incendies>

Bien entendu, l'ensemble de ces informations ne pourront être produites pour chaque feu, mais au fur et à mesure de l'automatisation et de la venue de nouveaux capteurs et vecteurs. Ces informations seront implémentées en proche temps réel.

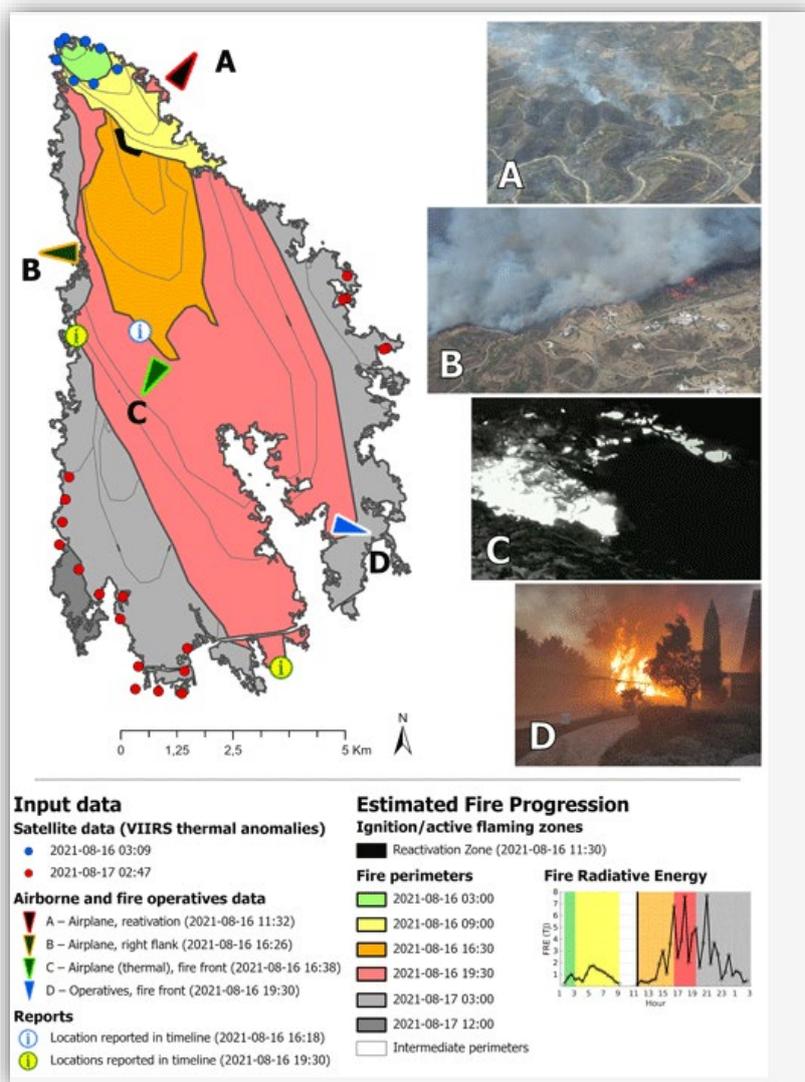


Figure 42 : Contour de zones brûlées produit par Akli Benali et Al.

Source : ESSD³¹

RÉALISATION :

Ce travail, à vocation opérationnelle, pourrait être réalisé en groupe de travail par la DGSCGC, l'ENTENTE VALABRE, l'ONF, l'INRAE³², le GIPATEGERI³³, l'IGN et des représentants des SIS.

Livrable sous forme de guide de production de la donnée et création d'une base de données centralisées.

³¹ [ESSD- The Portuguese Large Wildfire Spread database \(PT-FireSprd\) \(copernicus.org\)](https://www.copernicus.org/emergency-preparedness-and-response/essd/)

³² INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement.

³³ GIPATEGERI : Groupement d'Intérêt Public Aménagement du Territoire et Gestion des Risques.

La (ou les) IA : L'AMIN a permis de constater l'offre pléthorique de solutions d'IA de détection et suivi des feux. Il est obligatoire pour les futurs acquéreurs de solutions PANOPTÈS (État ou Territoires) de disposer d'une qualification des IA proposées. À cette fin, des travaux sont d'ores et déjà en cours pour proposer une solution de benchmarking basée sur des jeux de données test, non divulguables, c'est-à-dire sur lesquels les IA n'ont pas encore réalisé d'entraînements.

Un autre critère essentiel pour évaluer une IA repose sur la qualité des données fournies pour son entraînement. Il est donc crucial de mettre en place une collecte et une centralisation systématique d'un volume conséquent de données provenant des capteurs existants. Ces données doivent ensuite être annotées lors de campagnes spécifiques pour perfectionner les IA sélectionnées. À l'heure actuelle, un grand nombre d'images, se chiffrant par centaines de milliers, demeurent inutilisées et sont stockées sans exploitation active au sein des bases de données institutionnelles ou de structures de recherche.

RÉALISATION :

Ce travail pourrait être réalisé au sein d'un Laboratoire d'IA, en associant toutes les forces vives des SIS, des laboratoires universitaires (Université de Corse, Aix Marseille Université, Université de Montpellier, d'Avignon, etc.), des instituts de recherches (INRAE, CEREMA³⁴, INRIA³⁵), de SIS DATA LAB, des services de l'État et des partenaires privés spécialisés.

Le Laboratoire d'IA pourra conventionner pour la récupération et l'exploitation des données, à ce jour inutilisées.

Livrable sous forme de deux bases de données annotées et protocoles de benchmarking.

4.3.5 Étape N°5 : Validation des vecteurs, technologies et process

Durée : Processus permanent

Le Comité de pilotage et de suivi mettra en œuvre en fonction d'un ordre prioritaire des POC, expérimentations ou campagnes de tests pour valider chaque technologie intégrable dans PANOPTÈS. Ces expérimentations seront produites suite à des AMI spécifiques réalisés par les pôles de compétitivité concernés ([SAFE](#), [Aerospace Valley](#), [SCS/Optitec](#), [ASTech](#), [Systematic](#)) en fonction de leur domaine de compétence, associés à un représentant des utilisateurs finaux. Les résultats de ces expérimentations permettront un accès potentiel aux marchés publics qualifiés PANOPTÈS et s'assureront de leur conformité avec les attendus techniques cités en étapes préliminaires 1 et 2.

L'objectif est d'offrir un panel de solutions aux acheteurs en fonction du territoire à couvrir, du délai de mise en œuvre, de la permanence de captation et du mode d'employabilité.

³⁴ CEREMA : Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement.

³⁵ INRIA : Institut National de Recherche Informatique et Automatique.

RÉALISATION :

Planification et définition d'objectifs de validation de technologies, conformément au plan d'action décennal.

Mise en œuvre d'AMI spécifiques potentiellement auprès des Pôles de compétitivité.

Mise en œuvre de financements associés (Europe, Etat, Régions, etc.).

4.3.6 Étape N°6 : Rétrocompatibilité des solutions existantes

Durée : 2 ans

Le Comité de pilotage et de suivi de suivi permettra aux SIS et organismes s'étant engagés dans une démarche de surveillance des massifs de leur territoire de connecter leurs solutions au système PANOPTÈS. Cette étape n'est réalisable qu'à compter de la mise à disposition par la Gouvernance du PANOPTÈS CORE, de manière progressive, auprès de chaque structure. Inversement, PANOPTÈS CORE fournira aux SIS des alertes qualifiées croisant les sources à sa disposition.

À mesure que davantage de capteurs et de systèmes se connecteront à PANOPTÈS CORE, la précision des alertes et du suivi s'améliorera.

RÉALISATION :

Accompagnement sur les procédures de connexion au service PANOPTÈS par le Comité de pilotage et de suivi.

Mise en place d'aides financières pour les mises à niveau des équipements existants.

Conclusions et recommandations

En dépit des incertitudes sur les courbes d'évolution dans certaines régions, il est maintenant clair que le risque d'incendie de forêt va largement augmenter sur une grande partie du territoire métropolitain français. Cette évolution est liée non seulement au changement climatique mais aussi largement aux changements du couvert végétal : dépérissements des forêts, monoculture, embroussaillage de terrains laissés en friche. Il est donc nécessaire de traiter ensemble le **risque d'incendie de forêt et d'espaces naturels**.

Parmi ces incendies, les plus destructeurs sont les incendies dits « convectifs », souvent extrêmes, et ceux affectant des interfaces habitat/forêt, ce qui arrive de plus en plus souvent.

Face à ce contexte de risque en extension sur le territoire national et s'inscrivant dans la continuité politique d'attaque des feux naissants, le concept PANOPTÈS a pour ambition la détection précoce des feux de forêt et d'espaces naturels et leur suivi à une échelle nationale.

Parmi nos voisins européens, certains pays se sont déjà dotés de solutions matures de détection dans les territoires les plus à risque : Croatie, Portugal, Pologne et Allemagne notamment. D'autres ont identifié des besoins sans y avoir répondu de façon intégrée. Au-delà dans le monde, des financements importants sont mobilisés aux Etats-Unis, au Canada et en Australie notamment pour faire émerger des solutions innovantes.

Au-delà de l'objectif premier qui est celui de la préservation des forêts et des espaces naturels, PANOPTÈS, qui permet de présenter de façon structurée et intégrée le besoin en France, ouvre donc également des perspectives économiques de souveraineté nationale et européenne.

Ainsi, la consultation lancée auprès des industriels et PME innovantes en France dans le cadre d'un Appel à Manifestation d'intérêt a recueilli un très large écho, en particulier dans le secteur émergent du « New Space » et du spatial, généralement sous employé en sécurité civile, mais également avec des projets de détection fondés sur l'IA, les caméras, les drones. Cependant, malgré cet intérêt, plusieurs projets soumis ne répondent pas à tous les critères attendus ou ne disposent d'une méthodologie assez robuste.

Pour autant, pour permettre l'émergence de solutions françaises, ou européennes, intégrées et mobilisant des vecteurs de portée nationale (satellites par exemple), le mode de financement du projet reste à consolider.

Le projet pourrait s'appuyer sur le développement d'un modèle économique mixte, impliquant l'État, les régions et les collectivités locales, soulignant un effort collaboratif pour financer et soutenir l'initiative. Cette approche mixte permettrait de répartir les coûts et d'assurer une mise en œuvre efficace et durable de la solution.

À l'échelle européenne, PANOPTÈS a le potentiel de devenir un service supporté par l'Union Européenne, offrant aux pays membres la possibilité d'accéder à une technologie de pointe pour la surveillance des incendies et la gestion des risques naturels. Cette dimension internationale s'étend encore plus loin, avec l'exportation des solutions vers d'autres continents confrontés à des défis similaires en matière de risques naturels.

En résumé, le concept PANOPTÈS propose un positionnement permettant d'offrir à la France une solution novatrice et globale pour mieux comprendre, suivre et détecter les incendies de végétation. Cette solution, au potentiel de rayonnement international, s'inscrit dans l'adaptation des territoires et des pays face aux conséquences du changement climatique annoncé par le GIEC³⁶.

La mise en œuvre de cette solution se fera de manière progressive, conformément au plan de déploiement établi, mais l'enjeu doit être relevé dès maintenant afin d'observer des résultats tangibles dans un délai de 2 à 3 ans. PANOPTÈS a pour objectif un système pleinement opérationnel et intégré d'ici 8 à 10 ans.

³⁶ https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf

Table des annexes

<i>Annexe 1 : Catalogue des solutions PANOPTÈS.</i>	<i>97</i>
<i>Annexe 2 : Dissémination et premières opportunités concrètes issues de l'étude PANOPTÈS.</i>	<i>98</i>
<i>Annexe 3 : Rapport Alberta (Canada).</i>	<i>104</i>
<i>Annexe 4 : Le processus d'Appel à Manifestation d'Intérêt National.</i>	<i>105</i>
<i>Annexe 5 : Candidatures et résultats de l'AMIN.</i>	<i>110</i>
<i>Annexe 6 : Les composantes « Forces » de PANOPTÈS.</i>	<i>112</i>
<i>Annexe 7 : Les composantes « Faiblesses » de PANOPTÈS.</i>	<i>116</i>
<i>Annexe 8 : Les composantes « Opportunités » de PANOPTÈS.</i>	<i>119</i>
<i>Annexe 9 : Les composantes « Menaces » de PANOPTÈS.</i>	<i>123</i>

Annexe 1 : Catalogue des solutions **PANOPTÈS**.

Version non-définitive - Modification en cours

Appel à Manifestation d'Intérêt National (AMIN)

Projet Panoptès

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Solutions de détection précoce des départs de feux de forêt et d'espaces naturels et de suivi de ces feux sur le territoire national



PANOPTÈS
INNOVATION - DÉTECTION - SUIVI
FEUX DE FORÊT

VALABRE

SAFE



Annexe 2 : Dissémination et premières opportunités concrètes issues de l'étude PANOPTÈS.

La stratégie de dissémination de l'étude PANOPTÈS a été marquée par une communication fluide et adaptative, qui a su capter l'attention et susciter l'intérêt au sein d'un large écosystème. En effet, l'approche proactive de PANOPTÈS a non seulement engagé les acteurs traditionnels de la sécurité civile tels que les SIS, mais a également attiré l'attention des industriels, des innovateurs, laboratoires de recherche et grands groupes, soulignant l'importance et la pertinence du projet dans le contexte opérationnel actuel.



L'intérêt considérable suscité par le concept PANOPTÈS reflète la reconnaissance de son potentiel à satisfaire un besoin opérationnel essentiel : la détection rapide et le suivi rigoureux des incendies de forêts et d'espaces naturels. L'alignement du projet avec cet impératif opérationnel a catalysé un dialogue productif entre les intervenants de terrain, les concepteurs de systèmes et les experts en technologie, créant un climat favorable à l'innovation et à la coopération. Cette synergie a généré des opportunités initiales tangibles, jetant ainsi les fondations pour de nouvelles initiatives et partenariats dans les domaines de la prévention et de la gestion des incendies de végétation.

Communication et visibilité médiatique

L'étude PANOPTÈS a bénéficié d'une large diffusion, exploitant à la fois les médias traditionnels tels que la télévision et les événements sectoriels, ainsi que les plateformes numériques, en particulier les réseaux sociaux (LinkedIn, X, etc.). Cette stratégie de dissémination multimodale a touché une audience diversifiée, des décideurs politiques aux acteurs de la sécurité civile, en passant par le grand public et l'écosystème industriel d'innovation, contribuant à une meilleure prise de conscience collective des défis liés aux feux de forêt et d'espaces naturels.

La stratégie de communication adoptée pour l'étude PANOPTÈS a été conçue pour garantir une diffusion continue et réactive des informations. Cela a impliqué des mises à jour régulières et des publications sur diverses plateformes en ligne, notamment les réseaux sociaux (LinkedIn, etc.), en synchronisation avec les événements clés et les salons professionnels. Cette approche a permis de maintenir l'engagement et l'intérêt pour le projet tout en favorisant des opportunités de networking et de partage d'informations pertinentes avec l'écosystème élargi de la sécurité civile.

Lors d'événements clés tels que le salon « [Envirorisk](#) » les 28 et 29/09/23 à [The Camp](#), Aix-en-Provence (13) et le [129^{ème} congrès national des sapeurs-pompiers de France](#) (CNSPF), du 04 au 08/10/23 à Toulouse (31), 300 exemplaires du catalogue issu de l'AMIN ont été distribués. Ces catalogues ont été mis à disposition sur le stand de l'ENTENTE VALABRE au sein du Village innovation, contribuant à la diffusion des solutions de détection précoce des incendies de forêts et d'espaces naturels proposées par l'étude PANOPTÈS.

Le service innovation de TF1 a produit un reportage en réalité augmentée sur « [Le futur des sapeurs-pompiers](#) », pour une meilleure immersion visuelle. Ce reportage, diffusé lors du journal télévisé de 20 heures le 15 février 2024, a été visionné en direct par 5,2 millions de téléspectateurs (25 % du public), mettant en avant les avancées technologiques au service des sapeurs-pompiers.

Une fois l'étude PANOPTÈS finalisée et publiée, une diffusion ciblée du rapport est prévue pour garantir son accessibilité aux principaux acteurs impliqués dans la gestion des incendies de forêts et d'espaces naturels. Un exemplaire imprimé du rapport sera distribué à chaque directeur de SIS en France, aux chefs d'État-major des zones de défense et de sécurité, ainsi qu'aux ministères concernés, notamment le [Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques](#), le [Ministère de l'Intérieur](#), le [Ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté Alimentaire et de la Forêt](#) et le [Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique](#).

Reportage TF1 « Terre augmentée - Pompiers du futur »

[Reportage TF1 - Terre augmentée - Pompiers du futur : cliquer sur ce lien pour consulter le document.](#)

Interview télévisé Via Occitanie

[Interview Via Occitanie - Congrès FNSPF Toulouse 2023 : cliquer sur ce lien pour consulter le document.](#)

Présentations publiques

L'étude PANOPTÈS a été mise en exergue lors de présentations publiques stratégiques, favorisant le dialogue et l'engagement autour de ses solutions innovantes pour la détection et le suivi des incendies.

Webinaire de lancement de l'AMIN : le 4 mai 2023, une présentation virtuelle de l'AMIN PANOPTÈS a été coorganisée par le Pôle SAFE et l'ENTENTE VALABRE, attirant 200 participants intéressés par les innovations dans la détection et le suivi des incendies.

Webinaire thématique : le 3 juillet 2023, l'étude PANOPTÈS a été mise en avant lors d'un webinaire dédié aux satellites et à la prévention des feux de forêt, orchestré par le Commissariat Général au Développement Durable (SRI/SDR/MiCOEST/CGDD/MTECP³⁷), soulignant l'importance des technologies spatiales dans la sécurité civile.

Présentation au Sénat : le 19 septembre 2023, l'étude PANOPTÈS a été présentée à un groupe de travail sur la sécurité civile au Sénat, à Paris, mettant en évidence l'engagement du projet dans la protection des territoires.

³⁷ SRI/SDR/MiCOEST/CGDD/MTECP : Service de la recherche et de l'innovation - Mission climat, observation et évolution du système Terre - Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques

Salon « Envirorisk » : les 28 et 29 septembre 2023, le salon professionnel Envirorisk a accueilli une table ronde interministérielle « Feux de forêts et d'espaces naturels : quelles capacités de détection précoce et de suivi sur l'ensemble du territoire ? », ainsi qu'un stand dédié à PANOPTÈS, renforçant la collaboration interservices sur la détection et le suivi des incendies.

« 129^{ème} Congrès national des Sapeurs-Pompiers de France » : lors de ce congrès, qui s'est tenu à Toulouse (31) du 4 au 8 octobre 2023, l'étude PANOPTÈS a été mise en avant à travers une série d'événements clés :

- Conférence et table ronde PANOPTÈS (04/10/23) : Une session dédiée a été organisée pour discuter des avancées et des perspectives du concept PANOPTÈS, avec la participation d'experts et de décideurs du domaine de la sécurité civile.
- Interview en direct (05/10/23) : Le média régional Via Occitanie a mené une interview en duplex sur le stand du Pôle innovation et Nouvelles Technologies de l'ENTENTE VALABRE, offrant ainsi une visibilité accrue au projet et permettant de partager les dernières innovations en matière de détection précoce des incendies.
- Présentation sur le stand institutionnel (04 au 08/10/23) : PANOPTÈS a été présenté au Village innovation, sur l'espace partagé par le Pôle innovation et Nouvelles Technologies de l'ENTENTE VALABRE, l'ENSOSP et la Mission Stratégie et Prospective (DGSCGC/SDAIRS/MSP) ; l'occasion de mettre également en lumière les synergies entre les différentes entités et de renforcer les liens avec les acteurs de la sécurité civile.
- Table ronde Mission Stratégie et Prospective / DGSCGC (06/10/23) : Une table ronde impliquant la MSP, le CNES et le PONT ENTENTE VALABRE a été organisée pour aborder les enjeux stratégiques et opérationnels liés à la détection et au suivi des incendies, soulignant l'importance de la collaboration interservices pour une gestion efficace des risques.

« Festival IA 2023 » : le 15 novembre 2023, le Festival IA du Laboratoire d'informatique d'Avignon (LIA) a été l'occasion de discuter des enjeux de l'intelligence artificielle, du multilinguisme et de la souveraineté, avec PANOPTÈS en exemple d'application concrète.

Salon « Milipol » : le 15 novembre 2023, PANOPTÈS a été présenté au salon Milipol à Paris (75), un rendez-vous incontournable pour les professionnels de la sécurité intérieure.

Présentation à des délégations étrangères : l'ENTENTE VALABRE a profité de la présence de délégations internationales pour présenter l'étude PANOPTÈS et partager les initiatives en cours dirigées par la France dans le domaine de la sécurité civile. Lors de la visite de la délégation de l'ASEAN³⁸ Foundation le 30 mai 2023 et des délégations des modules de renforts du mécanisme européen de protection civile en août 2023, incluant des participants de Roumanie, d'Autriche et de Pologne, l'ENTENTE VALABRE a pu mettre en avant le champ d'application de PANOPTÈS et les avancées technologiques françaises.

Ces initiatives témoignent de l'impact significatif de l'étude PANOPTÈS en termes de dissémination des connaissances et de création d'opportunités pour une gestion plus efficace des incendies de forêts et d'espaces naturels.

³⁸ ASEAN Foundation : Association des nations de l'Asie du Sud-Est.

Rencontres, salons, événements

La présentation et la dissémination de l'étude PANOPTÈS ont été réalisées à travers divers événements et salons professionnels, ce qui a permis de porter à la connaissance de l'écosystème les avancées et les solutions proposées par le projet.

Événements clés pour la dissémination de l'étude PANOPTÈS :

- Salon professionnel « Paris Space Week » (09 et 10/03/23, Paris, 75) ;
- « Journée drones » d'Aérospatiale Valley (14/03/23, Latresnes, 33) ;
- Exercice européen Full scale « [STRATEGY](#)³⁹ FSX⁴⁰ » (27 au 31/03/23, Gualdo Tadino, Italie) ;
- Workshop du projet européen [WUITIPS](#)⁴¹ sur les feux de forêts (10 au 12/05/23, Barcelone, Espagne) ;
- 8^{ème} conférence internationale sur les feux de forêt (15 au 19/05/23, Porto, Portugal) ;
- Exposition de la « Convention partenariale UGAP⁴²- ENTENTE VALABRE » (07/06/23, Gardanne, 13) ;
- « Salon du Bourget » (20 et 21/06/23, Paris) ;
- Journée « Connect by CNES » (21/09/23, Nice, 06) ;
- « Premières Rencontres Techniques et Numériques du CNES » (10/10/23, Toulouse, 31) ;
- « [INTREPID](#)'s⁴³ Final Event » (26/10/23, Bruxelles, Belgique) ;
- « Journée des utilisateurs CRIMSON TACTIC » (09/11/23, ENTENTE VALABRE, Gardanne, 13) ;
- « Convention des Maires 2023 » de la Région Sud (13/11/23, Marseille, 13) ;
- « Space'ibles Days 2023 » du CNES (27 et 28/11/23, Paris, 75) ;
- « Séminaire de l'Association Nationale des Directeurs et directeurs adjoints des Services d'Incendie et de Secours (ANDSIS) » (06/02/24, ENTENTE VALABRE, Gardanne, 13) ;
- Projet de coopération décentralisée « Réduction des risques de feux de forêts périurbaines » (29/02/24, Sidi Amor, Tunisie).

Ces événements ont joué un rôle clé dans la stratégie de communication de l'étude PANOPTÈS, permettant de diffuser les informations, de partager les connaissances et de susciter l'intérêt pour les solutions développées, tant au niveau national qu'international.

Les prochaines étapes et événements clés pour PANOPTÈS sont les suivantes :

- Salon « Viva Technology » (22 au 25/05/24, Paris, 75) ;
- Salon « Eurosatory », Mondial de la Défense et de la Sécurité (17 au 21/05/24, Paris, 75) ;
- « Les Assises du New Space du CNES » (25 au 26/06/24, Paris, 75) ;
- « Forum Innovation Défense » (21 au 23/11/24, Paris, 75).

³⁹ Projet STRATEGY : Facilitating EU pre-Standardisation process Through streamlining and vAlidating inTeroperability in systems and procEdures involved in the crisis management cYcle.

⁴⁰ FSX : Full Scale Exercise.

⁴¹ Projet WUITIPS : Wildland-Urban-Interface Fire Touristic Infrastructures Protection Solutions. Projet Union Civil Protection (UCP).

⁴² UGAP : Union des Groupements d'Achats Publics (<https://www.ugap.fr/>).

⁴³ Projet INTREPID : Intelligent Toolkit for Reconnaissance and assessmEnt in Perilous IncidentS (Horizon 2020).

Connexions internationales

Le concept PANOPTÈS s'inscrit dans une démarche de coopération internationale, établissant des ponts entre les experts et les praticiens du monde entier. Ces connexions internationales, essentielles à l'enrichissement mutuel des connaissances et à l'élaboration de stratégies de lutte contre les incendies, témoignent de l'importance accordée à la collaboration transfrontalière et à l'innovation partagée.

Canada : des liens étroits ont été établis avec l'Université canadienne impliquée dans le projet national « GardeFeu » ([Wildfiresat](#)), qui vise à renforcer les capacités de surveillance et d'intervention des feux de forêt au Canada. Cela illustre l'importance de la coopération dans le développement de solutions innovantes.

Australie : un lien a été construit et une participation à la mission « [Bushfire](#) », qui s'est déroulée du 22 juin au 5 juillet 2023, soulignant son rôle dans l'échange d'expertise et la mise en application des connaissances en matière de prévention des incendies.

Comités de pilotage et comités scientifiques

L'approche proactive de l'étude PANOPTÈS a été propice à développer de nombreuses relations professionnelles, conduisant à une forte demande d'expertise. Dans ce contexte, l'équipe projet de l'étude PANOPTÈS a intégré plusieurs comités de pilotage et comités scientifiques, tirant parti de son expertise technologique et opérationnelle pour contribuer à des projets d'envergure et porter la voix des utilisateurs finaux.

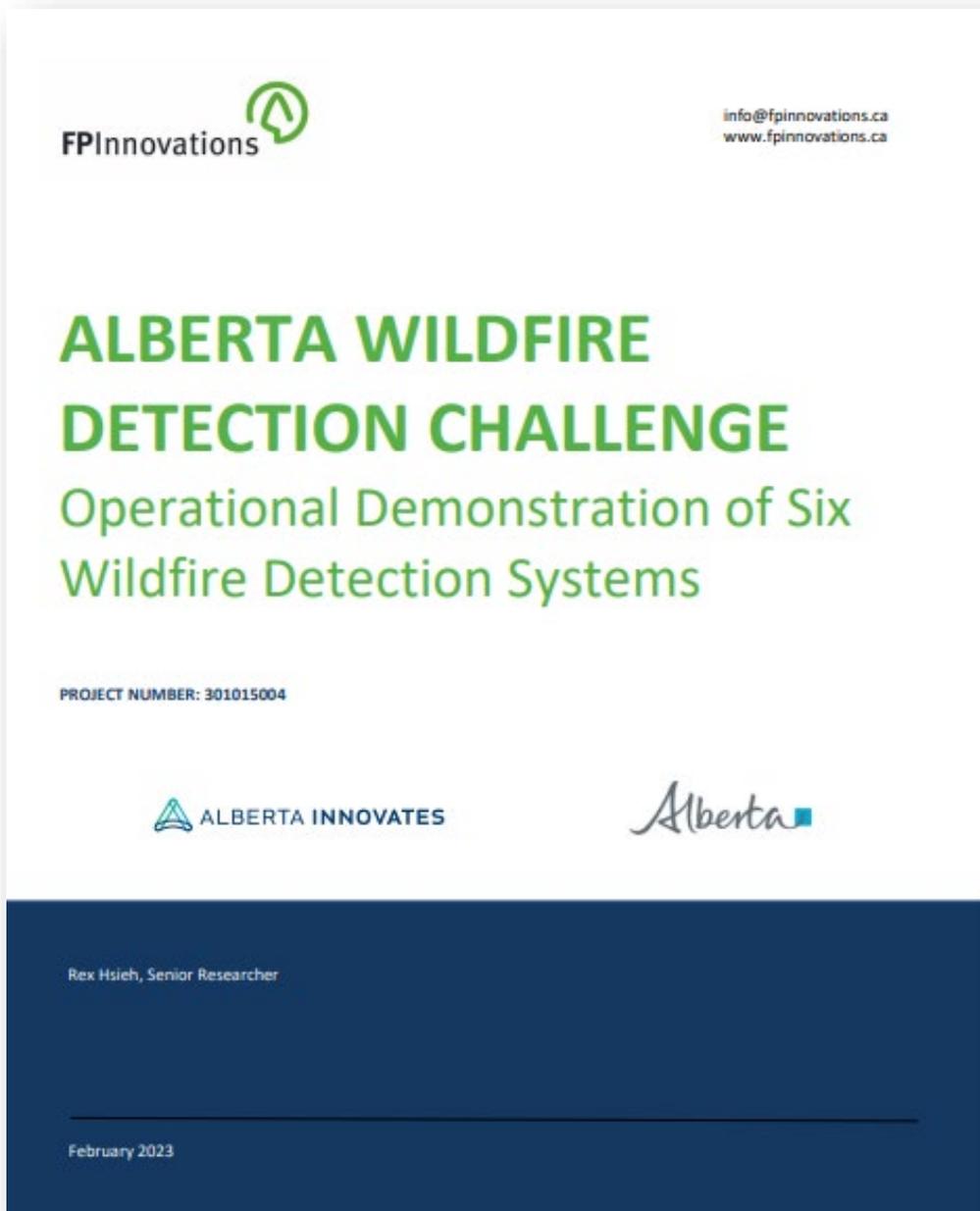
- Mise en œuvre de l'[AMI « Prévention, lutte et supervision contre les feux de forêt »](#), organisé par le Pôle Aerospace Valley, ENTENTE VALABRE et Nîmes Métropole en juin 2023, mettant en lumière la dynamique d'innovation de la technologie des drones pour la gestion des incendies.
- L'engagement dans le développement et l'utilisation de solutions spatiales au profit des acteurs publics a également été démontré par la participation au COPIL de l'étude menée par le consortium Telespazio (et son sous-traitant Altys Technologies) / Warucene. Cette initiative s'inscrit dans l'objectif du CNES d'optimiser les communications aéronautiques pour la sécurité civile, en particulier dans la gestion des feux de forêt, grâce à l'initiative ConnectByCNES qui vise à aligner les besoins des utilisateurs avec les services satellitaires disponibles. En tant qu'agence spatiale nationale, le CNES remplit son rôle de conseiller et d'accompagnateur pour les infrastructures spatiales et l'exploitation des technologies satellitaires existantes.
- Le fait de rejoindre le Conseil Scientifique et Technique du projet innovant « Solution géospatiale pour la prévention et la lutte contre les feux de forêt », une initiative Fast Track du CNES, en partenariat avec la société Kayrros, lancé en 2023, dans le cadre d'un marché public innovant a permis de consolider les connaissances sur les services issus des données satellitaires. Ce projet vise à tester des services de solution géospatiale dans six SIS pilotes afin de renforcer les capacités de prévention des incendies de forêts.
- L'intégration au COPIL « Défi Résilience Industrielle et Territoriale » du Pôle SAFE.

Ces collaborations illustrent l'engagement à travailler conjointement avec des acteurs variés autour de solutions innovantes et adaptées aux défis actuels et futurs.

Opportunités consolidées par PANOPTÈS

L'élaboration de l'étude PANOPTÈS a révélé une série d'opportunités, permettant de participer activement à des initiatives stratégiques en cours. Ces opportunités ont déclenché des initiatives de recherche et développement dans le domaine de la détection et du suivi des incendies, bien que les détails restent à ce jour encore confidentiels, mais présageant d'avancées technologiques majeures.

L'AMI du CNES pour le volet spatial du dispositif France 2030 « Besoins du secteur public en données spatiales et services associés » a été l'un des premiers résultats tangibles, les membres de l'étude contribuant directement à la définition des besoins pour deux appels d'offres du CNES. Ces derniers visent à déployer des services novateurs pour la surveillance et la gestion de crise ainsi que pour des services opérationnels d'IoT par satellites. Ainsi, la collaboration établie avec le CNES dans le cadre de l'étude PANOPTÈS offre à l'écosystème des SIS de France (hexagone et Corse), ainsi qu'aux collectivités territoriales, trois ans de prestations de services en données spatiales et services associés, financés par le programme France 2030, qui est opéré par le CNES. Cela représente une opportunité exceptionnelle pour intégrer les données satellitaires dans la gestion des territoires, contribuant ainsi à améliorer la résilience, la réponse opérationnelle et la prévention face aux incendies de forêts et d'espaces naturels.



Annexe 4 : Le processus d'Appel à Manifestation d'Intérêt National.

Dans le cadre de l'étude PANOPTÈS, le pôle de compétitivité SAFE, entité reconnue pour son rôle de catalyseur dans le domaine de la sécurité et de la résilience des territoires a été sollicité pour réaliser l'état des lieux des solutions technologiques qui pourraient être développées au niveau national. Pour ce faire, le pôle SAFE a ouvert un Appel à Manifestation d'intérêt National (AMIN), procédure ouverte permettant à toute entité, ou consortium de partenaires, de présenter une solution innovante. L'objectif était clair : identifier les technologies capables individuellement ou collectivement de détecter tout départ de feu de forêt ou d'espace naturel en moins de 5 minutes et avec une précision de moins de 50 mètres sur l'ensemble du territoire national, englobant la France hexagonale et la Corse. Ces technologies devaient également avoir la capacité d'assurer un suivi de tous les feux en simultanée (front de feu, superficie brûlée, sautes de feux, points chauds, etc.). La donnée produite serait rendue disponible pour les acteurs du secours comme pour les autorités de police, les instituts de recherche, etc. L'usage se fera ainsi, non seulement dans le cadre de la mise en œuvre de la lutte, mais aussi dans la prévention des risques, en exploitant l'historique de tous les départs de feux. Avec un jeu de données suffisamment abondant, la prédiction opérationnelle pourra être ensuite développée, pour anticiper tout départ de feu en prépositionnant de manière judicieuse des moyens préventifs sur le terrain. Ainsi, de l'étude PANOPTÈS, ayant un angle d'entrée opérationnelle, deviendra à terme, un projet de bout en bout, liant les retours d'expérience et agissant sur le volet prévention, prévision et prédiction opérationnelle.

L'AMIN, réalisé entre avril et septembre 2023, a été un processus sélectif qui a abouti à la distinction de 64 structures, parmi 135 ayant manifesté leur intérêt (TPE, PME, grands groupes, associations, laboratoires de recherche, associations, etc.). Ces entités ont présenté une gamme de solutions technologiques complémentaires, allant des capteurs d'images et/ou vidéos, fixes ou embarqués à bord de divers aéronefs (mini drones, drones longue élévation, avions, ballons) à des capteurs satellitaires, en passant par des innovations issues des réseaux sociaux et des plateformes de commande et de contrôle interopérables type C2⁴⁴, l'algorithmie et l'IA.

L'évaluation des technologies a mis en évidence une variabilité dans la maturité des solutions, certaines étant déjà opérationnelles tandis que d'autres nécessitent encore des phases de développement et de validation. L'analyse a révélé que la maturité des systèmes, c'est-à-dire l'emploi coordonné de différentes technologies élémentaires pour amener une solution partielle ou totale à la couverture des fonctionnalités du cahier des charges de l'AMIN, est en général assez faible et nécessitera un effort de validation et d'intégration dans les systèmes opérationnels des SIS existants.

Un catalogue issu de l'AMIN a été rédigé et partagé en « open source » avec la communauté des SIS de France et de la sécurité civile. Ce catalogue sert de référence pour les opérationnels terrain, leur permettant de s'orienter dans le choix de solutions potentielles, notamment dans le contexte des subventions nationales telles que le « Fonds Vert »⁴⁵.

⁴⁴ Plateformes multimodales interopérables de type Command and Control (C2) : plateformes conçues pour intégrer les données issues des différents capteurs, les traiter et les visualiser, fournissant parfois également des fonctionnalités d'aide à la décision et d'archivage intégré. Elles permettent une interface fluide avec les Systèmes d'Information Géographique (SIG) utilisés par les opérationnels sur le terrain.

⁴⁵ <https://www.ecologie.gouv.fr/fonds-vert>.

Méthodologie de l'AMIN

L'approche méthodologique adoptée pour l'AMIN dans le cadre de l'étude PANOPTÈS a été structurée en plusieurs phases séquentielles, visant à garantir la sélection des solutions innovantes les plus prometteuses pour la détection précoce des départs de feux de forêt et d'espaces naturels et leur suivi.

Dans le cadre du sourcing de solutions innovantes, les étapes suivantes ont été menées :

- Phase 1 : composition d'un comité d'experts ;
- Phase 2 : rédaction d'un Appel à Manifestation d'intérêt ;
- Phase 3 : consultation et analyse des dossiers de candidature ;
- Phase 4 : journées de pitches pour la sélection des candidats (2 jours) ;
- Phase 5 : réalisation d'un catalogue.

Phase 1 : Composition d'un comité d'experts pour l'AMIN de l'étude PANOPTÈS

Dans le cadre de l'AMIN de l'étude PANOPTÈS, une étape préliminaire a été la constitution d'un comité d'experts consultatif. Ce groupe a été établi pour apporter une expertise pluridisciplinaire et des recommandations éclairées au comité de pilotage de l'étude. Le comité d'experts a rassemblé des professionnels issus de divers horizons, représentant différentes catégories de structures, des experts techniques aux spécialistes métiers de la sécurité civile et des utilisateurs finaux, provenant de toutes les régions de France.

La méthodologie employée pour le fonctionnement du comité d'experts a été soigneusement élaborée. Elle a inclus la rédaction des règles de fonctionnement et des engagements de confidentialité, garantissant ainsi l'intégrité du processus de sélection. Chaque membre du comité a signé un accord de participation à l'étude et un contrat de confidentialité, conformément aux standards établis par le pôle SAFE.

Les experts ont été sollicités à plusieurs reprises tout au long du processus de sourcing, notamment pour la construction du cahier des charges et l'évaluation des solutions proposées. Leur mobilisation s'est effectuée via des communications par courriel et des réunions en visioconférence, couvrant divers aspects du processus, depuis le lancement de l'étude jusqu'à la phase de sélection finale des solutions.

Leur rôle a été déterminant dans la validation du cahier des charges, l'évaluation des dossiers de candidature et la participation aux sessions d'audition des candidats présélectionnés. Avant la sélection finale, une phase d'harmonisation des expertises a été mise en place pour assurer une évaluation cohérente et objective des technologies en lice.

Cette première phase de l'AMIN a posé les bases d'une analyse rigoureuse et a permis de garantir que le processus de sélection des solutions pour l'étude PANOPTÈS soit mené avec la plus grande transparence et impartialité.

Phase 2 : Rédaction d'un Appel à Manifestation d'Intérêt National (AMIN)

La phase de rédaction de l'AMIN pour l'étude PANOPTÈS a été une étape méthodique où les informations essentielles ont été collectées auprès du comité d'experts techniques. Ce processus a permis de définir avec précision les besoins, les objectifs, les performances attendues et les contraintes du projet. Dans le cadre de cette phase, des documents clés ont été élaborés pour guider les candidats potentiels et les experts évaluateurs à travers le processus de consultation et de sélection.

L'AMIN a été conçu pour articuler de manière détaillée les attentes vis-à-vis des candidatures, notamment en termes de développement des solutions et du niveau de maturité technologique requis (TRL). Il a également établi le calendrier des opérations et a mis en avant les perspectives offertes aux lauréats. Parmi les documents rédigés figuraient un guide du processus de consultation et de sélection, incluant les règles de gestion de la propriété intellectuelle et un planning prévisionnel de l'opération.

Pour assurer l'efficacité et la cohérence de cette phase, ainsi que des phases suivantes, un groupe de travail a été formé en collaboration avec le pôle SAFE. Ce groupe a été chargé de recueillir les besoins spécifiques liés aux différents cas d'usage et de structurer l'AMIN. Les tâches comprenaient la présentation des partenaires, la collecte des besoins, la compilation des listes de prospects et de partenaires de diffusion, et la validation des experts sollicités pour le comité d'évaluation.

Ce groupe de travail, composé de membres de l'ENTENTE VALABRE et du pôle SAFE, ainsi que des membres du comité d'experts, s'est réuni régulièrement pour co-construire la méthodologie, élaborer les documents nécessaires et partager des informations. Les supports rédactionnels issus de cette phase comprenaient un document descriptif de l'AMIN, un modèle de dossier de candidature et une grille d'évaluation standardisée pour l'analyse des candidatures par les experts. Ces outils ont été conçus pour faciliter la soumission des propositions et assurer une évaluation transparente et équitable des solutions présentées.

Phase 3 : Consultation et analyse des dossiers de candidature

La troisième phase du processus de l'AMIN pour l'étude PANOPTÈS a été consacrée à la consultation et à l'analyse approfondie des dossiers de candidature. Cette étape a débuté par le lancement de la consultation, qui a marqué le début de la recherche active de compétences, de concepts ou de technologies innovantes pouvant répondre aux besoins exprimés dans le cahier des charges de l'AMIN.

Le déploiement de l'AMIN s'est appuyé sur une communication multicanale pour atteindre un large éventail d'acteurs potentiels. Le site internet du pôle SAFE, ainsi que ceux des partenaires associés, ont servi de plateformes principales pour la diffusion de l'AMIN. En complément, des mailings ciblés ont été envoyés aux réseaux du pôle SAFE et des partenaires, et l'annonce de l'AMIN a été relayée sur les réseaux sociaux ainsi que sur les plateformes d'open innovation.

Les entités éligibles à répondre à cet AMIN comprenaient des TPE, PME, ETI, grands groupes et laboratoires de recherche dotés de technologies innovantes, ou encore des associations. Les candidats avaient la possibilité de soumettre leurs propositions seuls ou en consortium, en fonction de leurs domaines d'expertise. La soumission des dossiers s'est faite via la plateforme J'nOv, une plateforme qualifiée et sécurisée, garantissant la confidentialité et l'intégrité des informations transmises.

Un webinar de présentation de l'AMIN a été organisé par le pôle SAFE à l'intention des candidats potentiels. Cette session d'information d'une heure et demie a permis de clarifier les attentes de l'AMIN et a inclus une session de questions/réponses pour résoudre les interrogations des participants.

La présélection des candidatures pour la phase d'auditions a été réalisée sur la base des dossiers soumis. Le pôle SAFE a effectué une première évaluation pour identifier les candidatures recevables, qui ont ensuite été examinées par un comité d'experts. Chaque dossier a été évalué par plusieurs experts.

Une réunion d'harmonisation en visioconférence a permis de valider la liste des candidatures présélectionnées pour la phase d'auditions.

Les livrables de cette phase comprenaient le replay du webinaire d'information, les dossiers de candidatures soumis, une synthèse des grilles d'analyse complétées par les experts pour la pré-sélection, et la liste des solutions présélectionnées pour la phase d'auditions. Ces éléments ont constitué les bases pour les étapes suivantes du processus de sélection des solutions les plus prometteuses pour l'étude PANOPTÈS.

Phase 4 : Journées de pitches pour la sélection des candidats

Le traitement des candidatures présélectionnées pour l'étude PANOPTÈS a culminé lors des journées de pitches⁴⁶, où les porteurs de projets ont eu l'opportunité de présenter leurs solutions devant le comité d'experts. Ces auditions ont été l'occasion pour les entreprises et les laboratoires de recherche de mettre en avant l'innovation et la pertinence de leurs propositions en réponse aux besoins énoncés dans l'AMIN.

Le pôle SAFE a assuré l'organisation et la coordination de ces journées.

En conclusion des journées de pitches, le comité d'experts s'est réuni pour consolider les évaluations et établir la liste finale des solutions retenues.

Les livrables issus de cette phase comprennent la réalisation des journées de pitches, les grilles d'évaluation remplies par les experts, et la liste consolidée des candidats retenus pour figurer dans le catalogue final. Ces éléments constituent une étape décisive dans la concrétisation de l'étude PANOPTÈS.

Phase 5 : Réalisation d'un catalogue des fournisseurs potentiels de solutions innovantes sélectionnés

Le pôle SAFE et l'ENTENTE VALABRE ont ensuite édité un catalogue numérique exhaustif, recensant les fournisseurs de solutions innovantes sélectionnés à l'issue de l'AMIN. Ce catalogue vise à documenter et à mettre en valeur les technologies et services qui ont été identifiés comme étant les plus prometteurs pour répondre aux défis posés par les feux de forêt et d'espaces naturels à l'échelle nationale.

Avant publication, le contenu a été soumis à la validation des structures concernées pour garantir l'exactitude et la pertinence des informations divulguées.

Le catalogue se structure autour de plusieurs sections distinctes :

- Une introduction détaillant la démarche et les enjeux de l'étude PANOPTÈS, afin de contextualiser le projet et de souligner son importance stratégique ;
- Une cartographie des solutions, offrant une vue d'ensemble des technologies sélectionnées et de leur répartition en fonction des différentes catégories et fonctionnalités ;
- Des fiches descriptives pour chaque structure et solution sélectionnée, allouant une page par solution pour présenter les caractéristiques, les avantages et les modalités d'application de chaque technologie.

Envisagé en deux formats, numérique et potentiellement imprimé, le catalogue a été conçu pour répondre aux besoins d'accessibilité et de diffusion les plus larges.

⁴⁶ Pitch : bref résumé accrocheur destiné à promouvoir un film, un livre, etc.

Les livrables de cette phase comprennent le catalogue publiable des fournisseurs de solutions innovantes sélectionnés, qui a été mis à disposition des SIS, des autorités de police, des instituts de recherche et de tout autre acteur intéressé. Ce catalogue servira de référence pour les futures initiatives de déploiement et d'intégration des solutions dans les pratiques opérationnelles liées à la sécurité civile et à la gestion des risques naturels.

La version initiale du catalogue a été établie et sera soumise à des mises à jour progressives pour refléter l'état des offres de solutions au niveau national.

Cahier des charges techniques de l'AMIN

Le cahier des charges de l'AMIN pour l'étude PANOPTÈS a été structuré en trois parties principales, chacune abordant des aspects cruciaux du processus de sélection et des exigences du projet.

La première partie offrait une **présentation générale du contexte de l'AMIN**. Cette section décrivait également les solutions recherchées, en détaillant les fonctionnalités et scénarios envisagés pour répondre aux défis actuels de détection et de gestion des feux de forêt et d'espaces naturels.

Les **règles générales de l'AMIN** constituaient la deuxième partie et définissaient la nature des soumissionnaires, les motivations pour participer à l'AMIN, ainsi que la procédure de soumission. Le processus et le calendrier de sélection ont été précisés, accompagnés des critères d'éligibilité des candidatures et des principaux critères d'évaluation. Des informations concernant la confidentialité, la gestion de la propriété industrielle, ainsi que les éléments financiers et contractuels étaient également inclus.

La troisième partie fournissait les **coordonnées nécessaires** pour le contact et les informations complémentaires, permettant ainsi aux candidats potentiels de poser des questions ou de résoudre des problèmes rencontrés lors du processus de candidature.

Annexe 5 : Candidatures et résultats de l'AMIN.

L'AMIN PANOPTÈS a suscité une participation active des acteurs concernés, qui ont manifesté leur engagement en téléchargeant le dossier de candidature et en assistant au webinaire de présentation. L'analyse des soumissions révèle une diversité d'approches technologiques et de solutions, allant des systèmes multi-technologiques et multi-parties prenantes à des initiatives mettant en avant des technologies à très basse consommation, discrètes et résilientes, conformément à l'impératif d'une opérationnalité simple, universelle et durable.

Structures ayant émis un intérêt

La Figure 33 met en évidence la répartition géographique des structures qui ont manifesté leur intérêt pour l'étude PANOPTÈS. Elle reflète une mobilisation nationale autour de l'innovation en matière de prévention et de gestion des risques environnementaux.

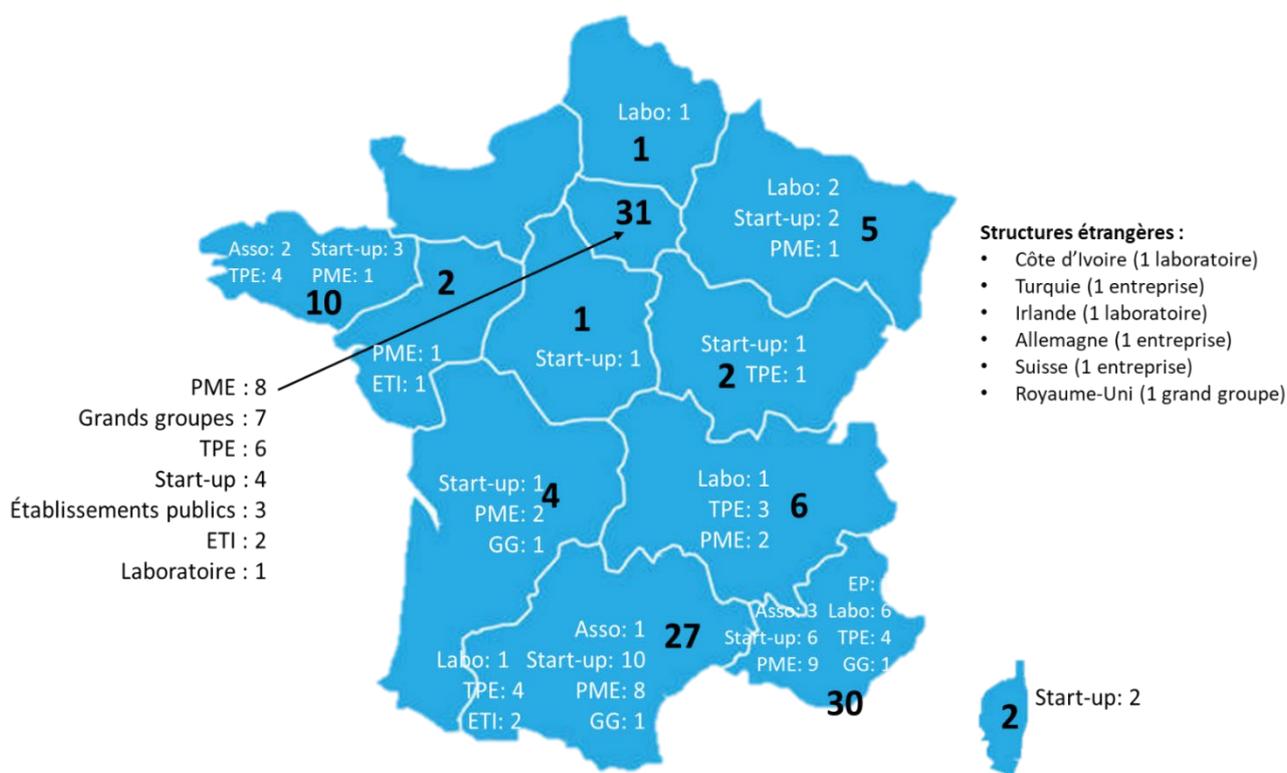


Figure 43 : Cartographie des structures françaises ayant soumis un intérêt pour l'AMIN PANOPTÈS.

Candidatures PANOPTÈS traitées

La Figure 34 illustre la diversité et l'étendue géographique des structures ayant été jugée recevables à une évaluation et répondant aux critères du cahier des charges de l'AMIN.

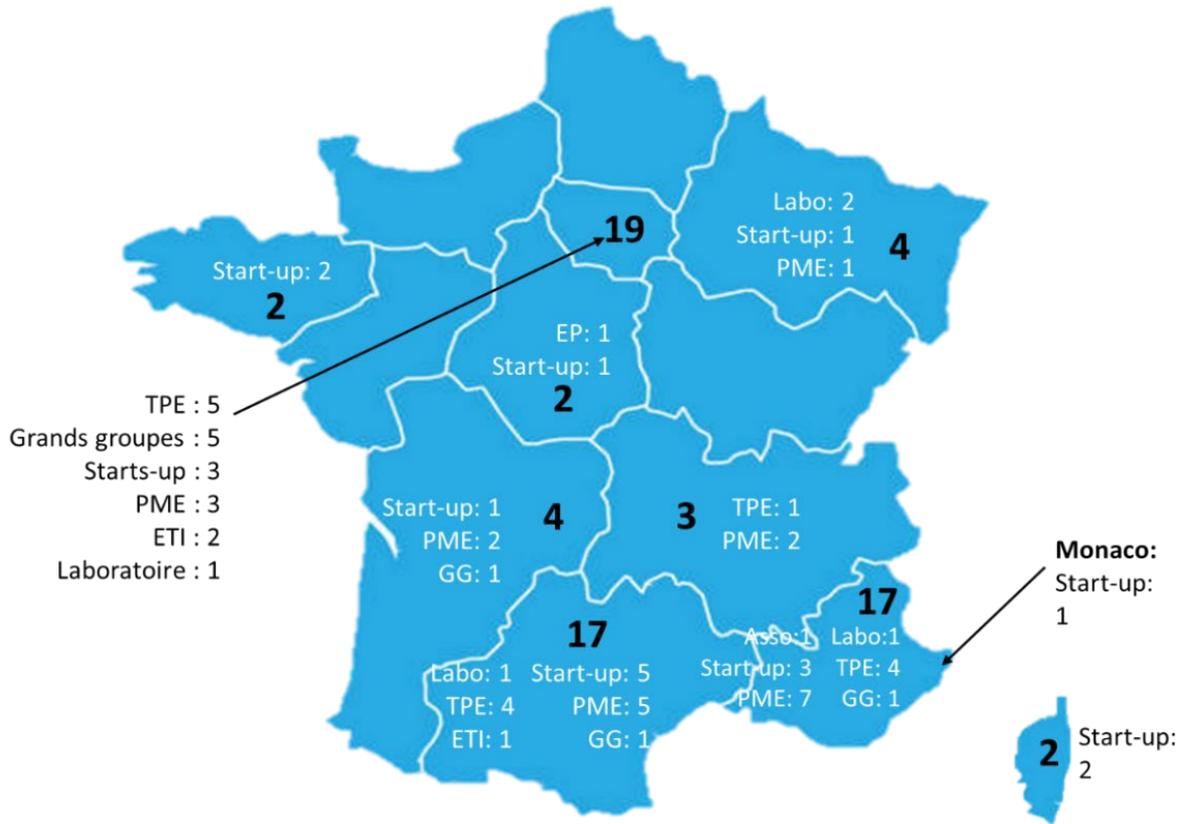


Figure 44 : Cartographie des structures françaises ayant déposé un dossier de candidature à l'AMIN PANOPTÈS.

Annexe 6 : Les composantes « Forces » de PANOPTÈS.

Dans l'analyse SWOT de PANOPTÈS, il est essentiel de considérer une approche multidimensionnelle incluant les perspectives globale, technologique, ainsi que les aspects de souveraineté nationale.

Approche globale

Innovation technologique : PANOPTÈS se distingue par son intégration de technologies de pointe en matière de détection et de suivi des incendies, incluant l'utilisation de l'intelligence artificielle et la capacité multi-capteurs.

Valorisation de la recherche et de l'innovation française : Le projet est une occasion pour les laboratoires de recherche universitaires et les entreprises innovantes nationales de valoriser leurs travaux et de contribuer à l'avancement scientifique dans le domaine de la prévention et de la lutte contre les incendies.

Expertise collaborative : PANOPTÈS bénéficie de la collaboration entre l'ensemble des acteurs du secours et des établissements associés, y compris des universités et des centres de recherche, garantissant une approche multidisciplinaire. En sollicitant la participation des industriels et des acteurs publics et privés, PANOPTÈS promeut une collaboration stratégique, mutualisant les ressources et les expertises pour le développement de solutions innovantes.

Engagement des acteurs clés : Les utilisateurs finaux, notamment les SIS, doivent être impliqués dans la phase de test et de retour d'expérience, assurant ainsi que les solutions répondent aux besoins réels du terrain. L'implication des chercheurs et des partenaires industriels dans les phases de conception et de test renforce la pertinence opérationnelle du projet.

Approche interministérielle : Le projet bénéficie d'une approche interministérielle, favorisant la collaboration entre différents secteurs gouvernementaux pour une réponse unifiée aux incendies de forêt et d'espaces naturels.

Couverture nationale : Le projet vise une couverture complète du territoire français, passant de 6 % à 100 %, ce qui représente une avancée majeure dans la systématisation de la détection des incendies en quasi-temps réel.

Prise en compte du territoire : PANOPTÈS reconnaît le principe de réalité territoriale, assurant que les solutions développées sont adaptées aux spécificités locales.

Interopérabilité des systèmes : Le projet prévoit l'interopérabilité avec les moyens existants des SIS, favorisant une intégration harmonieuse, garantissant une utilisation efficace des données et une réponse opérationnelle rapide en cas d'incendie.

Réduction des incertitudes : Le projet s'attaque aux défis de la constitution de jeux de données de dépôts de feux de forêts et d'espaces naturels, et de la méthodologie d'approche et de validation. Cette approche a pour objectif de diminuer les incertitudes et d'améliorer la précision de la détection, tout en offrant des données fiables pour les interventions.

Utilisation des données spatiales : PANOPTÈS envisage l'exploitation des données satellitaires pour améliorer la détection et la surveillance des incendies,.

Moyens financiers : PANOPTÈS vise à dimensionner les moyens financiers à la réalité des risques et identifie les opportunités de mutualisation pour une gestion des ressources plus efficiente. Il encourage une approche de financement partagé entre l'État et les territoires.

Potentiel de développement commercial : PANOPTÈS a le potentiel de catalyser un marché initial au niveau national et présente des opportunités de marché significatives, avec la possibilité d'exporter les solutions développées à l'échelle européenne et internationale, répondant à une demande croissante pour des solutions innovantes de gestion des incendies de forêt.

Soutien institutionnel et financier : Le projet, déjà reconnu dans certains programmes de soutien à l'investissement tels que France 2030, pourrait bénéficier d'une éligibilité complète, ce qui simplifierait l'accès aux financements et stimulerait l'expérimentation de solutions innovantes.

Réactivité et anticipation : Avec un système de détection et de suivi performant, PANOPTÈS permettrait une réaction rapide aux départs de feux et une anticipation des risques.

Capacité de prédiction et d'anticipation : En plus de la détection en quasi-temps réel, PANOPTÈS vise à prédire les feux susceptibles de devenir incontrôlables, permettant ainsi une intervention préventive et une gestion proactive des risques.

Approche globale et intégrée : Le projet propose une approche de bout en bout, combinant la prévention, la détection, le suivi et l'analyse post-événement pour une approche holistique et une gestion complète du cycle des incendies.

Réduction des coûts et des pertes : Le projet vise à réduire les surfaces brûlées et, par conséquent, les coûts associés à la restauration et à la réhabilitation des zones affectées, tout en minimisant les pertes humaines et les dommages à la biodiversité ainsi que la perte de séquestration carbone.

Engagement citoyen : Le projet favorise l'engagement citoyen et valorise les associations qui participent à la protection contre les risques, renforçant la résilience communautaire.

Impact sociétal, contribution à la transition écologique : Le projet permet de réduire l'impact des incendies sur les populations et les écosystèmes. Il s'aligne avec les objectifs environnementaux mondiaux, tels que ceux de la [COP27](#)⁴⁷, en contribuant à atténuer les effets du changement climatique et à promouvoir la préservation des ressources naturelles.

Contribution à la sécurité civile : Par sa capacité à systématiser la détection des incendies, PANOPTÈS a le potentiel d'améliorer significativement la réponse opérationnelle de sécurité civile et contribue de manière significative à la protection des populations et des écosystèmes.

Durabilité et respect de l'environnement : La prise en compte de l'impact environnemental et sociétal dans la conception de PANOPTÈS témoigne de l'engagement du projet envers le développement durable.

Diffusion et partage des connaissances : La promotion des solutions développées par PANOPTÈS auprès des utilisateurs finaux par le pôle SAFE et l'ENTENTE VALABRE contribue à une meilleure sensibilisation et à un partage des connaissances en matière de lutte contre les incendies.

⁴⁷ La 27^{ème} conférence des parties à la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, qui s'est tenue en Égypte du 6 au 20 novembre 2022, vise à renouveler la solidarité entre les pays afin de concrétiser l'accord historique de Paris (<https://www.un.org/fr/climatechange/cop27>).

Approche technologique

Le concept PANOPTÈS bénéficie d'un solide éventail de solutions déjà identifiées et disponibles, ce qui constitue une force considérable pour le projet. Les technologies nécessaires à la détection et au suivi des incendies de forêt et d'espaces naturels existent déjà et ont été déployées dans divers contextes opérationnels, offrant ainsi une base éprouvée sur laquelle s'appuyer pour le développement de PANOPTÈS.

Disponibilité des solutions : Le projet a l'avantage de pouvoir sélectionner parmi un éventail de solutions technologiques existantes. Cela inclut des capteurs physiques d'alerte qui, bien que technologiquement éprouvés, nécessitent une évaluation de leur efficacité opérationnelle dans diverses situations (nombre de capteurs, emplacements, fiabilité de connexion, etc.).

Technologies éprouvées : Les capteurs d'images fixes, avec ou sans IA embarquée pour la reconnaissance de fumée ou de feux, sont largement utilisés et ont fait leurs preuves en termes d'utilité opérationnelle. Ces systèmes sont susceptibles de rester pertinents pour le parc existant et pour les déploiements futurs.

Intégration multi-capteurs : L'utilisation combinée de plusieurs types de capteurs est une tendance croissante, améliorant la détection et le suivi des incendies grâce à une approche multicouche.

Développement et validation : Bien que les solutions soient disponibles, un travail de développement et de validation est nécessaire pour assurer leur intégration dans les systèmes opérationnels des SIS et pour répondre aux besoins spécifiques de la détection des incendies en France.

Intelligence Artificielle : L'appel à la technologie IA, couvrant un spectre allant de l'algorithmie simple aux réseaux de neurones et au Deep Learning, est fréquent, en particulier pour la détection à partir de données d'image ou vidéo. Cependant, une caractérisation plus poussée et la certification de l'IA, ainsi que la constitution de jeux de données de référence, sont nécessaires pour exploiter pleinement son potentiel.

Interopérabilité et scalabilité : Le projet doit relever le défi d'articuler la scalabilité des solutions entre le niveau local, départemental et national. Certaines propositions actuelles se concentrent sur des zones limitées et proposent une réplique pour une couverture nationale.

Approche de souveraineté nationale

Les avantages d'un système souverain comme PANOPTÈS pour la France sont nombreux et découlent de la convergence entre les aspirations opérationnelles et les ambitions stratégiques nationales.

Indépendance technologique : En développant un système souverain, la France garantit son autonomie en matière de sécurité civile et de gestion des urgences environnementales, réduisant ainsi sa dépendance vis-à-vis des technologies et des plateformes étrangères et renforçant la sécurité nationale.

Sobriété et efficacité énergétique : Le concept PANOPTÈS, en s'appuyant sur les technologies émergentes et les données spatiales, vise à optimiser l'utilisation des ressources et à minimiser les flux de données, contribuant ainsi à une gestion plus sobre et performante des systèmes.

Cybersécurité : La centralisation des données et des opérations au niveau national offre une meilleure protection contre les cybermenaces, un atout majeur dans la sécurisation des informations sensibles liées aux incendies.

Réponse aux enjeux environnementaux : Le projet s'aligne avec les objectifs environnementaux globaux, comme ceux discutés lors de la COP 27, visant à atténuer les effets du changement climatique et à promouvoir la préservation des ressources naturelles. Une diminution de la superficie des espaces végétaux incendiés se traduit par une réduction des émissions de carbone, non seulement dues aux feux eux-mêmes, mais également à l'utilisation de moyens de lutte contre ces incendies, tels que les avions bombardiers d'eau ou de retardant, les camions-citernes, ainsi que les déplacements des renforts de sapeurs-pompiers venant d'autres départements. De plus, cela implique une moindre pollution atmosphérique et une réduction notable de la consommation des ressources en eau.

Amélioration de la gestion des situations d'urgence : La solution spatiale envisagée par PANOPTÈS promet d'apporter une aide précieuse à la prise de décision des Commandant des Opérations de Secours⁴⁸ (COS) et des Directeurs des Opérations de Secours⁴⁹ (DOS).

Développement économique : En tant que projet innovant, PANOPTÈS a le potentiel de stimuler l'économie locale et nationale en créant de nouveaux emplois et en offrant des opportunités de développement pour les entreprises françaises.

Rayonnement International : Le concept PANOPTÈS offre l'opportunité de valoriser l'expertise technologique française et de renforcer le positionnement des entreprises nationales en tant que leaders sur le marché global de la détection et du suivi des incendies de forêt.

⁴⁸ COS : Commandant des Opérations de Secours. Le COS est le responsable opérationnel des interventions de secours en situation d'urgence. Cette fonction est encadrée par les articles L. 725-1 et suivants du Code de la sécurité intérieure et par l'article L. 1424-2 du Code général des collectivités territoriales (CGCT).

⁴⁹ DOS : Directeur des Opérations de Secours. Le DOS est l'autorité responsable de la direction stratégique des opérations de secours. Selon le contexte, cette fonction est exercée par le préfet ou le maire, comme défini dans le CGCT, articles L. 2216-1 pour le préfet et L. 2215-1 pour le maire.

Annexe 7 : Les composantes « Faiblesses » de PANOPTÈS.

Dans le cadre de l'analyse SWOT de l'étude PANOPTÈS, il est essentiel d'identifier les faiblesses qui pourraient entraver la réalisation des objectifs ambitieux de ce programme national. Ces faiblesses représentent les défis internes et les contraintes structurelles auxquels le projet doit faire face pour assurer son succès. L'examen des faiblesses doit permettre de mettre en lumière les domaines nécessitant une attention particulière, des ajustements stratégiques ou des améliorations opérationnelles. Cette introspection critique est cruciale pour renforcer le projet, optimiser les ressources et maximiser l'efficacité des interventions. Les faiblesses peuvent concerner des aspects techniques, financiers, organisationnels ou réglementaires, et leur identification précise est une étape indispensable pour élaborer des stratégies de mitigation et de renforcement du concept PANOPTÈS.

Approche globale

Financement et budget : La pérennité du financement du concept PANOPTÈS est incertaine et dépend des orientations politiques futures. Les ressources financières nécessaires pour la mise en œuvre et la maintenance du système doivent être sécurisées et allouées de manière durable.

Coordination et gouvernance : La multiplicité des acteurs impliqués dans le projet nécessite une coordination efficace, qui peut être entravée par des intérêts divergents ou des problèmes de communication. La clarification des rôles et responsabilités entre les différents services d'urgence et les acteurs de la sécurité civile est un défi. Une Gouvernance doit être établie.

Interopérabilité : L'intégration des nouvelles fonctionnalités dans les systèmes d'information existants des SIS et des autres acteurs de la sécurité civile nécessite une approche technique adaptée et des tests approfondis. La dispersion des solutions technologiques peut entraîner une hétérogénéité dans les systèmes opérationnels, compliquant l'uniformisation des processus de détection et de suivi des incendies. À terme, cette contrainte sera levée par l'adoption de NEXSIS 18-112 sur tout le territoire.

Résistance au changement : La mise en place de nouvelles technologies peut rencontrer des résistances au sein des organisations, nécessitant des efforts de formation et d'accompagnement du changement.

Développement et validation des solutions : La maturité variable des technologies requises pour PANOPTÈS implique un besoin de développement et de validation continu, notamment pour les solutions à faible maturité technologique. Les défis liés à la constitution de jeux de données calibrées et référencées pour l'entraînement des IA (données labellisées) et la validation des solutions sont une préoccupation majeure.

Communication et acceptabilité : La communication autour du projet et l'acceptabilité des solutions par les utilisateurs finaux sont essentielles et doivent être gérées de manière proactive.

Contraintes réglementaires : Les réglementations en matière de protection des données et de cybersécurité, comme le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) et la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) peuvent limiter l'utilisation et le partage des données collectées par PANOPTÈS.

Défis techniques spécifiques : Les défis techniques liés à l'utilisation des réseaux de communication, en particulier bas débit, et leur utilisation combinée avec différentes technologies (GSM, 5G, lien satellitaire, etc.) nécessitent une attention particulière.

Ces faiblesses, identifiées dans le cadre de l'étude PANOPTÈS, doivent être adressées avec des stratégies ciblées pour renforcer le projet et garantir son succès. La gestion de ces faiblesses implique une planification minutieuse, un engagement continu des acteurs et une allocation adéquate des ressources.

Approche technologique

Maturité des technologies : Certaines technologies envisagées pour PANOPTÈS peuvent ne pas avoir atteint un niveau de maturité suffisant (TRL) pour une implémentation immédiate à grande échelle. La nécessité de poursuivre la Recherche et Développement (R&D) pour certaines solutions implique un déploiement échelonné dans le temps.

Intégration des solutions : Les défis liés à l'intégration des différentes solutions technologiques dans un système cohérent et unifié peuvent compromettre l'efficacité opérationnelle. La compatibilité entre les nouvelles technologies et les systèmes existants doit être assurée pour éviter des problèmes d'interopérabilité.

Fiabilité et précision : La nécessité de garantir une détection précoce fiable et précise des départs de feu est cruciale, et toute inexactitude peut entraîner des conséquences importantes. Le risque de fausses alertes ou de non-détection doit être minimisé à travers des solutions technologiques robustes.

Maintenance et durabilité : La maintenance régulière des équipements technologiques et leur durabilité dans des conditions environnementales difficiles sont des aspects critiques. La capacité à effectuer des mises à jour et des améliorations techniques sans perturber les opérations en cours est essentielle.

Traitement des données : La gestion de grandes quantités de données, leur traitement en temps réel et leur stockage sécurisé représentent des défis techniques importants. L'analyse des données doit être rapide et efficace pour faciliter la prise de décision en situation d'urgence.

Connectivité et communication : La dépendance aux réseaux de communication pour la transmission des données peut être un point faible, en particulier dans des zones où la couverture est limitée ou non fiable. Les systèmes doivent être conçus pour fonctionner efficacement même avec des limitations de bande passante ou dans des conditions de réseau défavorables.

Formation et compétences : Les utilisateurs finaux, notamment les SIS, doivent être formés pour utiliser efficacement les nouvelles technologies, ce qui nécessite des programmes de formation adaptés. La montée en compétence des personnels pour l'utilisation des outils technologiques avancés est un processus qui demande du temps et des ressources.

En abordant ces faiblesses technologiques, PANOPTÈS pourra renforcer sa proposition de valeur et garantir l'efficacité de ses solutions dans la détection et la gestion des incendies de forêt. Cela implique un investissement continu dans la validation des technologies, la formation des utilisateurs et la mise en place d'une infrastructure technique solide et fiable.

Approche de souveraineté nationale

Dans le cadre de l'approche de souveraineté nationale pour l'étude PANOPTÈS, plusieurs faiblesses peuvent être identifiées.

Dépendance aux technologies étrangères : Bien que PANOPTÈS se concentre sur la souveraineté des données produites et la valorisation des technologies françaises, il existe un risque de dépendance aux technologies et aux plateformes développées et contrôlées par des entités étrangères, ce qui pourrait limiter la maîtrise nationale sur les solutions de détection et de suivi des incendies.

Protection des données : La protection des données sensibles capturées par le système de détection est primordiale, nécessitant leur stockage sécurisé au sein d'infrastructures nationales pour prévenir toute fuite de données et intrusion externe.

Potentiel de développement de marchés : Si le concept PANOPTÈS a le potentiel de catalyser un marché initial au niveau national et de s'étendre à l'échelle européenne et internationale, la mise en place d'un modèle financier et économique viable pour financer de telles solutions reste un défi majeur.

Cadre administratif et financier : La complexité des procédures administratives et financières peut constituer un frein au déploiement rapide et efficace des solutions.

Marché européen : La « souveraineté nationale » peut se heurter à la nécessité d'ouvrir les appels d'offre au niveau européen. Certaines entreprises, allemandes notamment, disposent d'un niveau de maturité supérieur à leurs concurrents français.

Problèmes de financement : Le financement du concept PANOPTÈS et des activités liées à la prévention du risque incendie nécessite un engagement financier non seulement des départements mais aussi des régions et de l'État. La répartition actuelle des ressources peut ne pas correspondre aux enjeux, appelant une solidarité inter collectivités et une centralisation des fonds avec un plan soutenu à l'échelle nationale, par les différents ministères (MTECP, MI, MASAF, Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie - MEFI).

Accès aux satellites : La dépendance à l'égard des systèmes satellitaires internationaux pour la détection et le suivi des incendies souligne l'importance d'assurer un accès constant et fiable à ces ressources spatiales, mettant en évidence la nécessité pour la France de développer et de maintenir ses propres solutions souveraines.

Réglementations internationales : Les réglementations internationales qui pourraient limiter le développement ou l'utilisation de certains systèmes de détection, notamment en matière de fréquences de transmission et de technologies de surveillance.

Investissement en R&D : Le besoin d'investir dans la recherche et le développement au niveau national pour créer des technologies innovantes et compétitives.

En abordant ces faiblesses liées à la souveraineté nationale, le concept PANOPTÈS pourra renforcer son indépendance et sa résilience face aux risques d'incendies de forêt. Cela implique de mettre l'accent sur le développement de technologies propres, la protection des données, et la création d'une infrastructure de détection et de réponse robuste, entièrement gérée au niveau national.

Annexe 8 : Les composantes « Opportunités » de PANOPTÈS.

Approche globale

Amélioration des capacités opérationnelles : L'adoption de technologies avancées peut apporter des gains significatifs en termes d'efficacité opérationnelle pour les acteurs de secours, notamment en réduisant le temps de détection et en améliorant la précision du suivi des incendies.

Engagement des utilisateurs : L'implication active des SIS et d'autres acteurs de la sécurité civile dans le processus de test et de validation des solutions de PANOPTÈS garantit leur pertinence et leur efficacité opérationnelle.

Opportunités de formation : Le projet propose des formations pour les acteurs de secours et les utilisateurs finaux, améliorant ainsi la maîtrise des outils et des données spatiales pour une meilleure réactivité en cas d'urgence.

Élargissement du réseau professionnel : La participation dans des comités de pilotage et des collaborations scientifiques offre l'opportunité d'intégrer une diversité d'expertises et d'approfondir le réseau professionnel autour du projet.

Développement de partenariats stratégiques : Les partenariats avec des entités publiques et privées, tant au niveau national qu'international, pourraient ouvrir des voies de financement et de développement de nouvelles technologies. Les relations établies avec les pôles de compétitivité, les instituts de recherche, les universités, les partenaires industriels et les acteurs clés ouvrent des voies pour de futures collaborations, expérimentations et partage d'expertise, contribuant ainsi au succès de PANOPTÈS.

Collaboration interministérielle : Cette thématique ne peut être supportée que par un seul ministère. Cela représente l'occasion de mettre en œuvre une collaboration continue interministérielle, avec des échanges de connaissance et une multiplication des opportunités de financement.

Stratégie de communication intégrée : PANOPTÈS déploiera une stratégie de communication holistique qui tirera parti des réseaux sociaux, des médias traditionnels et des participations à des événements spécialisés pour accroître la visibilité et favoriser la prise de conscience des défis associés aux incendies de forêt et d'espaces naturels.

Approche technologique

Innovation et avancées technologiques : PANOPTÈS se distingue par son intégration de plusieurs technologies de pointe, notamment l'IA et des solutions de détection par satellite, système qui n'existe pas à ce jour dans le monde, et qui offre un potentiel d'innovation significatif dans le domaine de la sécurité civile.

Valorisation et bancarisation des données : La capacité de PANOPTÈS à traiter, valoriser et bancariser les données pour une diffusion efficace auprès des acteurs de la sécurité civile offre de nouvelles perspectives pour l'utilisation des données spatiales et renforce les capacités opérationnelles des SIS. L'amélioration et l'automatisation des données historisées par la Base de Données sur les Incendies de Forêts en France (BDIFF)⁵⁰ de l'IGN seront très favorables.

⁵⁰ <https://bdiff.agriculture.gouv.fr/>

Développement de la détection multirisque : PANOPTÈS a le potentiel de se transformer en une plateforme de surveillance intégrée, capable de surveiller divers risques naturels tels que les inondations, la sécheresse et les mouvements de terrain, contribuant ainsi à une gestion globale des catastrophes naturelles et des ressources.

Contribution à la transition écologique : En alignant ses objectifs avec les enjeux environnementaux mondiaux, PANOPTÈS peut contribuer à l'effort collectif de préservation des ressources naturelles et de lutte contre le changement climatique.

Commercialisation internationale : L'efficacité des solutions de PANOPTÈS sur le territoire national pourrait servir de vitrine pour attirer l'intérêt d'acteurs internationaux, stimulant ainsi les exportations et le rayonnement de l'industrie française.

Marché initial national : PANOPTÈS a le potentiel de catalyser un marché initial au niveau national, avec des possibilités d'expansion européenne et internationale, répondant à une demande croissante pour des solutions de détection et de suivi des incendies à travers le monde. Les deux concours mondiaux récemment organisés par l'Australie et la Grèce en sont l'exemple même.

Focus sur deux concours mondiaux

Concours mondial australien :

Le prix [XPRIZE Wildfire](#) est un concours d'une durée de 4 ans et d'une valeur de 11 millions de dollars, visant à encourager l'innovation en matière de technologies de lutte contre les incendies, L'objectif est de renforcer les capacités de détection et de lutte contre les incendies, afin de limiter l'extension des « méga feux », susceptibles d'impacter sévèrement les sociétés. Ce prix est composé de 2 volets : l'un visant les capacités de détection multi territoires, l'autre concernant les moyens autonomes de détection et de lutte initiale contre les départs de feux en zone éloignées et/ou inaccessibles.

Concours mondial grec :

Le ministère de la Gouvernance numérique grec a lancé le 22 février 2024, deux concours publics internationaux ouverts pour le développement de microsattellites thermiques et de radars microsattellites, avec un budget total de 53 millions d'euros.

Ces dispositifs devraient permettre de renforcer les capacités du pays à faire face aux catastrophes naturelles grâce à un projet mis en œuvre dans le cadre du Programme national de microsattellites. Plus précisément, ces deux projets importants sont mis en œuvre par l'Agence spatiale européenne (ESA) grâce à un financement du Plan national de relance et de résilience Grèce 2.0, dont le ministère de la Gouvernance numérique est l'agence de mise en œuvre.

Les microsattellites thermiques et les microsattellites radar contribueront de manière significative à la surveillance et à la lutte contre les incendies de forêt, les inondations et d'autres phénomènes naturels en fournissant de multiples images satellite 24 heures sur 24.

Sources :

<https://hellenicnews.com/greece-announces-global-competition-for-thermal-microsatellites-radars-for-natural-disasters/>

<https://esastar-publication-ext.sso.esa.int/ESATenderActions/details/73179>

Approche de souveraineté nationale

Autonomie opérationnelle : PANOPTÈS vise à renforcer l'autonomie de la France dans la détection et la gestion des incendies de forêt et d'espaces naturels, en réduisant la dépendance aux solutions étrangères, et en renforçant ainsi la souveraineté nationale et la capacité à répondre aux enjeux environnementaux de manière indépendante. Demain, la sollicitation de ressources satellitaires notamment, deviendra concurrentielle entre pays comme l'est devenu l'accès aux avions bombardiers d'eau de type CANADAIR, impossible à acquérir du fait de l'accroissement de la demande et la limitation des chaînes de montage. La France doit avoir une capacité en interne sous peine ne plus en avoir à moyen terme.

Valorisation de l'industrie française : Le développement de solutions par des entreprises françaises pourrait encourager l'émergence de leaders nationaux et mondiaux dans le domaine de la surveillance environnementale par satellite. L'approche du sujet avec l'ESA⁵¹ est aussi à intégrer et la synergie avec les programmes européens actuels sont essentiels pour maximiser l'application des technologies spatiales aux besoins métiers spécifiques.

Référence internationale : La réussite de PANOPTÈS en France pourrait établir le projet comme un modèle international pour la gestion des risques environnementaux, stimulant les collaborations transnationales et le partage de meilleures pratiques.

Ces opportunités reflètent la capacité du concept PANOPTÈS à influencer positivement la souveraineté nationale de la France en matière de technologies spatiales et de gestion des risques environnementaux, tout en offrant des perspectives de développement économique et technologique.

Opportunités de financement et de commercialisation

Modèle économique mixte : La création d'un modèle économique associant l'État, les régions et les collectivités locales pourrait assurer une viabilité financière durable pour PANOPTÈS, en favorisant une répartition équilibrée des charges financières.

Financements stratégiques : La participation active aux appels d'offres et aux programmes tels que France 2030 créera des perspectives de financement pour soutenir le déploiement de PANOPTÈS, ainsi que pour la recherche de sources de financement supplémentaires visant la continuité et la pérennité des services.

Marché d'amorce national : Le potentiel de développement commercial au niveau national, européen et international offre des opportunités pour les entreprises françaises de devenir des leaders sur le marché.

Développement de nouveaux marchés : L'expansion du projet à l'échelle européenne et internationale, en capitalisant sur les besoins croissants en matière de gestion des risques environnementaux, offre des opportunités de développement de marchés commerciaux pour les entreprises françaises innovantes.

⁵¹ https://www.esa.int/Space_in_Member_States/France

Diversification des clients potentiels : PANOPTÈS attire l'intérêt d'une large gamme de clients potentiels, incluant des entités publiques et privées en charge de la gestion environnementale et des services de secours, ce qui augmente le potentiel de commercialisation des solutions.

Exportation et rayonnement international : L'efficacité prouvée des solutions de PANOPTÈS sur le territoire national peut encourager leur exportation vers d'autres pays confrontés à des défis similaires, positionnant ainsi la France comme un leader dans le domaine de la détection et du suivi des incendies de forêt.

Annexe 9 : Les composantes « Menaces » de PANOPTÈS.

Approche globale

Financement incertain : Le financement de PANOPTÈS dépend des orientations politiques à venir, ce qui introduit une incertitude quant à la pérennité des ressources financières nécessaires au déploiement et à la maintenance du système.

Complexité de coordination : La nécessité d'une collaboration interministérielle et intersectorielle implique des défis de coordination qui peuvent retarder ou compliquer la mise en œuvre du projet. Sans détermination d'une Gouvernance projet, les solutions ne pourront être nationales.

Acceptabilité sociétale : Les solutions de PANOPTÈS doivent être acceptées par la société pour éviter le risque d'échec du projet. En effet, les contraintes de surveillance par caméra et satellites peuvent amener une perception liberticide qui doit être contrecarrée par une procédure de gestion des données et missions très claire.

Cybersécurité et protection des données : La sécurisation des données sensibles collectées par PANOPTÈS est essentielle pour éviter les intrusions externes.

Changements réglementaires : Des modifications dans les cadres réglementaires et législatifs pourraient impacter des briques de solution du projet (autorisation de vol des vecteurs stratosphériques, drones longues élongations, vols hors vue automatisés, etc.).

Ces menaces doivent être soigneusement évaluées et prises en compte dans la planification stratégique du concept PANOPTÈS pour garantir sa réussite et sa résilience face aux risques externes. Des mesures de mitigation et une stratégie de gestion des risques adaptée sont cruciales pour naviguer dans le paysage complexe des menaces et pour garantir la réussite à long terme du projet.

Enfin, la non-sécurisation des financements et la possible non-acceptation sociétale des systèmes de surveillance proposés peuvent être un obstacle au déploiement dans la durée de PANOPTÈS.

Approche technologique

Obsolescence technologique : Les solutions de détection et de suivi des incendies évoluent rapidement, et PANOPTÈS risque de se retrouver avec des technologies dépassées si le projet ne maintient pas un rythme soutenu d'innovation et de mise à jour, notamment si les financements pour le déploiement n'interviennent pas rapidement.

Complexité d'intégration : L'intégration de diverses technologies dans un système cohérent peut se heurter à des difficultés techniques imprévues, augmentant ainsi les risques de dysfonctionnements et de défaillances.

Maturité technologique : La diversité de maturité des technologies élémentaires nécessite un effort de validation et d'intégration dans les systèmes opérationnels des SIS, ce qui peut retarder le déploiement de PANOPTÈS.

Intégration opérationnelle : Une décorrélation des solutions technologiques avec les attentes opérationnelles des SIS nécessite un dialogue approfondi entre les opérationnels, les développeurs de systèmes et les technologues.

Fiabilité des systèmes : La dépendance à des systèmes complexes pour la détection précoce des incendies nécessite une fiabilité et une résilience à toute épreuve, dont la moindre faille pourrait entraîner des conséquences graves en termes de sécurité.

Interférences et disruptions : Les systèmes de communication utilisés pour la transmission des données de détection peuvent être sujets à des interférences ou des interruptions, compromettant la réactivité du système.

Maintenance et support technique : La maintenance des équipements de haute technologie et le support technique associé représentent un défi en termes de coûts et de disponibilité des compétences spécialisées.

Ces Menaces technologiques nécessitent une attention particulière et une gestion proactive pour assurer que le concept PANOPTÈS reste à la pointe de la technologie et efficace dans sa mission de détection et de suivi des incendies. Des investissements en R&D et une veille technologique permanente sont essentiels pour surmonter ces défis.

Table des Références

- Académie des Sciences. (2023). *Les forêts françaises face au changement climatique*. Paris. Récupéré sur <https://www.academie-sciences.fr/fr/Rapports-ouvrages-avis-et-recommandations-de-l-Academie/forets-francaises-face-au-changement-climatique.html>
- Bar-Massada et al, A. F. (2023). *The Wildland - Urban Interface in Europe : Spatial Patterns and Associations with Socioeconomic and Demographic Variables*. Landscape and Urban Planning. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104759>
- Boersma et al, F. K. (2014). *Editorial: Incident Command Systems: A Dynamic Tension among Goals, Rules and Practice*. Journal of Contingencies and Crisis Management. Récupéré sur <https://doi.org/10.1111/1468-5973.12042>
- Chuvieco et al., E. M.-G.-M. (2023). *Towards an Integrated Approach to Wildfire Risk Assessment: When, Where, What and How May the Landscapes Burn*. Récupéré sur <https://doi.org/10.3390/fire6050215>
- Costa et al, M. C. (2011). *Prevention of Large Wildfires Using the Fire Types Concept*. Fire Paradox European Project, Generalitat de Catalunya, Barcelona. Récupéré sur www.efi.int/files/attachments/publications/handbook-prevention-large-fires_en.pdf
- Curt et al, T. L. (2013). *Wildfire Frequency Varies with the Size and Shape of Fuel Types in Southeastern France: Implications for Environmental Management*. Journal of Environmental Management.
- Direction de la Sécurité Civile. (1994). *Guide de Stratégie Générale Pour La Protection de La Forêt Contre l'incendie*. Paris.
- Direction générale de la sécurité civile, e. (2023). *Adaptation de La Sécurité Civile Face Aux Défis Climatiques à l'horizon 2050*. Paris.
- Duane et al, A. M. (2015). *Predictive Modelling of Fire Occurrences from Different Fire Spread Patterns in Mediterranean Landscapes*. International Journal of Wildland Fire.
- Duché et al, Y. R. (2014). *Evaluation et Cartographie de La Susceptibilité Aux Incendies de Forêt Des Interfaces Forêt-Habitat En Région Méditerranéenne Française*. Office National des forêts-Mission zonale DFCI.
- Fargeon et al, H. F.-S.-L. (2020). *Projections of Fire Danger under Climate Change over France: Where Do the Greatest Uncertainties Lie ?* Climatic Change. Récupéré sur <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02629-w>
- Fox et al, D. M. (2018). *How Wildfire Risk Is Related to Urban Planning and Fire Weather Index in SE France (1990-2013) »*. Science of The Total Environment. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.174>
- Galizia et al, L. F. (2022). *Global Warming Reshapes European Pyroregions*. Récupéré sur <https://doi.org/10.1002/essoar.10512410.1>
- Goldammer, J. G. (1996). *Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia: Ecological Impacts and Links to the Global System »*. In *Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia*. Edited by Johann Georg Goldammer and Valentin V. Furyaev, 1-20. Dordrecht: Spr. Récupéré sur https://doi.org/10.1007/978-94-015-8737-2_1

- IGEDD. (2023). *Politique de prévention et de lutte contre l'incendie de forêt dans un contexte d'extension et d'intensification du risque dû au changement climatique*. Thèse de doctorat. Récupéré sur <http://www.theses.fr/2019IAVF0025/document>
- IGN. (2022). *Résultats d'inventaires Forestiers - Méthodologie Pour Bien Comprendre Les Résultats Publiés*. Récupéré sur <https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/methodologie-2022.pdf>
- Jones, a. W. (2022). *Global and regional trends and drivers of fire under climate change*. Récupéré sur <https://doi.org/10.1029/2020RG000726>
- Jones, a. W. (2022). *Global and regional trends and drivers of fire under climate change*. Récupéré sur <https://doi.org/10.1029/2020RG000726>
- Lahaye, S. T. (2018). *What Are the Drivers of Dangerous Fires in Mediterranean France*. International Journal of Wildland Fire. Récupéré sur <https://doi.org/10.1071/WF17087>
- Lampin-Maillet et al, C. M. (2008). *A Method for Characterising and Mapping Habitat/Forest Interfaces - a Means for Preventing Forest Fires*. Nancy: Revue Forestiere Francaise.
- McRae et al, R. J. (2013). *An Australian Pyro-Tornadogenesis Event*. Natural Hazards. Récupéré sur <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0443-7>
- Moreira, F. D. (Novembre 2019). *Wildfire Management in Mediterranean-Type Regions: Paradigm Change Needed*. Environmental Research Letters,. Récupéré sur <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab541e>
- OCDE. (2023). *Taming Wildfires in the Context of Climate Change*. Récupéré sur <https://doi.org/10.1787/dd00c367-en>
- Oehler et al, F. S. (2012). *Assessing European Wildfire Vulnerability*. EGU General Assembly Conference Abstracts.
- Pausas, J. G. (2012). *Fuel Shapes the Fire–Climate Relationship: Evidence from Mediterranean Ecosystems*. Global Ecology and Biogeography.
- Pimont et al, F. J.-C.-S.-L. (2023). *Future Expansion, Seasonal Lengthening and Intensification of Fire Activity under Climate Change over France: Where Do the Greatest Uncertainties Lie?* Climatic Change. Récupéré sur <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02629-w>
- Pita et al, L. P. (2006). *Fixed and Mobile Fire Detection and Monitoring in Central Portugal—A Component of COTEC Project*. Forest Ecology and Management. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.065>
- Pita et al. L. P. C., C. R. (2006). *'Fixed and Mobile Fire Detection and Monitoring in Central Portugal-A Component of COTEC Project'*. Forest Ecology and Management 234: S44. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.065>.
- Pita, L. P. (2006). *'Fixed and Mobile Fire Detection and Monitoring in Central Portugal - A Component of COTEC Project'*. Forest Ecology and Management 234: S44. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.065>.
- Préfet du Var et al, S. 8. (2023). *Feu de Gonfaron Retour d'expérience Sur Les Dégâts Aux Bâtis, En Lien Avec Le Débroussaillage*. Récupéré sur <https://www.var.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Foret/RETEX-Feux-de-Foret/Gonfaron-2021>
- Ribeiro et al, L. M. (2020). *The Impact on Structures of the Pedrógão Grande Fire Complex in June 2017 (Portugal)*. Fire . Récupéré sur <https://doi.org/10.3390/fire3040057>

- Ruffault et al, J. T. (2020). *Increased Likelihood of Heat-Induced Large Wildfires in the Mediterranean Basin*. Scientific Reports. Récupéré sur <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:210991200>
- San-Miguel-Ayanz et al, J. T. (2023). *Advance Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Šerić et al, L. D. (2006). *Agent Based Data Collecting in a Forest Fire Monitoring System*. International Conference on Software in Telecommunications and Computer Networks. Récupéré sur <https://doi.org/10.1109/SOFTCOM.2006.329772>.
- Šerić et al., L. D. (2006). 'Agent Based Data Collecting in a Forest Fire Monitoring System'. *International Conference on Software in Telecommunications and Computer Networks 0 (September): 326–30*. <https://doi.org/10.1109/SOFT>.
- Šerić, L. D. (2006). 'Agent Based Data Collecting in a Forest Fire Monitoring System'. *International Conference on Software in Telecommunications and Computer Networks 0 (September): 326–30*. <https://doi.org/10.1109/SOFT>.
- The World Bank. (2020). *Managing Wildfires in a Changing Climate*. Washington DC, USA.: World Bank Policy Note. Récupéré sur https://www.profor.info/sites/profor.info/files/PROFOR_ManagingWildfires_2020_final.pdf
- Turco, M. J.-C. (2018). *Exacerbated Fires in Mediterranean Europe Due to Anthropogenic Warming Projected with Non-Stationary Climate-Fire*. Nature communications.
- Viegas et al, D. X. (2011). *Eruptive Behaviour of Forest Fires*. Fire Technology . Récupéré sur <https://doi.org/10.1007/s10694-010-0193-6>
- Wu et al, C. J. (2022). *Increased Drought Effects on the Phenology of Autumn Leaf Senescence*. Nature Climate Change. Récupéré sur <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01464-9>

Tables des Figures

Figure 1 : Extrait du rapport IGEEED, IGA, CGAAER « Politique de prévention et de lutte contre l'incendie de forêt dans un contexte d'extension et d'intensification du risque dû au changement climatique », février 2023, Tome 1, page 35.....	8
Figure 2 : Dieu grec PANOPTÈS.....	10
Figure 3 : Risque incendie actuel en France (source : Rapport d'information du Sénat 2022 - Feux de forêt et de végétation : prévenir l'embrasement).....	15
Figure 4 : Les 11 GRECO définies par l'IGN (source : inventaire-forestier.ign.fr).....	15
Figure 5 : Les Pyrorégions de la zone Méditerranée/Corse selon Lahaye et al (2018).....	16
Figure 6 : Surface annuelle incendiée en France, en hectares (données BDIFF), la ligne rouge représente la tendance sous forme de régression polynomiale du 3 ^{ème} degré.....	18
Figure 7 : Comparaison de la longueur de saison de feu projetée par les modèles sur les périodes historique (1986-2015) et future (2066-2095).....	19
Figure 8 : Comportements extrêmes observés ces dernières années en France (source : médias et réseaux sociaux)....	23
Figure 9 : Composantes intégrées du risque d'incendie (Chuvieco et al., 2023).....	25
Figure 10 : Augmentation du nombre de jours avec un IFM > 40, RCP 8.5. Différence entre la période considérée et la période de référence. À gauche, horizon 2021-2050, à droite, horizon 2071-2100. Moyenne annuelle/médiane de l'ensemble (Données DRIAS-2020).....	26
Figure 11 : Peuplement de feuillus dans l'Aisne (02) (source Warucene).....	27
Figure 12 : Résineux dans le Loir et Cher (41) (source Warucene).....	27
Figure 13 : Dépérissement de résineux attaqués par des ravageurs dans les Vosges (source Warucene, juillet 2023)....	28
Figure 14 : Sénescence des chênes après une vague de canicule en Ardèche, (source Warucene, août 2023).....	28
Figure 15 : Coûts de la reconstruction après un incendie selon l'intensité du feu (d'après Oehler et al. 2012).....	30
Figure 16 : Proportion d'interfaces habitat-forêt dans chaque zone NUTS-3 en Europe, selon Bar-Massada et al. (2023).....	33
Figure 17 : Distribution en France des « intermix » et « interfaces » selon (Bar-Massada et al, 2023).....	33
Figure 18 : Illustration de « l'intermix ». Figure 19 : Illustration de « l'interface ».....	34
Figure 20 : Feu de végétation agricole.....	34
Figure 21 : Implantation des 53 tours permettant de couvrir tout le territoire à risque.....	39
Figure 22 : Image, géolocalisation de l'alarme et simulation de la propagation.....	40
Figure 23 : Fumée détectée dans le spectre visible (à gauche), non détectée dans l'infrarouge (à droite) (source : D. Stipanichev).....	41
Figure 24 : Districts et position des tours de guet en Pologne.....	43
Figure 25 : Les 7 États allemands dotés de détection automatique (source : IQ Firewatch).....	45
Figure 26 : Contrôle de la détection des incendies au Portugal.....	48
Figure 27 : Couverture du système CICLOPE (source CICLOPE INOV).....	48
Figure 28 : Informations partagées sur Telegram en Catalogne.....	50
Figure 29 : Secteurs de surveillance des 6 drones.....	53
Figure 30 : Localisation des caméras et images accessibles sur le site Axis-SkyDomeNAU.....	54
Figure 31 : Constellation multi capteurs PANOPTÈS : Intégration holistique des vecteurs et capteurs de surveillance.....	62
Figure 32 : Flux et traitement des données au cœur de la constellation PANOPTÈS.....	63
Figure 33 : Cartographie des zones de couverture par technologie, rayons d'action des capteurs et vecteurs.....	64
Figure 34 : Capteurs IoT en interface pour détection départs de feu - Capteurs IoT en déploiement large pour le mode suivi.....	70
Figure 35 : Caméra de surveillance feux de forêts (source : feuxdeforet.fr - image générée par une IA).....	71
Figure 36 : Exemple de ballon stratosphérique, pouvant s'élever à 25 km d'altitude.....	72
Figure 37 : Projet ©ZEPHIR - Airbus.....	73
Figure 38 : Information transmise par un vecteur aérien accompagné d'un traitement par IA (source ©Aria Firefighting).....	74
Figure 39 : PANOPTÈS CORE de centralisation, traitement, distribution et bancarisation.....	87
Figure 40 : Tableau des feux référencés sur la BDIFF.....	90
Figure 41 : Exemple de fiche incendie issue de la BDIFF.....	90
Figure 42 : Contour de zones brûlées produit par Akli Benali et Al.....	91
Figure 43 : Cartographie des structures françaises ayant soumis un intérêt pour l'AMIN PANOPTÈS.....	110
Figure 44 : Cartographie des structures françaises ayant déposé un dossier de candidature à l'AMIN PANOPTÈS.....	111

Tables des Tableaux

<i>Tableau 1 : GRECO les plus fortement soumises au risque incendie.....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 2 : Particularité des Pyrorégions dans le Sud-Est de la France.....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau 3 : Incendies convectifs observés en France ces dernières années.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 4 : Détail du coût des incendies en 2022 en Gironde (données Association Régionale de Défense des Forêts contre l'Incendie ARDFCI Aquitaine).</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 5 : Entretiens avec des personnes qualifiées : universitaires, services publics utilisateurs ou associations. ..</i>	<i>38</i>
<i>Tableau 6 : Entretiens avec des sociétés privées.</i>	<i>38</i>
<i>Tableau 7 : Densité des tours de guet en Pologne.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 8 : Caméras installées en Pologne.....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 9 : Délais de rotation et de détection.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 10 : Solutions portées par des sociétés privées, par ordre alphabétique.....</i>	<i>58</i>
<i>Tableau 11 : Solutions portées par des centres de recherche universitaires.</i>	<i>59</i>
<i>Tableau 12 : Projets et structures lauréates de l'AMIN.</i>	<i>65</i>
<i>Tableau 13 : Proposition de composition d'un Comité interministériel et interdisciplinaire de gouvernance PANOPTÈS.....</i>	<i>86</i>

Table des Abréviations

ACMOSS	Agence des Communications Mobiles Opérationnelles de Sécurité et de Secours
AMI	Appel à Manifestation d'Intérêt
AMIN	Appel à Manifestation d'Intérêt National
AMU	Aix-Marseille Université
ANDSIS	Association Nationale des Directeurs et directeurs adjoints des Services d'Incendie et de Secours
ANSC	Agence du Numérique et de la Sécurité Civile
BDIFF	Base de Données sur les Incendies de Forêts en France
CODIS	Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours
AO	Appel d'Offre
°C	Degré Celsius
C2	Command and Control (serveur de commande et de contrôle)
CAPEX	CAPital EXpenditure (dépenses d'investissement en capital)
CD	Conseil Départemental
CGAAER	Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux
CGCT	Code Général des Collectivités Territoriales
CEREMA	Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CEREN	Centre d'Essais et de Recherche
CNCASC	Centre National de Coordination Avancé de Sécurité Civile
CNES	Centre National d'Études Spatiales
CNFSMPM	Centre National de Formation au Secours en Milieu Périlleux et en Montagne
CNIL	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
CNPP	Centre National de Plongée et des Activités Nautiques
CNSPF	Congrès National des Sapeurs-Pompiers de France
COGIC	Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle des Crises
COP	Common Operational Picture (situation opérationnelle partagée)
COPIL	Comité de Pilotage
COS	Commandant des Opérations de Secours
CSF-IS	Comité Stratégique de Filière - Industries de Sécurité
CST	Comité Scientifique et Technique
DEPAFI	Direction de l'Évaluation de la Performance, de l'Achat, des Finances et de l'Immobilier
DFCI	Défense des Forêts Contre l'Incendie
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DGPR	Direction Générale de la Prévention des Risques
DGSCGC	Direction Générale de la Sécurité civile et de la Gestion des Crises
DINUM	Direction Interministérielle du NUMérique
DOS	Directeurs des Opérations de Secours
Dr	Docteur
DRIAS	Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnement
EMERPAS	EMERgency Remotely Piloted Aerial System
EMIZ	Etat-major Interministériel de Zone (de Défense et de Sécurité)
EMN	Etat Major National
ENSOSP	École Nationale Supérieure des Officiers Sapeurs-Pompiers
ESA	European Space Agency (Agence spatiale européenne)
ETI	Entreprises de Taille Intermédiaire
EU	Europe

FAQ	Foire Aux Questions
FDF	Feux de forêt
FORCE 06	Force Opérationnelle Risques Catastrophes Environnement des Alpes-Maritimes
FSX	Full Scale Exercise
GDA	Groupement de Développement Agricole
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Evaluation du Climat
GIPATEGRI	Groupement d'Intérêt Public Aménagement du Territoire et Gestion des Risques
GMA	Groupement des Moyens Aériens
GRECO	Grandes Régions Ecologiques
GPS	Global Positioning System (Géo-positionnement par satellite)
GSM	Global System for Mobile communications
Ha	Hectare
IA	Intelligence Artificielle
IGA	Inspection Générale de l'Administration
IGEDD	Inspection Générale de l'Environnement et du Développement Durable
IGN	Institut national de l'Information Géographique et Forestière
IoT	Internet of Things (Internet des objets)
IFM	Indice-Forêt-Météo
INRAE	Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement
INRIA	Institut National de Recherche Informatique et Automatique
INTREPID	Intelligent Toolkit for Reconnaissance and assessment in Perilous Incidents in systems and procedures involved in the crisis management cycle
IR	Rayonnement Infrarouge
Km	Kilomètre
LIA	Laboratoire d'informatique d'Avignon
LIDAR	Light Detection and Ranging (détection et télémétrie par la lumière)
M€	Million d'Euros
MASAF	Ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté Alimentaire et de la Forêt
MCO	Maintien en Condition Opérationnelle
MEFI	Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie
MiCOEST	Mission Climat, Observation et Évolution du Système Terre
MI	Ministère de l'Intérieur
MSP	Mission Stratégie et Prospective
MTECP	Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques
N/A	Non Applicable
NDA	Non Disclosure Agreement (accord de non-divulgation ou de confidentialité)
OLD	Obligation Légale de Débroussaillage
ONF	Office National des Forêts
PhD	Docteur en Philosophie
PME	Petites et Moyennes Entreprises
POC	Proof Of Concept (preuve de concept)
PONT	Pôle innovation et Nouvelles Technologies
Pr	Professeur
RCP, RCPs	Representative Concentration Pathway
REIP	Référents Études-Innovation-Prospective
RGPD	Règlement Général sur la Protection des Données
RRF	Réseau Radio du Futur
R&D	Recherche et Développement

R&I	Recherche et Innovation
SAILMI	Service de l'Achat, de l'Innovation et de la Logistique du Ministère de l'Intérieur
SDAIRS	Sous-Direction des Affaires Internationales, des Ressources et de la Stratégie
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SDMN	Sous-Direction des Moyens Nationaux
SGA	Système de Gestion des Alertes
SGO	Système de Gestion Opérationnelle
SIG	Système d'Information Géographique
SINUS	Système d'Information NUMérique Standardisé
SIS	Services d'Incendie et de Secours
SOP	Situation Opérationnelles Partagées
SRI	Service de la Recherche et de l'Innovation
STRATEGY	Facilitating EU pre-Standardisation process Through streamlining and vAlidating inTeroperability
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats Étude comparative des solutions (robustesse, intérêt, avantages, inconvénients)
SYNAPSE	SYstème Numérique d'Aide à la décision Pour les Situations de crisE
SYNERGI	SYstème Numérique d'Échange, de Remontée et de Gestion des Informations
TRL	Technology Readiness Level
UGAP	Union des Groupements d'Achats Publics
UIISC	Unité d'Instruction et d'Intervention de la Sécurité Civile
WUITIPS	Wildland-Urban-Interface Fire Touristic Infrastructures Protection Solutions

*Réalisé avec le soutien du Ministère de la
Transition écologique, de l'Énergie,
du Climat, et de la Prévention des risques*

Préparation au déploiement d'un dispositif de détection précoce et de suivi des départs de feux d'espace naturel à l'échelle nationale.

L'étude PANOPTÈS, dont le nom s'inspire de la divinité grecque « qui voit tout », a été mandatée par le MTECP avec pour mission principale la préparation au déploiement d'un dispositif de détection précoce des départs de feux de forêts et d'espace naturel à l'échelle nationale. Cette initiative ambitieuse vise à transformer la gestion des feux en France en systématisant la détection en moins de 5 minutes, partout en France, et en assurant le suivi de tous les feux sur le territoire, en quasi-temps réel, avec un taux de revisite de 20 minutes maximum.

Le rapport, élaboré sur une période de quatorze mois, présente un état de l'art des solutions existantes et en développement, tant en France qu'à l'international. Il évalue les solutions de capture et de détection selon des critères rigoureux, tels que la qualité technique, la disponibilité, la résistance, la maintenance, et le coût. Le document propose également une méthodologie de déploiement.

Le résultat attendu est le passage de 6 % à 100 % de couverture du territoire (hexagone et Corse), garantissant une détection systématique et rapide des incendies, et réduisant ainsi les besoins de levée de doute humaine. Le rapport final, accompagné d'un catalogue de solutions pertinentes, est destiné aux acteurs du secours, aux autorités de police et aux instituts de recherche, et servira de référence pour la mise en œuvre de la lutte contre les feux de forêts et la prévention des risques.

The PANOPTÈS study, named after the Greek deity 'who sees everything,' was commissioned by the MTECP with the primary mission of preparing for the deployment of an early detection system for forest fires and natural space fires on a national scale. This ambitious initiative aims to transform fire management in France by systematizing detection within five minutes across the country and ensuring the tracking of all fires on the territory in near-real-time, with a maximum revisit rate of twenty minutes.

The report, developed over a period of fourteen months, presents a state-of-the-art review of existing and developing solutions, both in France and internationally. It evaluates capture and detection solutions based on rigorous criteria such as technical quality, availability, resilience, maintenance, and cost. The document also proposes a deployment methodology.

The expected result is an increase from 6 % to 100 % coverage of the territory (mainland and Corsica), ensuring systematic and rapid detection of fires, thereby reducing the need for human verification. The final report, accompanied by a catalog of relevant solutions, is intended for rescue actors, police authorities, and research institutes, and will serve as a reference for the implementation of the fight against forest fires and risk prevention.

Appel à Manifestation d'Intérêt National (AMIN)

Projet Panoptès

Solutions de détection précoce des départs de feux de forêt et d'espaces naturels et de suivi de ces feux sur le territoire national



PANOPTÈS

INNOVATION - DÉTECTION - SUIVI
FEUX DE FORÊT



VALABRE



SOMMAIRE

Présentation des partenaires

Contexte de l'AMIN

Présentation des fonctionnalités

Présentation des solutions et partenaires :

- **ACV 24** : DEVISUBOX
- **ALESIA** : Magellium – Cloudskeyes
- **CANOPEE** : AIRBUS DS SLC – OneWeb – XXII – HD RAIN – Midgard AI – SCC
- **CROWD4FIRE** : Nunki – BRGM
- **Détection des feux par aéronefs – Magnaeria Services** : UAD–Aéroservices – First Light Imaging – Thales Groupe – Merio
- **DEWS** : Nimesis Technology
- **DPSI** : A2S – EONEF – Icube–SERTIT – IGO – Midgard
- **DRIF** : Drone Geofencing – LIS TOULON – AZURIA – ARIA FIREFIGHTING – SIGNALERT
- **ELLIOT** : eV–Technologies – IRT St Exupéry
- **EPHAISTOS** : Prométhée – Delair – Diginove – AzurlA – Paratronic – CS Group
- **FC MSGU fdf** : Association FIRE CHASER
- **Fire Eagle** : Menaps
- **FireGard** : Midgard – SCC
- **GOS-STK 4 FIRE** : Telespazio France – Global Smart Rescue – ORAMA System – SCALIAN SAS – SYLVIACARE – Kineis
- **InVIA** : ELECTRIC BRAIN
- **PROLIPSI-P** : ATEM – BOREAL – EONEF – LTU – MAGELLIUM – ORBITICA – MERIO – SYT – VDSYS – VODEA – PRIMUS
- **PYRONEAR** : Pyronear
- **SYLVANS** : DIGINOVE – Orbital Solution Monaco – ACRI–ST – Orange Business
- **DRS Thales** : Thales – Thales Alenia space – Thales AVS – Thales SIX
- **VGF** : ELLONA – KINEIS – PARATRONIC – SIGNALERT – DELAIR – ELISTAIR – CS GROUP – PIXSTART – INRIA
- **VIGIPYRO** : CS Group France – Alcatel Lucent Entreprise – Asman technology – Elistair – Global Smart Rescue – H3Dynamics – Instadron – Midgard–AI – Paratronic – Prométhée NewSpace

Présentation des partenaires

L'ENTENTE VALABRE - Pôle Nouvelles Technologies

L'ENTENTE VALABRE est un établissement public dédié à la préservation et la lutte face aux risques naturels majeurs. Désormais forte de 31 collectivités, l'ENTENTE VALABRE réunit 15 départements, 15 Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS), ainsi que la Collectivité Territoriale de Corse. Ses missions sont de partager, concerter et mutualiser les compétences, les moyens et les outils, dans une logique de service auprès de ses partenaires, dans quatre domaines d'intervention : Information et prévention contre les feux de forêt ; Formation aux spécialités de la Sécurité Civile ; Essais et recherche au service des opérationnels ; Nouvelles technologies et géomatique.



www.valabre.com

Contacts : Philippe MERESSE & Marjorie SAMPSONI

LE PÔLE SAFE

SAFE est le pôle de compétitivité de la Sécurité/Sureté référent au niveau national. Il fédère les entreprises et les laboratoires qui développent des produits et des services technologiques innovants de sécurité, et les acteurs de la sécurité intérieure et de la sécurité civile.

SAFE porte l'ambition de faire émerger des solutions en termes de prévention, prévision et gestion des crises (enjeux environnementaux et sécuritaires), pour améliorer la sécurité des citoyens, les moyens d'action des forces de sécurité et la résilience des territoires et des infrastructures critiques.

Le pôle SAFE fédère 500 adhérents majoritairement situé en région Sud et dont deux tiers sont des entreprises. Depuis son origine, le pôle démontre une très forte dynamique dans l'émergence, la consolidation, la labellisation et l'accompagnement de projets d'innovation régionaux, nationaux et européens avec plus de 980 projets analysés et soutenus, et 400 projets financés, pour un budget total de 1.110 M€ et une aide publique cumulée de plus de 538 M€.



www.safecluster.com



SAFE CLUSTER

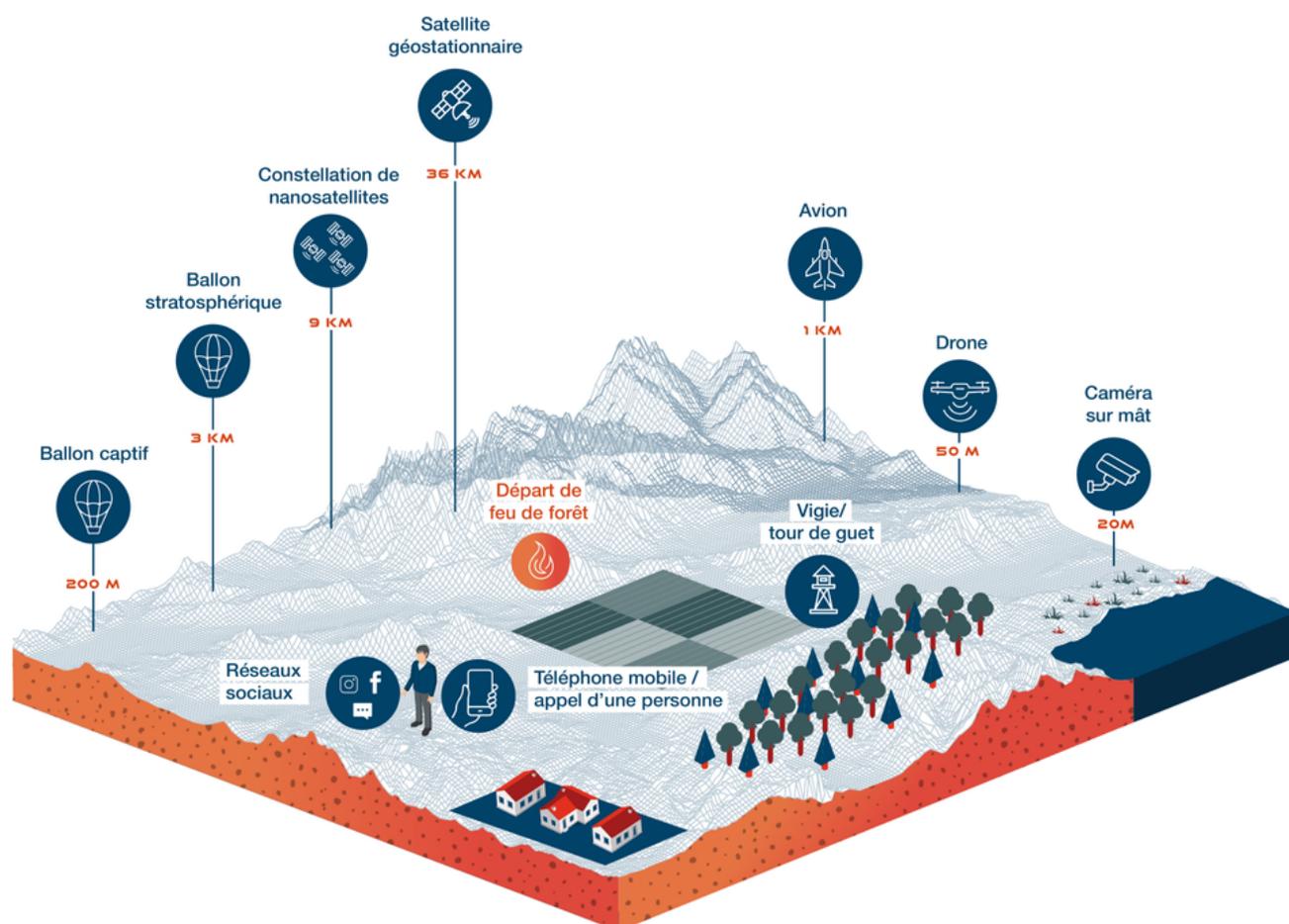
Contexte de l'AMIN

Cet AMIN s'inscrit dans le cadre de la prévention et la réduction des impacts des feux de forêt et d'espaces naturels.

L'année 2022 a été marquée par des incendies de forêt et d'espaces naturels d'une ampleur exceptionnelle avec 20.000 départs de feux recensés dans 90 départements. Le changement climatique conduit à la généralisation du risque à l'ensemble du territoire et à la survenue de cinétiques hors-normes favorisées par des contextes météorologiques extrêmes.

Dans ce contexte, le ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT) a mandaté l'ENTENTE VALABRE (Pôle Nouvelles Technologies - PONT) pour réaliser une étude préparatoire à une proposition de plan de déploiement de systèmes, en vue d'une détection précoce des départs de feux de forêt et d'espaces naturels et du suivi de ces feux à l'échelle nationale (France hexagonale et Corse).

• DÉTECTION



Détecter de manière précoce les départs de feux permet de :

- Prévenir les incendies et leurs impacts liés aux enjeux humains, environnementaux et économiques ;
- Améliorer l'efficacité de la défense des forêts et des espaces naturels contre les incendies (y compris les espaces agricoles) pour la préservation de la biodiversité ;
- Déclencher les moyens de lutte le plus rapidement possible en vue de stopper les feux dans leur phase initiale et éviter d'avoir à mettre en sécurité ou évacuer des personnes dans des conditions complexes (thrombose des axes de circulation, mobilisation de moyens navals quand le feu accule les personnes en bord de mer, hélitreuillage, etc.) ;
- Protéger la vie humaine, la santé et l'environnement. Les fumées et lessivas (écoulements liquides résultant de l'emploi de l'eau qui entraînent les cendres dans le sol et dont la teneur peut être toxique) sont des sources de nuisances ;
- Éviter de générer d'autres risques tels que mouvements de terrain, chutes de blocs, inondations, etc.

Dans le cadre de cette étude, l'ENTENTE VALABRE s'est associée au pôle de compétitivité SAFE pour réaliser le sourcing et l'évaluation des solutions matérielles et logicielles françaises pouvant répondre à l'objectif de détecter en moins de cinq minutes et avec une précision de moins cinquante mètres, tout départ de feu de forêt ou d'espaces naturels sur le territoire national (hexagonal et Corse), et d'en assurer un suivi (front de feu, superficie brûlée, sautes de feux, points chauds...). La donnée produite sera disponible pour les acteurs du secours comme pour les autorités de police, les instituts de recherche, etc. L'usage se fera ainsi, non seulement dans le cadre de la mise en œuvre de la lutte, mais aussi dans la prévention des risques, en exploitant l'historique de tous les départs de feux.

Une procédure d'Appel à Manifestation d'Intérêt National (AMIN) a été réalisée entre avril et septembre 2023 et a conduit à la sélection de 64 structures (TPE, PME, grands groupes, associations, laboratoires de recherche) proposant un panel de solutions technologiques complémentaires : capteurs d'images/vidéo fixes ou embarqués à bord d'aéronefs (mini drones, drones longue élévation, avions, ballons), capteurs d'images à partir de satellites, capteurs issus des réseaux sociaux, plateforme multimodale interopérable type C2, algorithmie et IA.

La maturité des technologies élémentaires varie fortement allant de produits déjà opérationnels à des technologies à faible maturité nécessitant des développements et des validations.

La maturité des systèmes (c'est-à-dire l'emploi coordonné de différentes technologies élémentaires pour amener une solution partielle ou totale à la couverture des fonctionnalités du cahier des charges de l'AMIN) est en général assez faible et nécessitera un effort de validation et d'intégration dans les systèmes opérationnels des SDIS existants.

Ce catalogue de solutions servira de base à l'étude préparatoire que mène l'ENTENTE VALABRE pour le compte du MTECT. Il sera diffusé largement auprès des utilisateurs finaux dès la fin du mois de septembre 2023.

Présentation des fonctionnalités de l'AMIN



Fonctionnalité n°1

Captation systématisée et continue dans le temps des données brutes de feu de forêt et d'espaces naturels.

- Brique 1a (optionnelle) : vecteur (moyens spatiaux, moyens aériens, moyens terrestres)
- Brique 1b : capteur (capteurs embarqués, moyens terrestres, solutions citoyennes collaboratives)
- Brique 1c (optionnelle) : traitement embarqué de la donnée
- Brique 1d : transmission de la donnée brute ou transformée

Pour la fonctionnalité F1, cinq scénarios sont à considérer pour l'ingénierie des solutions, les modalités de déploiement, l'estimation du prix de la solution et du coût de déploiement/exploitation/maintenance.

Pour chacun des scénarios, il sera considéré une zone type de 100km² à couvrir sur une durée de 24h :

- Scénario 1 : Zone vallonnée (exemple : forêt de Brocéliande, région Bretagne)
- Scénario 2 : Zone de plaine (exemple : forêt des Landes, région Nouvelle Aquitaine)
- Scénario 3 : Zone de montagne (exemple : massif des Alpes-Maritimes, région Sud)
- Scénario 4 : Zone périurbaine (exemple : Vitrolles (13), La Londe les Maures (83))
- Scénario 5 : Zone agricole (exemple : plaine agricole de la Seine-et-Marne (77))



Fonctionnalité n°2

Distribution de l'information de détection et/ou de suivi pour les utilisateurs, en interopérabilité avec les systèmes de gestion d'alertes (détection) ou les systèmes de gestion opérationnelle (suivi).

- Brique 2a : traitement de la donnée
- Brique 2b : transformation de la donnée de détection ou de suivi en vue de la rendre interopérable
- Brique 2c : présentation de la donnée de détection ou de suivi
- Donnée de suivi = front de feu, superficie brûlée, sautes de feux et points chauds



Fonctionnalité n°3

Qualification et activation/désactivation automatique ou manuelle du mode suivi.

- Brique 3a : qualification de l'information (levée de doute)
- Brique 3b : activation du mode suivi (F1 et F2)



Fonctionnalité n°4

Historisation/bancarisation de l'ensemble des données produites en temps réel.

ACV 24

ARGOS – Caméra IA Vigie 24mpix



CONTACT

Lounis MEBAREK
Business Developer

Solution 100% autonome pour le suivi à distance des départs de feux à partir de boîtiers smart photo data couplés à de l'IA+



Le boîtier fonctionne en total autonomie à partir d'un panneau solaire et d'une connectivité 4G. Il s'installe sans contrainte de câblage aux meilleurs emplacements pour détecter les départs de feu, en haut de collines ou de forêt ainsi que sur le réseau des vigies incendie existantes.

Le dispositif embarque un module reflex Nikon 24 mpix grand angle qui offre une résolution et une qualité optique très haut de gamme. Elle permet une détection précise des départs de feu de forêt à une distance de plusieurs km : une solution économique idéale pour couvrir les zones péri-urbaines ou les zones en pleine nature traversées par des axes routiers.

Le boîtier communique avec une plateforme en ligne qui détecte les départs de feu à partir d'une IA co-réalisée par Devisubox et ses partenaires. La plateforme Devisubox peut être utilisée dans une version configurée pour une utilisation simple ou être personnalisée avec des développements spécifiques pour optimiser les cas d'usages : l'objectif est d'analyser les photos et d'afficher le statut du risque d'incendie sur une carte géographique interactive. La plateforme gère un workflow : « RAS pas d'incendie » - « suspicion d'incendie » - « Levée de doute » - « Incendie avéré ». Elle facilite également les circuits de diffusion d'information.

La solution est mature et rapidement déployable : Devisubox est le leader européen des solutions de traçabilité visuelle autonome. Sa solution est robuste et a été éprouvée sur plus de 8000 projets.



CAMERA INTELLIGENTE

Longue portée, 24mpix



PLATEFORME D'ALERTE

Analyse IA des départs de feu



L'innovation de départ repose sur l'autonomie totale du boîtier qui permet de réduire les coûts d'installation et d'obtenir les meilleurs angles de vue en s'affranchissant des contraintes de câblage. Avec l'intégration de photo très haute définition en 24mpix, et de l'IA plus de 1700 boîtiers Devisubox sont déjà déployés sur sites industriels, chantiers de construction, projets d'aménagement. Nos boîtiers ont capté plus d'un milliard d'images. La technologie de captation est donc mature et robuste, elle nécessite peu d'entretien.

Devisubox dispose de partenaires comme HighWind qui intègrent des algorithmes IA de détection d'incendie. La plateforme Devisubox peut être utilisée dans une version simplifiée. Elle est ouverte et permet à un intégrateur ou à Devisubox de réaliser des écrans dédiés sous quelques mois.

Interfacable par API REST et par plugin visuels pour l'accès aux datas pour interagir avec les datas produites et s'intégrer dans un écosystème numérique existant. Les boîtiers possèdent une discrétion et une autonomie leur permettant de s'intégrer parfaitement avec le milieu péri-urbain ou forestier.

Les autorités publiques bénéficient d'un lien unique vers une carte géographique digitale sur le web qui permet de localiser les boîtiers et les risques d'incendie. Un processus digital de levée de doute permet de faciliter la prise de décision et la diffusion de l'information.

Dès leur activation les boîtiers renvoient des images à intervalles réguliers toutes les 2 minutes, L'IA détecte les départs d'incendie. Les images sont affichées en temps réel sur l'interface, et en cas de départ, un texto d'alerte est envoyé aux autorités locales pour leur signaler de consulter la solution.

Suivant la topographie du terrain et la zone d'expérimentation, un nombre de caméras fixes est déployé afin de couvrir l'ensemble de la zone depuis des points stratégiques (tours de surveillances, collines, lisière péri-urbaine, etc.). Compte-tenu d'une très haute qualité de captation (Nikon Reflex 24 Mpix), les départs de feu peuvent être détectés à une distance de 2km à 4km du point de vue. Il faut environ 8 à 16 boîtiers, 10-5 jours d'installation.

STRUCTURES CONCERNÉES :





Nos boitiers sont autonomes, pilotables à distance. Nos équipes sont en mesure de les mettre en veille ou de les activer en fonction de la demande des partenaires. L'interface des boitiers permet de suivre la performance de chaque boitier et d'anticiper les besoins de maintenance ou d'intervention urgente en cas de dégradation.

Les photos sont prises à partir d'un point haut en 24mpixels, l'IA va détecter un changement de pixels ce qui lui permettra de donner une alerte pour la levée de doute. L'opérateur pourra déclencher une prise de photo instantanée puis zoomer dans la photo pour effectuer la levée de doute. A terme c'est l'IA qui gèrera en temps réel la détection, levée doute et le signal d'alerte.

STRUCTURES CONCERNÉES :





Les données de nos boitiers sont transmises en temps réel par une liaison 4G sécurisée.

Devisubox dispose d'une solide infrastructure serveur qui héberge un peta octet de données (1000 tera octets). Elle est hébergée sur AWS a Franckfurt en Europe pour respecter les RGPD. Il fait l'objet d'une répllication sur le data center de Jaguar Network qui est relié à Devisubox par une fibre noire dédiée. Les données serveurs sont cryptées pour se prémunir contre le piratage informatique.

Les accès sont sécurisés et peuvent être réalisés par le protocoles SSO qui peut permettre l'utilisation des comptes d'authentification du SDIS.

La plateforme dispose de plusieurs options de configuration de droits qui permettent de définir des niveaux de confidentialité suivant les profils utilisateurs ou partenaires.

La solution a fait l'objet de nombreuse audit de sécurité demandé par des grand donneurs d'ordre comme Total Energies, Veolia, HydroQuebec, Vinci, Technip, Disney, le CEA... Elle est utilisée pour des projets industriels avec des enjeux de cybersécurité majeure.

STRUCTURES CONCERNÉES :



ALESIA

Aide à la Lutte d'incendies par Essaim de drones et de Solutions IA



CONTACT

Aurélien Gonzales
Resp. Unité Imagerie & Applications
thomas.ristorcelli@magellium.fr



CONTACT

Julien Théodore
Président
julien.theodore@cloudskeyes.fr

Magellium et CloudSkeyes proposent une solution intégrée de drones ultra-légers à très faible empreinte logistique s'appuyant sur les traitements temps réel de Magellium pour la détection et le suivi automatique des feux.



Les nano drones de CloudSkeyes offrent une performance de vol permettant de couvrir 200ha sur leurs 120 minutes d'autonomie. D'une simplicité d'utilisation extrême - un drone peut être mis en service en moins de 5 minutes par un utilisateur seul - ils sont équipés d'une caméra haute définition et d'un capteur thermique et transmettent leurs données en temps réel vers leur station sol.

Là, les flux sont réceptionnés et traités grâce aux logiciels de Magellium qui permettent de détecter automatiquement les départs de feu par IA et surtout de générer en temps réel une vue ortho mosaïque aérienne immédiatement projetable dans le SIG des pompiers.

La tenue de situation lors du suivi d'un grand feu ou lors d'interventions sur sinistre (inondation, séisme, ...) s'en trouve donc considérablement simplifiée par la mise à disposition en quelques minutes d'une vue aérienne dans la cartographie tactique.





Le drone CK-350 de la société Cloudskeyes est un vecteur avion longue élancement (120 min d'autonomie en vol) entièrement automatique, possédant une empreinte logistique extrêmement réduite (22 litres par système complet).

Un opérateur peut opérer un vol en moins de 3 min sur site, pour un vol entièrement automatique (Décollage, Opérations, Atterrissage).

Toutes les fonctions sont disponibles sur la station sol Cloudskeyes (Trajectoire, Free route, Levée de doute, gestion caméra, flux vidéo).

Le contrôle du drone est délégué à un centre de commandement, avec une interface disponible à distance.

Le système Swarm Clouskeyes permet de distribuer une mission de grande surface à plusieurs drones en vol, de manière à optimiser le temps nécessaire au parcours complet de la zone.

Caractéristiques techniques :

- Mise en vol en moins de 3 minutes
- Interface ultra simple pour les opérations (trajectoires et patterns automatiques, aide au vol et aux opérations)
- MTOW : 500 grs
- Autonomie : 120 min
- C2 : RLOS (10/20 kms), 4G
- Fonctions de vol : Décollage, Opération(trajectoires) et Landing automatique
- Fonctions opérationnelles : Levée de doute automatique sur détection IA, free route via C2, vol en essaim pour distribution de mission
- Payload : capteur RVB 12 Mpixels, capteur thermique basse résolution, gimbal 2 axes pilotable en tracking automatique ou manuel



STRUCTURES CONCERNÉES :





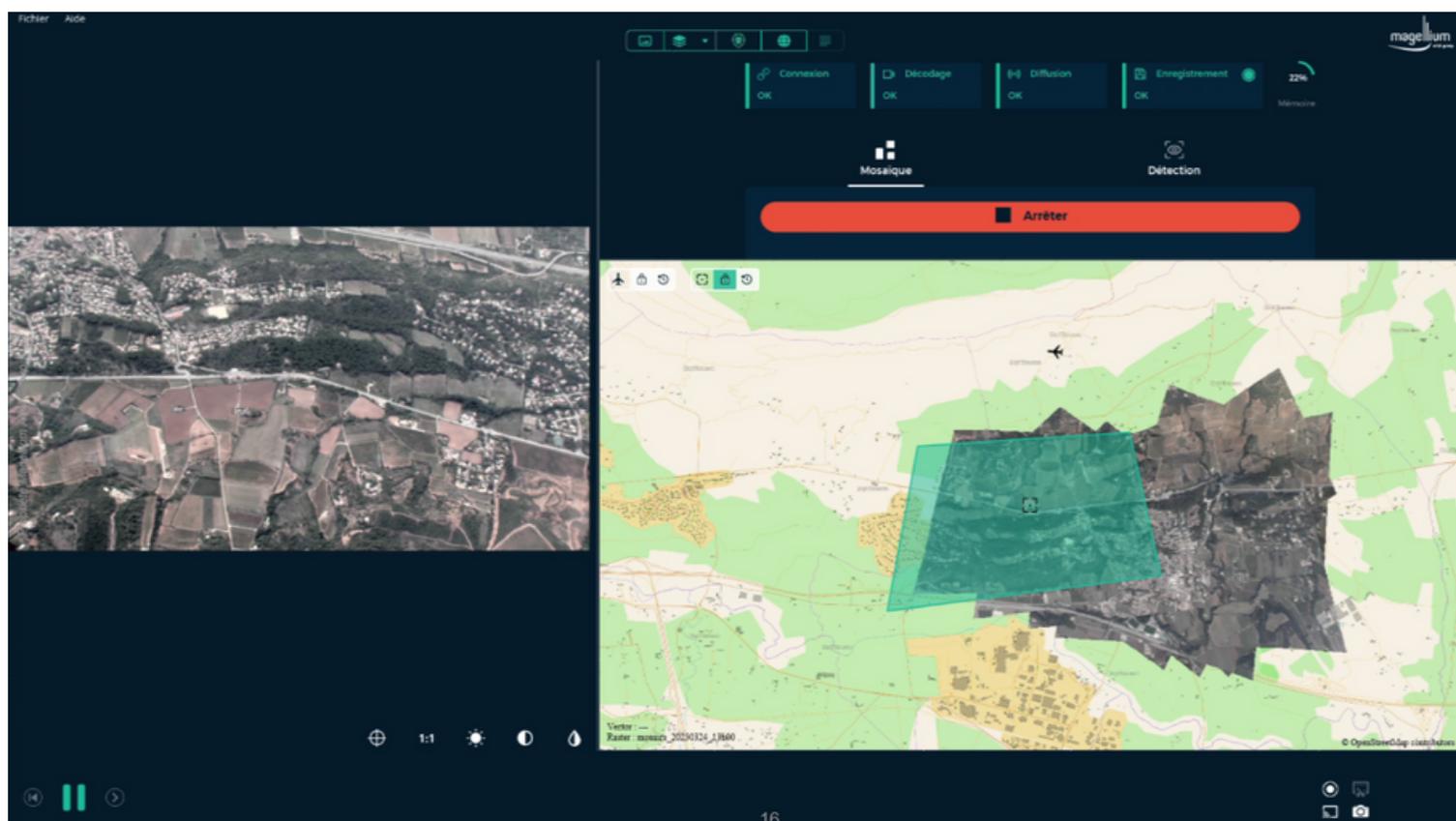
Le système ALESIA pour le suivi de feu est basé sur le principe du "send-and-forget" selon lequel les drones, une fois lancés, ne nécessitent aucune intervention humaine. Cette particularité assure une facilité d'emploi optimale dans la réalisation des fonctions de base que sont la détection de départs de feu et la production d'ortho-mosaïques en temps réel pour le suivi en intervention.

Le système CKS-350 permet cependant de réaliser, au besoin, des opérations plus complexes. Ainsi, l'opérateur aura toujours la possibilité de reprendre la main sur les drones en vol, par exemple pour opérer une levée de doute.

La levée de doute par le système CKS-350 est réalisée de façon automatisée. Lorsqu'une détection thermique ou par reconnaissance IA native (fumées, feux, véhicules) est remontée à l'opérateur, celui-ci peut autoriser le drone à se dérouter automatiquement de la trajectoire initiale pour aller effectuer une levée de doute au-dessus du point de détection. Le drone se positionne alors en effectuant des hippodromes d'attente au-dessus de la zone cible.

L'opérateur a alors le choix de reprendre la trajectoire initiale ou d'en définir une nouvelle (reconfiguration en vol) selon la situation sur place.

Cette fonctionnalité peut être également activée lorsque plusieurs drones volent en essaim, le système d'intelligence globale de l'essaim choisit alors quel drone dérouter pour réaliser la levée de doute.



STRUCTURES CONCERNÉES :





Le système proposé par Magellium et CloudSkeys fournit des flux de données standardisés (STANAG 4609 pour le flux vidéo et WMS pour l'ortho-mosaïque). Ces flux sont donc aisément exploitables dans toute solution implémentant ces standards.

Néanmoins, les partenaires souhaitent souligner la possibilité d'une intégration sur-mesure au sein de vos systèmes opérationnels. Cette intégration pourra intégrer des fonctionnalités de stockage et de diffusion de la données vers des serveurs locaux ou distants. Ces travaux s'inscriraient alors dans l'offre Magellium de développement et d'intégration de Systèmes d'Information Géographique (SIG) sur mesure basé sur notre framework Opensource Cartographique (FOCM).

Le Framework Opensource Cartographique Magellium (FOCM) est le résultat d'une capitalisation des équipes Magellium se projetant de l'aspect métier vers une infrastructure technique sur trois axes :

Capitalisation d'une expérience de spécifications d'applications métier modélisant les opérations de consultation/modification/création/suppression par nos experts fonctionnels.

Capitalisation de composants back-end permettant de traduire une modélisation d'objets en Base de Données en services géographiques et alphanumériques par nos architectes

Capitalisation de composants front-end permettant de construire rapidement un canevas d'interface homme-machine par nos développeurs Front-End.

- L'interface web cartographique et ses outils
- La fiche objet et ses modalités fonctionnelles internes
- L'interface de recherche et listes, standard des systèmes d'information
- Le principe de présentation par onglet



STRUCTURES CONCERNÉES :





Cette fonctionnalité porte sur le stockage de la donnée acquise et de son exploitation a posteriori. Pour répondre à cette fonctionnalité, nous proposons la mise en place d'une base de données pour le stockage et l'indexation et la mise en place d'un portail léger pour leur consultation.

La flexibilité des modèles de données et la scalabilité des moyens de stockage et de diffusion nous paraissent être des enjeux structurants dans le cadre de cet AMI, qui, s'il s'ouvre sur des moyens d'acquisitions variés, devra prendre en compte un accroissement de la quantité des données collectées et de leurs hétérogénéités. Pour adresser cette capacité et optimiser les coûts à la fois pour un besoin ponctuel (POC) et un passage à l'échelle, nous proposons une solution basée sur PostgreSQL. Le SGBD PostgreSQL est actuellement la solution la plus avancée en termes de base de données Open Source.

Son adoption dans le monde industriel et professionnel est désormais globale.

Le Framework Opensource Cartographique Magellium (FOCM) est le résultat d'une capitalisation des équipes Magellium se projetant de l'aspect métier vers une infrastructure technique sur trois axes :

- Capitalisation d'une expérience de spécifications d'applications métier modélisant les opérations de consultation/modification/création/suppression par nos experts fonctionnels.
- Capitalisation de composants back-end permettant de traduire une modélisation d'objets en Base de Données en services géographiques et alphanumériques par nos architectes
- Capitalisation de composants front-end permettant de construire rapidement un canevas d'interface homme-machine par nos développeurs Front-End.

Le FOCM se traduit sur le plan des interfaces homme-machine par quatre grands concepts ergonomiques :

1. L'interface web cartographique et ses outils
2. La fiche objet et ses modalités fonctionnelles internes
3. L'interface de recherche et listes, standard des systèmes d'information
4. Le principe de présentation par onglet



STRUCTURES CONCERNÉES :



CANOPEE

service de vigilance et de protection nationale contre les feux de forêts Pour les services de sécurité et de secours

CONTACT

AIRBUS

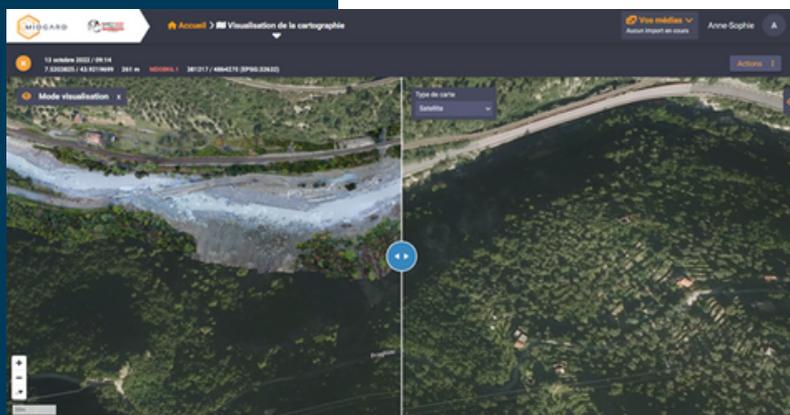
Drazen RIBAR
Cdp - Recherche & Innovation

CANOPEE ambitionne de mettre en œuvre un système de vigilance sur des surfaces de surveillance allant de l'échelle d'une ville à un niveau national en s'appuyant sur les dernières technologies pour apporter le niveau de précision et de qualité les plus élevés.



Le consortium s'appuie sur plusieurs années d'expériences dans les technologies de communications critiques, imagerie et communication par satellite, vision par ordinateurs, traitement des informations météorologiques, gestion de grande infrastructure fixe ou agrégation de données. Ces expertises seront mises à profit dans le consortium CANOPEE pour offrir une solution intégrée et innovante aux services de sécurité et de secours en France afin de les soutenir dans la détection et le suivi des feux de forêts et leur permettre d'engager la réponse où cela est nécessaire tout en protégeant la santé des primo-intervenants en leur permettant d'avoir accès à une information enrichie et continue : la connaissance de la situation des départs de feux augmentées.

Le consortium s'appuie sur des composants qui sont déjà évalués indépendamment les uns des autres et des solutions en cours de déploiement pour leur service.



PARTENAIRES





Pour la captation et la détection d'un départ de feu, le consortium CANOPEE intègre des données provenant de l'imagerie satellite basse orbite, vidéo provenant de vigie fixe ou vidéo mobile de drone, coupler à des capteurs hydrométéorologiques afin de garantir la levée de doute et fournir une information précise et proche temps-réel de la situation détectée.

Le consortium CANOPEE de part les type de capteurs pouvant être utilisés (satellite, video drone, hydrométéorologique) ainsi que les moyens de communications haut-débits publiques, privées ou satellite est en mesure de répondre aux différentes zone S1 à S5.

Les partenaires du consortium ont chacun des expériences et réalisées des évaluations dans une ou plusieurs des zones définies S1 à S5 : OneWeb, XXII, MidGard, SC, HD Rain et Airbus DS SLC.

Surveillance par orbite basse
Constellation de satellite OneWeb



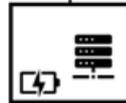
Lever de doute et mission de surveillance par drone
2 à 4 drones autonomes par zone de 100km²



Site de surveillance – point haut
4 caméras de détection
2 caméras de levée de doute
1 Station météo



Site de surveillance – point bas
1 secours alimentation
1 switch + injecteur PoE
1 routeur



Réseau Internet
Fibre Optique/SDSL/4G
Min 4Mb/s et latence <40ms
(recommandé 6Mb/s)

Datacenter
Possibilité fonctionnement
Edge ou Cloud

Poste Opérateur
Accès full-web

STRUCTURES CONCERNÉES :





Le consortium vise des performance proche du temps réel avec une détection inférieure à 20min et un suivi à environ 20 à 30 minutes d'intervalles.

Airbus DS SLC fournit dans le cadre du projet, sa solution de communication critique qui répond aux standards 3GPP MCS qui devront permettre, lorsque le projet RRF sera déployé sur la technologie 5G, de prioriser ou préempter les ressources de communications en fonction des situations majeures et permettre à accélérer le temps de transmission.

La communication des réseaux 4G/5G publique et privé seront soutenus par les transmissions satellite pour permettre une atteinte proche du temps-réel.

Airbus DS SLC et OneWeb avec leur offre de communications citriques déployées dans le cadre du systèmes RRF et les transmissions par satellites sont en mesure de soutenir le transfert de l'information.

Le consortium dans son intégralité a fournit des capacités de gestions d'alertes et de suivi opérationnelle.

Surveillance par orbite basse
Constellation de satellite OneWeb



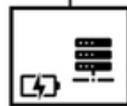
Lever de doute et mission de surveillance par drone
2 à 4 drones autonomes par zone de 100km²



Site de surveillance – point haut
4 caméras de détection
2 caméras de levée de doute
1 Station météo



Site de surveillance – point bas
1 secours alimentation
1 switch + injecteur PoE
1 routeur



Réseau Internet
Fibre Optique/SDSL/4G
Min 4Mb/s et latence <40ms
(recommandé 6Mb/s)



Datacenter
Possibilité fonctionnement
Edge ou Cloud



Poste Opérateur
Accès full-web



Distribution
Distribution sur la solution AGNET utilisé dans le cadre RRF et avec une intégration NEXSIS



STRUCTURES CONCERNÉES :



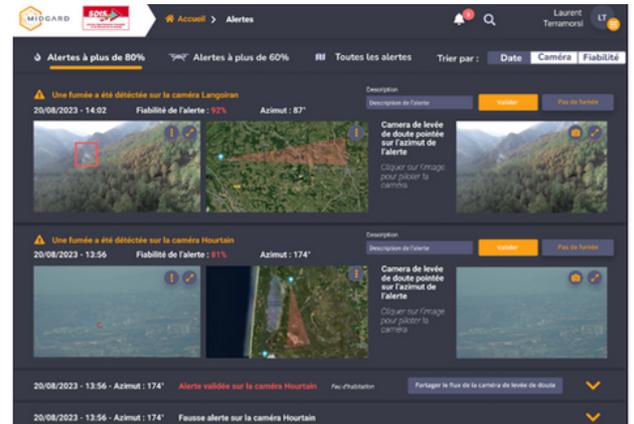
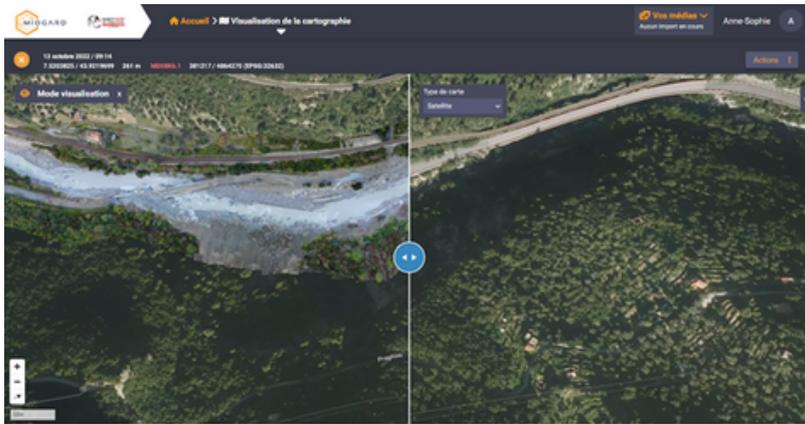


Dès qu'une alerte est détectée par le système et se situe au dessus du seuil fixé, celle-ci sera notifiée dans le système afin de pouvoir être transférée aux "ayants-droits".

Les différentes expérimentations à échelle réelle déjà effectuées ont permis de montrer une qualification à moins de 20 min et un suivi inférieur à 30 min.

Dans le cadre du projet Panoptès, le consortium, avec le support des partenaires OneWeb, XXII, MidGard et HD Rain, peuvent envoyer des qualification et suivi de façon automatisée avec une qualification du seuil d'alerte à partir duquel envoyé la qualification et le suivi.

Une interface spécifique sera mise en oeuvre pour permettre aux utilisateurs de configurer le seuil d'alerte ou désactiver le suivi.



STRUCTURES CONCERNÉES :





Les différents composants faisant partie de la solution CANOPEE s'appuie sur des solutions internes d'historisation permettant la création de rapport sur les informations collectées traitées et diffusées en précisant le lieu de la collecte et l'horodatage de l'enregistrement de l'information aux différentes étapes de traitement.

Les données collectées sont enregistrées soient dans les bases de données du partenaires, soient, pour la partie vidéo, dans des solutions de gestion vidéo (VMS).

STRUCTURES CONCERNÉES :**AIRBUS****XXII**

HD RAIN



OneWeb



MIDGARD

 **SCC**

CROWD4FIRE

Analyse des réseaux sociaux pour la détection précoce des départs de feux



CONTACT

Quentin LHOMME
CEO

Le projet CROWD4FIRE vise à développer une solution de monitoring et d'analyse en continu des messages postés sur les réseaux sociaux.



Le projet CROWD4FIRE vise à développer une solution de monitoring et d'analyse en continu des messages postés sur les réseaux sociaux (Twitter, Youtube, Vkontakte, Telegram) traitant des feux de forêt et d'espaces naturels, de sorte à détecter précocement des départs de feux et à en évaluer l'évolution des surfaces brûlées ainsi que les conséquences.

L'approche retenue propose de capter les témoignages qui sont échangés spontanément par les utilisateurs de Twitter, qui sont ainsi considérés comme des « capteurs humains ». Bien que Twitter ne soit pas le média social le plus utilisé, sa communauté d'utilisateurs reste importante : dans le cas de la France, le nombre d'utilisateurs actifs est estimé à environ 10 millions, soit près de 15 % de la population totale. Par conséquent, la survenue de catastrophes naturelles – dont les feux – entraîne souvent une diffusion massive et immédiate de tweets. Youtube, Vkontakte et Telegram permettront d'étendre l'analyse à d'autres types de population et typologies d'utilisateurs. Cette solution couvre entièrement le territoire national, avec cependant des disparités importantes (plus d'utilisateurs en zones urbaines que rurales ou montagneuses, activité plus prononcée le jour que la nuit, remontée d'information impossible en cas de zone blanche de télécommunication).

PARTENAIRE



Géosciences pour une Terre durable

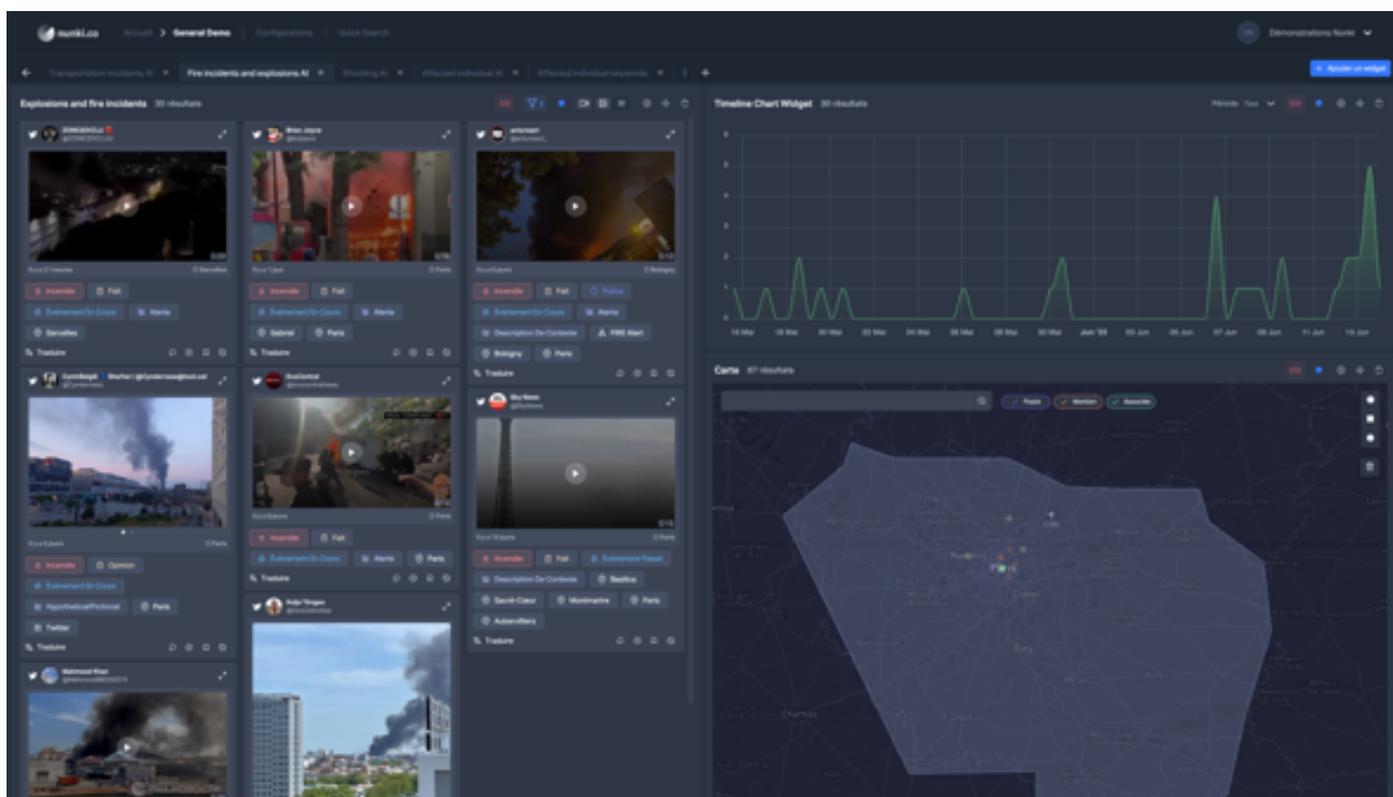
brgm



L'approche retenue propose de capter les témoignages qui sont échangés spontanément par les utilisateurs de Twitter, qui sont ainsi considérés comme des « capteurs humains ». Parmi toutes les plateformes de médias sociaux, Twitter propose en effet des fonctionnalités particulièrement utiles dans le cadre du suivi d'une situation de crise : publication en temps réel de messages courts, API de streaming permettant d'automatiser les tâches de suivi, possibilité de joindre des images, etc. Bien que Twitter ne soit pas le média social le plus utilisé, sa communauté d'utilisateurs reste importante : dans le cas de la France, qui fait l'objet de cette étude, le nombre d'utilisateurs actifs est estimé à environ 10 millions. Par conséquent, la survenue de catastrophes naturelles – dont les feux – entraîne souvent une diffusion massive et immédiate de tweets, ce qui amène à considérer la plateforme Twitter comme un précieux système de capteurs distribués. Dans la pratique, les informations les plus riches proviennent généralement des citoyens les plus proches de la zone sinistrée. Parce que les catastrophes naturelles affectent leur environnement immédiat, ces citoyens locaux sont en effet plus enclins, tant dans la sphère physique que numérique, à aider ou à échanger des informations objectives sur la situation sur le terrain. Ainsi, après la survenance de catastrophes naturelles, de nombreux utilisateurs de réseaux sociaux concernés par la situation échangent massivement des informations sur l'intensité des événements tels qu'ils les perçoivent : soit via une description des phénomènes eux-mêmes (gravité des tremblements de terre, extension des zones inondées, force des vents, etc.), soit via une description de leurs effets (dommages aux bâtiments et aux infrastructures, arrêt des réseaux de transport, d'énergie ou de télécommunications, victimes, etc.)

La solution proposée repose sur plusieurs étapes clés :

- Collecte continue et temps-réel de messages postés sur Twitter potentiellement en lien avec les feux de forêt et de végétation ;
- Traitement automatique de ce flux de messages par extraction d'informations (notamment géolocalisation) ;
- Agrégation des données, en vue de détecter des événements et de maintenir une image opérationnelle évolutive de la situation.



STRUCTURES CONCERNÉES :



Détection des feux par aéronefs

Solution de détection et de surveillance des feux de forêt par aéronefs habités et télépilotés



CONTACT

Antoine Bulteau
Président



La solution englobe plusieurs systèmes complémentaires :

- 3 vecteurs capables de voler de jour comme de nuit (ULM, Avion et Drones)
- plusieurs capteurs hautes performances (bandes spectrales visible, SWIR et LWIR) qui permettent de détecter les points chauds mais aussi de suivre un contour de feu, de détecter une reprise de feu et de disposer des données en temps réel afin d'être transmis par exemple à un poste de commandement au sol.

Notre proposition permet d'intervenir en amont de l'incendie, de le détecter puis de le suivre en temps réel.

Cette solution est totalement adaptée afin d'évoluer en altitude pour ne pas gêner les aéronefs bombardiers d'eau en phase de lutte mais aussi pour couvrir de vastes zones tout en maintenant des coûts d'exploitation réduits comparés à un avion lourd ou un hélicoptère. La combinaison entre différents vecteurs et différents capteurs permet d'obtenir des informations pertinentes et complémentaires pour aider à la prise de décisions en phase de détection puis de de lutte contre les incendies.

PARTENAIRES





La solution que nous proposons permet de répondre en intégralité à la fonctionnalité 1 « captation systématisée et continue dans le temps des données brutes de feu de forêt et d'espaces naturels ». Cette solution est composée d'une partie hardware, software et opération avec différents systèmes.

Tout d'abord, la partie hardware est composée de 2 caméras, une première caméra intégrée dans une tourelle optronique, permet d'effectuer la surveillance aérienne en temps réel avec des données quantifiées et pilotée depuis le cockpit par un opérateur. Cette boule optronique est équipée d'une caméra visible, caméra thermique et d'un télémètre laser afin de relever des coordonnées géographiques mais aussi estimer des distances pour une transmission aux équipes au sol. Cet opérateur peut être opérateur aérien du SDIS ou directement formé et employé par UAD-Aéroservices.

La seconde caméra utilisée est complémentaire et permet d'obtenir des informations pertinentes au travers des fumées et couplée avec la solution hardware, elle permet d'obtenir les contours et les sautes de feux, mais aussi les reprises de feux après l'incendie. La gamme spectrale SWIR est tout particulièrement adaptée à la détection de feux de forêt. Les images issues de la caméra peuvent être enregistrées et/ou transmises en temps réel pour être traitées par les algorithmes d'un de nos partenaire. Une alerte pourra être émise en cas de détection positive de point chaud.



Illustration du principe

1. Aéronefs en alerte (fonction des risques incendies) ou en guet aérien
2. Détection d'un incendie grâce aux fumées ou à un point chaud sous le couvert végétal
3. Aéronef déployé sur zone afin d'effectuer un suivi en temps réel de l'incendie et transmission d'informations quantifiées au poste de commandement au sol (contour de feu, localisation précise, reprise de feu).

STRUCTURES CONCERNÉS :





Discreet Early Warning System



CONTACT

Faezeh MOUSSAVI
Responsable AO/AP
f.mousavi@nimesis.com

DEWS est un détecteur autonome, rapide et passif d'alerte précoce pour les incendies de forêts, d'espaces naturels ou péri-urbains ou de sites industriels sensibles.



DEWS est relayé par un réseau de transmission par satellite et/ou terrestre, il permettra de minimiser considérablement l'impact de ces catastrophes sur les hommes, les animaux, les plantes, l'environnement et sur l'économie des territoires.

Le dispositif breveté, est basé sur la transformation de l'énergie cinétique d'un composant en alliage à mémoire de forme, en signal électrique. L'énergie cinétique requise est obtenue par la déformation d'un alliage à mémoire de forme à la suite d'une augmentation de la température. La température de déclenchement de l'alerte peut être ajustée en fonction des besoins.

DEWS est capable de détecter un début d'incendie dans des milieux naturels ou industriels, privés ou publics. Il est complètement autonome, c'est-à-dire qu'il ne dispose d'aucune source d'énergie, ni batterie, ni panneau solaire, ni autre source. Le capteur est en mesure, lors d'une élévation sensible de température, d'envoyer un signal d'alerte vers un relais terrestre ou via les satellites, pour avertir les services dédiés de lutte contre les incendies.



Ce dispositif fait appel au savoir-faire et aux technologies directement issus du spatial. Tant pour l'AMF, utilisé effectivement pour des actionneurs, que pour le circuit électronique et l'antenne, pour finalement assurer la liaison et l'interface entre l'antenne et une constellation de satellites.

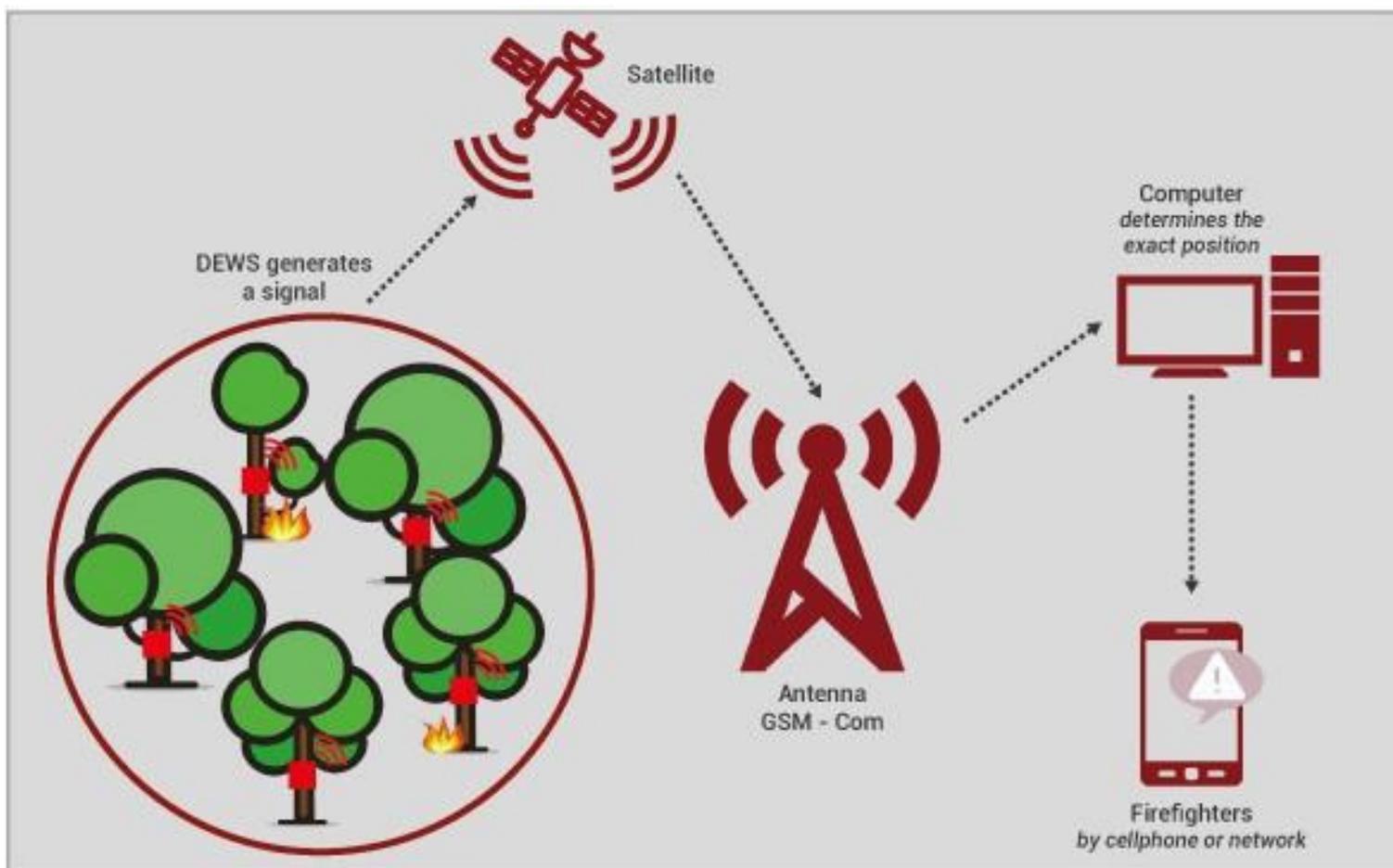
Le système DEWS desservira des sites critiques (milieu industriel, zones de supervision satellitaire difficiles d'accès, patrimoine en zone spécifique et milieux forestiers et montagnards), où l'intervention rapide des pompiers est cruciale : il s'agit de transmettre une alerte-feu dès la première minute.

STRUCTURES CONCERNÉS :





Le dispositif permet une transmission du signal via une micro-antenne et un réseau de satellites (constellation) évoluant autour de la terre en orbite basse. La transmission du signal électrique vers le satellite constitue l'étape la plus importante dans la mise en place de notre détecteur, et pour laquelle le trade-off technico économique sera réalisé.



STRUCTURES CONCERNÉES :

Nimesis

DPSI

Détection Précoce et Suivi des Incendies

 	CONTACT
	Stephen CLANDILLON
	Directeur
	s.clandillon@unistra.fr

Le consortium DPSI offre une solution complète pour la détection et la gestion précoces des feux de forêt, qui englobe l'ensemble des fonctionnalités de la demande, ainsi que la majorité des briques indiquées.



La proposition repose tout d'abord sur l'acquisition d'images et vidéos in situ par ballon, par satellite, et par toute autre source de données. Cela assure un suivi en temps réel des territoires à risque, avec la possibilité d'étendre le système sur l'ensemble de la France hexagonale, ou dans d'autres contextes grâce aux solutions éprouvées du consortium.

Pour le traitement des données de télédétection, la solution associe l'intelligence artificielle et l'expertise humaine pour garantir la fiabilité des produits et levée de doute, déclenchant des alertes moins de 5 minutes après la détection d'un évènement.

La solution est innovante et évolutive, s'adaptant à différents contextes et territoires. Elle utilise la visualisation 2D/3D pour une représentation holistique de la situation sur le terrain, avec la possibilité pour les utilisateurs d'évaluer l'ampleur de l'évènement et de dimensionner les ressources nécessaires pour y répondre. Enfin, le consortium s'engage à livrer ses produits rapidement, en les adaptant aux exigences des utilisateurs et en garantissant un accès facile via diverses plateformes.

PARTENAIRES





EONEF propose une solution de vigie mobile sur ballon captif pour la détection précoce des feux et la coordination de l'intervention. Les ballons captifs sont équipés d'une caméra optronique qui permet de remonter rapidement des alertes grâce à un flux vidéo, en cas de départ ou de reprise de feu. Ils sont placés stratégiquement pour renforcer un maillage de tours de guet existant, ou pallier un manque local. In fine, l'objectif est d'offrir avec ce maillage une vue globale et en direct sur un événement, renforcé par la capacité des ballons à voler la nuit. Les ballons captifs peuvent également embarquer des antennes ou des systèmes de géolocalisation. Cela permet de visualiser en temps réel les personnes et les biens sur le terrain, afin de fluidifier les interventions et la coordination des équipes, du matériel au sol et des vecteurs aériens (hélicoptères, canadairs, drones).

Contraintes météorologiques pour les ballons EONEF, et prise en compte de la législation pour le vol de drones et ballons. Pour ICube-SERTIT, dépendance à la disponibilité des satellites et des conditions météo.

En plus des données issues des systèmes de vigie EONEF, le SERTIT propose de gérer les flux de produits satellitaires pour disposer d'une vision panoptique des événements, en particulier dans le cas des mégafeux. Les satellites d'observation de la Terre sont parfaitement adaptés à la détection des incendies. En effet, ils captent le rayonnement émis et réfléchi par les surfaces dans plusieurs régions du spectre électromagnétique, dont le visible et l'infrarouge, indispensables à la détection des flammes et fumées. Ces solutions sont mûres, éprouvées depuis les années 1980, et donnent accès à des données de haute (Sentinel-2) à très haute résolution (SPOT-6, Pléiades) spatiale. Cette fiabilité en explique l'usage systématique dans la gestion des situations de crise.



STRUCTURES CONCERNÉES :



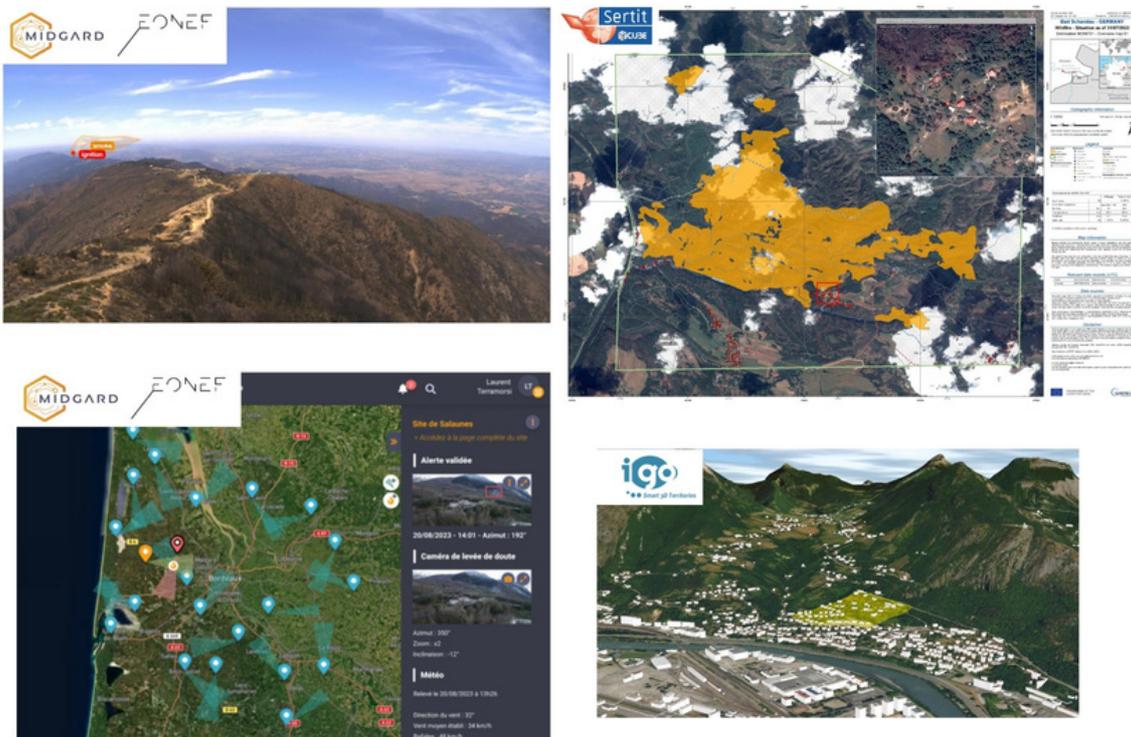


Brique 2a : MidGard propose une solution directement intégrée au système de captation d'EONEF. Il s'agit de la plateforme FireGard, qui permet un traitement simplifié de flux vidéos, pour la détection automatique et fiable des départs de feu. ICube-SERTIT propose de déployer des méthodes de traitement d'images satellitaires, pour l'extraction de données de crise pour toute emprise de feu. A2S permettra le passage à l'échelle des traitements par l'intégration de tout ou partie des composants de la chaîne DPSI dans un environnement de calcul haute performance adapté et disponible 365/7/24 en cas de crises.

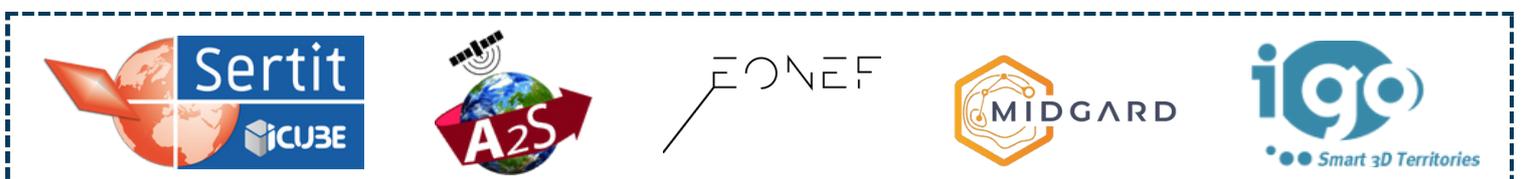
Brique 2b : La solution ballon d'EONEF est basée sur une caméra de détection, dont le flux vidéo est directement diffusé sur le réseau des SDIS demandeurs, via l'HMI de la station. Par ailleurs, les solutions proposées par EONEF et MidGard sont déjà compatibles entre elles. ICube-SERTIT : notre proposition est inspirée du Copernicus Emergency Mapping Service, dont les modèles de données ont été éprouvés mondialement, et qui permettront d'assurer un traitement optimisé par ICube-SERTIT et A2S. IGO et A2S supportent une vaste palette de formats de données, que ce soit pour le traitement, la bancarisation, la visualisation et la diffusion.

Brique 2c : La plateforme FireGard permet de présenter les données de détection et de suivi de manière opérationnelle. Cette interface peut être ouverte à partir d'un ordinateur, d'une tablette ou d'un téléphone portable. Passé l'étape de suivi et de mise en qualification, l'ensemble des données générées durant l'évènement peut être visualisé sur la plateforme d'IGO, à la fois en 2D et en 3D. IGO propose un workflow scalable de modélisation 3D automatique.

La solution proposée se base sur des solutions opérationnelles, et d'autres aspects que le consortium souhaiterait encore développer pour améliorer la détection des feux. Suivant les entités choisies pour la prochaine étape, certains aspects du modèle technique et financier doivent être investigués.



STRUCTURES CONCERNÉES :



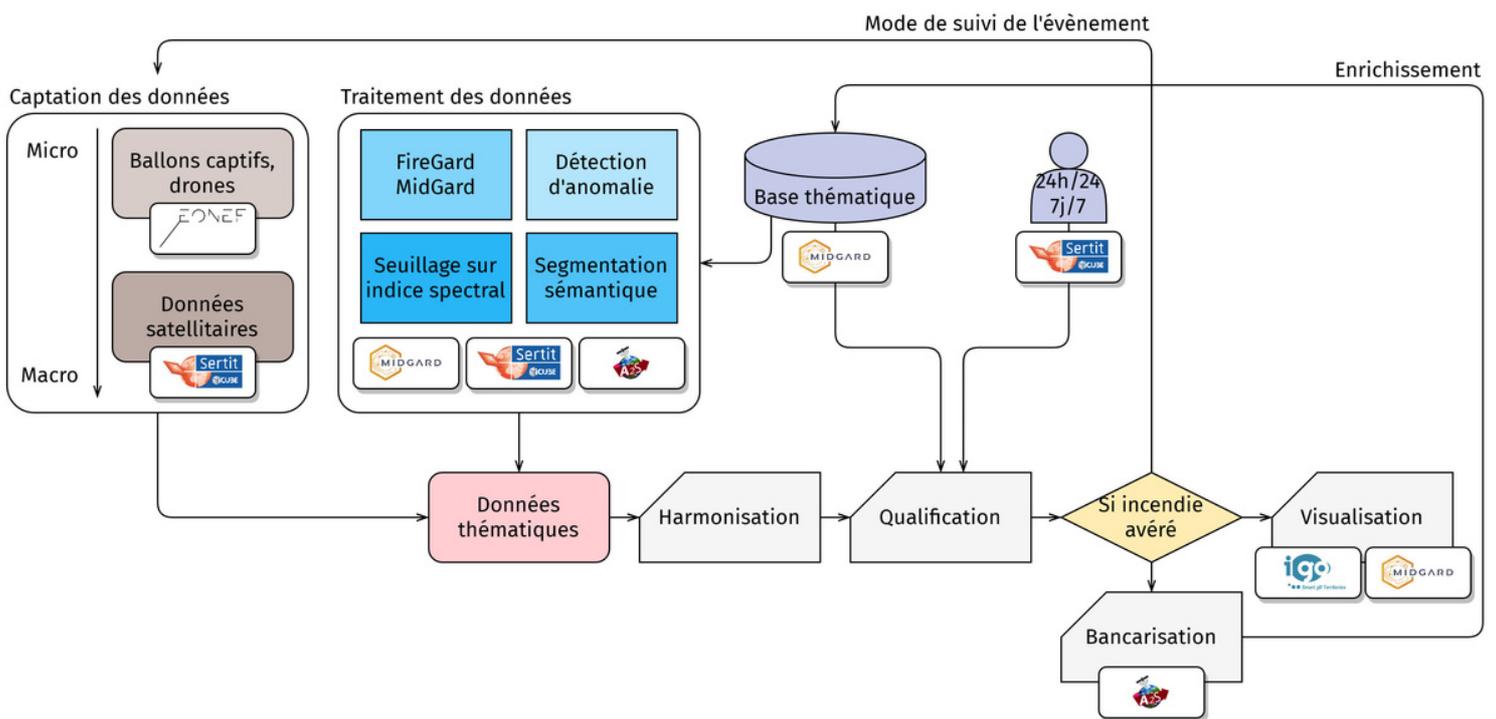


Brique 3a : La plateforme FireGard peut être utilisée pour la levée de doute à partir des données locales EONEF. Toutes les alertes créées par la détection sont facilement gérées et acquittées à travers une interface qui donne accès à tous les éléments nécessaires à la levée de doute. La visualisation et le pilotage des caméras de levée de doute est simple et intuitif.

Le SERTIT propose une combinaison unique de disponibilité opérationnelle 24/7/365 et de solutions algorithmiques avancées, promettant une qualification fiable des alertes incendie avec un minimum de faux positifs. Bien que cette expertise se concentre sur les produits macro d'origine satellitaire et aérienne, elle peut également être étendue aux produits aéroportés et in situ.

Brique 3b : Le SERTIT propose de concevoir un système d'alerte automatisé qui déclenchera un mode de suivi dès la détection d'un incendie, assurant ainsi une surveillance continue et une réponse rapide. Le système sera par ailleurs doté d'une fonction d'annulation manuelle, offrant aux opérateurs la possibilité de contrôler le mode de suivi. Ce mode de suivi se basera à la fois sur les données fournies par les ballons EONEF, mais aussi sur les images de télédétection spatiale.

L'opérationnalité de la fonctionnalité est déjà en place. Il reste à établir les processus avec les utilisateurs, puis les mettre en place au sein du consortium.



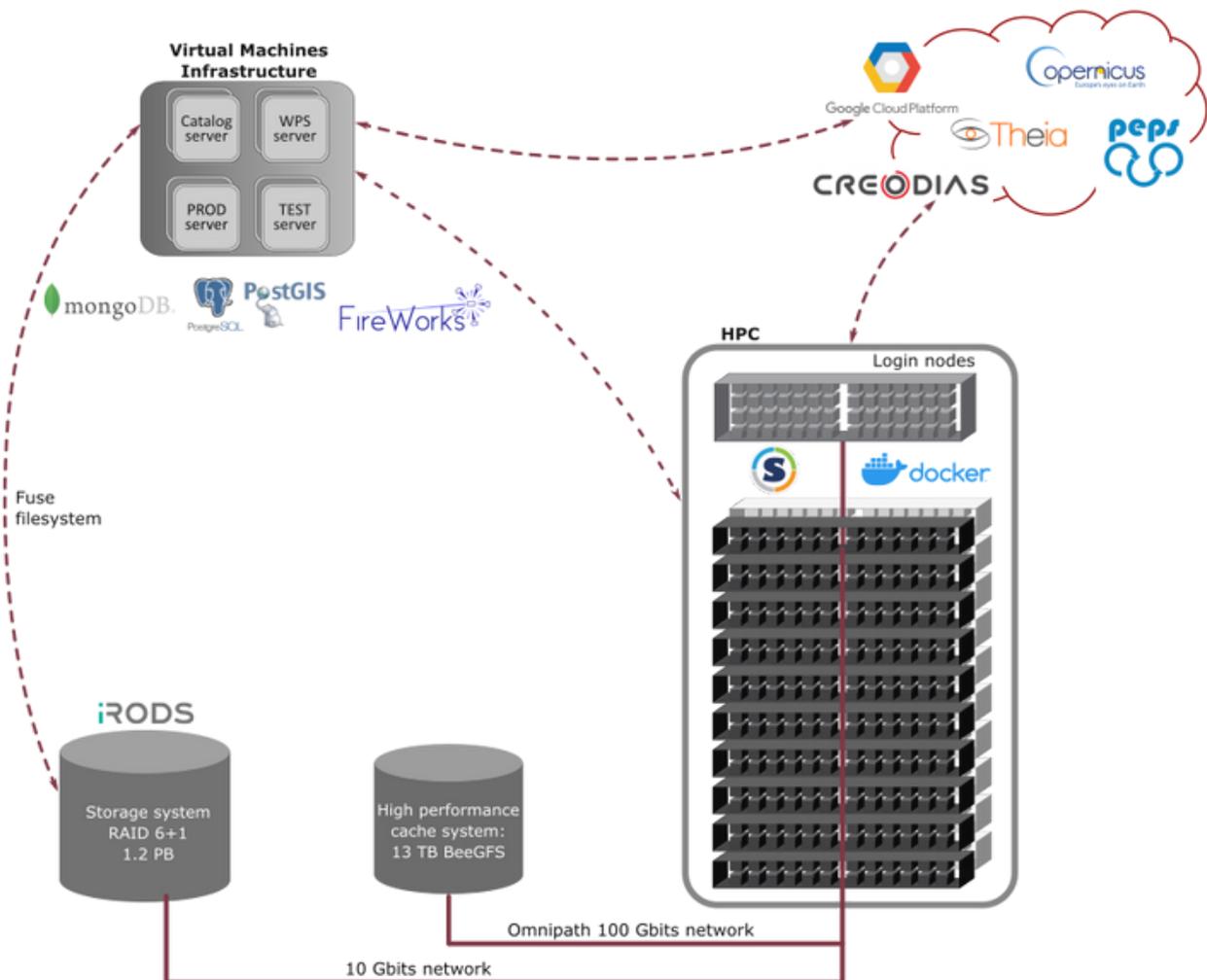
STRUCTURES CONCERNÉES :





D'un point de vue sémantique, A2S assurera l'historisation des données et produits, pour l'ensemble des produits générés au fil de l'eau pendant la phase de crise (cf. fonctionnalités 2 et 3). En outre, en phase de reconstruction, des données et produits complémentaires pourront être récupérés auprès d'autres plateformes et/ou opérateurs, pour par exemple documenter l'état du milieu avant l'évènement de feux (occupation du sol, humidité du sol, météorologie, historique des évènements de feux antécédents, ...) afin de disposer d'un corpus de connaissances utile et accessible pour des retours d'expériences et/ou favoriser des recherches scientifiques sur les conditions de déclenchement et de propagation des feux.

D'un point de vue technique, la solution Ellip (proposée par A2S et utilisée en particulier pour la bancarisation des données et produits par l'Infrastructure de Recherche Data-Terra) sera mobilisée. Ellip s'appuie sur divers composants, permettant 1- de lire et d'intégrer tout type de format de métadonnées, 2- de documenter, via un modèle de vocabulaire générique, le catalogue de produits, 3- d'accéder à la collection des produits selon des requêtes à définir avec l'utilisateur (par évènements de feux, par périodes, par lieux géographiques) et 4- d'accéder à collection de produits qualifiés. Ellip s'appuie sur un modèle de base de données orienté-objet, scalable et flexible. Des capacités de stockage longue-tràîne (disques durs résilients haute capacité) associés à du stockage objet (protocole S3, dans un environnement IRods) disponibles via A2S seront mobilisés.



STRUCTURES CONCERNÉES :



DRIF

Drone-based Rapid Ignition Fire detection platform



Drone
Geofencing

CONTACT

Samuel BRAU

Président

samuel.brau@drone-geofencing.com

DRIF : Identification de départs de feux en exploitant des vecteurs évoluant à différentes altitudes et suivi de l'évolution de l'incendie



1. La plateforme collecte en temps réel les données de capteurs (du visible au thermique) fixés sur des vecteurs évoluant à différentes altitudes : Apps mobile mis à disposition des citoyens, capteurs multispectraux fixés sur des mâts vigie (40m), des aérostats captifs (100m) et des aéronefs (1 600m) afin de répondre à tous les scénarii proposés. L'aéronef Aria et les boîtiers de détection AzuriA (mâts fixes ou aérostat filaire) transmettent des données déjà post-traitées. La plateforme peut exécuter des algorithmes d'IA sur des données brutes d'autres capteurs.

2. La levée de doute

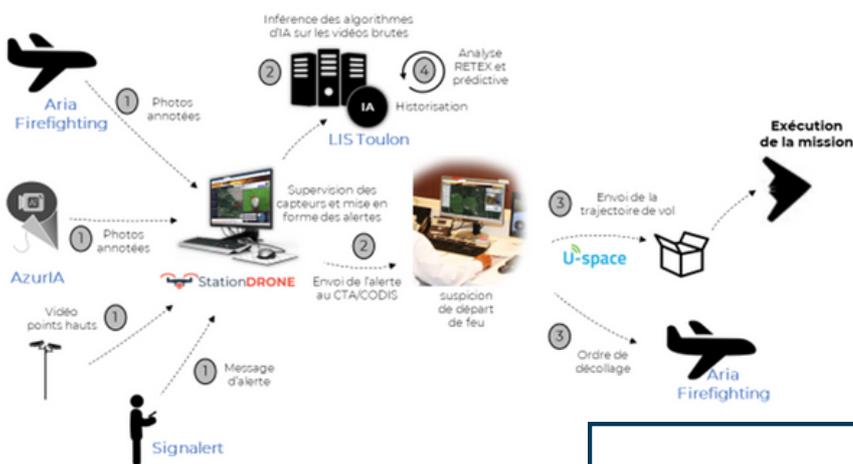
Dès suspicion d'un feu, la plateforme initie automatiquement la levée de doute avec des drones pré-positionnés sur le terrain : Obtention en temps-réel d'une autorisation de vol, possibilité pour le superviseur de piloter en mode manuel sur zone.

En cas de vent fort ou d'absence d'autorisation de vol, l'avion de surveillance d'Aria peut être utilisé.

3. Le suivi opérationnel de l'incendie

En cas d'envoi de canadiers, le suivi de feu est assuré par avion ou aérostat filaire en dehors de la bulle opérationnelle : front de feu, points chauds, saute de feux sont directement accessibles dans la plateforme. Si seules des forces terrestres sont engagés, alors la plateforme peut aussi organiser un suivi continu de l'incendie via une rotation avec plusieurs des drones pré-positionnés sur zone.

4. Une historisation des données permet une exploitation en RETEX et concoure à entrainer des algorithmes d'IA.



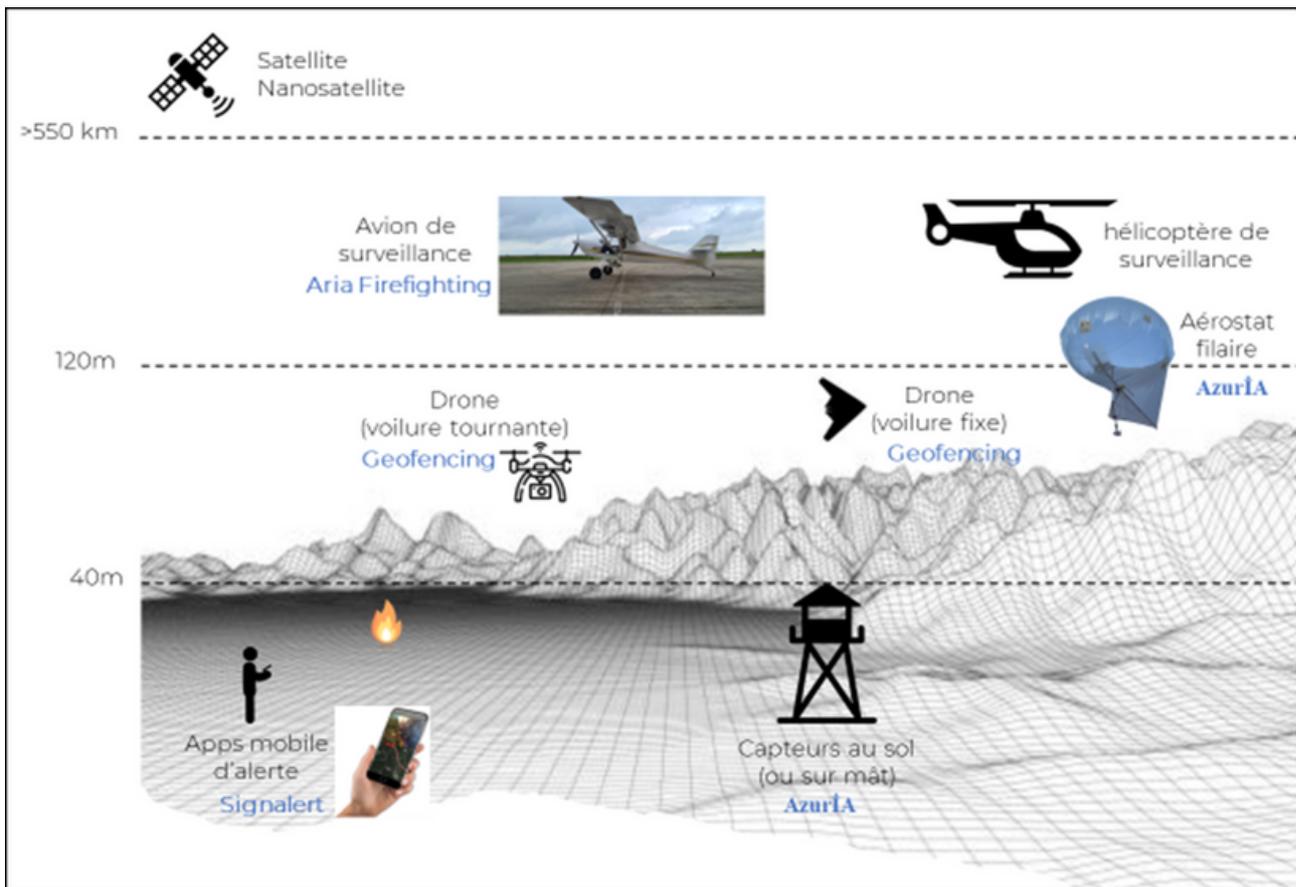
PARTENAIRES





La plateforme DRIF intègre plusieurs solutions de captation multispectrales embarquées sur des vecteurs évoluant à différentes altitudes pour être opérationnelle de jour comme de nuit sur les différents scénarii proposés. Toutes les briques technologiques de détection ont déjà fait leur preuve sur le terrain.

1. Une Apps mobile, mis à disposition des citoyens, leur permet d'alerter et de caractériser un départ de feu : géolocalisation, partage de données terrain (image/vidéo), échange bidirectionnel pour signalement, alerte et prévention. Elle fonctionne en zone peu peuplée et n'est pas sensibles aux conditions météorologiques.
2. Le boîtier d'AzuriA avec des capteurs multip spectraux (du visible à l'infrarouge), inféré à bord par un algorithme d'IA développé en interne, détecte un départ de feu à partir de 1m de hauteur jusqu'à 20km de distance.
Fixé sur l'aérostat filaire Helia (tenue au vent jusqu'à 90 km/h), il permet de surveiller 300 km² de superficie avec une revisite et un délai d'alerte de 2 min.
3. Un capteur visible et thermique intégrant des algorithmes d'IA embarqués embarqué dans un aéronef de surveillance (1 600m d'altitude) détectant des départs de feu avec une précision de 5m.
Il permet de surveiller 10 km² de superficie avec une fréquence de balayage de 10 min, quelque soit la météo (sauf niveau tempête).
4. Possibilité d'intégrer d'autres capteurs (données brutes ou post-processées) et d'y inférer des algorithmes d'IA depuis la plateforme.



STRUCTURES CONCERNÉES :





1. Traitement de la données

La précision de la localisation d'un incendie avec Signalert dépend de la capacité du citoyen à positionner le signalement sur la carte du smartphone (la géolocalisation du téléphone est jointe au signalement). Les boîtiers d'alerte AzurIA fournissent les coordonnées de géolocalisation avec une précision de l'ordre de 100m. Les algorithmes d'IA embarqués dans les capteurs ou disponible au sol dans la plateforme DRIF permettent la détection de fumées et des points chauds et d'assurer le suivi du front de feu et des sautes de feu.

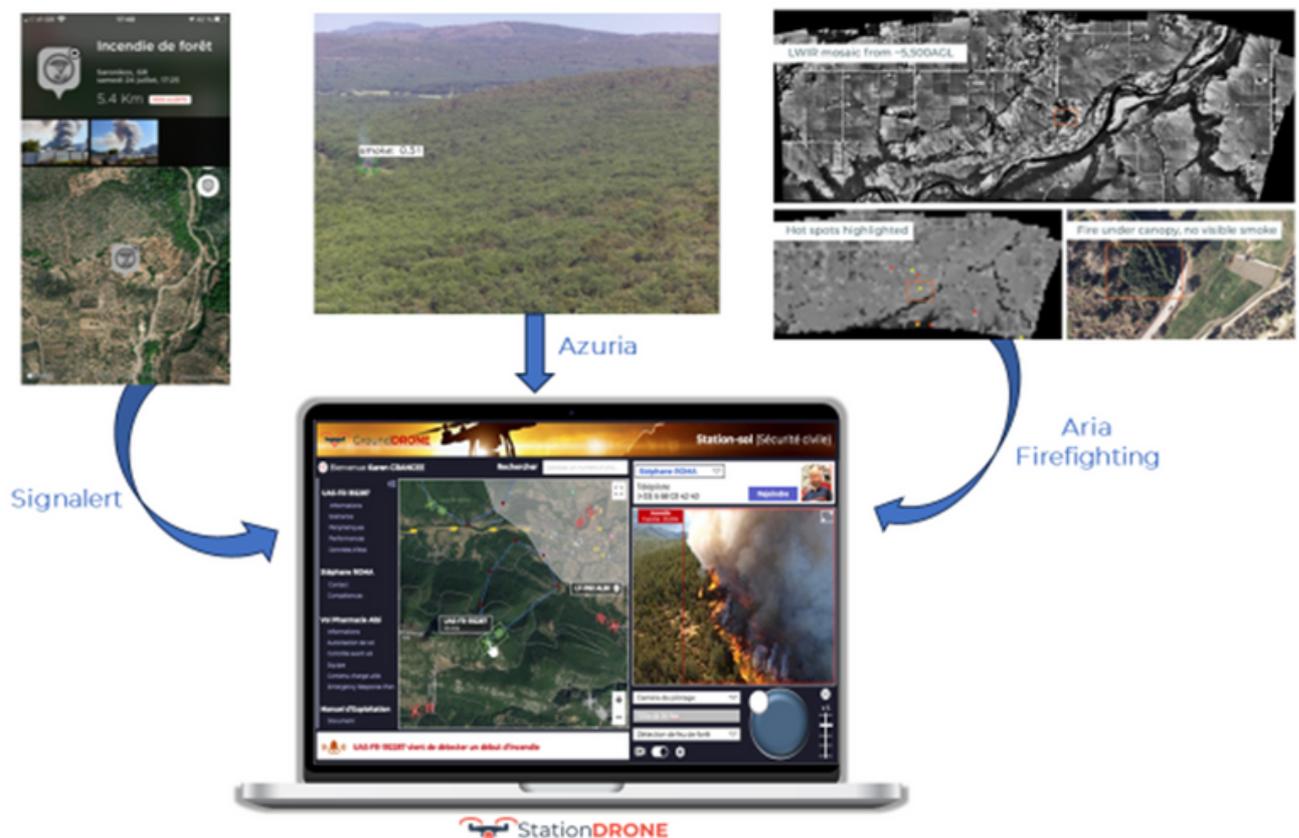
2. Visualisation des données

La plateforme DRIF est accessible depuis Internet. Les vecteurs (mâts vigie, drones, avions, etc.) sont localisées en temps réel et visibles sur une carte. L'utilisateur peut cliquer dessus pour accéder à la donnée du capteur (photo/flux vidéo brute et/ou post-traitées). Ces données peuvent être directement interfacées avec les outils SIG/SITAG. Une gestion des droits permet de diffuser une information filtrée personnalisable en fonction du profil des utilisateurs et de leur appartenance à un SDIS donné. Chaque utilisateur peut se personnaliser un vue multi-panneau d'un ensemble de capteurs.

3. Mode de diffusion des données

Le superviseur peut dispatcher des informations personnalisées (texte, flux vidéo) aux équipes terrain qui ont été préalablement authentifiées (i.e. le superviseur peut réorienter vers chaque équipe terrain les données des capteurs susceptibles de les intéresser).

Les données affichées sont les données brutes et/ou les résultats des algorithmes d'IA.



STRUCTURES CONCERNÉES :



Drone
Geofencing

SIGNALERT

LIG
LABORATOIRE
D'INFORMATIQUE
& SYSTÈMES



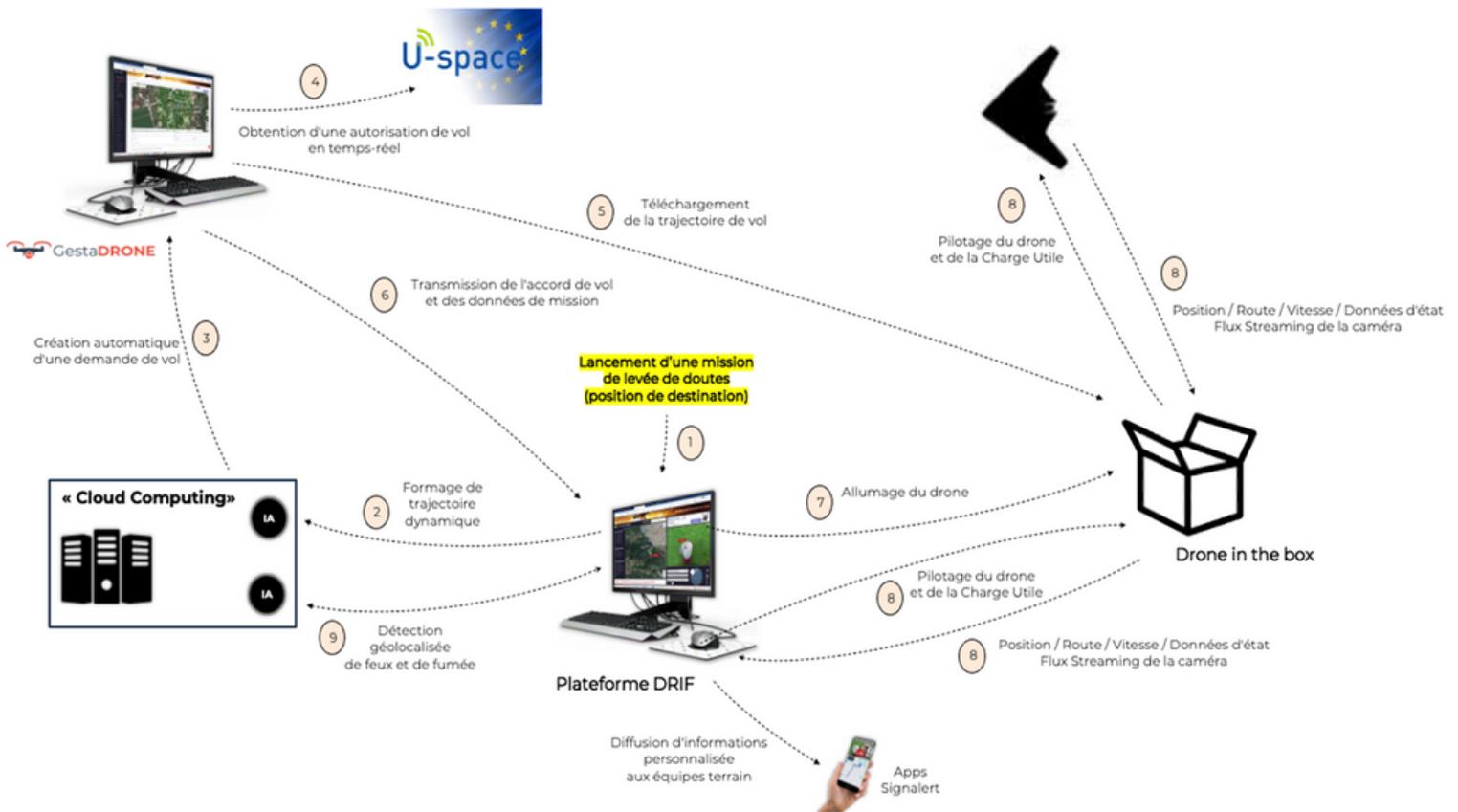
1. Sur ordre du CTA, l'aéronef Aria peut faire de la levée de doute par tout temps grâce à ses capteurs (visible et thermique), fournissant à la plateforme DRIF des informations post-traitées. Son autonomie lors de missions de suivi opérationnel est de 6h

2. Le boîtier d'alerte AzuriA effectue, dès qu'une détection est inférée, un centrage sur la "bonding box" et un zoom numérique pour fournir une première capacité de levée de doute. Le superviseur peut envoyer des commandes via le chatbot intégré pour relancer le mode de détection automatique ou pour visualiser une zone spécifique. L'aérostat filaire peut être redéployé en limite de la bulle opérationnelle pour assurer un support opérationnel H24.

3. L'application Signalert est une source de levée de doute grâce à la contribution des citoyens et de suivi de l'incendie (lorsqu'elle est utilisée par les sapeurs-pompiers). Elle permet aussi de communiquer avec les usagers en leur envoyant des messages, des cartes, ciblées selon des groupes d'usagers. Du feu naissant au feu dégénérant, il est possible de poursuivre les signalements avec l'application, puis d'envoyer des consignes aux usagers de l'application.

4. Réalisation de la levée de doutes par des drones pré-positionnés sur le terrain dans des « Box » sur demande du CTA

- Formage de trajectoire en évitant les zones interdites de survol
- Autorisation de vol temps réel en zone U-Space
- Confirmation du départ de feu par un algorithme d'IA
- Pilotage manuel possible depuis la plateforme de supervision
- Rotation de plusieurs drones sur zone pour assurer un suivi continu du feu



STRUCTURES CONCERNÉES :

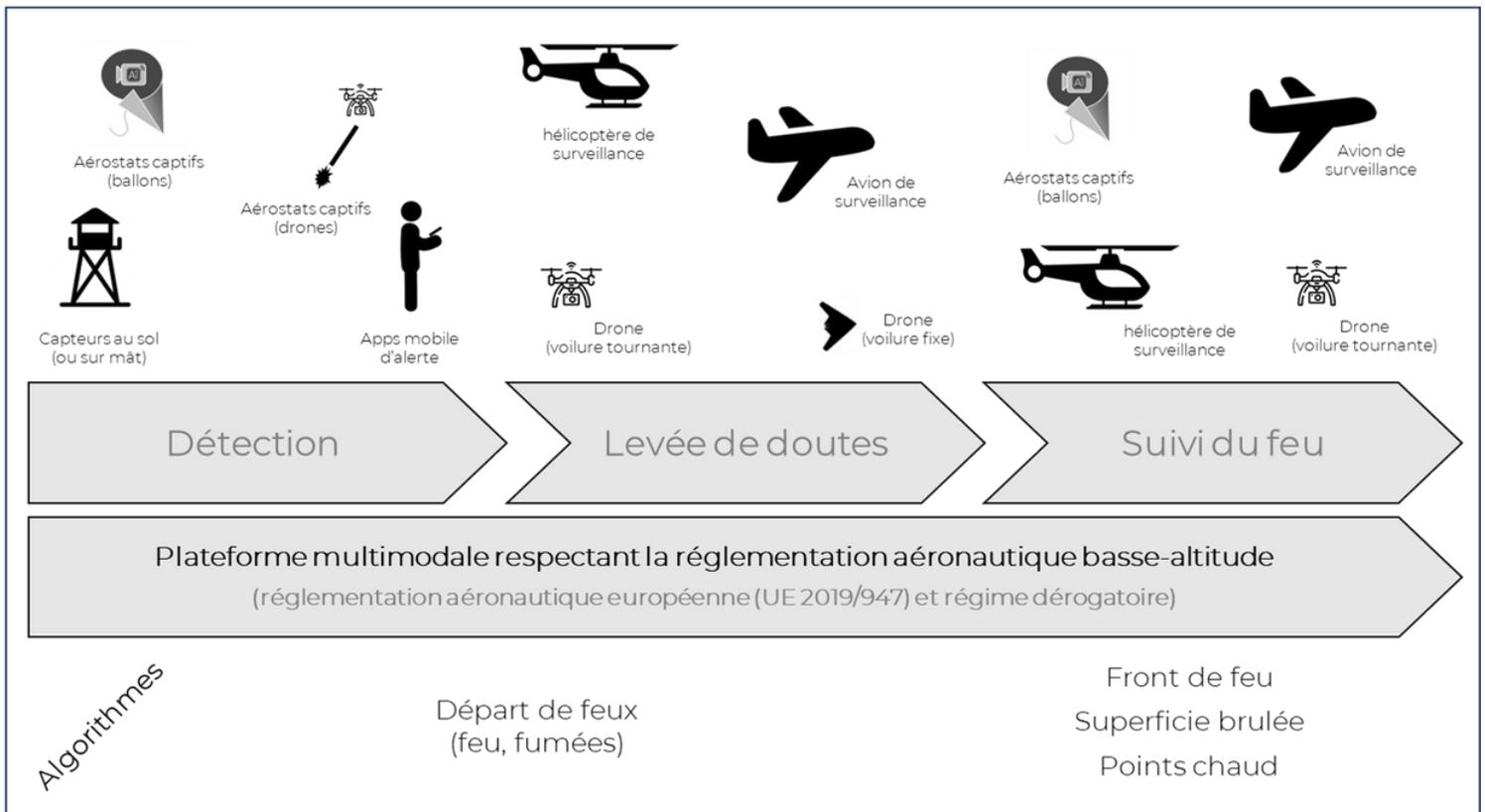




Le consortium dispose d'une architecture de stockage sécurisée déployée dans deux datacenters français de OVH (Roubaix et Gravelines). En cas de panne, les utilisateurs sont automatiquement reroutés sur les serveurs dédiés du deuxième datacenter. Un back-up à froid est réalisé dans un troisième datacenter basé à Strasbourg.

Les données partagées avec la plateforme (signalements, cartes, messages) sont tous archivés et exportables dans des formats courant pour exploitation sur SIG par exemple.

Cette bancarisation permet d'une part de faire du RETEX pour les SDIS mais aussi de développer des solutions prédictives à base d'IA pour mieux anticiper les périodes à forts risques et déployer les moyens nécessaires (drones, aéronefs, aérostat filaire)en temps voulu.



STRUCTURES CONCERNÉES :



ELLIOT

Détection précoce de feu par des terminaux IoT avec IA embarquée



CONTACT

Adrien ELFASSI

Chef de projet



Le projet ELLIOT est un projet collaboratif qui regroupe plusieurs partenaires académiques et industriels. Ce projet est piloté par l'IRT Saint-Exupéry et financé par l'ANR sur 3 ans. Dans le cadre de ce projet, un terminal IoT est développé avec la capacité de communiquer avec un réseau terrestre et spatial, équipé de plusieurs capteurs afin d'adresser différents cas d'application et d'une intelligence artificielle très faible consommation. Un des cas d'application est la détection de feu de forêt. Une campagne de mesures sera réalisée premier trimestre 2024.

L'IRT Saint-Exupéry a une compétence dans la gestion de consortium, pilotage projet et activités dans les Télécoms pour le spatial et en intelligence artificielle. L'IRT est notamment leader du consortium ELLIOT, objet du présent AMI, qui regroupe les entreprises suivantes :

- eV-Technologies a une expérience avec le développement de terminaux IoT terrestre et spatial. Une première version de terminal est déjà disponible et des expérimentations terrestres et spatiales ont été menées avec succès.
- Dolphin-Design a développé un chipset qui permet d'intégrer de l'intelligence artificielle très faible consommation (~mW pour de l'inférence) et développe les algorithmes IA en fonction des cas d'application à traiter.
- LEAT a une expérience reconnue en antenne multi-bandes et compacte pour les terminaux IoT. Les premiers tests réalisés avec la première version de terminal ont permis de valider le design de cette antenne.





Afin de détecter au plus tôt les feux de forêt et de détecter la présence d'individu, nous proposons ces terminaux IoT avec les capacités suivantes :

- Détecter à proximité la présence de fumée ou de points de chaleur via notre terminal équipé de caméras visible et infrarouge, détecteur de CO2 et GPS.
- Embarque de l'intelligence artificielle pour la détection de fumée et la reconnaissance de personnes dans le champ de vue des caméras.
- Equipé d'un chipset de type AI accelerator permettant d'optimiser l'inférence des algorithmes d'intelligence artificielle et offrir une faible consommation (de l'ordre du mW).
- Capacité à mettre à jour les algorithmes afin d'améliorer les performances et diminuer le taux de fausses alarmes (amélioration continue).
- Connectivité mondiale : le terminal est équipé de plusieurs antennes assurant une connectivité terrestre et spatiale (compatible satellites LEO et GEO). Des premières expérimentations ont permis de valider cette connectivité hybride.
- Grande autonomie : équipé de cellules photovoltaïques.
- Facile à déployer (dimension 9x9x3 cm et poids d'environ 150g) et solution peu onéreuse (prix estimé en production de l'ordre de 200€).

Des centaines de terminaux permettraient de mailler et surveiller une zone dite d'intérêt. Afin d'avoir un temps de latence le plus faible possible, nous proposons de communiquer, en zone blanche, avec un satellite géostationnaire de type EchoStar.





Transmission de l'information via protocole IoT (LoRa) sur réseau terrestre ou réseau satellitaire.

Pour le réseau satellitaire : possibilité de communiquer avec satellite GEO et constellation de satellites MEO et LEO.

EPHAÏSTOS



CONTACT

Giao-Minh NGUYEN

Directeur Général

g.nguyen@promethee.earth

Le concept opérationnel EPHAÏSTOS repose sur une approche novatrice et modulable combinant des moyens terrestres, aériens et spatiaux.



EPHAÏSTOS vise à optimiser le déploiement coordonné des capteurs, c'est une solution interopérable et modulable, permettant ainsi une surveillance adaptée au contexte (environnement physique et situation) et garantissant un accès centralisé à l'information et sa diffusion auprès des systèmes opérationnels.

Le système permet une détection précoce (< 5min) et une géolocalisation précise (< 50m) des départs de feu, et un suivi en temps réel. Les données collectées sont fusionnées et valorisées via un système d'information interactif, puis transmises aux entités opérationnelles impliquées dans la prévention et la lutte contre les incendies.

Grâce à une surveillance satellitaire, les zones les plus vulnérables aux incendies sont identifiées et associées aux infrastructures et moyens de surveillance sur le terrain. Cela permet d'optimiser le déploiement de capteurs aéroportés, assurant une couverture efficace de tous les secteurs.

La combinaison intelligente de ces capteurs permet une détection et une confirmation rapide des départs d'incendie 24h/24 et 7j/7. Les données et informations sont transmises instantanément au système d'information, qui diffuse des alertes fiables à tous les acteurs de la lutte contre les incendies, y compris par SMS. Cette gestion centralisée assure une réactivité et une surveillance continue pour le suivi des feux.

Flexible et évolutive, EPHAÏSTOS peut être déployée sur tout le territoire national en s'adaptant aux caractéristiques propres à chaque région



PARTENAIRES





La solution Ephaïstos est basée sur la complémentarité des capacités d'un ensemble de capteurs, orchestrée à partir d'un SIG, déployé au sein d'un centre opérationnel. A partir d'une surveillance satellitaire à très haute résolution (optique+NIR), constellation Prométhée, les zones les plus vulnérables sont localisées et contextualisées en intégrant les moyens de surveillance et de prévention in-situ.

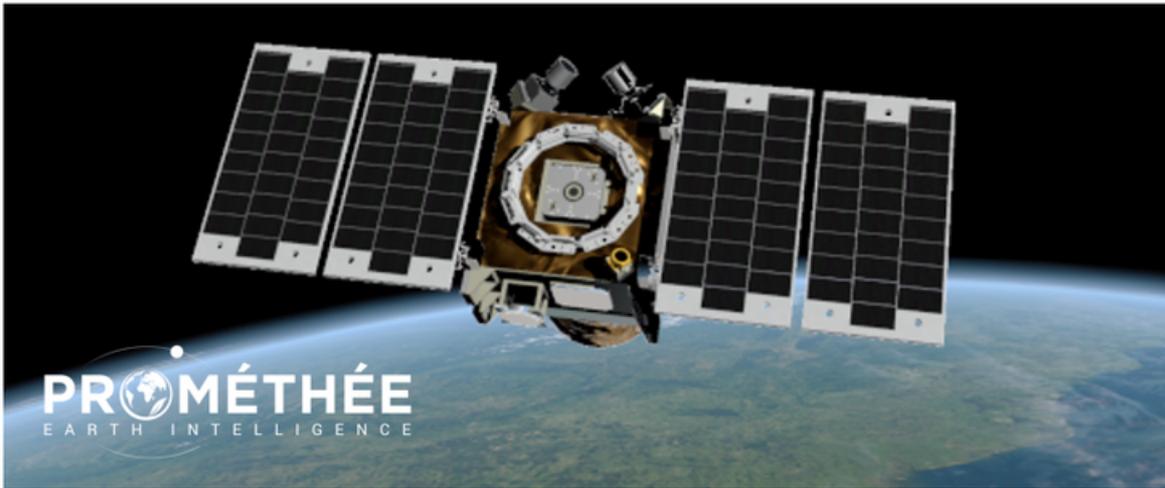
L'installation de capteurs terrestres (optique : photo et vidéo), système ADELIE de Paratronic, assure une couverture sur un rayon de 20kms autour de chaque point haut.

Afin de couvrir les zones d'ombres et les zones à risques le système optimise le déploiement de capteurs aéroportés, drones (optique+IR) opérés par Delair et l'aérostat filaire d'AzuriA (RGB+TIR)

Cette complémentarité des ressources (vecteurs + capteurs) assure une détection précoce des départs de feu et le suivi du front de feu. L'interfaçage et l'interopérabilité de tous ces composants, leurs capacités de traitement embarqué permettent une levée de doute. Une alerte fiable est transmise instantanément à tous les acteurs de la lutte contre les incendies. Les moyens de surveillance peuvent être automatiquement redéployés afin d'assurer une permanence dans le suivi des feux.

La combinaison intelligente des tous ces capteurs permet de s'affranchir de la nature et du type de terrain, chaque module (Drone – aérostat – vigie optronique – satellites) venant combler les contraintes et limites inhérentes à chacun.

A ce jour, chacun des moyens/capteurs terrestres et aériens est opérationnellement qualifié [TRL9].



STRUCTURES CONCERNÉES :





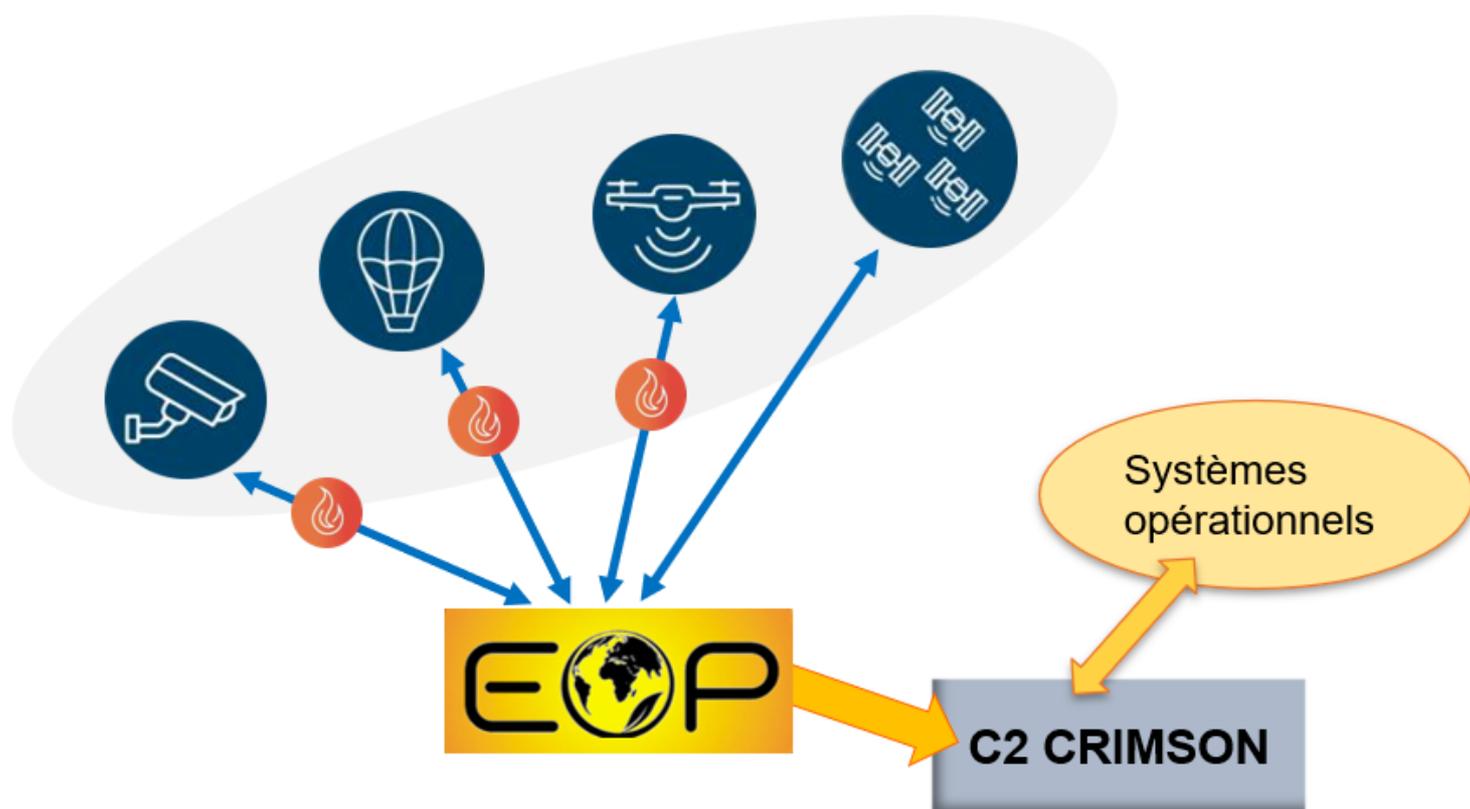
Chaque sous système de surveillance/détection, drone (Delair), aérostat filaire (AzuriA) et terrestre (Paratronic), dispose de capacités propre de traitement bord de la donnée (IA) et de moyens de transmission de l'information en temps réel vers leurs stations de réception respectives. Ces dernières sont connectées à la plateforme digitale EOP (Earth Observation Platform de Prométhée), qui collecte l'ensemble des informations, les fusionnent et les rend accessibles à tout opérateur de centre opérationnel, avec une diffusion au travers du système CRIMSON (CS Group).

Cette automatisation tout au long de la chaîne de transmission et de traitement permet une diffusion et un partage de l'alerte instantanément à tous les acteurs de la lutte contre les incendies (Applications mobiles – SMS – Centres de Commande et Contrôle déportés – Postes de commandement).

Dès le déclenchement de l'alerte, les vecteurs sont réorientés afin d'assurer un suivi des fronts de feux et des surfaces brûlées.

Les données brutes collectées ainsi que les informations qui en dérivent sont harmonisées et contextualisées permettant ainsi une visualisation et une compréhension globale de la situation et un suivi spatio-temporel.

A ce jour, le système CRIMSON et chacun des sous-systèmes de surveillance/détection aériens et terrestres sont individuellement qualifiés en opérations [TRL9] ; les fonctions de la plateforme EOP (Prométhée) ont des TRL comprises entre TRL5 et 8.



STRUCTURES CONCERNÉES :





La solution EPHAÏSTOS est pilotée par des systèmes interopérables, avec une centralisation au travers de la plateforme EOP (Prométhée) et diffusion envers les opérationnels via le système CRIMSON (CS Group).

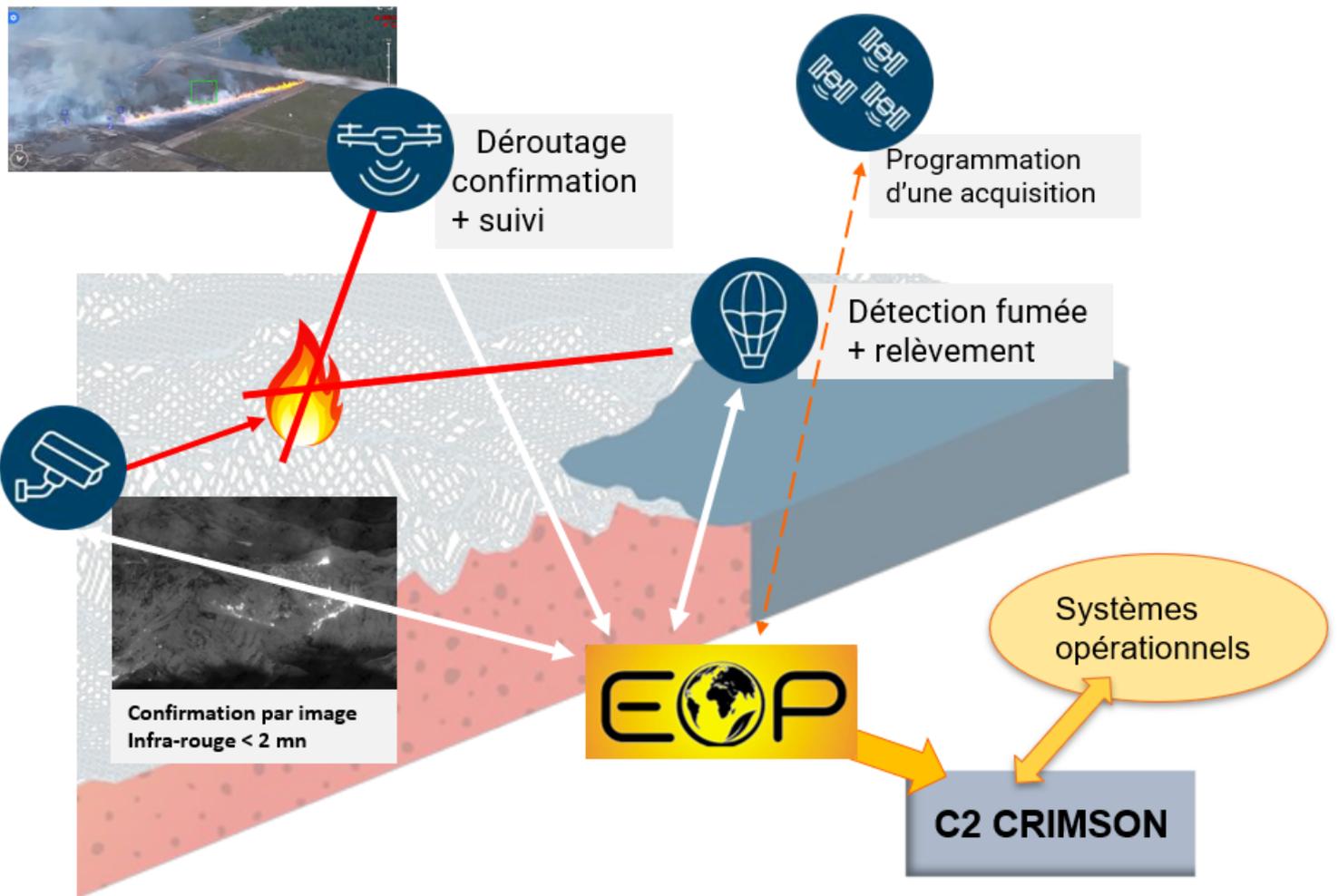
Chaque sous-système (vecteur + capteur) affecté à la surveillance d'une zone transmet des données en temps réel au système EOP ce qui déclenche une mise à jour de la carte de situation. En fonction de l'évolution des conditions, le déploiement des moyens aériens, drones (Delair) ou aérostat filaire (AzuriA) peut être adapté.

EOP transmet les instructions vers les vecteurs, avec un système de redondance des communications a destination des vecteurs aériens assurée par le système CRIMSON.

Lors d'une détection par l'un des capteurs, terrestre (Paratronic) ou aériens, l'information est partagée à l'ensemble des sous-systèmes afin de corroborer la détection et définir une localisation précise de l'évènement. Dès la levée de doute et si la détection est confirmée, une alerte est envoyée en temps réel à tous les acteurs de la lutte contre les incendies avec les coordonnées et la temporalité du départ de feu. Si la détection est négative, le plan de mission de surveillance initial est réactivé.

Cette structure interconnectée permet à chacun des vecteurs de bénéficier de la vue globale de la situation, et au travers de briques IA, d'activer/désactiver un certain nombre d'actions en automatique, par exemple l'envoi de drone pour des levées de doute, ou la programmation d'une prise de vue satellite (Prométhée).

Tous ces systèmes restent activables manuellement et individuellement.

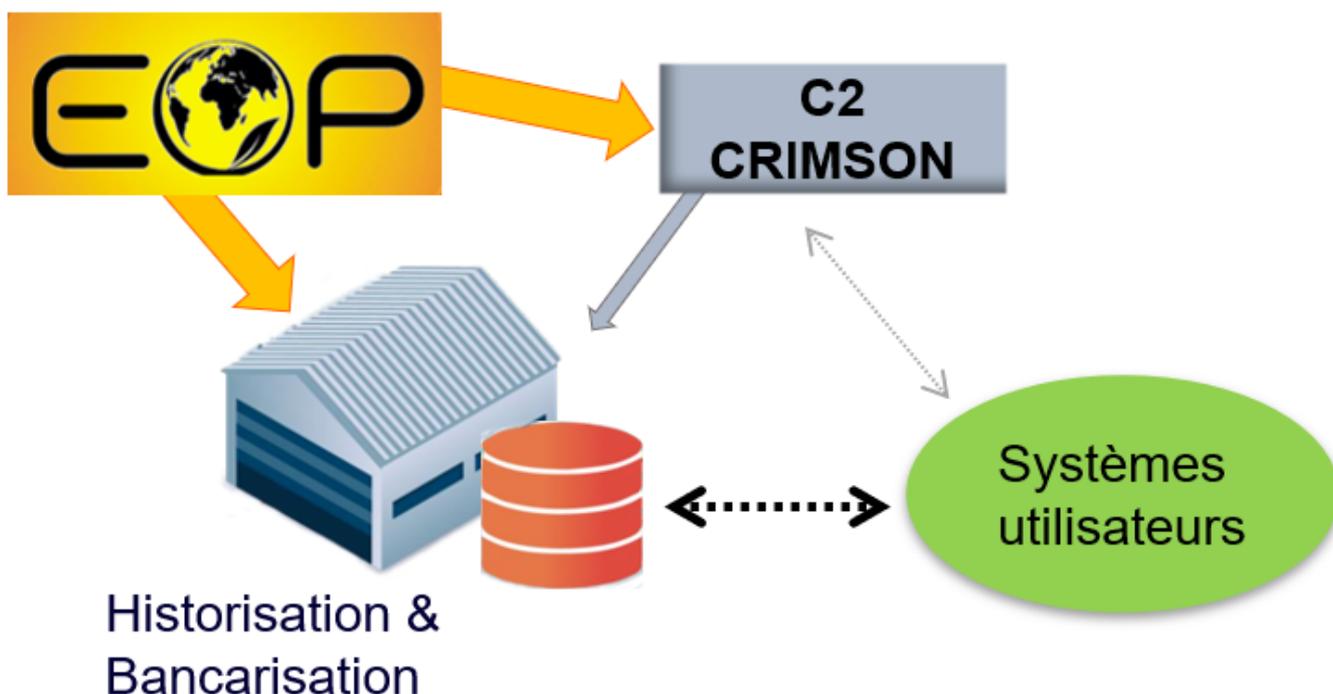


STRUCTURES CONCERNÉES :





Toutes les données et informations collectées par les différents capteurs au cours de chaque campagne, sont transmises en temps réel au système d'information géographique EOP (Prométhée). Cette plateforme digitale transfère en suivant ces informations géoréférencées et temporalisées au système CRIMSON (CS Group) pour diffusion vers les systèmes opérationnels. Et en parallèle, à la plateforme de Diginove qui va structurer (métadonnées, etc...), classer et standardiser les données pour les rendre intelligibles et exploitables par d'autres systèmes de traitement de l'information, constituant ainsi une base de données à même de pouvoir intégrer toutes les informations de nature diverses (image, métadonnées, données géographiques, données météo, couverture du sol, ...) relatives aux feux de forêt. A cette date, la solution de bancarisation (Diginove) est à construire, mais certains composants de base sont déjà présents [TRL8]



STRUCTURES CONCERNÉES :



FC MSGU fdf

FIRE CHASER – association spécialisée
dans le MSGU feu de forêt



CONTACT

Raphaël SUPPLISSON
Président

Le concept opérationnel EPHAÏSTOS repose sur une approche novatrice combinant des capteurs intégrés à des moyens fixes, aériens et spatiaux.



L'association FIRE CHASER est née en 2018 à la suite des incendies qui ont affecté le département des Bouches-du-Rhône en 2016 et 2017. Aujourd'hui, elle compte 20 bénévoles issus de la société civile. Si 70% de ses actions sont des conseils et recommandations en termes de prévention incendie de forêt auprès de la population, sa force réside dans la formation de ses bénévoles à capter, détecter et suivre des conditions à risque incendie pour être le plus réactif possible en cas de départ de feu.

Spécialisé dans les médias sociaux en gestion d'urgence – MSGU – feux de végétation, l'objectif est de permettre de détecter précocement, grâce à la communauté des réseaux sociaux (> 54 000 abonnés sur Facebook avec un taux de croissance annuel de 10 à 15 000 abonnés), un départ de feu sur un département et de relayer les informations aux partenaires opérationnels. L'association FIRE CHASER accompagne ainsi la population et les autorités dans la prise de connaissance d'un départ de feu jusqu'à son extinction. En phase opérationnelle, l'association va croiser les informations émanant de différents canaux (réseaux sociaux, abonnés, observateurs terrain, connaissances), les traiter, les analyser, les synthétiser pour les communiquer selon des filtres de sensibilités soit aux partenaires opérationnels, soit à la population. Nous relayons également les consignes émises par les différentes autorités en cas d'évènement de grande ampleur.

La vocation de cette association n'est pas d'agir physiquement auprès de la population mais de l'impliquer dans la préservation de sa vie, de son habitat et de son environnement en réalisant un travail de prévention en amont, et d'information pendant un évènement.

En 2023, l'association est partenaire avec le SDIS 13, le syndicat d'hôtellerie de plein-air des Bouches-du-Rhône, la fédération régionale PACA d'hôtellerie de plein-air. La commune de La Fare-les-Oliviers est également en phase finalisation de convention.

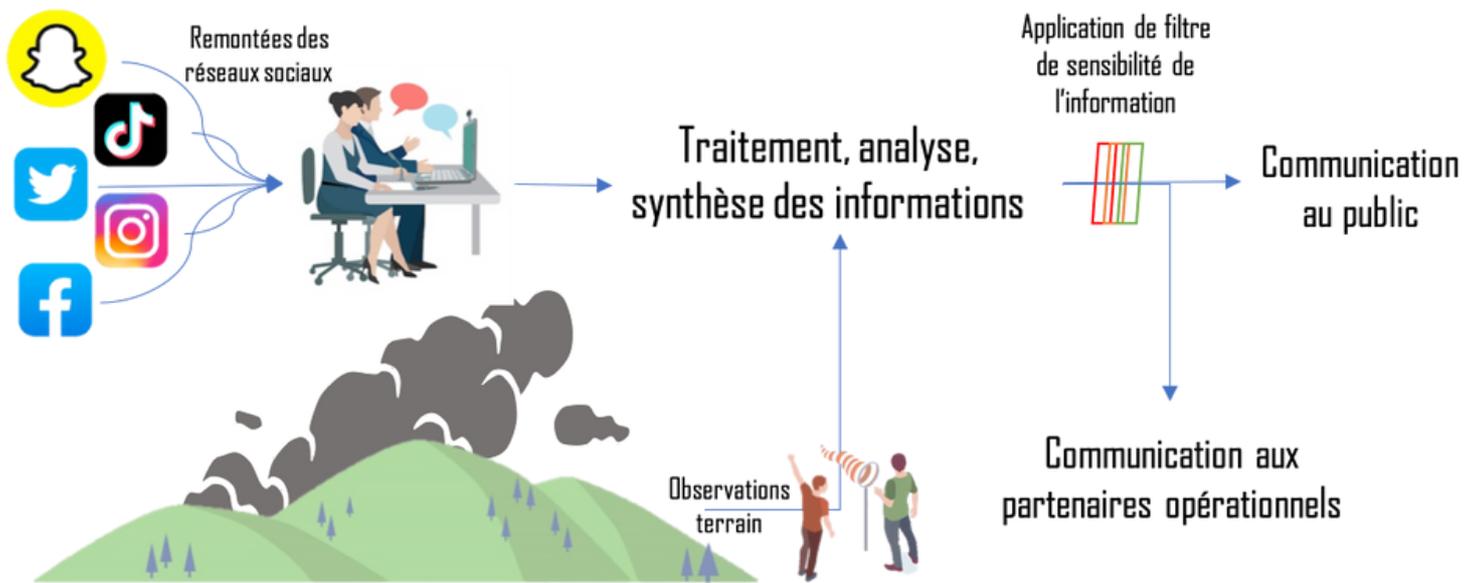


La majeure partie des solutions MSGU pour les réseaux sociaux s'appuient sur une reconnaissance des mots clés et photos relatives à un événement. Si l'utilité est importante et permet de réduire le temps de recherche, il est possible de passer à côté de nombreuses autres informations plus localisées et des difficultés de la population. Selon les réseaux sociaux, "l'instantanéité" de l'information peut parfois avoir un délai de plusieurs minutes sur un incendie, ce qui en fait une faiblesse.

Grâce à l'implication des populations face au risque incendie de forêt, l'association FIRE CHASER installe sur le territoire sur laquelle elle s'implante, une dynamique collective de "chasse au feu". Lors d'un incendie, la population la plus proche du feu peut parfois communiquer sur les réseaux en indiquant les difficultés. Avec FIRE CHASER, elle trouve un moyen de centraliser l'information grâce au recoupement de plusieurs témoignages. Ainsi, au lieu que la population impliquée communique de manière passive via les réseaux, elle se transforme en acteur et nous transmet des visuels en direct de l'incendie nous permettant d'avoir un flux continu d'information sur le feu. Ces informations sont alors recoupées pour vérification et retransmises soit aux autorités compétentes et partenaires, soit à la communauté selon leur degré de sensibilité, l'objectif n'étant pas de créer la panique.

En synthèse, nous captons de manière passive les informations émanant des réseaux sociaux, mais également de manière active des visuels et données en lien direct avec des témoins qui sont sur le terrain (car ils habitent dans la zone concernée). Ces informations sont recoupées grâce à nos bénévoles formés qui sont soit derrière leurs écrans, soit par ceux se déplaçant sur le terrain, en périphérie et sécurité du feu hors de la zone d'intervention.

Cette solution est déployée depuis 2022 auprès du SDIS 13 et s'avère être très efficace en zone péri-urbaine, là où la concentration de population (sachant se servir des réseaux sociaux) est importante. Nous pouvons également couvrir les zones agricoles et montagneuses mais la résolution baisse en fonction de la concentration et passage de la population. Ce sont les mêmes difficultés que pour les appels au 112.



STRUCTURES CONCERNÉES :





Dès lors qu'une alerte est connue par l'association, celle-ci s'active en moins de 5 minutes pour connaître le lieu du départ, avoir une photo/vidéo ainsi que les paramètres météo les plus proches. Tant que le flux d'information est continu, les bénévoles restent actifs jusqu'à la phase de noyage par les forces opérationnelles.

Les bénévoles de l'association se concentrent dès le départ du feu en la recherche de visuels puis une fois que le COS est arrivé et à la demande du CODIS, nous passons recherchons d'autres informations remarquables qui pourraient se produire dans ou en périphérie du sinistre.

La détection est fonction du nombre de la communauté ainsi que du nombre de bénévoles dans l'association. Ces informations sont transmises en direct par message à un responsable MSGU du SDIS concerné.

Seule une convention permet l'implantation de la solution FIRE CHASER qui se veut gratuite et bénévole.

LES 10 PREMIÈRES MINUTES



Alerte
(abonnés, SDIS, bénévoles, réseau)

Vérification du départ de feu (visuel et position)

Activation MSGU

Répartition des tâches selon les pôles de l'association

Activation d'observateurs terrain

Suivi incendie jusqu'à sa fin

STRUCTURES CONCERNÉES :



Fire Eagle

Fire Eagle Powered by Menaps

MENAPS

CONTACT

Hamdi CHAKER
PDG

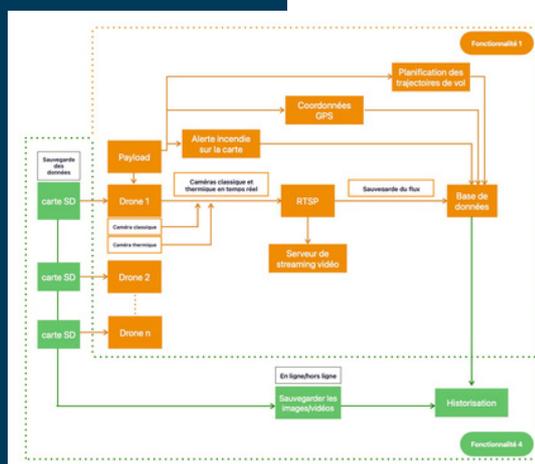
Le concept opérationnel EPHAÏSTOS repose sur une approche novatrice combinant des capteurs intégrés à des moyens fixes, aériens et spatiaux.



Notre solution de drone autonome a été spécifiquement conçue pour détecter et prévenir les incendies de forêt. Elle se compose de plusieurs modules adaptables qui intègrent une technologie d'intelligence artificielle de pointe. L'une des principales caractéristiques de notre solution est la possibilité de contrôler le drone à distance, même au-delà de la ligne de visée.

Équipé de caméras et de capteurs thermiques, le drone capture en temps réel des données qui sont ensuite traitées avec un temps de latence minimal. Notre solution offre un traitement en temps réel et des mises à jour continues de la surveillance. En cas de détection d'incendie, de fumée ou de point chaud potentiel, notre application déclenche immédiatement une alerte transmise à plusieurs stations au sol. Cette alerte comprend des images de l'incendie ainsi que des coordonnées GPS précises, ce qui garantit une réponse rapide en moins de 10 secondes.

L'efficacité de notre algorithme est considérablement améliorée grâce à l'utilisation de l'intelligence artificielle. De plus, grâce aux capacités de téléopération de notre drone, les utilisateurs finaux peuvent planifier des cartes de surveillance dans notre application et lancer des opérations depuis n'importe quel endroit, ce qui rend notre solution véritablement autonome.





Notre système de drone IA assure une collecte continue et méthodique de données sur les incendies de forêt, utilisant le traitement des données et les alertes en temps réel pour faciliter la prise de décision proactive.

Le drone IA est équipé de caméras haute résolution, de capteurs thermiques et de capacités avancées de traitement d'images. Il est capable de couvrir de vastes zones et de recueillir des données détaillées sur les incendies de forêt et leur environnement. Le drone fonctionne de manière autonome, en suivant des trajectoires de vol préprogrammées. Il collecte des données brutes sur la taille, la localisation et la progression des incendies, qui sont transmises en temps réel pour analyse.

Des algorithmes d'IA sophistiqués analysent ces données, identifiant les feux de forêt, les modèles de fumée et les points chauds potentiels. L'analyse en continu fournit des informations précises sur le comportement des incendies. En moins d'une minute, le système traite les données et génère des alertes en temps réel. Les stations au sol sont immédiatement informées, avec des informations précises sur les incendies et des preuves visuelles.

Quant à l'application de notre solution dans divers environnements, tels que des zones vallonnées, de plaine, de montagne, périurbaines et agricoles, nous avons développé des fonctionnalités qui permettent au drone de s'adapter avec une grande flexibilité. Le système de drone IA collecte des données dans tous types de terrains grâce à ses capacités de planification de trajectoire à distance et d'évitement des obstacles, lui permettant de naviguer dans des topographies difficiles et de tracer de manière autonome l'itinéraire le plus efficace. Sa résistance aux turbulences aériennes lui permet de fonctionner à haute altitude et dans des conditions météorologiques défavorables, fournissant ainsi des informations essentielles. Il se déplace en toute fluidité à travers le paysage et couvre efficacement une vaste zone.

STRUCTURES CONCERNÉES :

MENAPS



Le système de drone IA s'interface avec les systèmes de gestion des alertes existants, rationalisant ainsi le flux d'informations pour la détection des incendies. Il collabore également avec les systèmes de gestion opérationnelle pour la surveillance. Cette interopérabilité garantit une distribution efficace des données sur les incendies de forêt aux utilisateurs concernés.

Notre solution permet un échange transparent d'informations sur la détection et la surveillance des incendies de forêt. Le drone d'IA capture en temps réel des données sur l'emplacement, la taille et la gravité des incendies, transmises aux systèmes de gestion des alertes pour une diffusion immédiate. Les données continues sur la progression du feu, les conditions environnementales et les efforts d'intervention sont partagées avec les systèmes de gestion opérationnelle pour une vue d'ensemble.

Les avantages de notre solution incluent une meilleure connaissance de la situation grâce à une vision globale des incendies de forêt, une prise de décision rapide facilitée par la distribution en temps réel des données, ainsi qu'une interconnectivité et une collaboration renforcées entre les systèmes et les parties prenantes. En privilégiant l'interopérabilité et la distribution transparente des données, notre solution maximise les avantages de la détection et de la surveillance des incendies de forêt, pour une gestion proactive et unifiée des incendies.

STRUCTURES CONCERNÉES :

MENAPS



Notre solution offre une activation/désactivation automatisée et manuelle du mode de suivi pour la surveillance des incendies de forêt. Le système de drone IA est doté de fonctions avancées pour une qualification et une activation transparentes du mode de suivi, assurant une surveillance efficace. Grâce à des options de contrôle automatisées et manuelles, notre solution garantit la flexibilité et l'adaptabilité aux différentes exigences de surveillance.

Le système de drone IA s'interface avec les systèmes de gestion des alertes existants pour la détection des incendies de forêt, rationalisant le flux d'informations. Il collabore également avec les systèmes de gestion opérationnelle pour la surveillance. Cette interopérabilité assure une distribution efficace des données aux utilisateurs concernés.

La solution permet un échange transparent d'informations sur la détection et la surveillance des incendies de forêt. Le drone d'IA capture en temps réel des données sur l'emplacement, la taille et la gravité des incendies, transmises aux systèmes de gestion des alertes pour une diffusion immédiate. Les données continues sur la progression du feu, les conditions environnementales et les efforts d'intervention sont partagées avec les systèmes de gestion opérationnelle, offrant une vue d'ensemble.

Les avantages de notre solution incluent une meilleure connaissance de la situation grâce à une vision globale des incendies de forêt, une prise de décision rapide facilitée par la distribution en temps réel des données, ainsi qu'une interconnectivité et une collaboration renforcées entre les systèmes et les parties prenantes. En privilégiant l'interopérabilité et la distribution transparente des données, notre solution maximise les avantages de la détection et de la surveillance des incendies de forêt, pour une gestion proactive et unifiée des incendies.

STRUCTURES CONCERNÉES :

MENAPS



Notre solution gère et utilise des données en temps réel pour une surveillance efficace des incendies de forêt. Elle se concentre sur l'historisation et la centralisation des données afin de garantir des informations précises et actualisées pour l'analyse et la prise de décision. Nous stockons l'intégralité des données de diffusion en direct des différents capteurs et caméras, même après le traitement respectif des données. De plus, nous les stockons de manière sécurisée.

En ce qui concerne l'historisation des données, notre système de drone IA capture et stocke diverses données en temps réel, telles que le comportement des incendies, les conditions environnementales, les trajectoires de vol et les relevés des capteurs. Des techniques avancées sont utilisées pour organiser et archiver ces données en vue d'une analyse complète.

Pour la bancarisation des données, notre solution comprend une base de données centralisée qui permet le stockage et l'extraction sécurisés des données en temps réel. Elle garantit l'intégrité, l'accessibilité et la cohérence des données pour toutes les parties prenantes. En ce qui concerne la gestion et l'analyse des données, notre solution propose des outils robustes pour l'exploration, la visualisation et les rapports. Les parties prenantes peuvent obtenir des informations, identifier des modèles et évaluer les stratégies de réponse.

Les avantages et l'impact de notre solution sont multiples. Elle permet de prendre des décisions éclairées, d'améliorer les analyses et les rapports, ainsi que de préserver les connaissances. Les parties prenantes optimisent l'affectation des ressources et améliorent en permanence les stratégies de surveillance et de réponse.

Dans l'ensemble, notre solution offre aux parties prenantes la possibilité de prendre des décisions basées sur des données, d'effectuer des analyses efficaces et d'améliorer continuellement la surveillance et la gestion des incendies de forêt.

STRUCTURES CONCERNÉES :

MENAPS

GOFF

Gestion Opérationnelle des Feux de Forêt



CONTACT

Anne-Sophie CADRE
Présidente

Notre système propose de combiner des technologies avancées pour améliorer la surveillance et la réactivité face aux incendies de forêt.



CAPTATION - DÉTECTION

Afin de détecter les départs de feu de manière précoce, des caméras fixes sont installées à des endroits stratégiques dans les zones à risque élevé sur tout le territoire. Ces caméras sont connectées à un réseau de surveillance centralisé qui analyse en temps réel les images capturées. Les algorithmes d'intelligence artificielle utilisés peuvent reconnaître les caractéristiques spécifiques des feux de forêt et déclencher des alertes automatiques.

SUIVI

Ensuite, une fois qu'un départ de feu est confirmé, les drones sont déployés sur le site pour fournir des informations en temps réel aux équipes d'intervention. Les caméras embarquées sur les drones transmettent des vidéos haute résolution, ce qui permet aux équipes de mieux évaluer la situation et de prendre des décisions éclairées pour la lutte contre l'incendie.

Outre la détection initiale, les caméras fixes assurent également un suivi précis de l'évolution des incendies. Les drones survolent la zone en feu et collectent des données sur la propagation des flammes, la superficie brûlée et d'autres paramètres pertinents. Ces informations sont centralisées et analysées dans un système unique et ergonomique et sont ensuite utilisées pour coordonner les opérations de lutte contre l'incendie, ce qui permet d'optimiser l'allocation des ressources.

En utilisant des drones et des caméras fixes, la proposition de gestion opérationnelle des feux de forêt vise à réduire les délais de détection, à améliorer la surveillance continue et à faciliter la prise de décision rapide. Ce système permet aux équipes de lutte contre les incendies d'intervenir rapidement et efficacement, réduisant ainsi les dégâts causés par les feux de forêt et assurant la sécurité des populations et des écosystèmes forestiers.

Tous les médias



PARTENAIRES





En prévention, notre solution s'appuie principalement sur des vecteurs déjà existants sur le territoire afin de réduire les coûts opérationnels. L'objectif étant d'avoir une couverture exhaustive de l'ensemble du territoire, nous utilisons des points hauts nous permettant d'avoir la meilleure vision possible en 360°. Les moyens terrestres disponibles les plus adaptés sont aujourd'hui les châteaux d'eau, les pylônes (TDF) et les tours de guets.

Lorsqu'aucun de ce type de site n'est installé sur une zone à couvrir, d'autres solutions existent :

- Le groupement peut proposer la construction et l'implantation d'un pylône spécifique à l'implantation de ce système
- La solution est compatible avec d'autres vecteurs de type Ballons captifs (ex: EONEF), Drones captifs (ex: ELISTAIR) ou drones longue élancement (ex : XSUN) qui ont l'avantage de permettre une surveillance mobile et adaptable.

Pour l'intervention, les vecteurs utilisés sont ceux déjà présents sur les scènes d'interventions, c'est à dire :

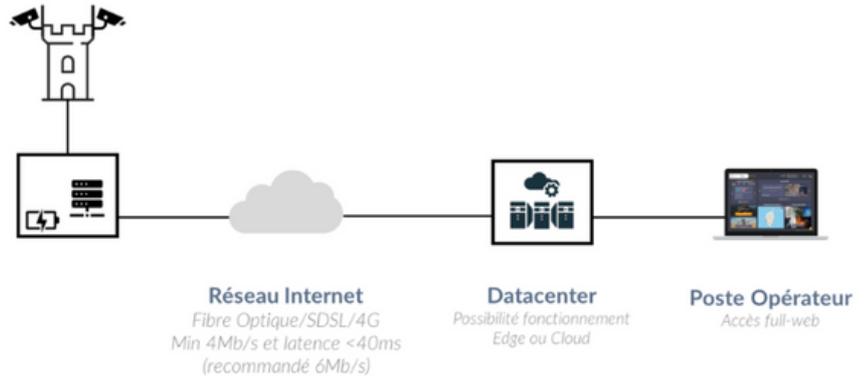
- les caméras prépositionnées pour la prévention permettant de suivre le feu
- les drones/robots/ballons/avions permettant de récupérer des flux vidéos utilisés aujourd'hui au sein des SDIS
- les téléphones portables des personnes sur la scène d'intervention
- de l'imagerie satellite disponible 1 fois par jour (PlanetLabs)

Site de surveillance – point haut

4 caméras de détection
2 caméras de levée de doute
1 Station météo

Site de surveillance – point bas

1 secours alimentation
1 switch + injecteur PoE
1 routeur



STRUCTURES CONCERNÉES :



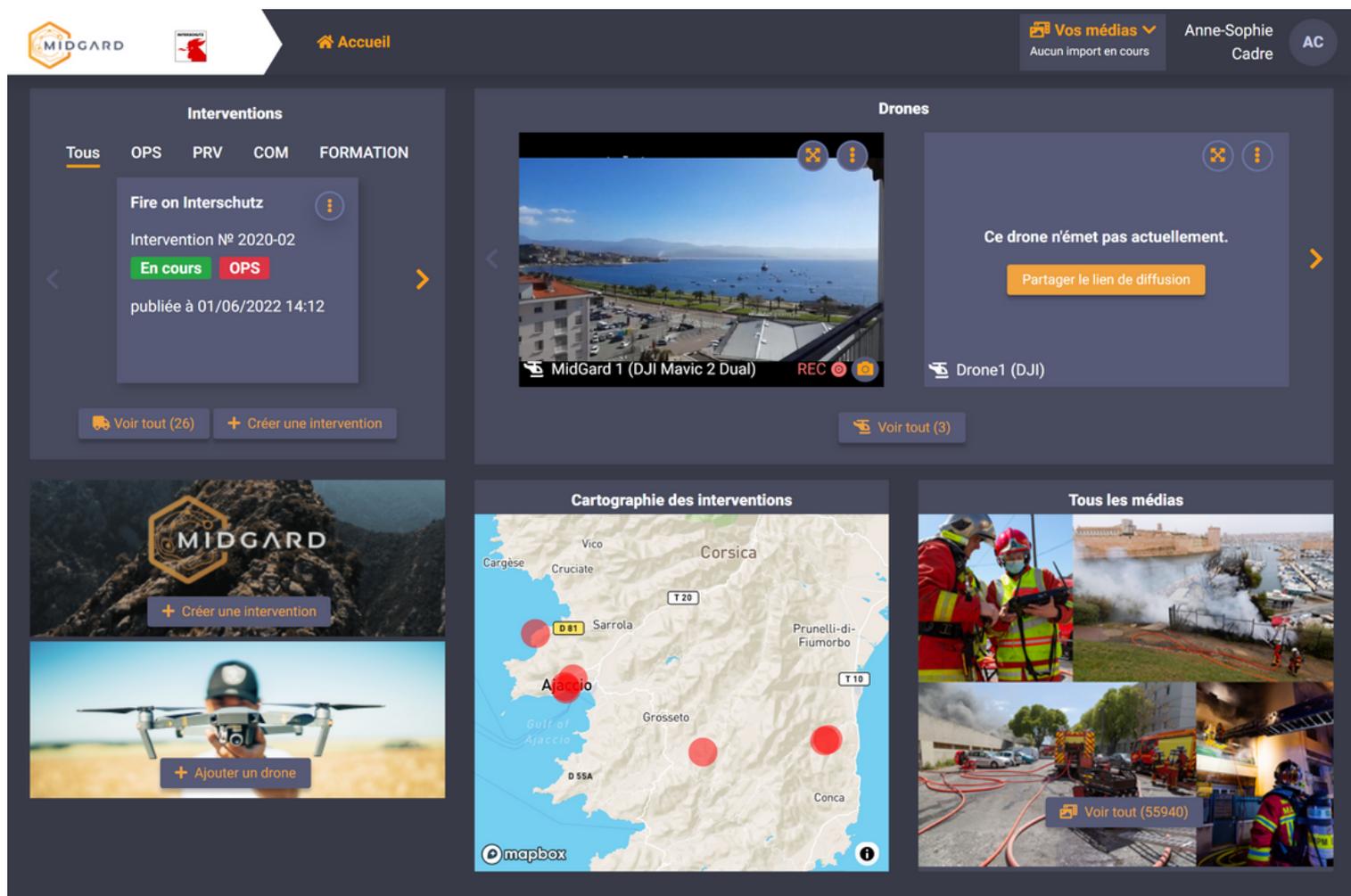


MidGard récupère les différents flux vidéos en prévention et en intervention et déploie plusieurs solution de traitement :

- La détection précoce des départs de feu
- La modélisation 2D et 3D des scènes d'intervention
- Le suivi du feu grâce à l'analyse automatique de l'imagerie

Afin de présenter ces données, MidGard propose deux interfaces ergonomiques adaptées aux besoins de la prévention et à ceux de l'intervention.

Toutes les données traitées au sein de l'outil MidGard sont dans des formats standard permettant une interopérabilité simplifiée entre les différents services de secours mais aussi entre les systèmes utilisés par chacun.



STRUCTURES CONCERNÉES :





Sur chaque site, un jeu de caméras capte les images en continu. Ce jeu inclut 4 caméras de détection automatiques qui couvrent l'intégralité de la zone en moins de 1min30 et 2 caméras de levée de doute pilotables. Ces dernières permettent aux opérateurs de contrôler le site d'une alarme. Elles sont au nombre de deux afin de garantir une absence de zones aveugles.

Les images des caméras de levée de doute sont transmises en temps réel vers cette même plateforme afin de visualiser chaque site. La plateforme permet de piloter ces caméras et de visualiser toutes les informations nécessaires à l'opérateur au CSC et aux opérationnels en mobilité. Ces caméras permettent à l'utilisateur de levée le doute sur les alertes automatiques de manière manuelle.

Nous envisageons aussi déployer à terme un premier niveau de levée de doute automatisée afin de réduire le nombre de faux positifs et ne déclencher les alertes que si la caméra de levée de doute a validé elle aussi la détection d'un départ de feu.

Le mode de suivi consiste à passer du mode "Prévention" sur l'outil FireGard au mode "Intervention" sur l'outil SitGard.

Les informations de préventions pourront être communiqués au système SitGard afin de bénéficier de toutes les informations nécessaires au suivi de l'intervention. Le système SitGard pourra ainsi soutenir au mieux les interventions grâce à l'interconnexion des différents flux vidéos de l'intervention (ex : connexion avec les drones sur le terrain) pour bénéficier des analyses de suivi du feu.

STRUCTURES CONCERNÉES :





Les outils de MidGard permettent le stockage de toutes les données de prévention et d'intervention. L'anonymisation de ces données simplifie la constitution d'une base de données durable dans le temps permettant la création d'analyse ainsi que la réutilisation de ces données à des fins de RETEX ou de formation.

The screenshot displays the MidGard web interface. At the top left, there are logos for MIDGARD and SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours de la Savoie). The navigation bar includes 'Accueil' and 'Site de Salaunes'. On the right, there is a notification bell with a '2' badge, a search icon, and a user profile for 'Laurent Terramorsi' with initials 'LT'. Below the navigation, the page title is 'Site de Salaunes'. A menu bar contains 'Caméras de levée de doute', 'Alertes', 'Météos', 'Médias' (which is highlighted), and 'Statistiques'. A filter section shows a date range from '03/07/2021 15h21' to '05/07/2021 15h21'. The main content area is a grid of six camera images showing a mountainous landscape with a small village. Each image has a three-dot menu icon in the top right corner.

STRUCTURES CONCERNÉES :



GOS-STK 4 FIRE

Global Operational Surveillance-Solutions
& Tool Kit for FIRE

CONTACT



Fifamè KOUDOGBO
Chef de Projets - Télédétection

GOS-STK for FIRE est un ensemble de solutions et d'outils, interopérables, modulaires et évolutifs au service de la prévention, de la détection précoce, de l'alerte et du suivi des feux de forêts et des espaces naturels sur le territoire national.



La solution GOS-STK for FIRE repose aujourd'hui sur l'agrégation de briques technico-fonctionnelles développées par un consortium de société spécialisées dans leur domaine. Des objets connectés géolocalisés équipés de capteurs et disposés sur le terrain, mesurent automatiquement les conditions environnementales (Température, humidité, composition de l'air et sa teneur en COV, etc.), capturent des images (visibles ou thermiques) et analysent les informations acquises à partir d'algorithmes embarqués pour le déclenchement et la transmission d'une alerte de détection d'événement de feu. Leur rôle consiste d'une part à évaluer les risques et d'autre part à prévenir les parties prenantes en cas de feu naissant. Un réseau IoT local multi hop assure l'échange entre les objets connectés en réseau maillé, jusqu'à plusieurs passerelles autonomes multi canaux : réseau cellulaire 4G/5G, réseau LTE M1 et réseau satellitaire dédié à l'IoT. Quelques minutes après la réception de l'alerte par une plateforme centralisant et fusionnant les données, des drones autonomes se rendent sur la position critique afin de rendre compte de la situation en temps direct, via des images et des flux vidéo. En parallèle une demande d'acquisition d'image satellite de la zone est automatiquement réalisée afin d'obtenir rapidement une vue globale de la situation. L'analyse de la situation accessible via une plateforme collaborative de centralisation, d'analyse complémentaire des données et de dissémination des informations à des acteurs sur mobile et sur PC, permet aux parties prenantes d'engager les moyens ad-hoc en empruntant les meilleurs itinéraires proposés pour se rendre sur les lieux désignés, dans le but de se concentrer sur la circonscription des départs de feu. La prévention mais aussi la gestion de crise utilise cette plateforme qui se charge de collecter, stocker et analyser en temps réels toutes ces données en les fusionnant pour en extraire via de l'intelligence artificielle et des algorithmes standards de la valeur ajoutée pour la lutte contre les feux.

PARTENAIRES





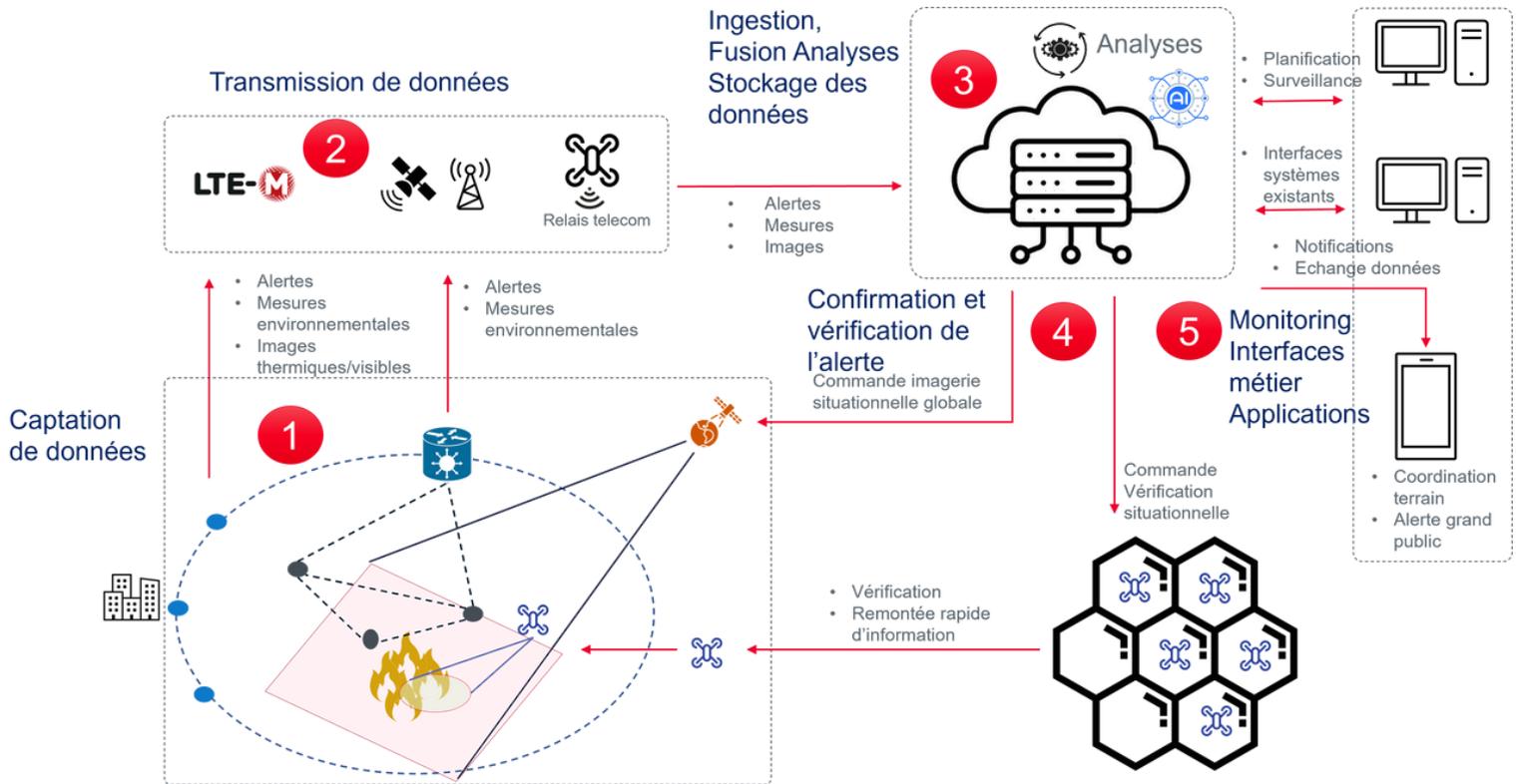
Le consortium propose plutôt différents modules permettant de répondre aux fonctionnalités 1 et 2.

1- Captation des données : les solutions proposées répondent aux briques 1a et 1b. Les vecteurs considérés vont des solutions terrestres (capteurs IoT dans boîtiers) à des solutions satellitaires (capteurs optiques, thermique IR ou radar à bord de satellites).

En zone périurbaine, des capteurs IoT et équipés de caméras optiques et thermiques permettent de surveiller des secteurs largement fréquentés. Sur les autres secteurs, d'autres réseaux IoT, moins coûteux, seront déployés. Ces capteurs seront conçus pour collecter des données sur les paramètres environnementaux tels que la température, l'humidité et les COVs. Ils réaliseront également une première analyse (Brique 1c) au sein du capteur dont le résultat sera envoyé en temps réel via les systèmes de transmission de données. De plus, à terme, la solution intégrera des drones à voilures fixes réalisant une cartographie en continu.

2-Transmission des données : pour répondre à la Brique 1d, les capteurs IoT GSR déployés seront mis en réseau local via la solution ORAMA-net, les mesures seront envoyées vers un terminal hybride connecté au réseau cellulaire 3G/4G quand disponible et/ou sinon via la constellation satellitaire Kinéis. Les capteurs SYLVIACARE réalisant des acquisitions d'images nécessitant plus de bande passante communiqueront leurs mesures et analyses via le réseau IoT LTE CAT-M1 permettant une transmission de données à des débits variables. Dans les zones où les infrastructures de communication sont endommagées, inexistantes ou indisponibles, la solution GOS-STK 4 FIRE, via son partenaire SCALIAN, met également à disposition un ensemble de drones pouvant être équipés de dispositifs de transmission pour devenir relais de communication entre les équipes sur le terrain et les centres de commandement.

La solution propose un ensemble d'outils et interfaces permettant de réaliser la détection et le suivi des feux, de jour comme de nuit (utilisation diurne et nocturne des drones, images thermiques et mesures continues des capteurs IoT etc.). Les solutions de captation de données et de surveillance (drones et satellites) sont déployables facilement sur de nombreux territoires dans le respect du cadre légal.



STRUCTURES CONCERNÉES :



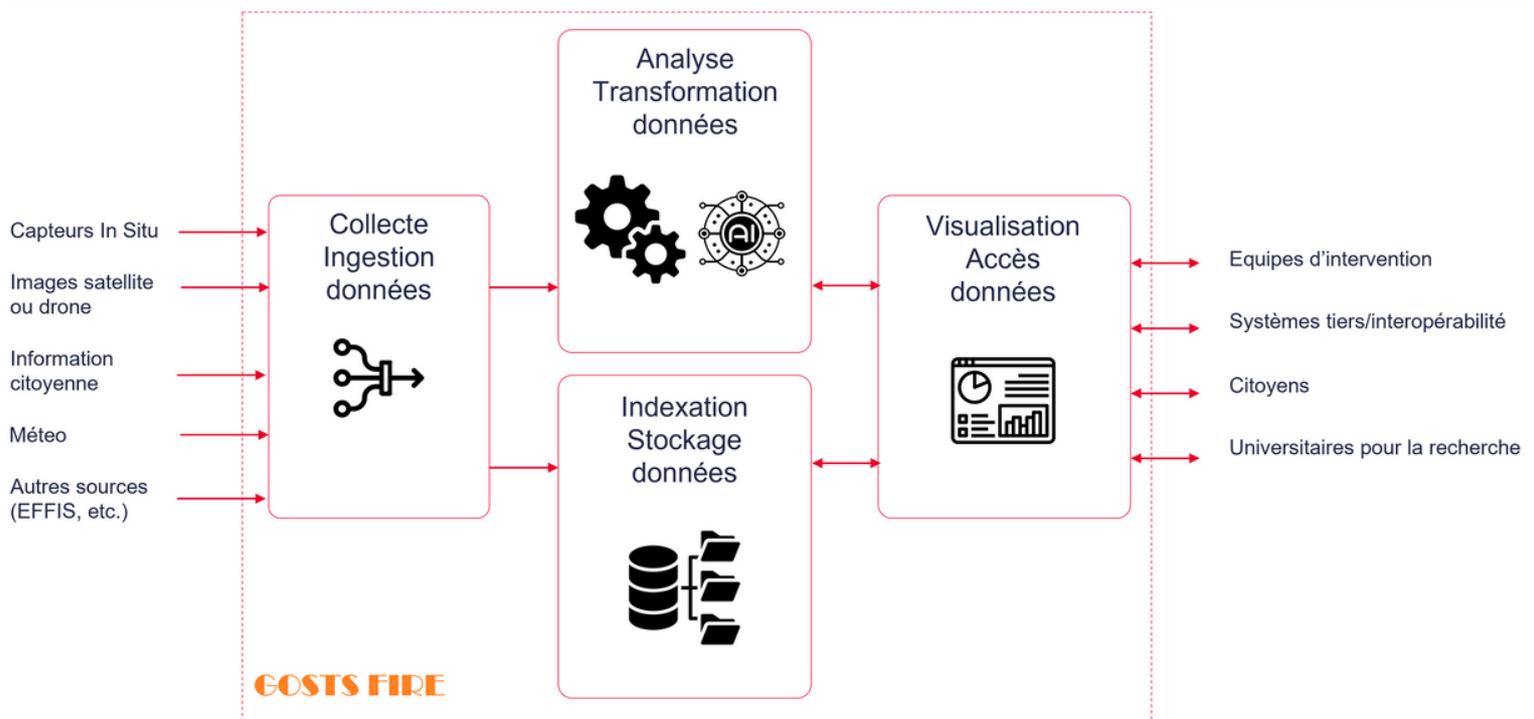


3 - Ingestion, fusion, analyse et stockage des données : en réponse à la Brique 2a et 2b, notre solution offre une plateforme évolutive d'aide à la décision de type SaaS (Software as a Service) hébergée sur une infrastructure cloud public ou pour des raisons sécurité sur un cloud privé. Cette plateforme collecte et ingère toutes les données venant des différents vecteurs (capteurs IoT, satellite, drone, informations citoyennes, autres sources de type EFFIS).

4 - Confirmation et vérification de l'alerte : pour confirmer les alertes ou les doutes levées, la plateforme déclenche automatiquement une prise de vue par satellite et/ou par drone grâce aux essaims de drones déployés à proximité des sites à surveiller :

- Imagerie satellitaire : du fait de l'urgence, la vérification situationnelle se fait à partir d'images acquises par des constellations commerciales du New Space, dans le domaine optique, radar ou thermique. Grâce au nombre élevé de satellites et la revisite améliorée, les délais de prise et fourniture d'images se trouvent réduit, permettant d'obtenir rapidement des informations sur la situation globale.
- Essaims drones : la solution EZ_CHains de Scalian permet de gérer le vol autonome d'un ou plusieurs drones, en essaim ou non. Il réduit la charge cognitive du pilotage et s'interface avec des drones du commerce (Ardupilot, PixHawk, Parrot...) afin de les rendre autonomes et collaboratifs.

5 - Présentation de la donnée et distribution : pour répondre à la Brique 2c, la plateforme offre un ensemble d'outils pour visualiser et manipuler la donnée via une interface web. Cette interface permet d'afficher les informations de façon géolocalisées et de voir l'évolution au cours du temps. La surveillance du ou des sites, ainsi que les activités de planification d'activités sur site (déploiement de capteurs, de troupes pour des exercices, etc.) peuvent être aussi réalisées à travers cet outil. Les alertes de détection précoce seront remontées à travers cette interface mais aussi envoyées par e-mail ou SMS. Une application mobile sera disponible pour transmettre et échanger des données avec les troupes déployées sur le terrain mais aussi pour réaliser une alerte au grand public.



STRUCTURES CONCERNÉS :



SCALIAN

InVIA

Info-veillance par IA



Electric Brain™

Prototypage Logiciel & Pilotage Technique

CONTACT

Thomas ROC

Directeur technique et co-gérant



L'info-veillance par Intelligence Artificielle (IA) consiste à réaliser une veille des réseaux sociaux en utilisant des méthodes issues du data mining, de l'analyse sémantique NLP (Natural Language Processing) et du deep learning. Cette méthode de détection et de surveillance des feux se compose de six grandes fonctionnalités :

- le filtrage sémantique et géographique
- l'ingestion et l'analyses de flux de texte
- la quantification du niveau d'alerte et de pertinence de la détection par IA
- la notification systématique des détections de départs de feux aux autorités compétentes
- le déclenchement du suivi du feu par les autorités compétentes
- l'amélioration continue grâce à l'"apprentissage par transfert"

Le déclenchement du suivi s'effectuera par le biais d'une application web de type SaaS (Software as a Service). La mise à disposition des données sera assurée par une API standard et sécurisée. L'architecture et le déploiement de ces services web et des bases de données de stockage seront conçus pour répondre aux impératifs de performance et de résilience d'une détection en temps réel et continue (24 heures/24, 7 jours/7).



La détection précoce des départs de feux est réalisée en appliquant, en continue (24h/24 et 7j/7), les 3 actions suivantes aux flux d'informations sous format texte issus des réseaux sociaux (ou "Stream") :

- Filtrer : les "Streams" sont filtrés selon des critères sémantiques (requête par mot clefs mais aussi pré-traitement des messages) et géographique (sur l'ensemble du territoire français selon les 5 zones définies S1, S2, S3, S4 et S5). Notez que seules les informations géolocalisées seront traitées.
- Ingérer : les "Streams" sont redirigés vers une infrastructure d'ingestion de données asynchrone et serverless. Cette architecture permet de répondre aux impératifs de performance et de résilience liés à l'analyse et au stockage de données de gros volume à flux variant et continue.
- Quantifier : la quantification du niveau d'alerte et de pertinence de la détection est réalisée par le biais d'analyses sémantiques utilisant des modèles IA pré-entraînés

Pour ce faire, nous préconisons de tester la solution sur un réseau social unique (Twitter) avant d'étendre le système à d'autres réseaux sociaux.

STRUCTURES CONCERNÉES :



Electric Brain™

Prototypage Logiciel & Pilotage Technique

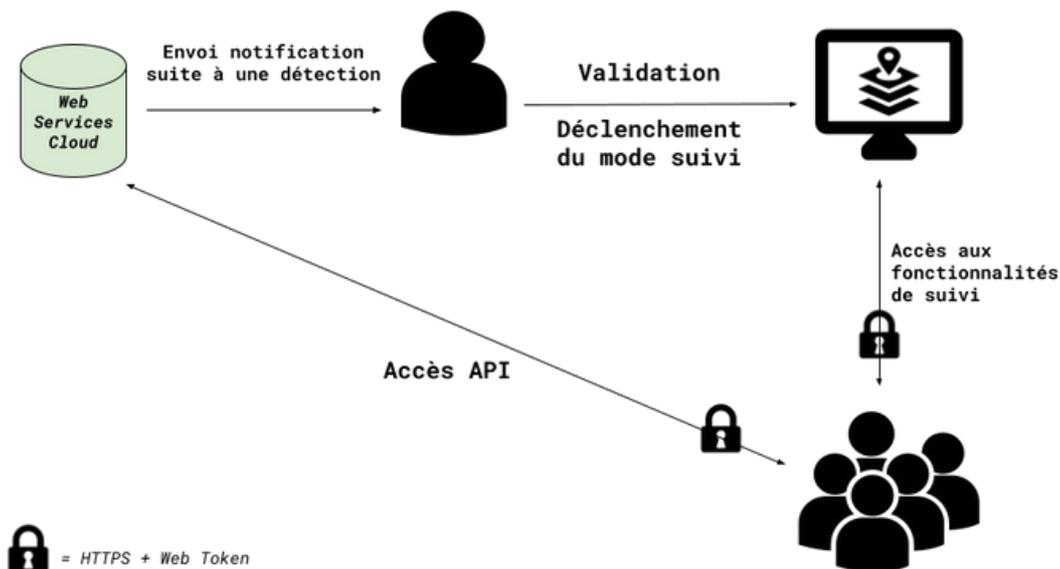


Suite à l'intégration et à l'interprétation d'un Stream, si une détection est effectuée, une notification est envoyée par e-mail et par sms aux utilisateurs. Les utilisateurs confirment, ou infirment, l'alerte en cliquant sur le lien contenu dans la notification. Si l'alerte est confirmée, le mode "suivi" est déclenché sur la zone d'alerte étendue. Notez que ces confirmations/infirmeries viendront alimenter la Base de Données (BdD) d'"apprentissage continu".

Ce retour des utilisateurs sera désigné ci-après comme l'"étape de validation". Une fois le mode "suivi" déclenché, plusieurs fonctionnalités deviennent accessibles aux utilisateurs via l'application web :

- Veille accrue sur une zone de 100 km² autour du point d'alerte
- Visualisation en temps réel des nouvelles informations liées au feu sur une carte interactive
- Partage et export des données de suivi
- Arrêt du suivi grâce à une interface web simplifiée

L'ensemble des données brutes et traitées sera accessible et requêtable par le biais de terminaisons HTTPS authentifiées via une API sécurisée et conforme aux normes OpenAPI 3.1. Cette interface programmable permettra une plus grande interopérabilité entre systèmes et services.



STRUCTURES CONCERNÉES :



Electric Brain™

Prototypage Logiciel & Pilotage Technique

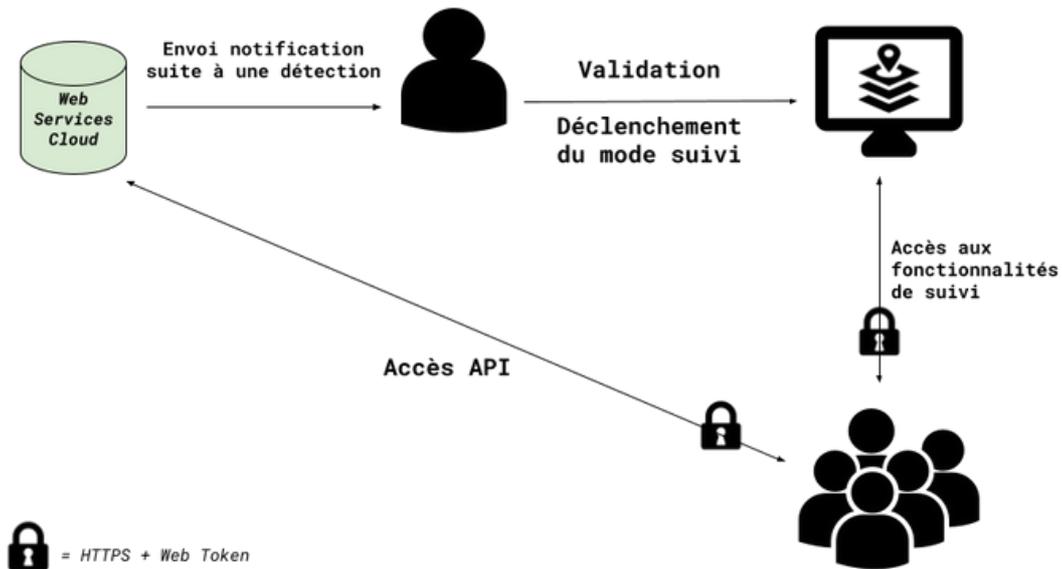


Suite à l'intégration et à l'interprétation d'un Stream, si une détection est effectuée, une notification est envoyée par e-mail et par sms aux utilisateurs. Les utilisateurs confirment, ou infirment, l'alerte en cliquant sur le lien contenu dans la notification. Si l'alerte est confirmée, le mode "suivi" est déclenché sur la zone d'alerte étendue. Notez que ces confirmations/infirmeries viendront alimenter la Base de Données (BdD) d'"apprentissage continu".

Ce retour des utilisateurs sera désigné ci-après comme l'"étape de validation". Une fois le mode "suivi" déclenché, plusieurs fonctionnalités deviennent accessibles aux utilisateurs via l'application web :

- Veille accrue sur une zone de 100 km² autour du point d'alerte
- Visualisation en temps réel des nouvelles informations liées au feu sur une carte interactive
- Partage et export des données de suivi
- Arrêt du suivi grâce à une interface web simplifiée

L'ensemble des données brutes et traitées sera accessible et requêtable par le biais de terminaisons HTTPS authentifiées via une API sécurisée et conforme aux normes OpenAPI 3.1. Cette interface programmable permettra une plus grande interopérabilité entre systèmes et services.



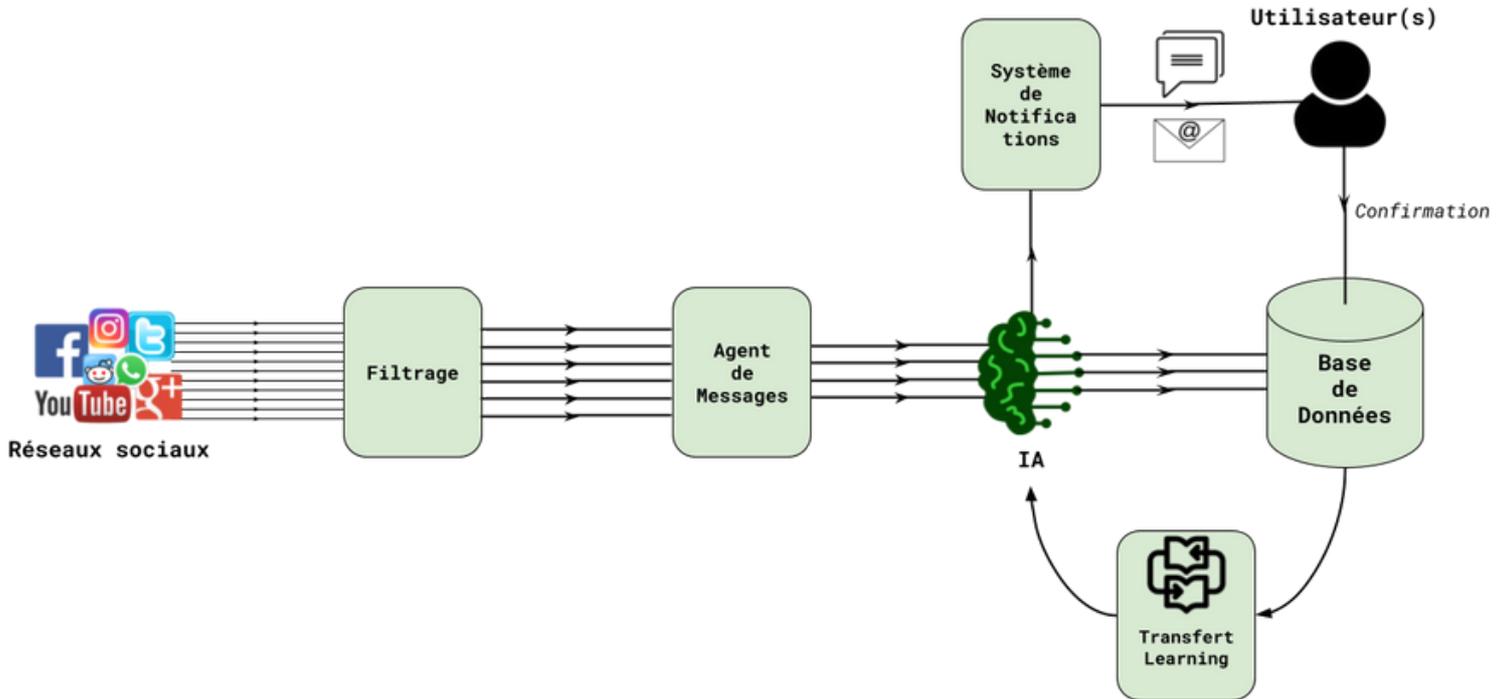
STRUCTURES CONCERNÉES :





Dans la phase d'ingestion de la partie F1, les "Streams" sont redirigés vers une infrastructure d'ingestion de données asynchrone et serverless. Cette architecture permet de répondre aux impératifs de performance et de résilience liés à l'analyse et au stockage de données de gros volume à flux variant et continue.

De plus, et afin de minimiser les impacts environnementaux et de maximiser l'acceptabilité sociétale de cette solution de détection de dépôts de feux, le choix des serveurs de déploiement s'est porté sur les serveurs Français de Google (cf. europe-west9) à faible empreinte carbone. Enfin, les données brutes collectées seront anonymisées pour assurer la protection des données personnelles des utilisateurs des réseaux sociaux.



STRUCTURES CONCERNÉES :



Electric Brain™

Prototypage Logiciel & Pilotage Technique

PROLIPSI-P

Solution complète de bout en bout pour la détection précoce, le suivi et la supervision des feux de forêt et des incendies

CONTACT

Gregory GOLF
Directeur Général Adjoint
Gregory.Golf@atem.com

Consortium de 11 sociétés proposant un ensemble de briques technologiques interfacées, novatrices et robustes, afin d'offrir une réponse fonctionnelle complète.



La solution intègre des briques technologiques, novatrices et robustes, interfacées pour offrir une réponse complète.

DETECTIONS DES FEUX QUASI INSTANTANEE (Moins de 5 mns)

Traitement des données brutes en temps réel sur un calculateur embarqué au plus près des capteurs pour réduire les temps de traitement et les communications. Deux modes de fonctionnement dans un même système : surveillance et levée de doute

>> Moyen aérien : Ballon EONEF – Drone BOREAL

>> Moyen terrestre : Station VDSYS

>> Capteurs embarqués : Boule optronique MERIO

>> Capteur terrestre : Boule optro. MERIO – Caméras longue portée SYT

PERTINENCE/FIABILITE DES ALERTES (Réd faux positifs) et PRECISION DU GEOREFERENCEMENT (Quelques mètres)

Algorithmes Deep Learning dans le calculateur embarqué complété par une station sol assurant le réapprentissage dynamique du réseau de neurones et la gestion en BdD. Le traitement Vidéo établit le géoréférencement, l'ortho-rectification et la projection pour la création des ortho-mosaïques

>> Calculateur embarqué, compression, interopérabilité VODEA VDSYS

>> Traitement embarquées vidéo + images MAGELLIUM – Images sat. LTU

PARTENAIRES





Pour le traitement des données, de leur transformation en vue de les rendre interopérable, de restitution et de leur suivi, PROLIPSI-P mets en place les solutions suivantes :

TRAITEMENT DE LA DONNEE

- Traitement photos satellitaires ou aériennes : LTU

Les algorithmes permettent de traiter des images de multiples sources dans de multiples bandes de fréquence. Le déploiement est rapide et les ressources informatiques 'frugales'.

La solution analyse de manière automatique l'ensemble des images pour détecter les changements et générer les alertes. Cette solution est particulièrement adaptée à l'analyse des images satellitaires.

- Traitement Videos / Photos : MAGELLIUM

La chaine de traitement envisagée (IA Deep learning, réseau de neurones) est capable de traiter toute information de type image ou vidéo. Elle s'appuie sur la maîtrise de la géométrie des capteurs et du modèle numérique de terrain, qui permet de produire en temps réel des ortho-images de très grande précision et de géolocaliser les éléments (front de flamme, points chauds) à quelques mètres.

TRANSFORMATION DE LA DONNEE EN VUE DE LA RENDRE INTEROPERABLE

- Calculateur embarqué : VODEA

Le calculateur embarqué FOCUS-AIM héberge les algorithmes de traitement d'image IA au plus près des capteurs. Il rend les flux d'observation interopérables et comprime les formats.

PRESENTATION DE LA DONNEE (DETECTION ET SUIVI) EN INTEROPERABILITE AVEC LES SYSTEMES D'ALERTE

- Supervision : ATEM

La plateforme dispose d'une console client durcie déployable sur le terrain.



STRUCTURES CONCERNÉES :





Pour le traitement des données, de leur transformation en vue de les rendre interopérable, de restitution et de leur suivi, PROLIPSI-P mets en place les solutions suivantes :

TRAITEMENT DE LA DONNEE

- Traitement photos satellitaires ou aériennes : LTU

Les algorithmes permettent de traiter des images de multiples sources dans de multiples bandes de fréquence. Le déploiement est rapide et les ressources informatiques 'frugales'.

La solution analyse de manière automatique l'ensemble des images pour détecter les changements et générer les alertes. Cette solution est particulièrement adaptée à l'analyse des images satellitaires.

- Traitement Videos / Photos : MAGELLIUM

La chaîne de traitement envisagée (IA Deep learning, réseau de neurones) est capable de traiter toute information de type image ou vidéo. Elle s'appuie sur la maîtrise de la géométrie des capteurs et du modèle numérique de terrain, qui permet de produire en temps réel des ortho-images de très grande précision et de géolocaliser les éléments (front de flamme, points chauds) à quelques mètres.

TRANSFORMATION DE LA DONNEE EN VUE DE LA RENDRE INTEROPERABLE

- Calculateur embarqué : VODEA

Le calculateur embarqué FOCUS-AIM héberge les algorithmes de traitement d'image IA au plus près des capteurs. Il rend les flux d'observation interopérables et comprime les formats.

PRESENTATION DE LA DONNEE (DETECTION ET SUIVI) EN INTEROPERABILITE AVEC LES SYSTEMES D'ALERTE

- Supervision : ATEM

La plateforme dispose d'une console client durcie déployable sur le terrain.



STRUCTURES CONCERNÉES :





La qualification de l'information, la levée de doute et l'activation du mode de suivi sont complètement intégrés dans le système PROLIPSI-P.

SUPERVISION : ATEM

En mode automatique, la supervision reçoit en temps réel et en permanence le statut des différents points d'observation.

En cas de déclenchement d'alerte, le système bascule automatiquement en mode les flux vidéos et les affiche sur la console de supervision. L'opérateur de service prend alors le contrôle manuel des stations d'observation. La levée de doute s'effectue alors avec l'analyse des images HD (compressées) obtenues par zoom sur la zone suspecte (analyse visuelle et IR pour validation des points chauds).

Les débits des communications sont alors ajustés en fonction des besoins :

- En mode suivi de mission : < 5 Kbit/s
- En mode levée de doute : < 300 Kbit/s
- En mode suivi de feu : < 300 Kbit/s

En cas de besoin, une mission drone est déclenchée pour une observation au plus proche de l'évènement.

Au cours de la mission, le système confirme ou non le départ de feux et déterminer précisément l'étendue du front de feu, sa superficie et la position des points chauds.

MOYEN AERIEN - DRONE : BOREAL

Dans le projet PROLIPSI-P le drone est doté d'une boule optronique MERIO. Le système de traitement des données brutes est intégré à la station sol afin d'alléger les volumes de communication vers le centre de commandement.

Le drone renforce ainsi un maillage terrain et peut intervenir en surveillance/détection. Il est en capacités de voler la nuit pour suivre l'évolution des feux la nuit.

STATION TERRESTRE / BOULE OPTRONIC : VDSYS - MERIO - SYT

Les caméras sont toutes télé-opérable et dotées d'une rotation $-180^{\circ}/+180^{\circ}$. Leurs capacités autorise des zooms importants (x30) sur les zones critiques.

- Une fois traitées, les informations produites génèrent soit une remontée d'alertes qualifiées, soit un flux vidéo pour analyse et levée de doute à distance.



STRUCTURES CONCERNÉES :



Pyronear

CONTACT

PYR  NEAR

Mateo LOSTANLEN
co-fondateur

Pyronear est une association loi 1901 à but non lucratif qui a pour but de démocratiser des solutions technologiques sobres et ouvertes de lutte contre les incendies de forêts.



Pour cela, nous co-construisons une solution open source de détection précoce, performante, automatique, énergétiquement sobre et économique des départs de feux dans les espaces naturels.

Plus concrètement Pyronear permet à tous les acteurs souhaitant contribuer à la lutte contre les feux de forêt de mettre à profit leurs expertises en créant des outils open source de manière collaborative. Nous pensons que l'intelligence collective est la meilleure façon de résoudre un problème complexe.

Nous proposons actuellement une solution de détection précoce de feux de forêts, mais nous travaillons également à la création d'un score de risque incendie et d'un modèle de propagation.

La solution Pyronear se compose actuellement de trois briques modulables, les stations de détection, notre api et notre plateforme.

Les stations de détection Pyronear se composent de 4 caméras haute résolution pour une couverture à 360° et d'un micro ordinateur qui capture une image par caméra à intervalle régulier puis l'analyse localement à l'aide de notre modèle d'intelligence artificielle de détection diurne de feux. En cas de détection, le mode alerte est activé, toutes les images provenant de la caméra ayant détecté le feu sont alors envoyées à notre base de données via notre api, le protocole de communication que nous avons développé. Finalement les alertes peuvent être visualisées en temps réel en utilisant la plateforme sur laquelle les images correspondant à l'alerte sont affichées afin de permettre aux pompiers de confirmer la présence d'un feu avant intervention. Le faible coût de nos stations facilite une couverture importante du territoire, en couvrant toutes les zones par au moins deux tours nous sommes capable de localiser le feu par triangulation.





Nos stations de détection captent des images de la zone à surveiller de façon continue, ce qui nous permet de répondre à la fonctionnalité 1b. Ces données sont analysées localement sur la station ce qui remplit la fonctionnalité 1c et les données des alertes sont transférées via notre api ce qui répond à la fonctionnalité 1d.

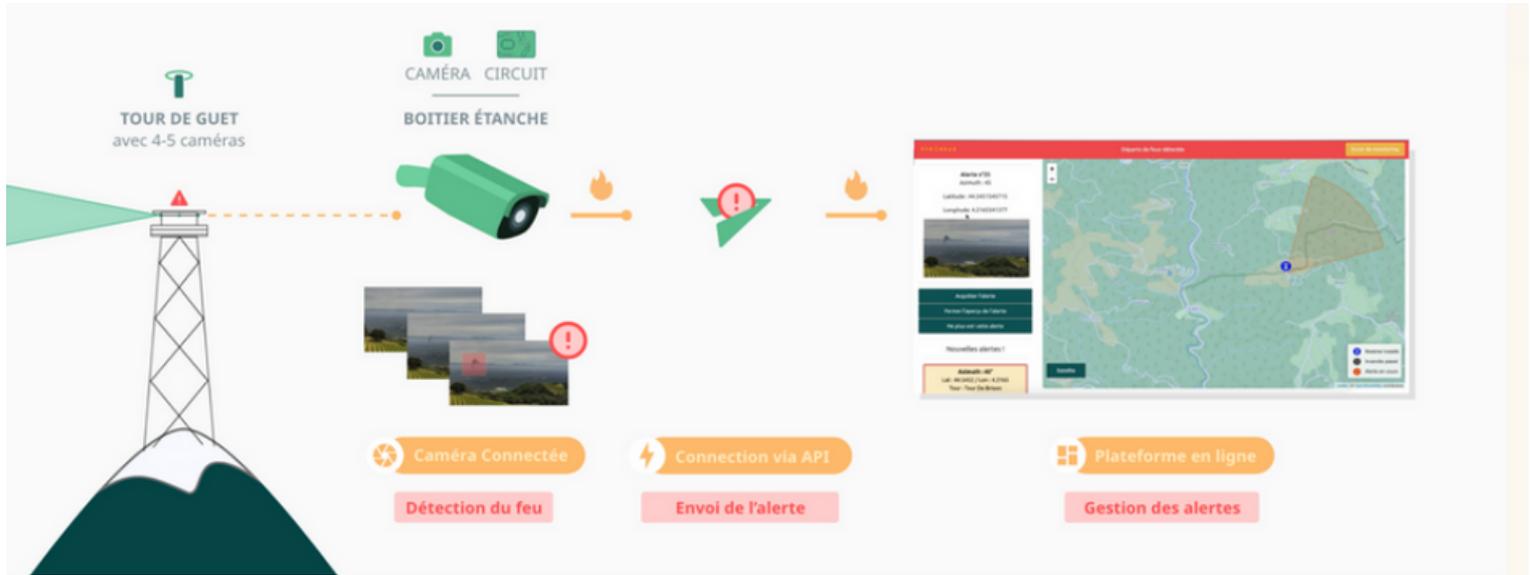


STRUCTURES CONCERNÉES :

P Y R  N E A R



Nous ne réalisons pas de suivi du feu car nous ne sommes pas capable de localiser le front de feu, la superficie brûlée, les sauts de feux ou les points chauds. Mais notre solution permet le traitement, la transformation et la présentation de la donnée de détection. Une fois un départ de feu détecté par analyse des images captées (2a) nous transformons la donnée (2b) dans un format standardisé à l'aide de notre api afin de la faire remonter à notre plateforme pour présentation (2c).

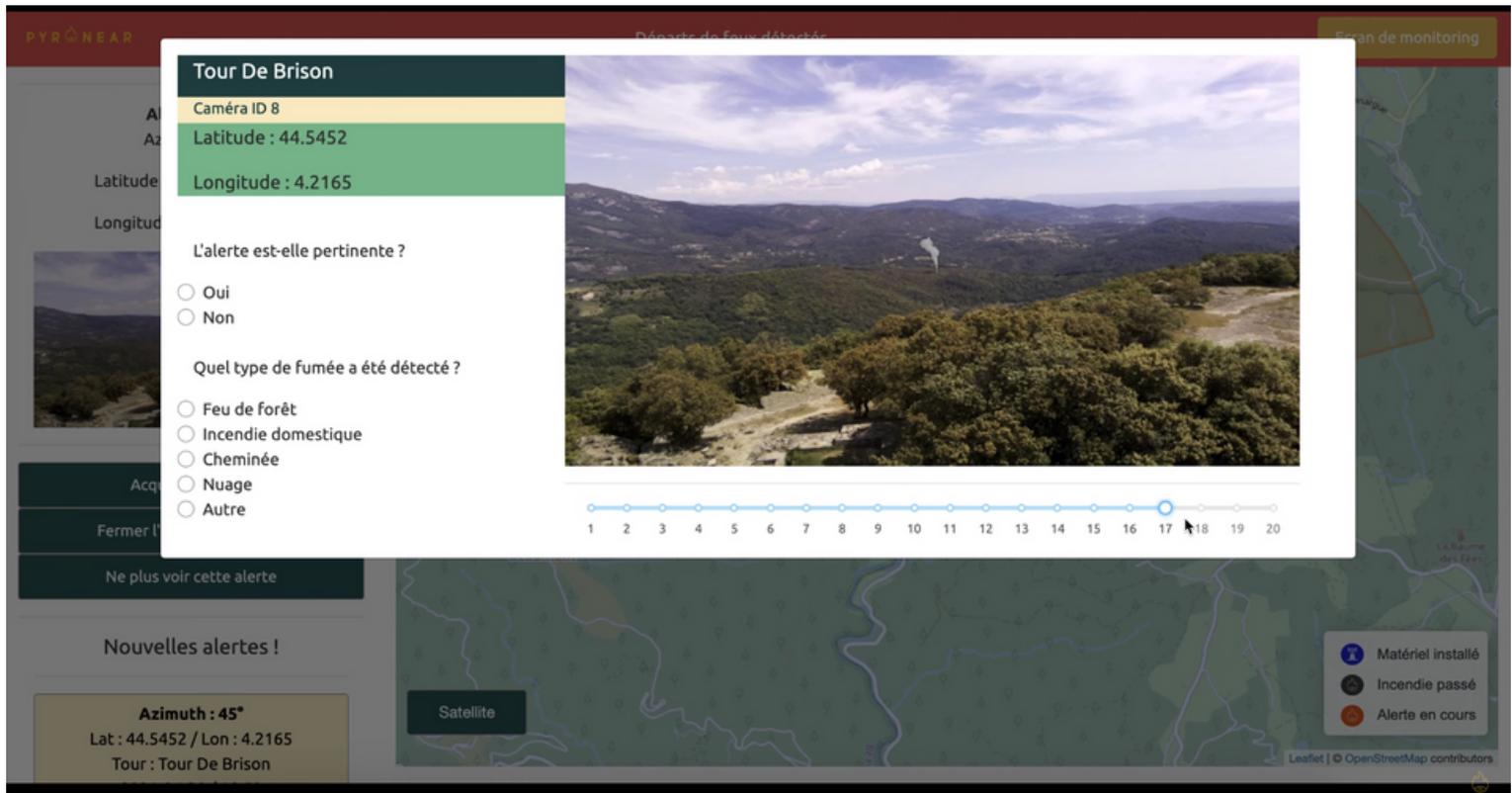


STRUCTURES CONCERNÉES :

PYR  NEAR



La plateforme Pyronear permet d'effectuer la lever doute par un observateur (3a).



STRUCTURES CONCERNÉES :

P Y R  N E A R



L'ensemble des données transmises via l'api Pyronear est stocké automatiquement dans nos bases de données. Les serveurs cloud sont localisés en France et opérés par une entreprise française.

Nous enregistrons également une image par heure et par caméra pour faire grandir le jeu de données.

Nous encourageons la construction de dataset ouvert afin d'enrichir et améliorer les algorithmes de détection. Sous réserve d'un accord avec l'acteur chez qui nous déployons et un traitement d'anonymisation de la donnée (afin de respecter la vie privée et RGPD), nous avons pour objectif de partager ces données collectées en open data et favoriser l'écosystème de R&D. Dans tous les cas, les données collectées sont accessibles à la demande par leurs propriétaires.



DATABASE



STRUCTURES CONCERNÉES :

P Y R  N E A R

SYLVANS

Système de détection et de suivi intégrant satellites,
caméras thermiques et application participative



CONTACT

Michel BENET
Président

Diginove, Orbital Solution Monaco, ACRI-ST et Orange ont constitué un consortium pour proposer un système de détection et de suivi des feux de forêts, appelé SYLVANS.



Ce système utilise des satellites, des caméras thermiques sur mat et une application participative pour la détection, la levée de doute et le suivi des incendies. Une constellation virtuelle de satellites (OSMIR opérée par OSM), intégrant un capteur IR, est utilisée pour le suivi quelle que soit la couverture nuageuse, elle est progressivement déployée dès 2025. Elle pourrait être complétée par earthLive (OSM et Thalès), un satellite géostationnaire embarquant un télescope, pour la détection rapide et le suivi, opérationnel dès 2027. Cette option n'est pas aujourd'hui intégrée à cette offre.

Les satellites permettent la couverture de tout le territoire France et Corse. Le segment sol et les traitements d'image sont réalisés par ACRI-ST et DIGINOVE.

Le déploiement de caméras thermiques (Orange) et l'application participative (ACRI-ST) permettent un rapide déploiement d'une solution complète pour la détection, le suivi et la levée de doute.

La supervision de l'ensemble et l'intégration sont réalisées sur une plateforme cloud souverain d'Orange qui héberge également la fonction d'historisation (DIGINOVE).



PARTENAIRES



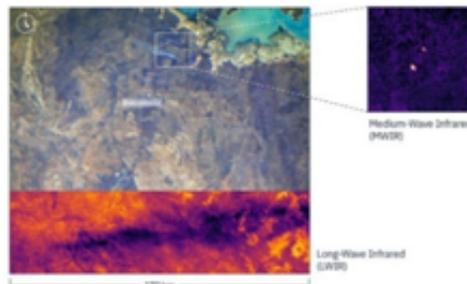
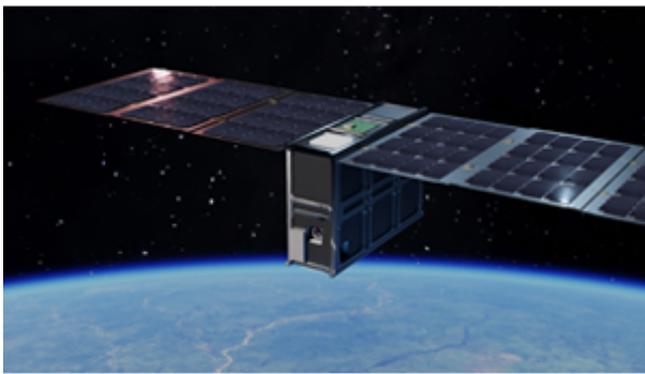


La solution constellation (OSMIR), en constellation virtuelle, haute revisite, multi-spectrale IR. La constellation virtuelle sera composée des satellites OSMIR fabriqués en propre par OSM, acquisitions jour & nuit, quelle que soit la couverture nuageuse. Le système est spécialisé dans le suivi des feux de forêt grâce à sa combinaison de bandes spectrales IR et du GPU embarqué de prétraitement des données afin d'optimiser le flux temps réel par modem inter-satellitaire vers une seule station au sol. Les traitements d'image sont réalisés par DIGINOVE. Afin de détecter le départ d'un feu de forêt, Orange propose une technologie de captation vidéo : thermique et optique. Elles opèrent une veille incendie via une rotation 360° permanente. Elles permettent donc la détection, la levée de doute et le suivi. Le spectre visible est utilisé pour la détection des fumées et le capteur thermographique permet de caractériser l'élévation de température. Le modèle d'IA embarqué permet de valider la détection par la fusion des deux types d'information. L'analyse réalisée localement permet d'augmenter la rapidité de réponse et également de limiter la bande passante réseau. L'équipement vidéo intègre également un laser Infrarouge capable de projeter une lumière IR sur une très longue distance et ainsi éclairer la zone d'intérêt la nuit pour le capteur visible. Enfin, ACRI-ST propose une application mobile (smartphone, tablette) agrégeant les observations terrains avec les données environnementales contextuelles.

Cette application permet :

- La remonté d'information sur les départs et l'extension de feu (l'utilisateur prend des photos pour la détection et la levée de doute – la position de l'observateur ainsi que la direction dans laquelle la photo est prise permet une triangulation pour la localisation rapide du départ.
- La communication vers les personnes présentes sur zone pour confirmer un feu ou pour signaler le danger.

D'autres usages peuvent être intégrés à l'application comme la remontée des informations sur l'état de la végétation, le débroussaillage, les conditions d'entrée dans un massif, ... Ceci est important pour que les utilisateurs aient déjà téléchargé l'application et en maîtrisent l'usage. La déclaration de feux devient alors un usage complémentaire.



Bushfires in Queensland, Australia, were detected by ESA's Sentinel-2 satellite on May 24th, 2019. The image shows a comparison between the satellite's three main instruments, all with a swath of about 170km. The smoke plumes of the fire can be seen in the visible channel, whereas the MIRS channel tracks the precise heat signatures of the fires. The LIRS channel inserted in the lower part of the image allows for accurate ambient temperature measurement.



STRUCTURES CONCERNÉES :



- L'objectif de la plateforme d'orchestration est de :
- Collecter les alertes et données des sous-systèmes sources (satellites, caméras, application citoyenne),
- Agréger ces alertes et données complémentaires afin de construire une image complète de l'incendie et de son évolution,
- Gérer les interactions des pompiers avec les caméras et l'application participative,
- Synchroniser les actions au sein d'un plan de réponse prédéfini, par ex. la levée de doute, le passage en mode suivi du feu, les informations à historiser,
- Transférer ces données et alertes vers un ou plusieurs systèmes tiers (NexSIS, Crimson par ex.).

À chaque source de données est associée une unité ou couche qui permet d'individualiser l'acquisition et le traitement des données et la génération d'alerte. Chaque alerte est associée à un plan de réponse et une politique de communication avec un système tiers.

Le plateforme de services est modulable et évolutive afin de pouvoir intégrer d'éventuelles autres sources d'informations : earthLIVE, Live Objects pour IoT Lora ou lwm2m, autres capteurs aéronef ou drones.

Il est basé sur le Cloud public d'Orange Flexible Engine qui permet de gérer, optimiser et transformer facilement les applications client avec une large gamme de services allant du Bare Metal aux solutions de Machine Learning et DevOps. Pour répondre au mieux aux exigences de sécurité et d'intégrité des données, notre proposition est basée sur une plateforme Cloud intégrant des solutions de stockage de données souveraines (cloud souverain Orange, sécurisé par Orange CyberDefense). Dans le cas où il serait demandé la certification niveau « SecNumCloud » (de l'ANSSI), nous nous appuyerons sur une offre de cloud Orange (Cloud Avenue).

Les services Flexible Engine pour ce projet fournissent des services IaaS (Infrastructure as a Service) et PaaS (Platform as a Service), continuellement enrichis. Ils garantissent la protection des données des utilisateurs, et ont reçu les labels les plus élevés en matière de sécurité et de services cloud. Ils sont hébergés dans des Data Centers en France et en Europe.

Flexible Engine

80+
Services & fonctionnalités

Intégrés dans **8** Solutions

- Migration vers le cloud
- Sauvegarde & archivage
- Connectivité & sécurité
- Diffusion de contenu média
- Web & mobile DevOps
- Big data & Enterprise Intelligence
- Calcul haute performance
- Internet des objets

Une plateforme en constante évolution

- 2 100 domaines clients
- 500k vCPU
- 99,998% de disponibilité compute en 2021
- ISO 9001, 27001, 27017, 27018

... adaptée aux enjeux clients

- Open source : construit sur Openstack
- Orange Cyber Défense : sécurise le cloud
- Facilitateur d'innovations : IA, Big Data, CaaS
- RGPD : conformité européenne

STRUCTURES CONCERNÉES :





Afin de détecter le départ d'un feu de forêt, Orange propose une technologie bi spectrale de captation vidéo : thermique et optique. Les caméras embarquent des modèles d'IA. Elles opèrent une veille incendie via une rotation 360° permanente. Elles permettent donc la détection, la levée de doute et le suivi.

Le spectre visible est utilisé pour la détection des fumées et le capteur thermographique permet de caractériser l'élévation de température. Le modèle de traitement permet de valider la détection par la fusion des deux types d'information. L'analyse réalisée localement permet d'augmenter la rapidité de réponse et également de limiter la bande passante réseau. L'équipement vidéo embarque également un laser Infrarouge capable de projeter une lumière IR sur une très longue distance et ainsi éclairer la zone d'intérêt la nuit pour le capteur visible.

Toutes les alertes créées sont ensuite transmises à l'hyperviseur pour consolidation avec les réponses des autres capteurs. Sont transmis par l'alerte, la zone GPS du feu et les données brutes du capteur.

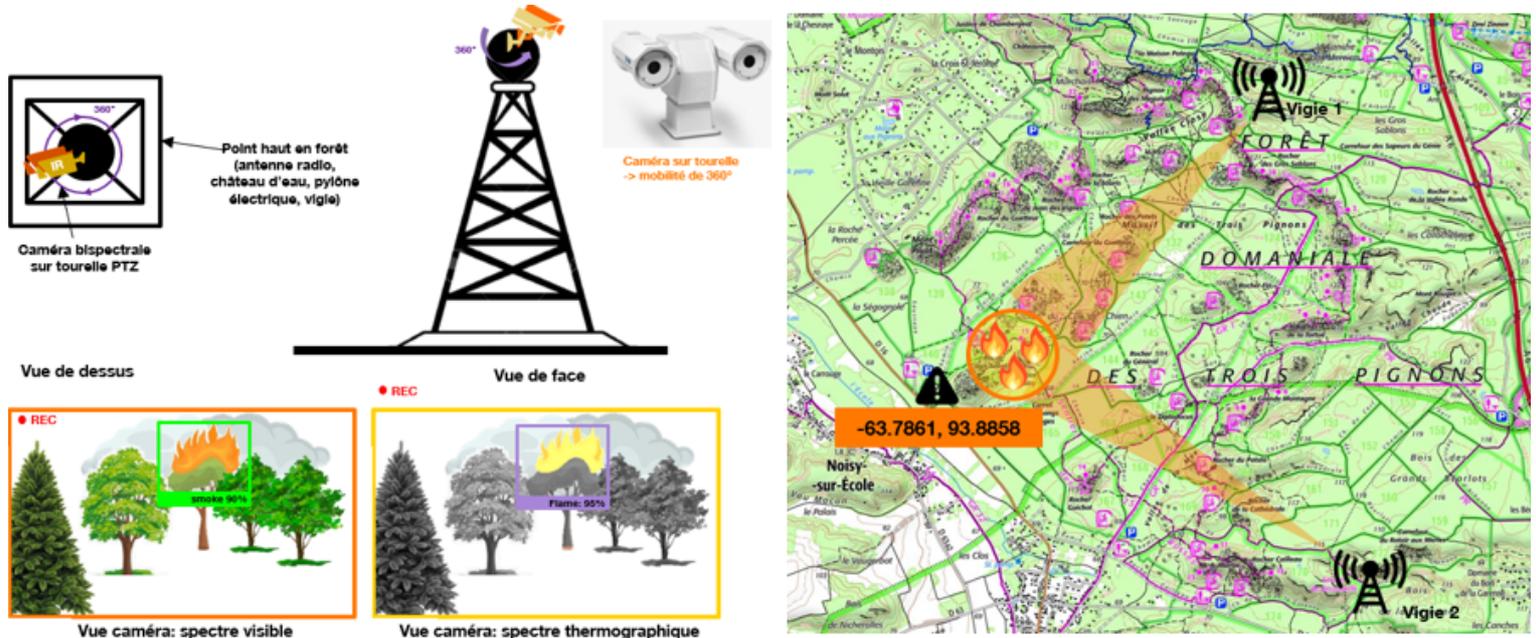
Les caméras permettent la levée de doute en ayant accès au flux live via une connexion distante à la caméra. L'opérateur vidéo peut donc consulter la vidéo temps réel, prendre le contrôle de la caméra PTZ et cibler directement la zone identifiée préalablement.

De plus, ACRI-ST propose une application mobile (smartphone, tablette) agrégeant les observations terrains avec les données environnementales contextuelles.

Cette application permet plusieurs usages :

- La remonté d'information sur les départs et l'extension de feu (l'utilisateur prend des photos pour la détection et la levée de doute – la position de l'observateur ainsi que la direction dans laquelle la photo est prise permet une triangulation pour la localisation rapide du départ.
- La communication vers les personnes présentes sur zone pour confirmer un feu ou pour signaler le danger.

D'autres usages peuvent être intégrés à l'application comme la remontée des informations sur l'état de la végétation, le débroussaillage, les conditions d'entrée dans un massif, ... Ceci est important pour que les utilisateurs aient déjà téléchargé l'application et en maîtrisent l'usage. La déclaration de feux devient alors un usage complémentaire.



STRUCTURES CONCERNÉES :

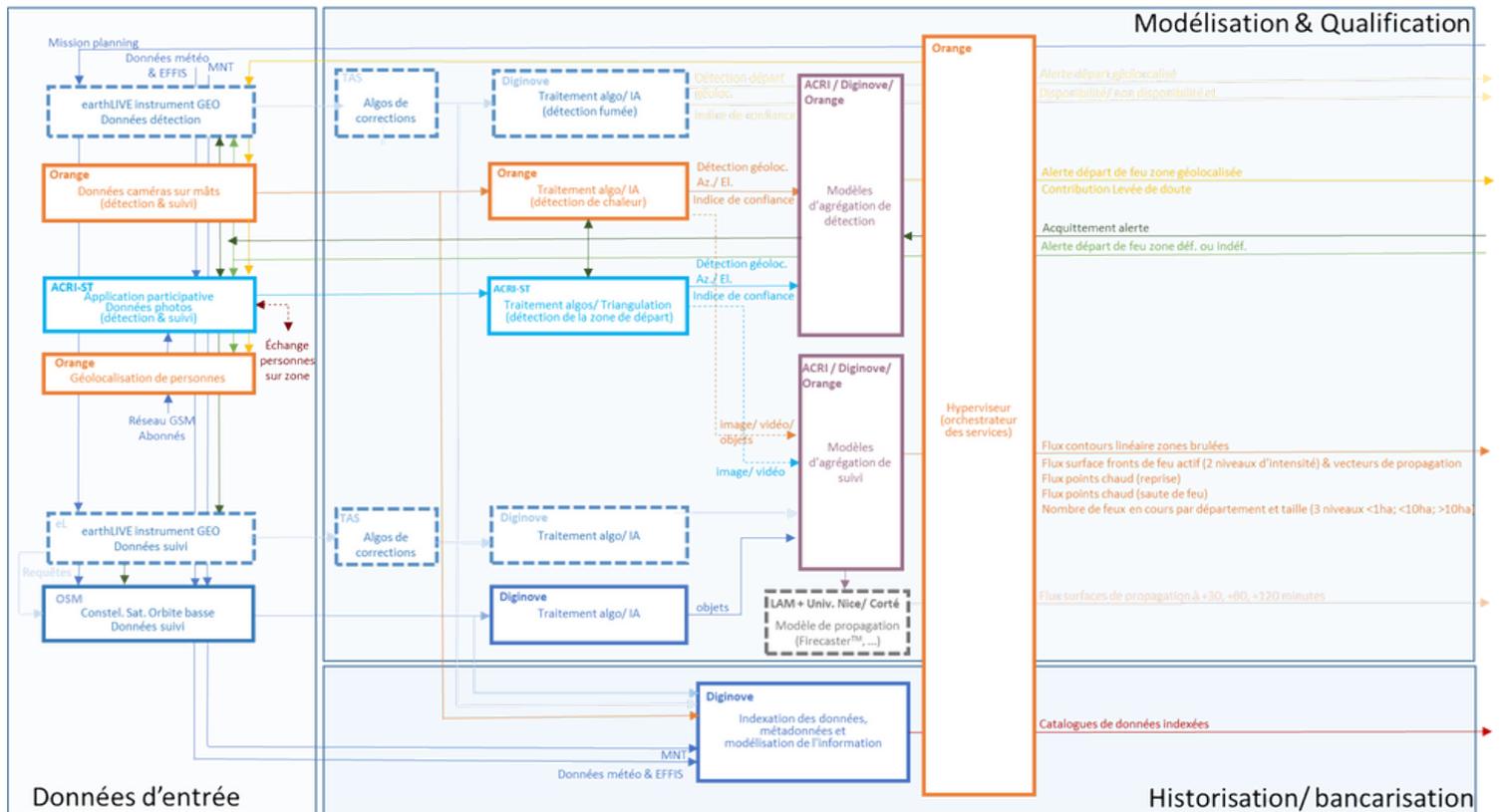




L'objectif de la fonction est dans un premier temps de structurer et constituer une base de données à même de pouvoir intégrer toutes les informations relatives aux feux de forêt :

1. Situation au moment du départ de feu : données géographiques (occupation du sol, type de végétation, modèle numérique de terrain), données de population, données météo, images satellites ou photos aérienne (par ex. LIDAR HD), classifications de la zone et des risques (EFFIS, CCI)
2. Données relatives au départ du feu pour l'alerte et pour la levée de doute (date, moyen(s) et données de détection (témoignages, photos, données capteurs, image sat.)
3. Données relatives au suivi pour les fronts de feu, points chauds et sautes de feu (localisation, géométrie, vitesse et intensité)
4. Les informations de synthèse à l'issue du feu concernant les impacts sur la végétation (surface brûlée), les habitations et les infrastructures, ainsi que d'éventuels documents ou données sur les moyens déployés, les mesures prises et le retour d'expérience.

Toutes ces informations sont consultables et téléchargeables, à la demande, via des documents, des graphiques et des visualisations cartographiques disponibles sur le serveur d'historisation et en utilisant des accès standard selon les normes WMS et WFS, pour être intégrées par exemple dans des systèmes d'informations géographiques.



STRUCTURES CONCERNÉES :



DRS Thales

Thales DRS System

CONTACT

THALES

Lionel LE CLÉÏ
VP - Adv. Business Development
lionel.leclei@thalesgroup.com

Une solution DRS Thales système, centrée sur une plateforme digitale SDP « Smart Digital Platform » qui agrège un grand nombre de capteurs hétérogènes pour extraire et identifier grâce à l'IA les départs de feu quelle que soit la configuration terrain.



Avec le système DRS Thales, conforme à la législation française en vigueur et les systèmes existants, les équipes de secours sauront détecter un départ de feu en moins de 5mn. Au centre de la solution, une plateforme digitale, la SDP, qui agrège un grand nombre de capteurs hétérogènes (capteurs déjà déployés, satellite, ballon stratosphérique, drones, vigi aérienne et capteurs au sol). Le traitement IA des données extraites assure l'identification et la géolocalisation des départs de feu en quasi-temps réel, quelle que soit la configuration terrain avec un suivi temps réel de la situation.

DRS Thales est constitué de plusieurs sous-systèmes :

- Une composante **spatiale d'observation (Earthlive)**,
- une composante stratosphérique (**ballon Stratobus**),
- un sous-système **drone léger longue élévation THALES UAS100** d'observation pour confirmer le départ de feu et son suivi dans le temps. Ce sous-système de très haute sûreté de fonctionnement, certifié pour le survol des zones habitées, s'inscrit dans l'espace aérien dense. Il a la capacité de communiquer avec les hélicoptères, les Canadiens et le segment sol,
- un sous-système IA d'extraction des images / vidéos issues des différents vecteurs pour identifier et géolocaliser en temps réel les départs de feu ,
- un sous-système « **Smart Digital Plateforme** » SDP capable d'agréger un grand nombre de capteurs (vecteurs ci-dessus mais également d'autres sources comme guets, citoyens, ballons captifs, vues aériennes, capteurs de chaleur, météo...) pour un traitement quasi temps réel. Ces informations sont visualisées via une application cartographique,
- une offre globale de services est également proposée pour **intégrer les sous-systèmes dans l'environnement existant de la sécurité civile** tout en garantissant la confidentialité et l'intégrité des données.

PARTENAIRES

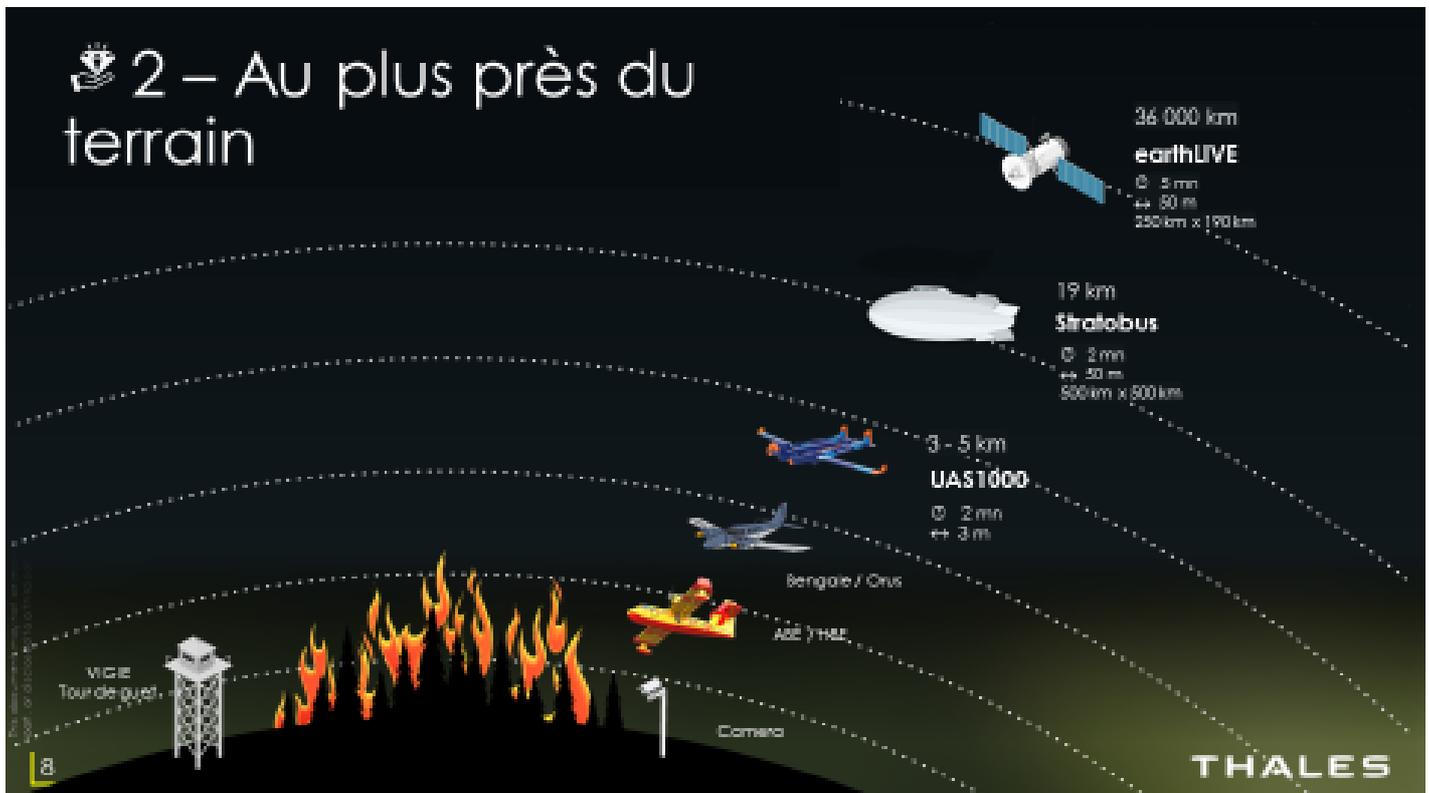
ThalesAlenia
a Thales / Leonardo company *Space*

THALES AVS **THALES SIX**



L'effet global voulu de la solution, à terme, est un effet zoom qui part d'une vision haute depuis l'espace jusqu'au terrain avec un suivi temps réel de la situation orchestré par la plateforme Digitale SDP. La phase de captation systématisée et continue dans le temps des données brutes de feux de forêt et d'espaces naturels est proposée par l'utilisation des sous-systèmes sol, air et spatial, une reconnaissance par le segment spatial pour confirmation et un suivi par les sous-systèmes sol et air:

- **TRL3 – TRL7 Une composante spatiale (Earthlive)**, un télescope embarqué en tant que charge utile additionnelle sur un satellite de télécommunication en orbite géostationnaire,
- TRL6 un sous-système **Stratobus** (zone de 400 km de diamètre) permanent assure une détection quasi-immédiate d'un départ de feu grâce aux détecteurs IR embarqués, relayés par le datalink qui retransmet les images et données vers le centre de traitement,
- TRL-6 / TRL-8 Un sous-système **drone léger longue élongation THALES UAS100** d'observation pour détecter le départ de feu et sa progression dans le temps. Ce sous-système de très haute sûreté de fonctionnement (propulsion hybride en thermique et électrique), certifié pour le survol des zones habitées (15 000 hab/km²), s'inscrit dans l'espace aérien dense et a une capacité d'échange et d'interaction avec les hélicoptères, les Canadairs et le segment sol.
 - Déploiement en moins de 20' (6m70 d'envergure /poids 100 kg/ charge utile de 10kgs)
 - automatisation du vol et free route pour une re-planification du vol en cours de mission
 - **distance supérieure à 100kms** avec une **endurance d'au moins 6h** et une vitesse nominale de 100 km/h,
 - **vol basse altitude** (100m) jusqu'à FL100 (ie 10 000 pieds),
 - Une autorisation de déploiement sans préavis (ou très court),
 - Une **liaison de données longue portée (100kms)**, protégée (SAL2) et antibrouillage GNSS.
- TRL4 / TRL7 Les traitements sont réalisés en **quasi-temps réel à bord** des vecteurs et sur une **plateforme de services dans le cloud**.



STRUCTURES CONCERNÉES :

THALES

ThalesAlenia
a Thales / Leonardo company
Space

THALES AVS

THALES SIX



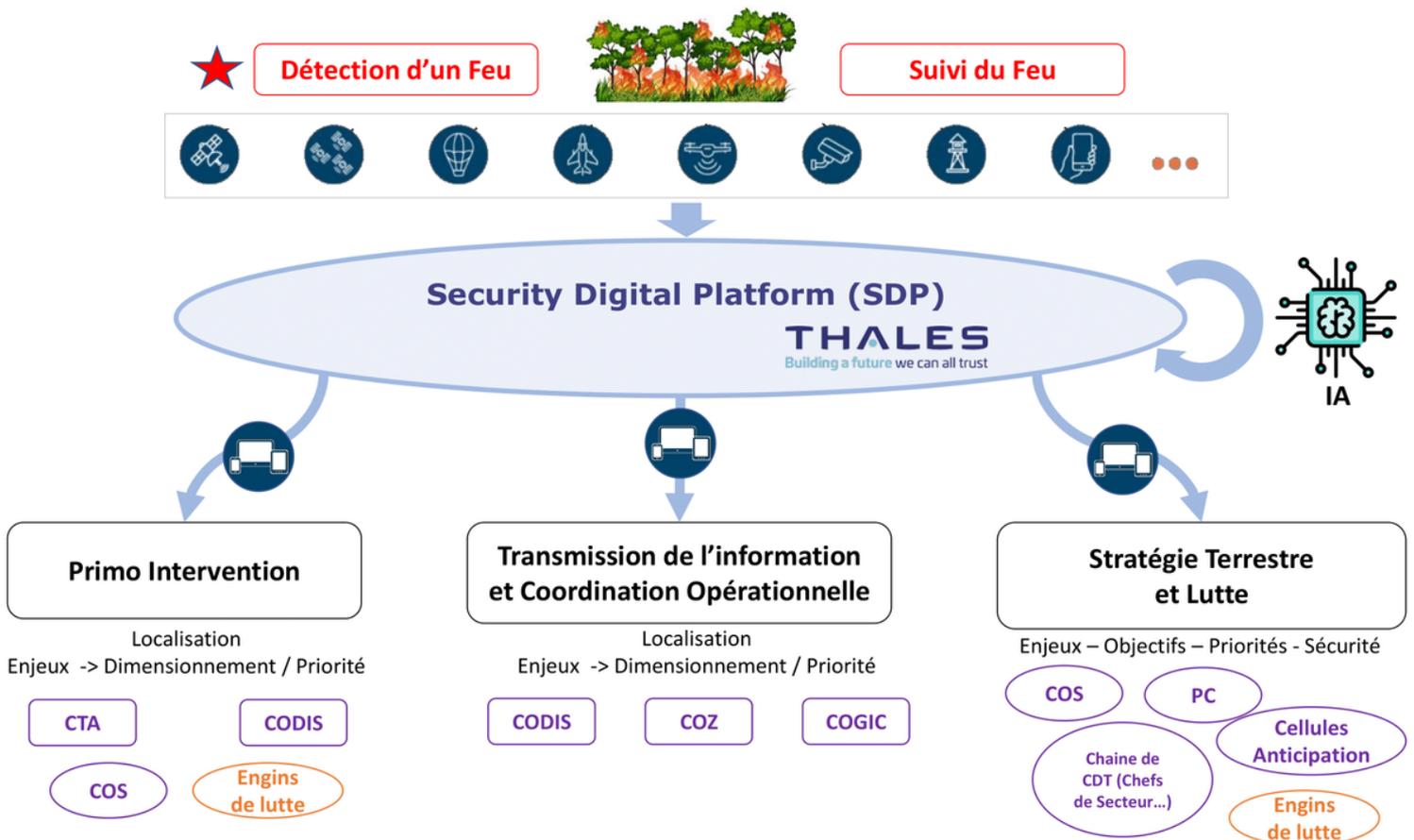
Lors de la détection d'un départ de feu, une alerte est envoyée au CODIS (Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours) depuis la plateforme Digitale SDP, soit par email, soit directement sur sa carte d'alerte.

L'opérateur du CODIS acquitte l'alerte, puis coordonne la levée de doute grâce au pointage automatique des caméras existantes sur la zone, à l'envoi d'une patrouille de surveillance ou du drone UAS100 et en fonction des appels téléphoniques reçus. Si le feu est confirmé, l'alerte est validée et le COS (Commandant des Opérations de Secours) démarre l'intervention avec son équipe.

Au niveau opérationnel, la SDP fournit le suivi des fronts de feu au COS déployé sur le terrain, sur sa tablette et dans son Poste de Commandement. Ces informations enrichissent la situation tactique par différentes couches de flux: contour du feu, directions et vitesses des fronts actifs, points chauds, visualisés sur la carte de situation opérationnelle partagée.

La propagation possible à 30, 60, 120 minutes est calculée par un modèle de propagation de feu (par exemple FireCasterTM ou WRF-fire). Par ces informations partagées, le CODIS assure le suivi opérationnel en support au COS, anticipe ses besoins de moyens aériens et au sol et reporte au DOS (Directeur des Opérations de Secours, le Maire ou le Préfet).

Au niveau stratégique, la SDP fournit la vision globale de situation départementale au DOS, de zone de défense au COZ (Centre Opérationnel de Zone) et nationale au COGIC (Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle des Crises) : la SDP fournit le nombre de feux en cours, par département et par importance, ainsi que la capacité à zoomer sur une zone géographique spécifique et accéder aux informations de suivi détaillé d'un feu.



STRUCTURES CONCERNÉES :




THALES AVS

THALES SIX

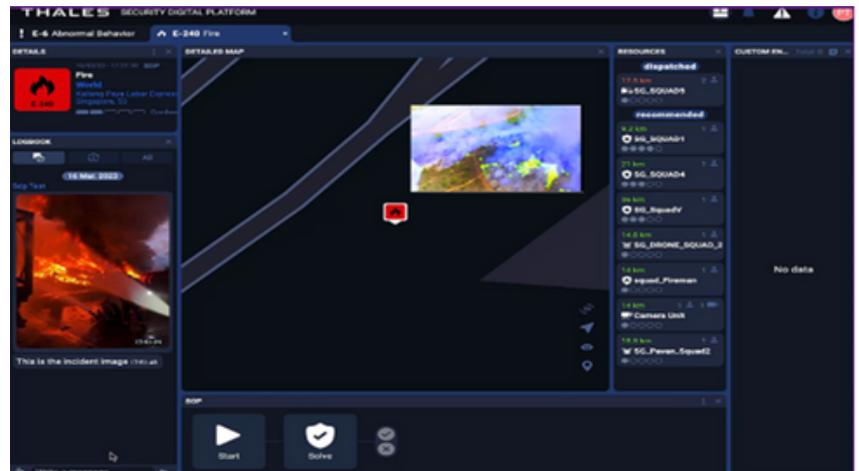


La SDP, couplée aux différents capteurs et sous-systèmes, affichera en temps réel les alertes de départ de feu et les retours de capteurs (image satellitaire, vidéo de drone, ...) à l'origine de ces alertes pour les levées de doutes. Une fois confirmée, elle assurera le suivi de la progression à travers des indicateurs mis à jour automatiquement, l'affichage de sa progression via une cartographie intuitive (e.g sous forme de carte de chaleur) ainsi que le déroulement des opérations.

La SDP garantit la compréhension de la situation augmentée à l'aide d'une visualisation unifiée et partagée au travers d'une cartographie numérique 2D/3D interactive :

- Interactivité, modélisation et navigation au sein d'un site ;
- visualisation instantanée des incidents (localisation, type, sévérité, ...),
- sélection et affichage géo-référencé des sources d'informations privées ou publiques
- pilotage rapide depuis la carte des divers capteurs déployés,
- gestion multi zones, navigation rapide entre les sites/lieux,
- agrégation et corrélation des évènements provenant des systèmes de sécurité,
- détection automatique d'incidents via analyse vidéo ou des modèles de « machine learning »,
- aide à la levée de doute : clip vidéo, historique d'accès, Natural Language Processing, ...

TRL 3 – Thales propose une solution de suivi de la propagation des feux en temps réel avec notamment, la vitesse et la direction de la propagation du feu, le degré de vulnérabilité des structures aux alentours et l'étendue des dégâts à t0 + 10 minutes.



STRUCTURES CONCERNÉES :

THALES

ThalesAlenia
a Thales / Leonardo company
Space

THALES AVS

THALES SIX



L'ensemble des acquisitions des données traitées sont automatiquement archivées :

- Requêtes sur l'historique des données,
- visualisation des scénarii d'incendie par des rejeux,
- analyses statistiques pour enrichir le retour d'expérience et les mesures de prévention.

La SDP « Smart Digital Platform » fédère les sous-systèmes autour d'une plateforme commune matérialisée par une cartographie dynamique où sont partagées en temps réel les informations utiles.

La SDP exploite la puissance des données, l'intelligence artificielle et la cybersécurité pour bancariser les données produites en temps réel:

- Un enregistrement sécurisé de l'ensemble des données
- un rejeu des événements,
- traitement de volumes importants de capteurs et de données pour mieux anticiper, détecter et traiter les incidents,
- une architecture ouverte pour permettre d'y intégrer les applications legacy, de nouvelles applications et tirer profit de l'état de l'art de la technologie,
- une Cyber sécurité avancée pour contrer la menace cyber,
- un déploiement rapide de la solution, modulaire et flexible (un socle du système et/ou des capacités métiers selon le besoin).



STRUCTURES CONCERNÉES :

THALES

ThalesAlenia
a Thales / Leonardo company
Space

THALES AVS

THALES SIX

	CONTACT
	Jean-Christophe MIFSUD CEO

VIGIFEU vise à fournir aux opérationnels luttant contre les feux de forêts un service unique centré sur la fusion de la data issue de différents vecteurs technologiques



L'approche prônée par le consortium est une approche pragmatique et innovante visant à capitaliser sur les briques technologiques déjà existantes en les faisant évoluer pour répondre aux objectifs ambitieux de l'AMIN et à développer de nouveaux vecteurs de détection précoce en se basant sur les dernières innovations technologiques dans les objets connectés et constellations de satellites.

L'approche modulaire mais complémentaire des différents acteurs permettra aussi de varier les mix technologiques selon les besoins des territoires à surveiller.

Le volet plateforme et IHM sera assuré par les deux briques de CS Group : Metis et CRIMSON. La brique METIS permettra de fournir une solution de big data, d'IA et de bancarisation là où CRIMSON sera la plateforme destinée aux opérationnels pour le command & control. La solution sera ici utilisée pour les alertes mais également pour le suivi du feu.

La solution METIS fusionnera les données issues des capteurs et solutions de détection ultra-précoce (caméras Paratronic et capteurs in-situ Ellona) appuyés par les drones (Delair et Elistair) et les citoyens pour la confirmation de départ de feux (application Signalert).

Pour adapter au mieux les stratégies de déploiement, nous nous appuyons également sur la météo des forêts et sur les solutions d'observation satellitaire dédiées à la protection des forêts : Woodwatch.

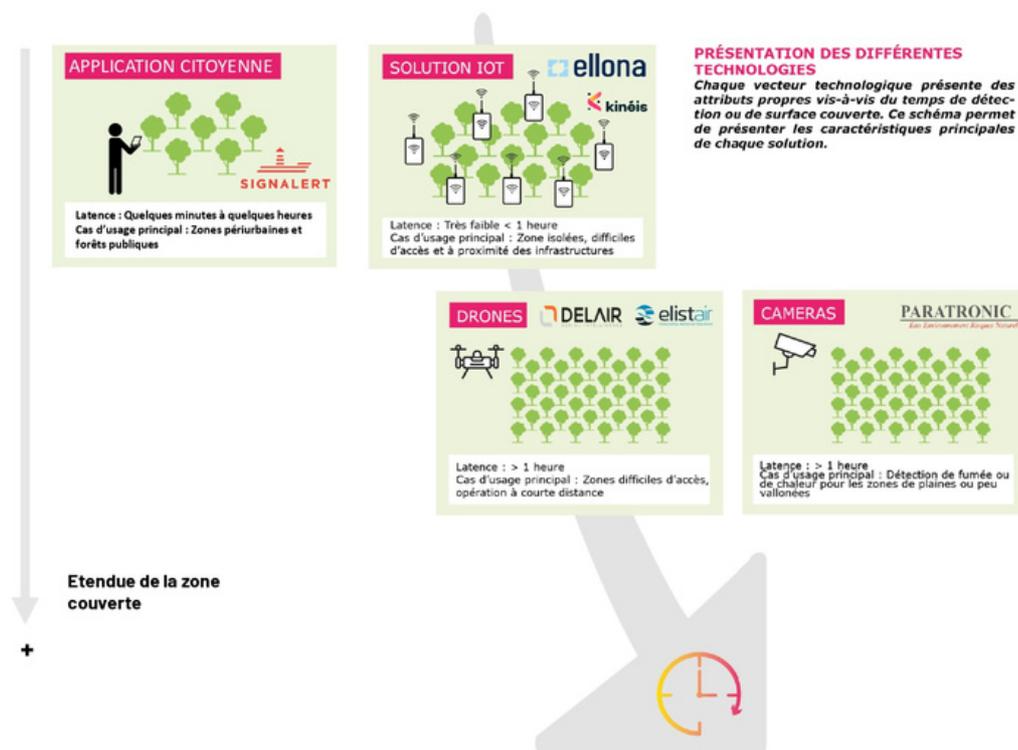
PARTENAIRES





Concernant la captation systématisée et continue notre consortium viendra fournir 4 vecteurs technologiques distincts :

- 1- Les capteurs de détection précoce Ellona qui vont s'appuyer sur l'analyse de la qualité de l'air pour permettre d'envoyer une alerte rapidement aux pompiers. Selon la densité de capteurs déployés (de tous les 20m à tous les 100m) le temps de détection pourra varier entre 5 minutes et 1h. Les capteurs in situ seront majoritairement déployés proches des zones très à risque pour des départs de feux axes routiers, voies ferrées, lignes électriques ainsi que dans les zones masquées par du relief.
- 2- Les caméras de type Paratronic qui permettent de couvrir de larges étendues et qui représentent une technologie mature seront privilégiées dans les zones de plaine et pour la couverture de zones agricoles. Des améliorations de ces systèmes sont attendues pour permettre d'améliorer encore la rapidité de détection et de réduire le nombre de faux positifs.
- 3 - Les drones joueront un double rôle dans notre solution en permettant notamment de venir surveiller les zones masquées par les caméras d'une part et en permettant de valider ou non l'intervention ainsi qu'en permettant de définir les moyens adaptés. Sur des zones nécessitant un suivi et une levée de doute rapide les solutions type drones grande élévation assurées par Delair ou drones filaires seront adoptées. Les drones de grande élévation peuvent aussi être déployés en cas de haut risque de départ de feu pour une utilisation saisonnière. Combiné au drone filaire Elistair, les drones Delair bénéficieront d'une portée allongée.
- 4 - Les feux étant à 96% d'origine humaine, le volet citoyenneté est aussi primordial pour assurer une détection ultra précoce. C'est pour cette raison que l'usage de l'application smartphone SIGNALERT permettra d'encourager la détection précoce comme la levée de doute. Une fois les utilisateurs de l'application organisés en groupes d'usagers distincts (praticiens de la lutte contre le feu, volontaires citoyens, réserve communale de sécurité civile), il est possible d'envoyer des localisations, des messages, de recevoir des avis des autorités, des messages de prévention, des consignes, ...



STRUCTURES CONCERNÉES :





La distribution de l'information et la fusion des données issues des différentes technologies présentées dans la partie F1 se fera via notre partenaire CS Group.

La plateforme METIS sera en charge de la fusion de la donnée et de l'intelligence artificielle et de la bancarisation.

La plateforme CRIMSON est une solution de gestion centralisée des systèmes de protection et de sécurité avec la remontée d'alarmes, la coordination et le partage d'information.

Les flux d'envoi des informations entre les vecteurs de détection et la plateforme seront nombreux : réseaux fibre, réseaux cellulaires, réseaux satellitaires.

L'innovation principale dans la distribution des informations d'alerte et de suivi pour les opérationnels se fera sur la fusion des données issues des différentes technologies déployées sur le terrain pour fournir une donnée utile qualifiée aux opérateurs.

Les données pourront être de différents types : texte, audio, image, vidéo et l'objectif est de pouvoir fournir les données à valeur ajoutée aux utilisateurs sur une solution unique de visualisation et de command & control. Cela passera par de nombreuses innovations dans l'intégration web des solutions partenaires et aussi dans l'automatisation des demandes et l'envoi de flux bidirectionnels.

Les développements se feront en deux temps avec pour la phase de PoC et de démonstration une approche simplifiée en utilisant les plateformes partenaires déjà existantes qui pousseront directement la donnée sur les plateformes CS Group. Certaines requêtes complexes pourront être gérées via des formulaires types ou des fils d'actualité (demande d'image satellite spécifique, lancement d'une opération de survol...).

Les performances visées et temps de détection sont explicitées dans la F1. Concernant les plateformes proposées par CS Group nous viseront à garantir une diffusion de 100% des alertes et une redondance au niveau des serveurs permettant de garantir une opération continue même en cas de force majeure.

STRUCTURES CONCERNÉES :





L'ensemble des briques technologiques présentées par le consortium permettent de capter des alertes mais pourront également être utilisées par les pompiers et les opérateurs pour confirmer le départ du feu, qualifier la situation et basculer le cas échéant en mode manuel ou automatique du suivi.

Cela est rendu possible notamment via les différents protocoles de communication utilisés et fournissant tous de la bidirectionnalité. Cela permet ainsi de remonter les données depuis les capteurs et briques technologiques mais également d'envoyer des données grâce à un lien descendant (réseau LPWAN, Kineis, réseau cellulaire et filaire).

L'application SIGNALERT pourra notamment permettre d'envoyer des informations aux populations et utilisateurs destinées à la mise en sécurité.

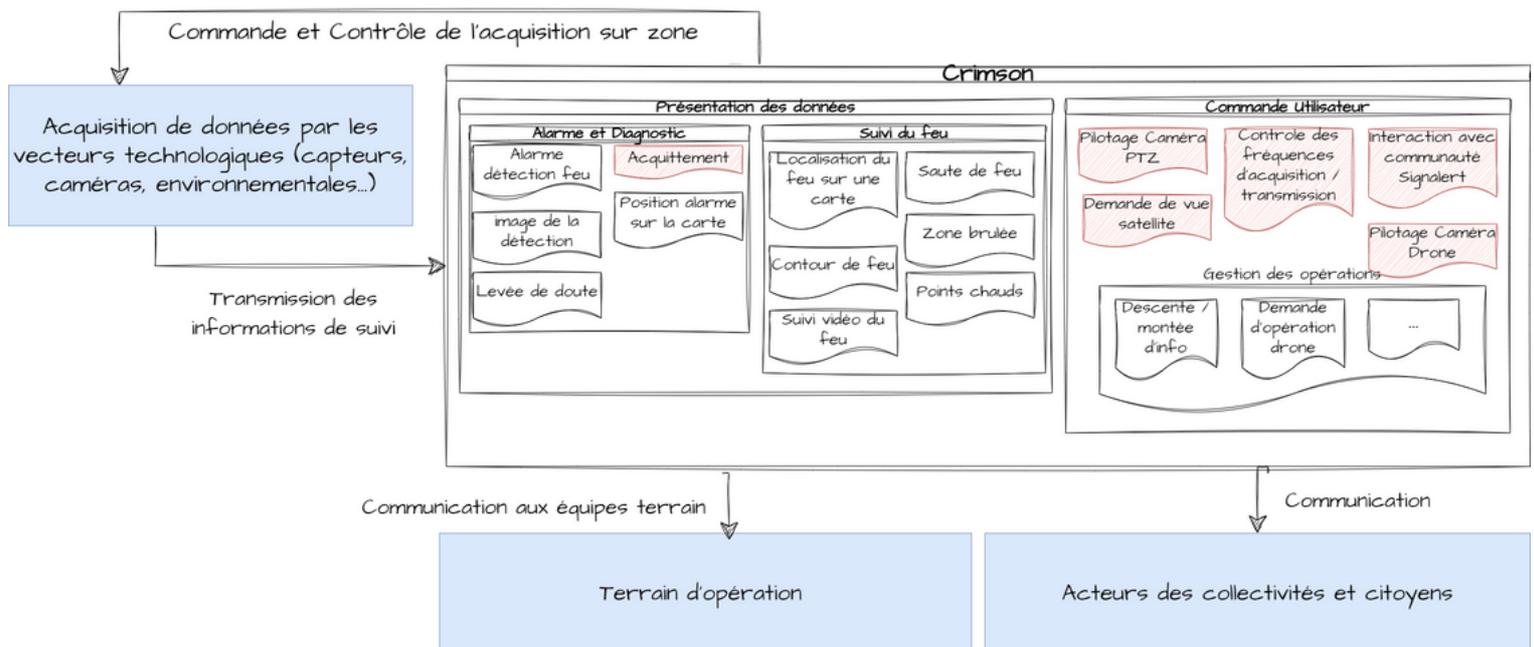
Les utilisateurs peuvent être alors sollicités massivement pour partager leurs observations en début d'évènements. Si l'évènement se développe, ils peuvent en retour recevoir des consignes de mise en sécurité. Via l'envoi de message à l'app, le centre d'opération peut solliciter ses équipes ou des groupes de volontaires citoyens pour partager des clichés au sol montrant le niveau de dommages sur les enjeux et de maîtrise du feu.

Une autre évolution qui pourra être apportée par SIGNALERT pour permettre au smartphone de servir de terminal aux acteurs de la lutte contre le feu pour envoyer et recevoir des flux de données brutes ou interprétées.

Les caméras des drones de Delair et de Elistair pourront également être contrôlables à distance via la plateforme CRIMSON.

Le système ADELIE permet déjà la prise de contrôle de la caméra à distance par les opérateurs pour qualifier le départ de feu.

Concernant les capteurs in-situ, il sera possible d'adapter les périodes d'acquisition et les remontées d'informations selon le niveau de risque, la saison et le territoire à surveiller.



STRUCTURES CONCERNÉES :





La fonctionnalité d'historisation et de bancarisation sera assurée par la solution METIS fournie par CS Group. METIS est une solution "plateforme as a service (PaaS)" de traitement et d'analyse de données, interopérable et basée sur des composants open-source. METIS permet de gérer l'accès aux données mais surtout de les classer de manière intelligente (nettoyage, lignage, classification).

Grâce à son mode PAAS, les capacités de traitement sont rapidement et facilement upgradables (CPU, GPU, mémoire, disques) en fonction des besoins, de manière ponctuelle ou permanente.

Les données sont stockées en base de données et peuvent être localisées dans le cloud (physiquement en France), en local ou sur des serveurs distants.

Les utilisateurs peuvent aussi collaborer sur cette plateforme et accéder à divers traitements de l'information. Le travail en workflow permet d'enchaîner les traitements et de récupérer les données pour les mettre à disposition des opérationnels directement dans Crimson quand cela est nécessaire.

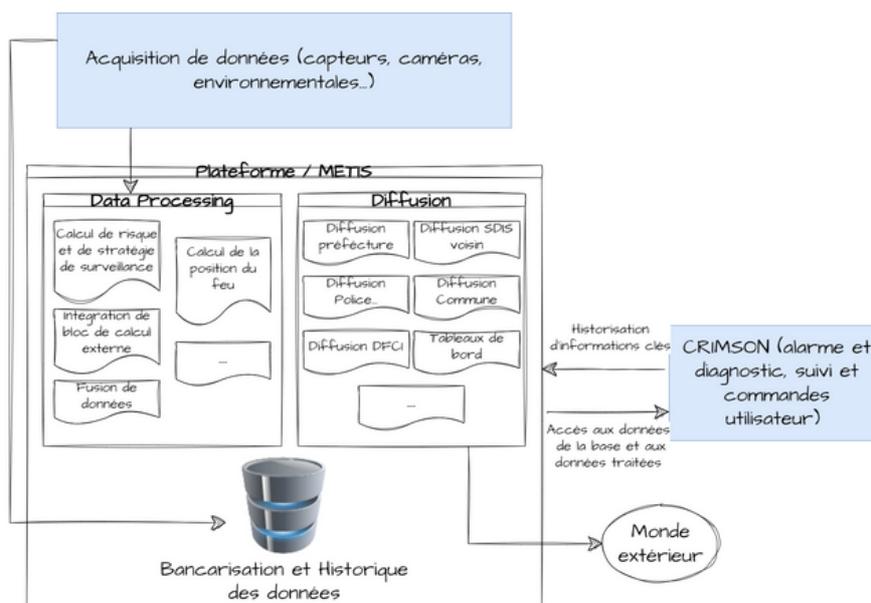
METIS est une des rares plateformes intégrant par construction les couches de gestion des droits, de sécurité, déployable sur tout type de cloud ou on premise.

Le data processing peut être développé en interne à METIS grâce à son environnement de développement, et/ou intégrer des « boîtes noires » tierces de processing qui sont activées par METIS, et peuvent si nécessaires constituer un maillon d'une chaîne de traitement (module de workflow).

L'historisation présente aussi un rôle d'amélioration de l'identification de zones à risques pour parfaire les modèles/processus de détection (base de données feux, occupation du sol etc ...)

Sur ce volet là nous nous appuyerons également sur la météo des forêts lancée récemment par météo France ainsi que sur les briques technologiques d'observation satellitaire développées par Pixstart sur le monitoring des forêts.

Woodwatch est une solution déjà disponible sur le marché et elle permet de suivre les changements forestiers, de surveiller les zones de reforestation, de déterminer les espèces locales, d'évaluer la taille des arbres ainsi que la quantité de bois et zones boisées pour élaborer des plans de gestion et de prévention des risques.



STRUCTURES CONCERNÉES :



VIGIPYRO

Composante intégrée de vigilance à l'égard des feux de forêt et des feux d'espaces naturels



CONTACT

Philippe LOVICONI
Conseiller Opérationnel



La composante VIGIPYRO présentée ici est un système opérationnel intégré qui réalise trois types de missions :

- Contribution permanente à l'évaluation du risque et à la détection des incendies (forêt et espaces naturels) à l'échelle du territoire national.
- Reconnaissance et surveillance aérienne des zones à risque.
- Surveillance maximale et continue des zones à risques afin d'y détecter tout départ de feu dans les 5 mn.

Elle intègre un sous-ensemble de captation (capteurs d'informations nécessaires à la mission), mais également la structure de commandement et de contrôle STRATO CRIMSON, qui permet d'exploiter ces capteurs de manière efficace et sûre, d'interfacier la composante avec les systèmes d'alerte existants, et de l'intégrer à une structure de commandement de niveau supérieur.

Elle est constituée de modules, ce qui lui offre une relative souplesse d'emploi. Sa structure ouverte lui permet d'accueillir d'autres modules que ceux mentionnés ci-après afin d'étendre certaines fonctionnalités dans le temps ou l'espace.

En outre, le principe d'une telle composante est applicable à d'autres missions que la détection précoce des feux de forêt et d'espaces naturels, les efforts de développement et de maintenance étant ainsi mutualisés au sein d'un seul voire de plusieurs ministères.

La composante VIGIPYRO est conçue pour répondre à trois modes de fonctionnement :

- Mode « posture permanente de vigilance » : ce mode correspond au niveau de vigilance minimal assuré par la composante. Il est permanent et s'étend à l'échelle du territoire national.
- Mode « vigilance renforcée » pré ou post-incendie : ce mode est préconisé dans les zones où il est nécessaire d'effectuer une reconnaissance ou de renforcer la surveillance, avant déploiement d'autres moyens ou après leur repliement. Il s'appuie sur les modules aériens longue élancement venant compléter les modules permanents.
- Mode « vigilance maximale » pré ou post-incendie : ce mode est préconisé dans les zones où le risque incendie est tel qu'il impose une surveillance locale continue sur un ou plusieurs jours. Il s'appuie sur les modules déplaçables qui viennent compléter ceux attachés aux postures précédentes, dans la zone considérée.

PARTENAIRES





• Module permanent ALERTE FEU CITOYEN - ALCATEL LUCENT ENTREPRISE :

Service numérique de signalement de départ de feu par les citoyens

Confirmation et validation d'une détection précoce par un citoyen lors d'un appel au 18 en élevant le niveau des fonctionnalités de l'appel audio vers des media vidéo et des données de géolocalisation en temps réel.

• Module VECTEUR AERIEN LONGUE ELONGATION – ULM Dronisable d'ASMAN TECHNOLOGY

Détection et suivi des feux par ULM (altitude cible de 1.500 à 3.000 pieds pour la version pilotée et de 10.000 pieds pour la version dronisé, vitesse de croisière de 120km/h) – Diffusion des informations en temps réel vers le sol.

• Module VECTEUR AERIEN LONGUE ELONGATION – Drone VTOL/ULM d'AVION JAUNE

Système de surveillance aéroporté pour détection rapide de feux, tourelle opto-électronique (RVB), liaison sol en temps réel, sur drone VTOL et/ ou ULM

• Module déplaçable DRONES DE PROXIMITE- Drone captif d'ELISTAIR

Drone captif de détection précoce des incendies et suivi de la propagation du feu

• Module CAPTEURS DEPOSES – GLOBAL SMART RESCUE

Captation systématisée et continue des données brutes de feu de forêt et d'espaces naturels.

• Module déplaçable DRONES DE PROXIMITE- H3DS et INSTADRONE

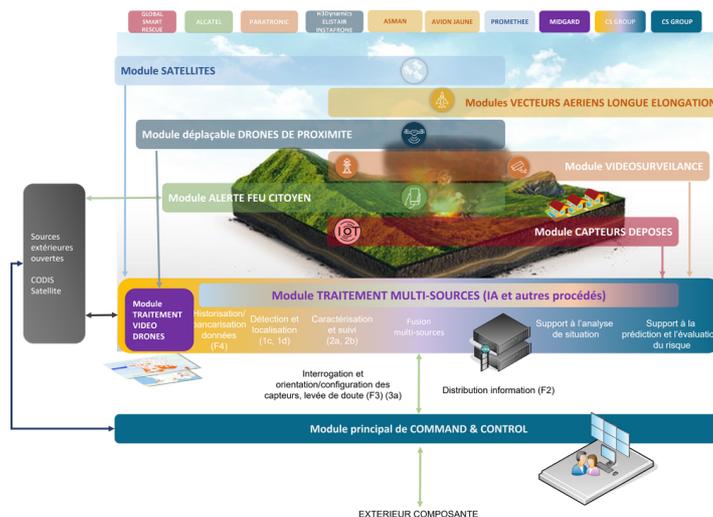
Détection précoce des incendies et surveillance de la propagation du feu et ligne de feu par solution de type Drone-in-a-box

• Module VIDEOSURVEILLANCE ADELIE- PARATRONIC

Caméras et systèmes d'intelligences artificielles embarquées disposées sur tours

• Module SATELLITAIRE – PROMETHEE

Constellation de satellite assortie d'un système de traitement de l'image permettant d'identifier et observer les zones à risque



STRUCTURES CONCERNÉES :





- **Module C2 PRINCIPAL CRIMSON – CS GROUP**

Système de Command & Control : connaissance situationnelle, suivi et analyse en temps réel ou a posteriori (rejeu), anticipation des évolutions et effets induits, planification des actions à venir et prise de décision en temps contraint, stockage et échange d'informations « d'intérêt feu », commandement du sous-ensemble de captation et contrôle de ses opérations, coordination sol et 3D. CRIMSON MOBILE est une application CRIMSON portée sur tablette ou smartphone.

- **Module TRAITEMENT DE DONNEES MULTI-SOURCES METIS – CS GROUP**

Plateforme de gestion et traitement de données, visualisation, bancarisation avec environnement de développement intégré, assure l'intégration de modules tiers (application, processing ...), intègre module de fusion de données, interfacée avec CRIMSON

- **Module déplaçable DRONES DE PROXIMITE- Drone captif d'ELISTAIR**

Drone captif de détection précoce des incendies et suivi de la propagation du feu

- **Module déplaçable DRONES DE PROXIMITE- H3DS et INSTADRONE**

Détection précoce des incendies et surveillance de la propagation du feu et ligne de feu par solution de type Drone-in-a-box

- **Module VIDEOSURVEILLANCE ADELIE- PARATRONIC**

Caméras et systèmes d'intelligences artificielles embarquées disposées sur tours

- **Module TRAITEMENT VIDEO DRONES – MIDGARD**

Plateforme web permettant de simplifier la gestion, la visualisation, le stockage et l'analyse d'imagerie d'interventions afin de caractériser les risques naturels

STRUCTURES CONCERNÉES :





- **Module C2 PRINCIPAL CRIMSON – CS GROUP**

Système de Command & Control : connaissance situationnelle, suivi et analyse en temps réel ou a posteriori (rejeu), anticipation des évolutions et effets induits, planification des actions à venir et prise de décision en temps contraint, stockage et échange d'informations « d'intérêt feu », commandement du sous-ensemble de captation et contrôle de ses opérations, coordination sol et 3D. CRIMSON MOBILE est une application CRIMSON portée sur tablette ou smartphone.

- **Module TRAITEMENT DE DONNEES MULTI-SOURCES METIS – CS GROUP**

Plateforme de gestion et traitement de données, visualisation, bancarisation avec environnement de développement intégré, assure l'intégration de modules tiers (application, processing ...), intègre module de fusion de données, interfacée avec CRIMSON

- **Module déplaçable DRONES DE PROXIMITE- Drone captif d'ELISTAIR**

Drone captif de détection précoce des incendies et suivi de la propagation du feu

- **Module déplaçable DRONES DE PROXIMITE- H3DS et INSTADRONE**

Détection précoce des incendies et surveillance de la propagation du feu et ligne de feu par solution de type Drone-in-a-box

- **Module VIDEOSURVEILLANCE ADELIE- PARATRONIC**

Caméras et systèmes d'intelligences artificielles embarquées disposées sur tours

- **Module TRAITEMENT VIDEO DRONES - MIDGARD**

Plateforme web permettant de simplifier la gestion, la visualisation, le stockage et l'analyse d'imagerie d'interventions afin de caractériser les risques naturels

STRUCTURES CONCERNÉES :





- **Module C2 PRINCIPAL CRIMSON – CS GROUP**

Système de Command & Control : connaissance situationnelle, suivi et analyse en temps réel ou a posteriori (rejeu), anticipation des évolutions et effets induits, planification des actions à venir et prise de décision en temps contraint, stockage et échange d'informations « d'intérêt feu », commandement du sous-ensemble de captation et contrôle de ses opérations, coordination sol et 3D. CRIMSON MOBILE est une application CRIMSON portée sur tablette ou smartphone.

- **Module TRAITEMENT DE DONNEES MULTI-SOURCES METIS – CS GROUP**

Plateforme de gestion et traitement de données, visualisation, bancarisation avec environnement de développement intégré, assure l'intégration de modules tiers (application, processing ...), intègre module de fusion de données, interfacée avec CRIMSON

STRUCTURES CONCERNÉES :

a Sopra Steria company

