



**DIRECTION DES  
RESSOURCES NATURELLES**

**Service de l'environnement**

BP 3718  
98846 Nouméa Cedex  
Tél. : **24.32.55**  
Fax : **24.32.56**



Yann-Eric BOYEAU

**ARBORESCENCE**

Environnement - Systèmes d'Information Géographique - Télédétection

CONVENTION N°6024- 66 -2005/DRN - ENV

**PARTIE 2**

**Analyse spatiale de l'impact des feux par type de milieux naturels  
en Province Sud.**

**Pour la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud  
Service de l'Environnement**

Octobre 2005 – ARBORESCENCE - Yann-Eric Boyeau

## **2 Analyse spatiale de l'impact des feux par type de milieux naturels en Province Sud.**

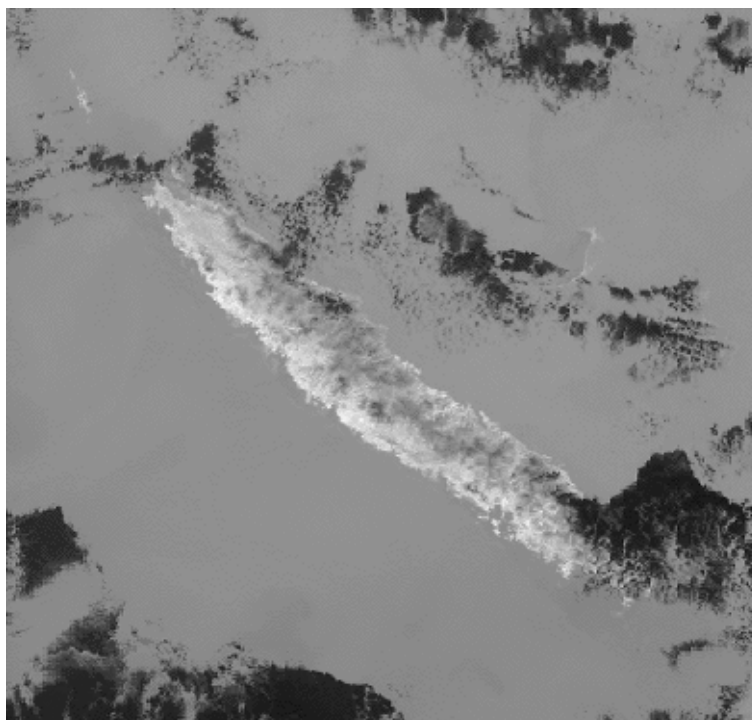
L'étape précédente a permis de constituer une couche d'enjeux écologiques. Ce deuxième chapitre propose d'analyser les données géographiques disponibles concernant les incendies sur le territoire et d'étudier leurs relations avec les zones d'enjeux définis précédemment.

### **2.1 Données disponibles**

#### **2.1.1 Données issues de la station de réception des satellites NOAA**

##### **2.1.1.1 Chaîne de traitement**

La Nouvelle-Calédonie dispose d'une station de réception dont les données sont archivées depuis 1997. Ce sont des images qui fournissent une perception de la surface terrestre sur une bande d'une largeur d'environ 2500km (2048 pixels de 1100m de côté), à différentes longueurs d'onde allant du visible (canal 1) à l'infrarouge thermique (canal 5).



**Figure 19 : Exemple d'un passage de NOAA-14 dans le canal 4 (infrarouge thermique 11micrometres)**

On peut y observer en foncées les zones nuageuses froides et en plus claires les terres et la mer plus chaudes.

Les satellites NOAA sont des satellites héliosynchrones à orbite polaire ce qui permet d'avoir de 4 à 8 passages dans la zone circulaire de réception centrée sur Nouméa d'un diamètre d'environ 5000km. Cette fréquence journalière est intéressante par le fait qu'elle permet d'avoir un suivi régulier de la surveillance. Il est cependant nécessaire de noter que certains passages peuvent ne pas couvrir le territoire de Nouvelle-Calédonie.

Une chaîne de traitement permettant la détection des feux de brousse fut mise en place en 1997-1998. Le principe en est décrit dans le rapport Fuselier et Guillard *Programme seNCas, Détection des feux de brousse 1998*, SMAI – LATICAL, Nouméa

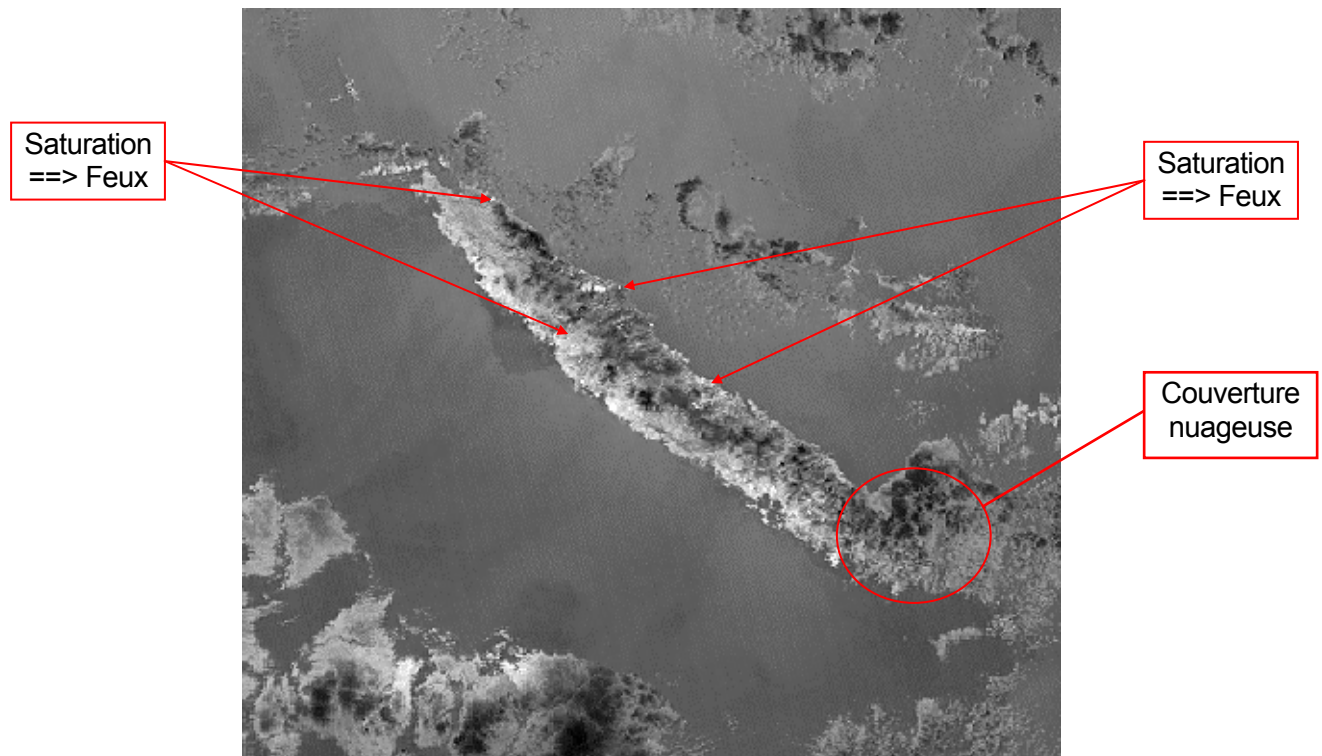
Un feu de brousse peut être considéré comme une source émettrice qui va être perçue par le satellite lors de son passage. Cette source présente des caractéristiques radiométriques qui permettent ensuite de la reconnaître comme étant un feu. L'objectif est alors d'adapter au mieux les paramètres de chaque test pour effectuer une reconnaissance parfaite d'un feu. Malheureusement, la signature radiométrique des feux est variable et fortement similaire aux signatures de certains autres phénomènes atmosphériques ou terrestres, ce qui rend presque impossible une détection sans erreur.

Les différents tests effectués ont été tirés de publications liées à des expérimentations de détection mises au point dans d'autres pays comme en Afrique ou à la Réunion. Il est de toute manière indispensable d'adapter les tests aux caractéristiques terrestres et climatologiques du lieu de surveillance.

- Le premier test est celui correspondant à la principale caractéristique radiométrique d'un feu : la saturation du canal 3 dans les moyens infrarouges. Ce test est une condition nécessaire mais non suffisante pour prouver qu'il s'agit d'un feu. Aussi, l'ensemble des autres tests est présent pour éliminer les autres phénomènes provoquant également la saturation du canal 3.
- Le deuxième test vérifie que la différence entre le canal 3 et le canal 4 est assez grande afin d'éviter de détecter une saturation du canal 3 liée à l'ensemble du terrain pouvant être lui-même assez chaud.
- Le troisième test sert à identifier les fortes réflexions dues à certains nuages d'altitude fortement réfléchissants. Pour cela, on utilise le canal 4 (thermique) qui détectera le nuage d'altitude beaucoup plus froid qu'une surface terrestre.
- Le quatrième test détecte la saturation du canal 3 liée aux fortes températures de brillance dues aux couches d'aérosols ou aux nuages partiels, en effectuant un encadrement de la différence des deux canaux thermiques (4 moins 5).
- Le cinquième test évite de se faire tromper par les fortes réflexions du sol brut (lisse et sans végétation) ou liées aux brumes sèches et également aux couches d'aérosols, en seuillant en passe-bas le pourcentage en albédo du canal 1 (visible).
- Le sixième et dernier test vérifie qu'il ne s'agit pas d'une surface liquide sous un éclairage spécifique en seuillant avec un test passe-haut la différence absolue entre le canal 1 et 2.

Les résultats de chaque test sont liés à une fonction de probabilité gaussienne de type passe bande, passe-bas ou passe-haut suivant la nature du test considéré. Les fonctions de probabilité sont paramétrables et permettent ainsi d'affecter des importances plus ou moins grandes à chaque test. Au final, on effectue un test seuil sur le produit des probabilités, le seuil étant arbitrairement choisi en fonction du degré de vérité voulu.

Les feux détectés sont ensuite transmis au SMAI pour leur intégration dans un SIG.



En 1997, la chaîne a correctement fonctionné et produit des résultats cohérents.

La chaîne de prétraitement de l'IRD effectuait la navigation de l'image (recalage géographique) puis les corrections géométrique et radiométriques nécessaires. La portion d'image rectangulaire autour de la Nouvelle-Calédonie était alors extraite. L'algorithme de détection indiquait alors les coordonnées images des feux détectés, leur probabilité associée et les données descriptives de l'orbite. Ces informations étaient envoyées par mail au SMAI ou une seconde chaîne de traitement devait permettre de générer automatiquement une carte.

Deux améliorations étaient nécessaires à l'époque :

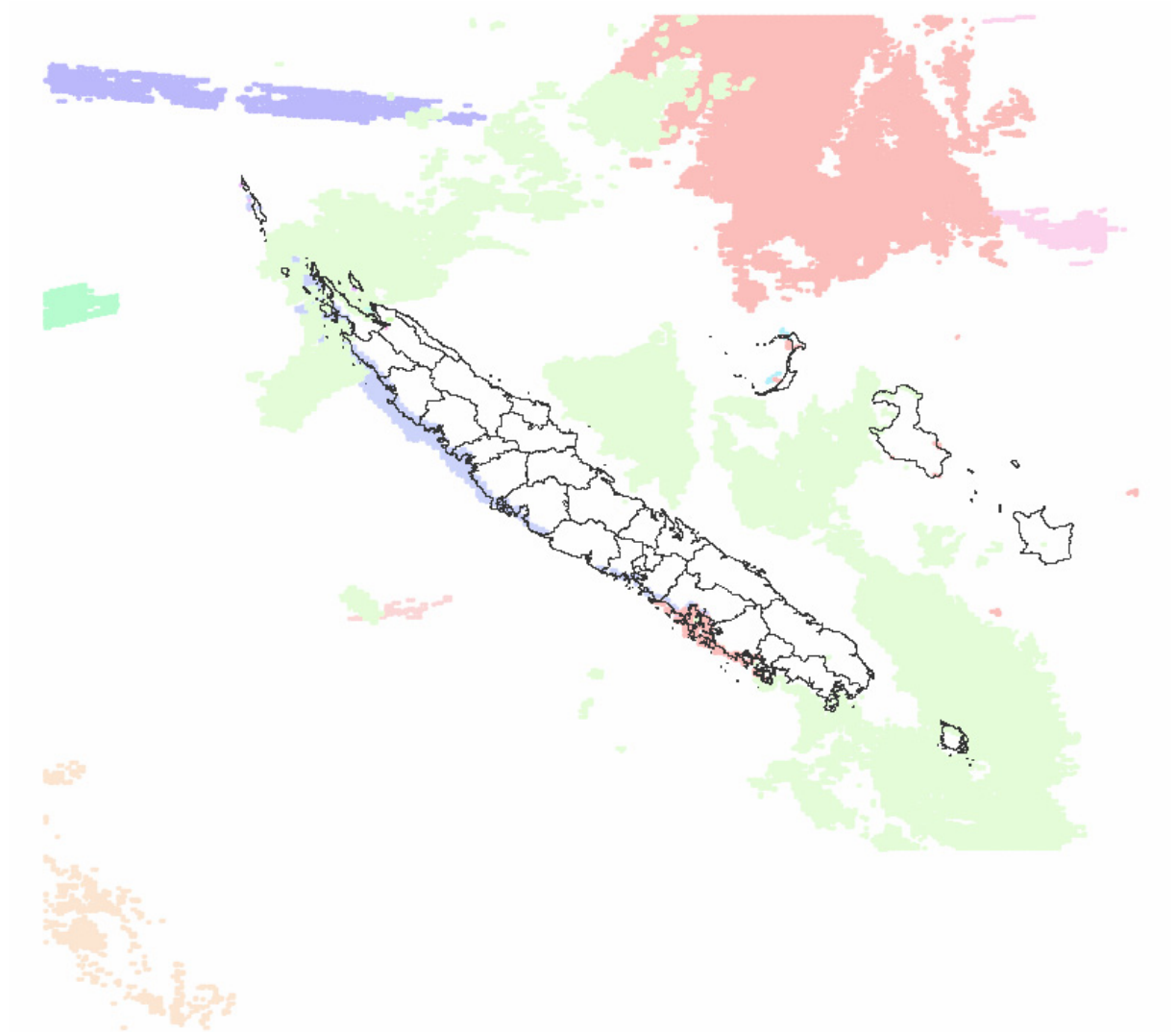
- ajuster des paramètres de l'algorithme pour améliorer la détection,
- améliorer le calage des images (certains décalages pouvant être d'une dizaine de pixels et donc de kilomètres), ce qui n'est pas tolérable pour une île de 50 km de large.

A partir de 1998 jusqu'en 2002, la chaîne de détection a fonctionné mais a produit des données fausses et aberrantes.

Nous avons donc récupéré certains des mails qui avaient été sauvegardés, afin de visualiser les feux détectés et nous avons cherché à comprendre ce qui avait provoqué ces erreurs, pour éventuellement dans un second temps, les corriger.

La première étape a consisté à retrouver les paramètres faisant le lien entre les coordonnées images et géographiques. Ceci a été réalisé en analysant le code de la chaîne de traitement au SMAI. Nous avons donc pu géoréférencer les différents coordonnées de feux détectés.

L'analyse des données indique des erreurs importantes dans les tests de détection. En effet, la représentation des feux détectés montre des feux de superficie irréelles et en mer :



**Figure 20 : carte des feux détectés par la chaîne de traitement, (15 orbites représentées entre 1999 et 2001)**

Certaines images ont produit plusieurs dizaines de milliers de points chauds.

Devant ce constat, il nous a semblé impossible que ces erreurs proviennent d'une erreur de paramètres dans la chaîne de traitement qui avait été validée en 1997 ou d'une erreur de calage. Le nombre d'erreurs paraît énorme. La chaîne de traitement téléchargeait automatiquement les fichiers d'orbites liés au satellite (TLE), il ne semble donc pas possible que le problème provienne de ce dernier point. De plus nous avons pu vérifier sur certains quicklook retrouvés parmi les mails que des images calées correctement produisaient des détections complètement fausses.

Nous avons donc étudié la possibilité de relire l'ensemble des images sauvegardées afin de pouvoir relancer un traitement de détection des feux et éventuellement observer d'où provenait les erreurs.

### 2.1.1.2 Relecture des données d'origine

L'archivage des images disponibles a été réalisé jusqu'en 2002 par l'Institut de Recherche pour le Développement, sur des bandes magnétiques DDS1 à partir d'une station de réception Datatools sous unix. Les archives sont sous format tar. A partir de 2002, la réception de données et l'archivage ont continué avec d'autres moyens mais le partage d'informations avec le Gouvernement a été suspendu. Nous ne pouvons donc pas bénéficier des données récentes NOAA pour notre étude.

Les logiciels employés à l'époque ne sont plus installés, il ne nous a pas été possible de relire les données sur un système déjà configuré. Il a donc fallu rechercher à nouveau des solutions techniques pour parvenir à un résultat.

Actuellement l'ensemble des archives disponibles sont stockées sur environ 600 cassettes de 4Go chacune. Ne pouvant traiter l'ensemble de ces données, nous avons travaillé sur un échantillon de 5 cassettes fournies par l'IRD.

La première difficulté rencontrée a été la relecture des bandes qui a pu finalement se réaliser grâce à un ancien lecteur installé sur une ancienne station de travail Unix.

Il a été nécessaire de réécrire un script de lecture et de décompression des fichiers. Celui-ci est indiqué en annexe 4.

Le format des images archivées est la trame brute du satellite codée avec des mots de 10 bits. Une description est fournie en annexe 5 (Anglais). Chaque mot de 10 bits est en fait stocké sur 16 bits dans le format de fichier enregistré sur les cassettes. Ce format dit "décompressé" peut être lu dans ENVI par exemple mais il est nécessaire pour cela de connaître le nombre de lignes de l'image (la largeur est toujours de 2048 pixels) ce qui n'a pas été possible car les informations descriptives de la trame n'ont pas été sauvegardées avec celle-ci.

Pour arriver à visualiser les fichiers décompressés, après de nombreux essais, nous avons utilisé un logiciel freeware : HrptReader by David J Taylor.

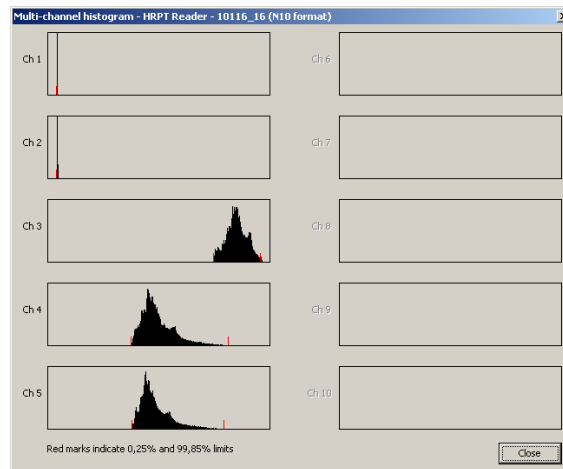
Ce logiciel très complet et utile nous a donné les premières visualisations de nos images. Il faut néanmoins lui indiquer l'année de l'image pour qu'il retrouve les paramètres d'orbite correspondant dans les fichiers TLE. De plus il réalise une navigation de bonne qualité, mais il ne permet pas de sauvegarder l'image corrigée au niveau géométrique et radiométrique qui correspond au format d'image "level 1 B" (L1B).

Ce niveau de correction est un nécessaire préalable à toute analyse radiométrique de l'image. Nous nous sommes donc rapprochés du fournisseur d'origine de la station de réception Datatools qui fournit une chaîne de traitement fonctionnant sous Windows censée pouvoir restaurer les archives d'images NOAA.

Nous avons pu avec beaucoup d'efforts générer une image L1B correcte grâce à cette chaîne. Néanmoins, il est apparu nécessaire de fournir au programme des informations liées aux images (date, heure, orbite, fichier TLE correspondant), l'extraction automatique de ces informations ne fonctionnant pas.

Pour aboutir à la production automatique d'image L1B, nous avons finalement choisi d'acquérir une solution existante proposée par David J Taylor basée sur le logiciel hrptReader cité plus haut qui permet également d'extraire les données sur la zone géographique qui nous intéresse. Le format de fichier L1B est alors reconnu et directement importé dans la plupart des logiciels de traitement d'image (ENVI, Erdas IMAGINE).

La relecture de quelques images (une centaine) nous a montré qu'un nombre non négligeable d'entre elles n'ont pas été enregistrées ou reçues correctement (une sur cinq environ) : une ou plusieurs bandes peuvent être pratiquement absentes, certaines présentent des parasites qui les rendent inexploitable.



**Figure 21 : Image dont les canaux 1 et 2 sont altérés**

Il serait donc intéressant de vérifier comment ces images altérées ont été traitées par l'algorithme de détection afin de savoir si les détections erronées ne proviennent pas de ces données.

#### **2.1.1.3 Perspectives**

La durée de relecture des bandes prendra environ 1000 heures, on peut donc estimer à environ six mois le délai pour obtenir la collection complète d'image L1B géoréférencées.

Il n'a pas été possible pour une question de délais, pendant la durée de cette étude de reprogrammer l'algorithme de détection des feux et de relancer les traitements.

Néanmoins une étape préalable semble incontournable : tester la validité des images récupérées pour écarter celles qui ne sont pas exploitables.

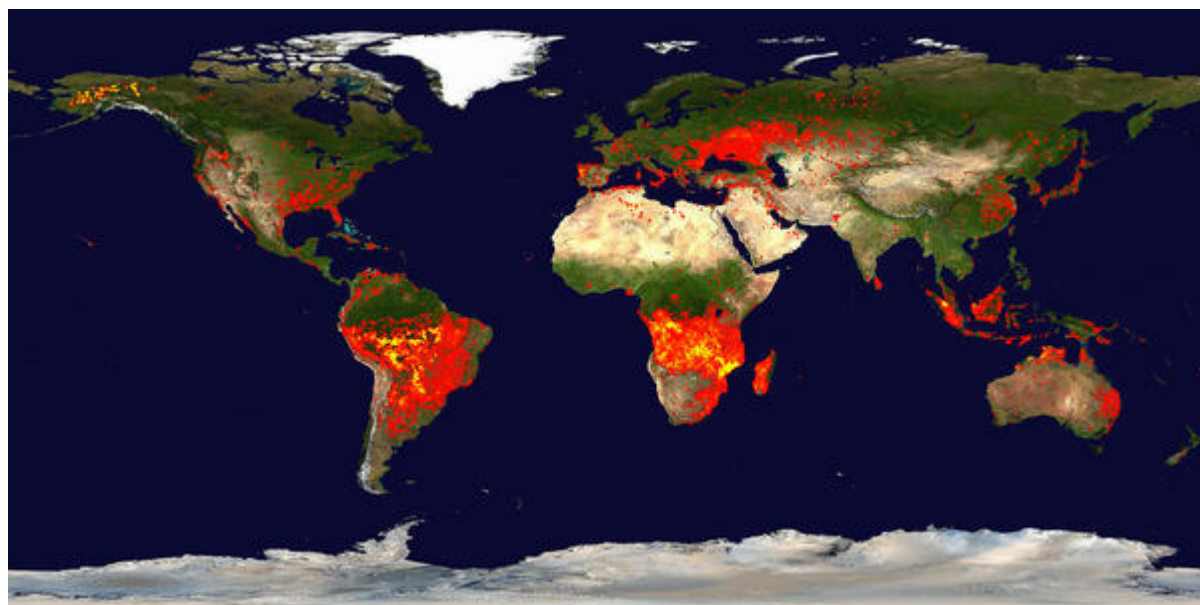


### **2.1.2 Données issues du programme MODIS fire**

Le Spectromètre imageur à résolution moyenne (MODIS) est un capteur à bord des satellites Terra et Aqua de la National Aeronautical and Space Administration (NASA), lancés respectivement en 1999 et 2002. Le MODIS acquiert des données dans 36 bandes spectrales dont certaines sont idéales pour la détection des incendies (Kaufman et al. 1998). Les localisations des points chauds sont déterminées par le Land Response Rapid System du MODIS, une collaboration entre la NASA, la NOAA, l'Université du Maryland ainsi que le USDA Forest Service. Les points chauds font partie du projet "Fire M3" grâce au Projet de chimie du feu de la station de recherche Rocky Mountain du Service des forêts du département de l'Agriculture américain.

La stratégie de détection des incendies incorpore à la fois un algorithme à seuil fixe ainsi qu'un algorithme contextuel (relatif à l'arrière-plan). Si un pixel n'est pas en mesure de rencontrer le critère auprès de l'algorithme à seuil, il est alors confronté à l'algorithme contextuel. Les critères sont différents selon qu'il s'agisse d'une image diurne ou nocturne. Le processus diurne inclut aussi un test additionnel pour éliminer les pixels contaminés par la réflexion solaire.

On s'attend à ce que le MODIS ait un meilleur potentiel de détection des incendies que le capteur AVHRR en raison du fait que le principal canal de détection est situé dans une fréquence plus sensible et qu'il se sature à une température beaucoup plus élevée que ne le fait le canal équivalent du AVHRR.



**Figure 22 : Détection des feux du 15 au 25 août 2005 par MODIS (rouge : feu détecté, jaune : zone d'incendies intenses). Un pixel en rouge ne signifie pas que l'ensemble de la surface a brûlé !**

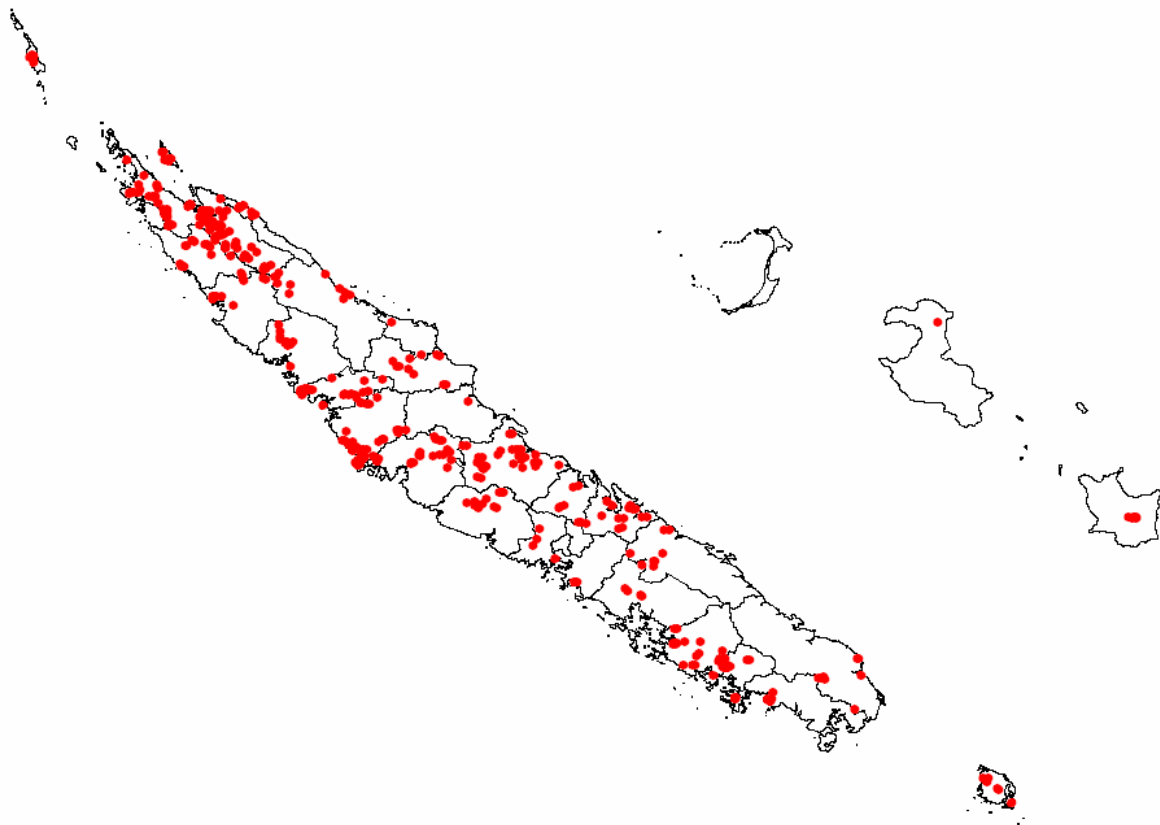
Il s'agit donc d'une chaîne de traitement fonctionnelle mise en place par la NASA et l'Université du Maryland qui publie sur le web les feux détectés sur l'ensemble de la planète. Le Gouvernement de Nouvelle-Calédonie a pu obtenir l'ensemble des données d'archive des points chauds qui concerne notre territoire. MODIS fire peut également envoyer des alertes par mails lorsqu'un feu est détecté dans une région précise du globe.

Grâce au cinq années d'archives disponibles (2000-2005) et à la précision kilométrique de la localisation, ces données représentent une source d'information unique et très intéressante pour notre problématique.



L'algorithme utilisé est issu des dernières recherches en la matière, il combine une méthode radiométrique et contextuelle pour améliorer son efficacité. En annexe 6 nous avons placé un résumé de l'ensemble de la publication Potential global fire monitoring from EOS-MODIS, Kaufman YJ; Justice CO; Flynn LP; Kendall JD; Prins EM; Giglio L; Ward DE; Menzel WP; Setzer AW, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES 1998, Vol 103, , pp 32215-32238.

D'après les responsables du projet, la taille minimum d'un feu de forêt (aux alentours de 1000°K) détectable est de l'ordre de 100m<sup>2</sup> en moyenne et 50m<sup>2</sup> dans des conditions idéales. En pratique il est certain qu'un feu de 1000m<sup>2</sup> (environ 30m x 30m) est détecté dans des conditions atmosphériques normales.



**Figure 23: Feux détectés par MODIS en Nouvelle Calédonie entre 2000 et 2005**

### 2.1.3 Données issues de recensement de feux par la sécurité civile

#### 2.1.3.1 De 1995 à 1998

Les données de recensement des feux ont été enregistrées à cette époque dans des tableaux. La localisation se faisait au lieu-dit, sans coordonnées géographiques. Il faut bien être conscient que ces tableaux ne contiennent que les feux recensés, et sous estiment par conséquent, la réalité.

| Mois de Février     |                          |                         |         |
|---------------------|--------------------------|-------------------------|---------|
| Commune             | Lieu-dit ou tribu        | Superficie brûlée en Ha | Date    |
| Dumbéa              | Mont Dzumac              | 15                      | 01-févr |
| Mont Dore           | Tribu de Saint Louis     | 10                      | 06-févr |
| Mont Dore           | Tribu de La Conception   | 50                      | 06-févr |
| Mont Dore           | Plum La Coulée           | 40                      | 12-févr |
| Dumbéa              | Koutio squat de Kawatava | 1                       | 18-févr |
| Total incendies = 5 |                          | 116                     |         |

Figure 24 : Extrait d'un tableau de recensement en 1996

Ces données sont pratiquement inexploitable pour notre problématique qui nécessite une localisation plus précise pour connaître les milieux naturels concernés par les incendies. Par contre elles sont utiles pour faire des bilans de surfaces brûlées durant cette période.

Les surfaces sont estimées en ha, à vue par les pompiers ou les gendarmes.

|      | Communes     | 95-96       | 96-97       | 97-98       | total        |
|------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Sud  | Thio         | 170         | 200         | 100         | 470          |
|      | Bourail      | 771         | 875         | 942         | 2588         |
|      | Moindou      | 90          | 0           | 416         | 506          |
|      | La Foa       | 865         | 0           | 596         | 1461         |
|      | Boulouparis  | 106         | 0           | 652         | 758          |
|      | Païta        | 937         | 65          | 911         | 1913         |
|      | Dumbéa       | 932         | 51          | 1643        | 2626         |
|      | Nouméa       | 6           | 0           | 5           | 11           |
|      | Mont Dore    | 4334        | 170         | 2377        | 6881         |
|      | Yaté         | 93          | 0           | 465         | 558          |
|      | Ile des Pins | 55          | 0           | 755         | 810          |
|      | <b>total</b> | <b>8358</b> | <b>1360</b> | <b>8861</b> | <b>18582</b> |
| Nord | Poya         | 667         | 180         | 294         | 1141         |
|      | Pouembout    | 0           | 0           | 3           | 3            |
|      | Koné         | 12          | 0           | 2957        | 2969         |
|      | Voh          | 7           | 2           | 303         | 312          |
|      | Kaala-Gomen  | 33          | 31          | 240         | 304          |
|      | Koumac       | 4           | 60          | 4458        | 4522         |
|      | Poum         | 10          | 113         | 160         | 283          |
|      | Ouégoa       | 1           | 520         | 568         | 1089         |

|                 |              |             |             |              |              |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| <b>Cote est</b> | Pouébo       | 6           | 23          | 1526         | 1555         |
|                 | Hiéngghène   | 20          | 0           | 295          | 315          |
|                 | Touho        | 5           | 0           | 295          | 300          |
|                 | Poindimié    | 800         | 14          | 514          | 1328         |
|                 | Ponnérihouen | 0           | 0           | 300          | 300          |
|                 | Houailou     | 0           | 0           | 572          | 572          |
|                 | Kouaoua      | 0           | 0           | 30           | 30           |
|                 | Canala       | 0           | 0           | 301          | 301          |
|                 | <b>total</b> | <b>9924</b> | <b>2304</b> | <b>21678</b> | <b>33906</b> |

Il faut noter qu'en 1997 lors de la mise en place de la chaîne de traitement NOAA, les feux de brousse avaient été localisés par GPS.

#### 2.1.3.2 De 1998 à 2001

Il a été impossible de trouver de données sur les recensements de feux pendant cette période.

#### 2.1.3.3 De 2001 à 2003

La province Sud a tenu à jour des bilans comptables des interventions de l'hélicoptère bombardier d'eau, en particulier la date et le nombre d'heures des interventions. Des informations complémentaires sont renseignées, comme la surface estimée de la zone d'incendie. Les surfaces sont fournies à titre indicatif par les pilotes.

| Dates des interventions | Lieux                                     | Temps de vol | Coûts* en F CFP | Observations                                                           |
|-------------------------|-------------------------------------------|--------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>NOVEMBRE</b>         |                                           |              |                 |                                                                        |
| 04.11.02                | Futur lotissement du bord de mer à Koutio | 0h35         | 96.425          | 100 Ha<br>Pas de moyen au sol, vent violent, pas d'extinction possible |
| 07.11.02                | La Foa                                    | 2h05         | 344.375         | 20 Ha<br>Habitations menacées<br>Pompiers sans équipement radio        |
| 07.11.02                | La Foa                                    | 2h00         | 330.600         | 20 Ha<br>Habitations menacées<br>Pompiers sans équipement radio        |
| 09.11.02                | Dumbéa                                    | 2h35         | 427.025         | Habitations menacées<br>Bonne coordination au sol                      |

#### 2.1.3.4 En 2004

En province Sud, nous disposons de d'un tableau récapitulant les sorties de l'hélicoptère bombardier d'eau avec une localisation au lieu-dit.

Cette localisation au lieu-dit pourra servir de comparaison avec les données MODIS reçues pendant la même période.

Ce tableau contient aussi d'autres informations intéressantes comme une estimation des surfaces brûlées en fonction du milieu naturel.

| Commune                   | Ha<br>Maquis | Ha<br>Savane | Ha Forêt<br>humide |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------------|
| Boulouparis               | 300          | 368          |                    |
| Bourail                   | 415          | 550          | 60                 |
| Dumbéa                    | 33           | 185,5        |                    |
| La Foa                    |              | 178          |                    |
| Moindou                   | 10           | 10           |                    |
| Mont Dore                 | 17           | 141          | 3                  |
| Nouméa                    |              | 44           |                    |
| Païta                     | 219          | 1016         | 78                 |
| Païta<br>Dumbéa           |              | 1802         |                    |
| Nouméa<br>Dumbéa<br>Païta | 200          | 400          | 200                |
| Sarraméa                  | 10           |              |                    |
| Thio                      | 51           | 4            |                    |
| Yaté                      | 59           | 44           | 2007               |
| Total                     | 1314         | 4742,5       | 2348               |

Ces estimations de surfaces sont réalisées à vue et sont également fournies à titre indicatif.

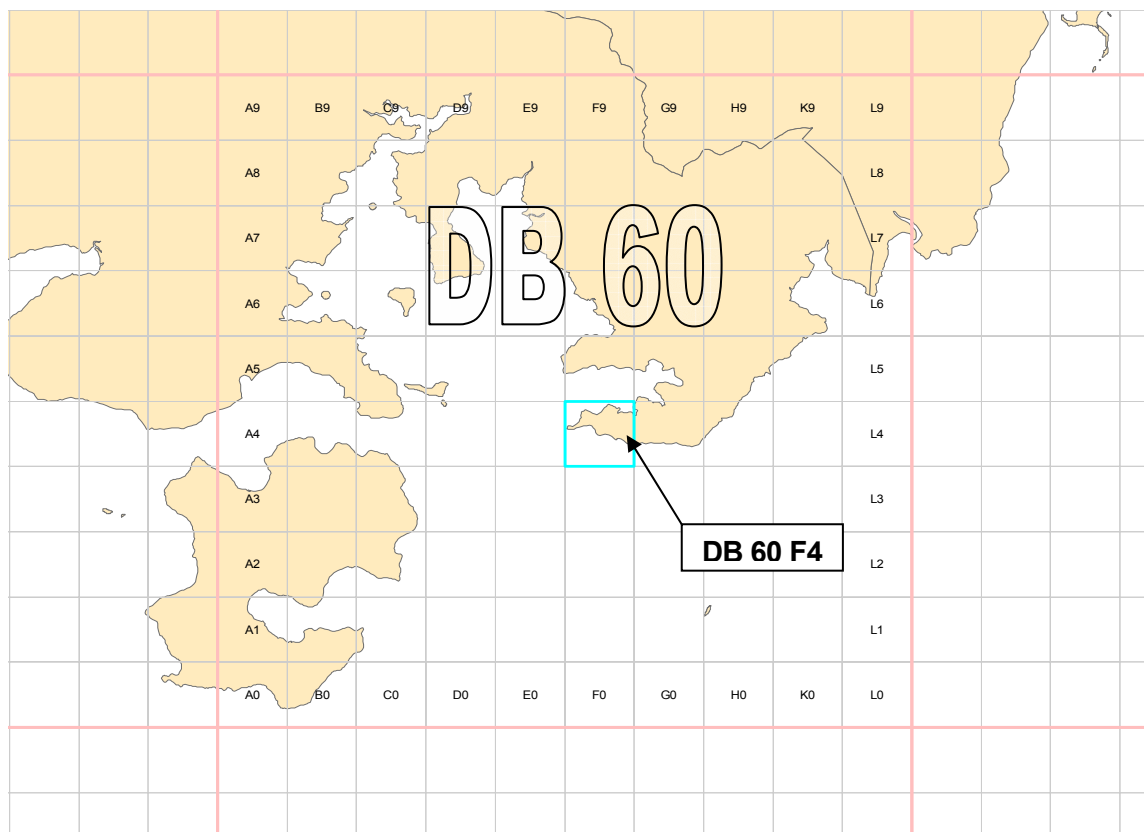
#### **2.1.4 Nouveaux éléments en 2005**

La sécurité civile renforce ses moyens de coordination et d'intervention en mettant en place un centre opérationnel d'incendie et de secours. Ce centre sera chargé de réceptionner les appels d'urgence provenant de toutes les communes de Calédonie et de coordonner les moyens d'intervention terrestres et aériens.

Cette structure marque une étape importante vers la modernisation des moyens de lutte contre les incendies.

Les premiers besoins en cartes et analyses ont été formulés par la sécurité civile. La première nécessité était d'établir un carroyage de coordonnées comme il existe en métropole, permettant de découper le territoire en carrés de 2km par 2 km (carroyage DFCI) afin de disposer d'une base commune de localisation des zones d'interventions.

Le détail de ce carroyage (fabriqué au cours de l'étude) est reporté en annexe 7.



Grâce à ce système de référence standard, il serait possible de localiser les zones d'incendies dans une base de données de façon assez précise.

Cette base de données qui s'inspirerait du modèle de la base Prométhée (mise en place depuis 1973 dans les départements du sud de la France consultation libre sur Internet : [www.promethee.com](http://www.promethee.com) et Annexe 8) pourrait être renseignée au centre de coordination.

### **2.1.5 Conclusions sur les données disponibles pour analyser la menace incendie**

La première constatation est le manque de données exhaustives sur les incendies en Nouvelle-Calédonie. On ne peut pas savoir réellement au cours des dernières années ce qui a brûlé et à quel endroit.

Lorsqu'on dispose d'une partie d'information il en manque une autre :

- La sécurité civile et la Province Sud ont enregistré de l'information sur les surfaces brûlées qui lui ont été signalées et où elle est intervenue mais la localisation s'est faite au mieux au lieu dit, et les surfaces sont estimées à vue. Qu'en est-il des feux où il n'y a pas eu d'intervention ? Les surfaces ont-elle été estimées à la fin réelle du sinistre ?
- Les données satellites de points chauds MODIS sont localisées au kilomètre près, mais la détection ne peut pas se faire si des nuages sont présents et nous ne disposons pas d'informations de superficie.

L'utilisation de ces données ne peut donc pas permettre d'obtenir des chiffres absolus reflétant la réalité des surfaces ou des nombres de feux.

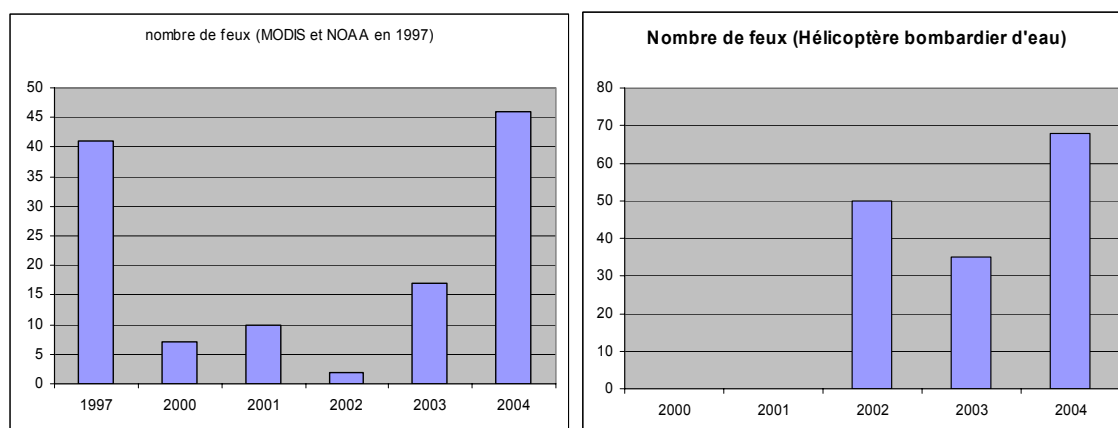
Les images satellites et autres photos aériennes permettraient de cartographier des surfaces mais cela ne peut se faire que rapidement, autour du lieu et dans les mois qui suivent l'incendie. On voit immédiatement l'intérêt que pourrait avoir une base de données renseignée avec tous les départs de feux signalés afin de pouvoir rechercher des images satellites correspondantes et cartographier précisément les surfaces brûlées.

Nous proposons par défaut une méthode d'analyse qui se basera sur l'échantillon des feux détectés par MODIS et par NOAA.

## 2.2 Analyse temporelle des feux

Nous présentons ici succinctement quelques graphiques illustrant la répartition temporelle des feux (MODIS et NOAA).

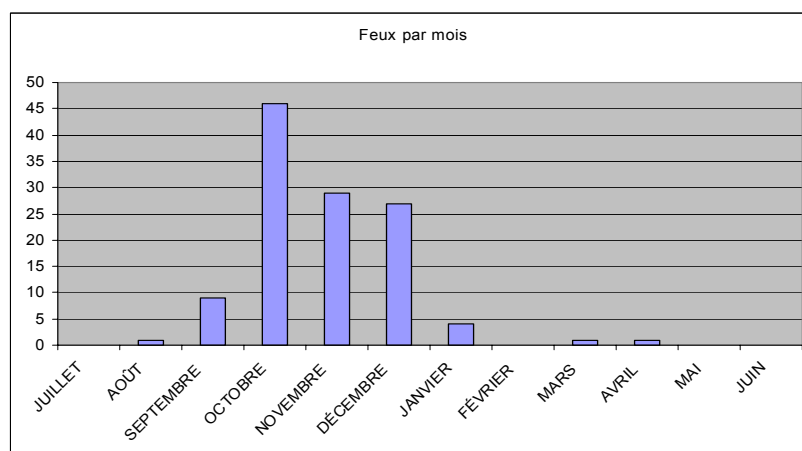
### 2.2.1 Annuelles



Les informations annuelles montrent que le nombre de feux détectés varie fortement chaque année. Pour l'année 2004, l'écart semble relativement faible entre les feux détectés par satellite et les données de terrain de l'Hélicoptère bombardier d'eau. Pour les années 2000 à 2003, les chiffres sont très fortement sous-estimés par MODIS. On peut expliquer cet écart par la date de mise en place du nouvel algorithme de détection en 2004, beaucoup plus performant et sensible qu'avant. Nous attendons actuellement que les images satellites de 2000 à 2003 soient retraitées par MODIS, pour mettre à jour ces informations.

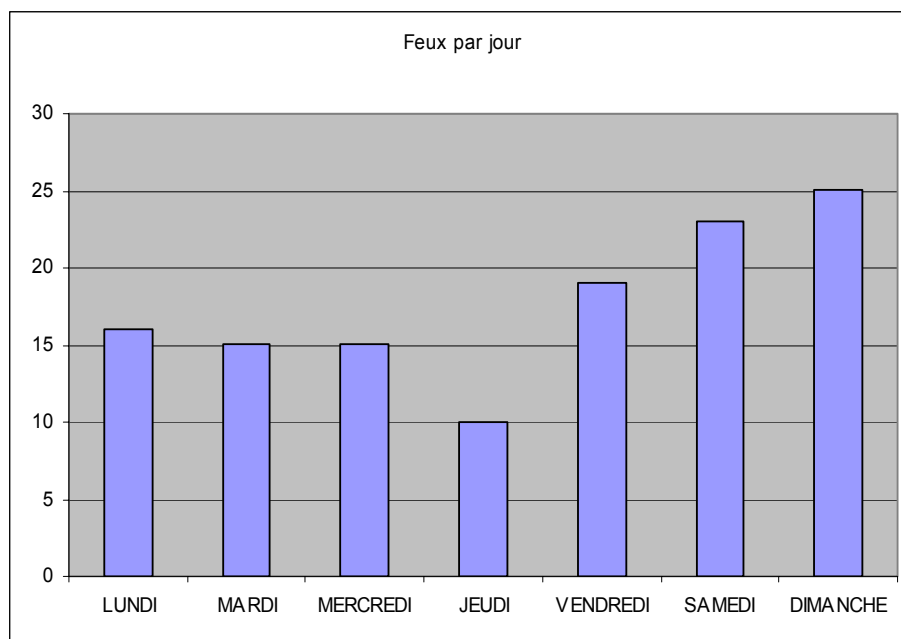
Les données de 1997 avaient été validées à l'époque par le SMAI et le LATICAL.

### 2.2.2 Mensuelles



Ce graphique, issu des données satellites confirme le phénomène connu de la répartition saisonnière des feux avec un pic d'octobre à décembre.

### 2.2.3 Journalière



Cette répartition non équivalente du nombre de feux au cours des jours de la semaine indique qu'il ne s'agit pas d'un phénomène naturel mais qu'il est influencé par l'activité humaine. C'est également un phénomène connu des pompiers, signalé dans le bilan annuel de l'hélicoptère bombardier d'eau 2004-2005 pour la Province Sud.

### 2.3 Analyse géographique des départs de feux

L'objectif de ces différentes cartes est de présenter les possibilités d'analyse que la localisation des départs de feux permet.

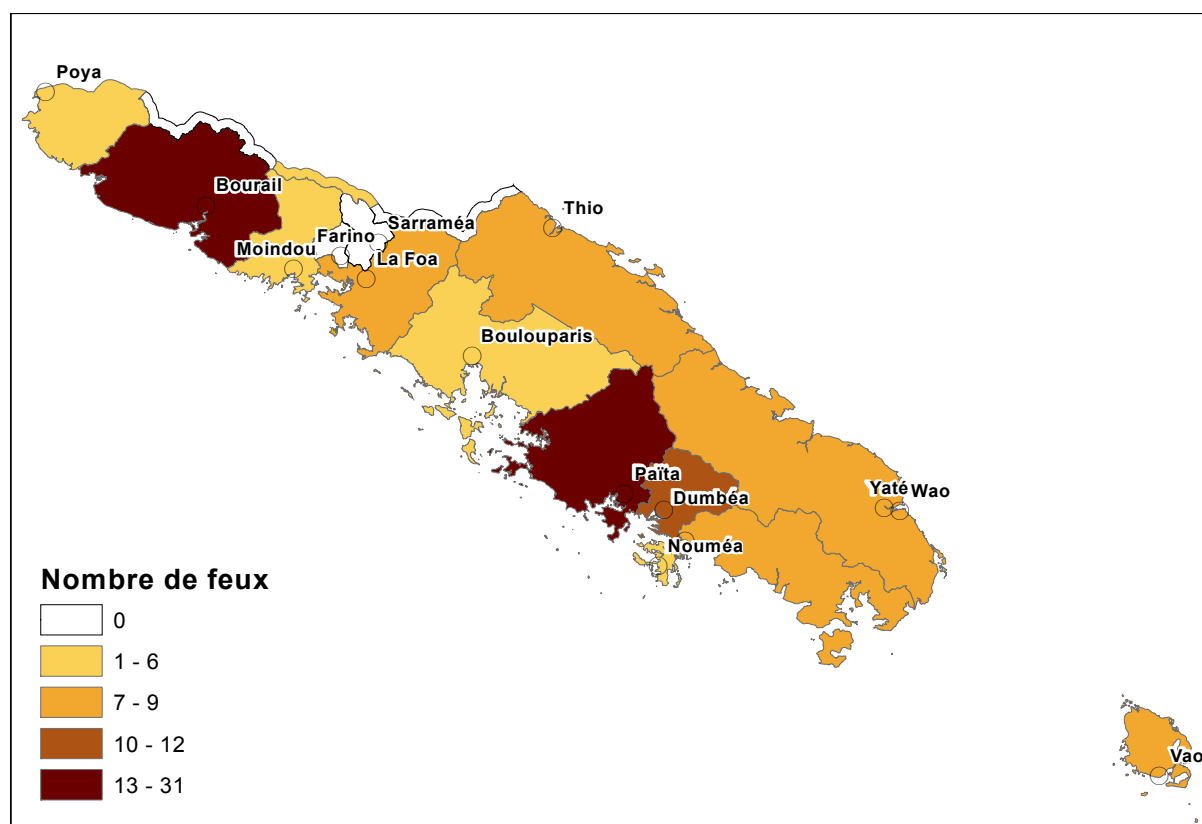
**Il ne s'agit en aucun cas d'un bilan définitif et rigoureux des incendies en Province Sud :**

- Il s'agit plutôt d'une analyse spatiale basée sur un échantillon de feux détectés par MODIS.
- Les départs de feux n'ont pas été confirmés par des observations de terrain, il peut s'agir d'écobuage.

**Néanmoins, les grandes tendances qui seront dégagées au cours de cette analyse correspondent globalement à la réalité de la menace d'incendies pour la Province Sud.**



### 2.3.1 Nombre de feux par communes



**Figure 25 : Nombre de feux détectés par commune (total 1997 et 2000-2004)**

|         |    |
|---------|----|
| Païta   | 31 |
| Bourail | 22 |
| Dumbéa  | 12 |

Trois communes regroupent le plus de feux détectés, il s'agit de Païta, Bourail et Dumbéa, ce sont également les communes les plus peuplées de la Province.

### 2.3.2 Nombre de feux par bassins versants

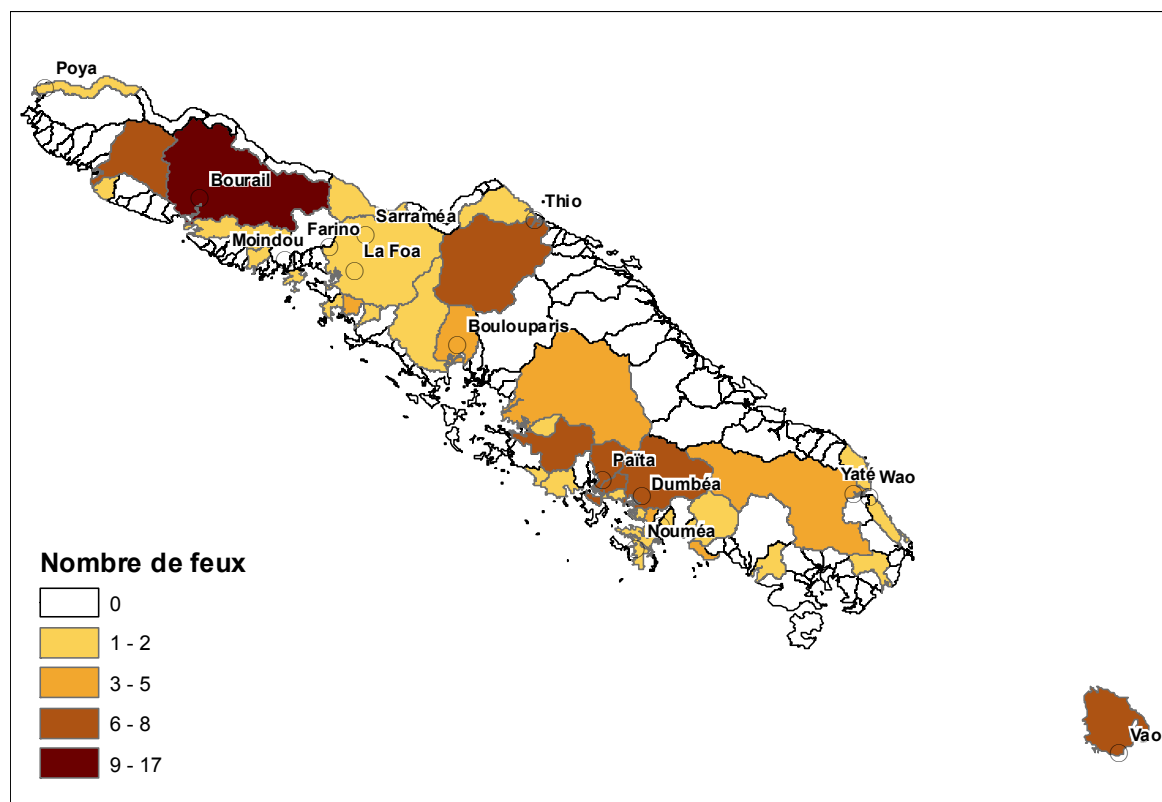


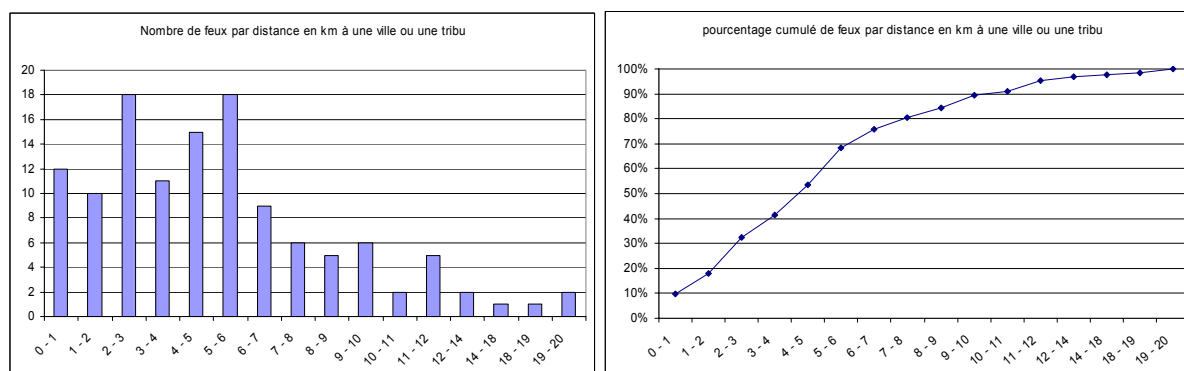
Figure 26 : Nombre de feux détectés par bassin-versant (total 1997 et 2000-2004)

|              |    |
|--------------|----|
| NERA         | 17 |
| ILE DES PINS | 8  |
| KARIKOUIE    | 8  |
| THIO         | 8  |
| DUMBEA       | 7  |
| KATIRAMONA   | 7  |
| TAMOA        | 7  |
| LE_CAP       | 6  |

Lorsqu'on regarde plus finement, au niveau des bassins versants, la Nera, large bassin versant de la région de Bourail, est la zone très largement la plus touchée par les départs de feux. La région de Thio apparaît aussi assez nettement, par rapport à la carte communale.

L'île des Pins concentre également beaucoup de départ de feux pour une faible superficie.

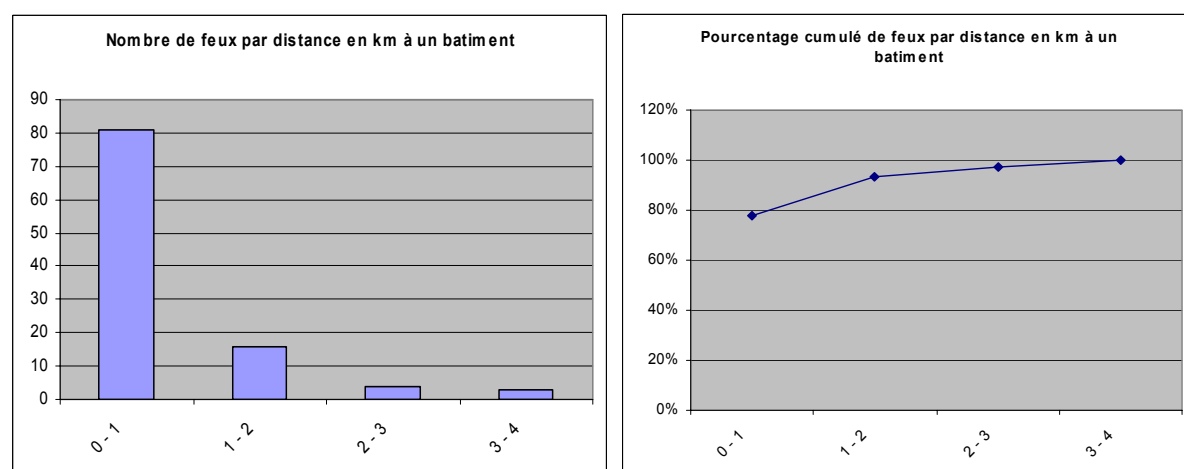
### 2.3.3 Répartition du nombre de feux par tranche de 1km autour des tribus ou des villes



On s'intéresse ici à la notion de proximité des feux. Pour réaliser ces statistiques, on calcule pour chaque feu détecté la distance au centre de la plus proche ville ou tribu (en ligne droite).

Les résultats sont classés par km. On observe une progression quasi-linéaire entre 0 et 10 km du nombre de feux autour des zones d'habitations. 50 % des départs de feux détectés sont ainsi situés à moins de 5 km des centres villes ou des centres de tribu.

### 2.3.4 Le nombre de feux par tranches de 1km autour des bâtiments

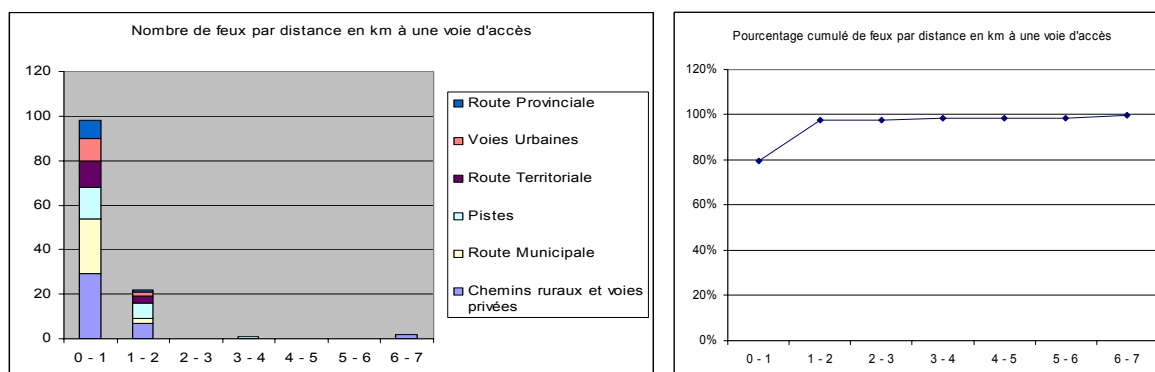


Pour réaliser ces statistiques, on s'appuie sur la couche "bâti" de la BDTPO DITTT. Cette couche ne couvre pas l'ensemble de la Province et nous avons donc effectué ces calculs uniquement sur la zone couverte.

Le calcul consiste pour chaque centre de feu MODIS-AVHRR détecté à trouver le bâtiment le plus proche et la distance correspondante. Nous avons ensuite classé ces distances par tranches de 1km, compatibles avec la précision de localisation des feux.

Il s'avère qu'on observe 80 % des départs de feux dans un rayon de 1 km autour des bâtiments et 100 % dans un rayon de 4 km.

### 2.3.5 Le nombre de feux par tranche de 1km autour des routes et pistes



On réalise également le même type de dénombrement, en partant des routes et des pistes. 80% des feux sont dénombrés à moins de 1 km d'une voie d'accès. On utilise pour ce calcul les données du 50000 DITTT, couvrant l'ensemble de la Province Sud.

### 2.3.6 Proximité des feux

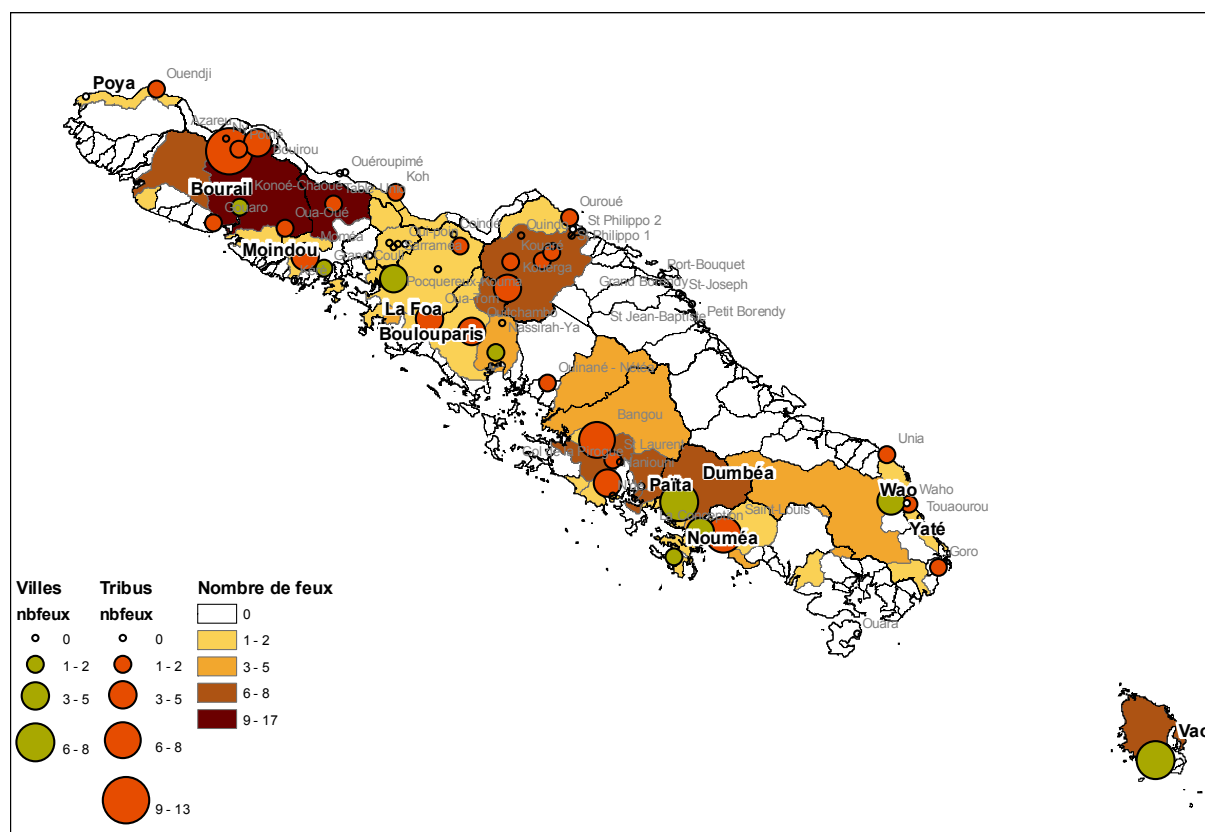
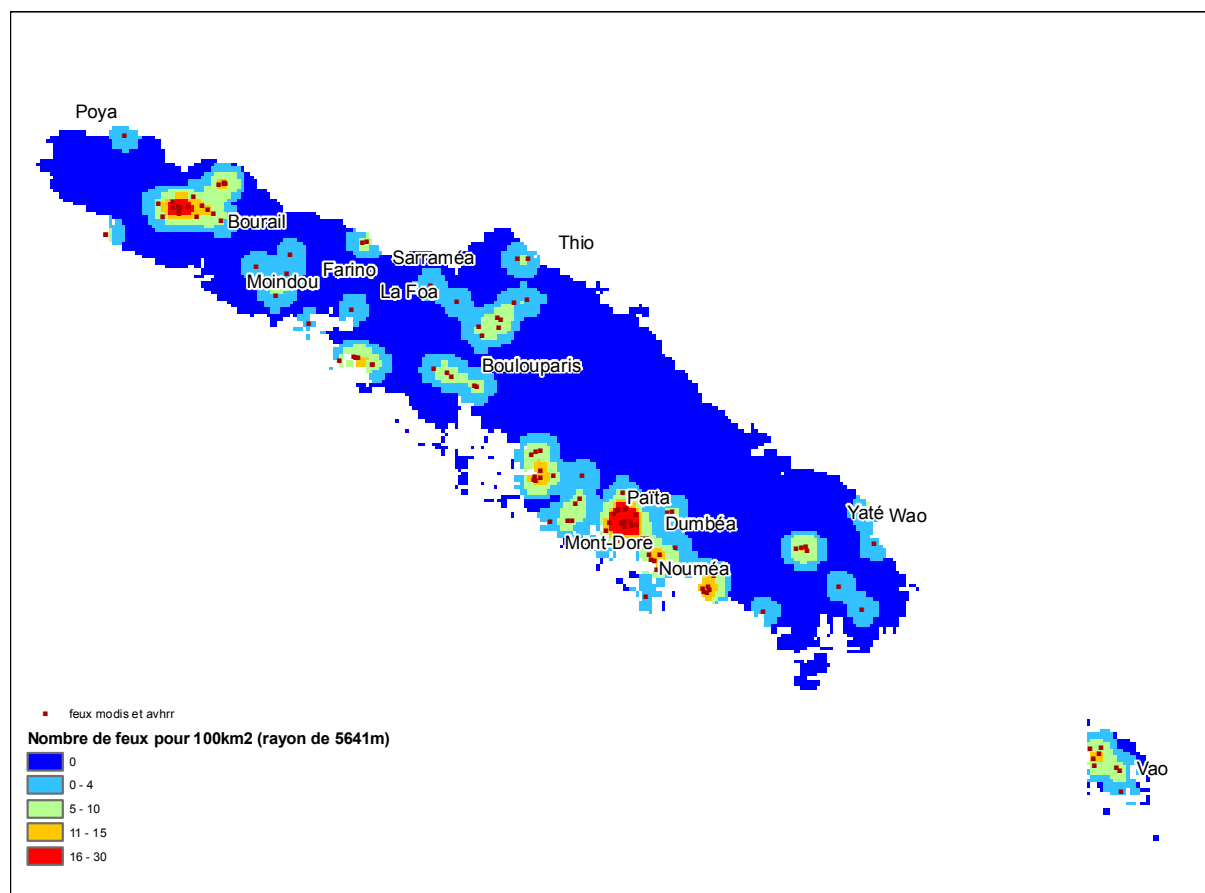


Figure 27 : Nombre de feux à proximité des villes ou des tribus

Pour réaliser cette carte on calcule pour chaque feu, la tribu ou la ville la plus proche. Ensuite, on compte le nombre de feux lié à chaque ville et tribu. Au centre de chaque ville ou tribu, on représente des cercles proportionnels au nombre de feux les plus proches. La carte des bassins versants est utilisée comme fond.

Cette carte pourrait être utile pour définir des priorités géographiques pour les campagnes de sensibilisation du public.

### 2.3.7 Densité des départ de feux observés par satellite



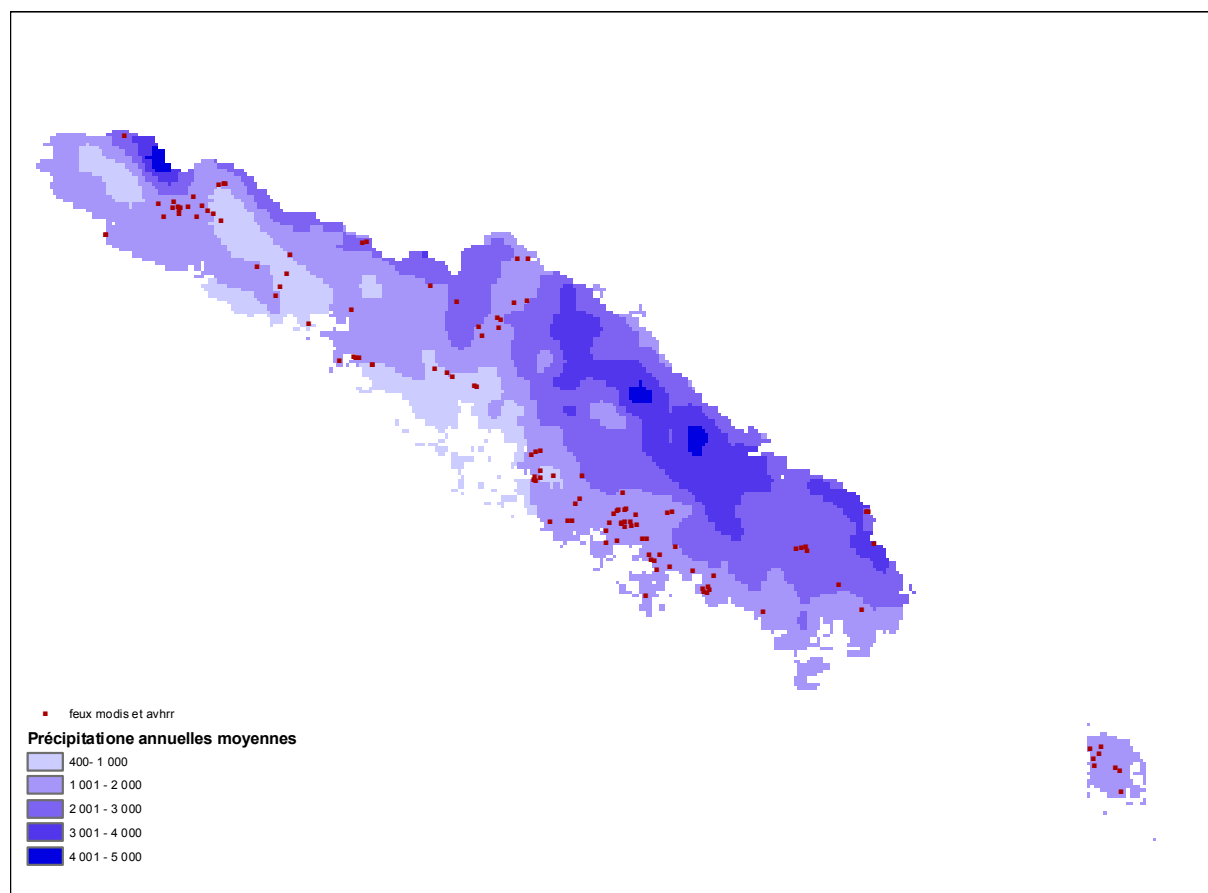
**Figure 28 : densité de feux détectés**

Afin de déterminer une carte d'intensité des feux, on utilise une grille de 1km de maille pour représenter la Province Sud. Pour chaque pixel de cette grille on compte le nombre de feux présents dans rayon de 5641m centré sur le pixel considéré, soit une surface de 100km<sup>2</sup>.

Pour lisser le rendu, les feux sont pondérés en fonction de leur distance au point considéré selon la méthode kernel (Silverman, B.W. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. New York: Chapman and Hall, 1986. )

Les zones les plus denses sont celles de Païta, Dumbéa et Bourail. La transversale de Thio se dessine.

### 2.3.8 Feux et pluviométrie



**Figure 29: Répartition des feux et pluviométrie annuelle**

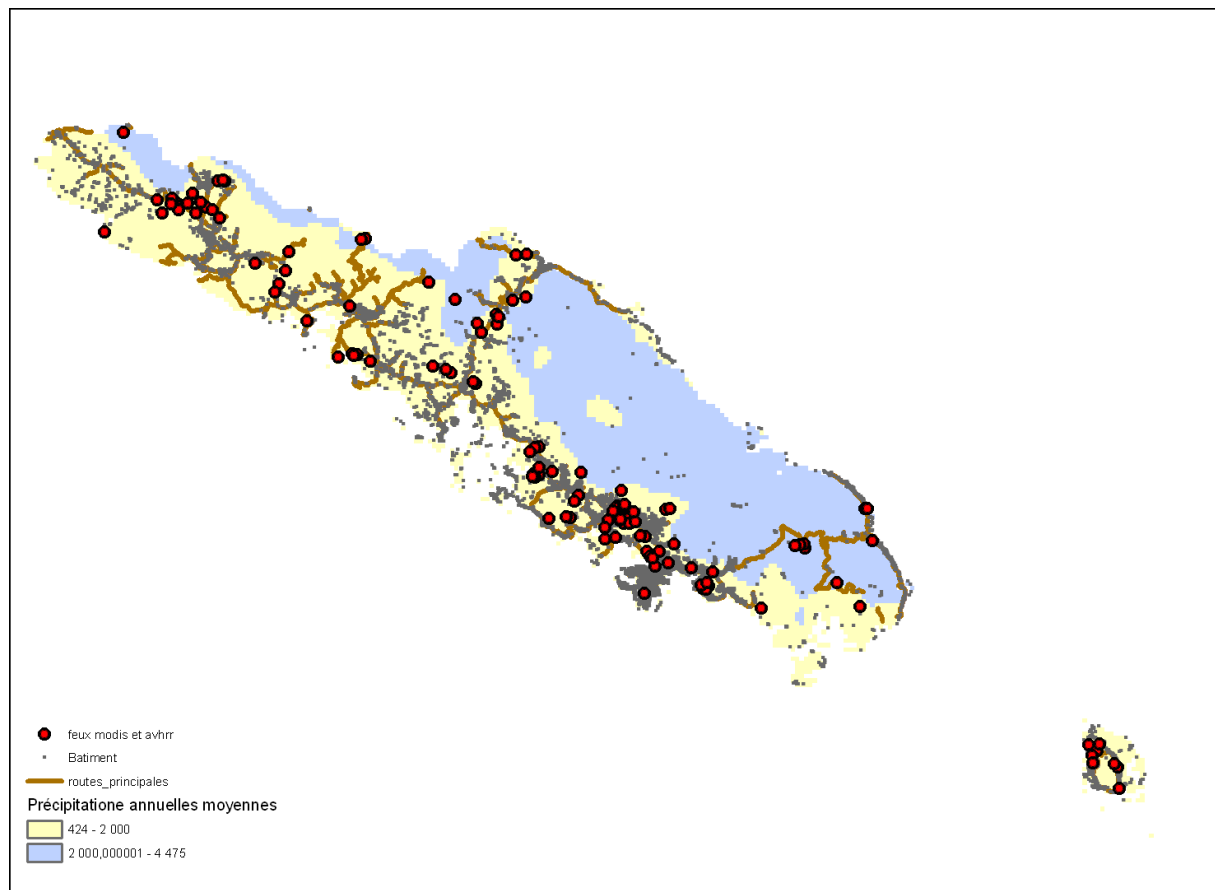
Pour réaliser cette carte nous avons obtenu de météo France les courbes isohyètes des moyennes annuelles trentenaires tous les 500mm.

Les incendies se situent nettement dans les zones de précipitations inférieures à 2000 mm /an.

## 2.4 Modélisation du risque incendie

Nous proposons de modéliser le risque incendie à l'échelle de la province sud en se basant sur les facteurs déterminants présentés précédemment.

Les représentations cartographiques nous montrent nettement un lien visuel entre la position des feux, les agglomérations, les voies d'accès et la pluviométrie :



**Figure 30 : localisation des feux par rapport aux bâtiments, aux routes et aux faibles précipitations**

La précision de la localisation des feux étant de l'ordre du kilomètre, il ne serait pas correct de vouloir travailler à une précision meilleure que celle-ci. C'est également l'ordre de précision des données météorologiques.

Nous proposons par la suite de travailler à travers une maille de 2km, compatible avec le degré de précision de nos données. Il semble idéal de travailler avec la grille de coordonnées DFCI dont les carrés élémentaires font 2km de côté. Les éléments d'analyse de cette étude pourront ainsi être facilement mis en relation avec les futures données de terrain et d'intervention dont la localisation sera basée sur ce découpage.

Les données cartographiques concernant réseau routier et pluviométrie sont disponibles sur l'ensemble de la Province Sud. Par contre, pour l'habitat, nous nous basons sur les données de la BDTPO qui concerne seulement une partie des carrés DFCI.

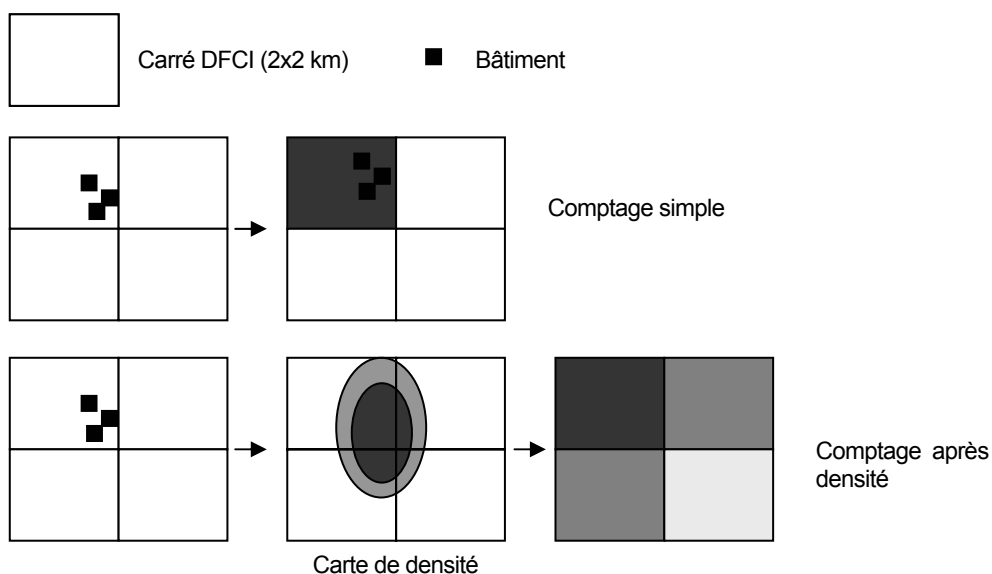


**Figure 31 : Carrés DFCI concernés par la BDTPO DITTT**

La BDTPO est en cours de réalisation, la couverture complète est prévue pour fin 2008.

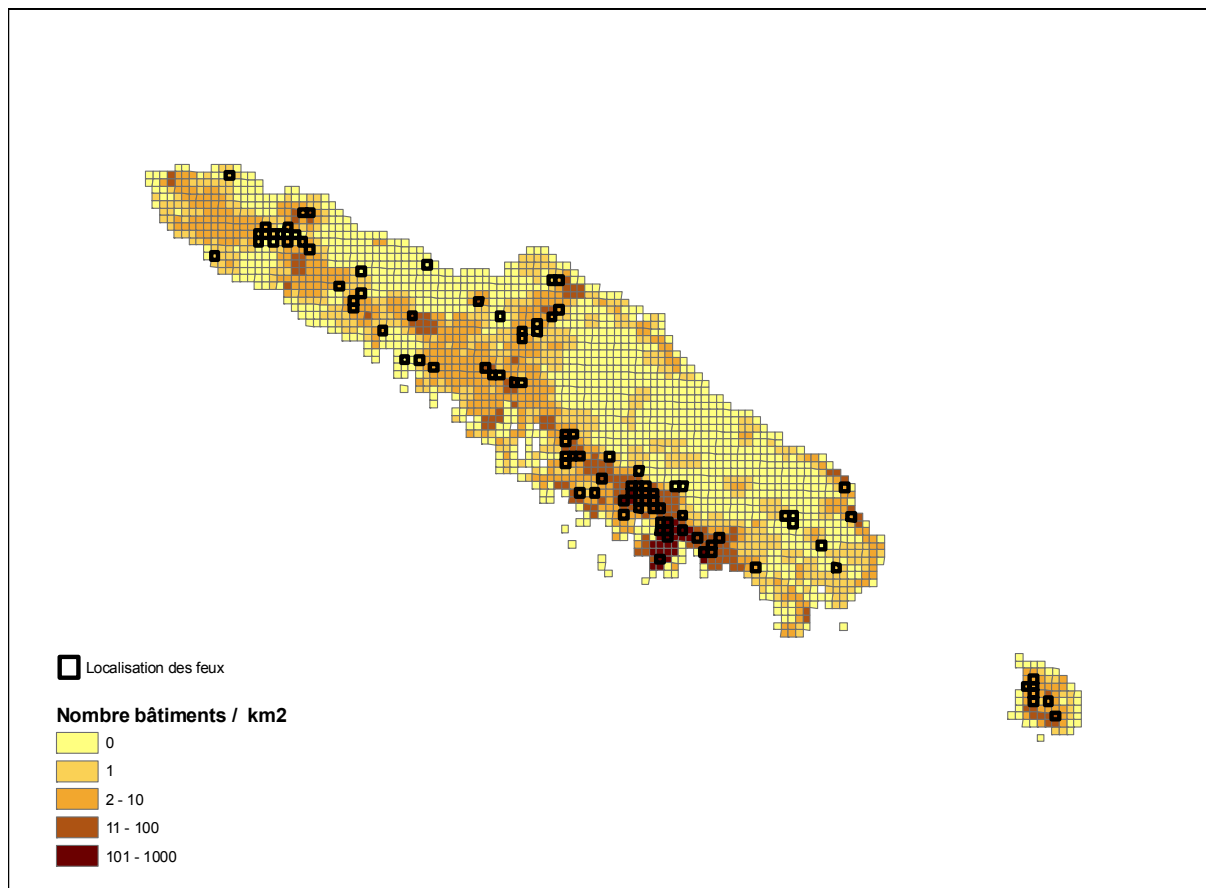
### 2.4.1 Risque d'incendie et habitat

Afin d'étudier ce facteur, nous avons travaillé sur la carte de densité de l'habitat. Celle-ci a été réalisée à partir des données de la BDTPO. On aurait pu directement compter le nombre de bâtiments présents à l'intérieur de chaque carré DFCI mais dans les zones d'habitat dispersé, on se serait heurté au problème de sous échantillonnage et l'impact de quelques maisons isolées aurait été mal représenté.





La carte de densité est réalisée pour une surface de calcul de 10km<sup>2</sup> pour un pixel de 1km. On utilise cette carte de densité en la ré-échantillonnant sur le carroyage DFCI par moyenne des 4 pixels contenus dans chaque carré DFCI.



**Figure 32 : Densité de l'habitat par carré DFCI**

Dans la région de Bourail, il y a un déficit d'information de la BDTOPO, ce qui se traduit par une représentation plus faible de la densité d'habitat. Le "trou" dans la région de la chaîne centrale est moins problématique, puisqu'il correspond à une zone non peuplée.

On peut obtenir les statistiques suivantes (réalisées sur les 1866 carrés DFCI concernés par la BDTOPO) :

- Nombre et pourcentage de feux par classes de densité d'habitat,
- Nombre de carrés DFCI par classes de densité d'habitat
- Occurrence des feux par classes de densité d'habitat (nombre de feux / nombre de carrés de chaque classe)

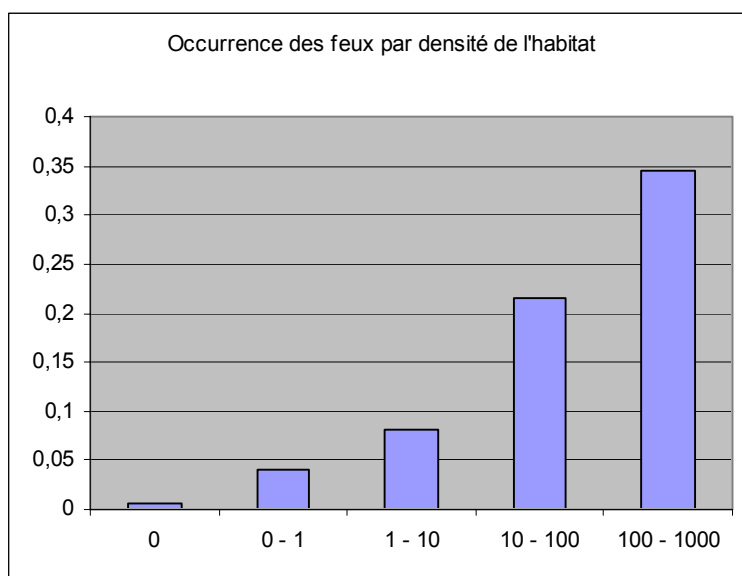
| densité de bati / km2 | nb feux | % feux | pourcentage cumulé | surface (nb carrés dfci) | Occurrence | coeff. risque |
|-----------------------|---------|--------|--------------------|--------------------------|------------|---------------|
| 0                     | 5       | 5%     | 5%                 | 751                      | 0,007      | 1             |
| 0 - 1                 | 18      | 17%    | 22%                | 450                      | 0,04       | 2             |
| 1 - 10                | 38      | 36%    | 58%                | 473                      | 0,09       | 3             |
| 10 - 100              | 35      | 33%    | 91%                | 163                      | 0,21       | 4             |
| 100 - 1000            | 10      | 9%     | 100%               | 29                       | 0,34       | 4             |
| Total                 | 106     |        |                    | 1866                     |            |               |

On définit alors le risque lié à la densité de l'habitat en fonction de l'occurrence observée :

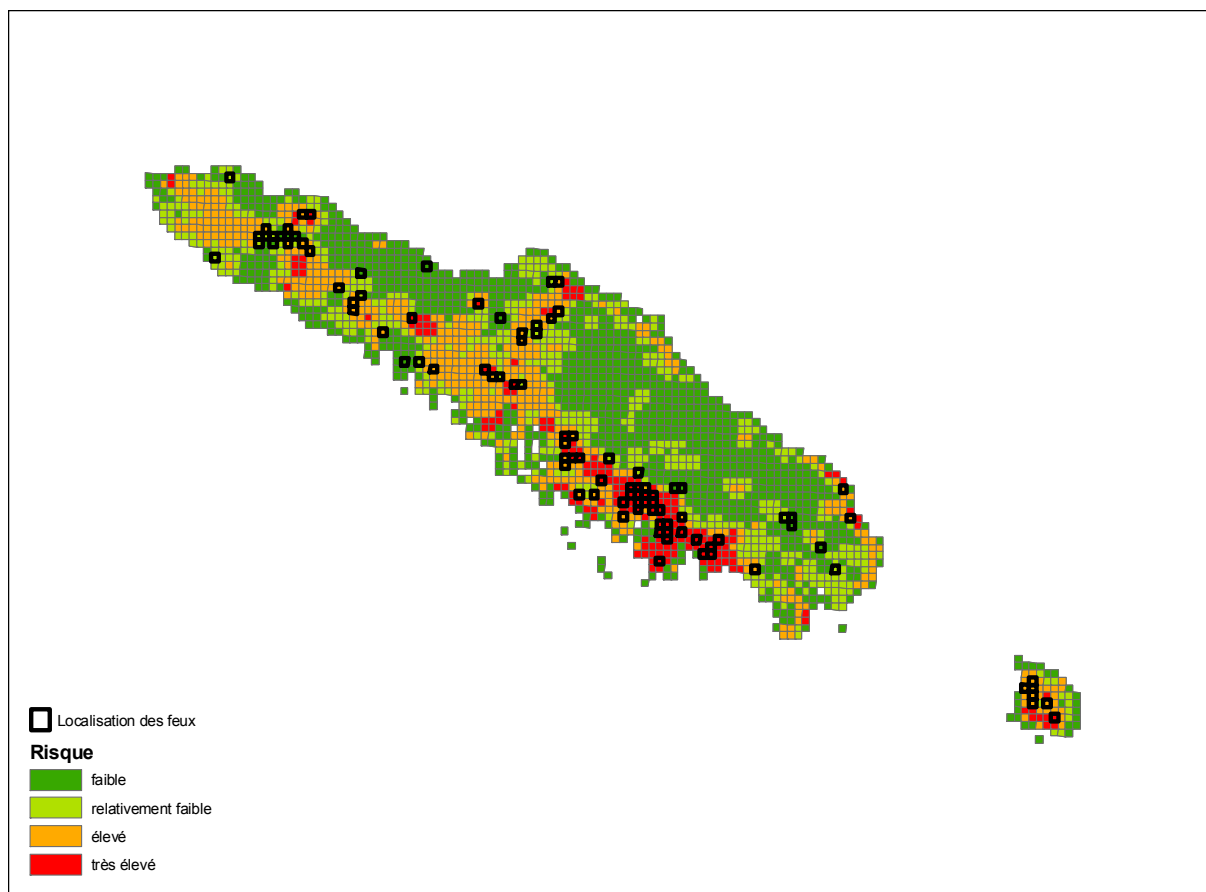
| Occurrence                   | Risque                  |
|------------------------------|-------------------------|
| Inférieure à 0,01            | 1 (faible)              |
| comprise entre 0, 01 et 0,05 | 2 (relativement faible) |
| comprise entre 0, 05 et 0,12 | 3 (élevé)               |
| supérieure à 0,12            | 4 (très élevé)          |

L'occurrence correspond à un nombre moyen de feux par unité de surface. Sachant qu'un carré DFCI fait 4km<sup>2</sup>, le tableau peut donc également être lu ainsi :

| Nombre de feux pour 400 km <sup>2</sup> (100 carrés DFCI) | Risque                  |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|
| inférieur à 1                                             | 1 (faible)              |
| entre 1 et 5                                              | 2 (relativement faible) |
| entre 5 et 12                                             | 3 (élevé)               |
| supérieur à 12                                            | 4 (très élevé)          |



Le risque d'incendie augmente de façon importante avec la densité de l'habitat.



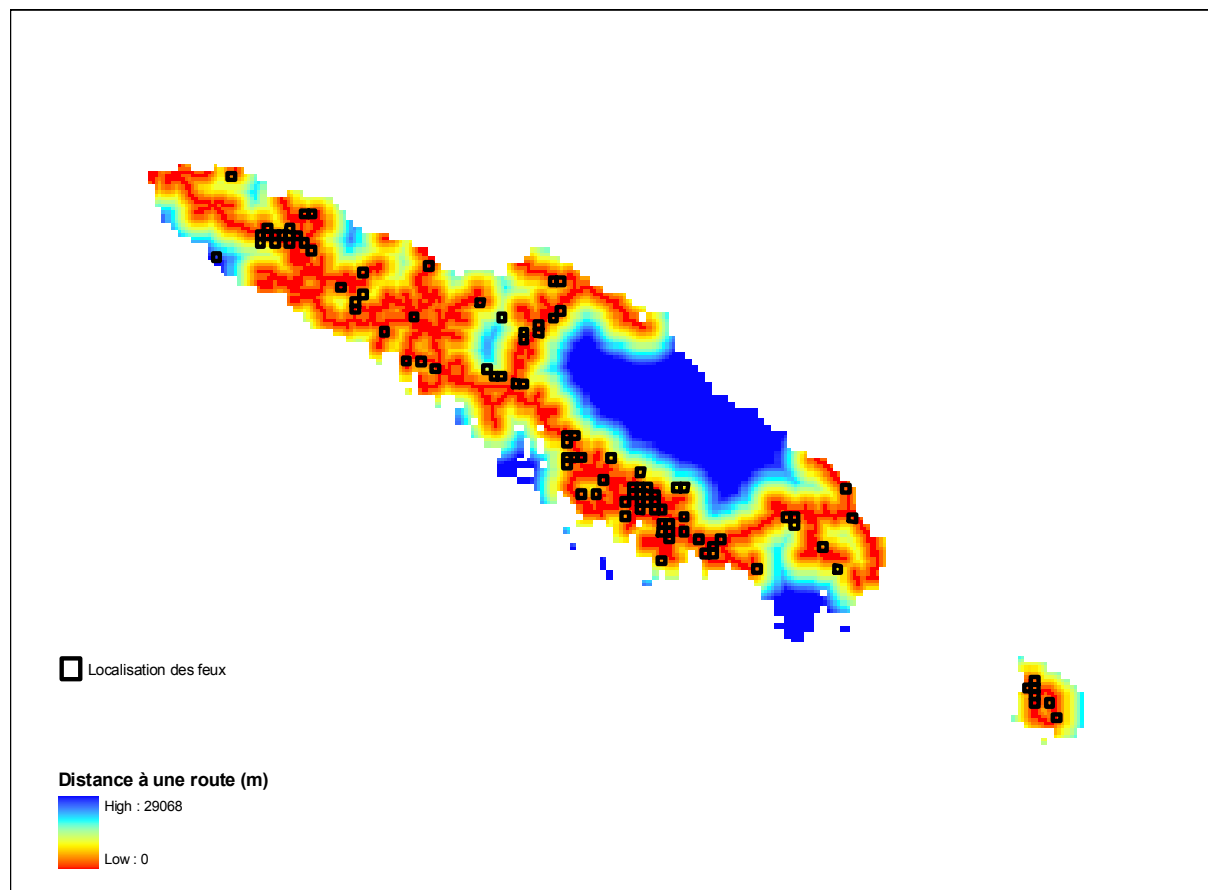
**Figure 33 : Risque d'incendie en rapport avec la densité de l'habitat**

Les zones les plus peuplées (en rouge) sont effectivement des zones où les départs de feux se concentrent.

### 2.4.2 Risque d'incendie et voies d'accès

Pour étudier ce paramètre nous nous sommes basés sur une carte de distance à la plus proche route.

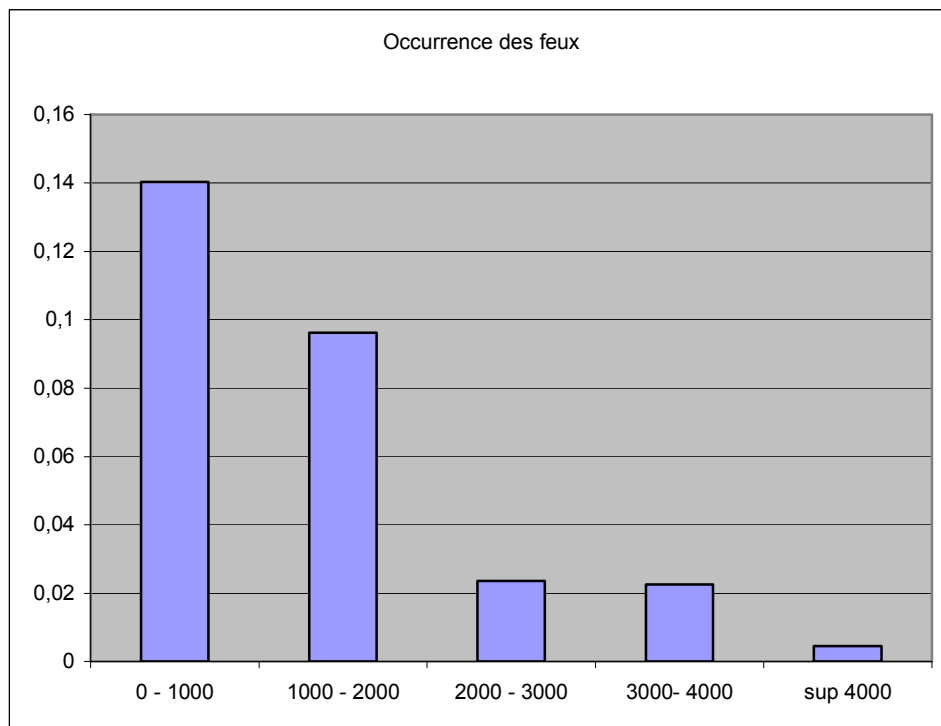
Nous avons choisi de nous limiter aux routes principales et de ne pas inclure toutes les petites pistes et sentiers ceci afin de concentrer l'analyse sur les voies les plus fréquentées. Le calcul est réalisé en prenant la distance linéaire, estimation la plus simple qui ne prend pas en compte le relief.



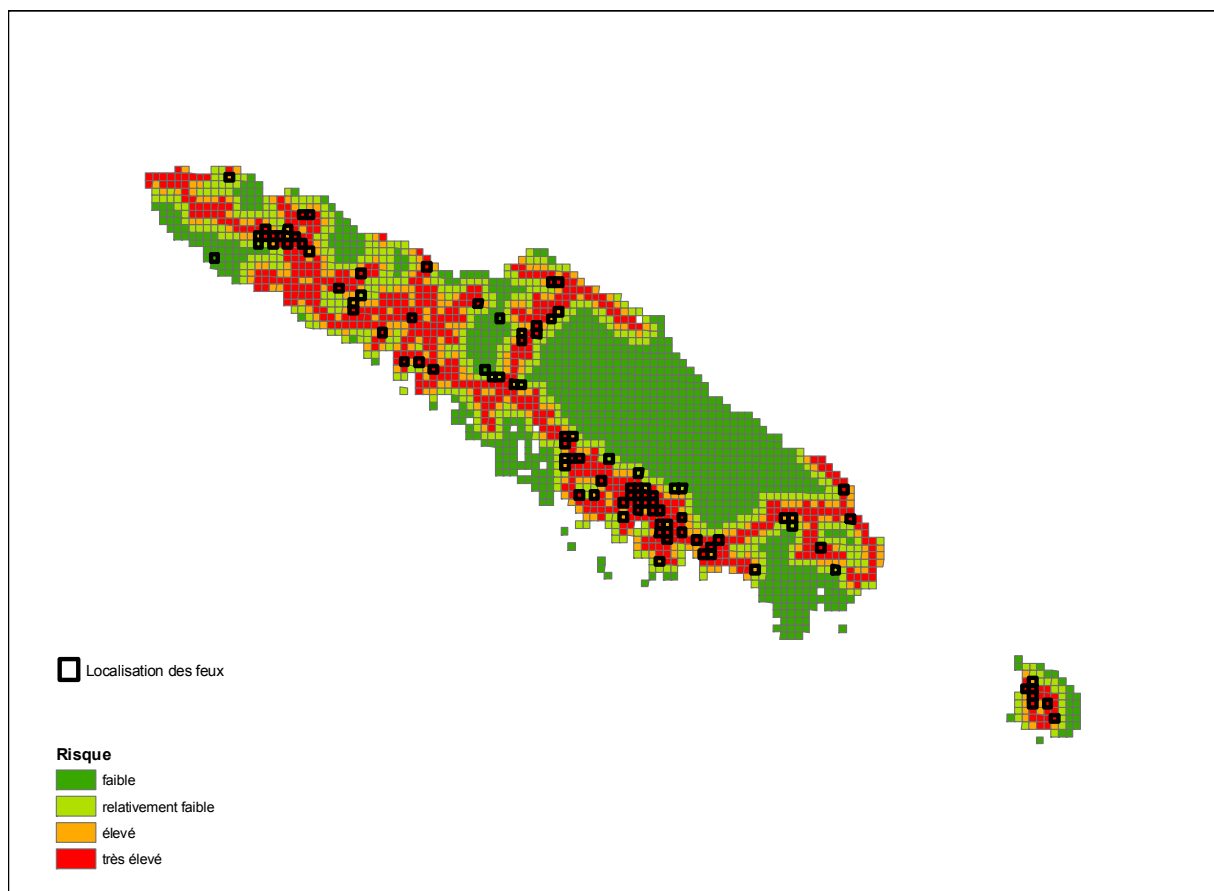
**Figure 34 : Distance linéaire à la plus proche route (pixel 1km)**

La distance moyenne est alors ré-échantillonnée sur le carroyage DFCI. On obtient les statistiques suivantes :

| Distance à une route | nb feux | % feux | pourcentage cumulé | surface (nb carrés dfci) | Occurrence | coeff. risque |
|----------------------|---------|--------|--------------------|--------------------------|------------|---------------|
| 0 - 1000             | 80      | 65%    | 65%                | 570                      | 0,14       | 4             |
| 1000 - 2000          | 28      | 23%    | 88%                | 291                      | 0,09       | 3             |
| 2000 - 3000          | 7       | 6%     | 93%                | 296                      | 0,02       | 2             |
| 3000 - 4000          | 4       | 3%     | 97%                | 177                      | 0,02       | 2             |
| sup 4000             | 4       | 3%     | 100%               | 875                      | 0,0        | 1             |
| Total                | 123     | 100%   |                    | 2209                     |            |               |



En appliquant les même règle qu'au point 2.3.1, on obtient la carte du risque d'incendie lié aux voies d'accès.



**Figure 35 : Risque d'incendie en rapport avec les voies de circulation**

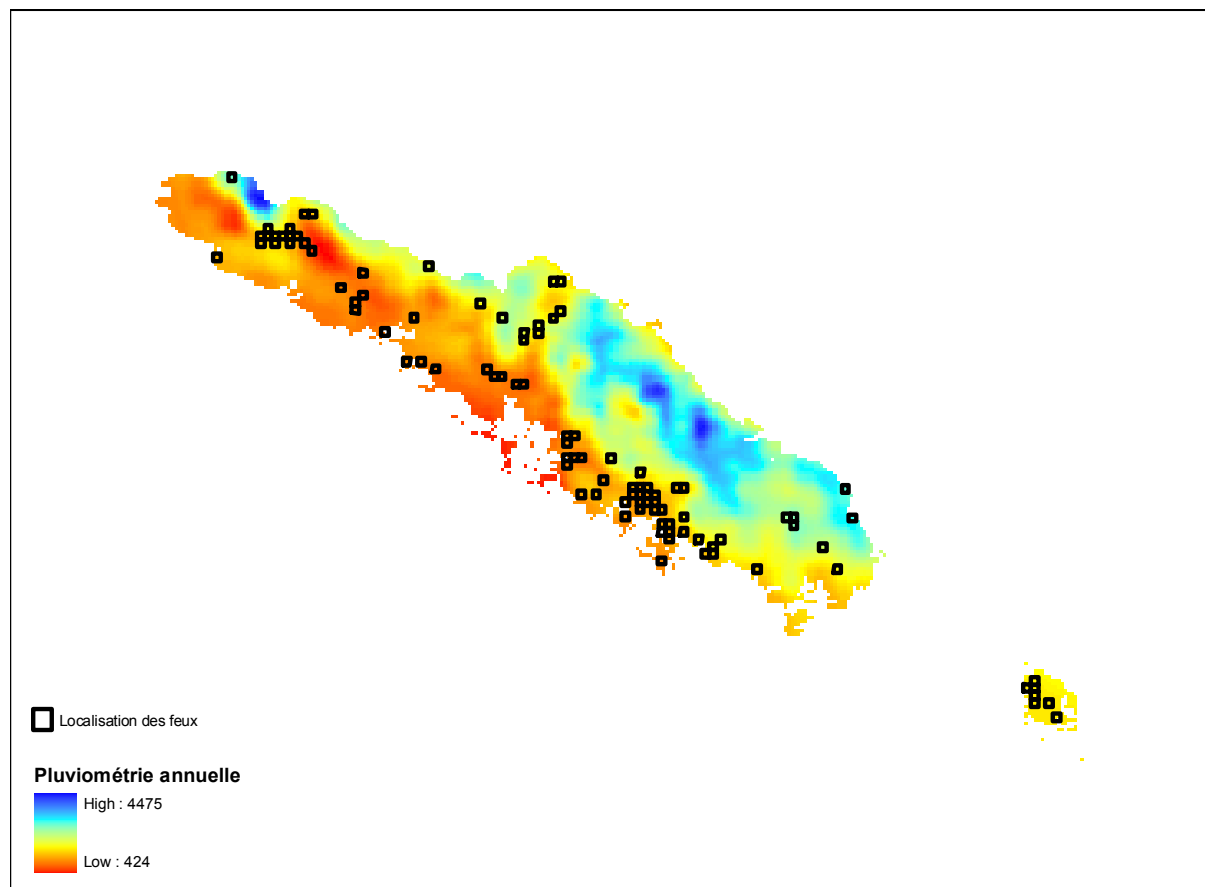
Les feux sont pratiquement toujours proches d'une voie de circulation importante (moins de 2km).

### 2.4.3 Risque d'incendie et pluviométrie

Pour étudier le facteur pluviométrie, nous aurions voulu pouvoir travailler sur des représentations mensuelles moyennes autour de la période sèche. Ne disposant pas de telles données, nous avons travaillé sur les isohyètes de pluviométrie moyenne annuelle.

Même si cette donnée est moins pertinente car elle est moins liée à la période des feux, elle reste intéressante.

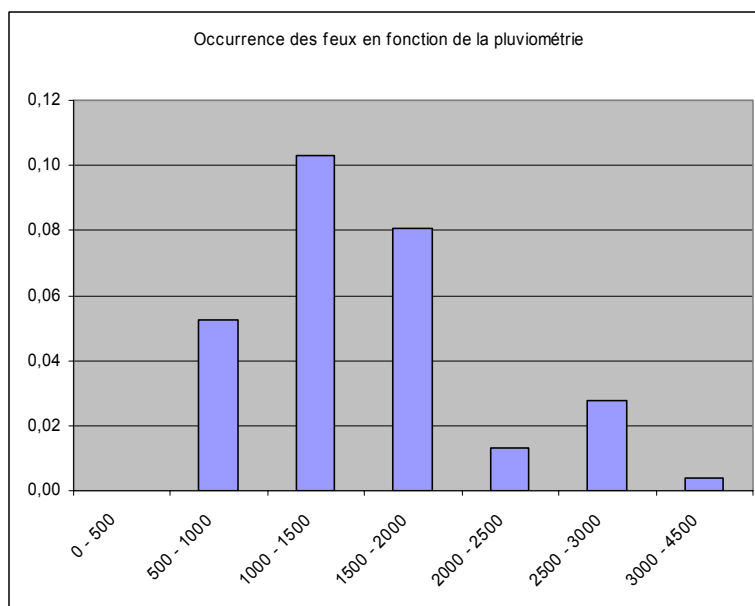
La carte a été interpolée par krigeage ordinaire à partir des isohyètes fournis par Météo France.



**Figure 36 : Pluviométrie annuelle (moyenne trentenaire)**

La pluviométrie est ré-échantillonnée par moyenne sur la grille DFCI. On obtient les statistiques suivantes :

| Pluviométrie | nb feux | % feux | pourcentage cumulé | surface (nb carrés dfci) | Occurrence | coeff. risque |
|--------------|---------|--------|--------------------|--------------------------|------------|---------------|
| 0 - 500      | 0       | 0%     | 0%                 | 29                       | 0,00       | 1             |
| 500 - 1000   | 16      | 13%    | 13%                | 304                      | 0,05       | 3             |
| 1000 - 1500  | 61      | 50%    | 63%                | 592                      | 0,10       | 3             |
| 1500 - 2000  | 33      | 27%    | 89%                | 409                      | 0,08       | 3             |
| 2000 - 2500  | 5       | 4%     | 93%                | 377                      | 0,01       | 2             |
| 2500 - 3000  | 7       | 6%     | 99%                | 255                      | 0,03       | 2             |
| 3000 - 4500  | 1       | 1%     | 100%               | 243                      | 0,00       | 1             |



La carte de risque qui en découle est réalisée suivant les mêmes critères que précédemment.



**Figure 37 : Risque d'incendie en rapport avec la pluviométrie**

On remarque que les feux situés dans le sud sont situés largement dans des zones de risque faible au regard de la pluviométrie annuelle, comme le confirme le graphique au-dessus où l'occurrence n'est pas négligeable dans les classes de précipitations 2500-4500. Il s'agit là du biais introduit par la prise en compte des précipitations annuelles au lieu des précipitations des mois déterminants pour la saison sèche.

Il n'est pas possible de délimiter des zones à risque très élevé à partir des précipitations car il s'agit d'une variable qui varie mollement dans l'espace par rapport aux localisations précises et regroupées des départ de feux. On peut également l'interpréter comme une preuve du lien plus fort qui existe entre les feux et les éléments anthropiques (habitat et routes)

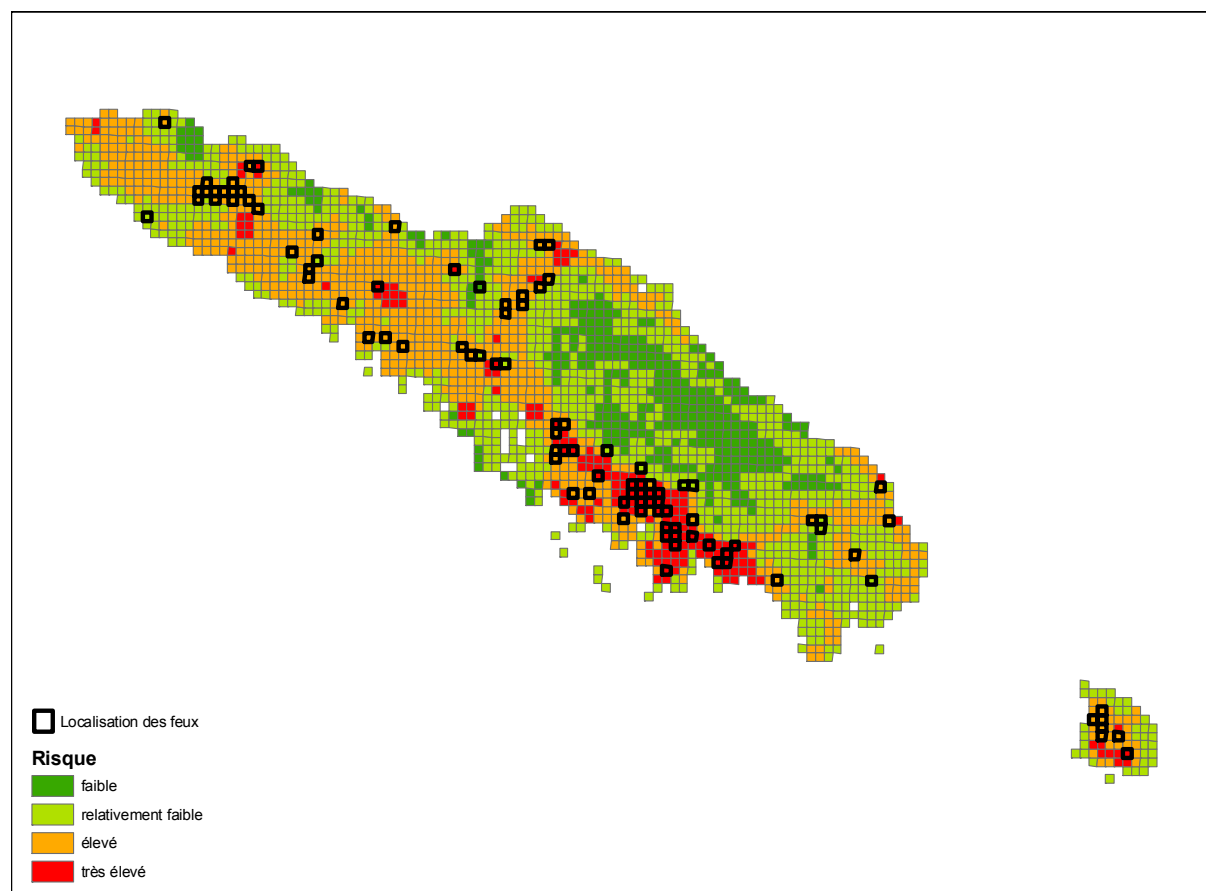
#### 2.4.4 Risque global d'incendie

Le risque global est calculé à partir des trois indices : habitat, accès, et pluviométrie.

Pour chaque carré DFCI, on effectue la moyenne des occurrences observées pour chaque paramètre. Les zones cumulant des paramètres de risques importants sont donc renforcées, les autres pondérées en fonction des indices

Ces valeurs moyennes d'occurrence sont reclassées selon les mêmes règles que précédemment.

On obtient la carte finale qui synthétise le risque global :

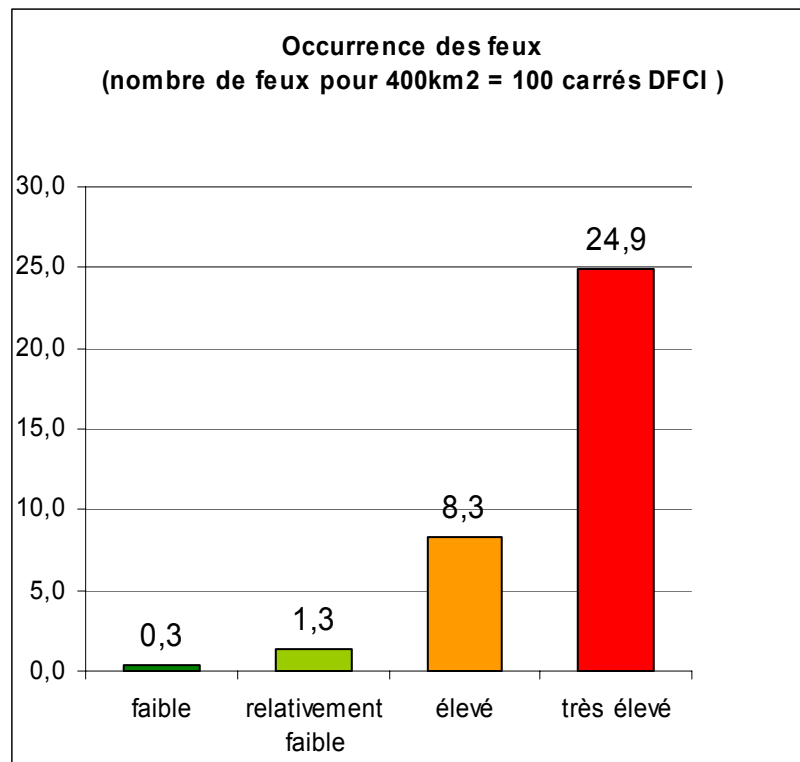


**Figure 38 : Risque global d'incendie**

Les statistiques finales réalisées après classification sont les suivantes :

| Risque | nb feux | pourcentage | pourcentage cumulé | surface (nb carrés dfci) | Occurrence finale | Nombre de feux pour 400 km2 |
|--------|---------|-------------|--------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 1      | 1       | 1%          | 1%                 | 320                      | 0,003             | 0,3                         |
| 2      | 12      | 10%         | 11%                | 912                      | 0,013             | 1                           |
| 3      | 66      | 54%         | 64%                | 800                      | 0,082             | 8                           |
| 4      | 44      | 36%         | 100%               | 177                      | 0,248             | 25                          |





Les zones qui présentent le plus de risque sont les régions périurbaines de Dumbéa, Paita, Mont-Dore.

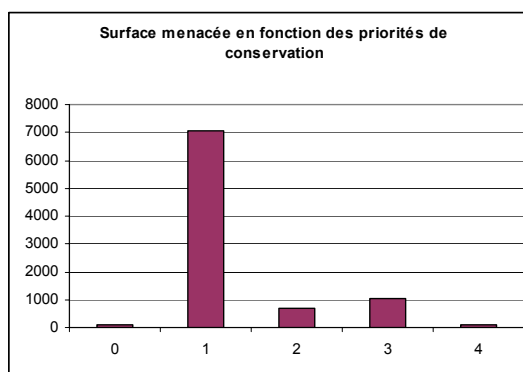
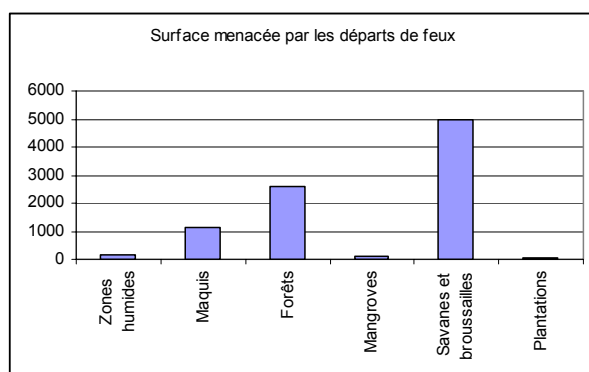
Le risque est élevé sur l'ensemble de la côte ouest et le long des routes transversales ainsi que sur une grande partie de l'Ile des Pins.

## 2.5 Analyse par rapport aux milieux naturels

### 2.5.1 Dans un rayon de 1 km autour des feux

Les surfaces en ha des milieux naturels menacés par les feux se répartissent ainsi.

| Milieu                  | Priorité de conservation botanique |      |     |      |     | Total |
|-------------------------|------------------------------------|------|-----|------|-----|-------|
|                         | 0                                  | 1    | 2   | 3    | 4   |       |
| Zones humides           | 5                                  | 30   | 9   | 104  |     | 148   |
| Maquis                  |                                    | 703  | 208 | 215  |     | 1125  |
| Forêts                  |                                    | 1314 | 476 | 714  | 100 | 2604  |
| Mangroves               | 51                                 | 56   |     |      |     | 106   |
| Savanes et broussailles |                                    | 4948 |     |      |     | 4948  |
| Plantations             | 62                                 |      |     |      |     | 62    |
| Total                   | 118                                | 7051 | 693 | 1032 | 100 | 8994  |

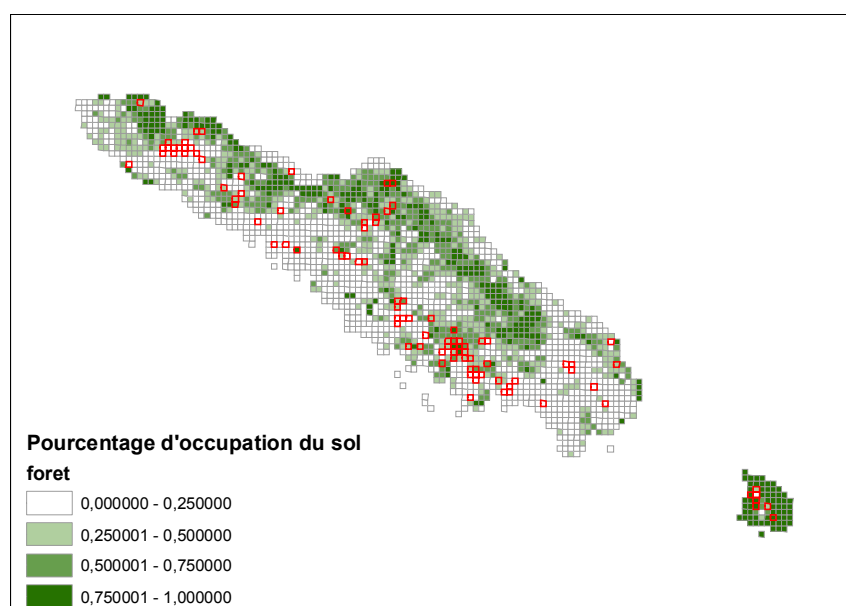
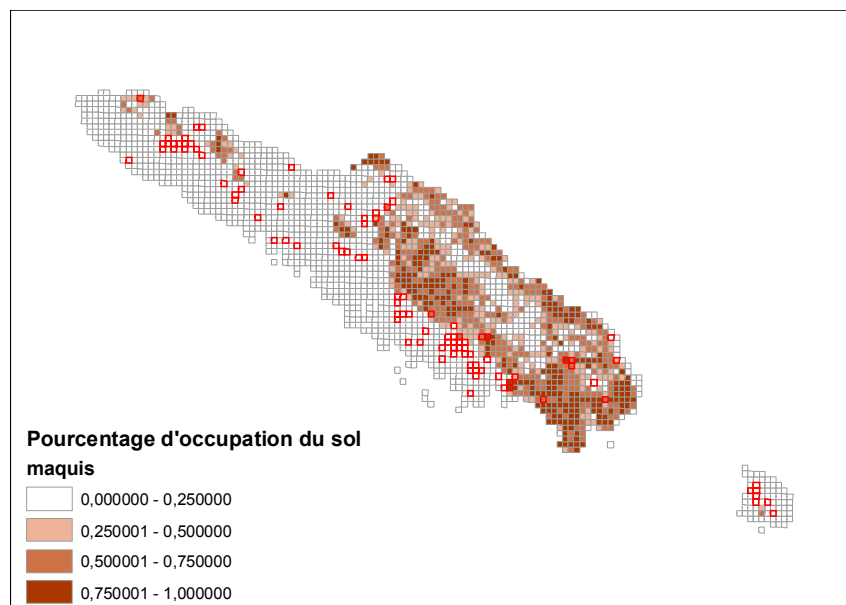


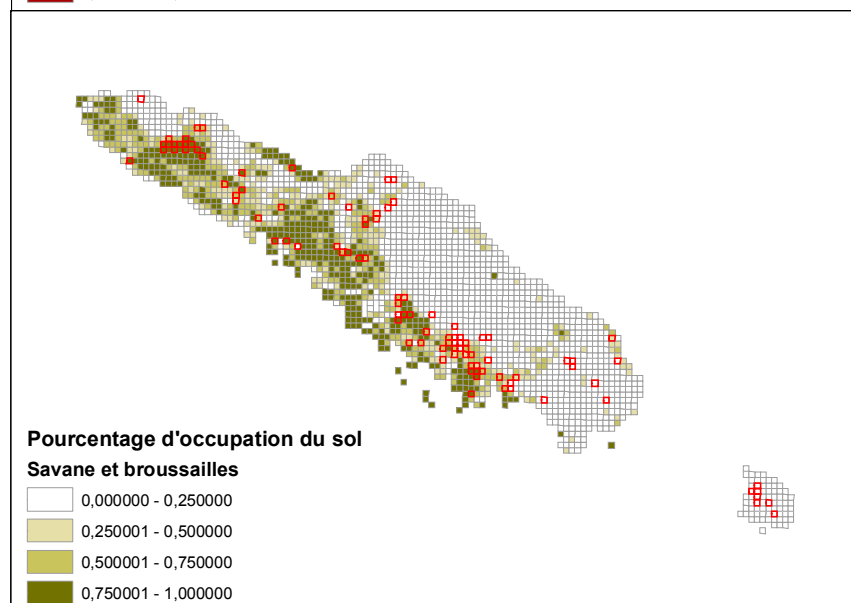
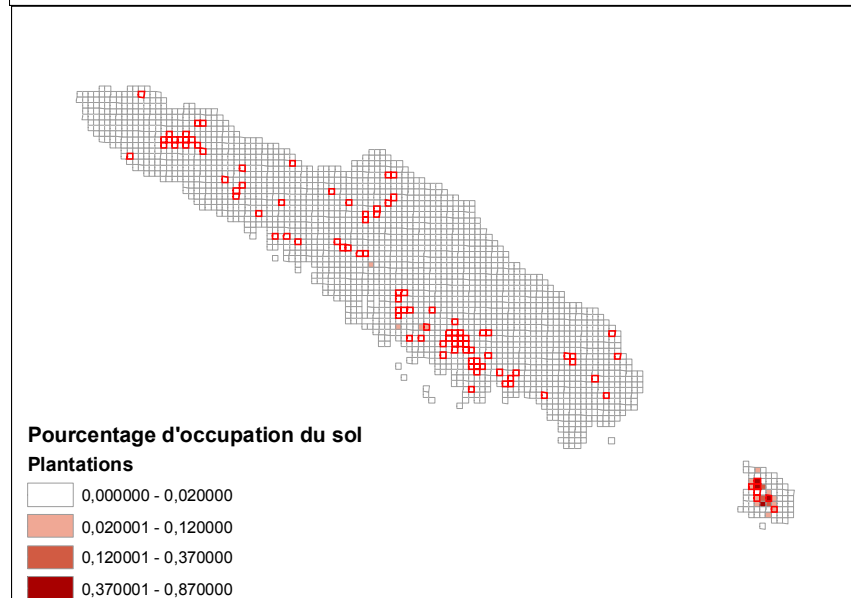
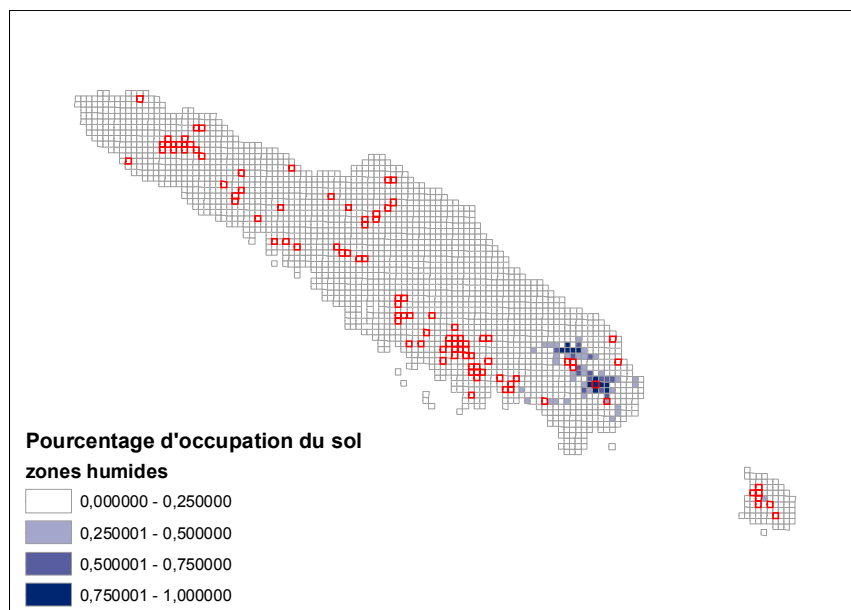
Les feux concernent majoritairement les zones de savanes et de broussailles de la côte Ouest. Les zones de forêts arrivent en seconde position. On observe dans le second graphique qu'il s'agit principalement de formations sans grands enjeux de conservation qui sont concernées (savanes, forêts anthropisées).

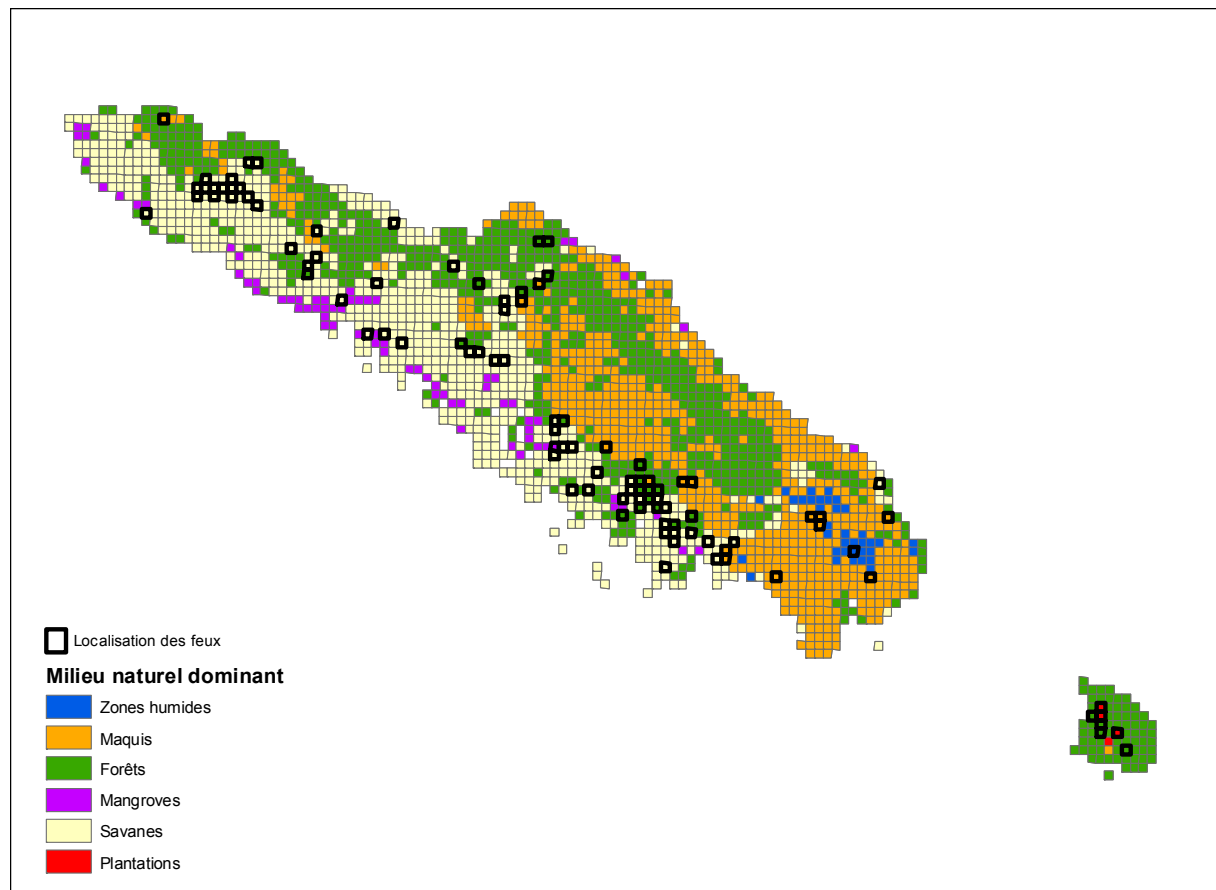
Il demeure cependant que des formations végétales à très grande valeur botanique puissent être menacées, en particulier les forêts sèches de la côte ouest et les formations de maquis ou de forêts du grand sud.

### 2.5.2 Par rapport aux milieux naturels

Les cartes suivantes ont été réalisées à partir de l'union du carroyage DFCI et de la carte des milieux naturels de la Province Sud, établie dans la première partie de cette étude. Par carré, on récapitule la somme des surfaces de chaque milieu naturel. Ensuite on effectue un pourcentage de cette surface. On peut également extraire la valeur maximum de celle-ci. On peut également en joignant la table des coefficients de conservation, travailler sur des cartes basées sur les priorités de conservation. Les carrés surlignés sont concernés par les feux.



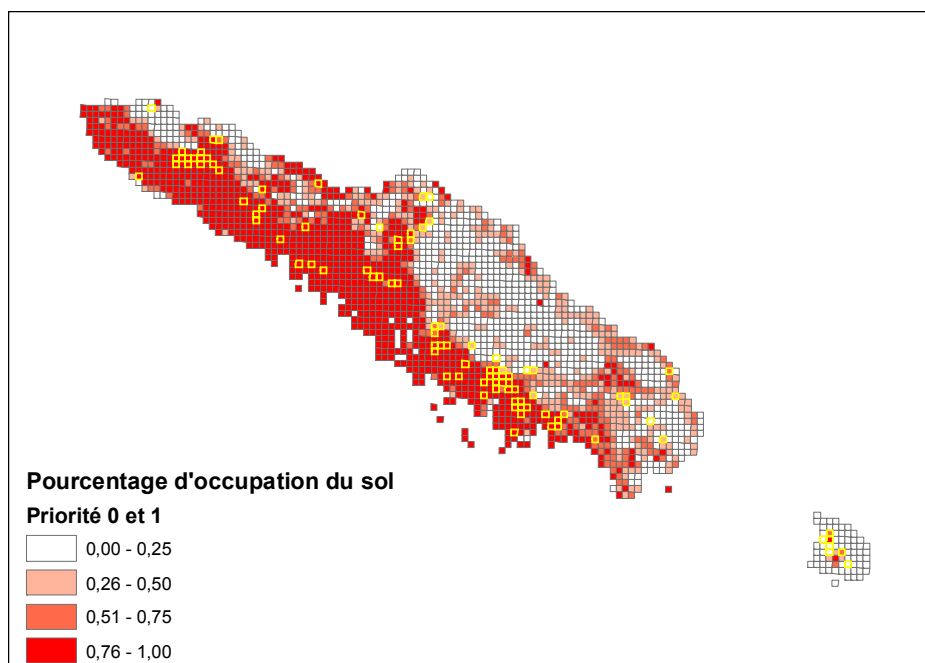
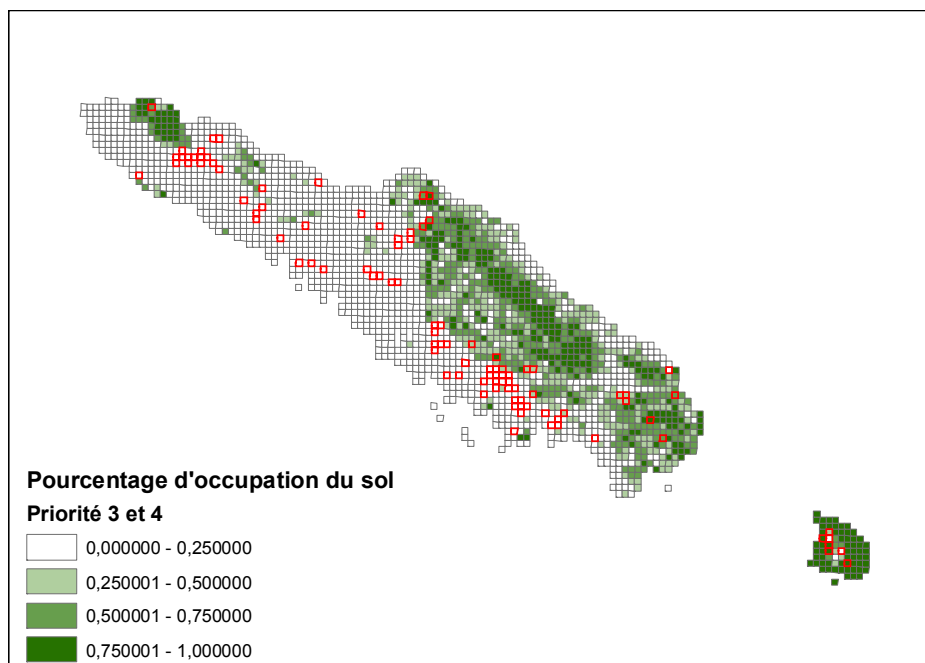




Les cartes précédentes illustrent bien le lien entre les incendies et les milieux naturels menacés. Il s'agit la plupart du temps de savanes mais un nombre non négligeable de feux mettent en péril des surfaces importantes de milieux naturels de valeur (forêt, maquis et zones humide).

### 2.5.3 Par rapport aux enjeux de conservation

A partir de la carte des enjeux de conservation nous proposons plusieurs représentations basées sur le carroyage DFCI.



Bien que la très grande majorité des feux soit située sur des zones de faible importance de conservation, des milieux importants pour la biodiversité peuvent être menacés en particulier dans le sud, sur les contreforts de la chaîne centrale et à l'île des pins.

Nous proposons de synthétiser les données d'enjeux écologiques au niveau du carré DFCI de quatre façons différentes :

1) La priorité de conservation maximum présente à l'intérieur du carré



2) La priorité de conservation maximum présente ayant une surface supérieure à 10 ha



- 3) La priorité de conservation maximum présente ayant une surface supérieure à 100 ha



- 4) La priorité de conservation majoritaire en surface



La carte (2) qui représente la priorité maximale de conservation ayant une surface supérieure à 10 ha semble la carte la plus équilibrée pour représenter les enjeux de conservation à l'échelle du carroyage DFCI. La première n'est pas assez discriminante pour établir des priorités, les (3) et (4) ignorent trop de zones d'enjeux.

Cette connaissance de la répartition des milieux naturels et de leur proportion dans chaque carré DFCI est un élément important pour l'attribution d'un critère de priorité de protection des milieux naturels par rapport à la menace incendie.

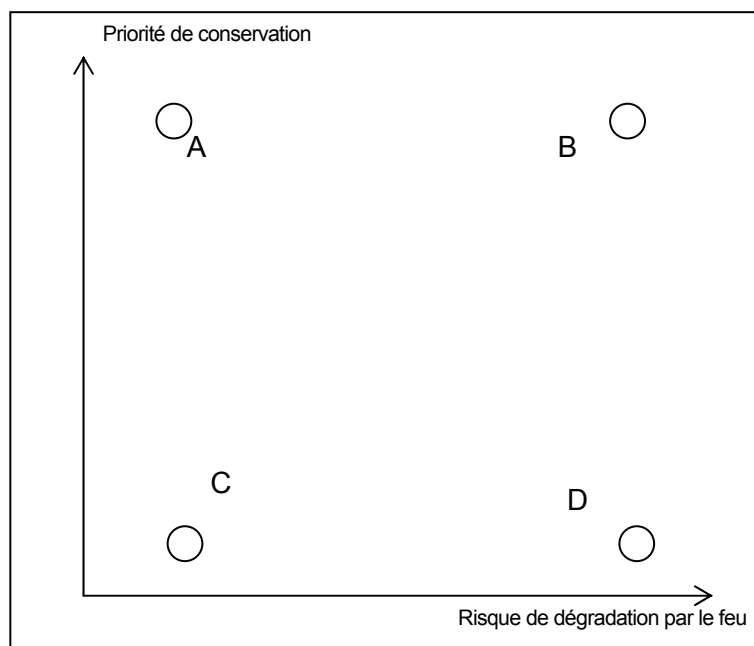


Ces cartes permettent de savoir dans quel environnement se situent les interventions de la sécurité civile. Les pompiers pourront avoir une information sur la présence de milieux naturels sensibles et de leur occupation au sol avant de coordonner les moyens d'intervention.

## **2.5.4 Priorité de protection par rapport à la menace incendie**

### **2.5.4.1 Principe**

Le critère de priorité de protection des milieux naturels par rapport à la menace incendie se détermine par le croisement de deux informations :



Un critère de priorité de conservation, déterminé dans le premier chapitre de ce rapport

Un critère de risque de dégradation des milieux naturels par le feu.

Chaque milieu naturel pourra alors être rapproché d'une des quatre zones du graphique ci-dessus.

Zone A : il peut par exemple s'agir de forêt de haute altitude, peu menacée par le feu mais avec un grand intérêt de conservation pour la biodiversité. Pas d'actions prioritaires par rapport à la menace incendie.

Zone B : Les forêts sèches et les maquis du sud sont dans cette zone à haute nécessité de protection contre les incendies. L'intérêt de conservation est très élevé, ainsi que le risque de dégradation par les feux. Action prioritaire pour la protection des incendies

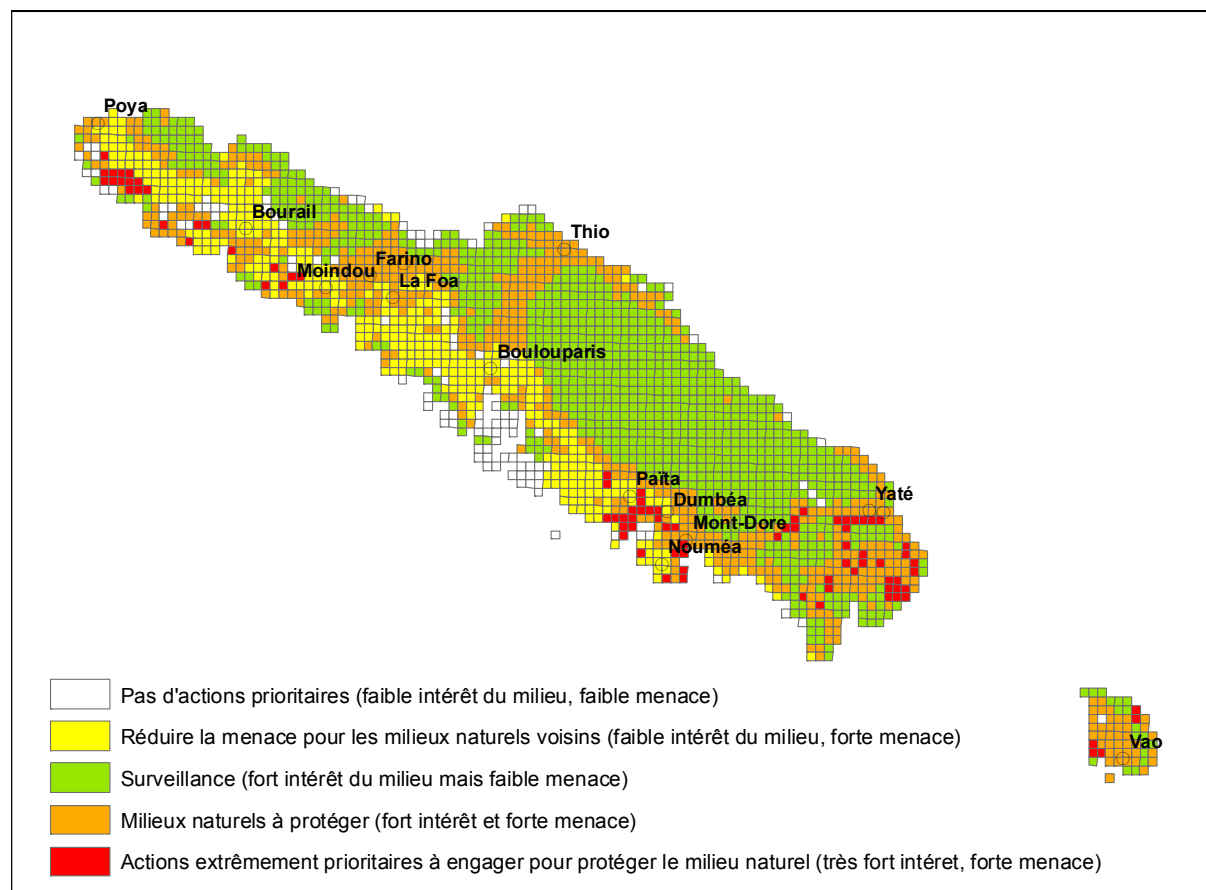
Zone C : Correspond aux zones de sols nus, aux zones humides à niaoulis à faible intérêt de conservation et sans risques.

Zones D : Savane, broussailles à faible intérêt de conservation mais à grand risque d'incendie. La priorité d'intervention par rapport à la protection des milieux naturels dépend de la nature des milieux environnants.

#### 2.5.4.2 Méthodologie d'obtention de la carte de priorité de protection des milieux naturels contre l'incendie

Pour chaque carré DFCI, on dispose de l'information "risque d'incendie" et de l'information "priorité de conservation".

La combinaison des deux valeurs nous permet de représenter les 4 types de zones du graphique précédent. Pour le risque nous utilisons la valeur "Risque Global" et pour les priorités de conservation nous utilisons la valeur " priorité de conservation maximum présente ayant une surface supérieure à 10 ha"



**Figure 39 : Actions prioritaires à engager pour protéger les milieux naturels sensibles des incendies**

La classification finale est reportée en annexe 10.

Pour préserver les milieux naturels de grande valeur, il apparaît nettement le besoin de concentrer des mesures de protection et de lutte contre l'incendie dans les zones suivantes

- Le grand sud, en particulier à partir des voies d'accès les plus fréquentées et autour des zones du chantier de la future usine,
- Les zones périurbaines de Païta et Dumbéa (forêts sèches, mangroves et contreforts de la chaîne),
- La région littorale de Bourail à Poya,
- Les zones forestières du Col d'Amieu,
- La transversale de Thio,
- Les forêts naturelles de l'Ile des Pins.

Il conviendrait, dans une prochaine étape, d'analyser pour chaque carré DFCI concerné, les actions de terrain à mettre en œuvre pour limiter les risques de dégâts pour les milieux naturels sensibles.

## 3 Conclusion

### 3.1 Bilan

A l'issue de cette étude, le Province Sud dispose de nouvelles données cartographiques indispensables à la gestion de l'environnement.

Il s'agit :

- d'une carte des milieux naturels, de précision de l'ordre de 20 m basée sur les données les plus adaptées, combinant les données issues de cartographies généralistes et les données issues des études spécifiques concernant les milieux naturels
- d'une carte des priorités de conservation, concernant la botanique, l'herpétofaune et l'avifaune. Cette carte a été conçue de manière à être évolutive et facilement mise à jour.
- d'un ensemble de points localisés, formatés, d'inventaire des espèces sensibles.

Par rapport à ces enjeux cartographiés, nous présentons des données inédites concernant une des principale menace : le feu.

- incendies détectés par satellite
- ensemble de cartes d'analyse de la répartition de ces feux et de leur intensité.
- ensemble de cartes d'analyse basées sur le carroyage DFCI, mis en place pour la coordination des moyens de lutte contre l'incendie.

Enfin, en combinant les données d'enjeu biologique et de menace incendie, nous proposons une carte des zones d'actions prioritaires à engager pour protéger les milieux naturels d'intérêt majeur.

### 3.2 Perspectives

Nous souhaitons que cette étude démontre l'intérêt de disposer de données géographiques plus précises et exhaustives pour la gestion des milieux naturels et leur préservation.

Concernant la problématique traitée ici, au niveau des enjeux, il semble naturel de proposer l'amélioration de la connaissance géographique des milieux naturels de la Nouvelle Calédonie en continuant les programmes d'inventaire, de cartographie et de typologie des milieux.

Au niveau de la menace "feux de brousse", il semble opportun de profiter de la mise en place des nouveaux moyens de coordination au niveau de la sécurité civile pour améliorer considérablement la qualité des informations récoltées et la diffusion de celles-ci.

La mise en place d'une base de données du type Prométhée (cf. annexe 9) semble indispensable, la première étape de la localisation précise des feux a d'ailleurs été rendue possible par la mise en place de coordonnées DFCI.

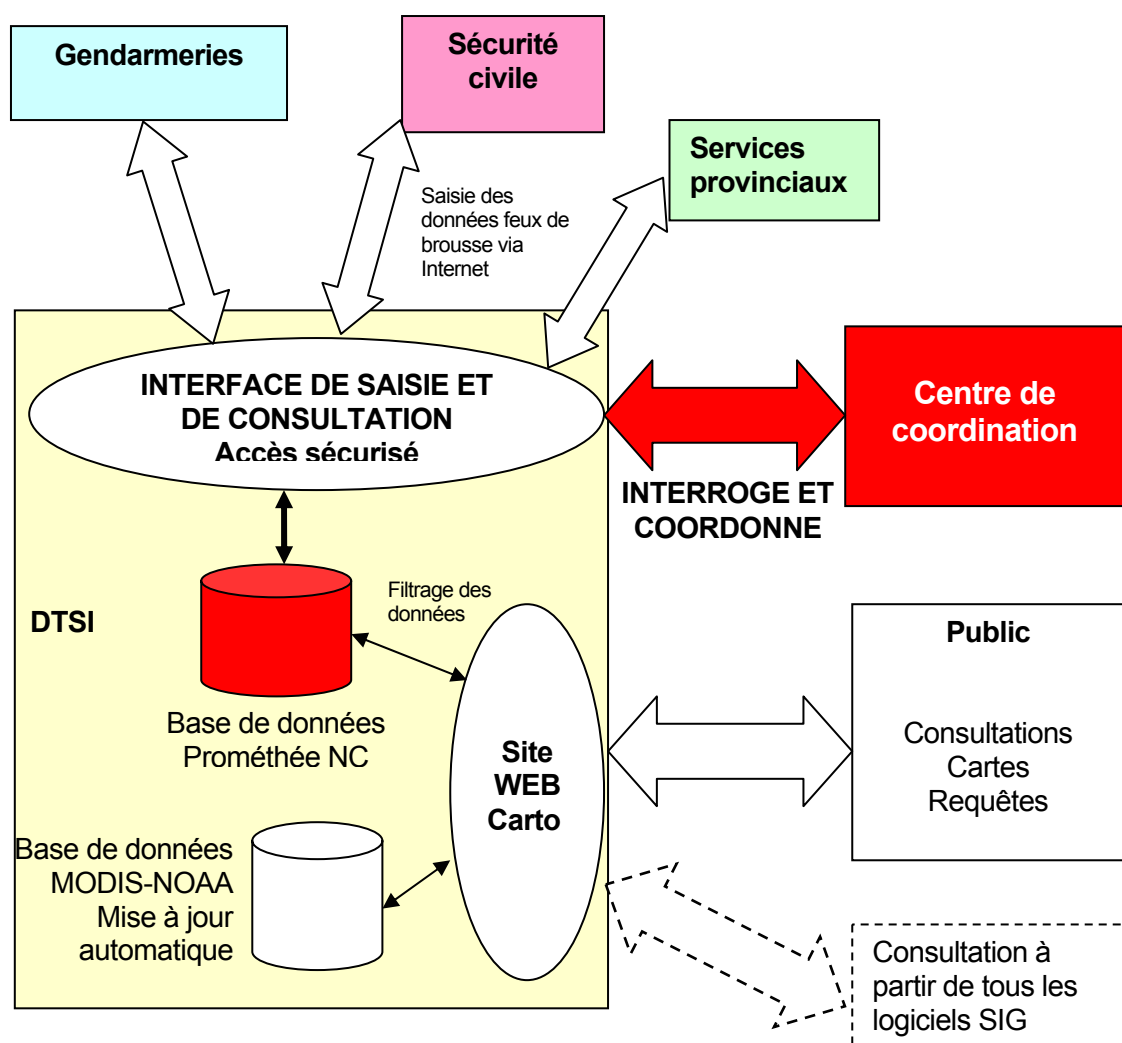
Nous proposons donc, selon le modèle métropolitain, la mise en place rapide d'une base de données "Prométhée NC", dont la mise à jour soit possible depuis internet pour la sécurité civile, les gendarmeries du territoire et les services provinciaux concernés.

En complément, les données récoltées par satellite devraient également profiter d'une diffusion publique et centralisée.

Le Gouvernement, à travers sa Direction des Technologies et des Services de l'Information, possède déjà les bases nécessaires à l'enregistrement et à la consultation de base de données partagées. Début 2006 il mettra à disposition une plate forme interopérable basée sur un serveur WMS (World Map Server) qui serait une base technique idéale pour diffuser grâce à l'Internet les données récoltées sur les feux de brousse.

Dans un second temps ces recensements de feux pourraient également servir à la cartographie des surfaces brûlées à partir d'autres images satellites à résolution plus fine, sélectionnées en fonction des localisations MODIS et sécurité civile.

L'ensemble de ce système d'information formerait une base solide de connaissance pour adapter les moyens de lutte et renforcer la sensibilisation.



# BIBLIOGRAPHIE.

---

## Biodiversité et milieux naturels

JAFFRE, DAGOSTINI, RIGAULT, . *Identification typologie et cartographie des groupements végétaux de basse altitude du grand sud calédonien et de la vallée de la Tontouta , Caractérisation Botanique et Ecologique des écosystèmes représentatifs*. Nouméa: IRD, Novembre 2003, 104 p.

CHAZEAU, JOURDAN, SADLIER, BONNET DE LARBOGNE, KONGHOULEUX, POTIAROA, . *Identification typologie et cartographie des groupements végétaux de basse altitude du grand sud calédonien et de la vallée de la Tontouta, Etude zoologique*. Nouméa: IRD, Novembre 2003, 104 p.

McCoy, S., Jaffre, T., Rigault, F. and Ash, J.E. (1999). *Fire and succession in the ultramafic maquis of New Caledonia*. Journal of Biogeography 26: 579-594.

Bauer, A. M. & Sadlier, R. A. 2000. *The Herpetofauna of New Caledonia*. Ithaca: Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

Jaffré, T., Morat, Ph., Veillon, J.-M., Rigault, F. & Dagostini, G. 2001. *Composition and characterisation of the native flora of New Caledonia*. Centre IRD, Documents Scientifiques et Techniques II4: 1-121.

Marquet, G., Keith, P. & Vigneux, E., 2003. *Atlas des poisons et des crustacés d'eau douce de Nouvelle-Calédonie*. Patrimoines Naturels 58: 1-282.

Morat, Ph., Veillon, J.M. & MacKee, H.S. 1984. *Floristic relationships of New Caledonian rain forest phanerogams*. In F.J. Radovsky, P.H. Raven & S.H. Sohmer. (Eds.), *Biogeography of the Tropical Pacific*. Pp. 71-128. Association of Systematics collections & Bernice P. Bishop Museum.

JAFFRE, VEILLON, 1991, *Etude floristique et structurale de deux forêts denses humides sur roches ultrabasiques en Nouvelle-Calédonie*, Adansonia, n° 3-4, 243-273, 30p

Read J, Jaffré T, Godrie E, Hope GS, & Veillon J-M. (2000). *Structural and floristic characteristics of some monodominant and adjacent mixed rainforests in New Caledonia*. Journal of Biogeography 27, 233-250.

MAURIN H., THEYS J., FERAUDY (de) E., DUHAUTOIS L., 1997.- *Guide méthodologique sur la modernisation de l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique*. Coll. Notes de Méthode. Institut Français de l'Environnement. Orléans - 66 pages.

POELLABAUER, *Faune ichtyologique et carcinologique de Nouvelle-Calédonie*, Juillet 1999, Rapport final de l'inventaire faunistique des cours d'eau de la Province Sud, DRN Nouméa, 163p.

KIRSCH, R.A., TUPINIER, Y., BEUNEUX, G. et RAINHO, A. (2002) *Contributions à l'inventaire chiroptérologique de la Nouvelle-Calédonie : Chiroptera Pacifica, Missions 2000 & 2001, Rapport final et recommandations*. SFEPM, Groupe Chiroptères Outre-Mer.  
Williams, J., Read, C., Norton, A., Dovers, S., Burgman, M., Proctor, W. and Anderson, H.,

2001. *Biodiversity, Australia State of the Environment Report 2001 (Theme Report)*, CSIRO Publishing on behalf of the Department of the Environment and Heritage, Canberra.

Jaffré, T., Morat, P. & Veillon, J.M. (1994) *La Flore: Caractéristiques et composition floristique des principales formations végétales*. Bois et Forêts des Tropiques, 242, 7-29.

Jaffré T., Rigault F. & Dagostini G. 1998. *Impact des feux de brousse sur les maquis ligno-herbacés des roches ultramafiques de Nouvelle-Calédonie*. Adansonia 20(1) : 173-189.

Nasi R., Jaffré T., Sarrailh J.M. 2002. *Les forêts de montagne de Nouvelle-Calédonie*. Bois et Forêts des Tropiques. 274 (4) : 5-18.

Etec, 2003, *Caractérisation des zones humides en Province Sud*, DRN Nouméa, 90 p.

BARRE, DESMOULINS, BACHY, GUHRING, *Avifaune des zones humides de la province Sud*, Rapport SCO n° 2, février 2005

BARRE, DESMOULINS, *Bilan du programme d'inventaire de l'avifaune des forêts sèches*, Rapport n° 7, 2005, 56 p.

IFEN, 1995. *L'état de l'environnement dans les territoires français du Pacifique Sud*. Paris, 115 p.

L'inventaire ZNIEFF-Mer dans les DOM Bilan méthodologique et mise en place

<http://www.mnhn.fr/publication/spn/cpn42.html>

Herpetology - Conservation Status of Endemic New Caledonian Lizards

[http://www.amonline.net.au/herpetology/research/lizards\\_conservation\\_intro.htm](http://www.amonline.net.au/herpetology/research/lizards_conservation_intro.htm)

L'inventaire ZNIEFF-Mer dans les DOM Bilan méthodologique et mise en place

<http://www.mnhn.fr/publication/spn/cpn42.html>

Association Endemia - Faune et Flore de Nouvelle Calédonie

<http://www.endemia.nc/>

Le Programme de Conservation des Forêts Sèches de Nouvelle Calédonie :

<http://www.foretseche.nc/index.htm>

Société Calédonienne d'Ornithologie

<http://www.sco.asso.nc/index.php>

## **Télétection**

EUMETSAT - NOAA AVHRR

<http://www.eumetsat.int/fr/index.html>

NOAA Satellite Information Link

<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/links.html>

DSRS Satellite Data File Formats

<http://www.sat.dundee.ac.uk/formats.html>

NOAA Data Preprocessing (Section 1)

<http://www.rrcap.unep.org/lc/cd/html/training/module2s1.html>

HRPT File Interface

<http://www.dar.csiro.au/rs/caps/hrpt.html>

NOAA POLAR ORBITER DATA USER'S GUIDE Section 3.1

<http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/podug/html/c3/sec3-1.htm#t3121-4>

CelesTrak: Historical NORAD Two-Line Element Sets

<http://www.celestrak.com/NORAD/archives/>

David and Cecilia Taylor's Web Pages

<http://www.satsignal.net/>

Chips for Windows

<http://www.geogr.ku.dk/chips/>

MAT's freeware: Satellite data conversion programs

<http://m-a-t.com/freeware/>

CASPR FAQ

[http://stratus.ssec.wisc.edu/caspr/caspr\\_faq.html](http://stratus.ssec.wisc.edu/caspr/caspr_faq.html)

AVHRR Land Documentation

[http://acdisx.gsfc.nasa.gov/landbio/GLBDST\\_Documentation.shtml](http://acdisx.gsfc.nasa.gov/landbio/GLBDST_Documentation.shtml)

GLCF: Earth Science Data Interface

<http://qlcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

MultiSpec Documentation

<http://dynamo.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/documentation.html>

## **Feux de brousse**

Cheikh Mbow, Kalifa Goïta, Goze B. Béné *Évaluation des risques de feu en milieu de savane à l'aide de la télédétection et du modèle de simulation FARSITE*, Centre d'applications et de recherche en télédétection (CARTEL), Université de Sherbrooke, Québec, Canada

Aurélien Strulovici, Doctorant 3ème année, Pierre Simoneau, Maria von Schönermark

Katia Laval, Hans-Peter Röser, *Téledétection et Modélisation radiative des feux de végétation*, DOTA unité MPSO, Document Powerpoint

Groupe de travail SDIS, METEO FRANCE, ARDFCI, INRA, DRONF, CIRCOSC-20/03/02

*Indicateurs complémentaires du risque météorologique feu de forêt*, Document PDF

Fabien Dauriac, *Suivi multi-échelle par téledétection et spectroscopie de l'état hydrique de la végétation méditerranéenne pour la prévention du risque de feu de forêt*. Thèse ENGREF Montpellier, 2004, 288 p.

VAUTRIN (L.), Constitution d'une base de connaissances a partir de l'imagerie satellitaire pour le suivi de la deforestation en nouvelle-caledonie, 1997, diplome d'ingenieur ensais specialite topographie.

Ceccato P., Flasse, S.P. and Downey, I. (1995). Fire Detection with AVHRR: A Useful Contextual Algorithm. In: Proceedings of the 1995 Meteorological Satellite Data Users' Conference, Winchester, UK, 4-8 September 1995. EUM P 17 ISSN 1015 576, 101-108

Kaufman YJ; Justice CO; Flynn LP; Kendall JD; Prins EM; Giglio L; Ward DE; Menzel WP; Setzer AW, *Potential global fire monitoring from EOS-MODIS*, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES 1998, Vol 103, , pp 32215-32238

Forest Fire Alert Ground System

[http://www.vtt.fi/tte/research/tte1/tte14/proj/FF-Operat/ground\\_system\\_detailed.html](http://www.vtt.fi/tte/research/tte1/tte14/proj/FF-Operat/ground_system_detailed.html)

WFAS : Fire Potential Index

<http://www.fs.fed.us/land/wfas/experment.htm>

Système canadien d'information sur les feux de végétation - Système de surveillance, de cartographie et de modélisation des incendies de forêt (Fire M3)

[http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/fr/background/bi\\_FM3\\_dsm\\_f.php](http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/fr/background/bi_FM3_dsm_f.php)

Active Fire Maps - United States

<http://activefiremaps.fs.fed.us/conus/viewer.htm>

Mediaforest.net : la gestion du risque incendie, un maillage unique de compétences (prévention et lutte active)

[http://www.mediaforest.net/francais/espace\\_foret/gestion\\_incendie\\_aquitaine.php](http://www.mediaforest.net/francais/espace_foret/gestion_incendie_aquitaine.php)