



MESURE DE POLLUANTS GAZEUX PAR SPECTROSCOPIE DANS LE VISIBLE ET PROCHE INFRAROUGE ET EN INFRAROUGE THERMIQUE

Michal Shimoni et Roel Heremans
Signal and Image Centre, École royale militaire

1. INTRODUCTION

La plupart des molécules, à l'exception des molécules diatomiques homonucléaires, peuvent être détectées et quantifiées par télédétection infrarouge grâce à leur propriétés spectrales dans les longueurs d'onde comprises entre 3 µm et 13 µm. La spectroscopie en infrarouge thermique est plus utile pour la détection de polluants que la spectroscopie dans le visible et le proche infrarouge à ondes courtes car les valeurs du fond des images y correspondent mieux à des températures, ce qui est important pour la décomposition « endmember » où une quantité est plus intéressante qu'une probabilité.

Le port d'Anvers accueille le plus grand complexe pétrochimique d'Europe et le deuxième au monde après Houston, au Texas. La création des produits chimiques produit des gaz de différents polluants atmosphériques qui sont rejetés dans l'air de la zone urbaine environnante, ce qui cause une augmentation des maladies respiratoires dans la population. L'objectif de ce projet est de détecter la présence et la concentration de la pollution gazeuse dans l'atmosphère au dessus des industries chimiques du port d'Anvers grâce aux données du spectromètre aéroporté AHS-160.

2. ACQUISITION DES DONNEES

En juin 2005, des données dans le visible et l'infrarouge grandes ondes ont été acquises durant deux périodes opérationnelles de la même journée (matin et après-midi) en utilisant 80 bandes contiguës dans les fréquences du AHS-160 allant de 0,4 µm à 12 µm. Ces données aériennes ont été calibrées et vérifiées grâce à de nombreuses mesures sur le terrain qui furent prises avec le réflectomètre thermique SOC 400T, le spectromètre AHS et des mesures traditionnelles *in-situ* par AQMS prises dans le port.



Figure 1: Le port pétrochimique d'Anvers, zone d'intérêt et stations in-situ

Campagne de mesure AHS-160, 10 et 11 juin 2005, en deux vols et deux fois par jour (09h30-10h00); (15h30-16h00).

▲ Stations VMM ● Domaine TOTAL F
● Stations de mesure au sol ● Domaine NYNAS



3. METHODOLOGIE

La suppression orthogonale de l'arrière-plan est une technique qui permet la bonne combinaison des composantes de l'arrière-plan d'une scène pour les supprimer complètement du spectre ciblé, ne laissant que le spectre du gaz recherché et du bruit aléatoire. Son concept se fonde sur la géométrie de la prise de vue, schématiquement décrite dans la Figure 2. Le capteur regarde vers le sol à travers le panache de fumée. La figure 3 montre les spectres de la cible choisie et de l'arrière-plan.

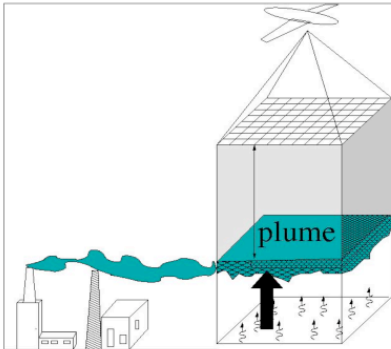


Figure 2: Vue schématique de la scène

4. DETECTION DE PANACHES DE FUMEE

4.2 Infrarouge grandes ondes

La suppression orthogonale de l'arrière-plan n'a pas permis de détecter les panaches de fumées en infrarouge grandes ondes. Après plusieurs tentatives, le pic dû au dioxyde de soufre a finalement été détecté par la méthode CIBR (Continuum Interpolated Band Ratio). Comme on peut le voir dans la figure 5, la technique CIBR appliquée aux bandes en infrarouge grandes ondes a segmenté les panaches de fumée, mais pas la flamme.

$$R_{CIBR(8.19/8.66,9.17)} = \frac{2 \cdot b_{72}}{b_{71} + b_{73}}$$

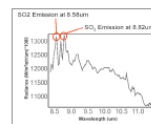


Figure 5: Le spectre du dioxyde soufre (en haut à droite), les résultats de la détection de panaches de fumée par CIBR (en bas)

4.1 Visible et infrarouge proche

Comme la plupart des unités opérationnelles des raffineries étaient fermées lors de l'acquisition des images, les fumées rejetées dans l'atmosphère étaient fines et composées principalement de dioxyde de soufre. La détection des panaches de fumée par suppression orthogonale de l'arrière-plan (Figure 4) a bien fonctionné sur des arrière-plans homogènes comme de l'herbe ou les rivières mais pas sur un arrière-plan industriel hétérogène.

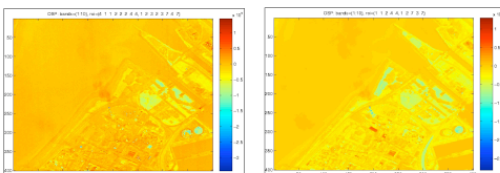


Figure 4: Détection de panaches de fumée en visible et infrarouge proche par suppression orthogonale de l'arrière-plan avec la côte, le fleuve, des bâtiments et des réservoirs en arrière-plan (à gauche) et la côte, le fleuve et des réservoirs en arrière-plan (à droite)

5. CONCENTRATION DE FUMEE

Après avoir détecté les fumées, nous avons prédit les concentrations de dioxyde de soufre relâché par les cheminées en utilisant un modèle gaussien du panache de fumée. En général, ce modèle décrit les transports et les mélanges de polluants (Figure 7). Il suppose que la dispersion dans les directions horizontale et verticale prendra la forme d'une courbe gaussienne normale avec une concentration maximale au centre du panache de fumée (à moins que des vents ne changent sporadiquement de direction). Une coupe de la cheminée à une hauteur de 282 m montre la distribution de concentration en dioxyde de soufre depuis la source jusqu'à une distance d'environ 800 m

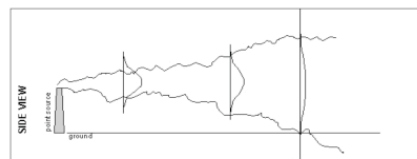


Figure 7: Le modèle gaussien de panache de fumée

6. CONCLUSIONS

Bien que nous ayons trouvé que les largeurs de bande d'AHS-160 ne sont pas suffisantes pour détecter les composants gazeux à partir de leur abondance spectrale, les informations en visible et proche infrarouge, d'une part, et infrarouge grandes ondes, d'autre part, sont complémentaires et, combinées, elles peuvent aider à la détection et à la mesure des concentrations de polluants

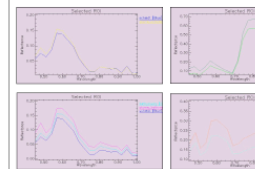
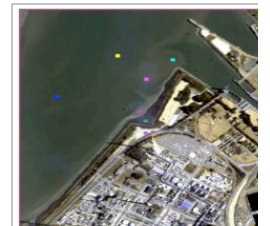


Figure 3: Zone d'intérêt et spectres

4.3 Détection finale

En utilisant une technique de position géographique (Figure 6), les détections de panache de fumée en infrarouge ondes moyennes et grandes sont fusionnées.

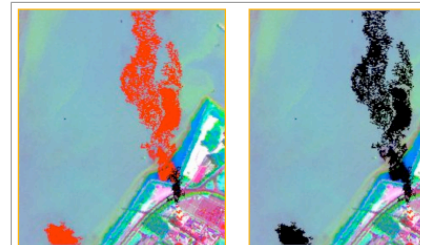


Figure 6: Détection de panaches de fumée par fusion de données visible et infrarouge proche et en infrarouge grandes ondes

