

AFSTANDSDETECTIE VAN FIJNE DEELTJES VANUIT DE RUIMTE

Jérôme Vidot en Richard Santer

Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), Maison de la Recherche en Environnement Naturel, Laboratoire Interdisciplinaire en Sciences de l'Environnement (LISE), 32 avenue du Maréchal Foch, F-62930 Wimereux, France

Context

De laatste tien jaar is de luchtkwaliteit een algemene bezorgdheid geworden van onze samenleving en is de reglementering terzake zeer snel geëvolueerd. De fijne zwevende deeltjes vormen één van de objectieve elementen om de luchtkwaliteit te evalueren en zijn als dusdanig onderworpen aan een normatieve definitie: men spreekt van PM_{10} en $PM_{2.5}$ om particulaire deeltjes (Particulate Matter) aan te duiden met een diameter kleiner dan respectievelijk $10\ \mu\text{m}$ en $2.5\ \mu\text{m}$, volgens aërodynamische normen. Het zijn deze deeltjes die het best in staat zijn om diep in de luchtwegen door te dringen. Op Europees vlak zijn strenge richtlijnen uitgevaardigd aangaande de doelstellingen op korte en middellange termijn, wat betreft het leefmilieu in het algemeen en de luchtkwaliteit in het bijzonder, waaraan de lidstaten zullen moeten voldoen. Zo legt de richtlijn van de Raad van 22/02/99 een niet te overschrijden limietwaarde op van $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ als daggemiddelde voor PM_{10} en dit vóór 01/01/2005.

Volgens aanbevelingen die wij eerder formuleerden naar aanleiding van een studie in opdracht van het Centrum voor Aardobservatie (Centre for Earth Observation (CEO) van de Europese Gemeenschap) en die de consensus van de wetenschappelijke middens weergeeft voor wat de luchtkwaliteit betreft, dringt een geïntegreerde strategie zich op met betrekking tot de ruimtesondes, de metingen op het land via de meetnetten alsook modellen van regionale transporten. De hoofdredenen hiervoor zijn vooral het zwakke ruimtebereik van aardsensoren, de noodzaak om van tijd tot tijd het model bij te sturen met metingen (gegevensverwerking) en de slechts tijdelijke werking van de meeste ruimtesondes. De specifieke problematiek van deeltjes bestaat erin een goede vergelijking te vinden tussen de producten van het Centrum voor Aardobservatie, en de schaal van modellering voor PM. Het is namelijk zo, dat de waarnemingen voor gasvormige pollutanten en de gegevens van het model beiden een concentratie van de pollutant in kwestie geven en de gegevens bijna direct verwerkbaar zijn, omdat de verticale verspreiding en de beschikbaarheid in tijd en ruimte opgelost zijn. Het gegeven is complexer als het deeltjes betreft, omdat de karakterisering van deeltjes een voorkennis vergt van hun hoeveelheid, hun verticale verspreiding, vorm, grootte en scheikundige samenstelling, die onmogelijk volledig kunnen bepaald worden met enkel gegevens vanuit de ruimte.

Methodologie

Het doel van deze voorgestelde studie bestaat erin de meetinspanningen op regionaal vlak te concentreren en te komen tot een werkelijk informatiesysteem over de PM_{10} en $PM_{2.5}$ deeltjes, met het gebruik van de optische teledetectie als centrale tool.

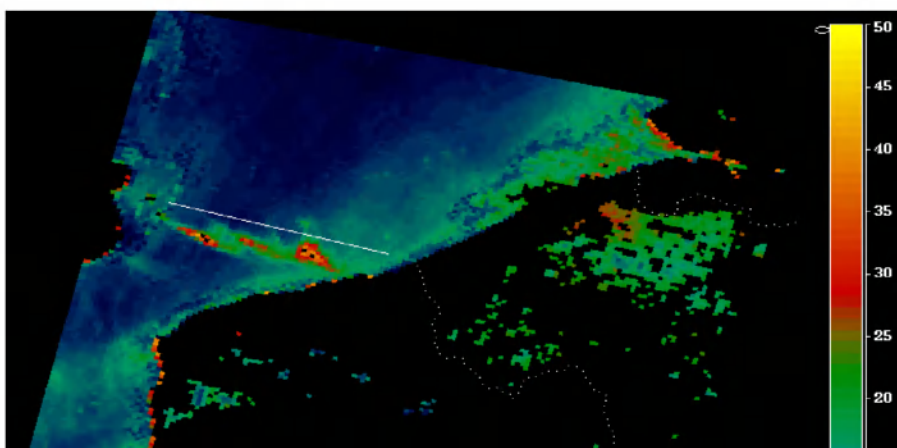
In eerste instantie moet een correlatiestudie uitgevoerd worden tussen de gegevens voor PM_{10} en $PM_{2.5}$ van de luchtkwaliteitsmeetnetten met een optische parameter zoals de oppervlakte-reflectie of de reflectie van de aerosolen. Deze optische waarden kunnen afgeleid worden uit metingen aan de grond met een draagbare fotometer CIMEL. Het voordeel van een draagbaar toestel bestaat in de mogelijkheid om metingen uit te voeren in de dichte nabijheid van de meetplaatsen van de luchtkwaliteitsmeetnetten om de correlaties te verbeteren.

Eenmaal de ijking door middel van metingen aan de grond uitgevoerd, kunnen we afstandsdetectie vanuit de ruimte gebruiken om deze zelfde optische parameters te bekomen, rekening houdend met de verticale structuur van de atmosfeer.

Het aantal deeltjes dicht bij de grond wordt inderdaad geschat aan de hand van het totale aantal deeltjes op de verticale. De satellietmeting integreert immers voor een groot deel over de verticale kolom. Wat het geval is voor de meeste in baan gebrachte ruimtesondes. Zonder bijkomende informatie, kan de foutieve inschatting van het verticale aerosolprofiel een kritische factor zijn. Niettegenstaande dit feit, geven bepaalde toestellen zoals MERIS de mogelijkheid, zij het theoretisch, om een aanduiding te bekomen van de maximale hoogte van de aerosolenlaag. Het zou nuttig zijn om een studie aan te vatten over de regionale correlaties tussen verticaal aerosolprofiel en meteorologische parameters. Het is daarbij wenselijk om de Lidarmetingen (zelfs de niet geijkte) van Duinkerke te kunnen integreren in onze database. Gelijklopend met de gegevens geleverd door Météo France, verschaffen ruimtesondes die recentelijk gelanceerd werden, zoals MODIS, dagelijks verticale temperatuur- en vochtigheidsprofielen bij het passeren van de MERIS en SeaWiFS instrumenten.

Voorbeeld

Dit voorbeeld toont de dichtheid van de ruimtelijke verspreiding boven de regio Vlaanderen. Het werd gemaakt uitgaande van een beeld met een resolutie van 1 x 1 km voor elke pixel, geleverd door de ruimtesonde SeaWiFS. Dit beeld toont o.a. een deeltjespluim tussen de Franse en Engelse kusten.



Kaart van PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) over de regio Vlaanderen. Dag van 3 september 1999.

TELEDETECTION SPATIALE DES PARTICULES FINES

Jérôme Vidot et Richard Santer

Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), Maison de la Recherche en Environnement Naturel,
Laboratoire Interdisciplinaire en Sciences de l'Environnement (LISE), 32 avenue du Maréchal
Foch,
F-62930 Wimereux, France

Contexte

La qualité de l'air, ces dix dernières années, est devenue une préoccupation centrale de la société, et la réglementation en la matière a très vite évolué. Les particules fines en suspension sont un des éléments objectifs d'évaluation de la qualité de l'air et sont donc à ce titre soumises à une définition normative: on parle de PM_{10} et $PM_{2.5}$ pour Matière Particulaire (Particulate Matter) respectivement plus petite que $10\ \mu m$ et $2.5\ \mu m$ en diamètre aérodynamiquement équivalent. Ces particules sont les plus susceptibles de pénétrer profondément dans les voies respiratoires. Au niveau européen sont apparues des directives fortes concernant les objectifs à court et moyen terme que devront atteindre les états membres en ce qui concerne l'environnement en général et la qualité de l'air en particulier. Par exemple, la directive du Conseil du 22/02/1999 impose une valeur limite de $50\ \mu g/m^3$ à ne pas dépasser pour PM_{10} en moyenne journalière, et ce avant le 01/01/2005.

Suivant les recommandations que nous avons formulées à l'issue d'une étude faite pour le Centre for Earth Observation (CEO, Communauté européenne) et qui reflète le consensus de la communauté scientifique autour de la qualité de l'air, il émerge une stratégie d'intégration des capteurs spatiaux, des mesures terrains issues des réseaux ainsi que des modèles de transport régionaux. Les raisons pour cela tiennent principalement à la faible couverture spatiale des capteurs sol, au besoin de recalibrer le modèle sur des mesures de temps en temps (assimilation de données) et à la faible couverture temporelle de la plupart des capteurs spatiaux. La problématique spécifique aux particules est de pouvoir trouver une bonne comparaison entre produits issus du Centre d'Observation de la Terre et grandeur à modéliser et/ou à restituer, ici PM. En effet, dans le cas de polluants gazeux les observations et les sorties du modèle fournissent tous deux une concentration du polluant considéré et les données sont presque directement assimilables, les problèmes de répartition verticale et de disponibilité spatiotemporelle des mesures étant résolus. Dans le cas des particules, c'est plus complexe car la caractérisation des particules requiert la connaissance de leur abondance, répartition verticale, forme, taille et composition chimique, ce qui est impossible à déterminer complètement avec les données spatiales seules.

Méthodologie

L'étude proposée ici a pour objectif de concentrer les efforts de mesures des particules à l'échelle régionale et de déboucher sur un véritable système d'information sur les particules PM_{10} et $PM_{2.5}$. On désire utiliser la télédétection optique comme outil central.

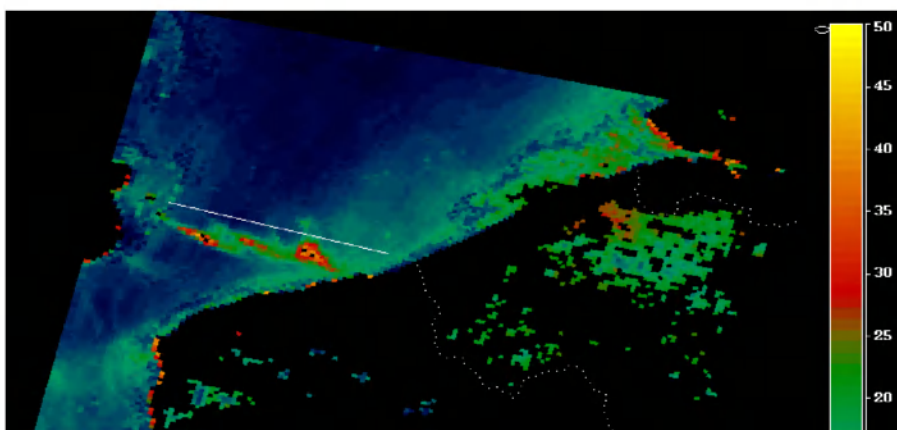
Dans un premier temps, une étude de corrélations est à réaliser entre les données PM_{10} et $PM_{2.5}$ issues des réseaux de mesure de la qualité de l'air avec un paramètre optique tel que la réflectance de surface ou la réflectance des aérosols. Ces quantités optiques peuvent être déduites de mesures au sol à l'aide d'un photomètre portable CIMEL. L'avantage d'un appareil portable étant la possibilité de faire des mesures à proximité des sites de mesure des réseaux de la qualité de l'air afin d'améliorer les corrélations.

Une fois l'étape d'étalonnage à l'aide de mesures au sol réalisée, nous pourrons utiliser la télédétection spatiale pour obtenir ces mêmes paramètres optiques en prenant en compte la structure verticale de l'atmosphère.

En effet, le nombre de particules près du sol est estimé à partir du nombre total de particules sur la verticale. En effet, la mesure satellitaire intègre pour une bonne partie sur la colonne verticale. C'est le cas pour la majeure partie des capteurs en orbite. Sans information supplémentaire, la méconnaissance du profil vertical d'aérosol peut être critique. Néanmoins certains instruments tels que MERIS offrent, du moins théoriquement, la possibilité d'avoir une indication de l'altitude maximale de la couche d'aérosols. Il est utile d'entamer une étude sur les corrélations régionales entre profil vertical d'aérosol et paramètres météorologiques. A cette fin, il est souhaitable de pouvoir intégrer des mesures Lidar (même non étalonnées) sur Dunkerque dans notre base de données. Parallèlement aux données provenant de Météo France, des capteurs spatiaux récemment en orbite comme MODIS fournissent des profils verticaux de température et d'humidité quotidiennement aux heures de passages des instruments MERIS et SeaWiFS.

Exemple

Cet exemple montre la capacité de couverture spatiale sur la région des Flandres. Elle a été réalisée à partir d'une image du capteur spatial SeaWiFS avec une résolution de 1×1 km pour chaque pixel. Cette image montre notamment un panache de particules entre les côtes françaises et anglaises.



Carte de PM_{2.5} (µg/m³) sur la région des Flandres. Journée du 3 septembre 1999.