

BRAIN-be 2.0

Belgian Research Action through Interdisciplinary Networks - Phase 2



ACRONYM: LEGO-BEL-AQ

Contract Number: B2/191/P1/LEGO-BEL-AQ

Title: Low-Earth and Geostationary Observations of Belgian Air Quality

Duration of the project: 15/12/2019 –15/03/2024

Budget: €375 951

Contexte

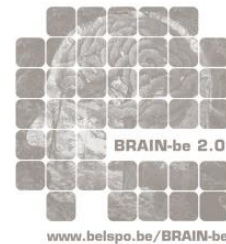
La qualité de l'air (QA) en Belgique est déterminée par des processus complexes couvrant un large éventail d'échelles temporelles et spatiales, depuis les émissions ponctuelles de polluants primaires jusqu'au transport intercontinental et à la formation de polluants secondaires. En conséquence, les compétences en matière de réglementation liée à la qualité de l'air se partagent entre différents niveaux de pouvoir, des autorités publiques locales aux instances internationales. La surveillance de la qualité de l'air par les autorités publiques repose sur des mesures de référence de la concentration en surface, les lacunes géographiques entre les points d'observation étant comblées en général par interpolation et à l'aide de simulations numériques intégrant des analyses météorologiques et des émissions présumées. Afin de fournir une surveillance plus exhaustive de la qualité de l'air aux différentes échelles pertinentes, le programme européen Copernicus se dote d'une ambitieuse constellation de satellites combinant les avantages des orbites basses à défilement (LEO) et des orbites géostationnaires (GEO) : Sentinel-5 Precursor (S5P, en orbite à défilement depuis 2017 avec à son bord l'instrument TROPOMI), les satellites géostationnaires Sentinel-4 (dont le premier exemplaire sera mis sur orbite en 2025) et les satellites à défilement Sentinel-5 (dont le premier exemplaire sera lancé en 2025). Tout en offrant des observations régulières et quasi-contiguës de l'ensemble du continent européen, l'interprétation de données satellitaires est complexe et nécessite d'être taillée sur mesure pour fournir une information exploitable par les régulateurs et les décideurs. Un premier défi est d'extraire des données satellitaires une information à échelle suffisamment fine que pour pouvoir détecter par exemple les effets des zones à faibles émissions (LEZ) mises en application dans de nombreuses villes (européennes). Un deuxième défi est de résoudre la relation non triviale entre la colonne verticale de polluant mesurée depuis un satellite et la concentration en surface qui, elle, entraîne des effets néfastes sur la santé. Enfin, développer des synergies entre observations provenant de multiples plateformes LEO et GEO nécessite une attention particulière quant à leurs biais (relatifs) et à leur perception différente des propriétés atmosphériques.

Objectifs

L'objectif principal du projet LEGO-BEL-AQ était de tailler sur mesure des données satellitaires sur la qualité de l'air afin d'en faciliter l'exploitation par les autorités publiques, en relevant les trois défis identifiés ci-dessus, avec application spécifique à la Belgique, à ses régions et à ses villes. Le projet a été mené à bien grâce à, d'une part, l'expertise disponible au BIRA-IASB en télédétection spatiale, et d'autre part, l'expertise en mesures de surface et en modélisation disponible à l'IRCEL-CELINE, ainsi que leur engagement avec des acteurs-clés du rapportage environnemental et des autorités publiques. Le raffinement nécessaire de

BRAIN-be 2.0

Belgian Research Action through Interdisciplinary Networks - Phase 2



la résolution des observations spatiales a été accompli en développant des outils de suréchantillonnage des données du satellite S5P TROPOMI qui permettent de dériver des cartes à 1 km de résolution sur l'ensemble de la Belgique. La relation non triviale entre mesure satellitaire et mesure en surface a été résolue en établissant un lien entre les cartes S5P NO₂ à haute résolution, les mesures en surface et les données interpolées RIO. Le troisième défi a été relevé en effectuant des simulations de systèmes d'observation (OSSE) sur les cartes à haute résolution de NO₂ ainsi produites afin de quantifier l'impact de la géométrie particulière du sondage géostationnaire (situées au-dessus de l'équateur, elles voient nos latitudes sous des angles très obliques) sur les mesures et sur leur cohérence avec les données LEO. Enfin, plusieurs activités ont été menées dans le but de promouvoir l'utilisation des données par les parties prenantes et les décideurs politiques : exploration des besoins, mise à disposition des données et résultats obtenus, et élaboration d'une feuille de route pour porter le système de production de l'information sur le NO₂ à un niveau opérationnel.

Conclusions & recommandations

Les travaux réalisés ont permis de dégager les messages clés suivants:

- L'approche consistant à échanger la résolution temporelle contre une meilleure résolution spatiale est efficace pour les sondeurs LEO tels que S5P-TROPOMI, en particulier lorsque la fenêtre de calcul est de l'ordre de plusieurs mois (Figure 1).

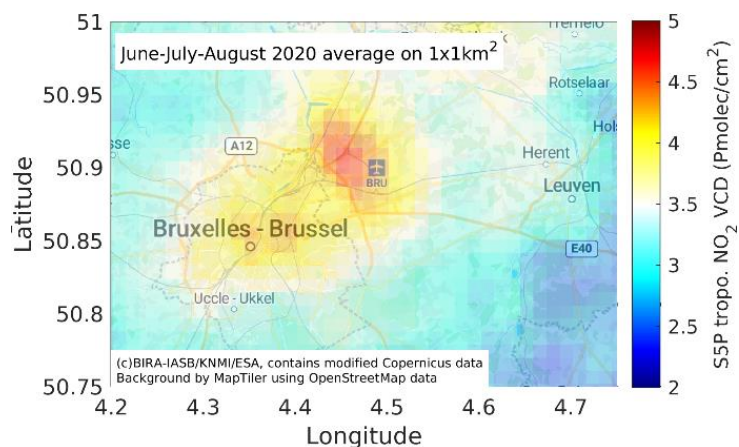
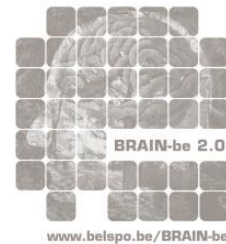


Figure 1: Colonne moyenne pour l'été 2020 du NO₂ mesurée par S5P-TROPOMI et suréchantillonnée au-dessus de la région bruxelloise.

- La rareté des données satellitaires, notamment en raison de la couverture nuageuse en hiver, est un problème pour les petites fenêtres d'agrégation. Il est déconseillé de combler les lacunes dans les données car les erreurs peuvent être importantes.
- La résolution accrue obtenue par le suréchantillonnage des données S5P-TROPOMI sur le NO₂ troposphérique apporte des informations précieuses sur la distribution spatiale des émissions du NO₂ en Belgique, et sur l'évolution temporelle à moyen et long terme de l'abondance de ce polluant primaire.

BRAIN-be 2.0

Belgian Research Action through Interdisciplinary Networks - Phase 2



- d. La corrélation spatiale entre les colonnes troposphériques de NO₂ et les concentrations correspondantes près de la surface est (étonnamment) élevée pour les moyennes temporelles plus longues (saisonniers et annuelles). Le coefficient de corrélation varie entre 0,8 et 0,9.
- e. Cette corrélation élevée démontre la validité de l'exploitation synergistique des données satellitaires et en surface par la technique de Kriging, dans le but de dériver les concentrations près de la surface pour l'ensemble du territoire belge (Figure 2Figure 2).

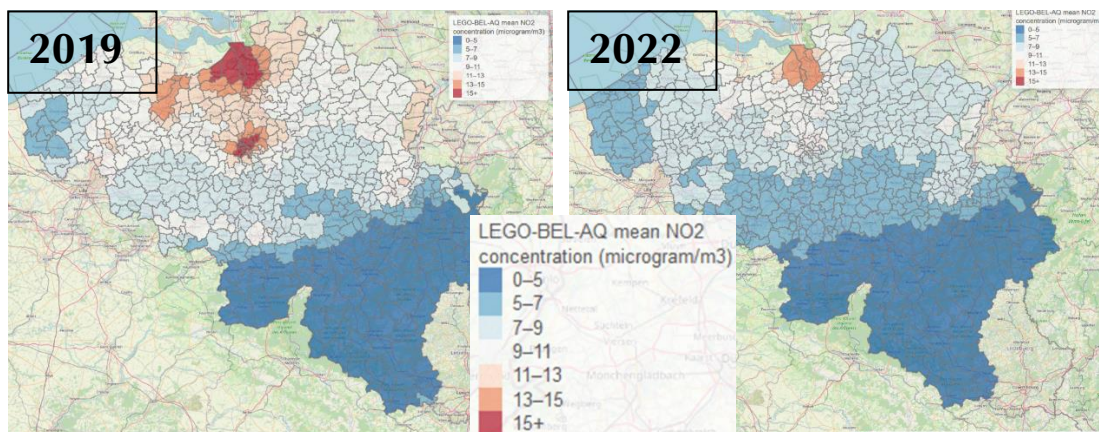


Figure 2: Cartes de la concentration annuelle moyenne du NO₂ en début d'après-midi, moyennée par municipalité, pour 2019 (panneau de gauche) et 2022 (panneau de droite), telles que calculée grâce à l'exploitation synergistique des densités de colonne verticale S5P TROPOMI et des données de concentration près de la surface de RIO. L'échelle des couleurs est choisie pour refléter la conformité avec la directive de l'OMS sur la limite d'exposition annuelle (10 µg/m³), bien que cela se réfère à l'exposition quotidienne complète, et pas seulement à la situation de début d'après-midi présentée ici.

- f. Pour étudier l'évolution temporelle à long terme, il faut veiller à partir d'un ensemble homogène de données satellitaires de niveau 2. Pour S5P-TROPOMI, l'ESA vient d'effectuer un retraitement complet de la mission, qui devrait être le point de départ de toute étude de tendance. L'évaluation de la qualité de ce retraitement devra être prise en compte.
- g. Les données satellitaires montrent un impact faible ou nul des zones de basse émission LEZ (déclin des colonnes de NO₂ en ligne avec les années/décennies précédentes), alors que les données in-situ et RIO montrent de fortes réductions en Belgique "urbaine". Une analyse plus approfondie est nécessaire.
- h. Le suréchantillonnage à 1 km de résolution est possible grâce à la précession des orbites LEO. Pour les plates-formes géostationnaires, fixes par définition, la résolution spatiale de l'information ne peut pas être améliorée de cette façon. Une utilisation synergistique des données LEO + GEO est alors essentielle.
- i. Les biais de dispersion spatiale dus aux grands angles de visée et de zénith solaire peuvent être importants pour les sondeurs GEO tels que le futur Sentinel-4.

BRAIN-be 2.0

Belgian Research Action through Interdisciplinary Networks - Phase 2



- j. L'intérêt pour ces applications dans la communauté de l'observation de la Terre (EO) et pour certains services environnementaux est substantiel, partout dans le monde.
- k. Cependant, en dehors de la communauté EO, la connaissance de la composante spatiale pour la qualité de l'air parmi les professionnels de l'environnement est limitée et doit être davantage exposée par des canaux autres que ceux habituellement utilisés par les scientifiques en EO.
- l. La collaboration entre le BIRA-IASB et l'IRCEL-CELINE est déjà très productive pour faire le lien entre l'EO et la surveillance (in-situ) de la qualité de l'air (en Belgique).

Au-delà de la fin de ce projet, les recherches futures recommandées couvrent : (1) une étude plus approfondie des divergences dans les tendances temporelles entre les mesures satellitaires et près de la surface, (2) l'intégration des informations diurnes qui seront obtenues dans un futur proche avec le satellite géostationnaire Sentinel-4, (3) l'extension géographique à toute l'Europe et au-delà, (4) l'inclusion d'autres paramètres de la qualité de l'air, telle la concentration en particules fines PM2.5 dérivée à partir des données d'épaisseur optique des aérosols, (5) des estimations plus avancées des tendances et de l'exposition comprenant des données auxiliaires sur, par exemple, la densité de la population, l'insolation, etc..., (6) des estimations d'émissions, en utilisant par exemple la méthode de divergence des flux, et la comparaison avec les inventaires d'émissions, et enfin (7) une intégration plus poussée dans les systèmes de surveillance et de rapportage officiels.

Les résultats techniques du projet sont disponibles sur le site web (<http://lego-bel-aq.aeronomie.be>) et/ou sur demande auprès du chercheur principal du projet.

Keywords

Tendances de la qualité de l'air - Dioxyde d'azote - Zones à faibles émissions -
Téledétection spatiale - Copernicus - ESA - Ob - Sentinel-5P TROPOMI - Sentinel-4 -
Superrésolution