

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 44291 A1** (51) Cl. internationale : **G01N 3/08; G06N 7/00; G06F 19/00**
- (43) Date de publication : **30.06.2020**

-
- (21) N° Dépôt : **44291**
- (22) Date de Dépôt : **17.12.2018**
- (71) Demandeur(s) : **UNIVERSITE INTERNATIONALE DE RABAT UIR, PARC TECHNOPOLIS RABAT-SHORE, CAMPUS UNIVERSITAIRE UIR, ROCADE RABAT-SALE, 11100 11100, Sala El Jadida (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **GRYECH IHSANE ; GHOGHO MOUNIR ; SBIHI NADA**
- (74) Mandataire : **MOHSINE BOUYA**

-
- (54) Titre : **Procédé combinant l'intelligence artificielle, la big data, et les systèmes d'information géographique pour la prédiction de la cartographie de pollution de l'air.**
- (57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de prédiction précise de la pollution de l'air combinant l'intelligence artificielle, big data et les systèmes d'information géographique pour une meilleure prévision spatio-temporelle, en minimisant le nombre de capteurs utilisés, et minimisant ainsi les coûts.

Abrégé :

La présente invention concerne un procédé de prédiction précise de la pollution de l'air combinant l'intelligence artificielle, big data et les systèmes d'information géographique pour une meilleure prévision spatio-temporelle, en minimisant le nombre de capteurs utilisés, et minimisant ainsi les coûts.

Description :

Procédé combinant l'intelligence artificielle, la big data, et les systèmes d'information géographique pour la prédiction de la cartographie de pollution de l'air.

Domaine Technique :

[001] La présente invention concerne le domaine des cartographies de pollution de l'air réalisées en utilisant l'intelligence artificielle, la big data et les systèmes d'information géographique.

Technique antérieure :

[002] Pour une surveillance précise de la pollution dans l'atmosphère, un grand nombre de stations est nécessaire, en particulier dans les zones urbaines où la variabilité spatiale des concentrations de polluants peut être très élevée, et où les populations sont le plus touchées par ses effets notoires.

[003] Cependant, en raison du coût élevé de l'acquisition et de la maintenance des stations de contrôle de la qualité de l'air, leur nombre est souvent assez réduit et elles sont souvent placées dans des zones protégées, très loin des zones habitées et des activités quotidiennes de la population.

[004] Toutefois, des méthodes de surveillance à base de données satellitaires sont disponibles, mais leur résolution spatiale est en général faible. En plus, cela ne prend pas en compte les caractéristiques propres à chaque zone géographique et à ses activités habituelles.

[005] D'autre part, des recherches antérieures ont opté pour une méthode de prédiction pour les concentrations de NO₂, NO, CO, PM_{2.5} et PM₁₀ en fonction de la température ambiante, de la vitesse / direction du vent et de l'humidité relative. Bien que ces modèles soient faciles à mettre en œuvre et fournissent des résultats rapides, ils ne parviennent pas à saisir la relation non linéaire entre les sources de pollution et les concentrations de polluants.

[006] Pour ceux qui ont essayé de nouvelles approches non linéaires, ils considèrent souvent le taux de trafic, les conditions météorologiques ou les caractéristiques du terrain comme paramètres impactant la pollution, mais les utilisent séparément sur des modèles différents.

Exposé de l'invention :

[007] La présente invention vise à pallier aux inconvénients de l'art antérieur en proposant un procédé de prédiction précise de la pollution de l'air combinant l'intelligence artificielle et les systèmes d'information géographique pour une meilleure prévision spatio-temporelle, en minimisant le nombre de capteurs utilisés, et minimisant ainsi les coûts, mais couvrant néanmoins une grande surface, sans oublier chaque lieu spécifique et les diverses activités et caractéristiques qui y sont liées. Les caractéristiques sont liées aux Terrain (élévation, pente et reliefs), hauteur et densité des bâtiments environnants, nature des routes proches, densité de la population, les activités pratiquées dans la zone concernée, les taux de trafic, les conditions météorologiques, etc...

[008] Le système actuel peut être appliqué dans diverses zones géographiques, pour la surveillance de la qualité de l'air, ainsi que dans divers domaines liés à l'utilisation personnelle ou professionnelle par des particuliers ou à des fins socio-économiques.

[009] Le procédé consiste en 3 étapes : la collecte des données, le traitement de données et post-traitement des données.

[010] La collecte des données :

Cette étape consiste à collecter les données de pollutions relatives à la qualité de l'air, en utilisant des capteurs mobiles et fixes parcourant toute la région ciblée, placée sur des zones pré-étudiées pour une meilleure couverture spatiale. Les capteurs finaux sont composés d'un capteur de particules fines, de diamètre aérodynamique égal à $2,5 \mu\text{m}$ (PM2.5) et $10 \mu\text{m}$ (PM10), d'un capteur de composés organiques volatils (COV), d'un capteur de dioxyde d'azote (NO₂), d'un capteur d'humidité et température, vu que l'humidité change souvent d'un endroit à un autre, et d'un GPS pour les capteurs mobiles.

[011] Le traitement des données :

A travers des algorithmes de big data, les données sont ainsi analysées, filtrées et triées afin de réaliser une base de données exploitable.

Cette base de données est ensuite utilisée pour créer des modèles qui prennent en compte les différents paramètres impactant chaque polluant, pour chaque zone ciblée. Ceci permet non seulement à prédire les taux de pollutions pour chaque zone ayant ses propres caractéristiques, mais aussi à estimer les concentrations des polluants dont les capteurs sont très coûteux ou très difficiles à calibrer et à maintenir.

Les paramètres impactant pour la pollution de l'air sont :

- Les conditions météorologiques qui impactent la distribution des polluants dans l'atmosphère, lorsque les niveaux de pollution peuvent s'accumuler en raison du manque de vent pour disperser la pollution, ou lorsque le temps froid et calme piège les substances près du sol.
- La circulation routière qui dégage essentiellement du monoxyde d'azote(NO) qui finit par former du dioxyde d'azote(NO₂) dans l'atmosphère. Aussi les différents types et tailles des rues, vu que les polluants sont souvent concentrés dans des tunnels, ou des autoroutes ou le nombre de véhicule est très élevée.
- La densité, le type et la hauteur des bâtiments, qui rend la circulation des particules beaucoup plus difficile et cause la pollution a stagné entre les bâtiments.
- Les caractéristiques du terrain qui impactent aussi la distribution des polluants. En effet les concentrations des polluants provenant des véhicules, des habitations et d'autres source, peuvent être piégés dans des zones basses comme les vallées, dans certaines conditions météorologiques, alors que les zones les plus élevées sans souvent moins polluées.
- Des paramètres plus spécifiques à la zone en question comme la densité de la population, et les activités socio-économiques. La pollution atmosphérique est souvent concentrée à proximité des stations de service, des usines de traitement industriel, des bains et fours publiques traditionnelles, et des vendeurs ou carrément des marchés que l'on trouve dans certains quartiers.

[012] le post-traitement des données résultantes :

Cette étape permet de visualiser les résultats sous forme d'une carte interactive montrant plusieurs couches définissant chaque polluant, sa nature, sa concentration, et ses variations temporelles et spatiales. Le système génère aussi une évaluation de la qualité de l'air par code couleur permettant une méthode simple mais efficace pour indiquer le niveau de pollution de la région.

[013] Dans les dessins qui illustrent l'invention,

La FIGURE 1 est un schéma du procédé montrant toute les étapes, outils, et méthodes utilisées.

La FIGURE 2 est une carte interactive montrant les niveaux de pollutions pour chaque polluant.

La FIGURE 3 est un graphe de la variation des polluants en fonction de la zone concernée.

La FIGURE 4 est un graphe de la variation des polluants en fonction du temps.

[014] En se référant aux dessins, on verra que le procédé se base sur la big data (6), l'intelligence artificielle (10) et les systèmes d'informations géographiques (11) pour créer des modèles qui reposent sur un nombre minimal de capteurs (1), les paramètres météorologique (2), les paramètres liés au trafic (3), les paramètres relatifs aux bâtiments (4) et les paramètres liés à la population (5). Comme résultat, on réalise une carte interactive (7) montrant les niveaux de pollutions pour chaque polluant, un graphe de la variation des polluants en fonction de la zone (8), et un graphe de la variation des polluants en fonction du temps (9).

Revendications :

1. Procédé pour la prédiction de la cartographie de pollution de l'air combinant l'intelligence artificielle, big data, et les systèmes d'information géographique caractérisé en ce qu'il se base sur 3 étapes :
 - La collecte des données :

Cette étape consiste à collecter les données de pollution relative à la qualité de l'air, en utilisant des capteurs mobiles et fixes parcourant toute la région ciblée. Les capteurs finaux sont composés d'un capteur de particules fines, de diamètre aérodynamique égal à 2,5 μm (PM2.5) et 10 μm (PM10), d'un capteur de composés organiques volatils (COV), d'un capteur de dioxyde d'azote (NO₂), d'un capteur d'humidité et température, et d'un GPS pour les capteurs mobiles.
 - Le traitement des données :

A travers des algorithmes de big data, les données sont ainsi analysées, filtrées et triées. Cette base de données est ensuite utilisée pour créer des modèles qui prennent en compte les paramètres suivants de la zone concernée :

 - Les conditions météorologiques
 - La circulation routière
 - La densité, le type et la hauteur des bâtiments,
 - Les caractéristiques du terrain
 - La densité de la population, et les activités socio-économiques.
 - Le post-traitement des données :

Cette étape consiste à visualiser les résultats sous forme d'une carte interactive montrant plusieurs couches définissant chaque polluant, sa nature, sa concentration, et ses variations temporelles et spatiales. Le système génère également une évaluation de la qualité de l'air par code couleur.

Dessins :

Fig. 1

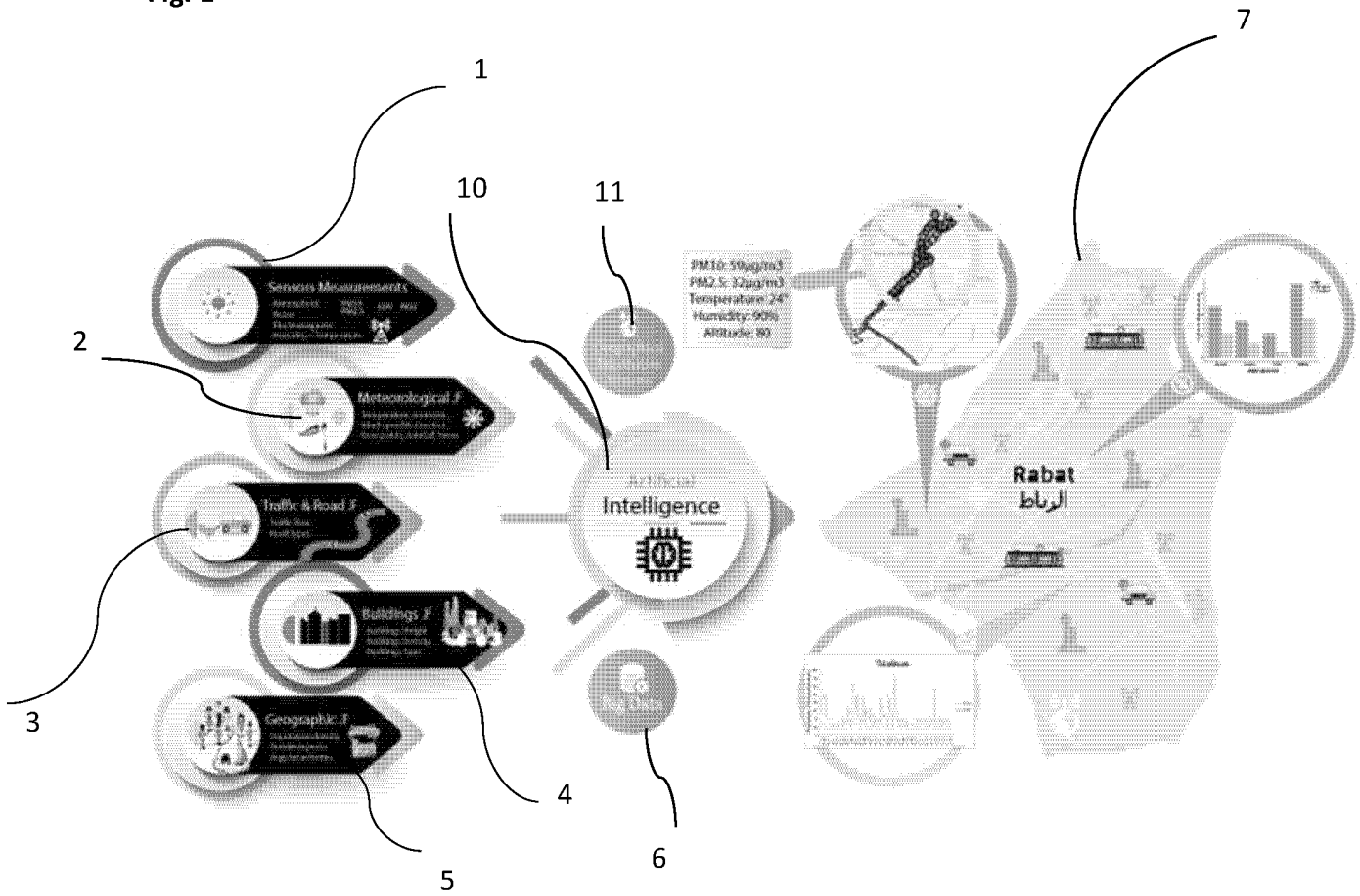


Fig. 2

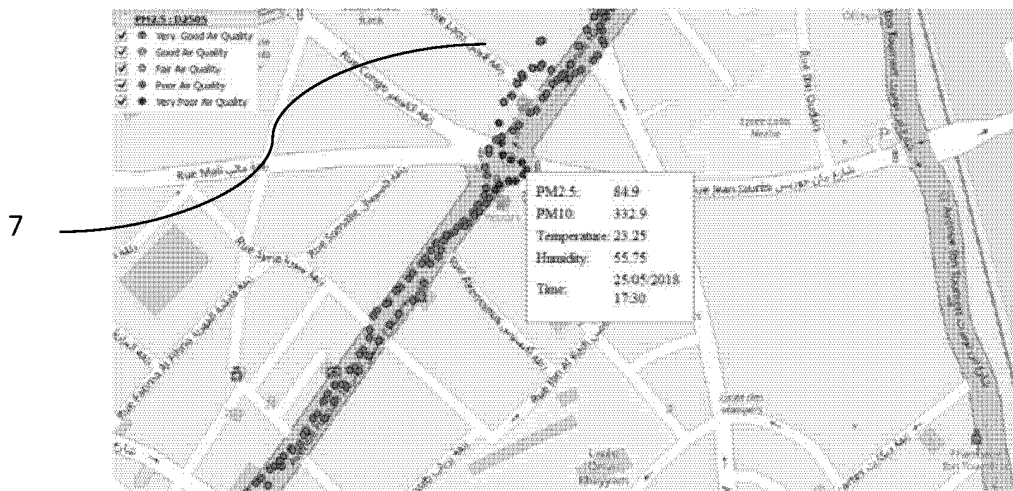


Fig. 3

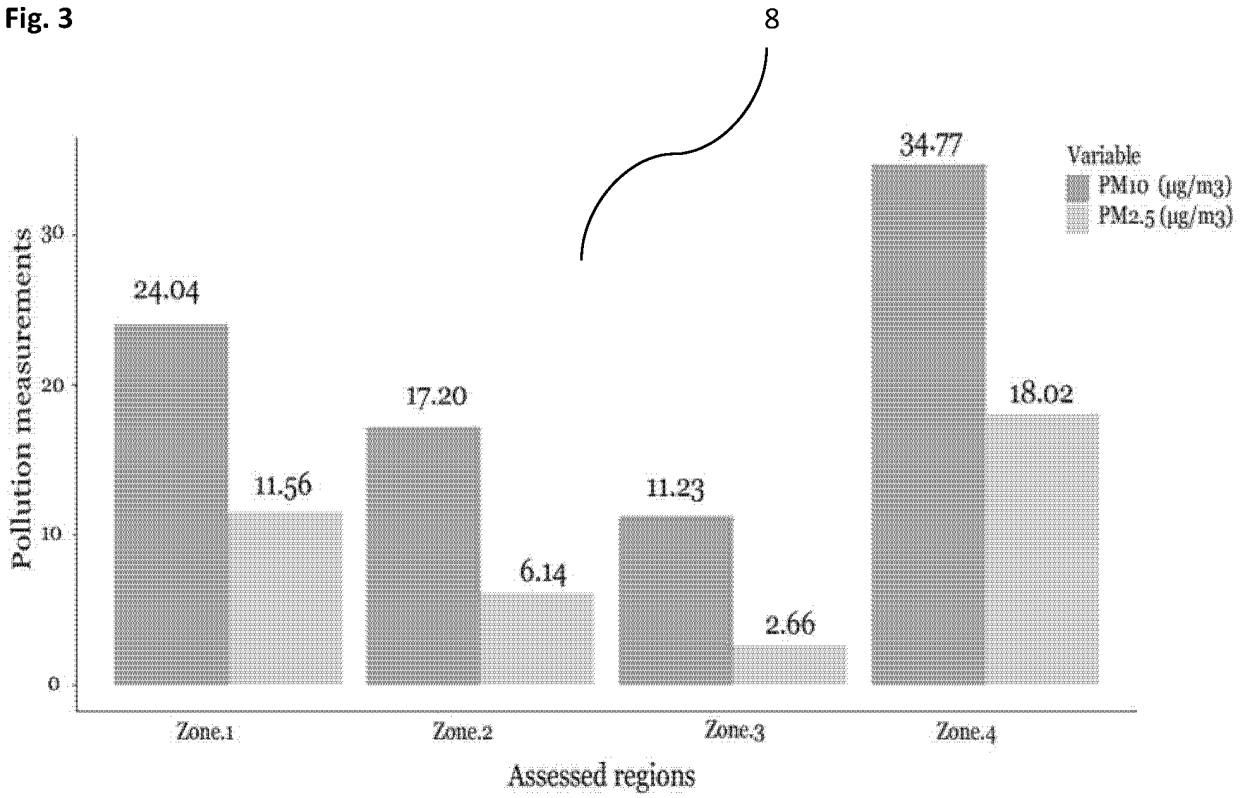
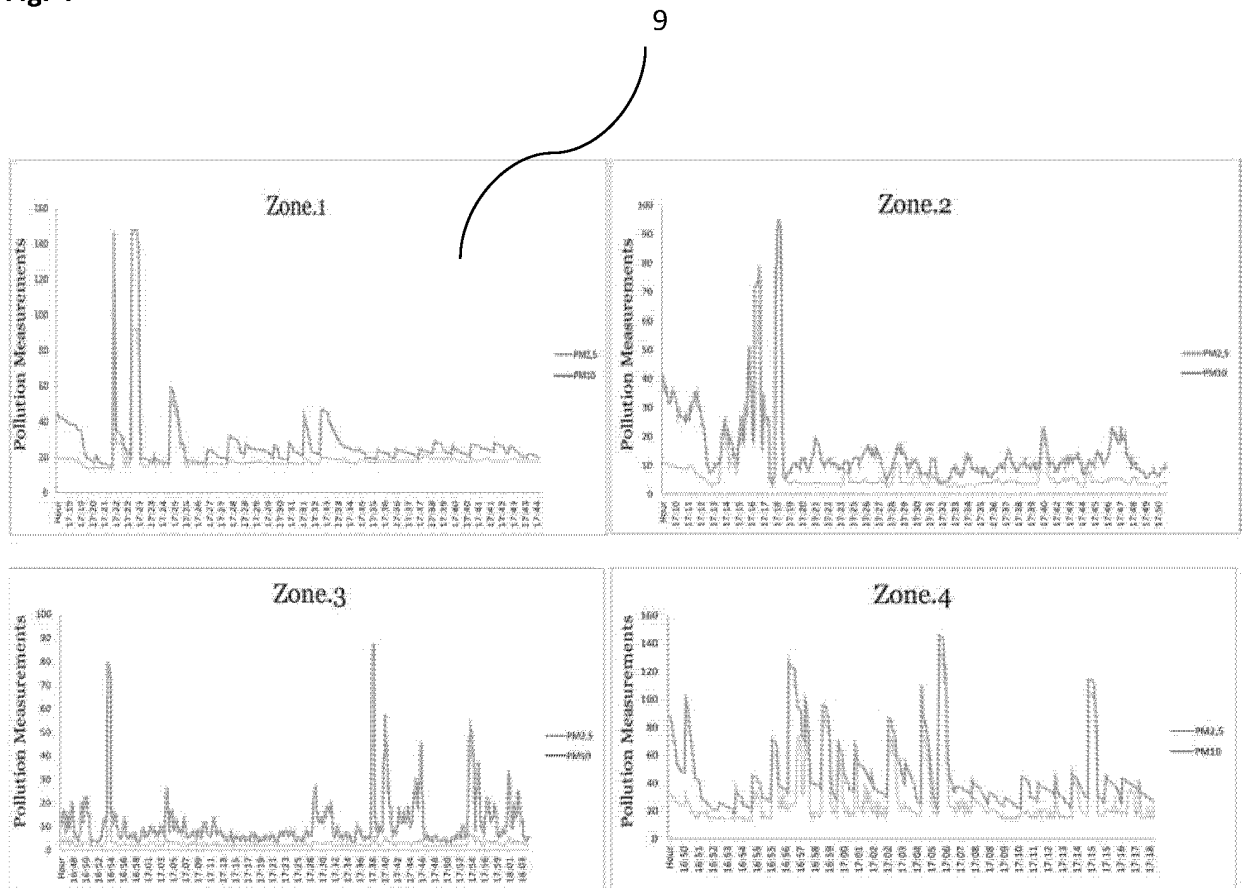
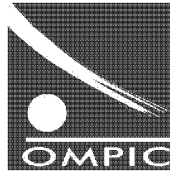


Fig. 4





**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 44291	Date de dépôt : 17/12/2018
Déposant : UNIVERSITE INTERNATIONALE DE RABAT UIR	
Intitulé de l'invention : Procédé combinant l'intelligence artificielle, la big data, et les systèmes d'information géographique pour la prédiction de la cartographie de pollution de l'air.	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: Ilham Oubiyi	Date d'établissement du rapport : 22/03/2019
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales		
Cadre 1 : base du présent rapport		
Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :		
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Description</u> 4 Pages • <u>Revendications</u> 1 • <u>Planches de dessin</u> 2 Pages 		
Partie 2 : Rapport de recherche		
Classement de l'objet de la demande :		
CIB : G06N20/00, G06N3/08, G06N7/00 ; G06F 19/00 CPC: Y02A90/15		
Plateformes et bases de données électroniques de recherche :		
EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, ORBIT		
Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	"LaSVM-based big data learning system for dynamic prediction of air pollution in Tehran" ; Z. GhaemiA. AlimohammadiM. Farnaghi ; 20-04-2018 ; https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10661-018-6659-6.pdf	1
X	"Deep Distributed Fusion Network for Air Quality Prediction" ; Xiuwen Yi, Junbo Zhang, Zhaoyuan Wang, Tianrui Li1, Yu Zheng ; juillet 2018 ; http://zhangjunbo.org/pdf/2018_KDD_DeepAir.pdf	1
X	"Air Quality Prediction: Big Data and Machine Learning Approaches" ; Gaganjot Kaur Kang, Jerry Zeyu Gao, Sen Chiao, Shengqiang Lu, and Gang Xie ; 01-01-2018 ; https://www.researchgate.net/publication/323012727_Air_Quality_Prediction_on_Big_Data_and_Machine_Learning_Approaches	1
X	« Mapping real-time air pollution health risk for environmental management: Combining mobile and stationary air pollution monitoring with neural network models" ; Matthew D Adams et Pavlos S. Kanaroglou ; mars 2016 ; https://www.researchgate.net/publication/287204608_Mapping_real-time_air_pollution_health_risk_for_environmental_management_Combining_mobile_and_stationary_air_pollution_monitoring_with_neural_network_models	1
X	US20160125307A1 ; Microsoft Technology Licensing LLC ; 05-052016	1
X	WO2018214060 A1; BEIJING QUALITY TECHNOLOGY ; 25-05-2017	1

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
 -« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
 -« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
 -« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
 -« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté***- Remarques de clarté*

Les caractéristiques « capteurs finaux composés d'un capteur de particules fines, de diamètre aérodynamique égal à 2,5 µm et 10 µm, un capteur de composés organiques volatils, un capteur de dioxyde d'azote, un capteur d'humidité et température un GPS pour les capteurs mobiles » énoncées dans la revendication du procédé 1 portent sur des caractéristiques techniques d'un dispositif et non pas d'un procédé. Les limitations visées ne ressortent donc pas clairement de cette revendication conformément aux exigences de l'art. 35 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1	Non
Activité inventive	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1	Non
Application Industrielle	Revendications 1	Oui
	Revendications aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : <https://www.researchgate.net/publication/323012727> Air Quality Prediction Big Data and Machine Learning Approaches

1. Nouveauté & Activité inventive

Le document D1 divulgue (voir abrégé, fig) un procédé pour la prédiction de la cartographie de pollution de l'air combinant l'intelligence artificielle, big data et les systèmes d'information géographique comportant 3 étapes :

- La collecte des données de pollution relatives à la qualité de l'air en utilisant des capteurs mobiles et fixes ;
- Le traitement des données à travers des algorithmes de big data. Cette base de données

est ensuite utilisée pour créer des modèles qui prennent en compte les paramètres de la zone concernés ;

- Le post traitement des données qui consiste à visualiser les résultats sous forme d'une carte interactive.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 n'est pas nouveau et n'implique pas une activité inventive au sens des articles 26 et 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.