

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 38754 A1** (51) Cl. internationale : **G01N 33/24; G01N 21/35**

(43) Date de publication :
31.07.2017

(21) N° Dépôt :
38754

(22) Date de Dépôt :
30.12.2015

(71) Demandeur(s) :
MASCIR (MOROCCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE INNOVATION & RESEARCH), RUE MOHAMED ELJAZOULI, MADINAT ALIRFANE, RABAT, 10100 RABAT 10100 (MA)

(72) Inventeur(s) :
Brahim LAKSSIR ; BOUZIDA Ilham ; Yaakoubi Kaoutar ; SAIDI OUADI ; MEFTAH KADMIRI ISSAM

(74) Mandataire :
ABDELHAQ AMMANI

(54) Titre : **Système électronique portable d'estimation du Contenu Organique et Azoté d'un Sol Agricole**

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de mesure in-situ de la matière organique et de l'azote sur 10 un échantillon de sol broyé. Le dispositif comprend principalement un mini-spectromètre Transformée de Fourier, opérant dans la Bande Spectrale Proche Infrarouge, avec une carte d'acquisition et de traitement de données. Cette carte intègre un modèle mathématique pour estimer les contenus en matière organique et en azote de l'échantillon de sol en analysant la réflectance moyenne des longueurs d'onde 1550nm et 1890nm caractéristiques 15 du contenu organique et 1900 nm et 1950nm caractéristiques de l'azote. Le résultat global de mesure de sol d'un terrain agricole, est affiché sous forme de carte, avec une cartographie de chacun des paramètres mesurés.

**Système électronique portable d'estimation du Contenu Organique et Azoté d'un Sol
Agricole.**

5

Abrégé :

L'invention concerne un dispositif de mesure *in-situ* de la matière organique et de l'azote sur
10 un échantillon de sol broyé. Le dispositif comprend principalement un mini-spectromètre
Transformée de Fourier, opérant dans la Bande Spectrale Proche Infrarouge, avec une carte
d'acquisition et de traitement de données. Cette carte intègre un modèle mathématique
pour estimer les contenus en matière organique et en azote de l'échantillon de sol en
15 analysant la réflectance moyenne des longueurs d'onde 1550nm et 1890nm caractéristiques
du contenu organique et 1900 nm et 1950nm caractéristiques de l'azote. Le résultat global
de mesure de sol d'un terrain agricole, est affiché sous forme de carte, avec une
cartographie de chacun des paramètres mesurés.

**Système électronique portable d'estimation du Contenu Organique et Azoté d'un Sol
Agricole.**

5 **Domaine de l'invention :**

La présente invention concerne le domaine des instruments électronique pour l'agriculture. En particulier, elle concerne un dispositif portable et une méthode pour estimer *in-situ* le contenu organique et le contenu en Azote d'un Sol Agricole. Le système effectue des mesures et affiche les résultats en temps réel.

10

Art antérieur :

La notion agriculture de précision vise une haute maîtrise du milieu pour une gestion agricole spécifique au site (Site-Specific Management SSM). Cette gestion spécifique est basée sur l'idée d'apporter les bonnes pratiques agricoles, aux bons endroits et aux bons moments. L'agriculture de précision fournit le moyen d'automatiser la SSM. Elle inclut toutes les pratiques de production agricole qui utilisent les technologies de l'information soit pour ajuster les apports des intrants pour atteindre les rendements désirés ou pour surveiller ces rendements (Ex : Applications à taux variables des engrais, surveillances des rendements, télédétection).

15

20 Pour atteindre les objectifs de la SSM, les résultats des analyses de sol sont des données cruciales pour une application efficiente des engrais et autres amendements. Ces résultats d'analyse de sol fournissent en effet une bonne base pour une planification des apports des

engrais en fonction des besoins en éléments nutritifs de chaque culture. Les méthodes standards d'analyse de sol rencontrent plusieurs obstacles liés à l'obtention d'échantillons représentatifs collectés avec une densité spatiale adéquate, à la bonne profondeur et au bon moment ainsi qu'à la lenteur des analyses qui nécessitent un temps considérable.

5 Actuellement, les techniques d'échantillonnage aléatoire, et les techniques d'échantillonnage en grille sont souvent utilisées. Le développement de techniques pour le monitoring en temps réel des principaux paramètres de la fertilité du sol est au centre de l'agriculture de précision. La demande de brevet américain US20050172733 de Drummond et al., divulgue un système d'échantillonnage automatique de sol capable de collecter et

10 mesurer les propriétés de sol *in situ* en utilisant des électrodes spécifiques. Ce système d'échantillonnage automatique est par contre assujéti à des altérations dues aux débris et cailloux au niveau du champ. Les techniques basées sur la spectroscopie semblent par conséquent prometteuses pour éviter l'échantillonnage de sol. La demande internationale WO/2015/195988 déposée par Weindorf et al. décrit un système portable pour la

15 caractérisation chimique du sol basée sur plusieurs technologies. Le développement d'un tel système implique des coûts considérables puisqu'il englobe la fluorescence aux rayons X, la réflectance diffuse au visible et à l'infrarouge. Enfin, le brevet américain US7671336 (B2) de UNIV CALIFORNIA, divulgue une méthode pour la prédiction du contenu de sol en nitrate, en phosphore et en matière organique basée sur la spectroscopie MIR-ATR (milieu

20 infrarouge avec la réflexion totale atténuée). Cette méthode utilise un nombre minimum de longueur d'onde qui corrèle avec les propriétés du sol. Ce brevet résout le problème lié à la calibration des spectres en fonction de différents types de sols cependant il implique une préparation d'un échantillon de pâte de sol en le mélangeant avec l'eau à ratio 1:1 (sol:eau). Ainsi l'analyse *in-situ* des paramètres de sol se trouve handicapé par ce mélange avec l'eau.

Un des objectifs de la présente invention est de palier aux inconvénients de l'art antérieur grâce à un dispositif automatique de mesure des caractéristiques du sol *in situ*.

Description de l'invention

5 La présente invention concerne un dispositif et une méthode pour prédire *in-situ* le contenu en matière organique et en azote nitrique d'un sol agricole. Elle apporte ainsi des solutions aux problèmes cités dans l'état de l'art puisqu'elle n'implique pas un mélange de l'échantillon avec l'eau, n'implique pas un échantillonneur automatique et n'implique pas une technologie coûteuse. Le dispositif permet l'analyse *in situ* et détermine
10 simultanément les paramètres de sol en temps réel et en prenant compte de la variabilité liée au champ.

Brève description des figures

L'invention sera interprétée à la lumière des figures qui sont fournies à titre d'indication et
15 ne sont pas limitatives.

Figure1 : Description de la méthode de détermination de l'azote et de la matière organique dans des échantillons de sol.

Figure2 : Description du système de détermination *in situ* de l'azote et de la matière organique des sols agricoles

20 Figure3 : Spectres de reflectance obtenus pour différents sols par le système développé.

Figure4 : Corrélation entre le contenu en matière organique et la reflectance obtenue par le système développé sur des échantillons de sol agricole

Figure5 : Spectres de reflectance obtenus pour différents sols par le système développé.

Figure6 : Corrélation entre le contenu en azote total et la reflectance obtenue par le système développé sur des échantillons de sol agricole

Figure 7 : Premier prototype du système de mesure

5 Figure 8 : Interface d'affichage des données sur PC

Figure 9 : Interface de communication avec le dispositif de mesure

Selon un premier aspect de l'invention, le dispositif permet la caractérisation *in-situ* du sol. Il permet en particulier d'estimer la teneur en Matière Organique et en Azote dans un sol
10 donné.

Selon un deuxième aspect de l'invention, et comme schématisé sur la fig.1, le protocole de fonctionnement du dispositif consiste en un échantillonnage (6) de 50g de sol, suivi par un broyage de l'échantillon manuel ou automatique. L'échantillon ainsi préparé est scanné par un spectromètre proche infraroge (5) et une source de lumière (4) avec des longueurs
15 d'onde comprises entre 1250 et 2100nm. Les spectres obtenus à partir de différents échantillons témoins ont permis la calibration du système et l'élaboration du modèle de prédiction des teneurs en matière organique et en azote total. Le dispositif comprend également une sonde (1) pour la mesure du pH et une autre sonde (2) pour la mesure de la température de l'échantillon.

20 Les paramètres, plages et sensibilité de la mesure du système sont les suivants :

Spectroscopie Proche Infra Rouge.

Temps de scan (Scan time) : 10 secondes

Resolution : 16nm

SNR (Signal to Noise Ratio) : 30 dB

Selon un autre aspect de l'invention, le dispositif est réalisé en intégrant un Mini-Spectromètre à Transformée de Fourier (5), opérant dans la Bande Spectrale Proche Infrarouge, avec une Carte d'Acquisition et de Traitement de Données (3).

Le Système est miniaturisé et assemblé de façon compacte, ce qui permet ainsi de le rendre portable.

Les données sont Transmises à un PC ou Smartphone via USB ou Bluetooth et les Résultats sont affichés sur une Application développé dans ce sens (fig.8 et Fig.9).

10 **Mode de réalisation préféré :**

Dans un mode de réalisation préféré, les échantillons de sol sont directement broyés dans un mortier puis placés dans un porte échantillon et scannés par le système calibré. Le système calcul la moyenne des pourcentages de réflectance dans les plages 1550nm et 1890nm pour la détermination de la matière organique et les plages 1900nm et 1950nm pour la détermination de l'azote. Grâce au module de transmission, les données sont transmises à une interface d'analyse (figure 8) qui en appliquant les modèles mathématiques décrits dans les exemples 1) et 2) les transforment en pourcentage de matière organique et en quantité d'azote.

Exemple 1 : calibration du système et prédiction de la matière organique :

20 Dans ce premier exemple, des sols contenant des concentrations connues en matière organique sont scannés par la spectroscopie proche infrarouge avec transformation de fourrier (FT-NIR). Les spectres représentés sur la fig. 3 indique une corrélation inversement

proportionnelle entre la concentration en matière organique et le pourcentage de réflectance. Le tableau 1 indique les valeurs des pourcentages de réflectance et les concentrations équivalentes en matière organique

Tableau 1 : Dosage de la matière organique de différents sols obtenu par la méthode de
5 perte au feu

	Sol 1	Sol 2	Sol 3	Sol 4	Sol 5
% Matière Organique (Perte au feu)	0,5%	2,5%	2,6%	3,9%	5%
Moyenne réflectance (1550-1890nm) (%)	90	42	44	35	30

L'étude de cette corrélation permet de déduire le modèle de prédiction comme suit :

$$y = 65,64x^{-0,46}$$

Avec Y=pourcentage de réflectance obtenu par le système et X= valeur prédictive de la
10 concentration en matière organique. Ce modèle est appliqué sur la moyenne des valeurs comprise entre les longueurs d'onde 1550nm et 1890nm (figure 3).

Exemple 2 : calibration du système et prédiction de l'azote total :

Dans ce deuxième exemple, des sols contenant des concentrations connues en azote total sont balayés par la spectroscopie proche infrarouge avec transformation de fourrier (FT-

NIR). Les spectres représentés sur la figure 6 indique une corrélation inversement proportionnelle entre la concentration en azote et le pourcentage de réflectance. Le tableau 2 indique les valeurs des pourcentages de réflectance et les concentrations équivalentes en azote

5

10 Tableau 2 : Dosage de l'azote total de différents sols obtenu par la méthode Kjeldhal

	Sol 1	Sol 2	Sol 3	Sol 4
Azote Kjeldhal mg/g de sol	2,8	86,6	100,8	133
Moyenne réflectance (1900 – 1950nm) (%)	32,5	30	27,5	25

L'étude de cette corrélation permet de déduire le modèle de prédiction comme suit :

$$y = -0,054x + 33,17$$

Avec Y=pourcentage de reflectance obtenu par le système et X= valeur prédictive de la concentration en matière organique. Ce modèle est appliqué sur la moyenne des valeurs comprise entre les longueurs d'onde 1900 nm et 1950nm (figure6).

L'application de ce modèle sur 2 échantillons indique une corrélation de 70 % entre la valeur

5 prédictive par le système et la valeur réelle dosée au laboratoire.

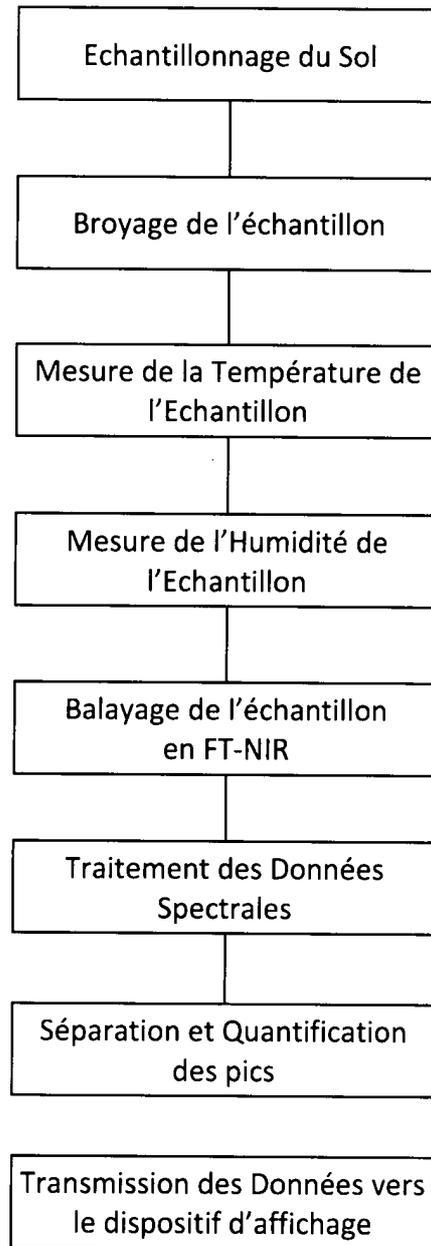


Fig.1

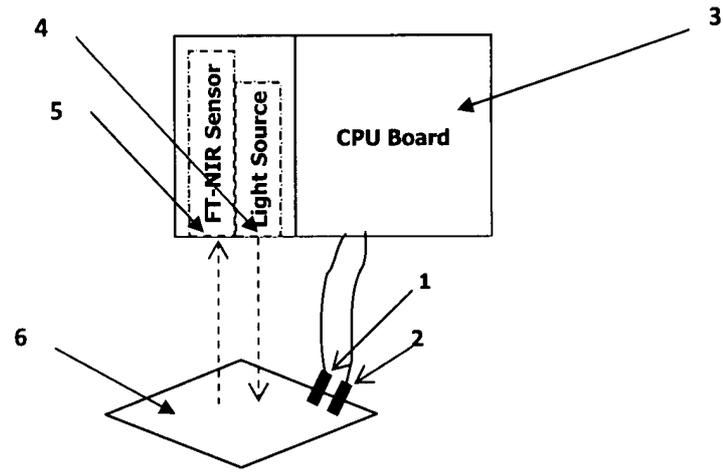


Fig.2

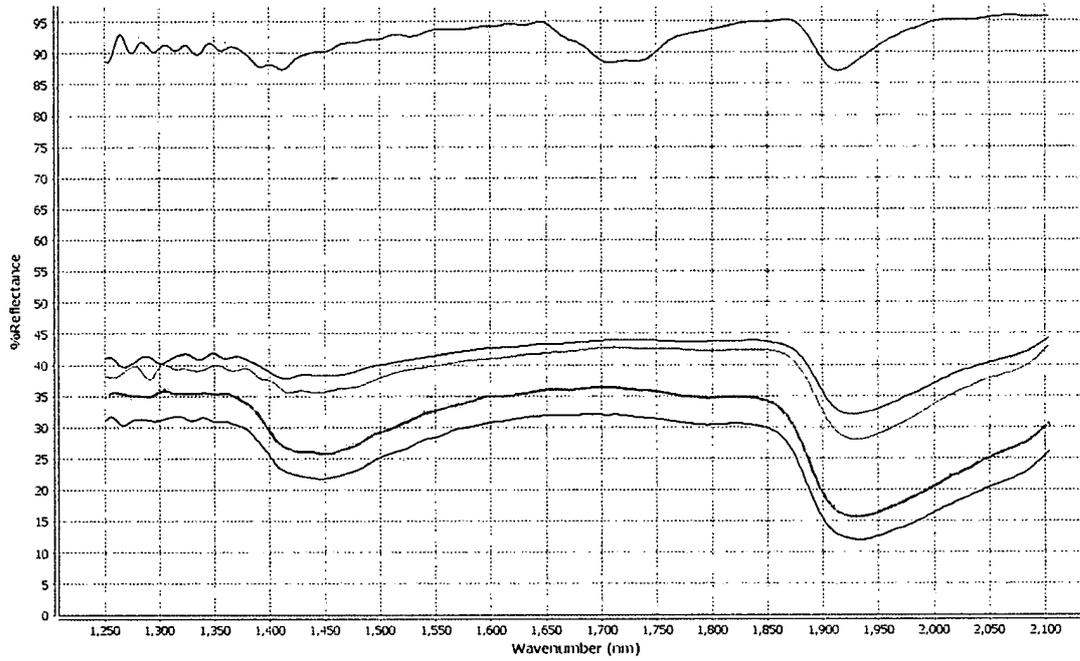


Fig.3 :

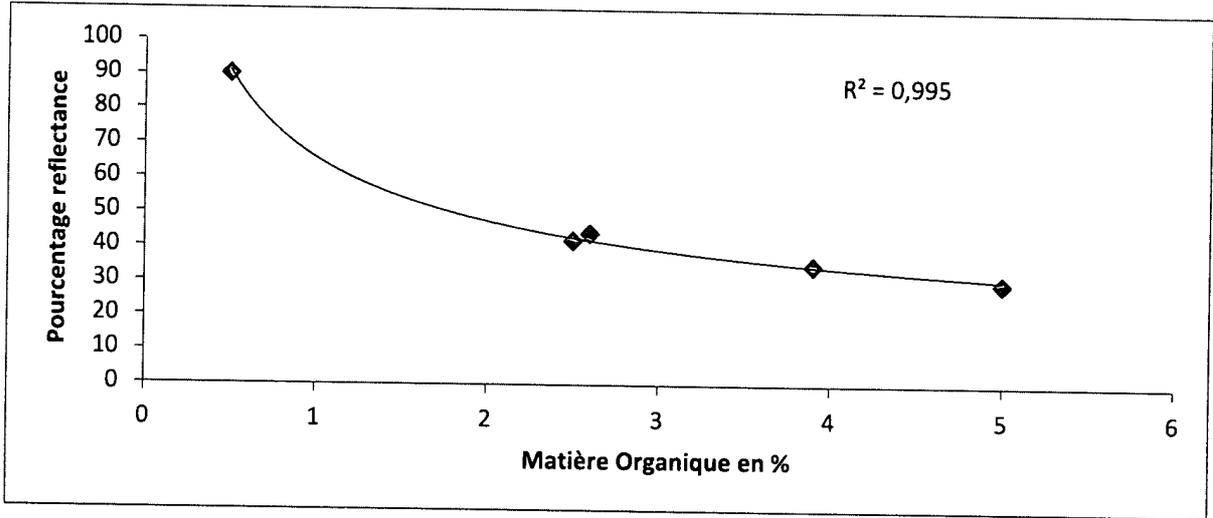


Fig.4

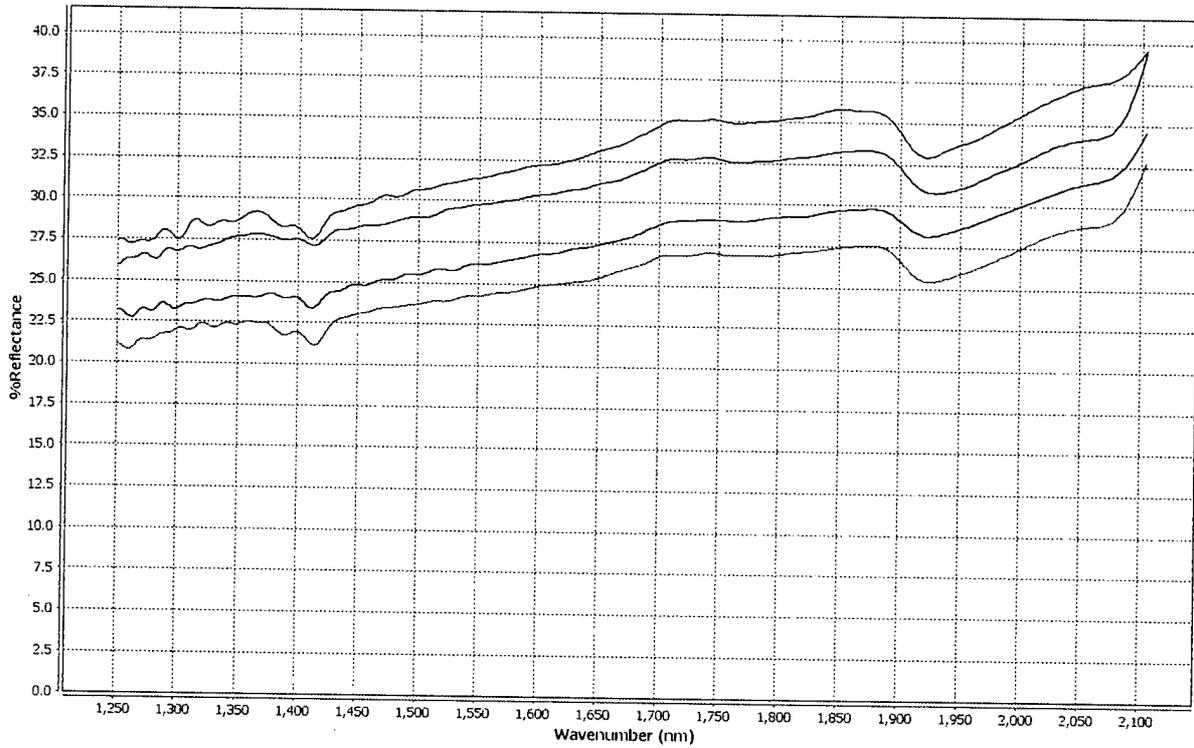


Fig.5

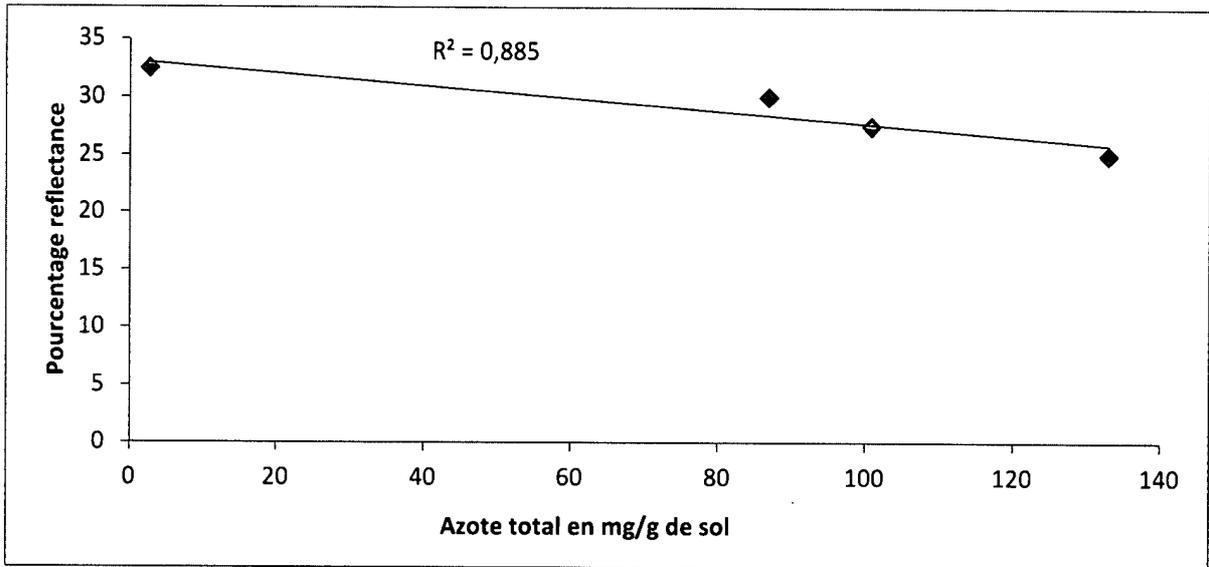


Fig. 6

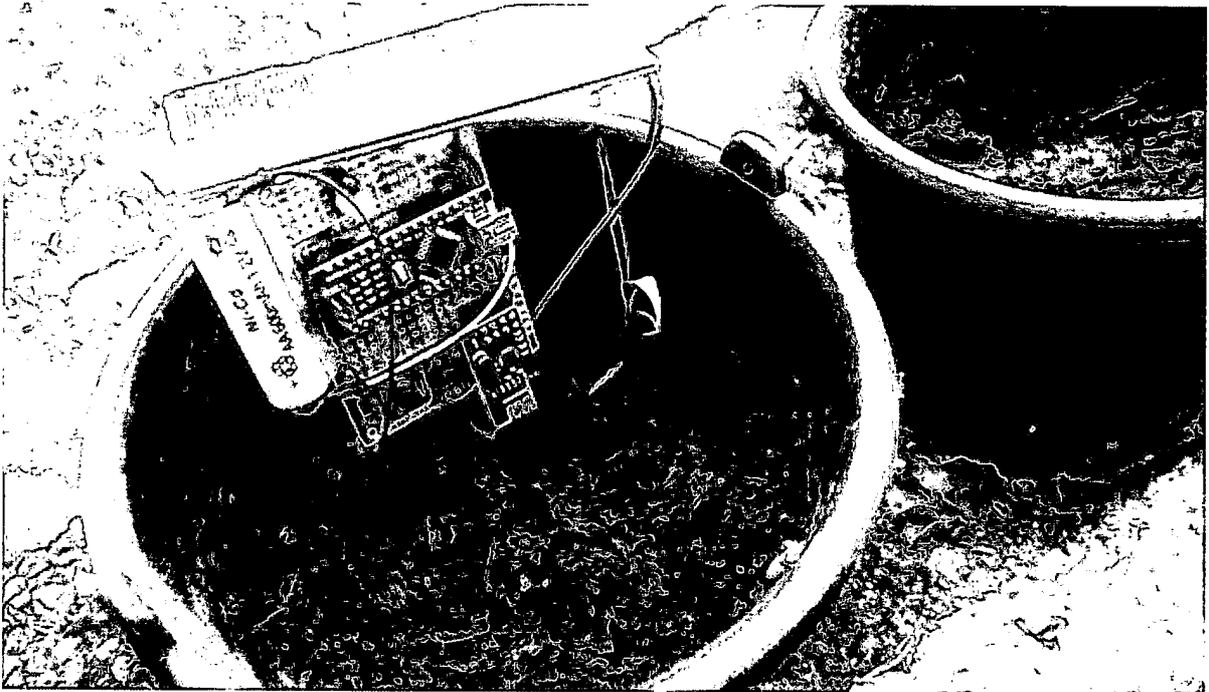


Fig. 7

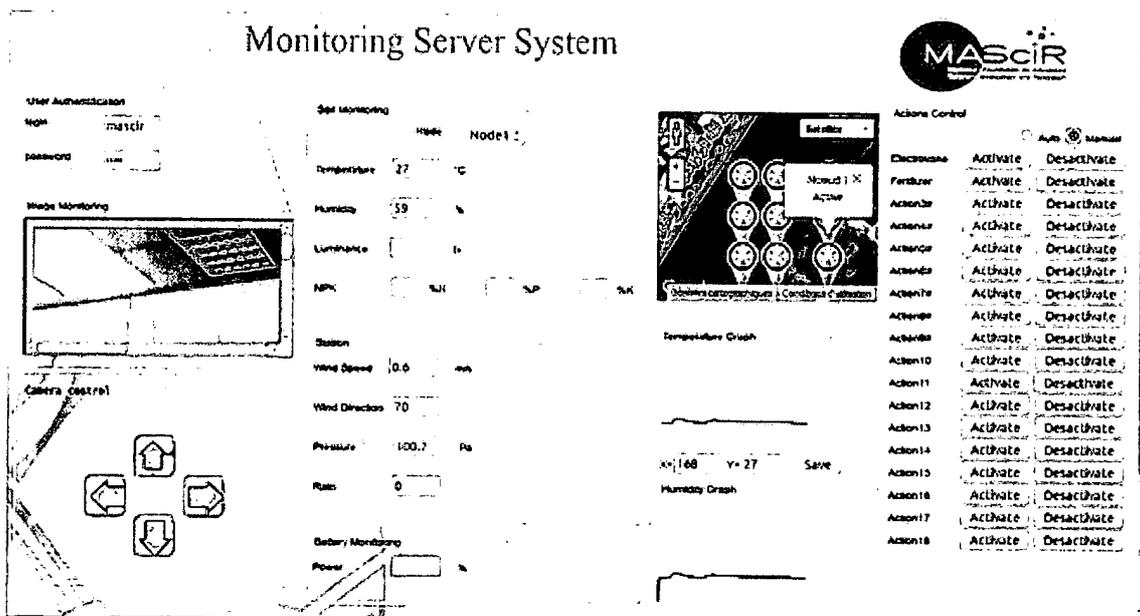


Fig. 8

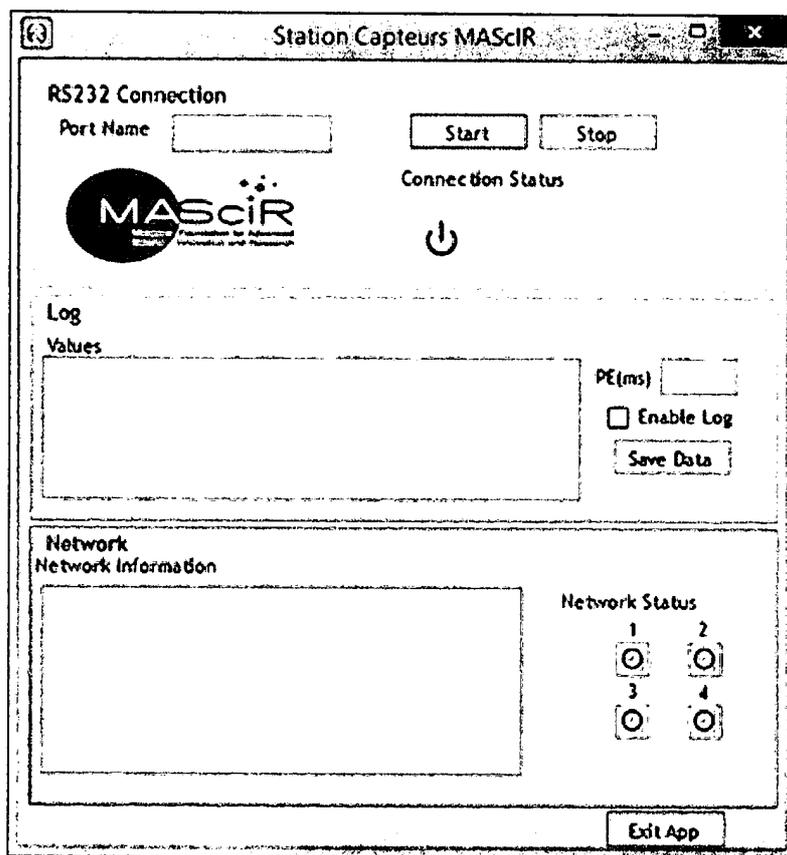


Fig. 9



**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 : 38754	Date de dépôt : 30/12/2015
Déposant : MASCIR (MOROCCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE INNOVATION & RESEARCH)	
Intitulé de l'invention : Système électronique portable d'estimation du Contenu Organique et Azoté d'un Sol Agricole	
<p>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.</p> <p>Les documents cités par l'examineur dans la partie rapport de recherche sont joints au présent document</p>	
<p>Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :</p> <p>Partie 1 : Considérations générales</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés</p> <p>Partie 2 : Rapport de recherche</p> <p>Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention</p>	
Examineur: I. Oubiyi	Date d'établissement du rapport : 14/07/2016
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales		
<p><i>Cadre 1 : base du présent rapport</i></p> <p>Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Description</u> 8 Pages • <u>Revendications</u> 6 • <u>Planches de dessin</u> 6 Pages 		
Partie 2 : Rapport de recherche		
<p>Classement de l'objet de la demande :</p> <p>CIB : G 01N21/35, G01N33/24 CPC : G01N33/243</p>		
<p>Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :</p> <p>EPOQUE, Orbit</p>		
Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
Y	US2007013908 ; 18-01-2007 ; (BOGR-I) BOGREKCI I & (LEEW-I) LEE W S	1-6
Y	CA2774576 A1 ; 31-03- 2011 ; COMMW SCIENT IND RES ORG [AU]	1, 3-6
Y	US2010283994 A1; 11-11- 2010; (KOSH-I) KOSH NICK N C, (PREI-I) PREINER M J, (SOLU-N) SOLUM INC, (STRA-I) STRACHAN J P, (WHIT-I) WHITE J S	2
<p>*Catégories spéciales de documents cités :</p> <p>-« 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</p> <p>-« 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</p> <p>-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>-« 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</p> <p>-« 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</p>		

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

La revendication 6 ne répond pas à l'exigence de clarté stipulé dans l'article 35 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. En effet, ladite revendication est de portée large et tente de définir l'objet par le résultat recherché, ce qui revient simplement à énoncer le problème sous-jacent, sans indiquer les caractéristiques techniques nécessaires pour parvenir à ce résultat.

Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté (N)	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune Revendications 1-6	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui 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 : US2007013908

D2 : CA2774576

D3 : US2010283994

1. Nouveauté (N) :

Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques énoncées dans les revendications 1-6. Par conséquent, l'objet desdites revendications est nouveau au sens de l'art. 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue un dispositif de mesure in situ de la matière organique et de l'azote d'un sol comprenant (les références entre parenthèses s'appliquent au présent document):

- Un compartiment pour recevoir un échantillon du sol. Ledit compartiment comprend un moyen pour le séchage, le broyage et / ou tamisage de l'échantillon de sol en vue de l'analyser. (**fig. 1 ; paragraphe [0043], 3^{ème} phrase**);
- Un spectromètre opérant dans la bande spectrale proche infrarouge (**fig. 1 ; paragraphe [0038]**);
- Une source de lumière (**fig. 1**) ;
- Un ordinateur, port USB et un afficheur (**fig. 1**) ;

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que le spectromètre est un spectromètre à transformée de fourrier opérant dans la longueur d'onde 1250nm et 2100nm.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme fournir

une alternative de scan et d'analyse du sol.

La solution à ce problème, proposée dans la revendication 1 de la présente demande, ne peut pas être considérée comme impliquant une activité inventive. En effet, la caractéristique technique distinctive n'a aucun effet technique supplémentaire sur l'invention et elle ne représente que l'une des options que l'homme du métier sélectionnerait, selon le cas parmi plusieurs possibilités évidentes afin de parvenir au même résultat (voir document D2 paragraphes [0026]-[0027]). Par conséquent, l'objet de la revendication 1 n'implique pas une activité inventive au sens de l'art. 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

La revendication dépendante 2 ne semble pas contenir de caractéristiques supplémentaires, en matière d'activité inventive, en étant combinées avec les caractéristiques techniques de la revendication 1 auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées (voir D3 paragraphe [0072]).

Le même raisonnement s'applique, en tenant compte des différences, à l'objet de la revendication du procédé 3 qui est donc considéré comme non inventif et ne satisfait pas aux dispositions de l'article 28 de la même loi.

Les moyennes des réflectances, des longueurs d'onde choisies pour la détermination de la matière organique et l'azote nitrique, décrites dans les revendications 4-5 n'ont pas d'effet technique. Par conséquent, l'objet des revendications 4-5 n'implique pas une activité inventive au sens de l'art. 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

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.