

Eurofins Galys

Pour une agriculture profitable et durable

Phosphore, Arsenic et Silicium en culture de céréales : éléments minéraux désirés ou indésirables....

Académie d'Agriculture de France



Intervenant : Clément FONTAINE,
Responsable Recherche, Développement & Innovation
Expert Agronomie Grandes cultures / Physiologie végétale / Data traitement
Laboratoire Eurofins Galys – Eurofins Agro Testing



ACADÉMIE
D'AGRICULTURE
DE FRANCE

comifer

Comité Français d'Étude et de Développement
de la Fertilisation Raisonnée


Gemmas

Les analyses de terre en France

Les acteurs principaux :



Galys



Les analyses de terre en France

Les acteurs principaux :



Galys



Les analyses de base :

Granulométrie 5 fractions

pH eau et KCl, Calcaire, Calcaire Actif

Corg, Ntot, APM, POxC

CEC Metson

Elements majeurs : P_2O_5 Olsen, K_2O , MgO , CaO

Oligos-éléments : EDTA (Cu, Zn, Mn, Fe) , B



Les analyses de terre en France

Environ 250 000 analyses de terre sont réalisées
chaque année en France.

Les acteurs principaux :



Galys



Les analyses de base :

Granulométrie 5 fractions

pH eau et KCl, Calcaire total, Calcaire Actif

Corg, Ntot, APM, POxC

CEC Metson

Elements majeurs : P_2O_5 Olsen, K_2O , MgO , CaO

Oligos-éléments : EDTA (Cu, Zn, Mn, Fe) , B



Les analyses de terre en France

Le cas du Phosphore

Les méthodes normées et utilisées en France :

Méthode Olsen : Phosphore soluble dans une solution d'hydrogénocarbonate de sodium.

NF ISO 11263

Méthode prédominante

Méthode Joret-Hébert : phosphore soluble dans une solution d'oxalate d'ammonium.

NF X 31-161

Méthode encore régulière en Viti/Arbo

Méthode Dyer : phosphore soluble dans une solution à 20 g/l d'acide citrique monohydraté.

NF X 31-160

Tombée en désuétude

Les analyses de terre en France

Le cas du Phosphore

Les méthodes normées et utilisées dans les autres pays :

Méthode Olsen : Phosphore soluble dans une solution d'hydrogénocarbonate de sodium.

NF ISO 11263

Méthode prédominante Très répandue en Asie

Méthode Mehlich-3 : phosphore soluble dans une solution Acide acétique, Nitrate d'ammonium, Fluorure d'ammonium, Acide nitrique, EDTA.

AOAC Official Method 2002.03 (Soluble Phosphorus and Potassium in Soils, Mehlich 3 Extraction Method)

Méthode Très employée aux Amériques

Méthode CaCl_2 : phosphore soluble dans une solution de chlorure de calcium.

NF EN 13651

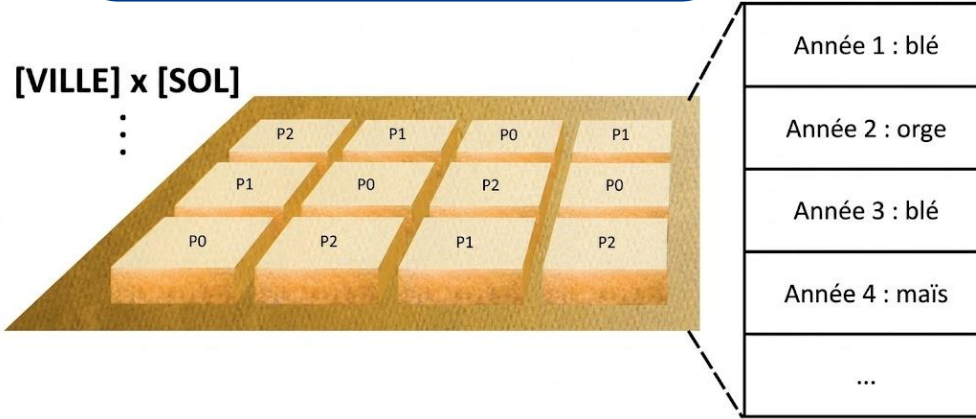
Méthode très employée en Europe

Les analyses de terre en France

Le cas du Phosphore

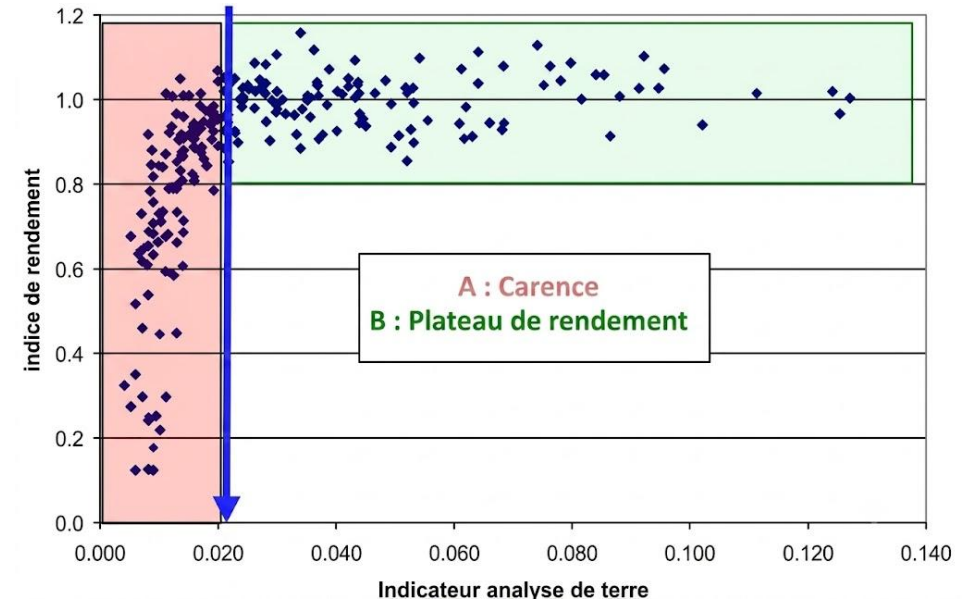
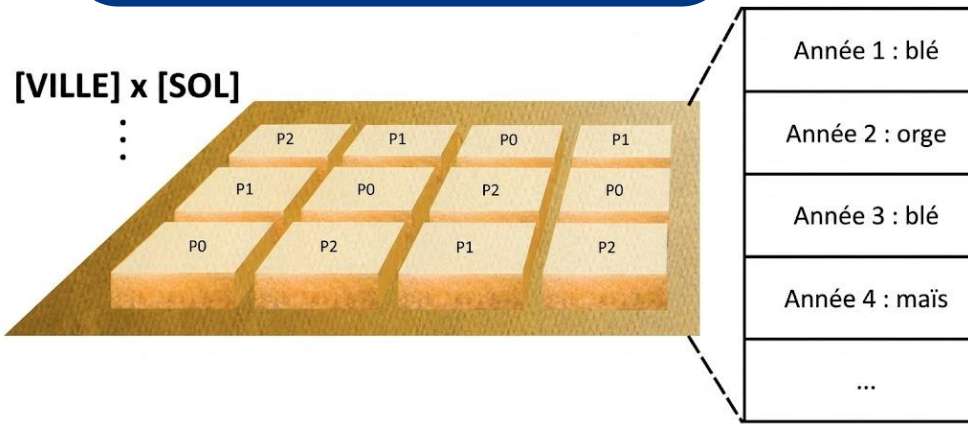
[VILLE] x [SOL]

⋮



Les analyses de terre en France

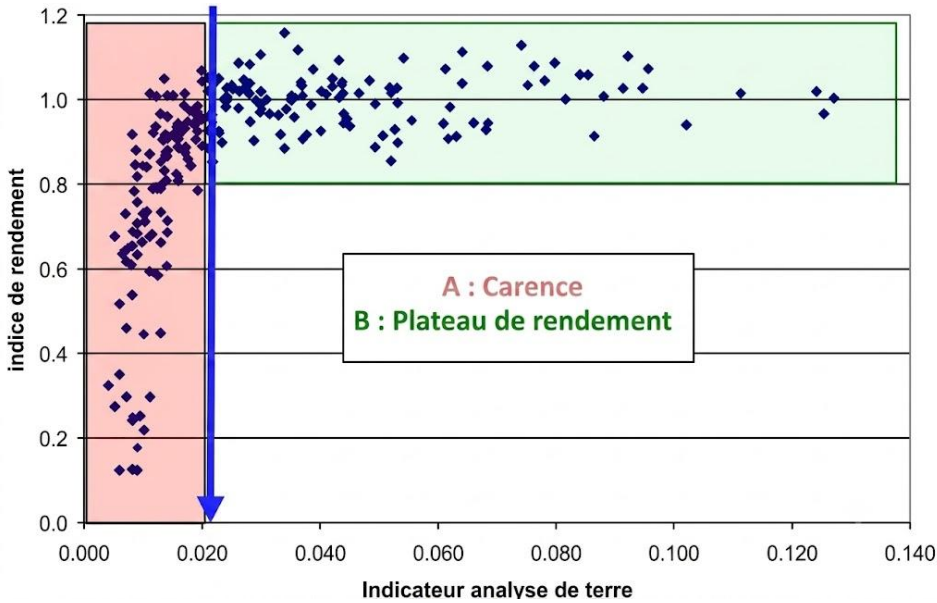
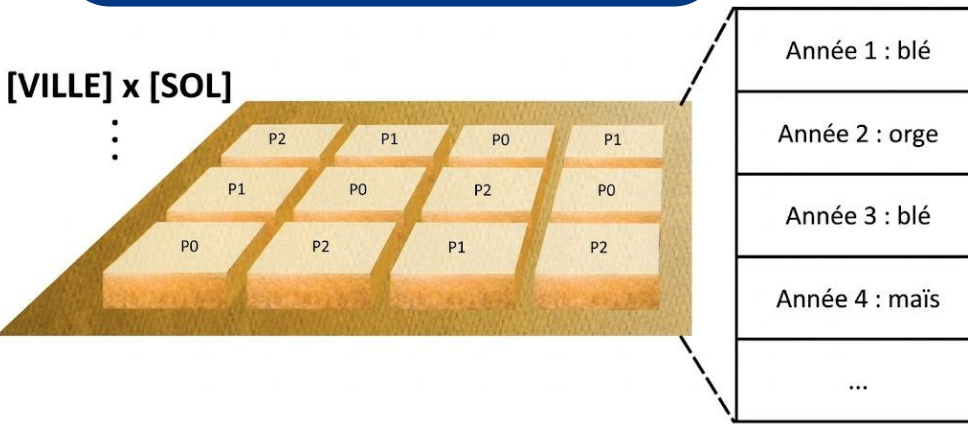
Le cas du Phosphore



Obtention d'une valeur de Pseuil par : site x culture
=
320 Pseuil (320 essais "valides")

Les analyses de terre en France

Le cas du Phosphore



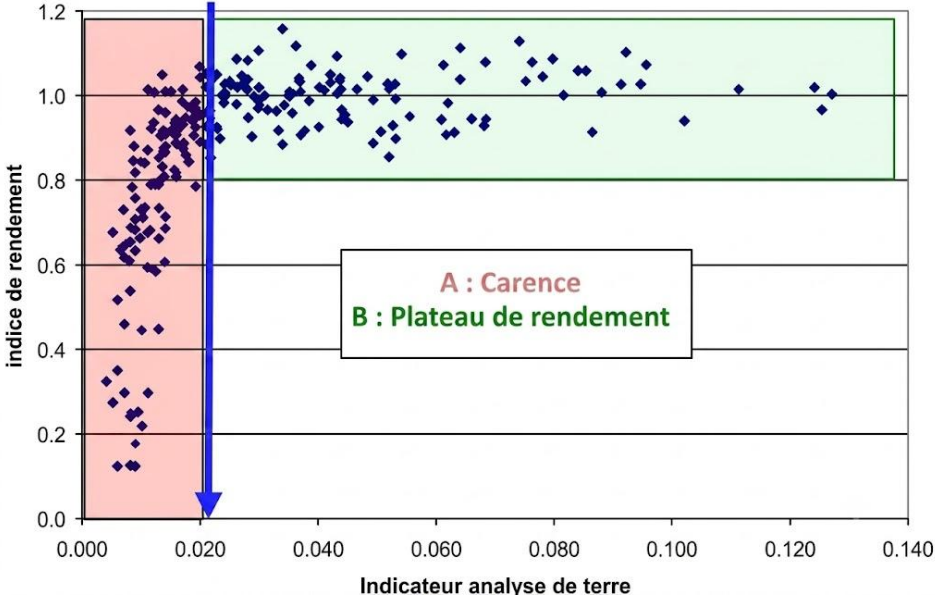
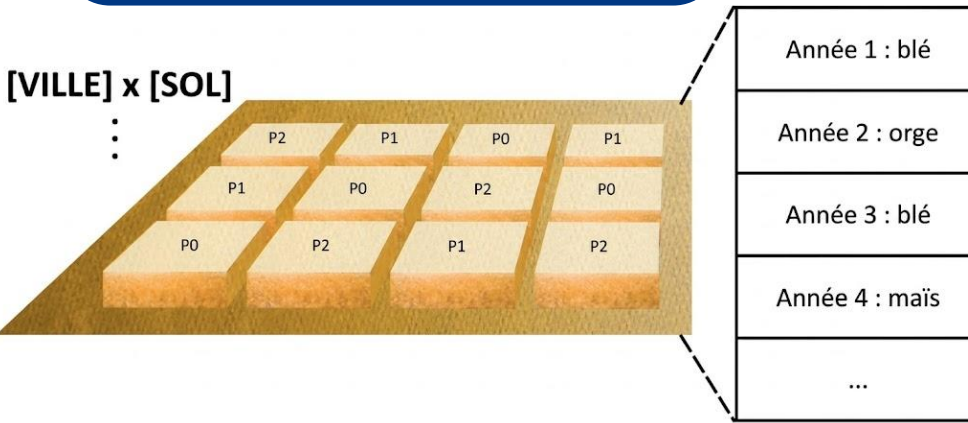
Obtention d'une valeur de Pseuil par : site x culture
=
320 Pseuil (320 essais "valides")

Type sol revu	Sensibilité culture	Médiane	Moyenne	Ecart-type ET	Moyenne + ET	Approx seuil actuel
Argilo-calcicole	SE	51.6	55.8	29.9	85.7	90
Argilo-calcicole	SF	35.3	41.8	26.9	68.7	80
Craie	SE	50.8	71.7	53	124.7	180
Craie	SF	122.8	99.4	57	156.4	135
Limon-argile	SE	66.6	43.6	24.9	68.5	80
Limon-argile	SF	75	44	25.5	69.5	70
Sable	SF	69	67.6	32.9	100.5	80

Forte variabilité intra-classe

Les analyses de terre en France

Le cas du Phosphore



Obtention d'une valeur de Pseuil par : site x culture
=
320 Pseuil (320 essais "valides")

Comment expliquer la variabilité
des seuils d'impasse ?

Type sol revu	Sensibilité culture	Médiane	Moyenne	Ecart-type ET	Moyenne + ET	Approx seuil actuel
Argilo-calcicole	SE	51.6	55.8	29.9	85.7	90
Argilo-calcicole	SF	35.3	41.8	26.9	68.7	80
Craie	SE	50.8	71.7	53	124.7	180
Craie	SF	122.8	99.4	57	156.4	135
Limon-argile	SE	66.6	43.6	24.9	68.5	80
Limon-argile	SF	75	44	25.5	69.5	70
Sable	SF	69	67.6	32.9	100.5	80

Forte variabilité intra-classe

Les analyses de terre en France

Le cas de l'arsenic

Les méthodes normées et utilisées en France :

Méthode de dosage à l'eau régale : mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique

Norme NF EN ISO 12914 (par micro-ondes) et NF EN ISO 11466 (par chauffage à reflux)

Méthodes prédominantes

Les analyses de terre en France

Le cas de l'arsenic

Les méthodes normées et utilisées dans les autres pays :

Méthode EDTA : Phosphore soluble dans une solution d'acide nitrique et d'EDTA.

Norme ISO 25251

Méthode prédominante Très répandue en Europe.

Couplée à une analyse LC-ICP-MS, permet de distinguer les formes As(III) et As(V) → forme confusante au PO_4^{3-} pour les plantes.

Méthode Olsen : Arsenic soluble dans une solution d'hydrogénocarbonate de sodium.

Dérivée de NF ISO 11263

Méthode Occasionnelle rencontrée dans le monde.

Méthode CaCl_2 : phosphore soluble dans une solution de chlorure de calcium.

Dérivée de ISO 14255

Méthode très employée en Europe du Nord

Les analyses de terre en France

Le cas de l'arsenic

L'arsenic n'est pas un nutriment : jamais dosé dans une analyse de terre "fertilité" standard

Il est en revanche un **élément trace métallique (ETM)** suivi dans des contextes très spécifiques : épandage de matières organiques, sites et sols pollués, ICPE

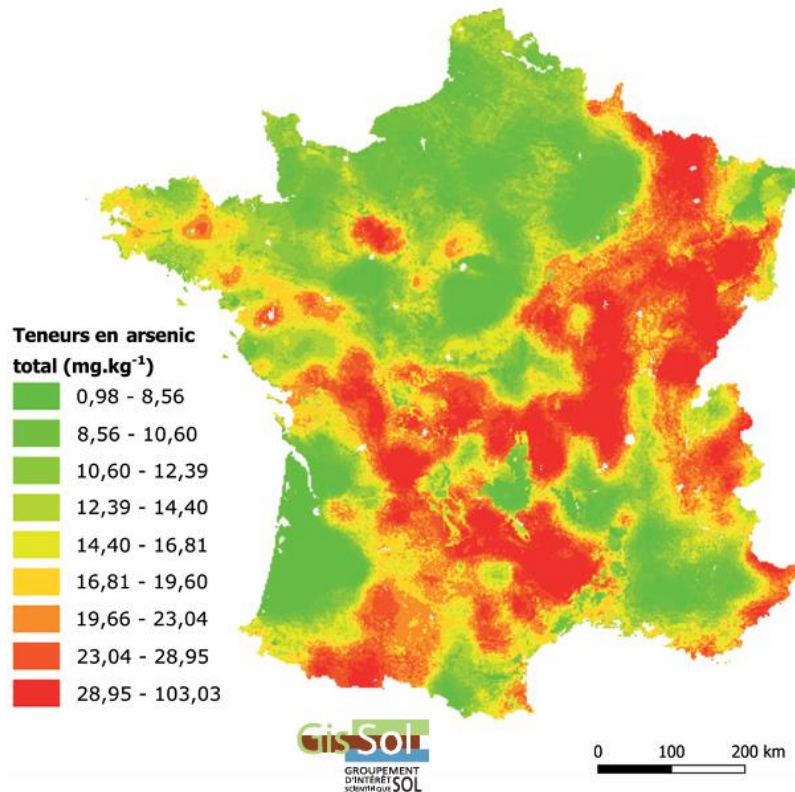
- **Arrêté du 8 janvier 1998** (épandage des boues sur sols agricoles, pris en application du décret n°97-1133 du 8/12/1997) : fixe les teneurs limites en ETM dans les boues *et* dans les sols récepteurs

Les analyses de terre en France et la réglementation

Le cas de l'arsenic

L'arsenic n'est pas un nutriment : jamais dosé dans une analyse de terre "fertilité" standard

Teneurs prédites en arsenic total des horizons de surface (0-30 cm) des sols en France.



Source : Gis Sol, 2019

Il est en revanche un **élément trace métallique (ETM)** suivi dans des contextes très spécifiques : épandage de matières organiques, sites et sols pollués, ICPE

- **Arrêté du 8 janvier 1998** (épandage des boues sur sols agricoles, pris en application du décret n°97-1133 du 8/12/1997) : fixe les teneurs limites en ETM dans les boues et dans les sols récepteurs

- **Les 8 ETM historiquement réglementés** : Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn

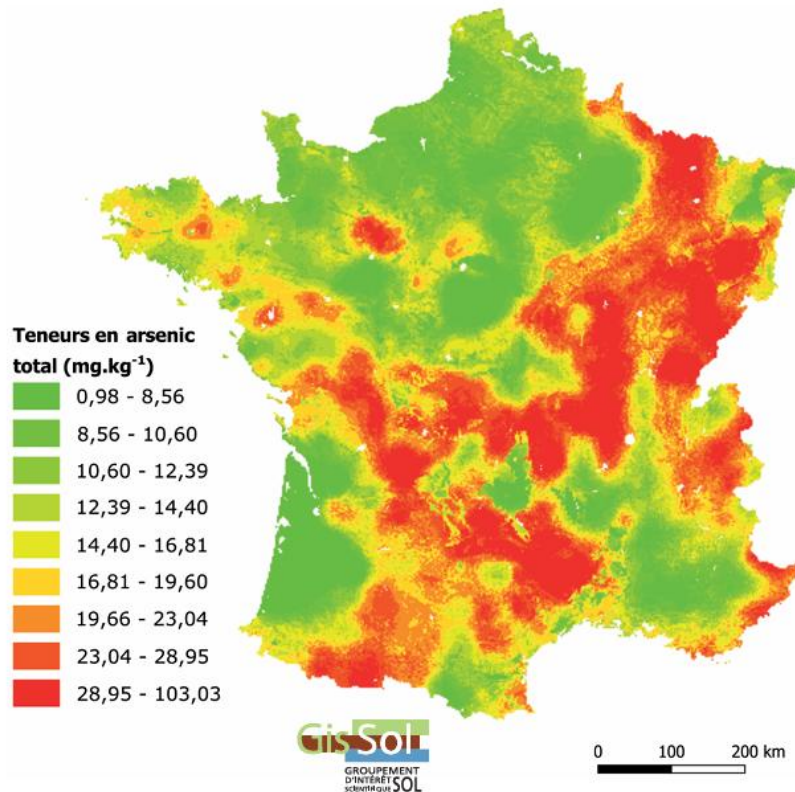
- **L'arsenic n'en fait pas partie** — c'est un point à souligner : un métalloïde naturellement présent, parfois en forte hétérogénéité géochimique, mais hors du cadre réglementaire historique de l'épandage

Les analyses de terre en France et la réglementation

Le cas de l'arsenic

L'arsenic n'est pas un nutriment : jamais dosé dans une analyse de terre "fertilité" standard

Teneurs prédites en arsenic total des horizons de surface (0-30 cm) des sols en France.



Source : Gis Sol, 2019

Il est en revanche un **élément trace métallique (ETM)** suivi dans des contextes très spécifiques : épandage de matières organiques, sites et sols pollués, ICPE

• **Arrêté du 8 janvier 1998** (épandage des boues sur sols agricoles, pris en application du décret n°97-1133 du 8/12/1997) : fixe les teneurs limites en ETM dans les boues et dans les sols récepteurs **Attente du socle commun sur ce sujet**

• **Les 8 ETM historiquement réglementés** : Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn

• **L'arsenic n'en fait pas partie** — c'est un point à souligner : un métalloïde naturellement présent, parfois en forte hétérogénéité géochimique, mais hors du cadre réglementaire historique de l'épandage

Les analyses de terre en France et la réglementation

Le cas de l'arsenic

Tableau 6 : Proposition de VASAU pour l'agriculture urbaine en Île-de-France

Polluants	VASAU 1 (mg/kg)	VASAU 2 (mg/kg)
Pb	53,7 ^a	100 ^c
Cd	0,51 ^a	1,0 ^d
Hg	0,32 ^a	0,64 ^d
Cu	28,0 ^a	84,0 ^d
Zn	88,0 ^a	264,0 ^d
As	12,0 ^b	20 ^b
Ni	31,2 ^a	62,4 ^d
Se	0,31 ^a	0,62 ^d
Cr	65,2 ^a	130,4 ^d

A défaut, des références locales

Les seuils sanitaires existants (hors champ agronomique)

• **Avis du HCSP (Haut Conseil de la Santé Publique), 30 août 2022** — gestion sanitaire de l'arsenic dans les sols :

- Le HCSP précise explicitement que des "valeurs repères" agronomiques nationales ne sont *pas pertinentes* en l'état (scénarios excluraient jusqu'à 90% des sols français)

En l'absence de seuil national pour les sols agricoles, certaines régions produisent leurs propres valeurs repères (ex. guide **REFUGE**, Île-de-France, pour 9 ETM dont As)

Les analyses de terre en France

Le cas de l'arsenic

Tableau 6 : Proposition de VASAU pour l'agriculture urbaine en Île-de-France

Polluants	VASAU 1 (mg/kg)	VASAU 2 (mg/kg)
Pb	53,7 ^a	100 ^c
Cd	0,51 ^a	1,0 ^d
Hg	0,32 ^a	0,64 ^d
Cu	28,0 ^a	84,0 ^d
Zn	88,0 ^a	264,0 ^d
As	12,0 ^b	20 ^b
Ni	31,2 ^a	62,4 ^d
Se	0,31 ^a	0,62 ^d
Cr	65,2 ^a	130,4 ^d

A défaut, des références locales

Les seuils sanitaires existants (hors champ agronomique)

• **Avis du HCSP (Haut Conseil de la Santé Publique), 30 août 2022** — gestion sanitaire de l'arsenic dans les sols :

- Le HCSP précise explicitement que des "valeurs repères" agronomiques nationales ne sont *pas pertinentes* en l'état (scénarios excluraient jusqu'à 90% des sols français)

En l'absence de seuil national pour les sols agricoles, certaines régions produisent leurs propres valeurs repères (ex. guide **REFUGE**, Île-de-France, pour 9 ETM dont As)

Les analyses de terre en France

Le cas de l'arsenic



Les MFSC

NF U 44-095 : Amendements organiques - Composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux.

NF U 44-051 : Amendements organiques - Dénominations spécifications et marquage.

Limite fixée à 18 mg d'As / kg de MS

MAJ du socle commun ?

Les analyses de terre en France

Le cas du silicium

Les méthodes normées et utilisées en France :

Méthode de dosage Si total: attaque par un mélange HF / HNO₃ / HCl

Norme NF EN ISO 16967 (par micro-ondes)

Les analyses de terre en France

Le cas du silicium

Les méthodes normées et utilisées dans les autres pays :

Méthode CaCl_2 : Silicium soluble dans une solution de chlorure de calcium.

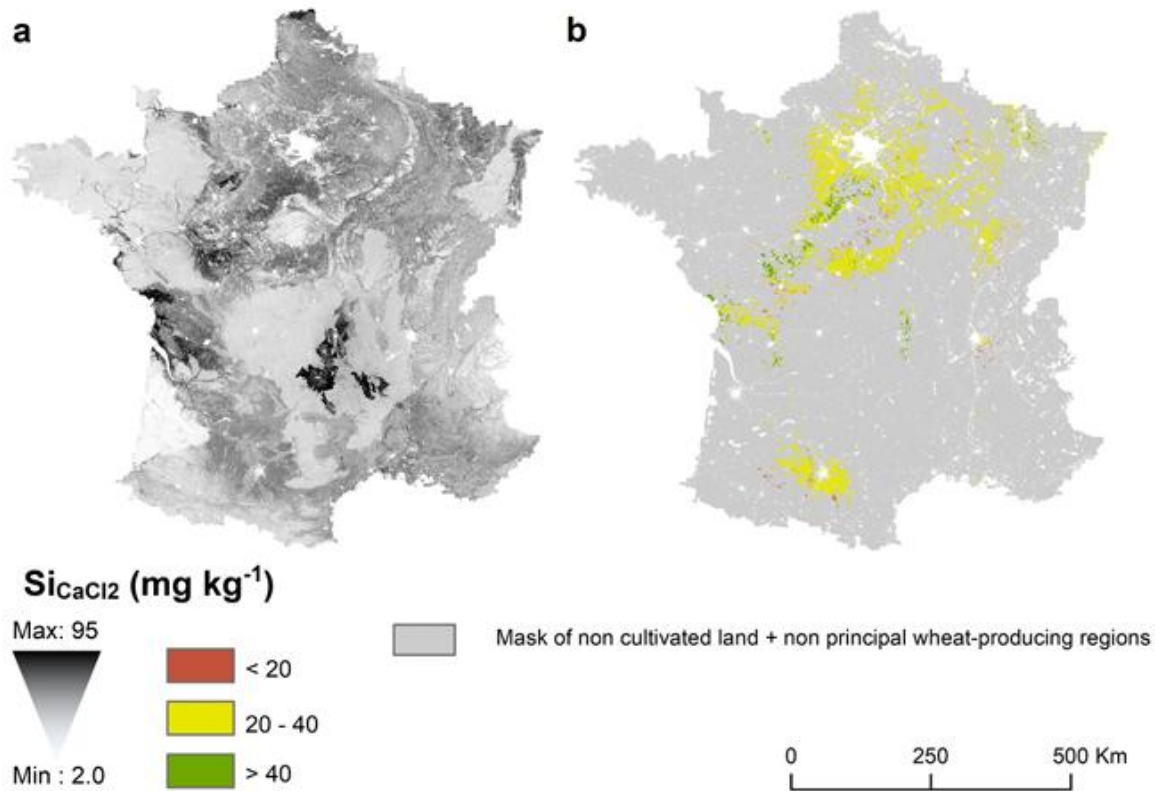
Dérivée de ISO 14255

Méthode très employée en Europe du Nord

Les analyses de terre en France

Le cas du silicium

Le Si , un élément non essentiel mais bénéfique



Le Si n'est **pas classé élément essentiel** pour les plantes, mais a été ajouté en **2015** par l'**International Plant Nutrition Institute (IPNI)** à la liste des éléments "**bénéfiques**", sur la base d'évidences scientifiques solides (protection contre stress biotiques et abiotiques)

Une seule méthode de dosage du Si "biodisponible" standardisée en routine.

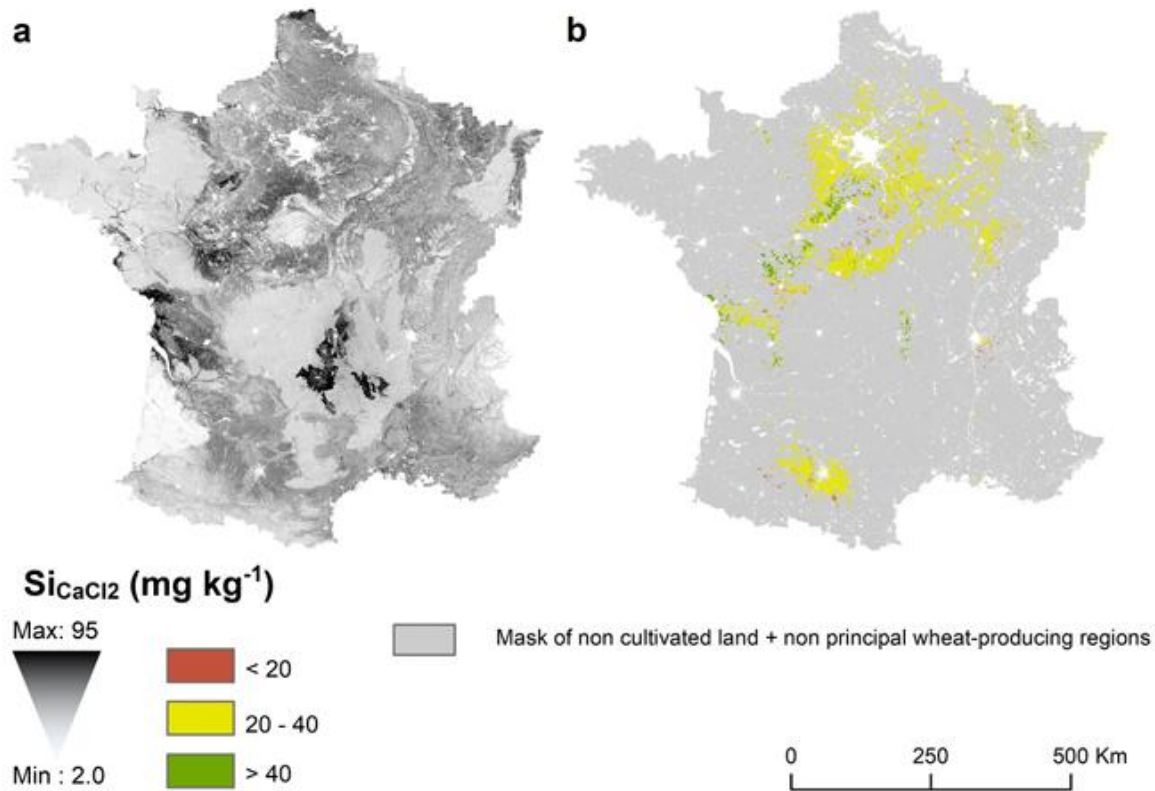
Extraction du Si au CaCl₂

M. Caubet et al. 2020 ; Agriculture increases the bioavailability of silicon, a beneficial element for crop, in temperate soils

Les analyses de terre en France

Le cas du silicium

Le Si , un élément non essentiel mais bénéfique



Le Si n'est **pas classé élément essentiel** pour les plantes, mais a été ajouté en **2015** par l'**International Plant Nutrition Institute (IPNI)** à la liste des éléments "**bénéfiques**", sur la base d'évidences scientifiques solides (protection contre stress biotiques et abiotiques)

Une seule méthode de dosage du Si "biodisponible" standardisée en routine.

Extraction du Si au CaCl_2

M. Caubet et al. 2020 ; Agriculture increases the bioavailability of silicon, a beneficial element for crop, in temperate soils

Merci de votre attention

Phosphore, Arsenic et Silicium en culture de céréales : éléments minéraux désirés
ou indésirables....

