

15^E RENCONTRES
DE LA FERTILISATION RAISONNÉE
ET DE L'ANALYSE



Le rendez-vous biennal des professionnels de la fertilisation raisonnée

comifer
Comité Français de l'Azote et de l'Engrais
à l'Agriculture Raisonnée

Gemas
Généraliste des Analyses de Sol et de Plantes

Sol-AID



Sol-AID

un web service pour calculer la minéralisation de l'azote du sol

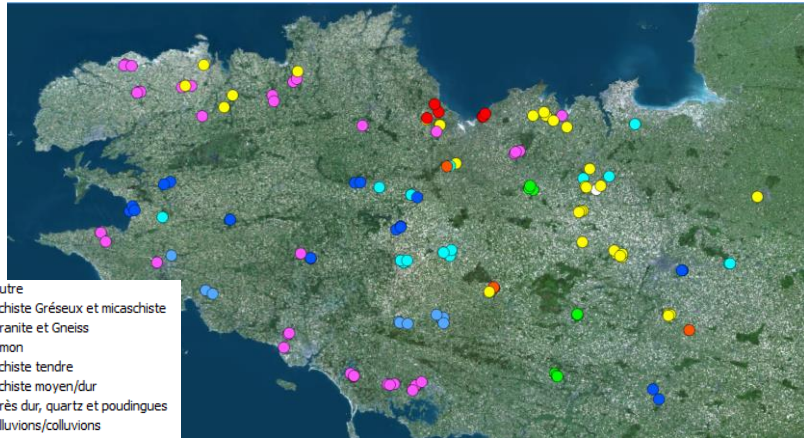
*Laure Beff¹, Yvon Lambert¹, Hervé Squividant³, Lionel Bargeot⁴, Simon Guichard⁵, Julien Pergaud⁵,
Blandine Lemerrier³, Sébastien Vincent², Pascal Pichelin³, Abdelaziz Elazhari² et Thierry Morvan²*

¹ Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne ; ² INRAE – UMR SAS ; ³ Institut Agro – UMR SAS ; ⁴Agaric – Ig ; ⁵ Nebulaweb



Contexte: le projet Mh (2010 – 2015)

Com. orale 12èmes Rencontres Comifer-Gemas (Morvan et al. 2015)



- Réseau de 137 parcelles en maïs non fertilisé pendant 5 années consécutives
- Bonne représentativité de la diversité
 - Des sols
 - Des systèmes de culture
 - Du climat

- Objectifs:

- Acquérir des références sur la minéralisation des sols bretons
- Mieux comprendre la variabilité observée
- Elaborer un nouveau modèle prédictif intégrant les principaux déterminants

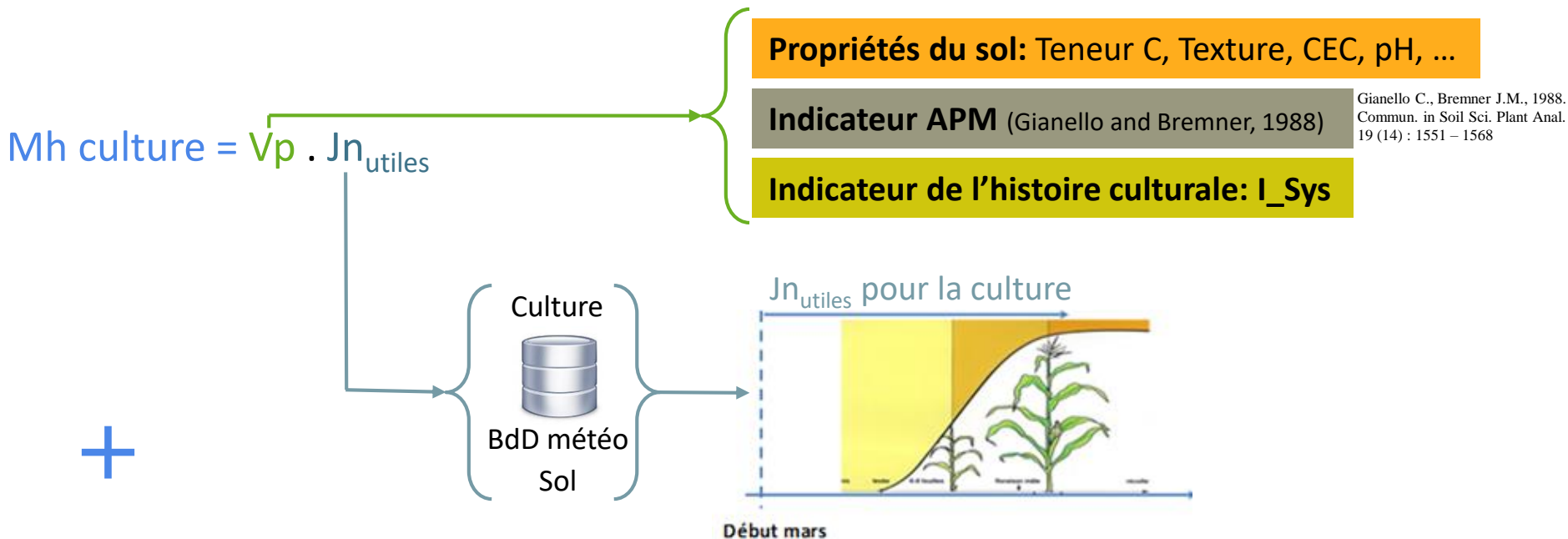


Valorisation des résultats en créant une API et une application web opérationnelle

Sol-AID

L'estimation de la minéralisation Sol-AID

➤ Approche de la minéralisation Sol-AID est homogène à une écriture proposée par le Comifer : $M_h + M_{pro1}$



M_{PRO_ct} : Effet de la minéralisation des apports de PRO à court terme (< 4 ans)

Le système de culture et les apports de PRO

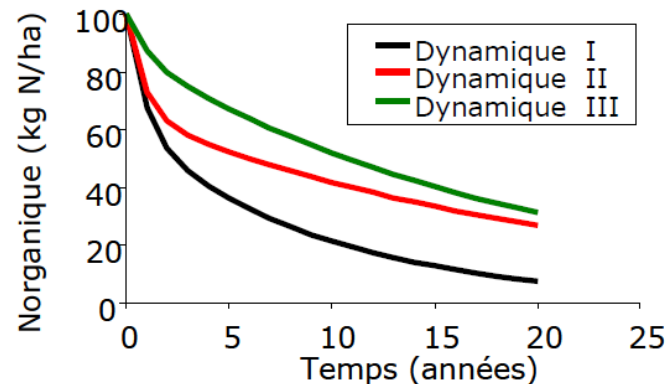
I_Sys: un indicateur du système de culture déterminé avec l'histoire culturale (rotations et apports de PRO) pour les 15 dernières années

$$I_{\text{Sys}} = I_{\text{Cult}} + I_{\text{PRO}}$$

I_Cult:
Moyenne des bilans azotés annuels calculés pour chaque culture

I_PRO:
Estimation du flux de minéralisation lié aux apports d'effluents

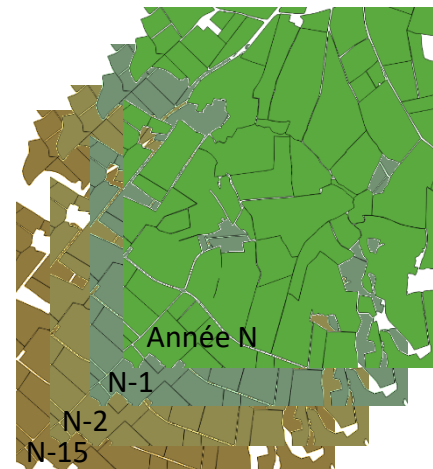
M_PRO_ct: Effet des apports de PRO à court terme
Estimation pour la culture du flux de minéralisation lié aux apports d'effluents à court terme (≤ 3 ans) avec DSM (Pratt P. F. et al. (1976))



Dynamiques d'évolution du N organique des fumiers et composts bovins, calculées avec le modèle DSM sur 7 essais (source: Trochard et al., 2012 - Innovations Agronomiques 25 (2012), 55-69)

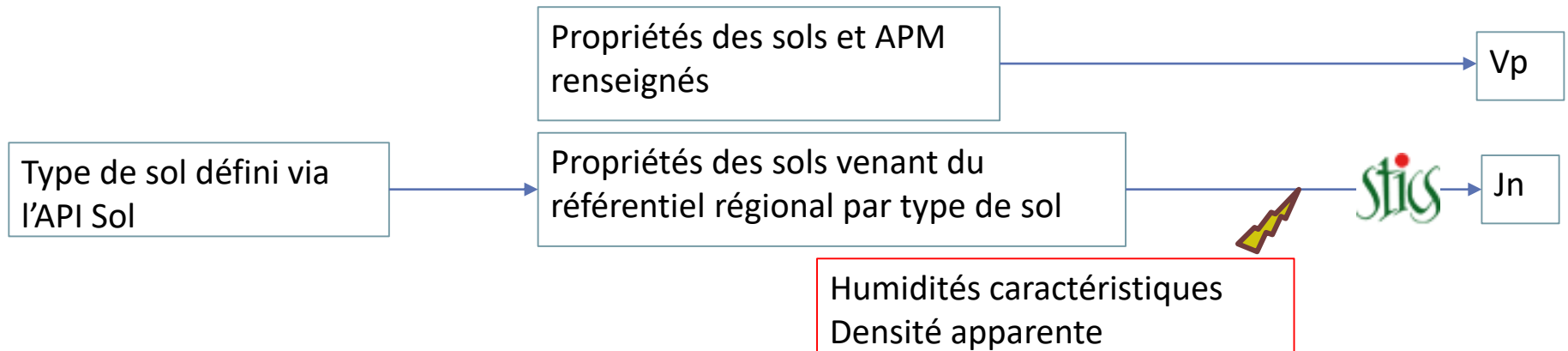
I_Cult: calcul par un service de reconstitution de la rotation

- Création d'un service de reconstitution de la rotation des 15 dernières années:
 - Import des données disponibles dans les RPG anonymes:
 - Echelle îlot jusqu'en 2014 (cultures et surface/culture/ilôt)
 - Echelle parcelle à partir de 2015 (infos sur la culture/parcelle)
 - Harmonisation des référentiels cultures
 - Développement d'un algorithme de reconstitution de la succession culturale (par année, sur base de la géométrie et des informations disponibles dans le RPG)
- Informations soumises à l'utilisateur, et on enregistre ses choix



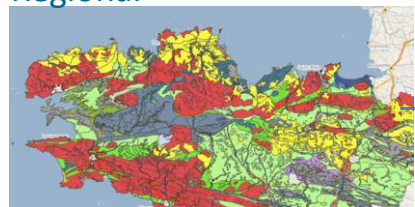
Les propriétés des sols dans Sol-AID

- Les propriétés des sols interviennent:
 - Dans le calcul de V_p
 - Pour le calcul de J_n via STICS
- Certaines informations ne font pas partie du référentiel régional (H_{cc} , H_{pf} , DA)
 - Elaboration d'équations prédictives (relations de pédotransfert)



Développement de l'API Sol

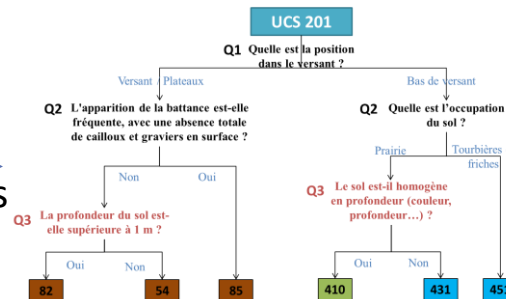
Référentiel Pédologique Régional



Carte 1:250 000 des UCS en Bretagne. Les couleurs indiquent les matériaux parentaux majoritaires (source: Sols de Bretagne)

- Réalisation d'arbres de détermination (434 arbres ~ 40 questions et ~ 150 réponses)
- Et d'infobulles associées
- Regroupement des sols en grands types de sol selon la démarche *TypTerres*

Travail collaboratif pédologues-agronomes



Questions

*Environnement
physique
Agronomiques
Pédologiques*



- Implémentation des arbres
- Mise en place du serveur et de la base de données
- Création de l'interface

Calcul du temps normalisé pour toutes les combinaisons climat, sol, culture

- Estimation du temps normalisé prévisionnel dans Sol-AID
 - Pour la période où la minéralisation peut être valorisée par la culture
 - Basé sur la météo de 1999 à 2018 → Moyenne des 20 ans



Les étapes du calcul de la minéralisation avec Sol-AID

Localisation de la parcelle
donne la zone climatique et
l'unité cartographique de sol

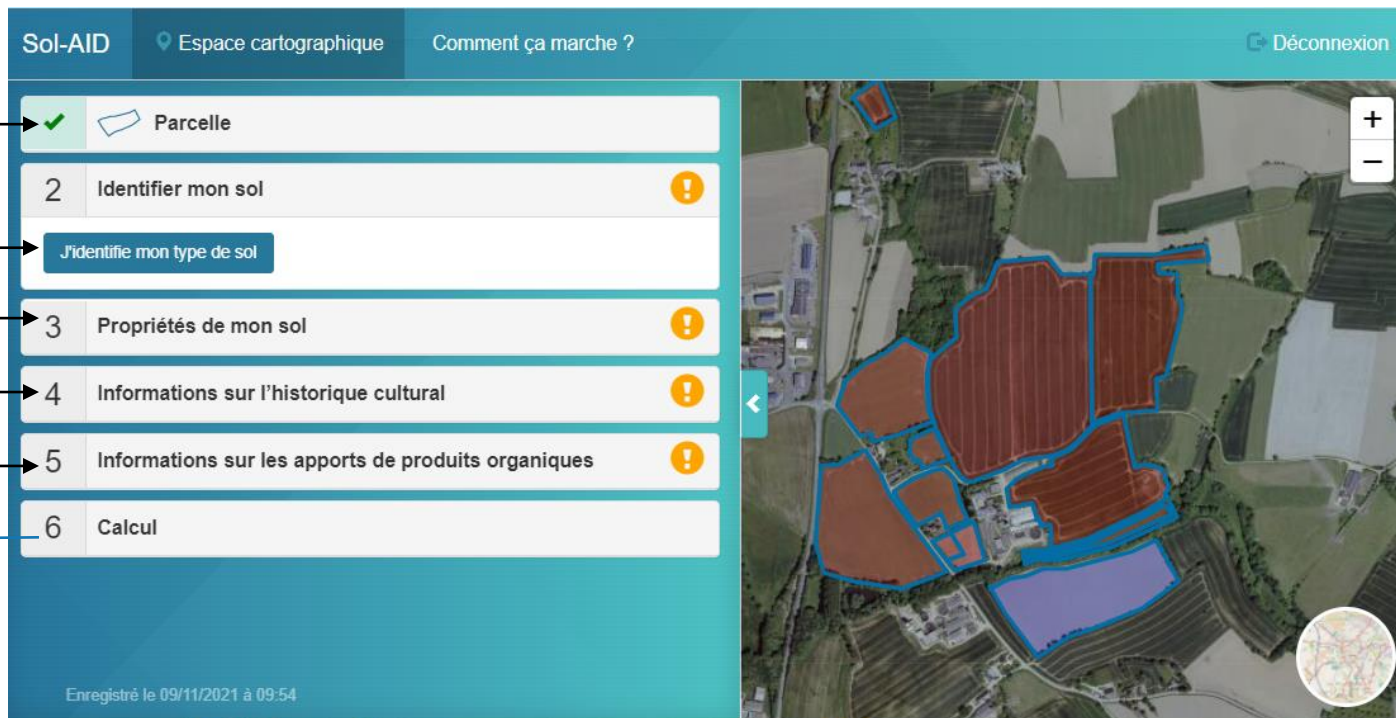
Type de sol via l'API Sol

Analyse de sol





Succession culturale

Fertilisation organique

Minéralisation

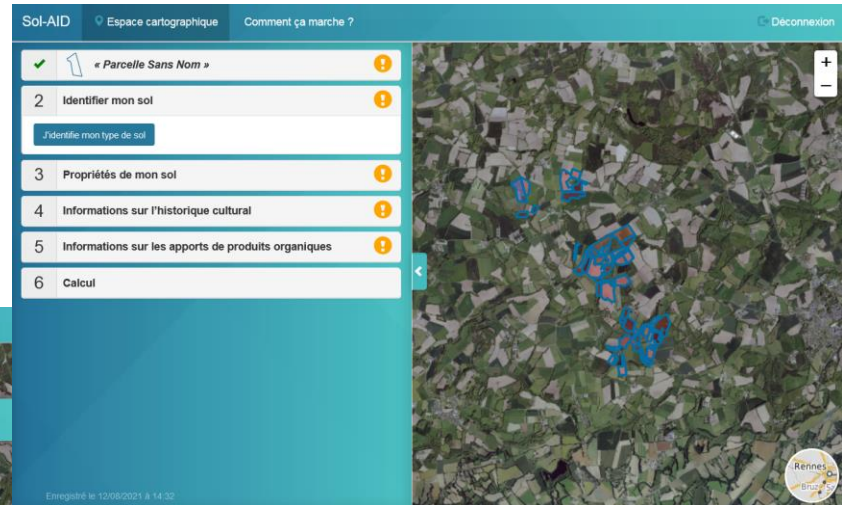
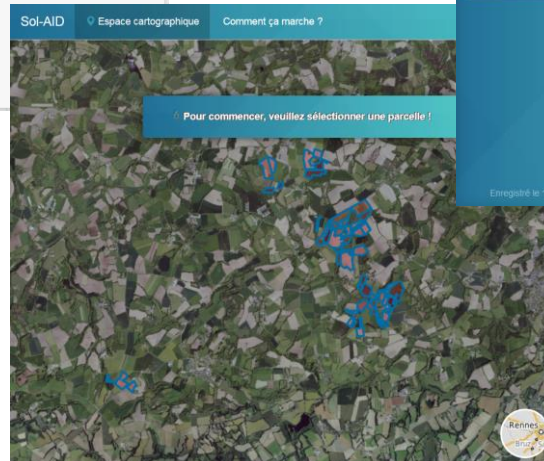
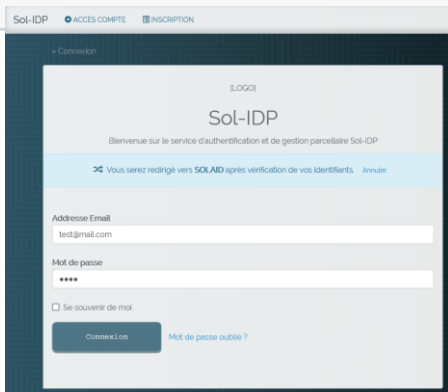


Sol-AID Espace cartographique Comment ça marche ? Déconnexion

- ✓ Parcelle
- 2 Identifier mon sol 
- 3 Propriétés de mon sol 
- 4 Informations sur l'historique cultural 
- 5 Informations sur les apports de produits organiques 
- 6 Calcul

Enregistré le 09/11/2021 à 09:54

Accéder à Sol-AID et à son espace cartographique personnel



Déterminer le type de sol via l'API Sol

Sol-AID Espace cartographique Comment ça marche ? Déconnexion

Parc Ar Cosquer (Ilot 4)

«Sol moyennement profond limoneux, à forte charge en éléments grossiers, à horizon de surface humifère issu de schiste tendre souvent altéré»

Type de sol identifié: « Sol moyennement profond limoneux, à forte charge en éléments grossiers, à horizon de surface humifère issu de schiste tendre souvent altéré »

Modifier

Continuer

Propriétés de mon sol

Informations sur l'historique cultural

Informations sur les apports de produits organiques

Calcul

Enregistré le 18/06/2020 à 10:56

Vous êtes dans une unité constituée de :

«Sols moyennement profonds à profonds des longs versants concaves issus de schistes tendres»
(29_4014)

Fiche UCS

IDENTIFIEZ LE TYPE DE SOL

Choisir manuellement une unité de sol différente

Sols moyennement profonds à profonds des longs versants concaves issus de schistes tendres

Saisir directement un code 4 critères

FERMER

UCS

Q1 Quelle est la position du sol dans le versant ?

Q2 Quel est la profondeur d'apparition de la roche ?

Moyennement profond (de 40 à 80 cm)

Profond à très profond (>80 cm)

Je ne sais pas répondre

← PRÉCÉDENT SUIVANT → Aide

tendre souvent altéré

Moyennement profond ... Profond à très profond ...

Dans quel matériau parental se développe le sol ?

L'apparition de la battance est-elle fréquente, avec peu de cailloux et graviers en surface ?

Sol moyennement profond limoneux, à forte charge en éléments grossiers, à horizon de surface humifère issu de schiste tendre souvent altéré

Description morphologique d'un profil représentatif

Horizon	Épaisseur (cm)	Texture	Structure	Statut
0	0-10	FA	SM	10
1	10-20	FA	SM	10
2	20-30	FA	SM	10
3	30-40	FA	SM	10
4	40-50	FA	SM	10
5	50-60	FA	SM	10
6	60-70	FA	SM	10
7	70-80	FA	SM	10
8	80-90	FA	SM	10
9	90-100	FA	SM	10

Classification

UCS 66

D'après vos réponses, le type de sol est :

«Sol moyennement profond limoneux, à forte charge en éléments grossiers, à horizon de surface humifère issu de schiste tendre souvent altéré»
(UTS 66)

Carte des sols Fiche UTS

← RETOUR CONFIRMER LE TYPE DE SOL

Renseigner les analyses de sol



Sol-AID Espace cartographique Comment ça marche ? Déconnexion

5 Fromentin

«Sol peu lessivé » APM

Propriétés de mon sol

Propriété	Date	Valeur	Unité	
APM	07/09/2020	26.9	mg/kg	✖
Teneur en carbone	07/09/2020	18.2	g/kg	✖
Teneur en azote	07/09/2020	2.02	g/kg	✖
CEC Metson	07/09/2020	10.7	meq/100	✖
pH	07/09/2020	6.21	unité pH	✖
Terre fine	07/09/2020	957	g/kg	✖
Teneur en argile	07/09/2020	163	g/kg	✖
Teneur en limon	07/09/2020	585	g/kg	✖
Teneur en limon fin	07/09/2020	100	g/kg	✖

Je ne dispose pas de toute les analyses demandées

Confirmer Annuler

4 Informations sur l'historique culturel

Chimique

Granulométrie

Validation de la rotation et ajout des données manquantes

Sol-AID Espace cartographique Comment ça marche ?

Crac

«Sol moyennement profond issu de schiste tendre souvent altéré »

Propriétés de mon sol

4 Informations sur l'historique cultural

Année	Culture	CIPAN	Dérobée
2021	à renseigner		
2020	à renseigner		
2019	Mais grain (80)		
2018	Orge hiver (70)		
2017	Orge hiver (70)		

Il manque 2 années de donnée pour continuer le calcul.

Renseigner les cultures manquantes

5 Informations sur les apports de produits organiques

6 Calcul

Année	Culture	Rendement	CIPAN	Dérobée	2nd culture
2021	Mais grain	0 q/ha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2020	Blé tendre d'hiver	0 q/ha	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2019	Mais grain	80 q/ha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2018	Orge hiver	70 q/ha	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2017	Orge hiver	70 q/ha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2016	Blé tendre d'hiver	70 q/ha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2015	Mais grain	80 q/ha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2014	Blé tendre d'hiver	70 q/ha	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2013	Mais grain	80 q/ha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2012	Orge hiver	70 q/ha	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2011	Blé tendre d'hiver	70 q/ha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2010	Mais grain	80 q/ha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2009	Blé tendre d'hiver	70 q/ha	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2008	Mais grain	80 q/ha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2007	Orge hiver	70 q/ha	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pour un CIPAN succédant à un blé de l'année 2018 (donc récolté en 2018), il faut cocher la case en 2018
 Pour une dérobée succédant à un blé de l'année 2018 (donc récolté en 2018), il faut cocher la case en 2018

Confirmer les cultures Annuler

Renseignements des apports de PRO

Sol-AID Espace cartographique Comment ça marche ? Déconnexion

Crac

«Sol moyennement profond issu de schiste tendre souvent altéré »

Propriétés de mon sol

Informations sur l'historique cultural

5 Informations sur les apports de produits organiques

Année	Apports
2021	Données manquantes
2020	Données manquantes
2019	Données manquantes
2018	Données manquantes

Il manque 4 années de donnée pour continuer le calcul.
Il manque les données sur les apports moyens

Renseigner les PRO manquants

6 Calcul

Enregistré le 25/10/2021 à 11:21

Année	Apports
2021	Fumier de bovins 20 t/ha, m ³ /ha
	Lisier de porcs 15 t/ha, m ³ /ha
2020	+ Ajouter un apport Pas d'apports cette année
2019	Lisier de porcs 30 t/ha, m ³ /ha
2018	Lisier de porcs 30 t/ha, m ³ /ha

Apports moyens sur les 15 dernières années

Fumier de bovins à 5	15-25 t/ha	Tous les 5 ans et
Lisier de porcs à 3.5 l	15-30 m ³ /ha	Tous les ans

Confirmer Annuler

Pour le calcul de M_PRO_ct, la minéralisation des apports de PRO récents utiles à la culture

Pour le calcul de la composante I_PRO de l'indicateur du système de culture utilisé pour estimer Mh



Le calcul de la minéralisation

Sol-AID Espace cartographique Comment ça marche ? Déconnexion

- ✓ Bla
- ✓ «Limon argilo-sableux, moyennement épais, bien drainé à moyennement hydromorphe, sur schiste tendre »
- ✓ Propriétés de mon sol
- ✓ Informations sur l'historique cultural
- ✓ Informations sur les apports de produits organiques

6 Calcul

Calculer la minéralisation utile au **Mais** pour l'année **2022**

Relancer le calcul

Valeur estimée de la minéralisation:

123 kgN/ha

Culture (maïs, céréales et colza)

Pour l'année en cours ou l'année à venir

Toutes les informations saisies sont enregistrées pour une rapidité d'utilisation dès l'année 2

Conclusion et perspectives

- Vers l'opérationnalité de l'outil
 - En cours de déploiement dans les territoires à enjeux N
 - Agréé par le GREN Bretagne à partir de la campagne 2022-2023
 - Travail à programmer avec les principaux éditeurs
- Communications
 - Posters 15^e Rencontres Comifer-Gemas 24-25 nov 2021 – Clermont-Ferrand
 - Evaluation expérimentale de l'outil web Sol-AID: 3 ans d'essais courbes de réponse à l'azote
 - Une analyse de l'indicateur de minéralisation de l'azote APM peut-elle être utilisée plusieurs années ?
 - Tutoriels et vidéos en cours d'élaboration
 - Formations agriculteurs et conseillers
 - Journée scientifique le 22/02/2022 à Locminé (56): "Une nouvelle étape dans la maîtrise des fuites d'azote"



INVITATION

le 22/02/22



Les Chambres d'agriculture de Bretagne et l'INRAE organisent une journée scientifique sur le thème

"Une nouvelle étape dans la maîtrise des fuites d'azote"

> le 22 février 2022 de 9h à 17h
Salle La Maillette, Locminé (56)

Contact et inscriptions :

catherine.lesaint@bretagne.chambagri.fr

06 30 98 12 94

Au programme :

- Restitution des résultats du projet **Sol-AID**
- Sol-AID, un **outil web** pour estimer la **minéralisation** de l'azote du sol
- Proposition de nouvelles grilles GREN en **légumes**
- Du **diagnostic** pluriannuel des fuites d'azote à la **conception de nouveaux systèmes de cultures**
- Maîtrise des fuites d'azote en **système prairie** et freins organisationnels
- Evolution de systèmes de culture : **témoignages** d'agriculteurs

