

# LE PROJET SOL-AID (2016 – 2019)

## CONTEXTE :

Les résultats du "projet Mh" (2010 – 2015) montrent que la minéralisation de l'azote (N) des matières organiques (MO) humifiées du sol, "Mh", couvre une large gamme de valeurs. Cette variabilité est due aux propriétés des sols, à l'histoire culturale des parcelles et au climat. Actuellement, les bases de préconisation régionales (grilles GREN) utilisées pour déterminer Mh, sont basées sur une approche simplifiée du calcul de la minéralisation, ne considérant que l'histoire culturale. Elles ne permettent donc pas de prédire correctement la variabilité observée en Bretagne. Un résultat important du projet Mh est donc de proposer un modèle qui prend en compte l'effet des caractéristiques du sol, de l'histoire culturale et des conditions climatiques sur la minéralisation.

Le nouveau mode de calcul de la minéralisation des sols en Bretagne reprend le formalisme proposé au niveau national par le Comifer (Comifer 2013) :  $Mh = Vp \cdot Jn$ , où Vp correspond à la vitesse de minéralisation potentielle du sol et Jn au nombre de jours normalisés (un jour normalisé correspond à un jour où la température du sol est de 15°C et l'humidité du sol à la capacité au champ) sur la période pendant laquelle l'azote fourni par le sol peut être utilisé par la culture. Le paramétrage de Vp est différent du paramétrage proposé par le Comifer et donc spécifique aux sols de l'Ouest de la France. Vp est déterminée à partir de propriétés du sol, d'information sur l'histoire culturale des 15 dernières années (successions culturales et apports de produits organiques) et la mesure de l'indicateur de minéralisation APM. Le calcul du temps normalisé requiert l'utilisation du modèle STICS (Brisson et al., 2008). Ce modèle doit être renseigné par certaines propriétés du sol, des données météorologiques journalières et la culture de l'année.

L'adoption de ce modèle se traduira donc par une complexification du calcul de la minéralisation, par rapport à la situation actuelle. Sa mise en œuvre par l'ensemble des prescripteurs ne sera possible que si l'on met à leur disposition un outil leur permettant de faire le calcul de la minéralisation dans de bonnes conditions d'estimation des variables du modèle.

Le projet "Sol-AID" a donc été mis en place par l'UMR SAS INRA-Agrocampus et par la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne pour assurer la conversion opérationnelle des résultats du projet Mh d'ici 2020.

## OBJECTIFS

Le projet Sol-AID poursuit 2 objectifs :

- La création d'un **outil d'aide à la prescription** de la fertilisation azotée. Il permettra de renseigner le PPF et d'apporter un conseil de fertilisation dynamique en fonction des conditions climatiques de l'année. Il contiendra toutes les variables d'entrée du modèle de minéralisation, réalisera les calculs et déterminera la valeur de Mh de chaque parcelle à partir de sa position géographique. La conception de cet outil se fera de manière modulaire, avec chaque module correspondant à une thématique de travail définie, avec ses entrées propres et ses sorties permettant *in fine* de calculer Mh.
- **L'évaluation expérimentale** de l'outil.

### Actuellement:

Grilles Bretagne (GREN)

$R^2 = 0.23$

- Considèrent uniquement l'histoire culturale

7. Contribution de l'humus du sol et du système de cultures

Système de cultures		kg N/ha
Maïs - Céréales	Rotation maïs ensilage et céréales (cipan)	80
	Rotation maïs grain et céréales (cipan)	90
Prairies pâturées avec 3 pâturages par an	3 années de prairie sur 10	90
	5 années de prairie sur 10	100
	8 années de prairie sur 10	110
Légumes	Système endivier et terres de st Malo	70
	Légumes céréales ou lég. industrielles	100
	Légumes frais 100 %	110

### Transition:

Projet Mh



$$Mh = Vp \cdot Jn$$

- Vp = vitesse potentielle de minéralisation. Elle dépend:  
◇ Sol  
◇ Histoire culturale
- Jn = jours normalisés. Ils dépendent:  
◇ Climat  
◇ Sol  
◇ Culture de l'année

### Futur:

Sol-AID avec nouveau modèle de calcul de Mh:

$R^2 = 0.48$

- Considère l'histoire culturale, le sol et le climat

Amélioration de la prédiction de la variabilité de Mh

# L'outil Sol-AID

## Services cartographiques

- Données utiles (GéoBretagne, GéoSAS, ...)
- Fonds de carte (IGN, Open Street Map, ...)

## Applicatif Web

- **Interface conviviale**  
⇒ Ergonomie étudiée pour une utilisation simple
- **Base de données privée et sécurisée**  
⇒ Gestion des comptes avec login et mot de passe

## API SOL

- **Service web** dédié au Sol, connecté au Module SOL de l'API Sol-AID

x, y  
Propriétés du sol  
Culture de l'année

J<sub>n</sub>

## Module CLIMAT

### Objectif

- Calculer les jours normalisés, **J<sub>n</sub>**, pour considérer l'effet du climat dans le calcul de Mh

### Comment ?

1. En réalisant un zonage climatique à partir des données SAFRAN de Météo France (maille de 8km) pour la Bretagne, afin d'obtenir une station de référence pour toutes les parcelles bretonnes
2. En modélisant J<sub>n</sub> à partir des propriétés du sol et des données de la station météo attachée à la parcelle à l'aide du modèle STICS
3. En introduisant les J<sub>n</sub> dans le calcul de Mh



Questions/réponses

I<sub>Sys</sub>

## Module HISTOIRE CULTURALE

### Objectif

- Calculer un indicateur de l'histoire culturelle, **I<sub>Sys</sub>**, essentiel au calcul de Mh

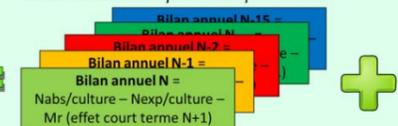
### Comment ?

- En calculant les restitutions azotées des cultures et des apports de PRO sur 15 ans pour les types d'histoire culturelle rencontrés en Bretagne
- En réalisant un questionnaire permettant de définir la typologie d'histoire culturelle pour chaque parcelle

Moyenne sur 15 ans des bilans azotés annuels calculés pour chaque culture

Estimation du flux de minéralisation en kgN/ha lié aux apports d'effluents

I<sub>Sys</sub> =



## API Sol-AID

- **Service Web**
- **Calcul de Mh à la parcelle** à partir de la position géographique (x, y) et de plusieurs modules de calcul
  - ◇ Module SOL
  - ◇ Module CLIMAT
  - ◇ Module HISTOIRE CULTURALE
  - ◇ Module Mh

J<sub>n</sub>, I<sub>Sys</sub>,  
Propriétés du sol

Mh

## Module Mh

### Objectif

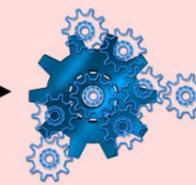
- Calculer **Mh** disponible pour la culture de l'année à la parcelle

### Comment ?

- A partir du modèle opérationnel résultant du "projet Mh".
- En utilisant les sorties des modules Sol, Histoire culturelle et Climat

Position de la parcelle (x,y)

Modules de calcul



Mh

x, y  
Questions/réponses

Propriétés du sol

## Module SOL

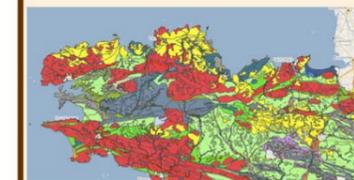
### Objectif

- Définir pour chaque parcelle son **unité typologique de sol, UTS**, c.à.d. son type de sol à partir de l'unité cartographique de sol, UCS sur laquelle elle se trouve.
- Déterminer, pour chaque UTS, les propriétés des sols nécessaires au calcul de Mh = **références**
- Diffuser des fiches descriptives des UTS reprenant leurs principales caractéristiques (profil de sol, texture, etc.)

### Comment ?

- En réalisant des clés de détermination (arbres de décisions) avec des questions simples permettant de définir l'UTS
- En utilisant les bases de données des projets Mh et Sols de Bretagne
- En réalisant les fiches pour chaque UTS

Carte 1:250 000 des UCS en Bretagne (source: Sols de Bretagne)



Fiche descriptive d'une UTS (source: Sols de Bretagne)



Choix entre plusieurs UTS pour une UCS (source: Sols de Bretagne)

UCS	Unité cartographique de sol n°12018	Proportion
206	Sol peu lessivé profond issu de brion défilé	35%
207	Sol peu lessivé profond hydromorphe après 50 cm issu de brion défilé	10%
201	Sol profond à horizon de surface humifère issu de granite ou gres à albâtre sablonneux	10%
242	Sol peu lessivé profond issu de granite ou gres à albâtre sablonneux ou sablonneux	2%
402	Sol d'apport colluvial hydromorphe des la surface	5%
380	Sol d'apport colluvial brion colluvionneux	5%
180	Sol hydromorphe des la surface issu de granite ou gres peu altéré	5%
401	Sol de fond de vallée profond, hydromorphe des la surface, d'apport colluvionneux ou alluvial	5%
404	Sol moyennement profond à horizon de surface humifère issu de granite ou	4%

Propriétés des sols d'une UTS (source: Sols de Bretagne)

Strate	Données analytiques (valeurs modales)				pH eau	CEC
	Taux argiles	Taux sables	Taux limons	Carbone En %		
Aq	24	26,9	49,1	31,4	3	13,8
Ea	17,1	35,7	47,2	6,7	5	5,8

## Lexique:

Mh = Minéralisation de l'azote de la matière organique humifiée  
J<sub>n</sub> = Jours normalisés  
I<sub>Sys</sub> = indicateur de l'histoire culturelle

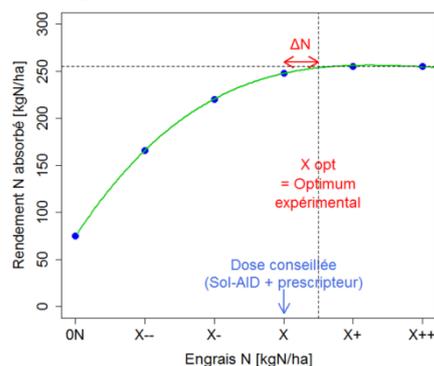
API = Applications Programming Interface  
UCS = Unité cartographique de sol  
UTS = Unité typologique de sol

## EVALUATION EXPERIMENTALE DE L'OUTIL

L'évaluation expérimentale apportera les éléments de validation indispensables pour justifier et fonder la mise en œuvre opérationnelle de l'outil Sol-AID. Elle permettra également si besoin de faire un calage et une adaptation du modèle ou des grandeurs utilisées.

Pour cela, nous mettrons en place (i) un réseau d'une vingtaine d'essais 'courbes de réponse' à l'azote sur 3 années consécutives (maïs, maïs, blé) et (ii) nous déterminerons les conditions optimales d'utilisation de l'indicateur de minéralisation de l'azote, APM, par des mesures sur 40 parcelles faisant partie du réseau de parcelles du projet Mh.

Schéma théorique d'une courbe de réponse à l'azote



## LES GROUPES DE TRAVAIL

Un objectif important du projet est que l'outil soit facilement adopté par l'ensemble des prescripteurs. Pour atteindre cet objectif, nous avons mis en place des groupes de travail avec les futurs utilisateurs pour valider les démarches prévues dans les différents modules, tester les questionnaires (pour la détermination des UTS et pour le module histoire culturale), évaluer et faire évoluer l'ergonomie de l'outil informatique. Les groupes de travail sont constitués de membres de l'équipe projet, de prescripteurs de la fertilisation azotée et d'experts agronomiques. Plusieurs groupes ont été créés en fonction du niveau d'implication (EXPERT, TESTEUR, INFORMATION).

### Le groupe INFORMATION

se réunira une fois par an pour se tenir informé et émettre un avis sur l'avancement du projet Sol-AID.

### Le groupe TESTEUR

testera les questionnaires Sol et Histoire culturale et l'outil Sol-AID. Les retours de ces tests seront essentiels pour améliorer l'utilisation de l'outil ainsi que son ergonomie.

### Le groupe EXPERT

réalisera l'évaluation des questionnaires relatifs à l'histoire culturale et aux types de sol ainsi que l'outil en cours de construction. Il permettra également d'élargir la base de données sur l'histoire culturale. Cette collaboration sera essentielle pour obtenir des questionnaires simples et pertinents. Les personnes présentes dans ce groupe seront nos premiers interlocuteurs.

## LES AUTRES APPLICATIONS DU PROJET SOL-AID ?

L'élaboration de l'outil Sol-AID va permettre d'acquérir une expérience dans le domaine d'outils 'intégrateurs', qui pourra être valorisée pour développer des applications dans d'autres domaines. L'organisation de Sol-AID en module et en web-service rendra aisée la mise en œuvre de ces applications, parmi lesquelles, nous envisageons :

- Le calcul du risque environnemental (par exemple la lixiviation des nitrates) à l'échelle de l'exploitation en fonction des caractéristiques des sols et du climat intégrés dans Sol-AID, de la culture et de la conduite agronomique.
- L'estimation du risque d'érosion du sol, fondé sur la prise en compte des propriétés de surface des sols, du climat et de la topographie.
- Sol-AID sera complémentaire des nouveaux outils utilisant la télédétection, par exploitation d'images satellitaires ou réalisées par des drones. Il permettra en effet de mieux renseigner les modèles agronomiques indispensables pour interpréter les mesures de télédétection et donc d'affiner l'estimation de la dose de fertilisant à apporter.

### EQUIPE PROJET :

- INRA UMR SAS : L. Beff, T. Morvan, Y. Benckroun, S. Vincent, G. Le Henaff, P. Germain
- Agrocampus UMR SAS : H. Squividant, B. Lemerrier, R. Bera, P. Pichelin
- CRAB : Y. Lambert, D. Hanocq, M. Descombes, J. Guil

PARTENAIRES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES	REDACTEURS	PARTENAIRES FINANCIERS
	<p><b>Laure Beff</b> (INRA – UMR SAS)</p> <p><b>Thierry Morvan</b> (INRA UMR SAS)</p> <p><b>Yvon Lambert</b> (CRAB)</p>	