



**HAL**  
open science

## Base de données des teneurs et des flux d'eau et d'azote dans l'essai (projet MétaMétha)

Catherine Pasquier, Antoine Savoie

### ► To cite this version:

Catherine Pasquier, Antoine Savoie. Base de données des teneurs et des flux d'eau et d'azote dans l'essai (projet MétaMétha). [Contrat] INRAE. 2020, 11p. hal-03222124

**HAL Id: hal-03222124**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03222124v1>**

Submitted on 10 May 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

# MétaMéth

## C-L3.1 : Base de données des teneurs et des flux d'eau et d'azote

<b>Projet</b>	MétaMéth
<b>Lot</b>	C
<b>Tâche ou sous-tâche</b>	
<b>Livrable</b>	L3.1 : Base de données des teneurs et des flux d'eau et d'azote dans l'essai
<b>Date de remise</b>	02/06/2020
<b>Confidentiel</b>	oui / non

Etude réalisée par : INRA Centre Val de Loire, UE PAO

Partenaire responsable : INRA UR SOLS

Partenaire(s) impliqué(s) dans la rédaction du livrable : INRA UR SOLS

Auteur : Catherine Pasquier, INRA UR SOLS

Financée par : *la région Centre Val de Loire*

Dans le cadre des appels à projets *d'intérêt régional*

Version 2.0 – décembre 2019

## Action C : Mesurer l'ensemble des flux de N au cours de l'essai au champ

La base de données construite pendant le projet permet de stocker toutes les mesures de flux d'azote réalisées pendant l'essai au champ dans les différents compartiments (air, sol, plante, eau) à travers les différentes actions de la tâche C. La base contient également toutes les données qui environnent les mesures, à savoir les pratiques culturales, les données climatiques et la caractérisation des sols du site. Cette base est adossée à une base de données géographiques au format «géodatabase fichier» compatible avec le logiciel ArcGIS.

### C1. Stocks de N minéral dans les sols (reliquats azotés)

Ils sont mesurés régulièrement (dates clés tenant compte du fonctionnement des cultures et de l'hydrodynamie des sols : avant et fin de période de drainage, avant et après la culture, soit environ 3 fois par an et par parcelle). Les analyses sont sous-traitées à la Chambre d'Agriculture du Loiret. L'azote minéral dans l'horizon de surface est mesuré à chaque mesure de flux de N<sub>2</sub>O, les analyses sont réalisées au laboratoire d'ECOSYS.

### C2. Mesure des flux de nitrates lixiviés

Les flux d'eau en sortie des drains et les concentrations en azote dissous dans les échantillons d'eau collectés en sortie de drains sont mesurés régulièrement pour pouvoir calculer les flux de nitrates lixiviés. Des mesures sont également réalisées sur les prélèvements d'eau à partir de bougies poreuses.

### C3. Analyse des émissions de N<sub>2</sub>O

Les émissions de N<sub>2</sub>O par les sols sont mesurées environ 15 fois par an pendant 3 années sur chacune des parcelles expérimentales. Le protocole utilisé est celui des chambres au sol avec détermination de la concentration en N<sub>2</sub>O dans les échantillons gazeux par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur en capture d'électrons. Ce protocole est régulièrement utilisé par l'équipe du projet (Hénault et al., 1998<sup>1</sup>, Gu et al., 2003<sup>2</sup>) ainsi que d'autres équipes au niveau national (Le Gall et al., 2015<sup>3</sup>). La répartition temporelle de ces mesures prend en compte la dynamique des apports.

### C4. Mesure de volatilisation NH<sub>3</sub>

Au moment des périodes d'épandage des PRO et engrais, la cinétique de volatilisation du NH<sub>3</sub> est mesurée à l'aide de badges imprégnés d'une solution acide qui fixe le NH<sub>3</sub> volatilisé. Les badges sont ensuite extraits pour doser l'ammonium fixé (minimum 4 points de mesure à chaque épandage, suivi au champ par UE PAO, analyses par ECOSYS).

---

<sup>1</sup> Hénault, C., Devis, X., Lucas, J.L., Germon, J.C. (1998). Influence of different agricultural practices (type of crop, form of N-fertilizer) on soil nitrous oxide emissions. *Biology and Fertility of Soils*, 27 (3), 299-306. 10.1007/s003740050437

<sup>2</sup> Gu, J., Nicoullaud, B., Rochette, P., Grossel, A., Hénault, C., Cellier, P., Richard, G. (2013). A regional experiment suggests that soil texture is a major control of N<sub>2</sub>O emissions from tile-drained winter wheat fields during the fertilization period. *Soil Biology and Biochemistry*, 60, 134-141. 10.1016/j.soilbio.2013.01.029

<sup>3</sup> Le Gall, C., Cellier, P., Hénault, C. (2015). Emissions par les sols du gaz à effet de serre N<sub>2</sub>O. In: Bernard Bourges, Jean-Sébastien Broc, Thomas Gourdon, dir., *Empreinte carbone : évaluer et agir* (p. 27-50). Paris, FRA : Transvalor - Presses des Mines.

## C5. Quantification du **N absorbé par les cultures**

A chaque récolte, les rendements et biomasses sont mesurés, leurs teneurs en azote mesurées pour estimer les flux absorbés. Les mesures sont sous-traitées à la Chambre d'agriculture du Loiret.

### Table des matières

C-L3.1 : Base de données des teneurs et des flux d'eau et d'azote .....	1
Action C : Mesurer l'ensemble des flux de N au cours de l'essai au champ .....	2
1. Nomenclature du document : .....	4
2. Structure de la base de données : .....	4
3. Liste des tables : .....	4
4. Description détaillée des tables : .....	5
4.1. xy_meas .....	5
4.2. bloc_desc .....	5
4.3. crop_management .....	5
4.4. fertilizers_analysis .....	6
4.5. climate .....	6
4.6. soil_analysis .....	6
4.7. soil_bulk_density .....	6
4.8. soil_pF_meas .....	7
4.9. topsoil_water_content .....	7
4.10. topsoil_temperature .....	7
4.11. soil_properties_continuous .....	7
4.12. soil_water_fluxes .....	7
4.13. N_inputs .....	8
4.14. N_plant_uptakes .....	8
4.15. N2O_emissions .....	8
4.16. NH3_volatilisation .....	8
4.17. N_balance_content .....	8
4.18. N_topsoil_content .....	9
4.19. N_soil_water_content .....	9
4.20. N_drain_water_content .....	9
5. Structure de la base de données géographiques : .....	10
6. Accès à la base de données : .....	11

## 1. Nomenclature du document :

**table**

champ

« valeur »

## 2. Structure de la base de données :

La base de données interne au projet est un classeur au format Excel, chaque feuille correspond à une table. Les feuilles dont les onglets sont jaunes contiennent des données de caractérisation du milieu, les feuilles dont les onglets sont verts correspondent aux mesures de flux d'azote enfin les onglets bleus contiennent des informations sur le contenu de la base.

## 3. Liste des tables :

<b>version_description</b>	ajouts de chaque version
<b>comments</b>	commentaires sur des données à préciser ou vérifier
<b>dictionary</b>	dictionnaire de données
<b>xy_meas</b>	coordonnées en Lambert 93 des mesures
<b>bloc_desc</b>	descriptions de chaque bloc
<b>crop_management</b>	itinéraires techniques
<b>fertilizers_analysis</b>	caractéristiques des produits fertilisants
<b>climate</b>	données climatiques enregistrées sur le site
<b>soil_analysis</b>	analyses de sol
<b>soil_bulk_density</b>	densité apparente
<b>soil_pF_meas</b>	mesure de pF
<b>topsoil_water_content</b>	humidité massique de l'horizon de surface (0-20 cm)
<b>topsoil_temperature</b>	température de l'horizon de surface (10 cm)
<b>soil_properties_continuous</b>	suivi en continu de la teneur en eau volumique et de la température du sol
<b>soil_water_fluxes</b>	débits dans les drains
<b>N_inputs</b>	azote apporté
<b>N_plant_uptakes</b>	azote prélevé par la plante
<b>N2O_emission</b>	azote émis sous forme de N2O
<b>NH3_volatilization</b>	azote volatilisé sous forme de NH3
<b>N_balance_content</b>	azote contenu dans le sol
<b>N_topsoil_content</b>	azote contenu dans l'horizon de surface 0-20cm)
<b>N_soil_water_content</b>	azote contenu dans la solution du sol (bougies)
<b>N_drain_water_content</b>	azote contenu dans l'eau lessivée par le drainage

## 4. Description détaillée des tables :

Le contenu des tables est décrit dans le dictionnaire de données **dictionary**, il précise également l'unité de la mesure.

### 4.1. *xy\_meas*

Les coordonnées de tous les types de mesures (meas\_type) ont été relevées au DGPS centimétrique (Trimble Geo XH). Les coordonnées sont exprimées dans le système planimétrique Lambert 93.

Les différents types de mesures sont codées de la façon suivante :

« CH » : chambres statiques

« SOIL » : prélèvements de sols qui ont servi aux analyses dont les résultats se trouvent dans les tables soil\_analysis, N\_balance\_content, soil\_properties\_continuous et des mesures sur les 3 fosses pédologiques

« METEO » : station météo

« NH3 » : badges alpha pour la mesure de la concentration en ammoniac

« WF » : débitmètres installés sur les drains en « sortie » de parcelle.

### 4.2. *bloc\_desc*

La table **bloc\_desc** décrit les 5 parcelles étudiées (« A », « B », « C », « D » et « E ») avec leur modalité de fertilisation en français (description\_fr) et en anglais (description\_en).

### 4.3. *crop\_management*

Cette table décrit tous les itinéraires techniques qui ont eu lieu sur les parcelles pour chaque culture. L'opération est précisée dans le champ management dont les valeurs sont définies ci-dessous :

« tillage » : travail du sol

Value : profondeur du travail

« Seeding » : semis

Value : densité de semis exprimée en nombre de grains par m<sup>2</sup>

« Fertilisation » : apport d'azote

Value : unité d'azote minéral apporté en kg par hectare

« grain\_harvest » : récolte du grain

Value : rendement en tonne par hectare

« straw\_harvest » : récolte de la paille

Value : récolte de la paille en tonne par hectare

« herbicide » ou « fongicide » : type de produit appliqué

#### 4.4. *fertilizers\_analysis*

Les différents produits organiques résiduels (PRO) et les digestats appliqués sur les parcelles ont été analysés par le laboratoire AUREA basé à Orléans.

Les valeurs sont exprimées soit sur la matière brute (MB) ou sur la matière sèche (MS).

Le produit est prélevé à chaque épandage. La liste des produits épandus (type\_pro) est précisée ci-dessous :

« LISIER BOVIN »

« FUMIER BOVIN »

« DIGESTAT LIQUIDE »

« DIGESTAT SOLIDE »

« DIGESTAT BRUT »

Les lisiers et les fumiers proviennent de la litière des animaux du domaine de l'Orfrasière (INRA de Nouzilly).

Les digestats bruts ou à séparation de phases solides ou liquides sont des produits du méthaniseur de Nouzilly (Cap Vert Energie).

#### 4.5. *climate*

Les données climatiques sont stockées dans la table ***climate***. Les données sont disponibles du 16 mars 2017 au 31 juillet 2019.

Les données disponibles concernent la pluviométrie, la température, la force et la direction du vent et l'ensoleillement, ces paramètres sont mesurés par la station météo installée sur le site (cf. L1.2).

#### 4.6. *soil\_analysis*

Les sols ont été prélevés au début du projet avant les apports de PRO selon le protocole décrit dans le livrable L2.1. Les échantillons ont été analysés au laboratoire d'ARRAS (INRA). Les paramètres analysés sont : la granulométrie, la CEC, le pH, C/N, les teneurs en calcaire, en matière organique, en carbone organique et en azote total. La position de ces mesures se trouve dans la table ***xy\_meas***, meas\_type = « SOIL »

#### 4.7. *soil\_bulk\_density*

La densité du sol dans l'horizon de surface a été mesurée chaque année. La valeur donnée est une moyenne de 3 à 5 mesures. La densité est mesurée par la méthode au cylindre (NF X31-501). Les densités en profondeur ont été mesurées lors de l'ouverture des fosses aux points : SOIL\_B1, SOIL\_C4 et SOIL\_C5, jusqu'à 80 cm.

#### 4.8. *soil\_pF\_meas*

Les mesures de potentiels hydriques ont été réalisées au laboratoire de physique du sol de l'UR SOLS à plusieurs pressions, soit au point de flétrissement de la plante (pF 4.2) et à la capacité au champ (pF2), ces mesures permettent entre autres d'estimer la réserve utile du sol. Ces mesures sont réalisées sur des mottes prélevées dans les fosses pédologiques positionnées en SOIL\_B1, SOIL\_C4 et SOIL\_C5.

#### 4.9. *topsoil\_water\_content*

La teneur en eau massique (WC) dans l'horizon de surface (0-20 cm) a été mesurée en parallèle de chaque mesure d'émission de N<sub>2</sub>O au niveau des positions des chambres statiques (cf. **XY meas**, meas\_type = « CH »). Ces mesures sont réalisées sur un composite de 5 prélèvements de sols à la tarière. Les échantillons sont ensuite pesés humides (Ph), séchés à l'étuve à 105°C, puis pesés secs (Ps). La teneur en eau massique est obtenue avec la formule suivante :

$$[(Ph - Ps) : Ps] \times 100 = WC) \%$$

#### 4.10. *topsoil\_temperature*

La température de l'horizon de surface a été mesurée par des sondes de type thermocouples K, au niveau des positions des chambres statiques (cf. **XY meas**, meas\_type = « CH ») à 10 cm de profondeur. La mesure a été réalisée à chaque campagne de mesures des émissions de N<sub>2</sub>O.

#### 4.11. *soil\_properties\_continuous*

Sur l'année 2019, les mesures des teneurs en eau volumiques et des températures de sols ont été mesurées au niveau des fosses pédologiques (SOIL\_B1, SOIL\_C4 et SOIL\_C5) toutes les heures sur plusieurs profondeurs du 13 novembre 2018 au 3 juillet 2019. La valeur des teneurs en eau volumique est une moyenne obtenue à partir de 2 sondes placées à la même profondeur. Les profondeurs ont été choisies à partir de la description des horizons pédologiques (cf. livrable L2.1).

#### 4.12. *soil\_water\_fluxes*

Des débitmètres installés sur chaque drain traversant les parcelles A, B, C et E ont permis d'estimer le débit de l'eau drainée de la campagne 2018 et 2019 (cf. livrable L1.2).

Les valeurs de débits mesurés inférieures à 20 litres par heure sont en dessous du seuil de sensibilité, elles sont considérées comme nulle. La valeur drain water fluxes (DWF) est la moyenne des débits mesurés tous les quarts d'heure sur une journée. La valeur drain water est la somme des quantités d'eau drainée mesurée tous les quarts d'heure sur une journée. Les coordonnées des débitmètres sont données dans la table **xy\_meas**, meas-type = « WF ».

Pour 2018, il y a des mesures du 3 janvier 2018 au 5 avril 2018.

Pour l'année 2019, il y a des mesures du 18 novembre 2018 au 5 avril 2019.

#### 4.13. *N\_inputs*

La table *N\_inputs* contient les données caractérisant les apports d'azote : les dates et les quantités des différentes formes d'azote qui ont été épandues sur les 5 parcelles sous formes d'azote total, d'azote ammoniacal et sous forme nitrique.

#### 4.14. *N\_plant\_uptakes*

Des mesures de masse sèche sont réalisées à plusieurs stades de la culture. La teneur en azote des parties aériennes de la plante est mesurée au laboratoire de la chambre d'agriculture du 37. Sur la dernière année, la mesure n'a été effectuée qu'à la fin du cycle cultural au stade récolte.

#### 4.15. *N2O\_emissions*

Les émissions de  $N_2O$  sont mesurées une douzaine de fois par an, soit 40 dates de mesure en tout, par la méthode d'accumulation du gaz dans des chambres statiques étanches (cf. livrable 1.2). Les parcelles sont équipées de 5 chambres statiques, la valeur fournie est une moyenne des flux mesurés dans ces 5 chambres.

#### 4.16. *NH3\_volatilisation*

Trois mats composés de 2 hauteurs de 3 badges alpha sont positionnés au sein de chaque parcelle pour mesurer la concentration en ammoniacque pendant et les 7 jours qui suivent l'épandage (cf. livrable L1.2.). Les mesures exprimées sur chaque parcelle sont issues d'une moyenne de 9 concentrations en ammoniacque ( $NH_3$ ), la valeur est exprimée en accumulation des pertes sur 7 jours, elle est exprimée en  $kgN.ha^{-1}$ .

#### 4.17. *N\_balance\_content*

Les reliquats d'azote sont mesurés 3 fois par an, avant les pluies hivernales (S1) à la sortie de l'hiver (S2) juste avant la fertilisation et après la récolte (S3).

L'azote est mesuré sur 4 profondeurs : 0-20 cm, 20-40 cm, 40-70 cm et 70-100 cm sur des composites d'échantillons prélevés à la tarière. Selon l'état d'humidité du sol les plus grandes profondeurs n'ont pas toujours pu être prélevées.

Les analyses de sols sont réalisées par la Chambre d'agriculture du Loiret sur sol frais le lendemain du prélèvement, les échantillons sont conservés en glacière du prélèvement à l'analyse pour éviter la dénitrification.

Les résultats sont fournis en ppm dans la table « **soil\_N\_content\_balance** » et les coordonnées sont précisées dans la table « **xy\_meas** », meas\_type = « SOIL ».

La campagne n'a commencé qu'en février 2017 il n'y a donc pas de mesure entrée d'hiver en 2016 (2017\_S1). La sécheresse de l'été 2019 n'a pas permis de réaliser les prélèvements post-récolte (2019\_S3). Il y a donc 7 sessions de mesures dans la base de données : 2017\_S2, 2017-S3, 2018\_S1, 2018\_S2, 2018\_S3, 2019\_S1 et 2019\_S2.

#### 4.18. *N\_topsoil\_content*

Un échantillon de sol (composite de 5 prélèvements à la tarière) est prélevé à proximité de chaque chambre lors des mesures de flux de N<sub>2</sub>O sur l'épaisseur 0-20 cm. Une partie de l'échantillon sert à mesurer la teneur en eau massique et l'autre partie est congelée pour être ensuite analysée au laboratoire de chimie d'ECOSYS.

Les résultats sont fournis dans la table « **soil\_N\_content\_topsoil** » et les coordonnées sont précisées dans la table « **xy\_meas** » avec une jointure sur le champ « *id* ».

#### 4.19. *N\_soil\_water\_content*

La concentration en azote minéral de la solution du sol est mesurée sur des prélèvements d'eau réalisée avec des bougies poreuses (cf livrable L1 ;2). La valeur donnée dans la base est une moyenne sur 4 échantillons (4 bougies poreuses par parcelle). Les bougies poreuses ont seulement été installées sur l'année 2019.

#### 4.20. *N\_drain\_water\_content*

La concentration en azote minéral (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) de l'eau prélevée dans les drains est mesurée sur des prélèvements d'eau réalisés avec un préleveur automatique (cf. livrable L.1.2). La valeur donnée dans la base est une moyenne par jour sur 3 échantillons prélevés toutes les 8 heures.

Pour l'année 2017, il n'y a pas de mesures le dispositif de prélèvement n'était pas opérationnel.

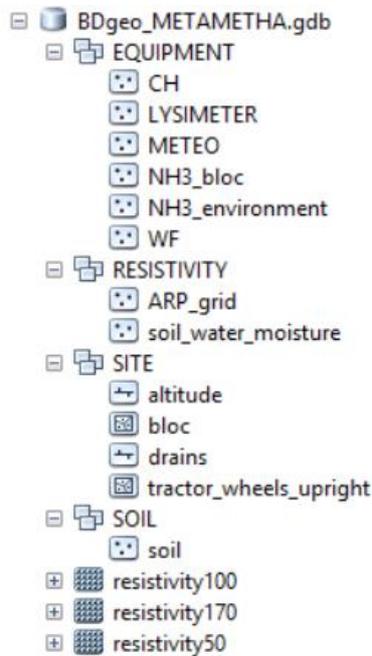
Pour l'année 2018, il y a 2 périodes de mesures qui ne correspondent pas complètement aux mesures des débits, du 15 décembre 2017 au 24 janvier 2018 et du 5 avril 2018 au 1<sup>er</sup> mai avec des données manquantes dans les chroniques.

Les mesures élevées en début de mise en route sont probablement des artefacts.

Pour l'année 2019, les analyses des prélèvements d'eau ne sont disponibles qu'après la fin du projet (premier trimestre 2020).

### 5. Structure de la base de données géographiques :

La base de données se nomme : BDgeo\_METAMETHA.gdb, elle est consultable avec le logiciel de SIG ArcGIS. La base de données est géoréférencée en RGF93, Lambert 93 (SRID=EPSG 2154)



La classe d'entité « **EQUIPMENT** » contient les couches géographiques des équipements qui ont été installés sur le dispositif :

CH : chambres statiques d'accumulation du N<sub>2</sub>O

LYSIMETER : bougies poreuses

METEO : station météo

NH3\_bloc : badges alpha qui sont implantés sur le dite d'expérimentation

NH3\_environment : badges alpha qui sont implantés autour du site expérimental pour réaliser les mesures d'ambiance.

WF : débitmètres installés sur les drains à la sortie des parcelles (blocs).

La classe d'entités « **RESITIVITY** » contient les données traitées de résistivité électriques fournies par la société Géocarta, avec des mesures d'humidité réalisées le même jour que la prospection électrique.

La classe d'entité « **SITE** » contient les couches d'informations sur la caractérisation du site :

Altitude : les courbes de niveau espacé tous les 20 cm, modélisées à partir de l'altitude mesurée par la société Géocarta à chaque point de mesure de la résistivité.

Bloc : périmètres des parcelles du dispositif

Drains : réseau de drainage agricole sur le dispositif

Tractor\_wheel\_upright : emprise des roues de tracteur sur chaque parcelle.

Enfin la classe d'entité « **SOIL** » contient la couche géographique des points de prélèvements de sol qui ont servi à réaliser les analyses de sol.

Les 3 grilles de résistivités aux profondeurs de 50, 100 et 170 cm sont également fournies au format grid dans la géodatabase (resistiviy50, resistiviy100 et resistiviy170).

## 6. Accès à la base de données :

Les bases de données du projet sont la propriété des unités INRA UR SOLS, UMR ECOSYS et UE PAO. Leur diffusion est soumise à l'accord des trois propriétaires.

Les bases de données sont gérées par Catherine Pasquier, géomaticienne à l'UR SOLS, [catherine.pasquier.orleans@inra.fr](mailto:catherine.pasquier.orleans@inra.fr)

Les données ont fait l'objet d'une publication d'un dataset partagé sur [www.datainra.fr](http://www.datainra.fr) (<https://doi.org/10.15454/5MOZKJ>) avec une restriction sur l'utilisation des données durant la période de thèse de Victor Moinard (ECOSYS). Le dictionnaire de données et les couches SIG sont disponibles dès le dépôt de données.