

Spatialisation de propriétés biologiques des sols impliquées dans les émissions du gaz à effet de serre N₂O

Jouin C.⁽¹⁾, Alkassem M.⁽¹⁾, Thiaw I.⁽²⁾, Pasquier C.⁽³⁾, Saby N.⁽⁴⁾, Bourennane H.⁽³⁾, de Sède-Marceau M.H.⁽²⁾, Hénault C.⁽¹⁾.

(1) Agroécologie, AgroSup Dijon, INRAE, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France.

(2) Laboratoire ThéMA, UMR 6049, CNRS et Université de Bourgogne Franche-Comté, France.

(3) UR SOLS, INRAE, 45075 Orléans, France.

(4) INFOSOL, US1106, INRAE, 45075 Orléans, France

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



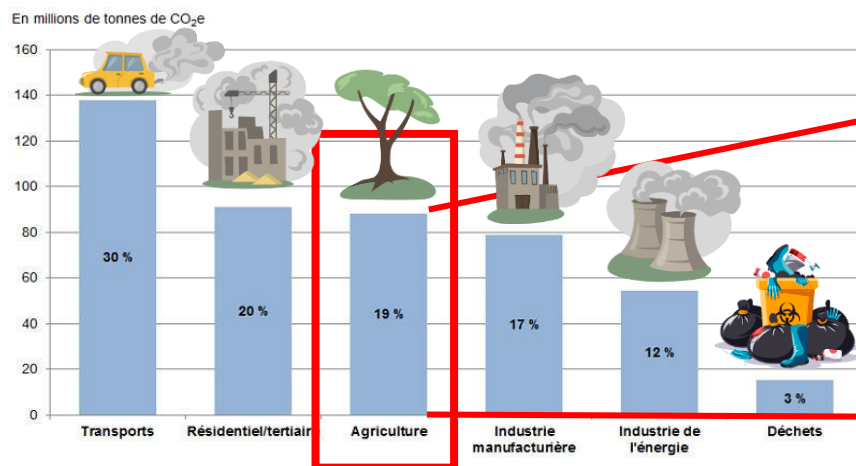
ANR-15-IDEX-0003



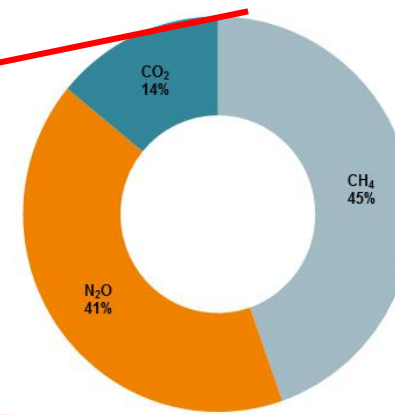
Le projet est cofinancé par le Fonds européen régional dans le cadre du programme opérationnel régional "Europe de l'Est" 2014-2020.

CONTEXTE GENERAL

Chiffres clés



Contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de gaz à effet de serre en France en 2017 (CITEPA, 2018)

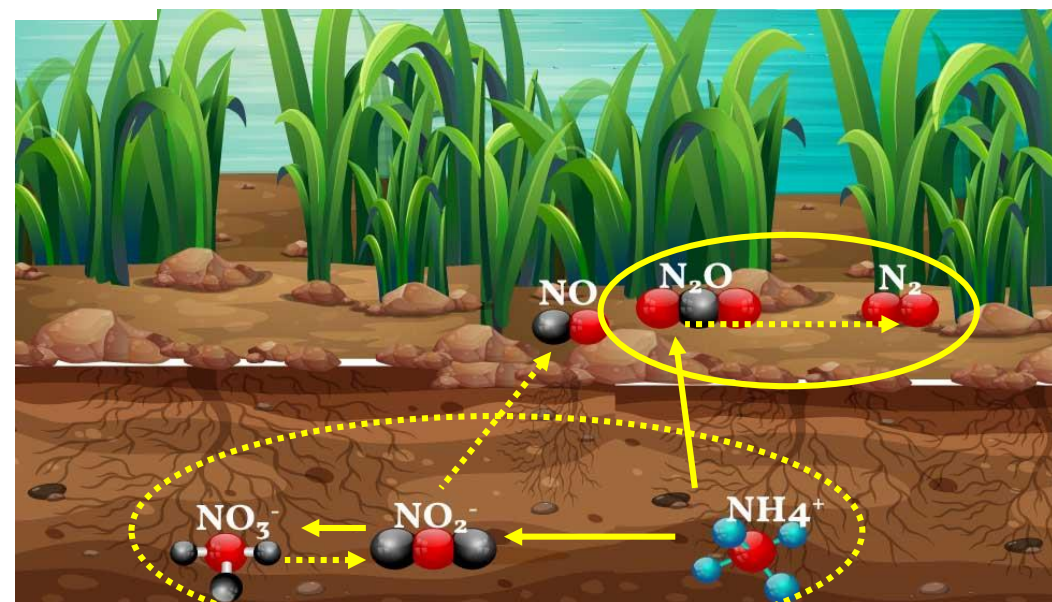


Contribution des différents gaz à effet de serre (en %) aux émissions par le secteur agricole en France en 2017 (CITEPA, 2018)

Mécanismes clés

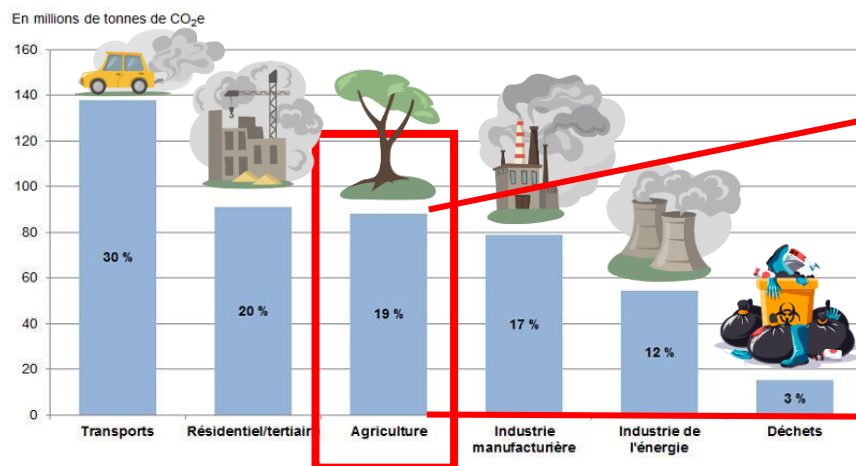
Dénitrification \dashrightarrow

Nitrification \longrightarrow

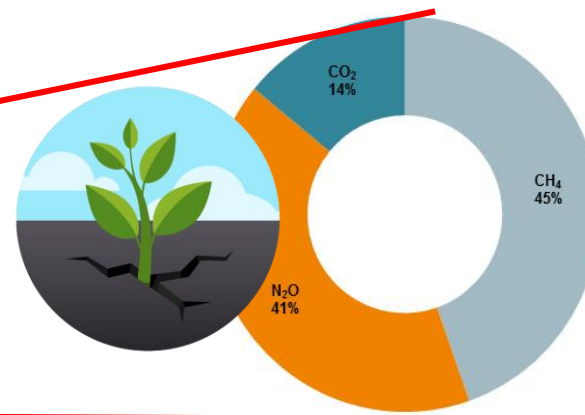


CONTEXTE GENERAL

Chiffres clés



Contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de gaz à effet de serre en France en 2017 (CITEPA, 2018)

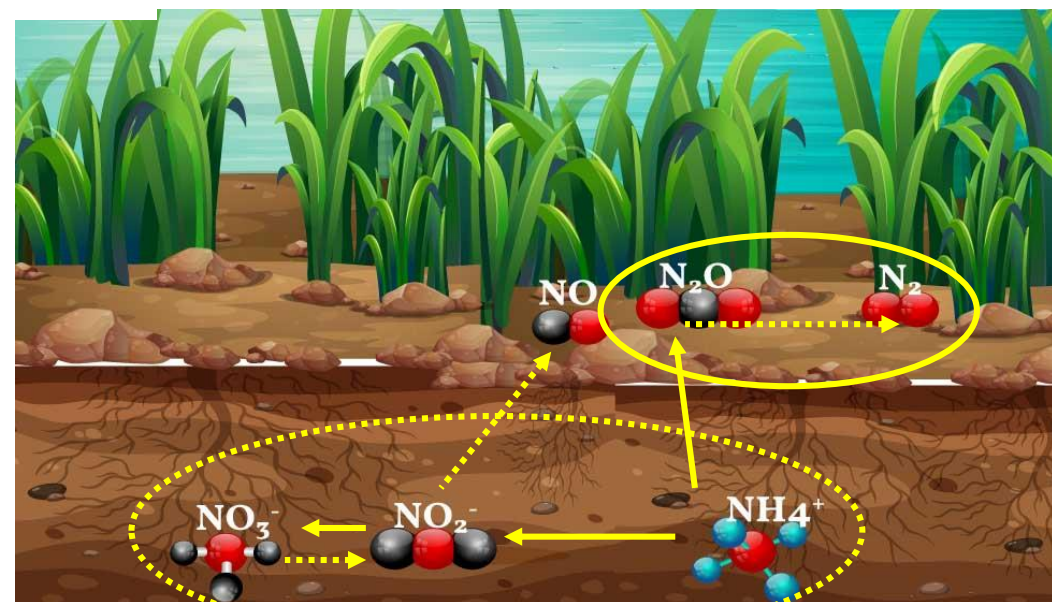


Contribution des différents gaz à effet de serre (en %) aux émissions par le secteur agricole en France en 2017 (CITEPA, 2018)

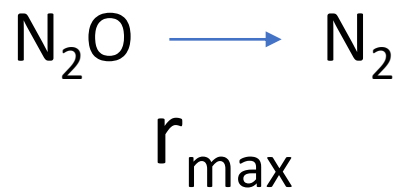
Mécanismes clés

Dénitrification \dashrightarrow

Nitrification \longrightarrow



CONTEXTE SCIENTIFIQUE SPECIFIQUE



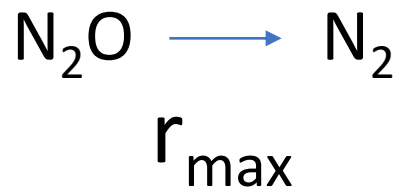
r_{max}	Capacité du sol à réduire N_2O en N_2	Phénotype
$> 0,8$	Faible	N_2Ored^-
$] 0,4 - 0,8]$	Intermédiaire	$\text{N}_2\text{Ored}^{+/-}$
$< 0,4$	Elevée	N_2Ored^+

Hénault, C., Bourennane, H., Ayzac, A. *et al.* Management of soil pH promotes nitrous oxide reduction and thus mitigates soil emissions of this greenhouse gas. *Sci Rep* 9, 20182 (2019).

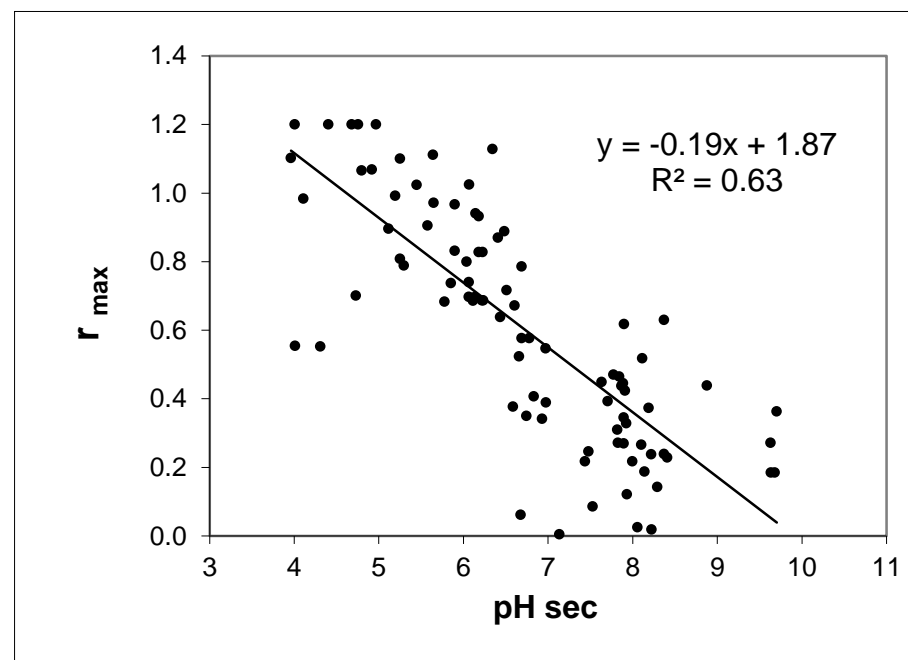
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-56694-3>



CONTEXTE SCIENTIFIQUE SPECIFIQUE

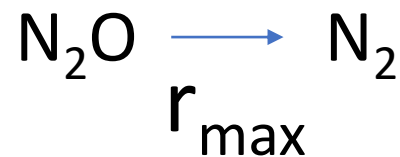


r_{max}	Capacité du sol à réduire N_2O en N_2	Phénotype
$> 0,8$	Faible	N_2Ored^-
$] 0,4 - 0,8]$	Intermédiaire	$\text{N}_2\text{Ored}^{+/-}$
$< 0,4$	Elevée	N_2Ored^+



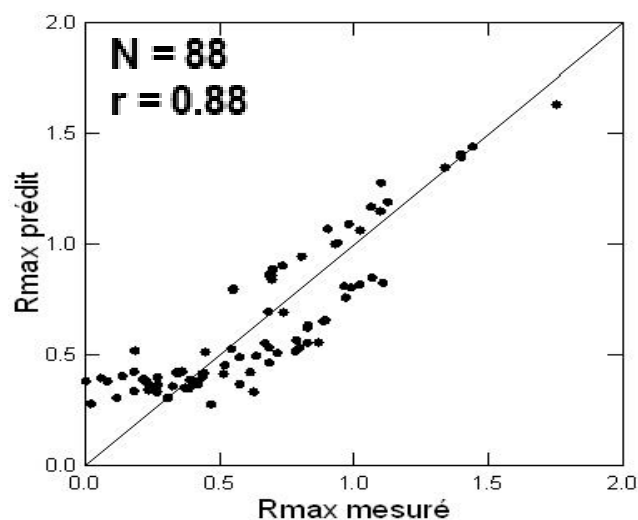
Hénault, C., Bourennane, H., Ayzac, A. *et al.* Management of soil pH promotes nitrous oxide reduction and thus mitigates soil emissions of this greenhouse gas. *Sci Rep* 9, 20182 (2019).
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-56694-3>

CONTEXTE SCIENTIFIQUE SPECIFIQUE

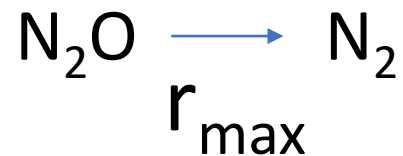


r_{\max}	Capacité du sol à réduire N_2O en N_2	Phénotype
$> 0,8$	Faible	N_2Ored^-
$] 0,4 - 0,8]$	Intermédiaire	$\text{N}_2\text{Ored}^{+/-}$
$< 0,4$	Elevée	N_2Ored^+

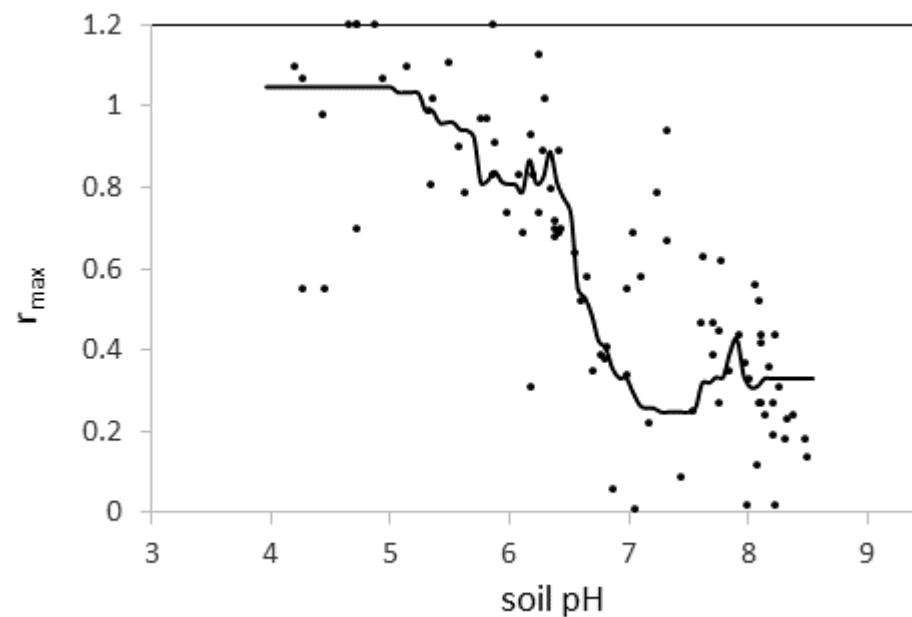
$$r_{\max} = -0.4 \text{pH}_{\text{eau}} + 0.026 \text{CEC}_{\text{Colb}} - 0.001 \text{Clay}_{\text{NDC}} + 3.13$$



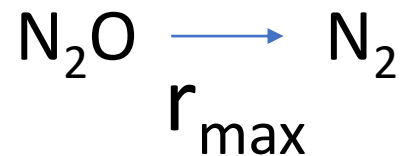
CONTEXTE SCIENTIFIQUE SPECIFIQUE



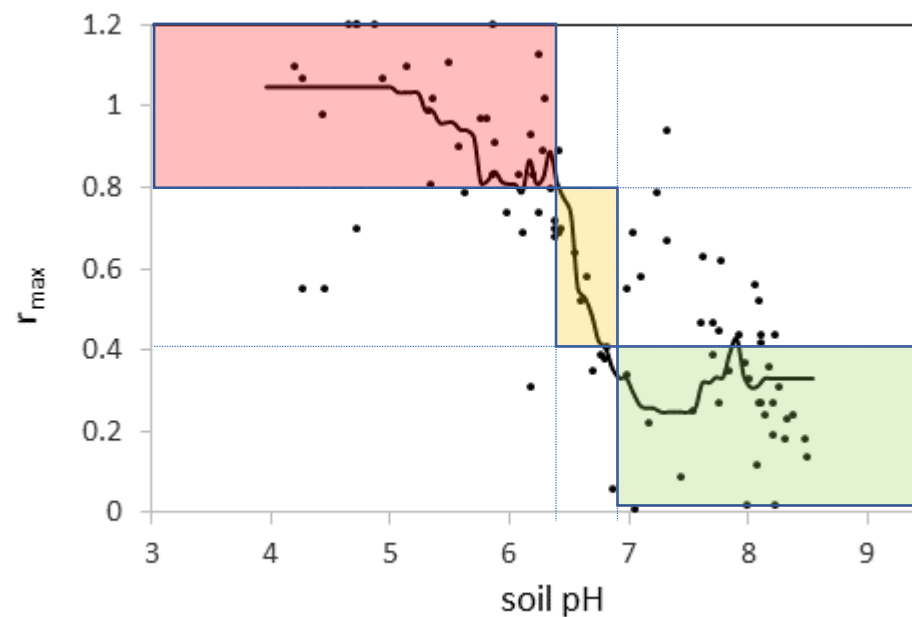
r_{\max}	Capacité du sol à réduire N_2O en N_2	Phénotype
$> 0,8$	Faible	N_2Ored^-
$] 0,4 - 0,8]$	Intermédiaire	$\text{N}_2\text{Ored}^{+/-}$
$< 0,4$	Elevée	N_2Ored^+



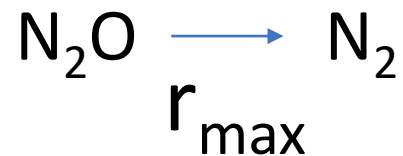
CONTEXTE SCIENTIFIQUE SPECIFIQUE



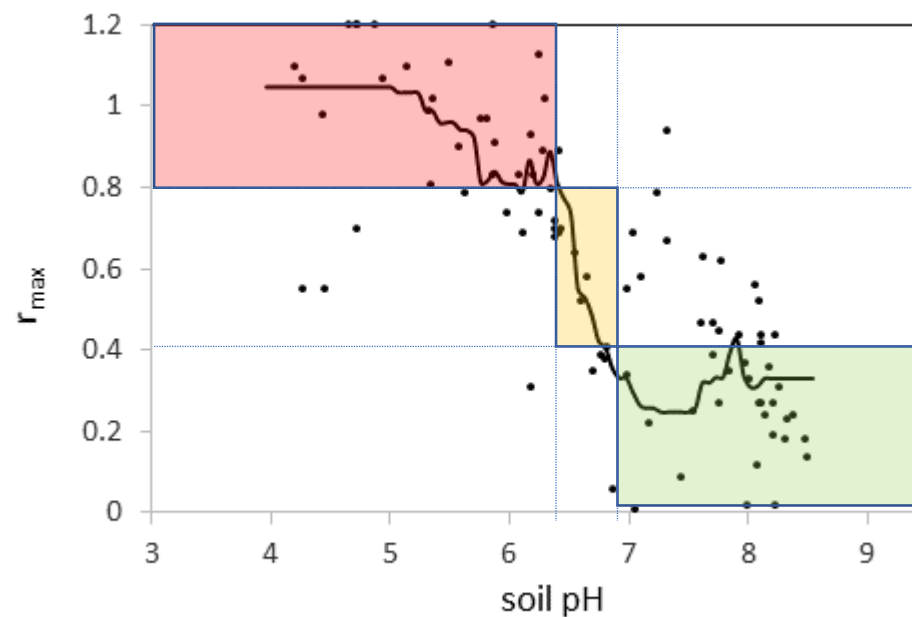
r_{\max}	Capacité du sol à réduire N_2O en N_2	Phénotype
$> 0,8$	Faible	N_2Ored^-
$] 0,4 - 0,8]$	Intermédiaire	$\text{N}_2\text{Ored}^{+/-}$
$< 0,4$	Elevée	N_2Ored^+



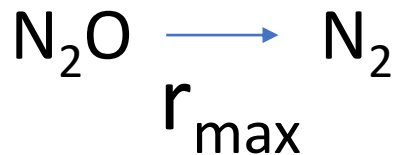
CONTEXTE SCIENTIFIQUE SPECIFIQUE



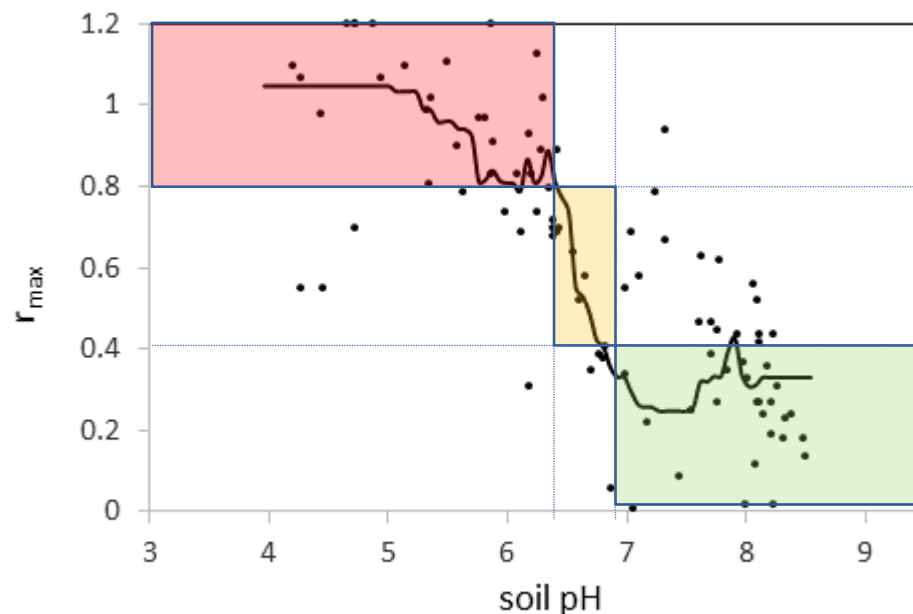
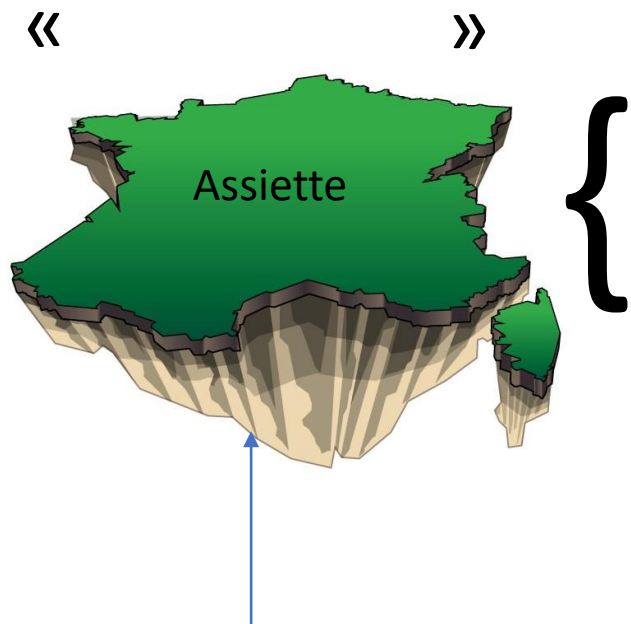
r_{\max}	Capacité du sol à réduire N_2O en N_2	Phénotype	pH
> 0,8	Faible	N_2Ored^-	< 6,4
] 0,4 – 0,8]	Intermédiaire	$\text{N}_2\text{Ored}^{+/-}$] 6,4 – 6,8]
< 0,4	Elevée	N_2Ored^+	> 6,8



CONTEXTE SCIENTIFIQUE SPECIFIQUE



r_{\max}	Capacité du sol à réduire N_2O en N_2	Phénotype	pH
> 0,8	Faible	N_2Ored^-	< 6,4
] 0,4 – 0,8]	Intermédiaire	$\text{N}_2\text{Ored}^{+/-}$] 6,4 – 6,8]
< 0,4	Elevée	N_2Ored^+	> 6,8



Source : <https://www.paysan-breton.fr/2014/06/lete-sera-chaux/>



OBJECTIFS

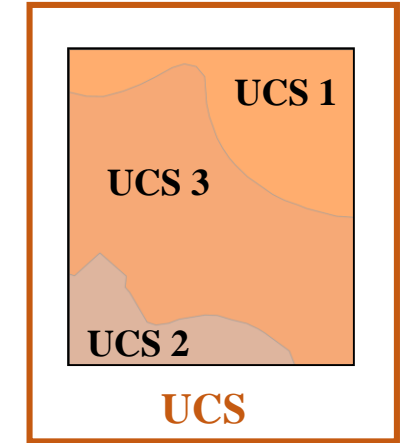
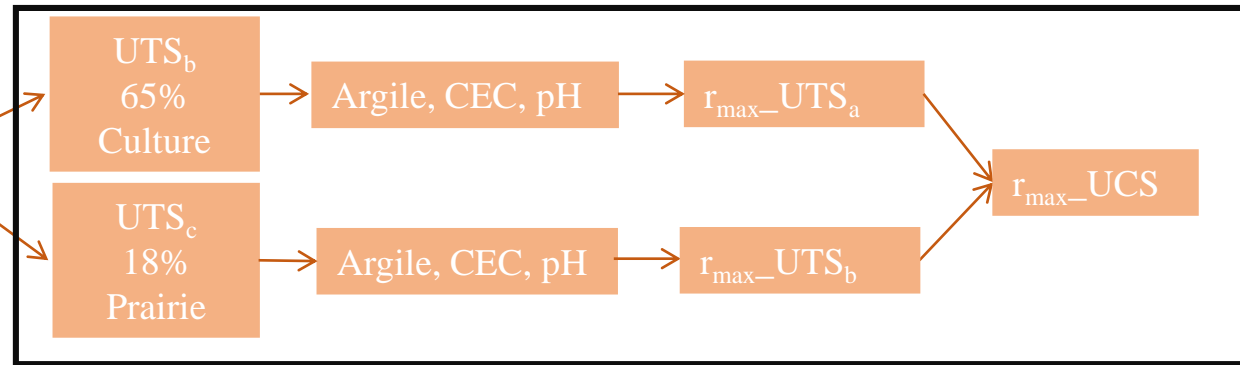
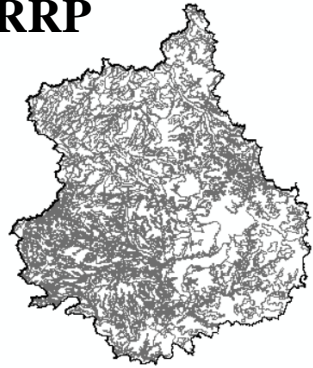
- **Cartographier** le paramètre biologique r_{\max} à l'aide de la fonction de pédotransfert et **Calculer l'assiette** d'intérêt pour la pratique du « chaulage climatique »
 - à l'échelle de la Bourgogne Franche-Comté à partir de la **BDAT**
 - à l'échelle de la Bourgogne à partir de **IGCS**
- Etudier la **variabilité**
 - intra bases de données (dimension spatio-temporelle de la BDAT)
 - inter bases de données (comparaison BDAT, **IGCS**)
- Comparer l'assiette obtenue
 - à partir des différentes bases de données mobilisées (BDAT, **IGCS** et RMQS)
 - à partir de deux méthodologies de calcul (pH et r_{\max})

Protocole de cartographie de r_{\max} (IGCS)

IGCS
RRP

Regroupement par occupation de sol (SAU)

Echelle d'agrégation



Données

- Valeurs (min, max et modale)
- % occupation de l'UTS au sein de l'UCS

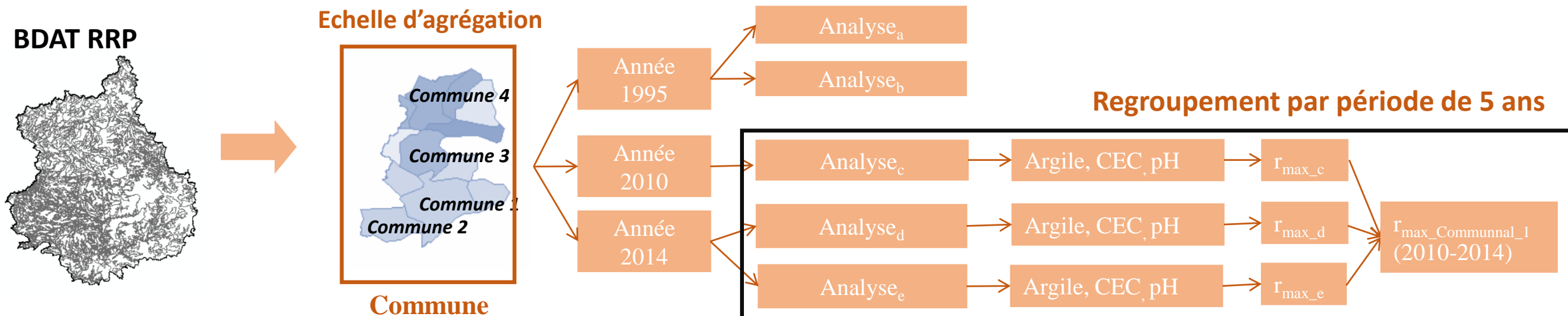
$$r_{\max_UTS_i} = -0.4pH_{\text{Heau } UTS_i} + 0.026CEC_{\text{UTS } i} - 0.001Clay_{\text{UTS } i} + 3.13$$

$$r_{\max_UCS} = \sum_i (UTS_i(\%) * r_{\max_UTS_i})$$

Pré-traitement

- modale pas renseignée → moyenne (min, max).
- min max pas renseignées → enregistrement supprimé
- la somme des pourcentages des UTS
 - <100% → recalculer les proportionnalités → leur somme arrive à 100 %.
 - égale 100% → Moyenne_{UCS} pondérée par la % d'occupation d'UTS

Protocole de cartographie de r_{\max} (BDAT)



Données

- Variables ciblées
- Deux échelles (cantonale et communale)

$$r_{\max_i} = -0.4pHeau_{\text{analyse } i} + 0.026CEC_{\text{analyse } i} - 0.001Clay_{\text{analyse } i} + 3.13$$

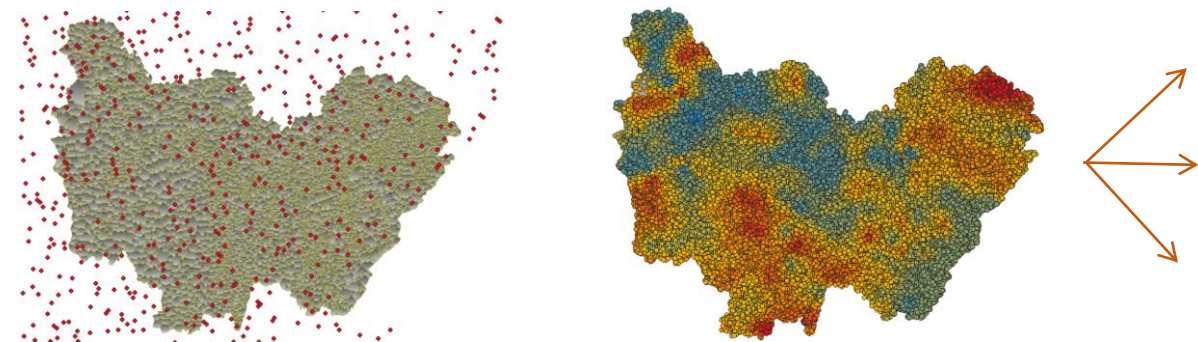
$$r_{\max_Commune_x(2010-2014)} = \text{med}(r_{\max_i})$$

Pré-traitement

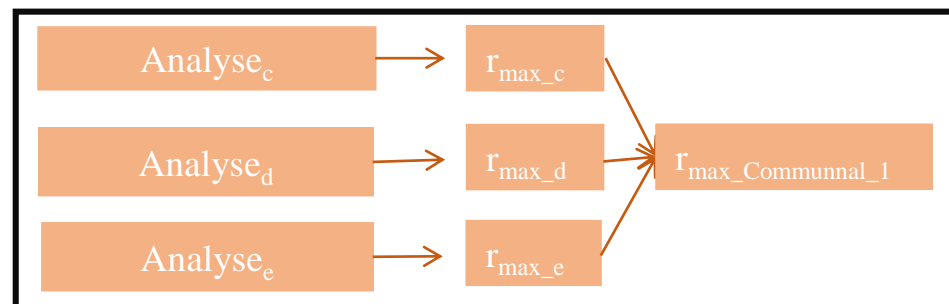
- Estimation de la CEC cobalti
- Les valeurs pas renseignées → médiane communale.
- Les variables spatialisées :
 - Échelle Cantonale
 - Cinq périodes (5 ans)

$$r_{\max_Canton_x(2010-2014)} = \text{med}(r_{\max_Commune_x(2010-2014)})$$

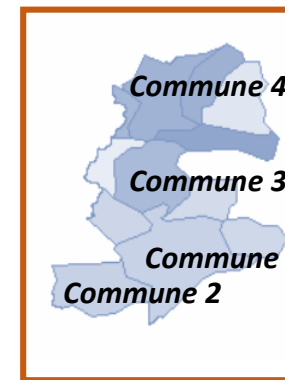
Protocole de cartographie de r_{\max} (LucaSoil)



Agrégation Communale



Echelle d'agrégation



Commune

$$r_{\max_i} = -0.4pH_{\text{eau}_{\text{analyse}_i}} + 0.026CEC_{\text{analyse}_i} - 0.001Clay_{\text{analyse}_i} + 3.13$$

$$r_{\max_Commune_x} = \text{med}(r_{\max_i})$$

Données

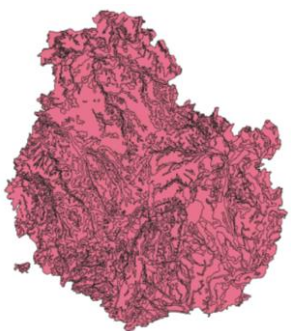
- Variables ciblées
- Deux échelles (cantonale et communale)

Pré-traitement

- Estimation de la CEC cobalti
- Les valeurs pas renseignées → médiane communale.
- Les variables spatialisées :
 - Échelle Cantonale
 - Cinq périodes (5 ans)

Protocole de calcul de l'assiette (IGCS, BDAT)

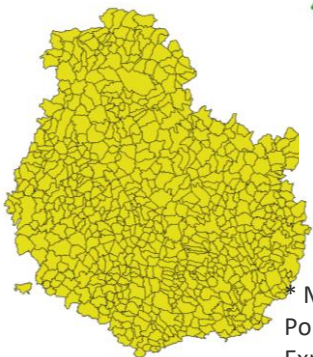
IGCS
RRP



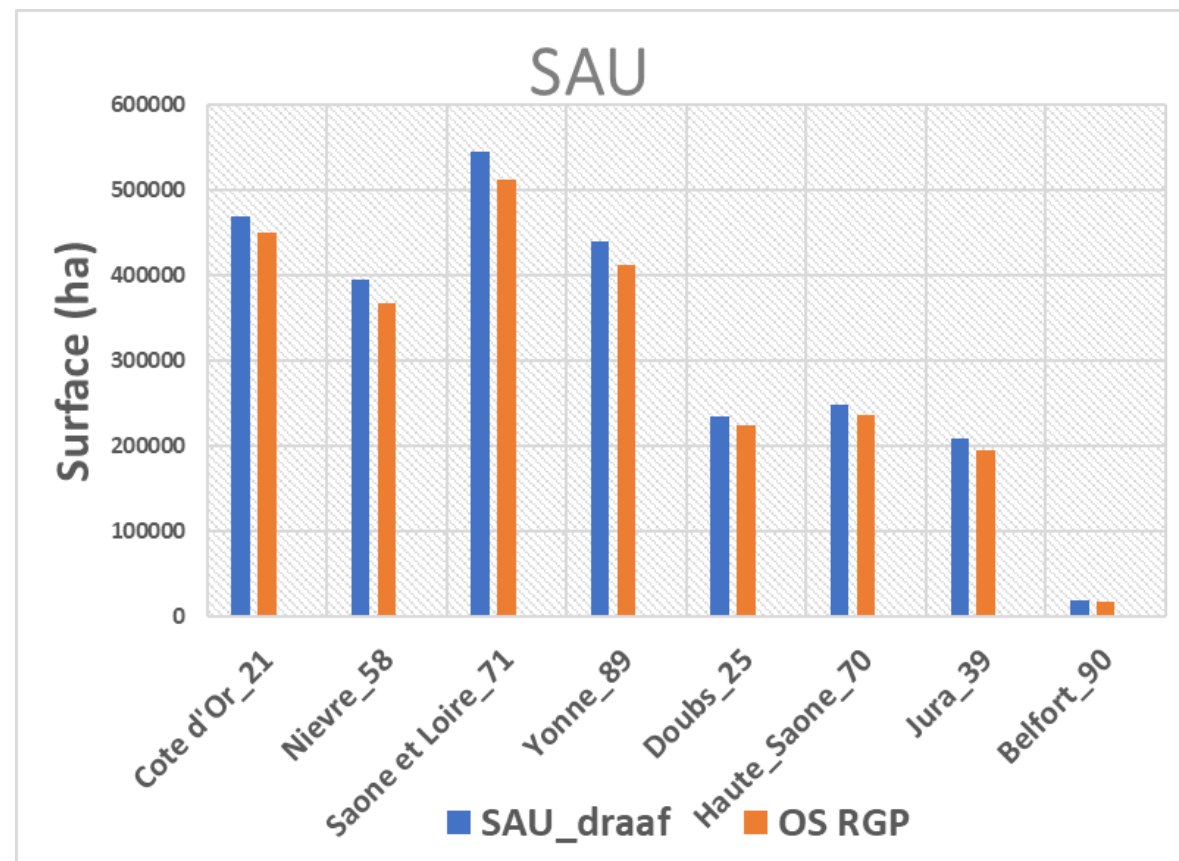
SAU
(*Martin et al 2021)



BDAT



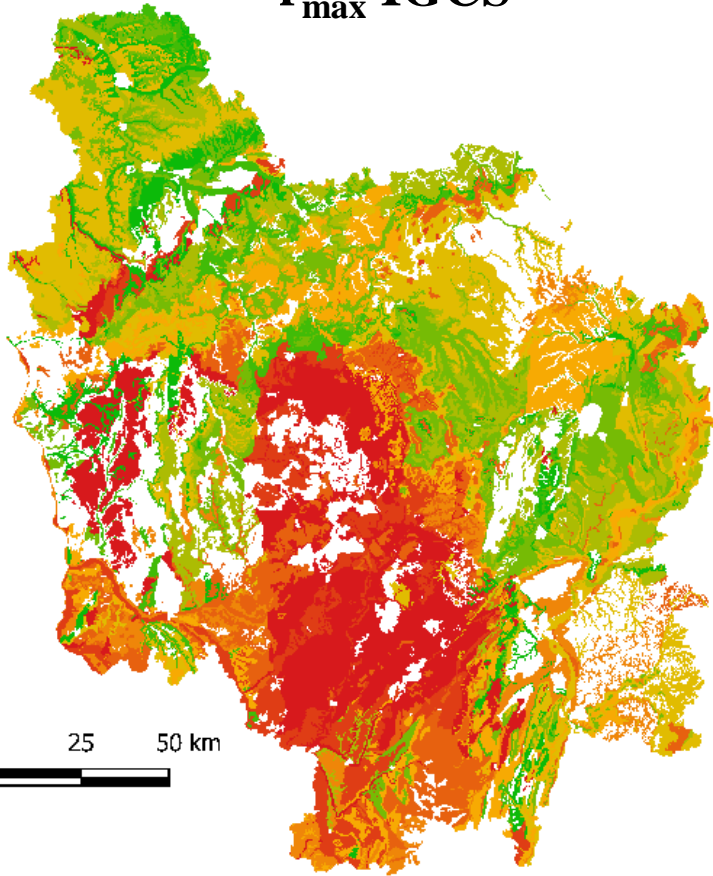
* Martin P, Rabenandrasana N, Poméon T, Serard P. 2021. "RPG Explorer Crop successions France 2007-2014, 2007-2019, 2015-2019" <https://doi.org/10.15454/XH84QB>,



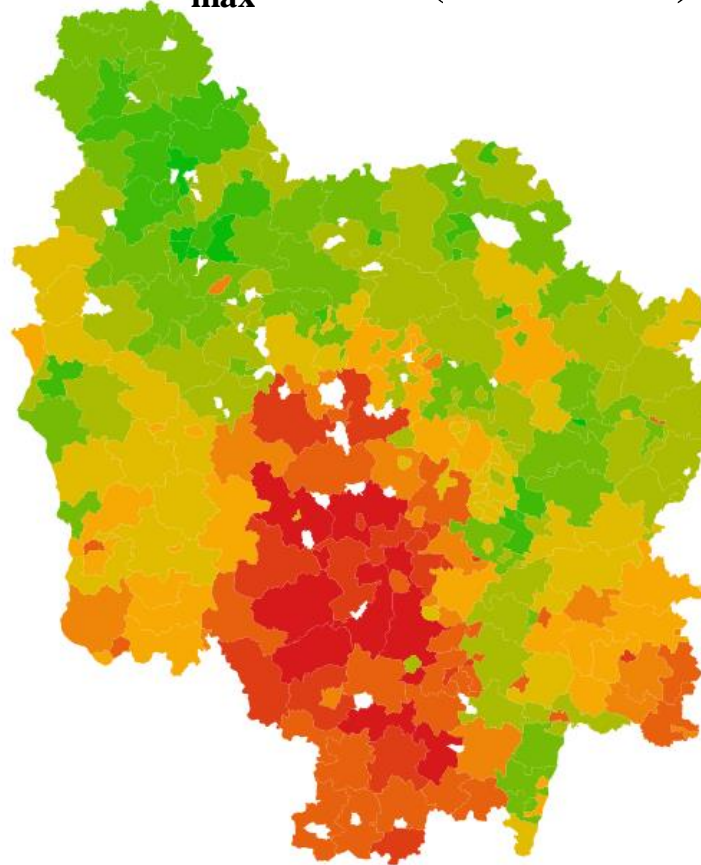
Assiette (ha) : $Surface_{Red -} + Surface_{Red +/-}$

Variabilité inter bases de données (r_{\max} IGCS / BDAT)

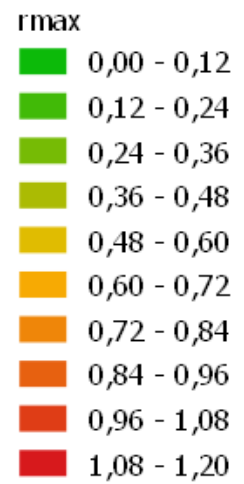
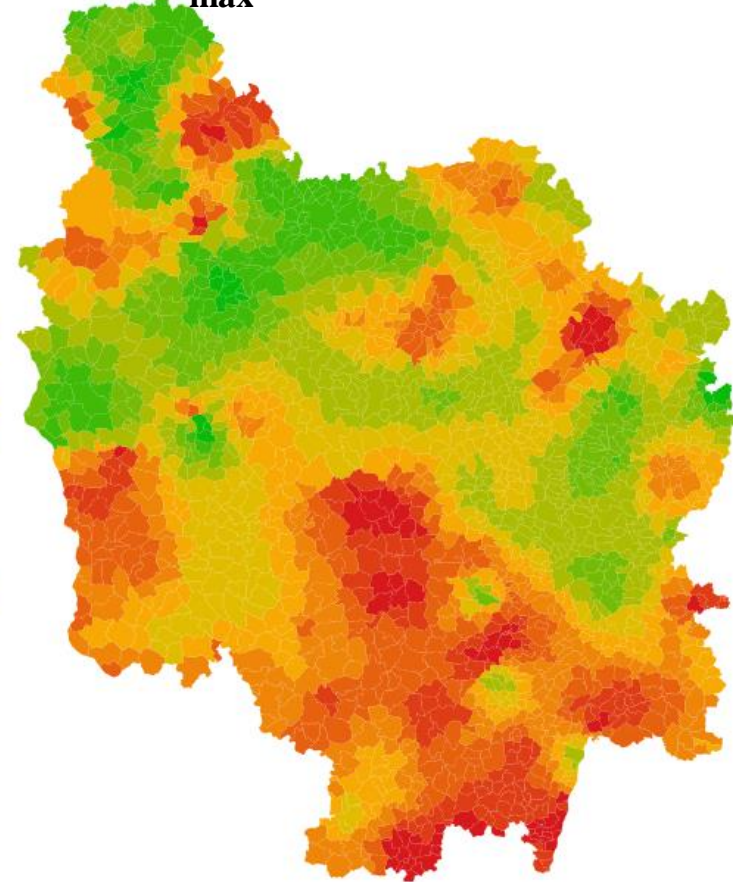
r_{\max} IGCS



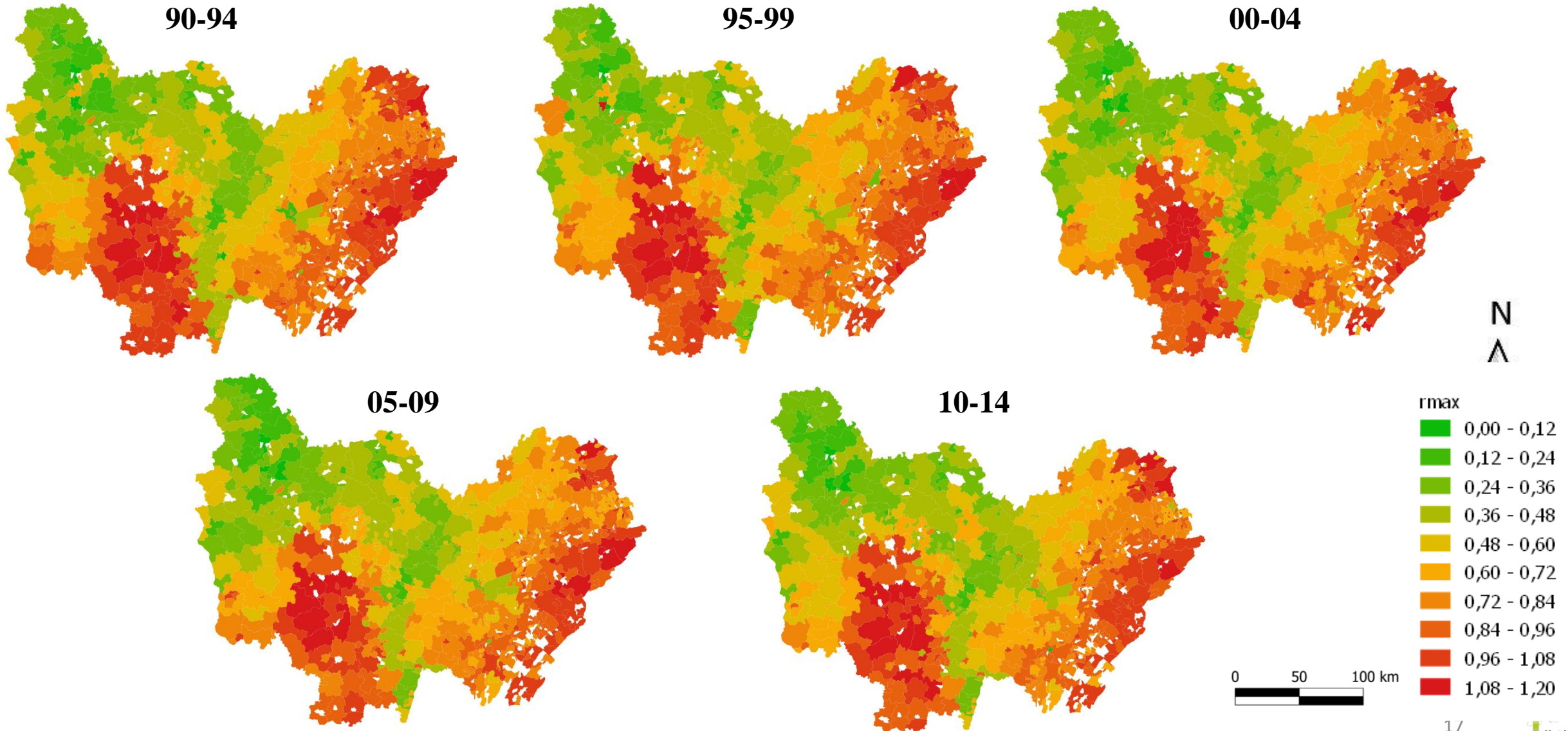
r_{\max} BDAT (2010-2014)



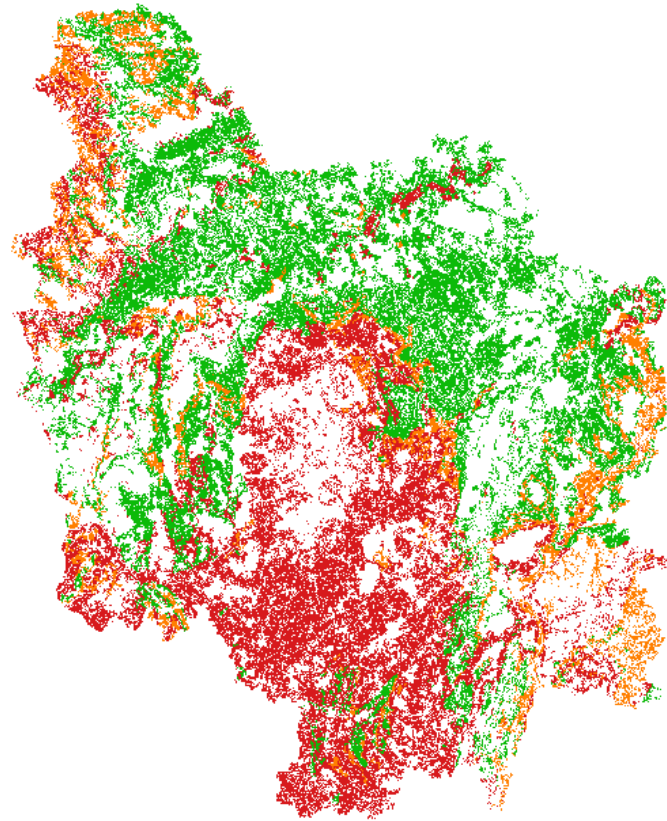
r_{\max} LucaSoil



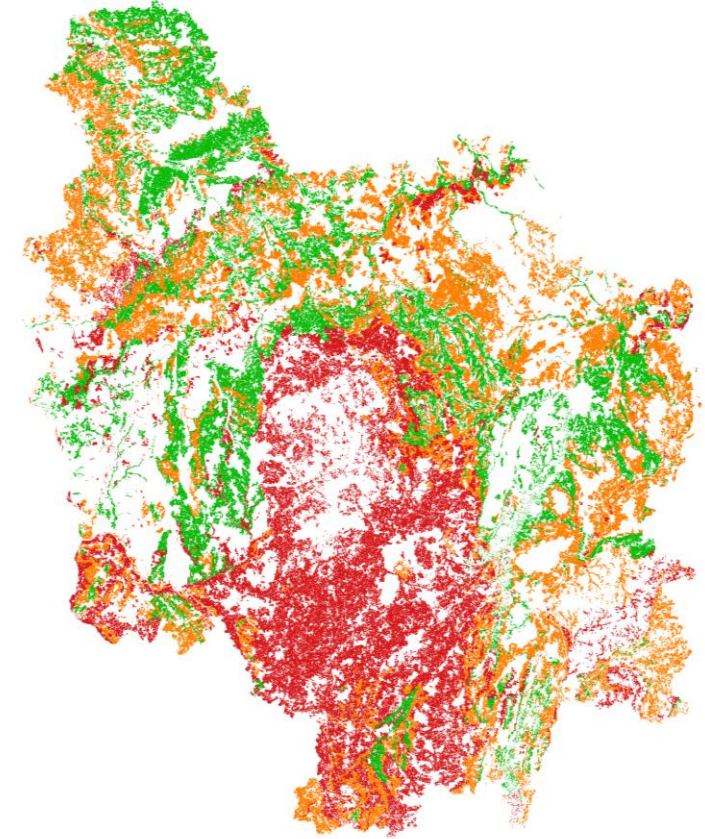
Variabilité temporelle au sein de la BDAT : Evolution du r_{max} entre 1990 et 2014



Variabilité temporelle IGCS : Evolution du SAU par phénotypes (r_{\max} , pH)



pH



r_{\max}

Phénotypes

Red-

Red-/+

Red+

0 50 100 km



Présentation des trois phénotypes de sol (%) en Bourgogne



Calculs à partir du pH

- Résultats obtenus à partir de IGCS, BDAT et RMQS cohérents avec **une représentation faible du phénotype red+/- (<20 %)**
- **Le phénotype red- représente de l'ordre de 40 % de la SAU**

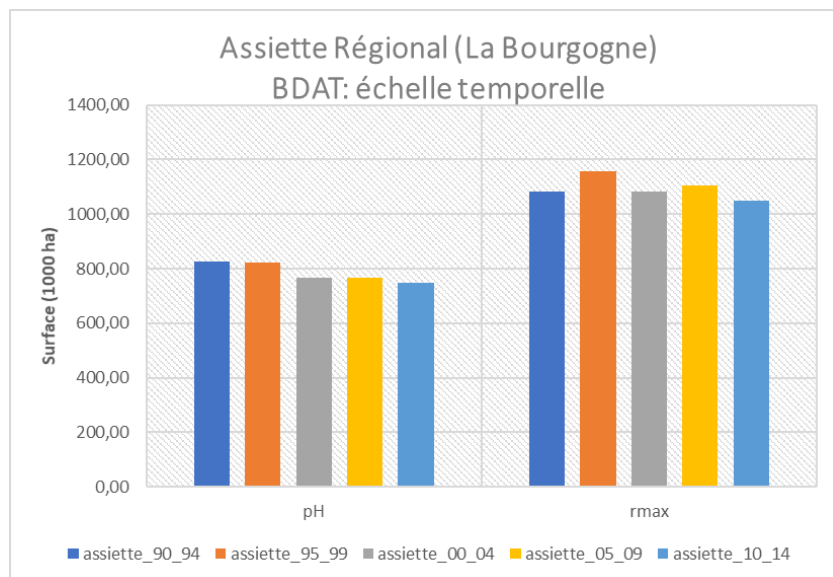
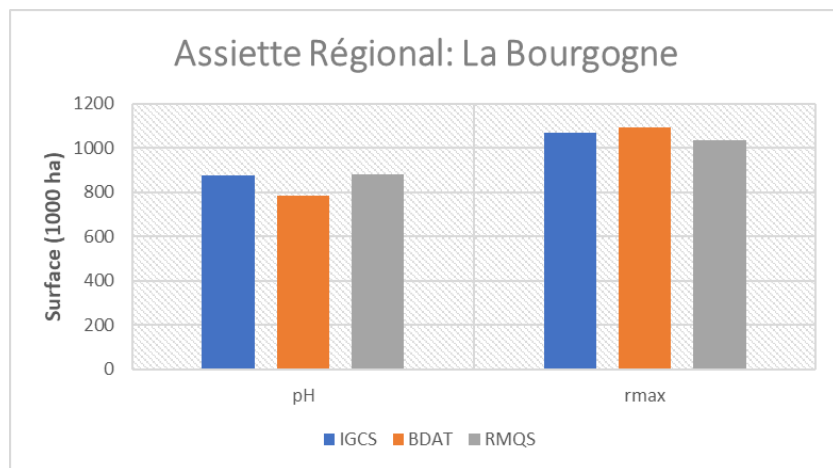
Calculs à partir de r_{max}

- une représentation plus forte du phénotype red+/-
- Une représentation plus faible du phénotype red -
- Une augmentation de l'assiette

BILAN

- Mode de calcul a plus d'impact sur la détermination de l'assiette que la base de données utilisée

Assiette d'intervention (ha) en Bourgogne



Assiette = Surface présentant les phénotypes red- et red+/-

Calculs à partir du pH :

- Assiette_{_IGCS} = 876 872 ha
- Assiette_{_BDAT} = 785 981 ha
- Assiette_{_RMQS} = 878 524 ha

A partir du r_{max} :

- Assiette_{_IGCS} = 1 069 621 ha
- Assiette_{_BDAT} = 1 094 938 ha
- Assiette_{_RMQS} = 1 034 476 ha

BILAN

- Résultats obtenus cohérents entre les bases de données utilisées
- Résultats différents selon la méthodologie de calcul utilisée (obtention de valeurs plus élevées à partir du r_{max} qu'à partir du pH)

- Cartographier des trois variables de sols à l'échelle de:
 - la Bourgogne Franche-Comté à l'aide de la BDAT
 - la Bourgogne avec IGCS et avec BDAT
 - Entre les deux BDD, les structurations spatiales des paramètres sont identiques
- Estimation du potentiel d'applicabilité (ou assiette) du chaulage climatique à partir du pH et à partir de r_{\max} calculé à l'aide de la fonction de pédotransfert
 - Impact de la méthodologie de calcul
 - Le levier « chaulage climatique » pourrait être mobilisé sur plus de la moitié de la SAU de la Bourgogne
- Localisation de l'assiette (à partir du r_{\max}) dans la Région naturelle du Morvan et sur le Fossé Bressan
- La prise en compte de la dimension temporelle de la BDAT permet de remarquer une légère diminution de l'assiette depuis 1990

- Améliorer le protocole de cartographie r_{\max} à l'aide de IGCS (simplification vis-à-vis de l'utilisation de IGCS)
- Reprendre les calculs avec les données RMQS (initiés par l'étudiante M2) et introduire la base de données LucaSoil
- Intégrer ces connaissances dans les démarches d'inventaire Tier 2 et Tier 3 des émissions de N_2O par les sols (prise en compte d'autres paramètres de contrôle des émissions de N_2O par les sols)

Merci pour votre attention