



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Agriculture,
de l'Alimentation et de la Viticulture

Administration des services techniques
de l'agriculture

Le phosphore dans les sols agricoles au Luxembourg – les grandes tendances

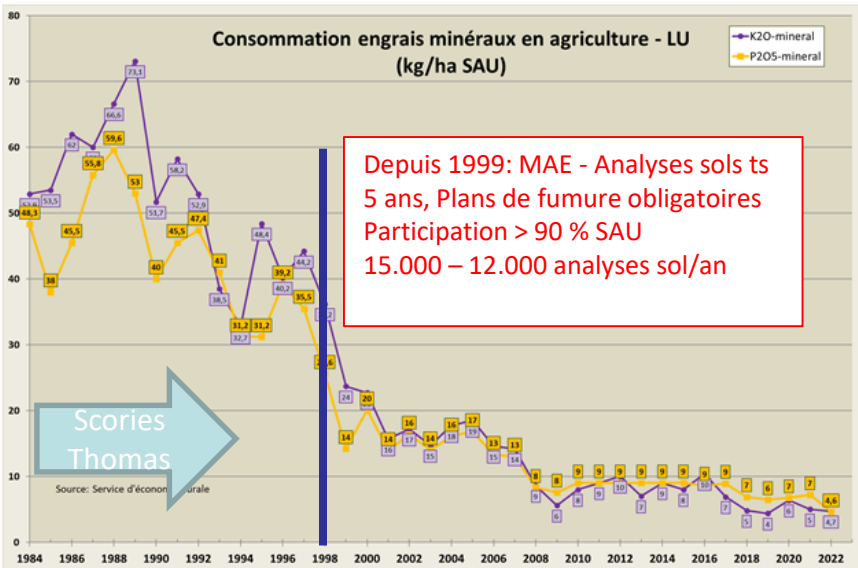
Simone Marx, Mathieu Steffen, Cédric Ries
ASTA – Service de pédologie



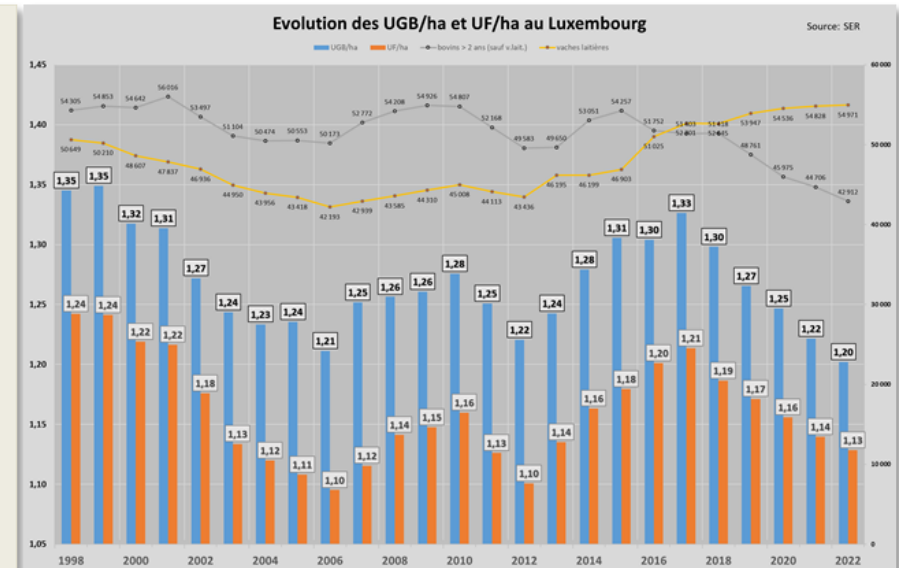
Le phosphore dans les statistiques agricoles



Engrais minéraux P et K



Evolution du cheptel





- INPUT (LU) 2022:**

14 kg P_{manure}/ha + 2 kg P_{mineral}/ha

= 16 kg P_{input}/ha: se situe dans la moy EU

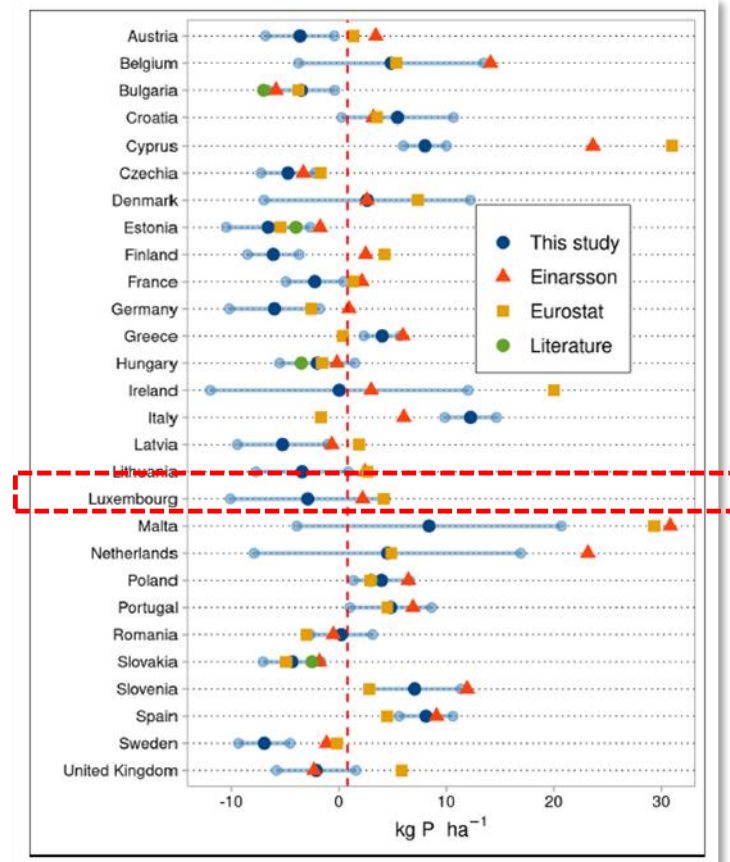
- OUTPUT moyen en Europe:**

= 15,2 +/- 1,5 kg P/ha.an

- OUTPUT calculé (LU) 2019-2020:**

= 13,5 kg P/ha.an

Source: Service d'économie rurale

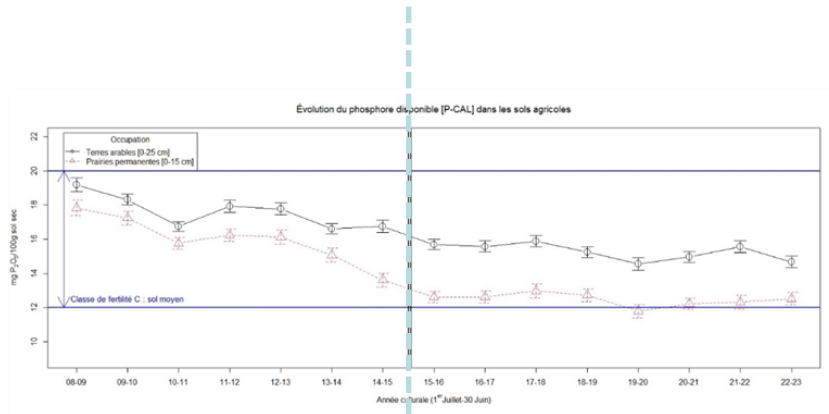


Panagos et al., 2022. Improving the phosphorus budget of European agricultural soils



<https://agriculture.public.lu/de/veroeffentlichungen/pflanzen-und-boeden/richtlinien-grundduengung.html>

Evolution P – CAL (acétate-lactate-Ca)



Séchage 95 °C

Séchage 38°C, climatisation

Classes de fertilité

ACKERBAU (0-25cm)/DAUERGRUNLAND (0-15cm) – terres agricoles					
mg/100 g trockener Boden nach VDLUFA A 6.2.1.1 (CAL) / 6.2.4.1 (CaCl ₂)					
GUTLAND	Mittlerer Boden (M) – sol moyen				
	Gehaltsklasse/classe de fertilité	P ₂ O ₅ ¹	K ₂ O ¹	Mg	Na
	A – sehr niedrig	0-5	0-5	0-2	0-2
	B – niedrig	6-11	6-11	3-5	3-5
	C – anzustreben	12-20	12-20	6-10	6-9
	D – hoch	21-30	21-30	11-15	10-14
	E – sehr hoch	≥ 31	≥ 31	≥ 16	≥ 15
	Leichter Boden (L) – sol léger				
	Gehaltsklasse/classe de fertilité	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Na
	A – sehr niedrig	0-5	0-4	0-1	0-2
	B – niedrig	6-11	5-9	2-3	3-4
	C – anzustreben	12-20	10-15	4-6	5-8
	D – hoch	21-30	16-23	7-9	9-12
	E – sehr hoch	≥ 31	≥ 24	≥ 10	≥ 13
	Schwerer Boden (S) – sol lourd				
Gehaltsklasse/classe de fertilité	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Na	
A – sehr niedrig	0-5	0-6	0-3	0-3	
B – niedrig	6-11	7-13	4-7	4-6	
C – anzustreben	12-20	14-25	8-14	7-10	
D – hoch	21-30	26-38	15-21	11-15	
E – sehr hoch	≥ 31	≥ 39	≥ 22	≥ 16	
ÖSLING	Mittlerer Boden (OM) – sol moyen caillouteux				
	Gehaltsklasse/classe de fertilité	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Na
	A – sehr niedrig	0-7	0-7	0-3	0-3
	B – niedrig	8-14	8-14	4-7	4-7
	C – anzustreben	15-23	15-23	8-12	8-11
	D – hoch	24-35	24-35	13-18	12-17
E – sehr hoch	≥ 36	≥ 36	≥ 19	≥ 18	

P (CAL) > 40 mg P2O5: arrêt fertilisation min. et org. (sauf pâturage)



P-Bilan_{SER} (2019-2020): 31 kg P₂O₅ (= 13,5 kg P/ha)

➤ Engrais minéraux 7 kg P₂O₅ (soit 3 kg P/ha).

Einsatz P - Mineraldünger : Moyenne 2019-2020					
Kultur		Fläche ha	kg P2O5/ha	kg P2O5 national	t P national
Silomais	Mais	15 989	31	493 341	215
Dauergrünland	Prairies perm.	59 896	2	104 518	46
WW	Blé hiver	11 286	4	48 415	21
Kartoffeln	pdt	630	58	36 706	16
Winterraps		1 777	6	10 964	5
Triticale		4 178	3	13 579	6
Feldfutter		11 346	1	15 714	7
WG		3 326	4	14 399	6
SG		1 623	5	7 520	3
Roggen		880	5	4 213	2
Hafer		1 120	1	1 662	1
Weinbau		1 224	2	2 025	1
SW		192	8	1 539	1
Total		113 463	7	754 594	329

- Modification des normes sur maïs
- Réduction de 120 kg/ha P2O5 à 100 kg/ha P2O5 pour le rendement de référence de 15 t MS/ha. On s'attend à une diminution de moitié des engrais minéraux P sur maïs. Ceci baisserait la consommation de Pminéral de 7 kg P2O5 (soit 3 kg P/ha) à 4 kg P2O5/ha (soit 2 kg P/ha). On gagnerait 1 kg P/ha dans le bilan national.
- Sensibilisation des vulgarisateurs agricoles sur l'utilisation des intrants P dans les rations alimentaires et leur impact sur les bilans P exploitations (>>laitières)



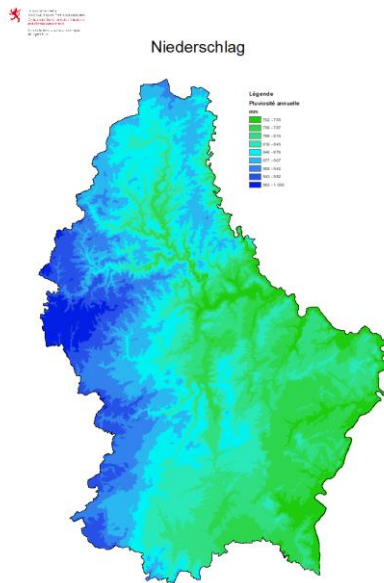
- Diminution constante des intrants P minéraux depuis les années 90
- P organique est le facteur déterminant du bilan P national
- Exploitations laitières les plus concernées depuis l'abolition du quota laitier en 2015
- Très faible envergure cheptel porcin, avicole; boues d'épuration, compost
- A l'échelle exploitation
 - fertilisation minérale parcimonieuse au maïs
 - Surveiller l'import P via les aliments pour animaux
 - Privilégier l'apport de fertilisants organiques sur prairies > arable (Directive Nitrates)



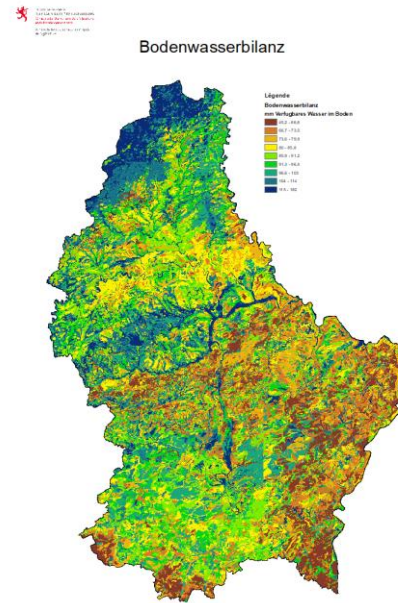
Phosphore et productivité agricole



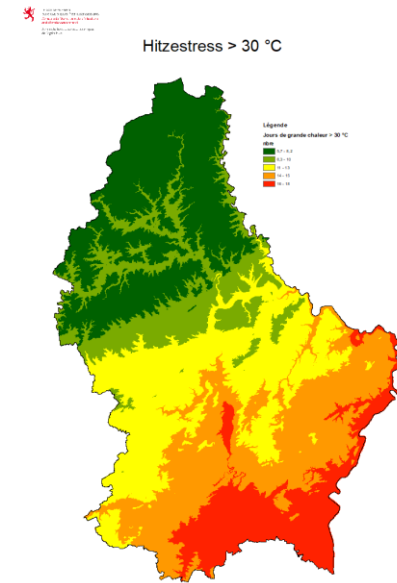
Pluviosité



Bilan eau



Nbre jours > 30 °C



M. Steffen, Service de pédologie



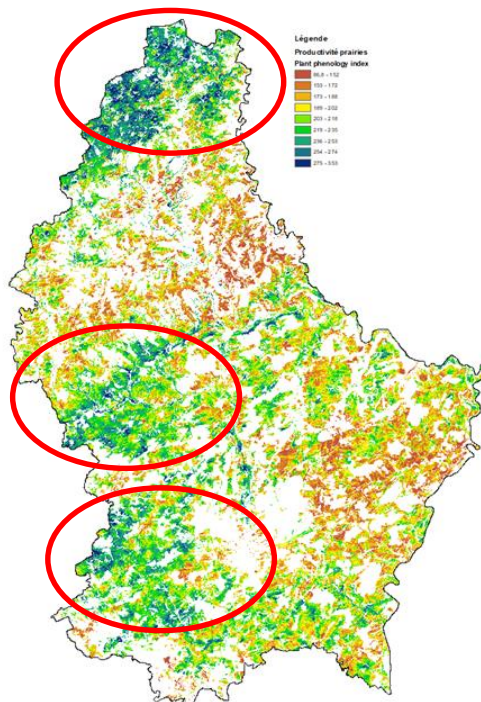
Productivité en prairies permanentes

P-CAL

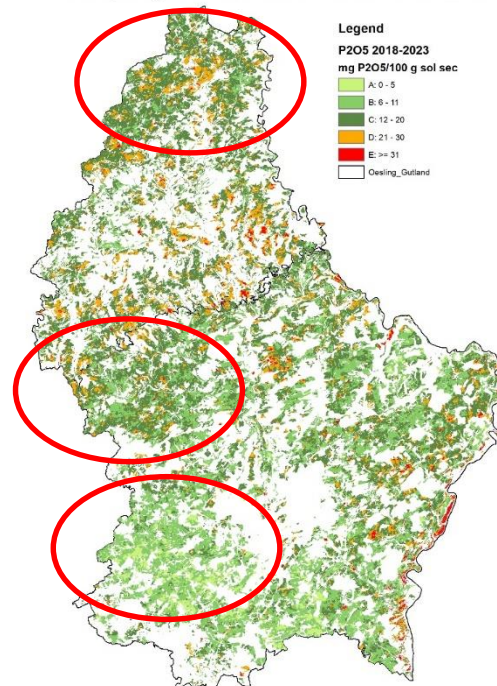
P-Olsen



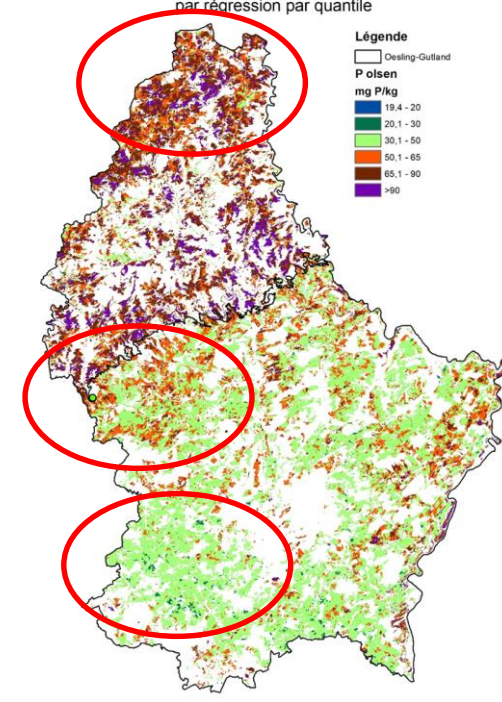
Standortproduktivität Grünland



Phosphorgehalte in landwirtschaftlichen Böden



P olsen (mgP/kg) estimé
par régression par quantile

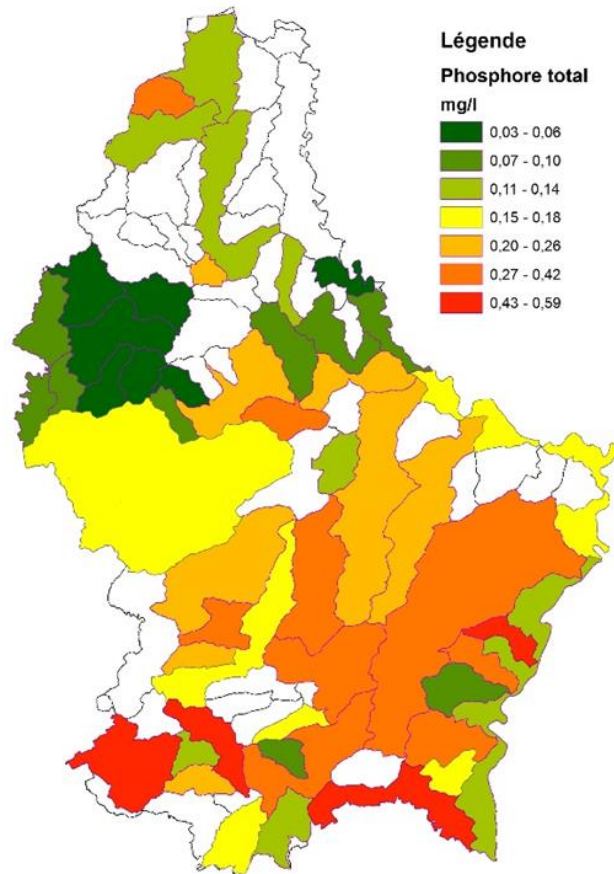


Pertinence agronomique des analyses du phosphore ?



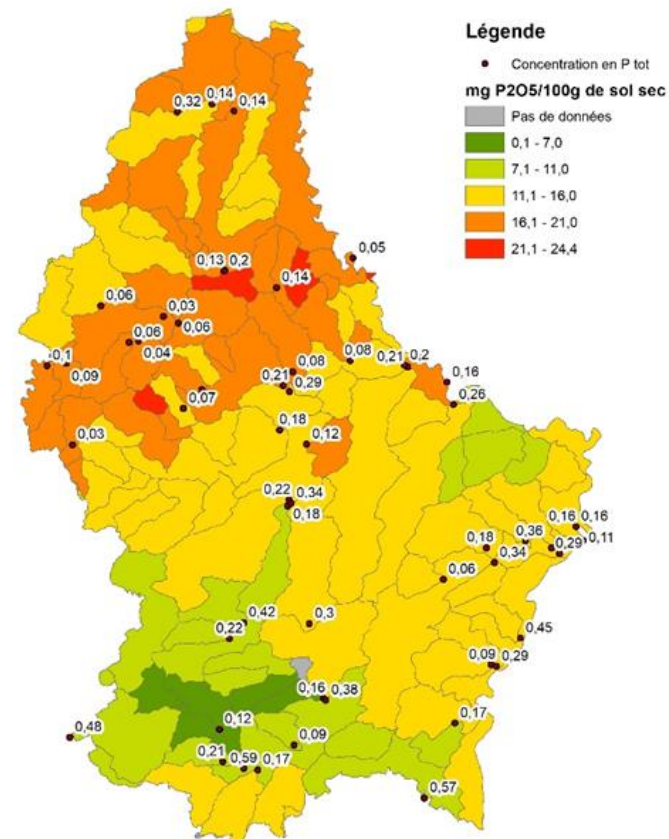
Pertinence environnementale

Concentration moyenne annuelle en phosphore total par bassin-versant



Administration de la Gestion de l'Eau :
Base de données MoRe
Monitoring DCE : 2015-2017

Teneurs moyennes des sols agricoles en phosphore disponible par bassin-versant

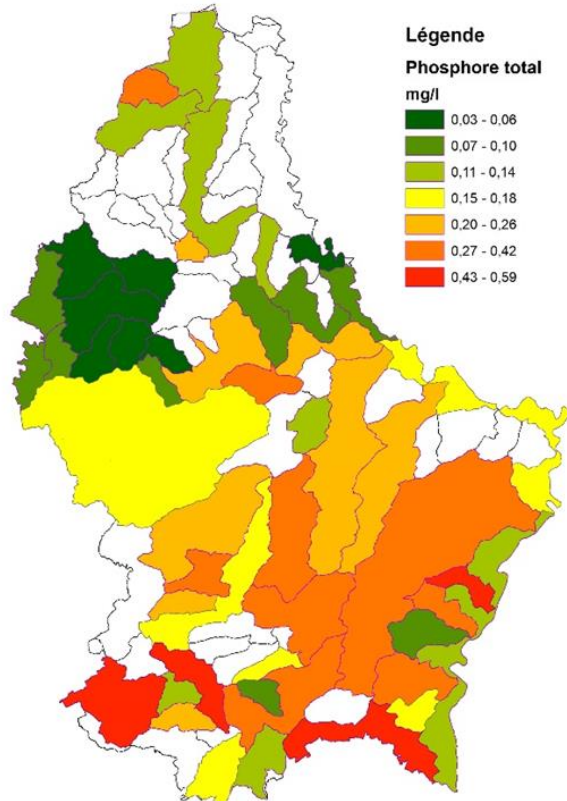


Eau : Administration de la Gestion de l'Eau :
Base de données MoRe
Monitoring DCE : 2015-2017
Sol : ASTA service de pédologie :
2015-2019

Pas de lien explicatif direct entre la teneur P disponible dans les sols et le phosphore dans les eaux de surface

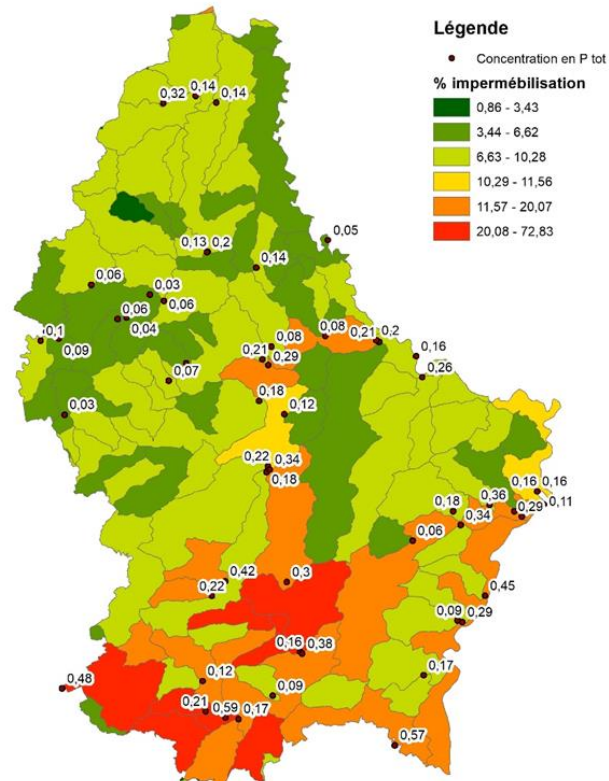


Concentration moyenne annuelle
en phosphore total par bassin-versant



Administration de la Gestion de l'Eau :
Base de données MoRe
Monitoring DCE : 2015-2017

Degré moyen d'imperméabilisation
par bassin-versant en 2018



Eau : Administration de la Gestion de l'Eau :
Base de données MoRe
Monitoring DCE : 2015-2017
MECCD : degré d'imperméabilisation

Projet MORE 2016-2019 (AGE): Eaux de surface:

P agricole (= 19 % P_{OWK})

P urbain (= 80 % P_{OWK})

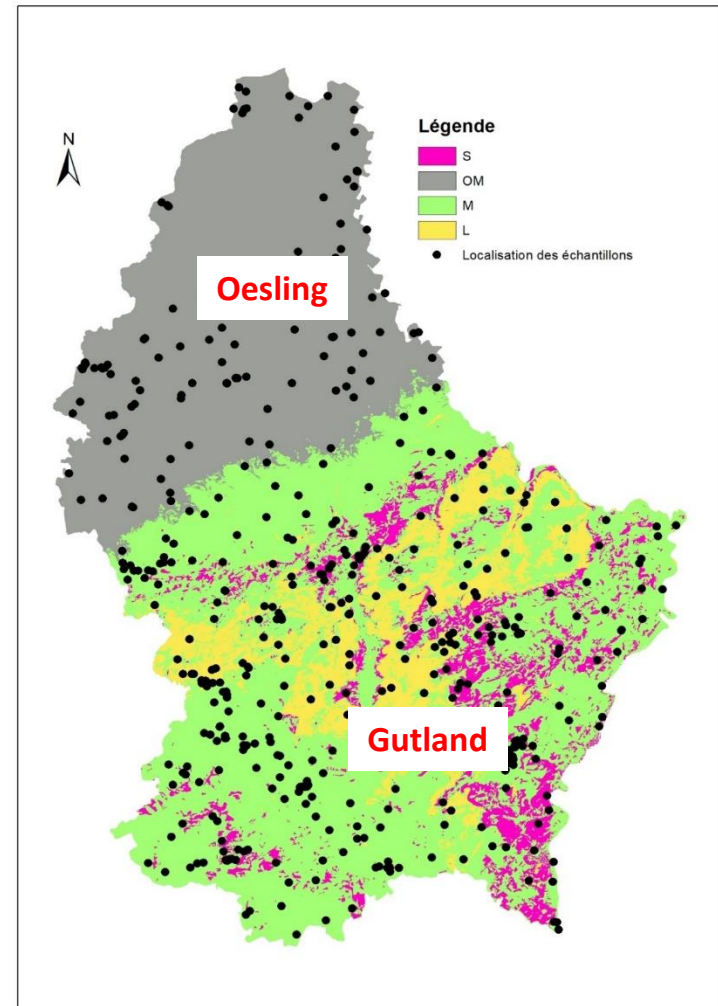


Etude comparative de 4 méthodes d'extraction P sur des sols représentatifs du Luxembourg

Cédric Ries, travail de fin de stage, laboratoire des sols, 2021
Mathieu Steffen, traitement géostatistique



- 153 Oesling (Dévonien) + 428 Gutland (Trias, Jura)
- 260 prairies + 219 terres arables + 102 forêt = 581 en total
- Origine échantillons diverse





Extractions réalisées

	H ₂ O	Oxalate	Digestion à l'eau régale	CAL
Mode opératoire	2g/100mL, 30min agitation	5g/100mL, 2h agitation	Méthode interne accréditée suivant ISO 11466 avec m/V=1.5g/14ml	CAL-Auszug (VDLUFA A 6.2.1.1) 5g:100ml, 90min
Intérêt	Indicateur environnemental et disponibilité	Capacité de sorption (PSC) et degré de saturation en phosphore (DSP) au moyen du P, Fe et Al extrait $PSC = \alpha(Al_{ox} + Fe_{ox})$ $DSP = \frac{P_{ox}}{PSC} \cdot 100 \text{ en } \%$	Evaluation stock de phosphore	Extraction P soluble et échangeable et P-Ca facilement soluble mais pas de P de l'apatite



Résultats

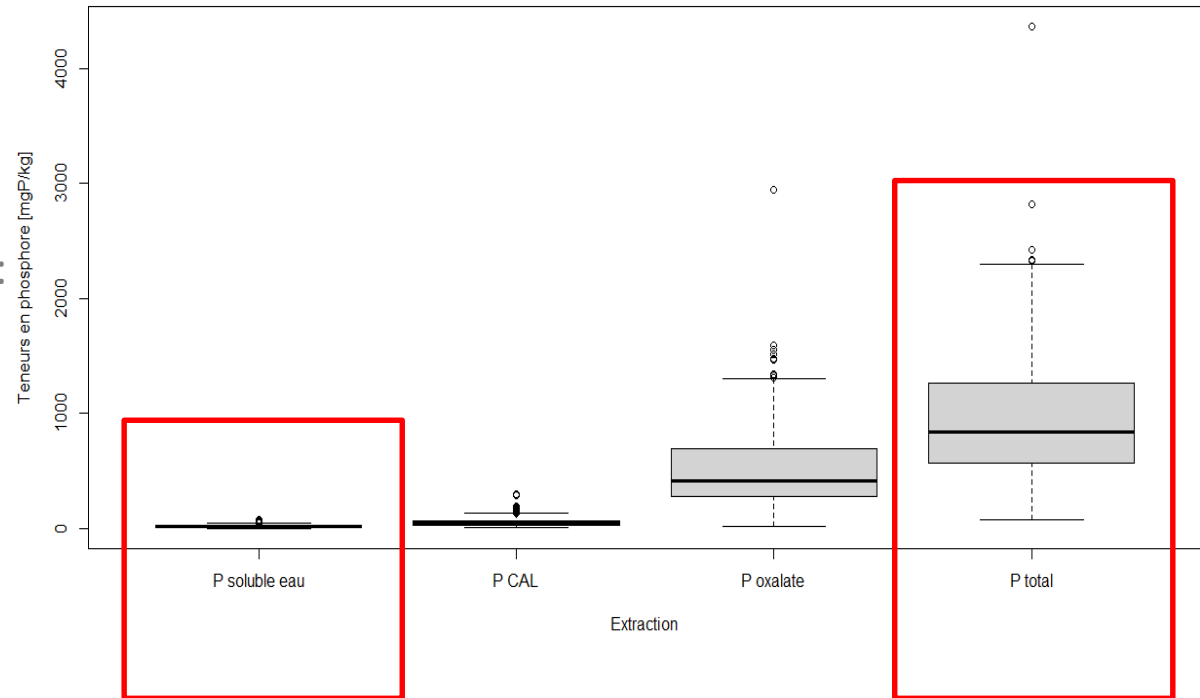
$P-H_2O = 1,4\%$ du P-total

$P-CAL = 4,7\%$ du P-total

Bonnes corrélations entre:

$P-H_2O/P-CAL$ avec 0,71

$P-Oxalate/P-total$ avec
0,851

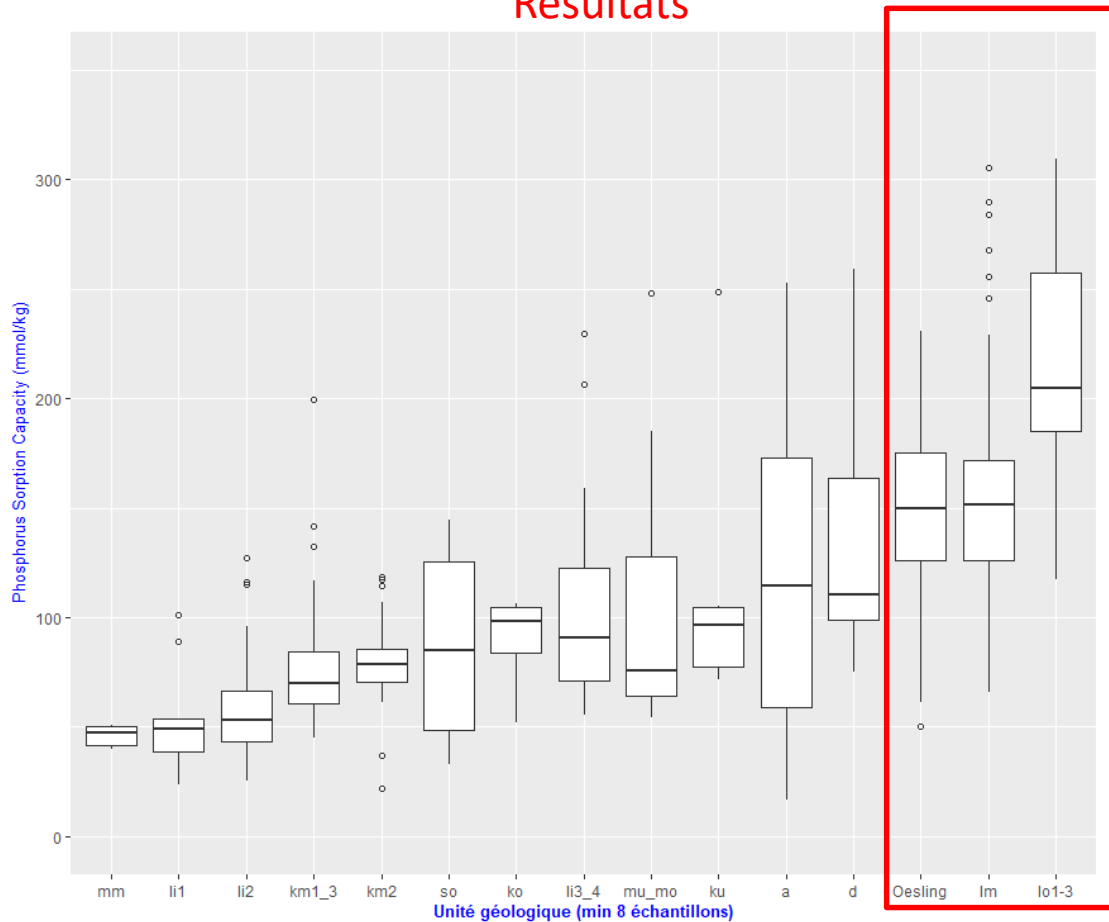


Pertinence environnementale: Lixiviation

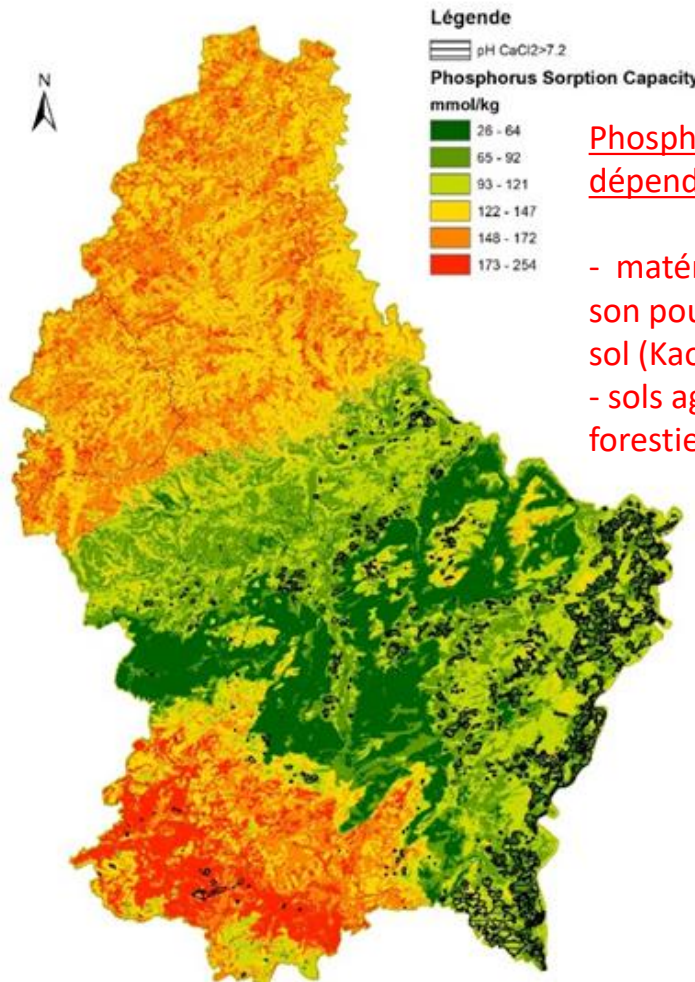
Erosion



Résultats



Capacité de sorption (PSC) élevée pour le sud du pays (Lias moyen et sup. et schistes dévonien de l'Oesling)
Sol sableux et sols dolomitiques sur Muschelkalk pouvoir de fixation limité

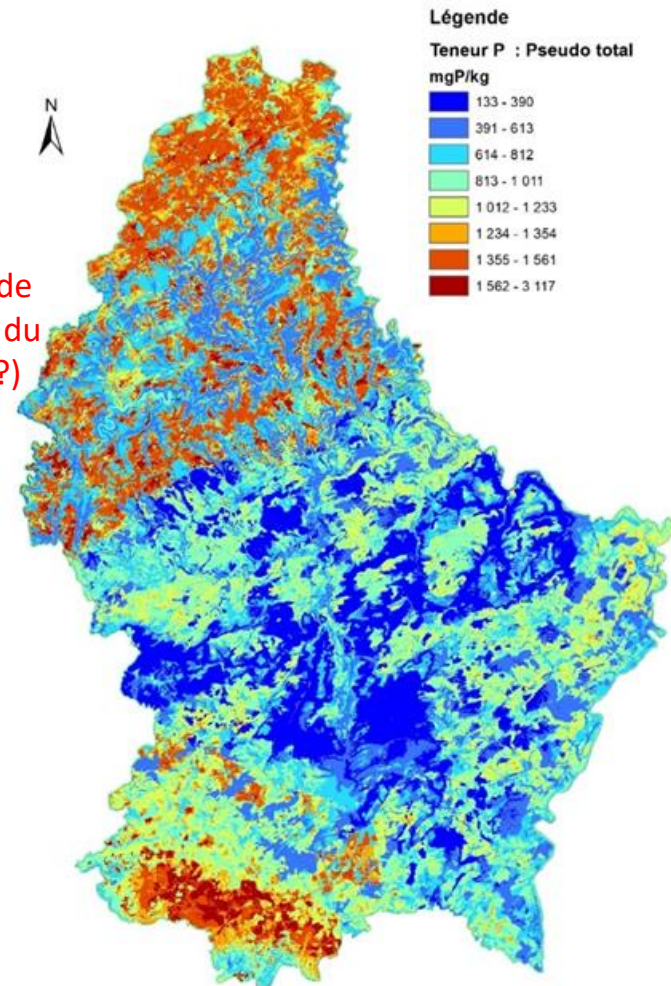


Phosphore total dépendant

- matériau parental et de son pouvoir de fixation du sol (Kaolinite, Goethite?)
- sols agricoles > sols forestiers

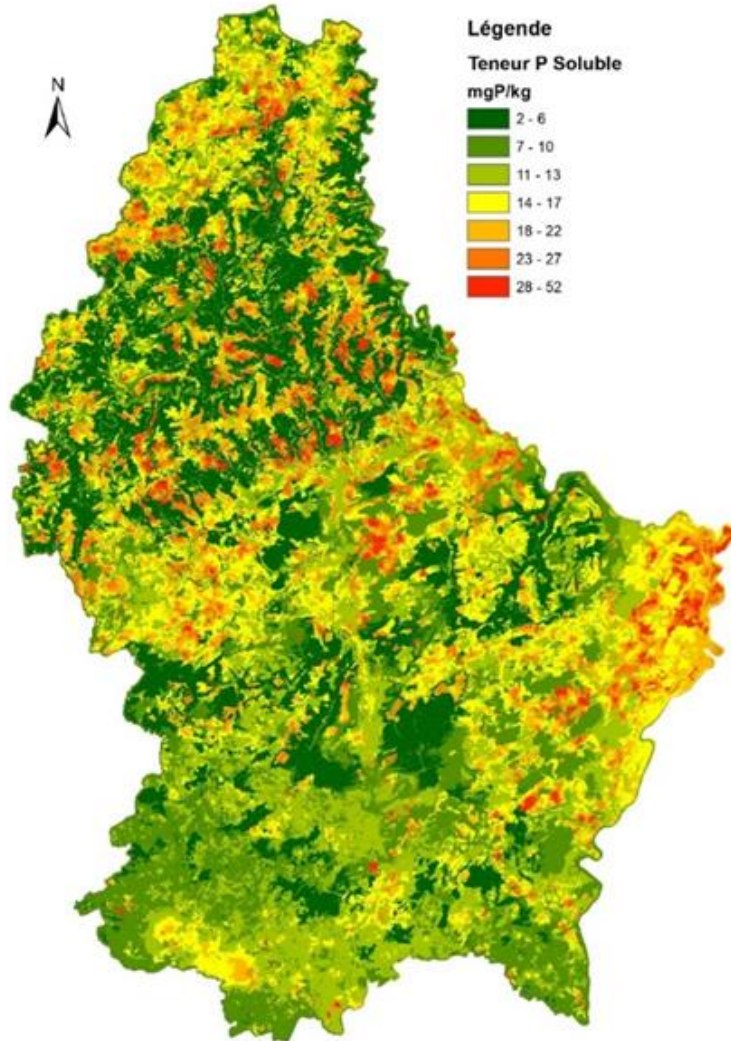
Extraction oxalate d'ammonium et acide oxalique selon Schwertmann (1964) (5g/100mL, 2h)

Pas pertinent en sols basiques dolomitiques (entourés noir)



Extraction à l'eau régale/1.5g de sol avec 14ml ER

Etude comparative de 4 méthodes d'extraction P

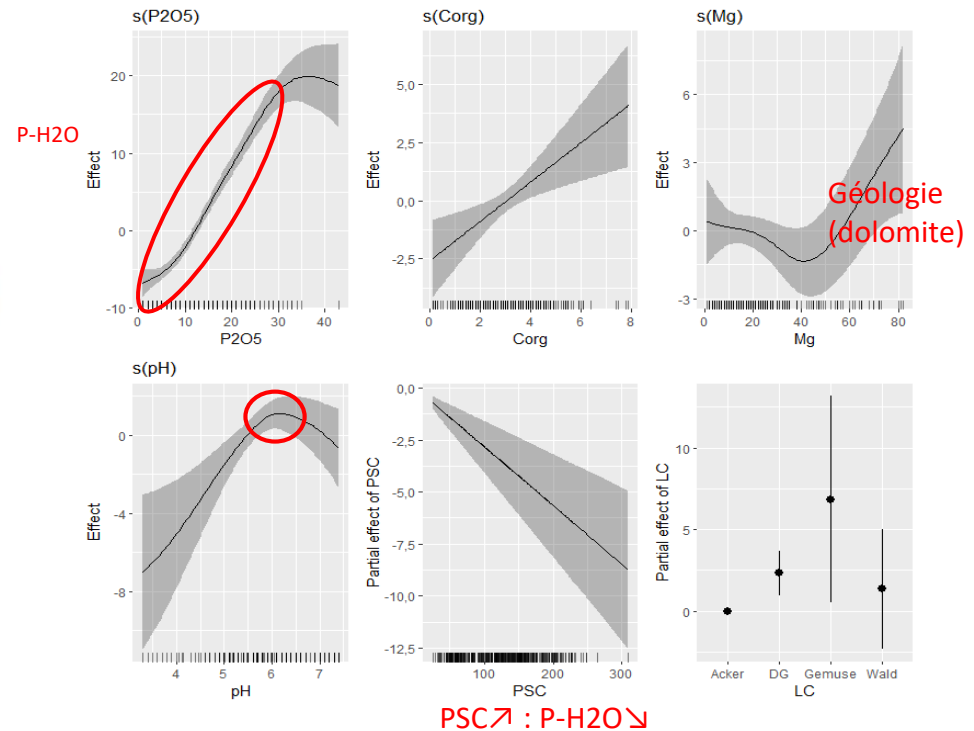


Légende
Teneur P Soluble
mgP/kg

- 2 - 6
- 7 - 10
- 11 - 13
- 14 - 17
- 18 - 22
- 23 - 27
- 28 - 52

Phosphore extraction à l'eau selon Van der Paauw&Sissingh (1971) (2g/100mL, 30min)

Diagramme des effets du modèle
GAM pour l'estimation du
phosphore extrait à l'eau.





- Pertinence agronomique des analyses du phosphore ?
→ *Stock, forme, phytodisponibilité*
- Pertinence environnementale des analyses du phosphore ?
→ *Saturation du sol*
→ *Quantification des voies de transfert dominantes (érosion, ruissellement de surface, drainage latéral,...)*

MERCI



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

Administration des services techniques de l'agriculture

Service de pédologie

72, avenue Salentiny, L-9080 Ettelbruck

simone.marx@asta.etat.lu