



# Der Nährstoff Phosphor im Boden – Entwicklungen und Handlungsempfehlungen

Simone Marx

Mathieu Steffen

ASTA – Service de pédologie

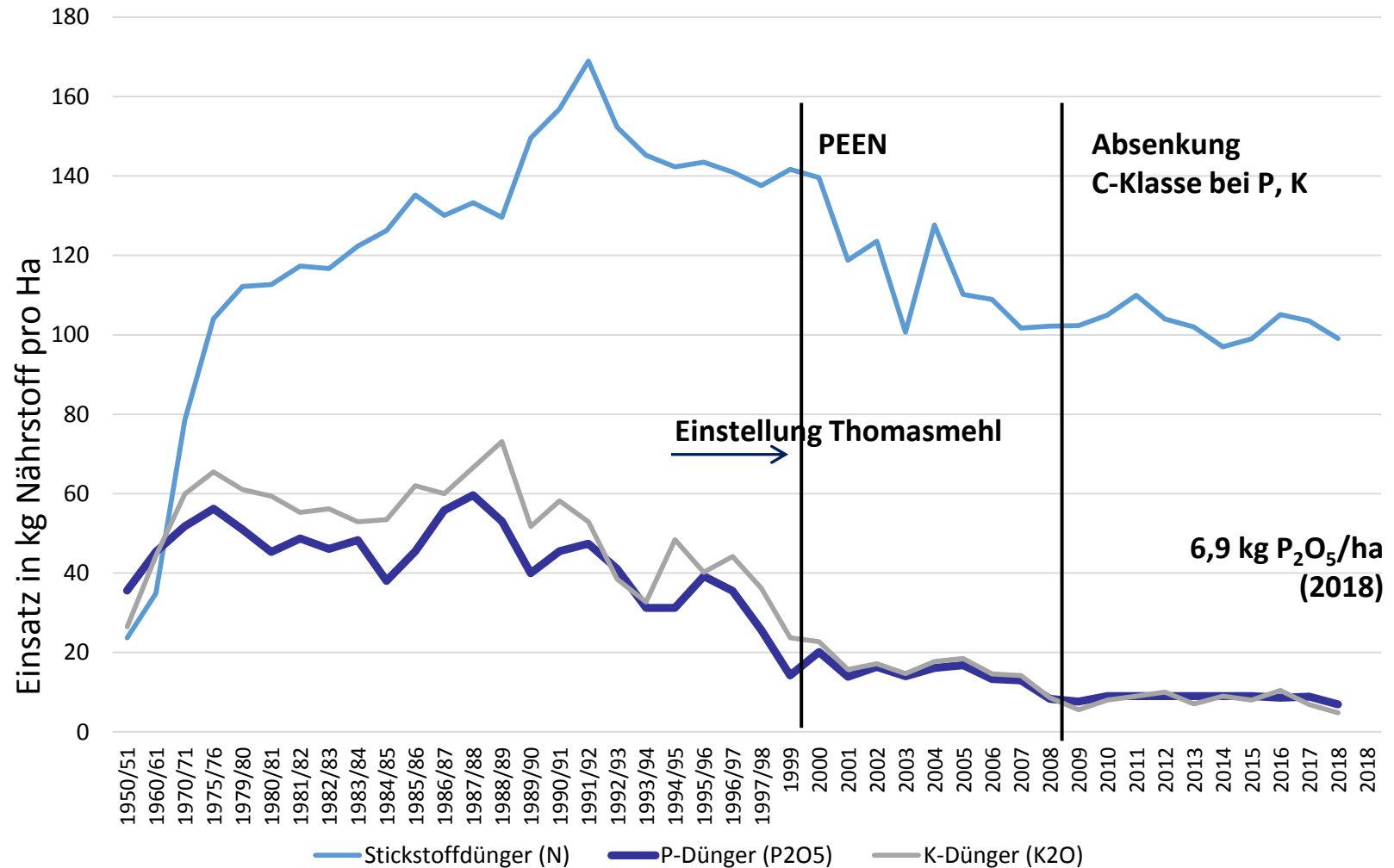
LAKU, Esch-Sauer, 3.Dezember 2019

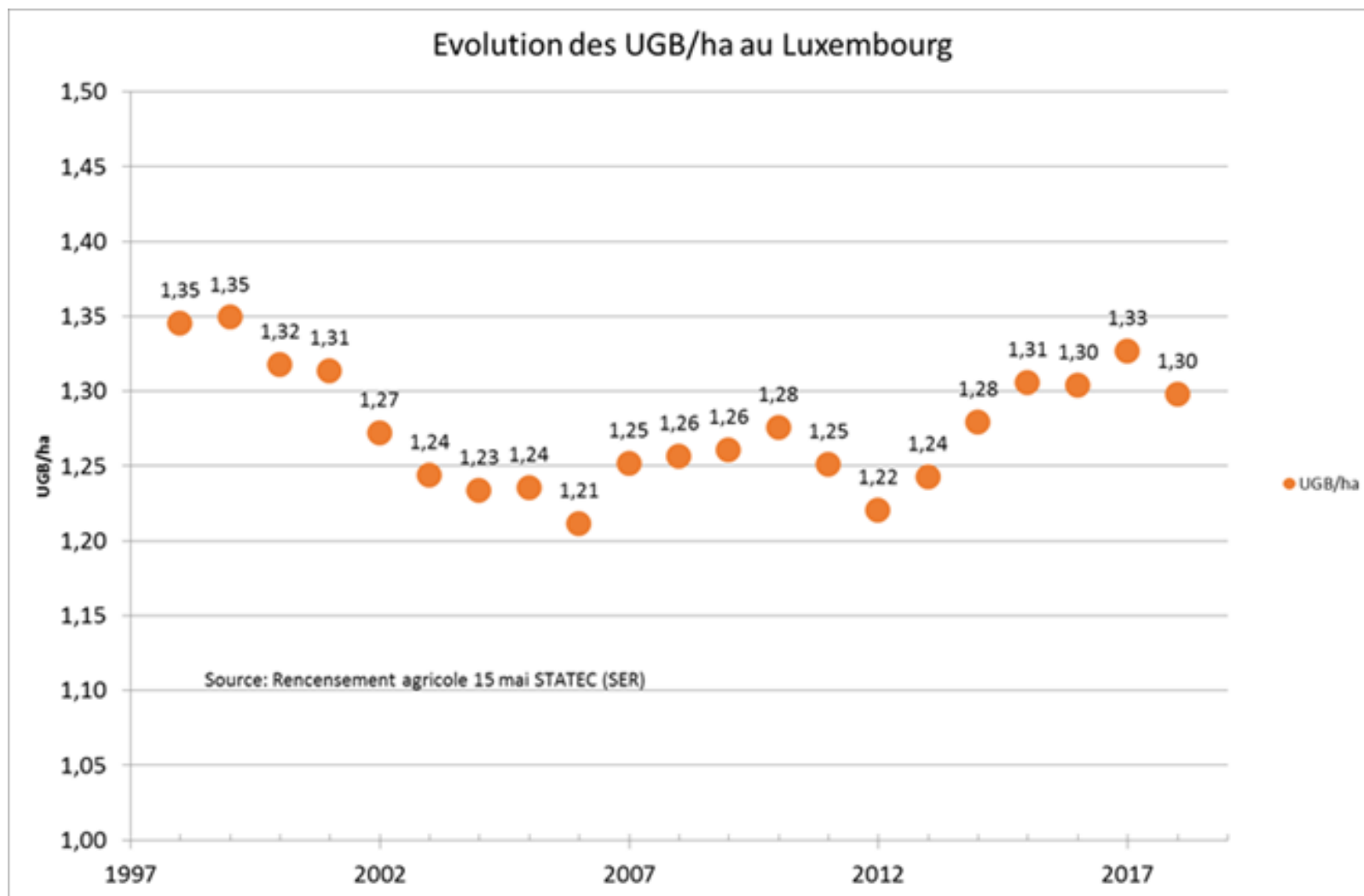


LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture  
et du Développement rural



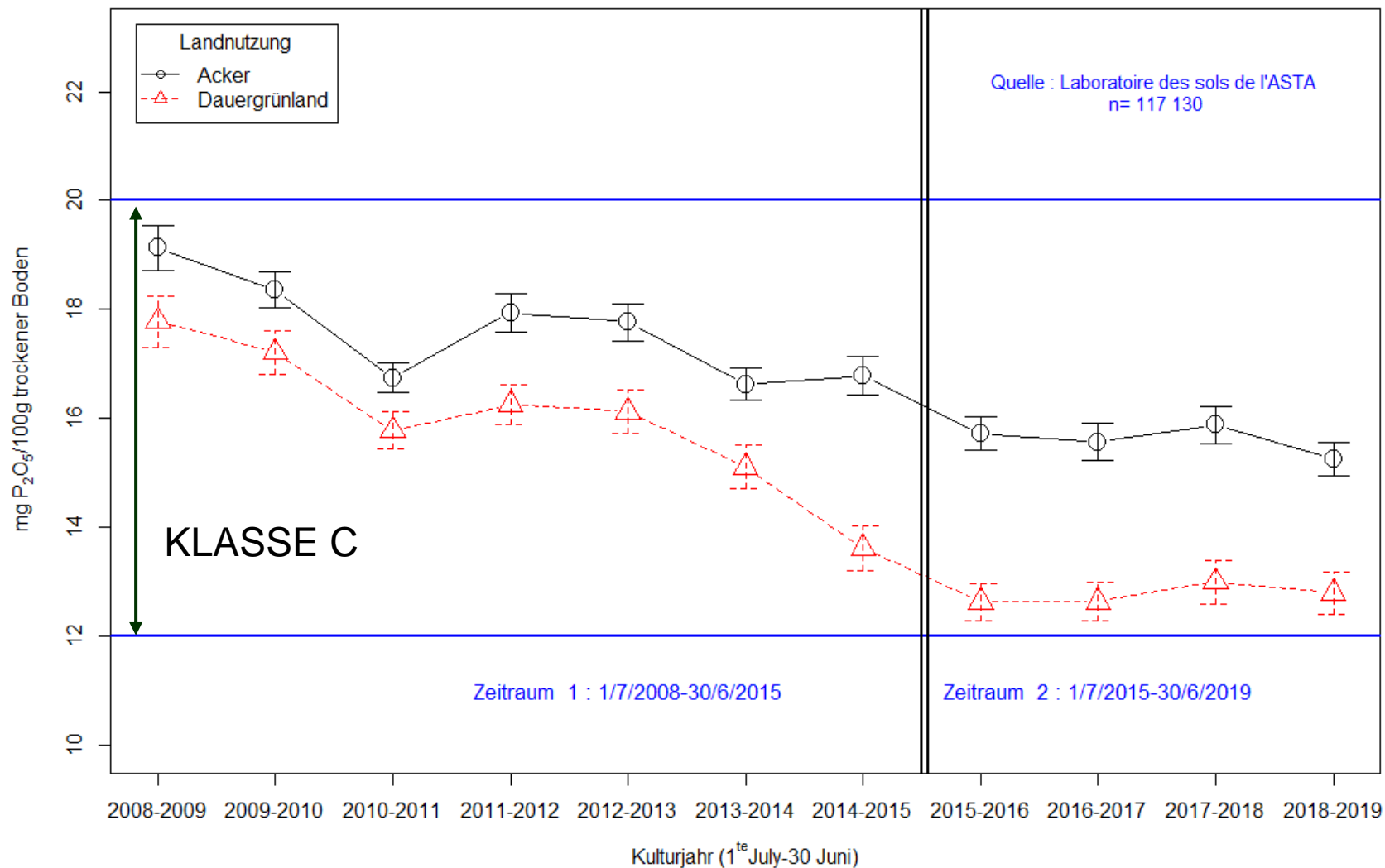
## Jährlicher Einkauf von Mineraldünger (SER)







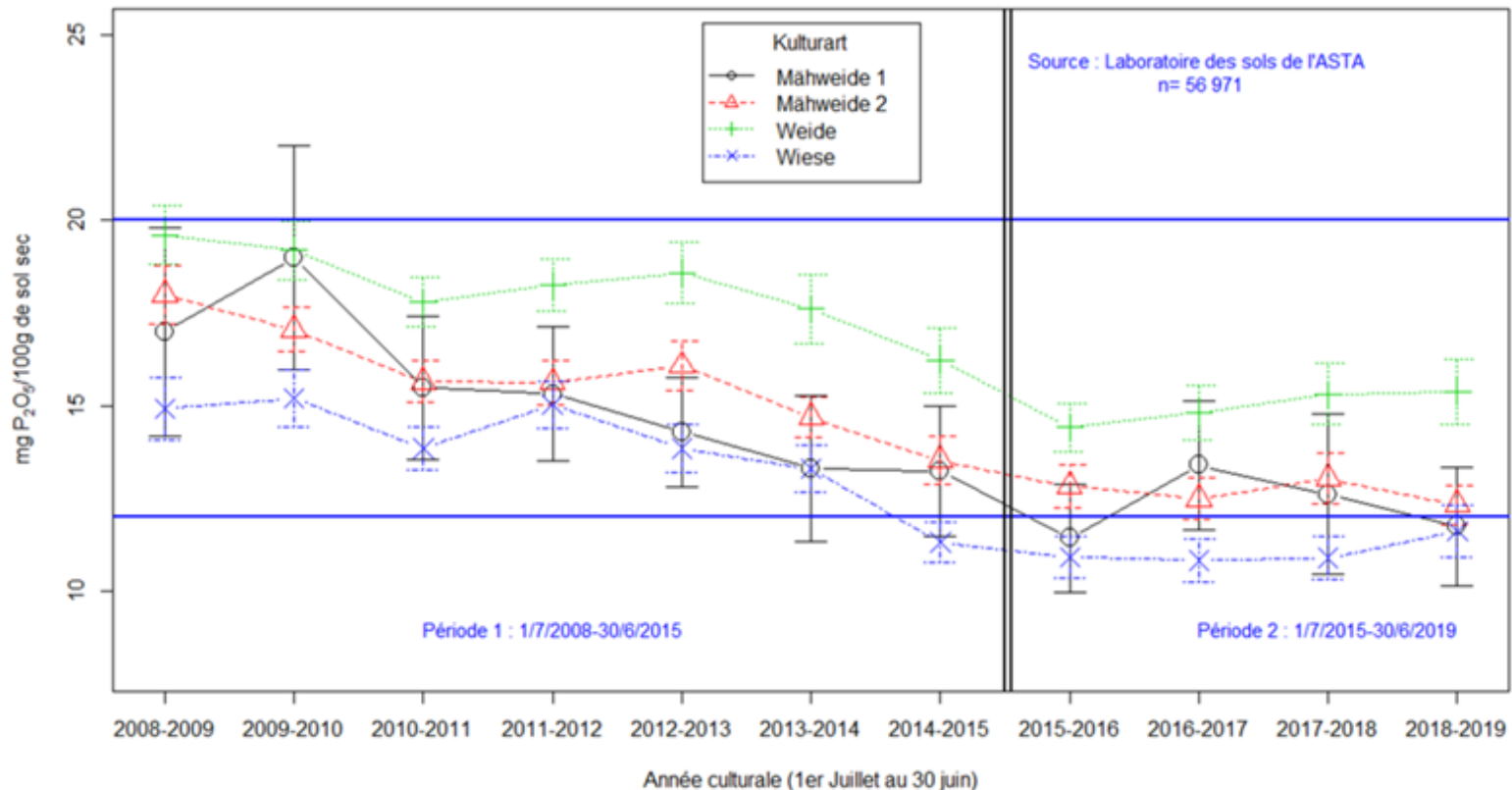
## Durchschnittliche Veränderungen





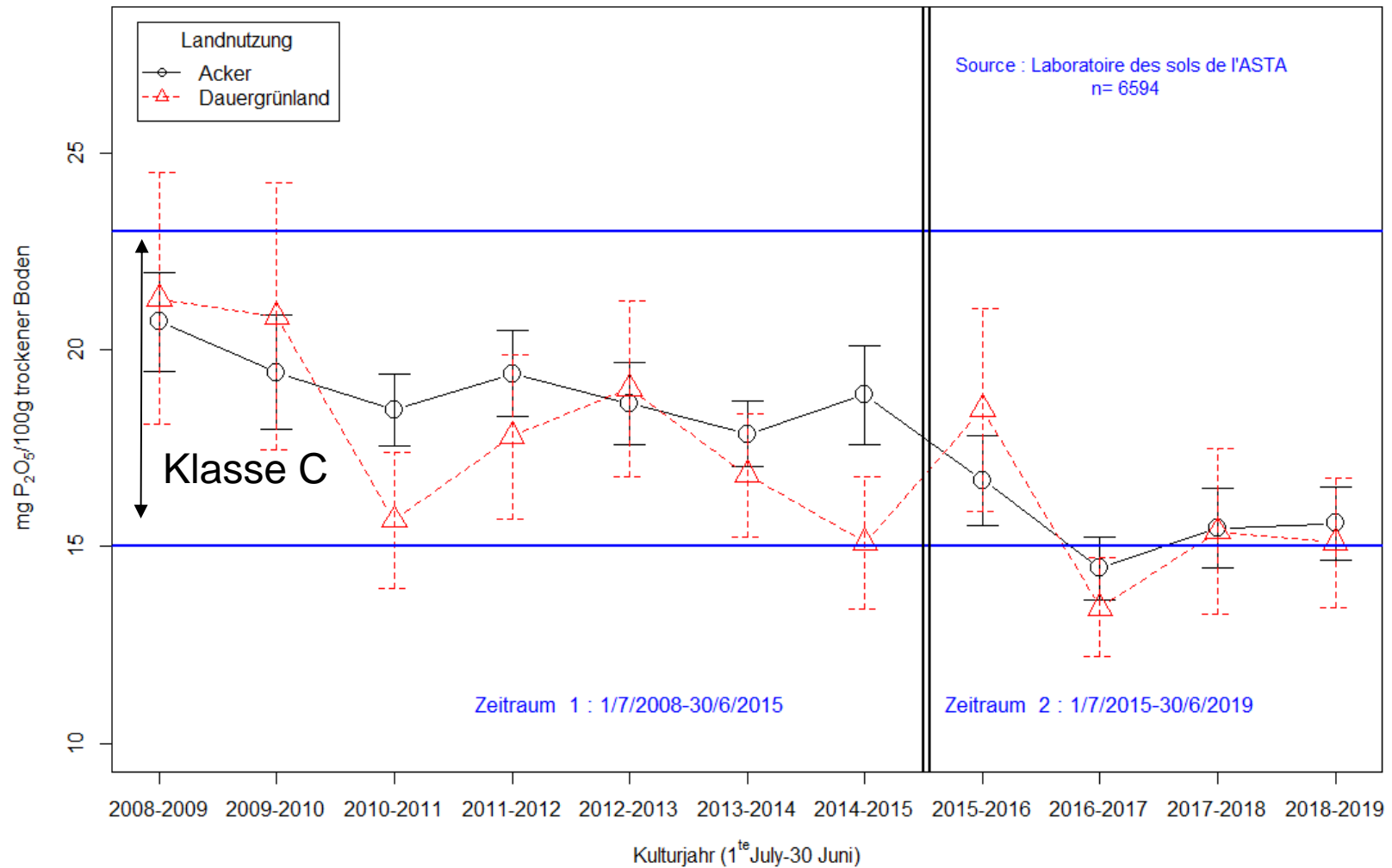
- P-Gehalte Weide > Mähweide > Wiese

Évolution de la moyenne du phosphore disponible dans les sols des prairies permanentes



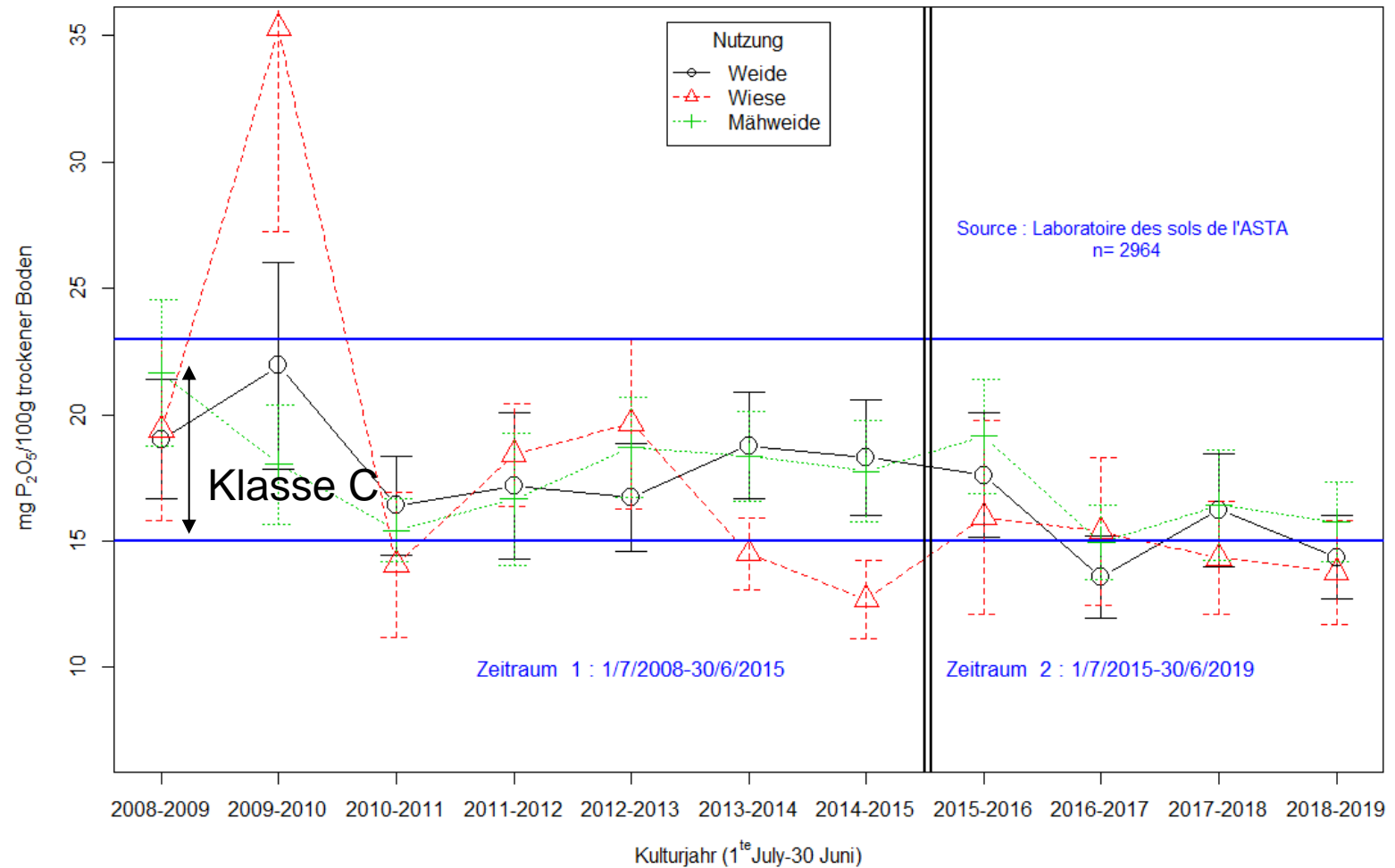


## Stausee : Durchschnittliche Veränderungen



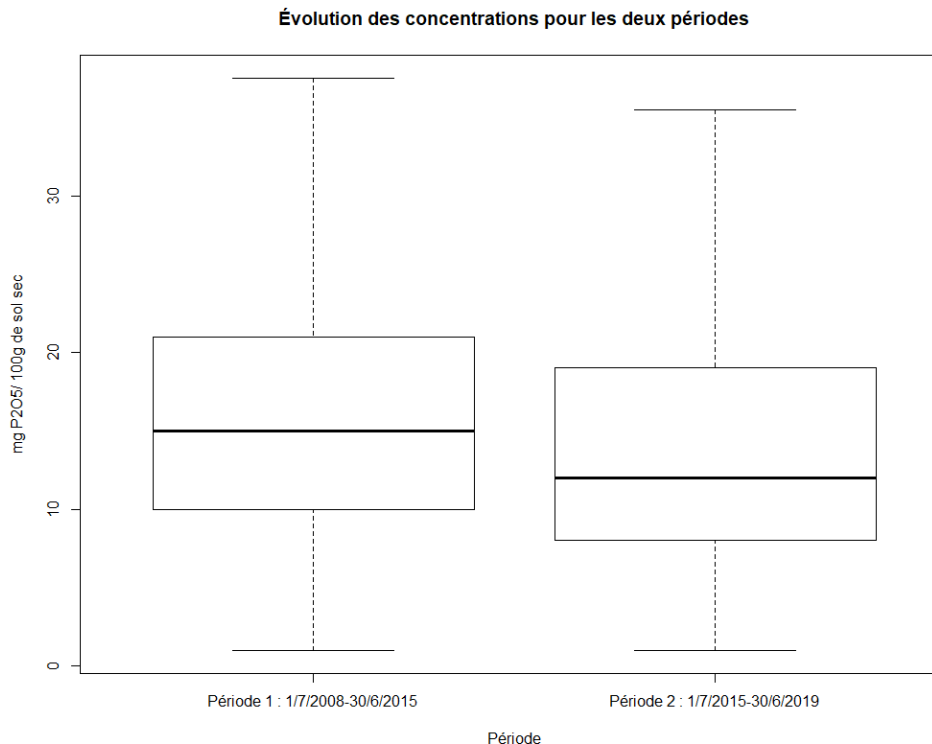


## Stausee : Durchschnittliche Veränderungen von Dauergrünlandflächen





Eine hochsignifikante Differenz von **-2,2 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g Boden** basierend auf 28.042 Parzellen, die in jeder Periode gemessen wurden.

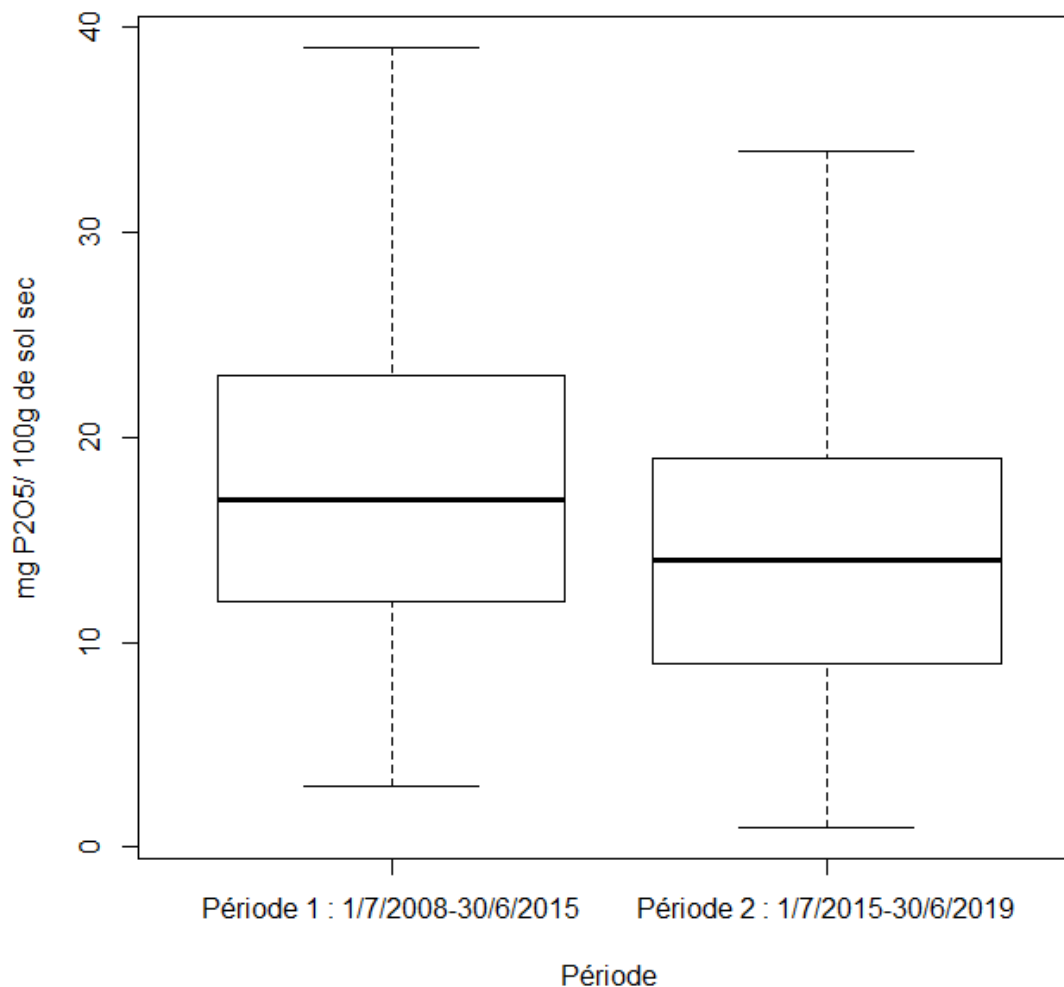


- Rückgang stärker ausgeprägt im Dauergrünland
- Rückgang in den viehstärkeren Betrieben auf Ackerland weniger ausgeprägt



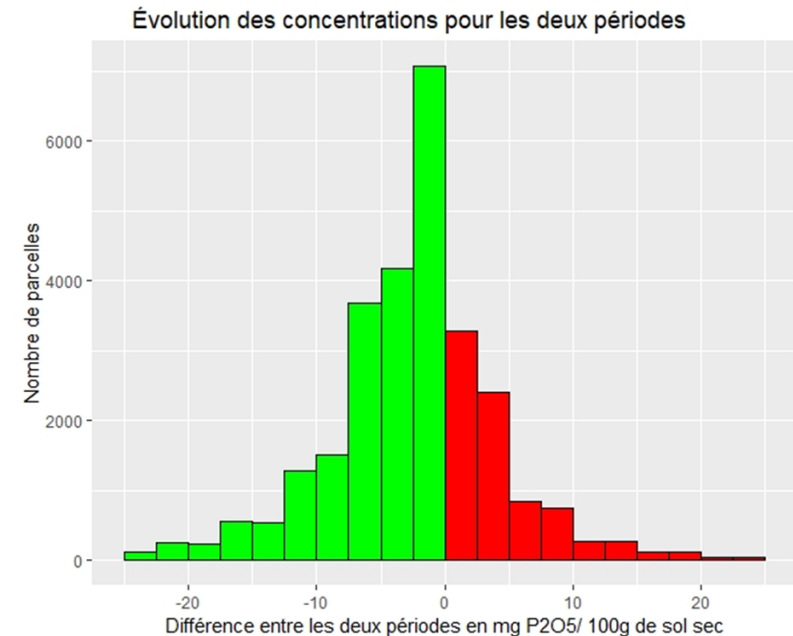
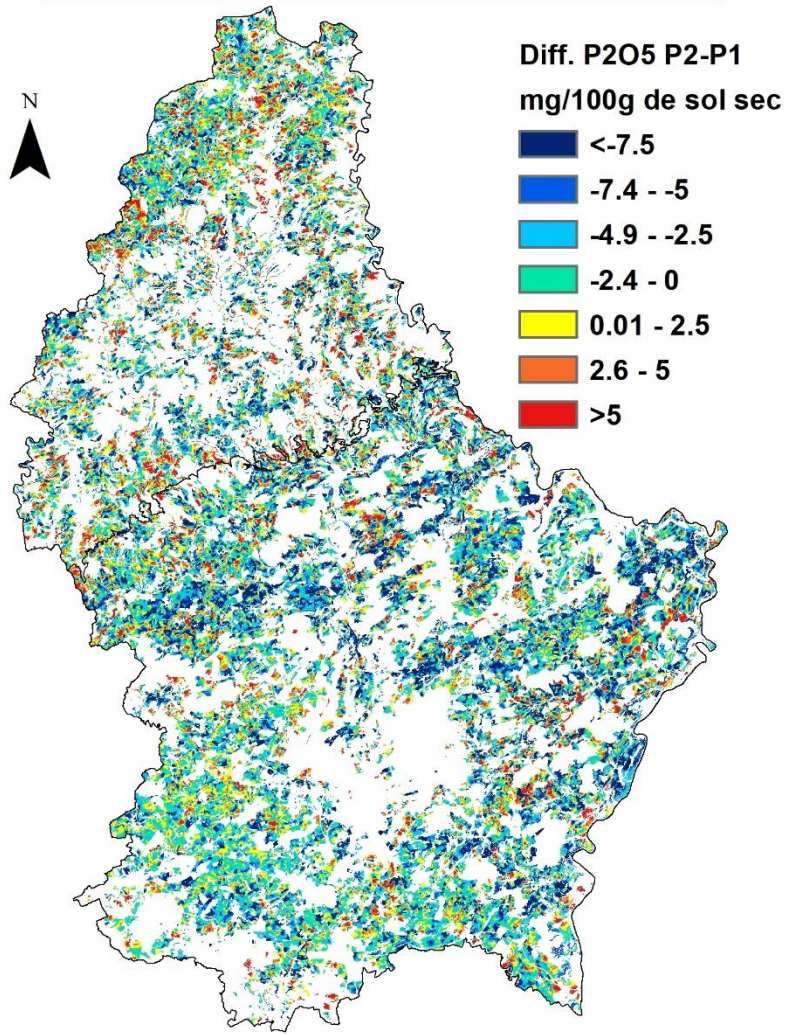


Eine hochsignifikante Differenz von **-2,6 mg  $P_2O_5$ /100g Boden** basierend auf 1.842 Parzellen, die in jeder Periode gemessen wurden.





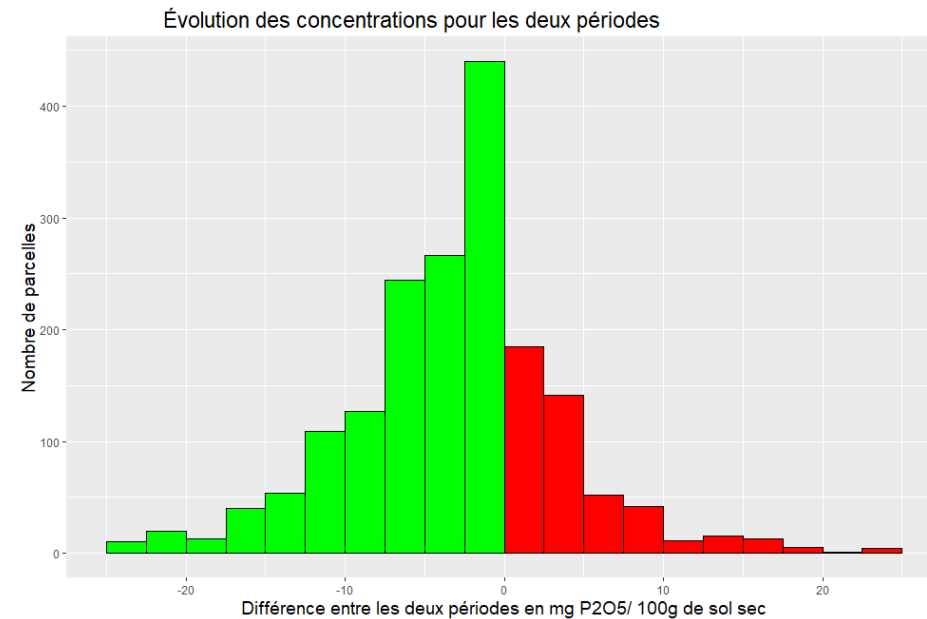
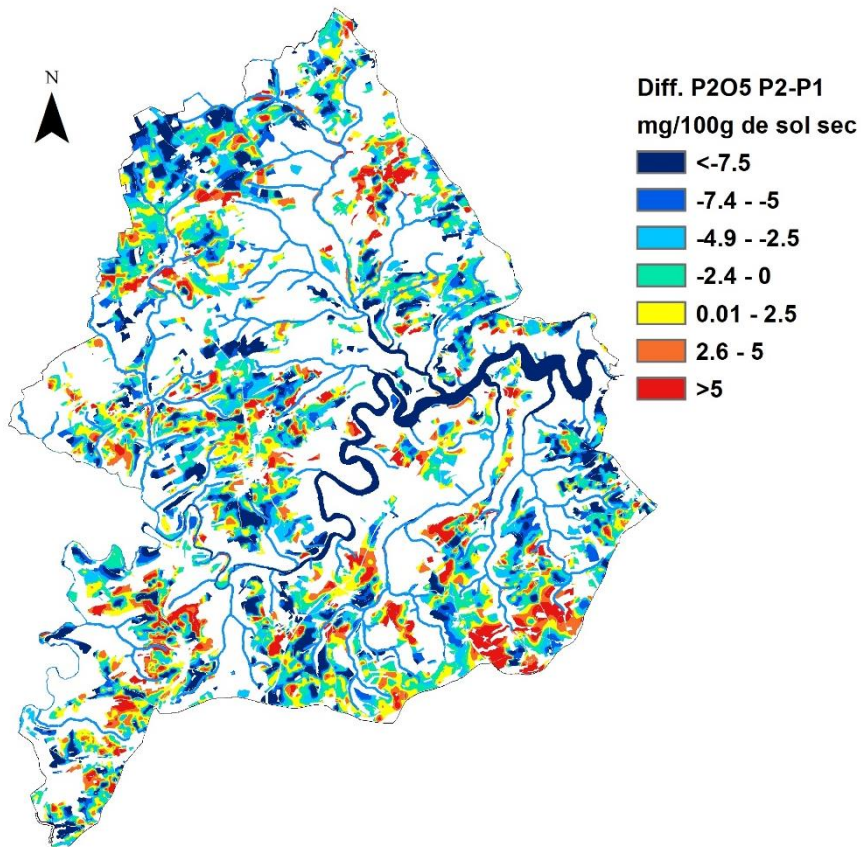
## Différence entre les deux périodes



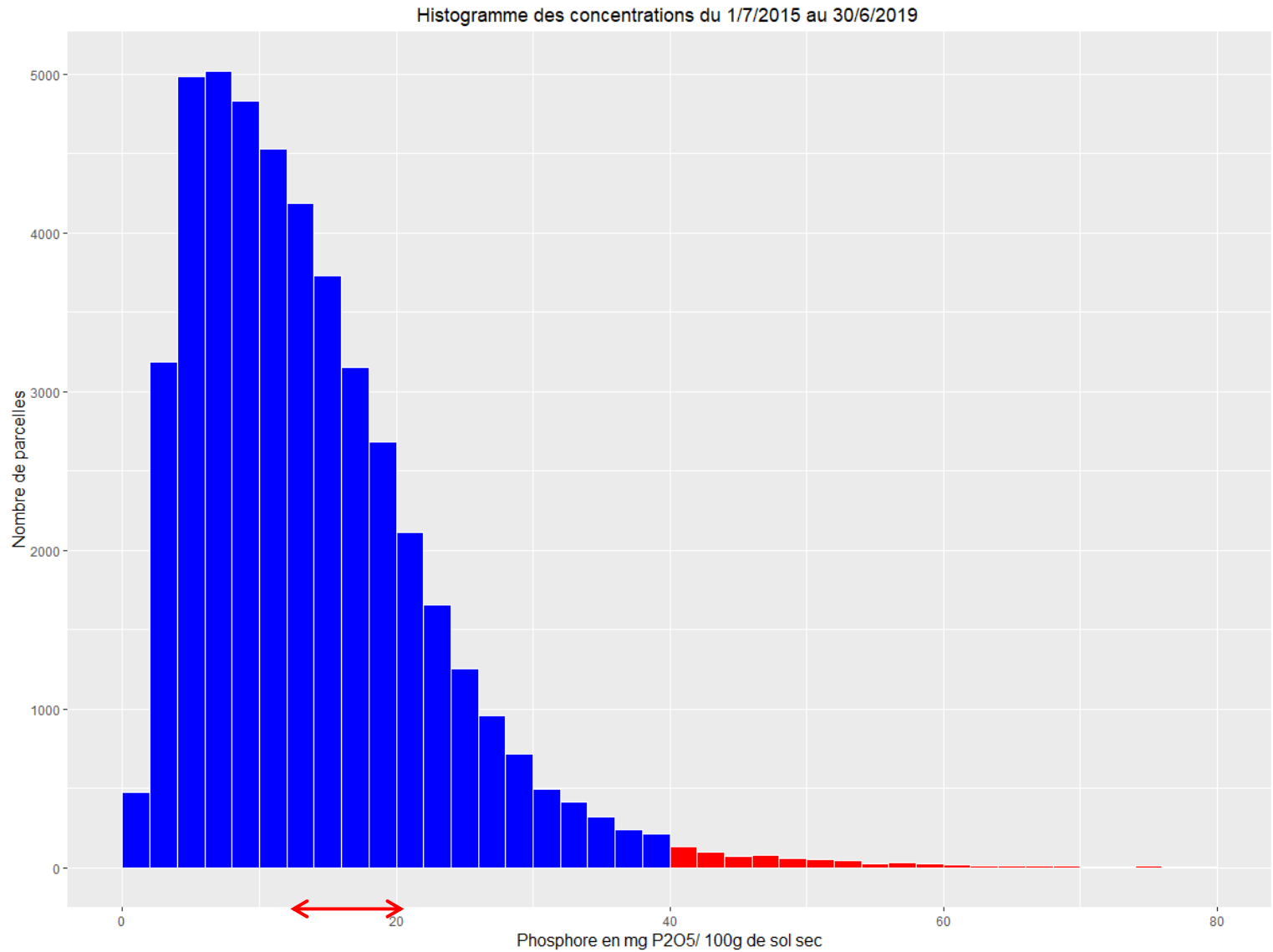
Auf 70% der Parzellen sind die P-Gehalte gesunken  
(Basis : 28.042 beprobte Parzellen je Periode)



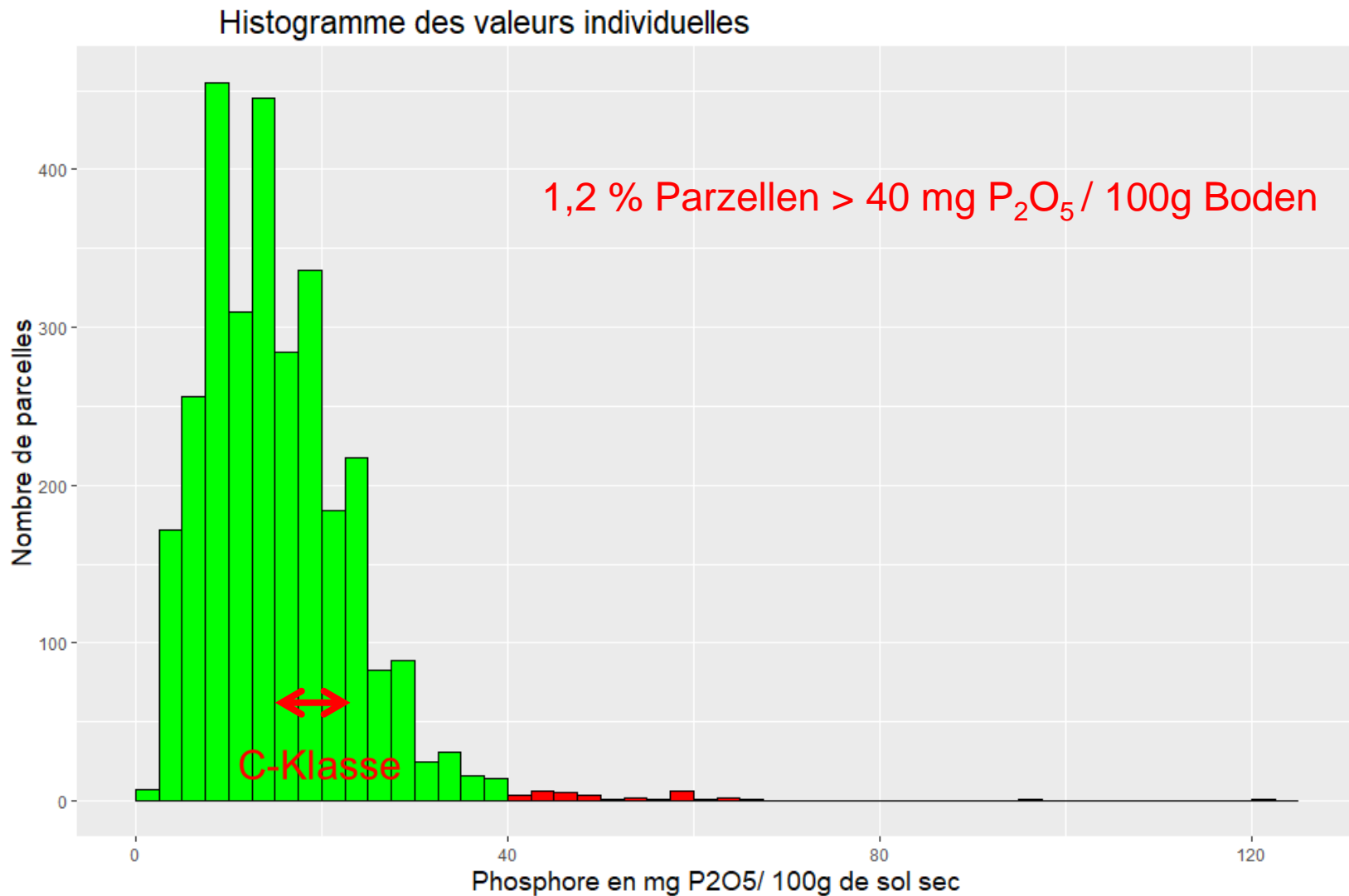
## Différence entre les deux périodes



Auf 74% der Parzellen sind die P-Gehalte gesunken  
(Basis : 1798 beprobte Parzellen je Periode)



C-Klasse







Ackerkrume: 50 % Schluff, 23% Ton, 27% Sand; 18 %  
vol. Steine, 3% Corg, 1,25 g/cm<sup>3</sup> Dichte

## Hoscheid



## Eschdorf



## Projet CAOS

- ❑ Sand (Huewelerbach)
- ❑ Schiefer (Weierbach)
- ❑ Mergel (Wollefsbach)

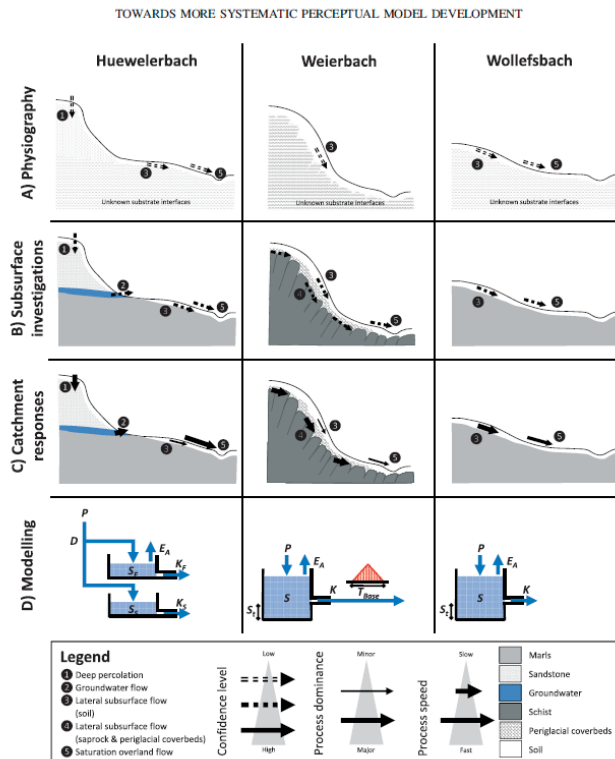
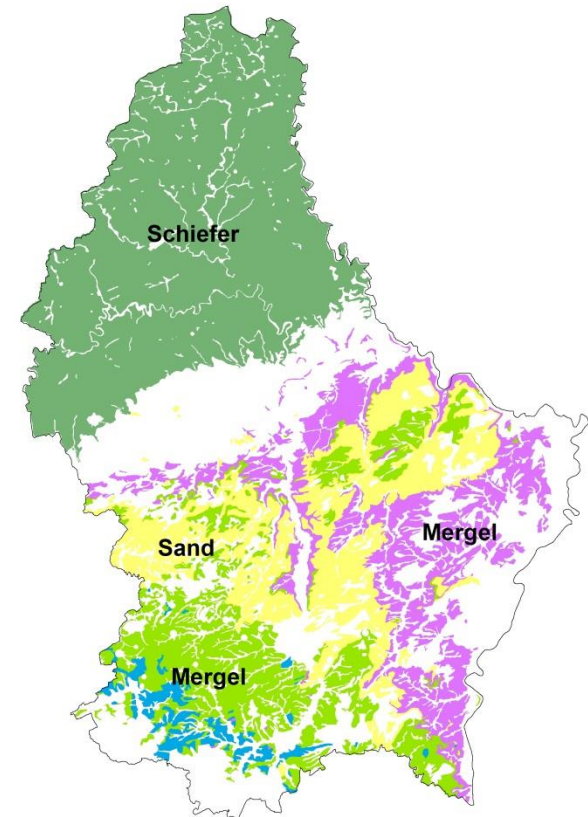
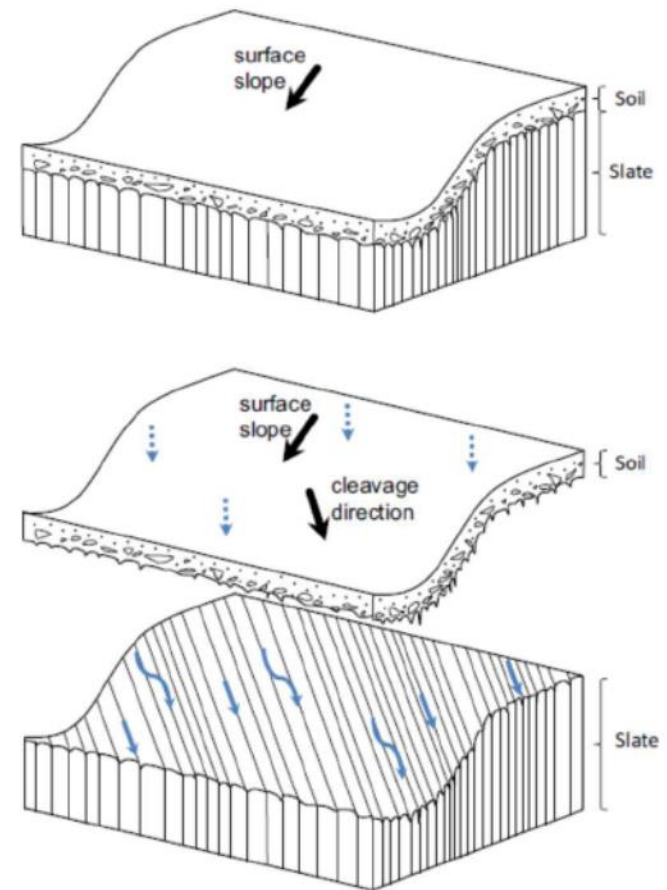
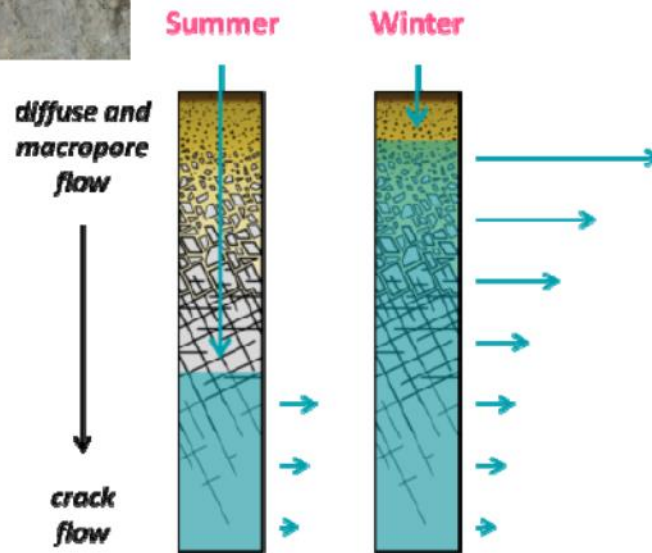


Figure 2. Schematic illustration of perceptual model development in the case study catchments. The hypothesized dominant flow pathways are presented as arrows, coded as described in the legend. The progression from top to bottom panels illustrates the incorporation of additional fieldwork information. The bottom panel depicts the lumped conceptual model structures developed based on the perceptual models. Details of the conceptual model parameters are given in Table IV



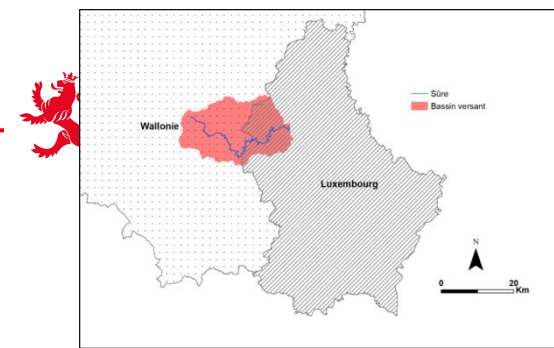
### 3. FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DU RÉGOLITHE

#### 1.3 Ecoulement préférentiel

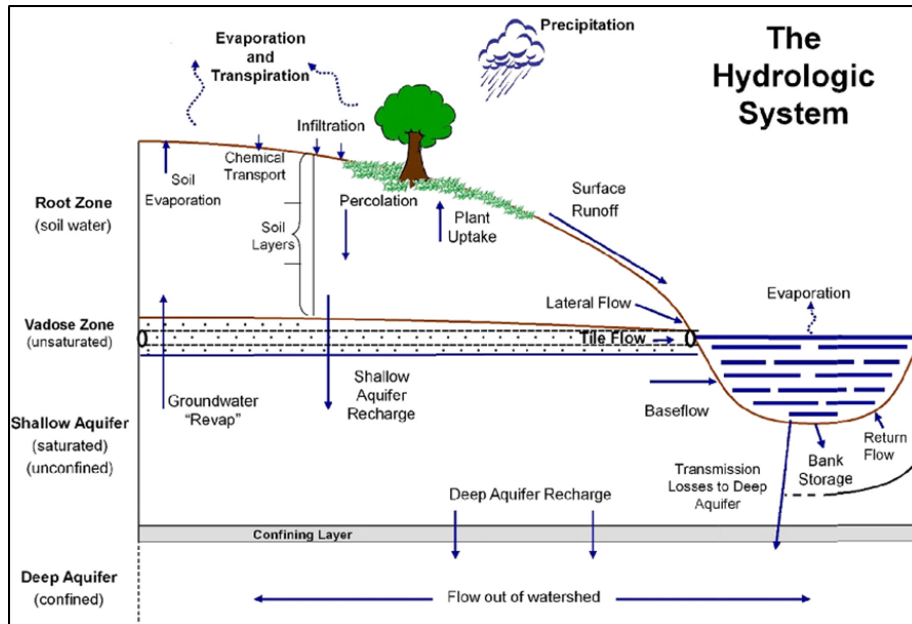




# Dominante Abflussprozesse - Stausee



## Kalibration SWAT Modell



Maugnard, A., Bièlders, C., & Vanclooster M. (2018). Convention de recherche relative au développement d'outils de gestion intégrée du ruissellement, de l'érosion et des transferts de polluants associés pour les bassins versants du Grand-Duché du Luxembourg – Application au bassin-versant de la Haute-Sûre. Rapport final. 127 p.

## Einzugsgebiet Schéimelzerbesch

Variable [mm]	Set#1	Set#2	Set#3
<b>Précipitations</b>	800.90	800.90	800.90
Précipitations sous forme de neige	47.84	47.84	47.84
Fonte de neige	46.38	47.35	47.35
Sublimation	1.47	0.49	0.50
<b>Ruissellement de surface</b>	19.49	20.42	18.78
<b>Flux latéral</b>	73.96	77.82	73.30
<b>Contribution de l'aquifère peu profond</b>	278.74	264.26	266.32
Contribution de l'aquifère profond	2.78	2.58	3.02
Réévpaporation	23.37	17.06	17.06
Recharge de l'aquifère profond	3.07	2.86	3.41
Recharge de l'aquifère peu profond et profond	306.61	285.82	272.80
Percolation au-delà du profil de sol	312.29	290.33	273.83
Evapotranspiration	392.50	409.50	431.60
Evapotranspiration potentielle	850.00	853.00	853.00



Wetter

Boden

Lage in der  
Landschaft

## Landwirtschaftliche Praktiken

Mineraldüngung

Organische Düngung

P im Boden

Management  
(Bodenbedeckung,  
Bodenbearbeitung)

Ruissellement de  
surface  
(Oberflächenabfluss)  
→ Erosion

Partikulär  
gebundenes  
Phosphor  
(Porg+Pmin)

Flux latéral

wasserlösliches  
Phosphor  
(Pmin)

Aquifère peu profond





## P-Fixierung im Boden

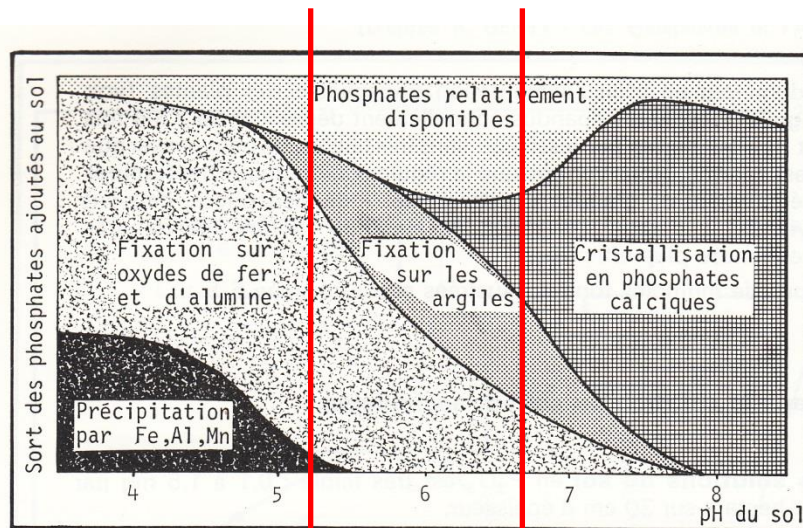


Fig. 5-6 — L'ÉNERGIE DE FIXATION DU PHOSPHORE DÉPEND DU pH

C'est entre pH 5,5 et pH 7 que le phosphore est le plus facilement utilisable, parce qu'il est fixé en grande partie par les argiles. Au-dessous de pH 5,5, la fixation par le fer et l'alumine devient de plus en plus énergique. Au-dessus de pH 7, le calcium forme avec le phosphore des phosphates de plus en plus insolubles (d'après BUCKMANN et BRADY - Le sol, Nature et propriétés. Editions d'Organisation - Paris).

## $P_{CAL}$ – Extraktion bei pH 4,1

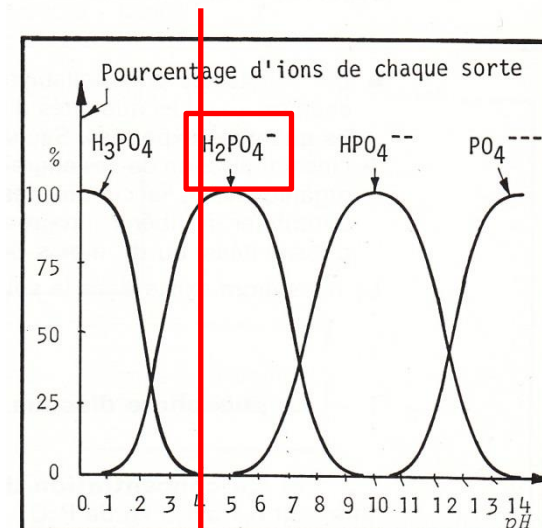


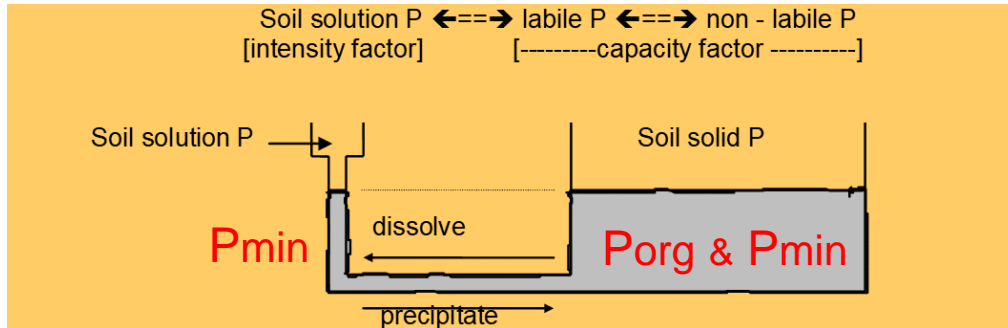
Fig. 5-7 — LA NATURE DES IONS PHOSPHORIQUE DÉPEND DU pH

Entre pH 5,5 et pH 7,5, il y a dans le sol une majorité d'ions  $H_2PO_4^-$  et une quantité croissante d'ions  $HPO_4^{2-}$ . Les ions  $PO_4^{3-}$  ne se forment pas aux pH habituels du sol (d'après R. GERVY, Les phosphates et l'Agriculture - Dunod).

# Phosphorfractionierung : ASTA -Labor



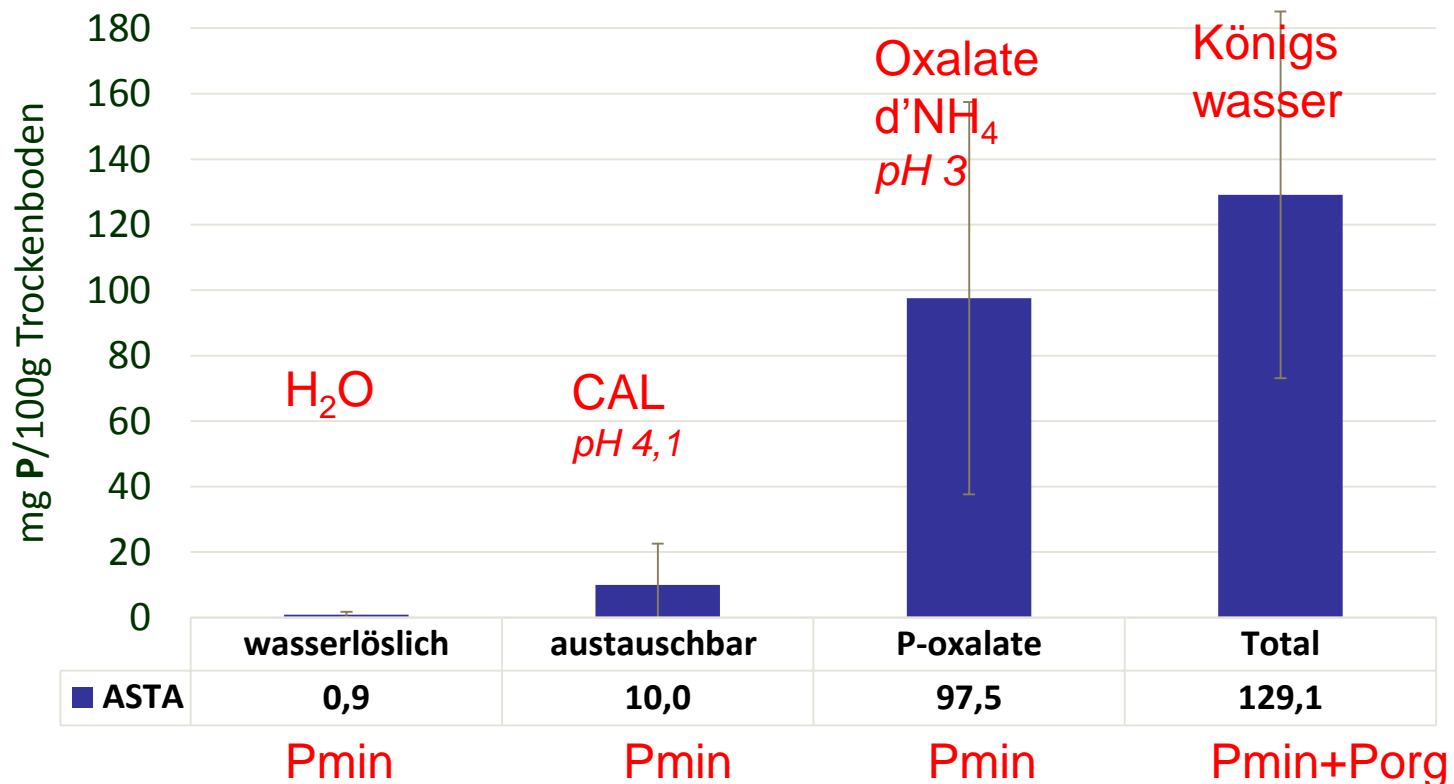
LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

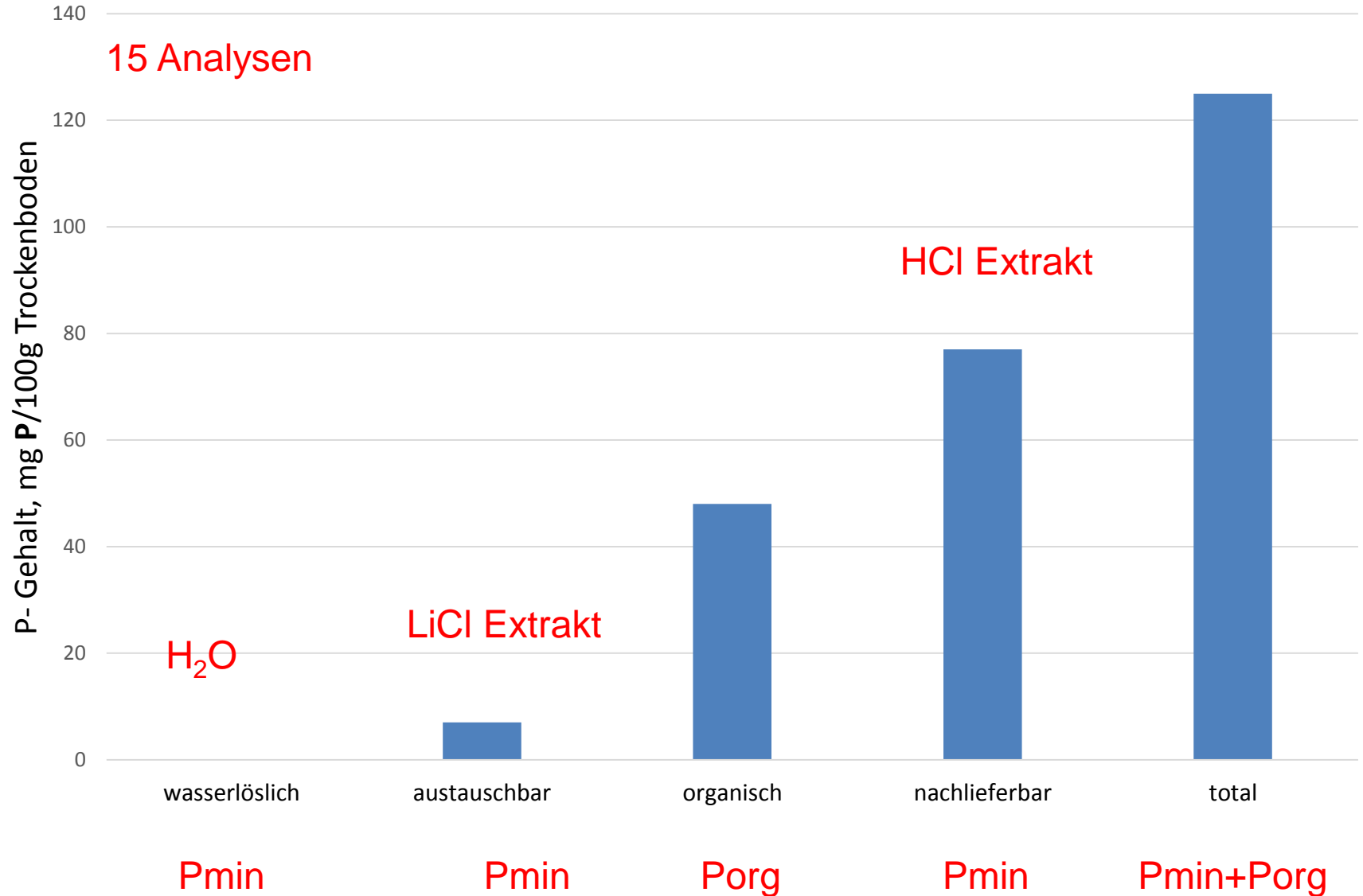


$$\text{mg P}_2\text{O}_5 * 0,436 = \text{mg P}$$

50 Bodenproben OM - Stausee

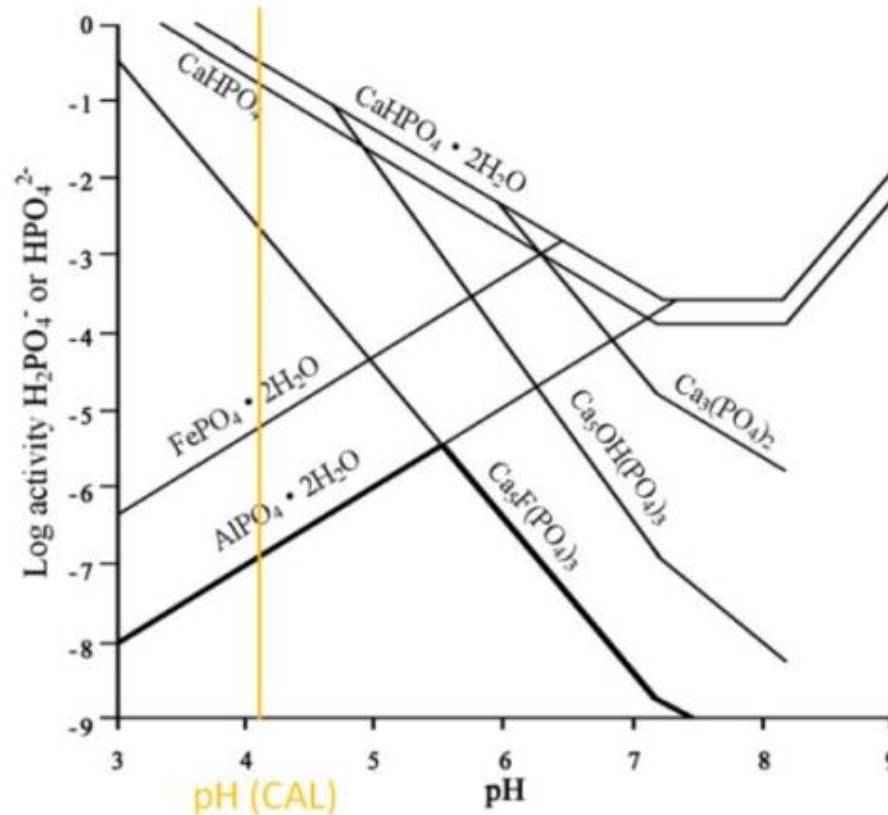
Mittelwert basierend auf 50 Proben im Oesling







Austauschbares  
 $P_{min}$

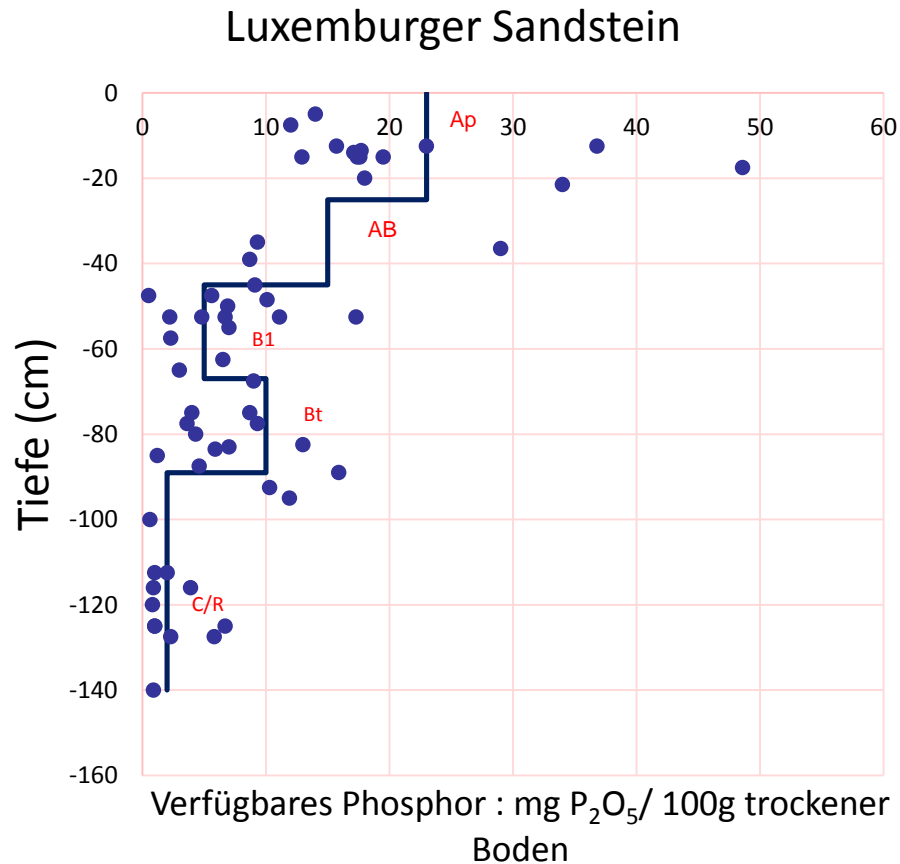


Beziehung zwischen  
wasserlöslichem P  
und austauschbarem  
 $P_{min}$  muss weiter  
untersucht werden

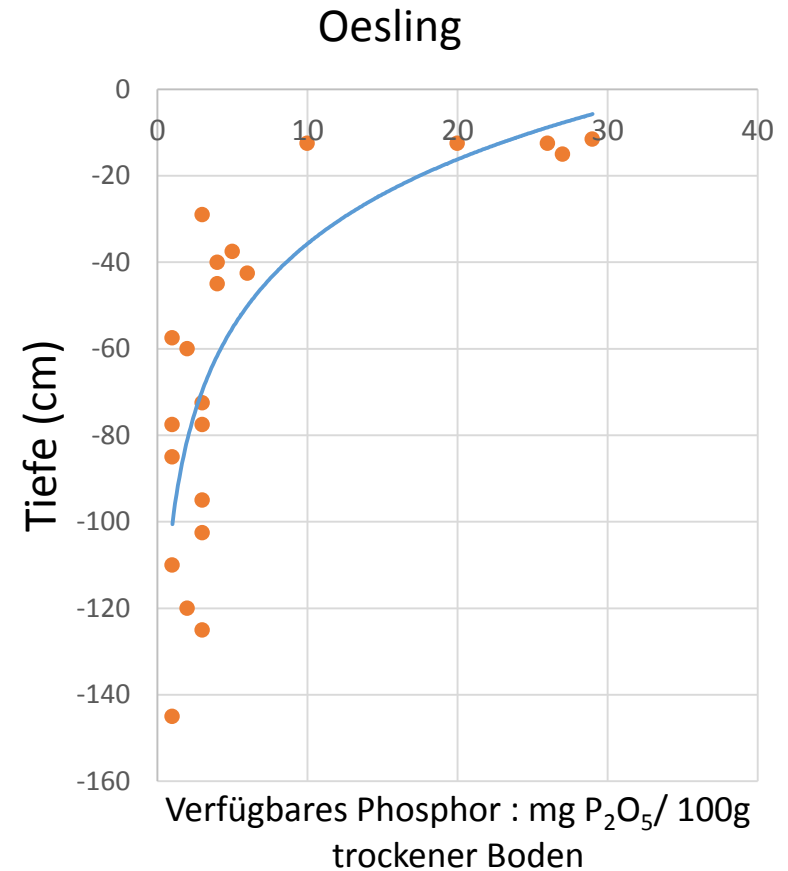
Figure 5.3: Solubility of phosphate minerals in dependency of the pH value: Solubility of Ca-phosphates at the pH value of the CAL extraction solution (pH = 4.1) is 3 to 5 dimensions higher than for Al and Fe-bound phosphates. Source: Liu et al. (2008) based on Schlesinger (1991)/ Lindsay and Vlek (1977) – modified (reprinted with permission from John Wiley and Sons, Elsevier).



## BDSOL (ASTA)

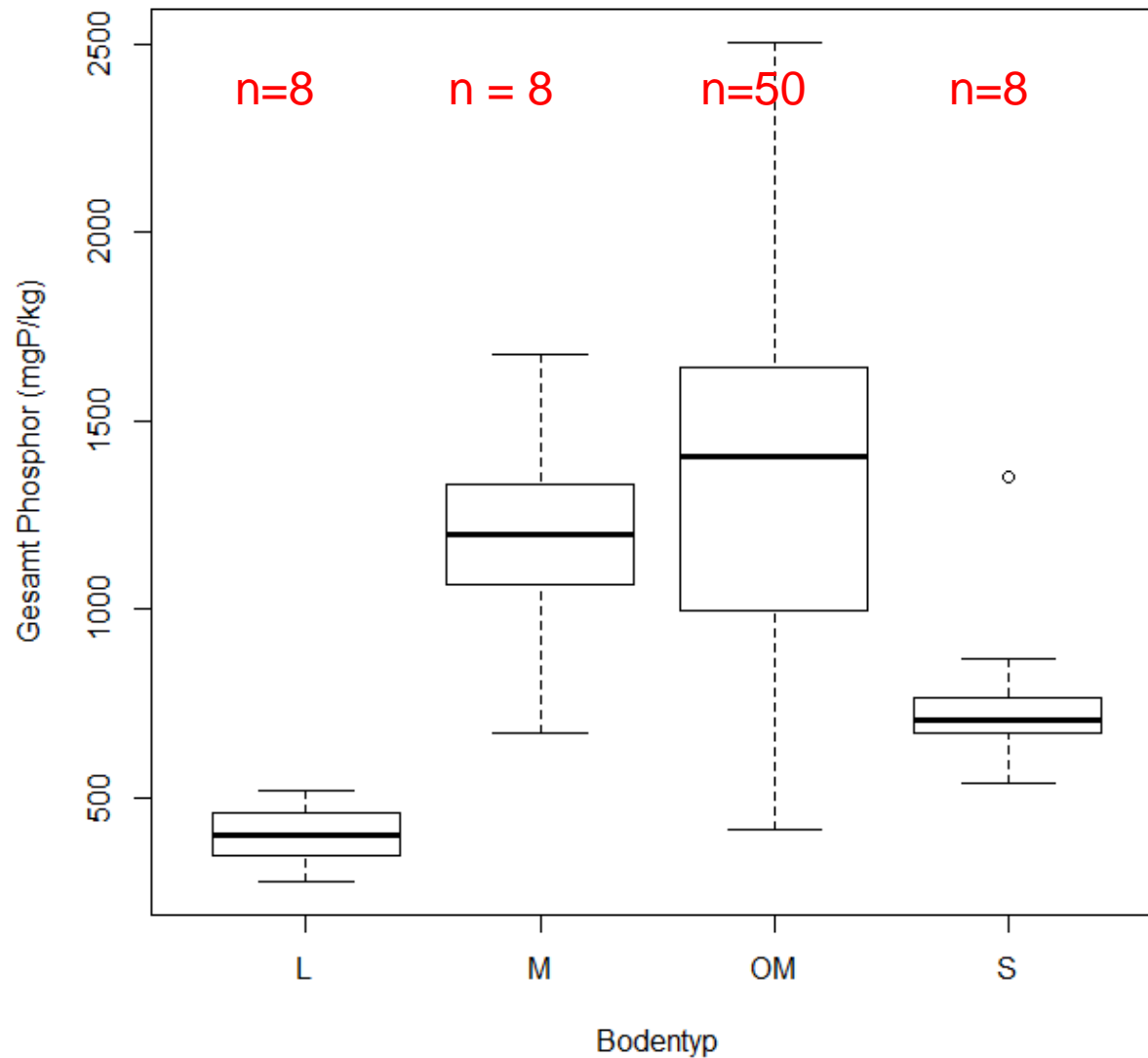


$n = 12$



$n = 5$

*Baschleiden, Hoscheid*



Erosionsrelevant





Aufgrund einer begrenzten Anzahl von Proben:

- $P_{\text{wasserlöslich}} \ll P_{\text{verfügbar}} \ll P_{\text{total}}$
- $P_{\text{total}}$  ist hoch: org. Reserven hoch und min. Reserven sind hoch
- P-Sorptionsfähigkeit hoch auf Al und Fe-Oxyden
- Oxalate-Extraktion für Schätzung des wasserlöslichen P des Bodens vertiefen—> Labo ASTA
- P-vertikale Verteilung : kein Beleg von Perkolation
- Auswaschung von wasserlöslichen  $P_{\text{min}}$  wenig wahrscheinlich



## Allgemeinen Bodenabtragsgleichung

WISCHMEIER (1978)

USLE → RUSLE

Bodenverlust  
(t/ha)

$$A = R * K * LS * C * P$$



R → Erosivität Regen

K → Erodierbarkeit des Bodens  
(Textur, Steingehalt, **Humus**)

LS → Hangneigung x **Hanglänge**

**C** → **Bodenbedeckung**  
(Kultur, Fruchtfolge)

Erruissol v3 (2016)

**P** → **Bodenbearbeitung,  
anti-erosive Maßnahmen**  
(Pflug, Mulchsaat)



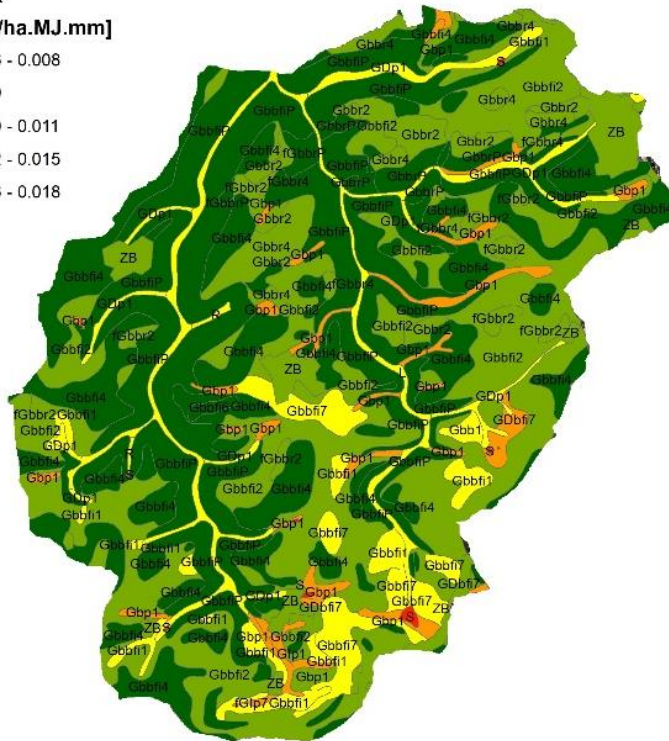
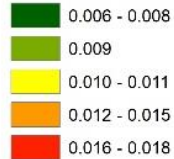


## K: Erodierbarkeitsfaktor (Boden)

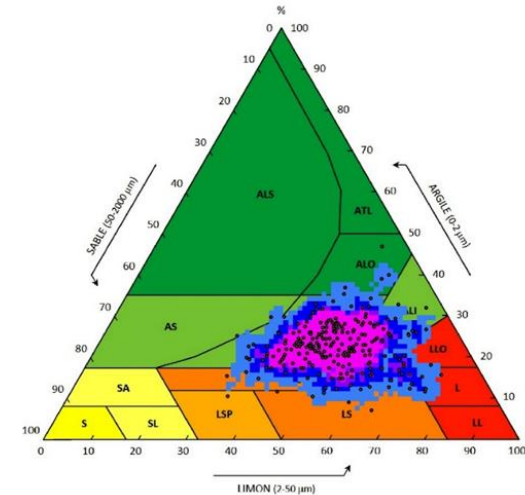
### Legend

BK\_1/25k

K : [t.ha.h/ha.MJ.mm]



## Sol de l'Oesling : Horizon de surface



Textur : -  
Humusgehalt : ++  
Steingehalt : +  
Durchlässigkeit : ++

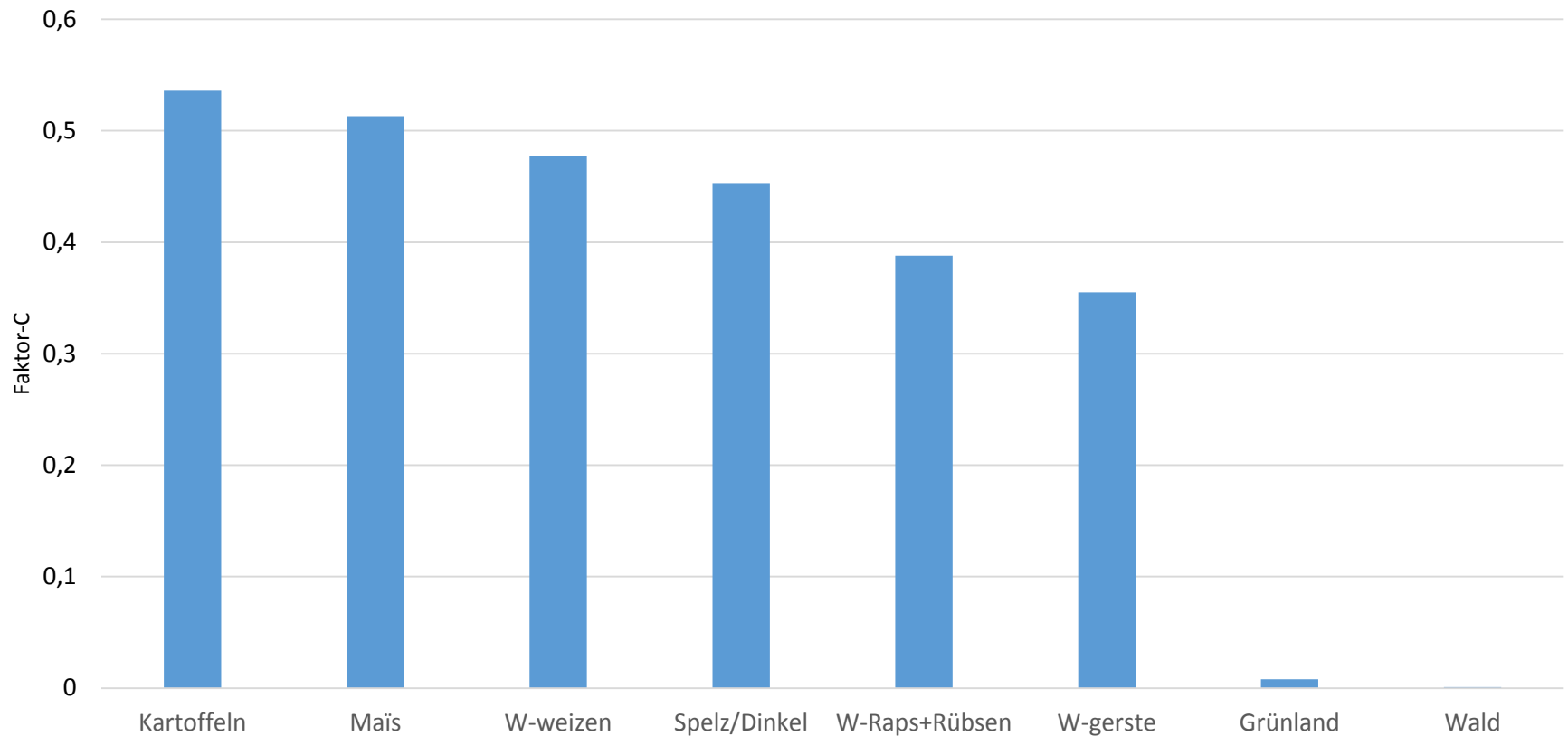
Gut  
dränierter  
Aggregat-  
Porenraum

### Klassifikation der Erodierbarkeit

bis 0,01	0,01 bis 0,02	0,02 bis 0,03	0,03 bis 0,05	0,05 bis 0,075	über 0,075
sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	extrem hoch

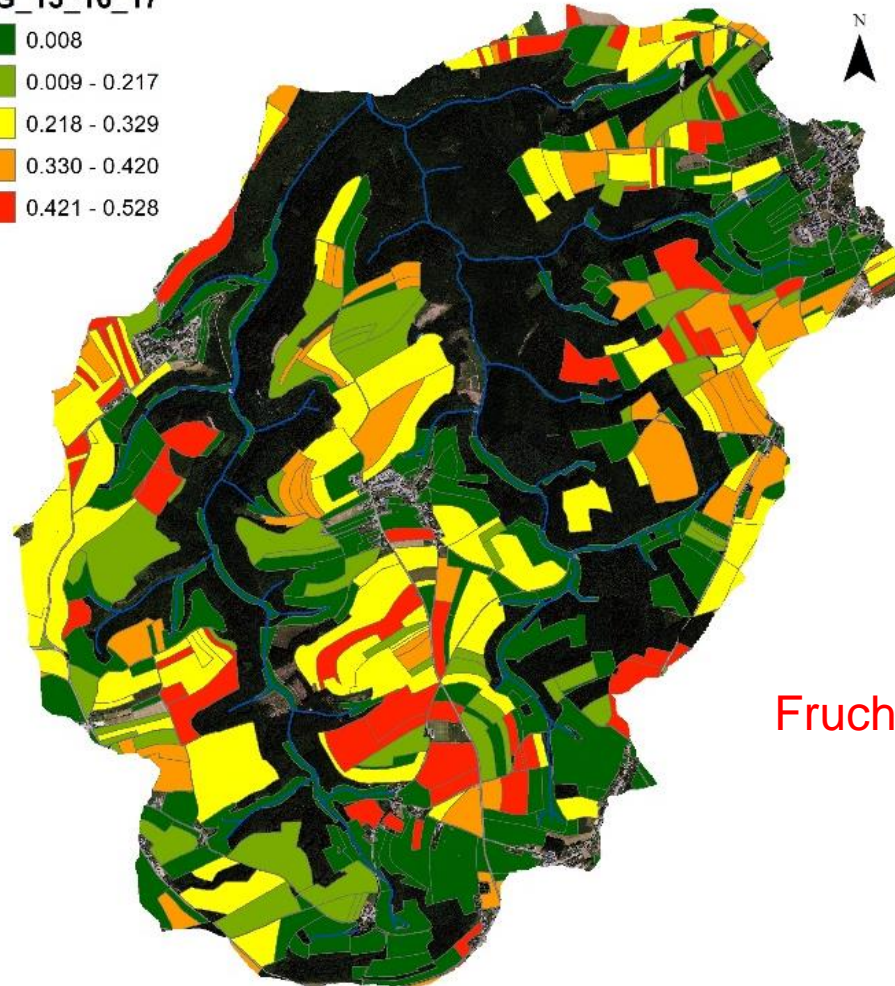
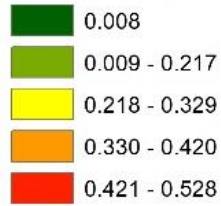


## ERRUISSOL v3





RPG\_15\_16\_17



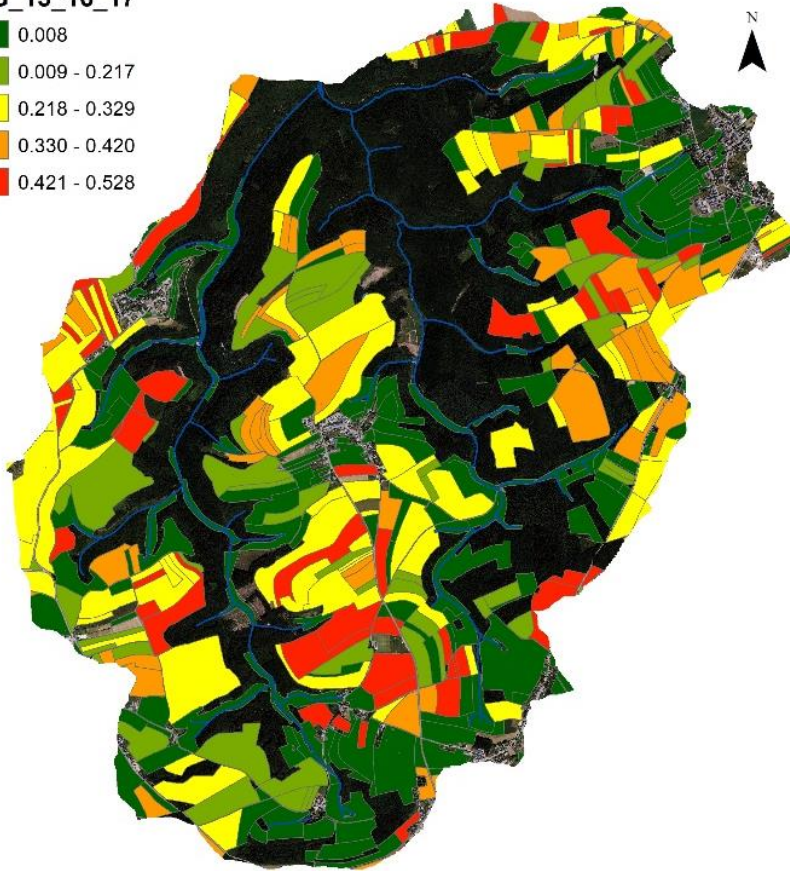
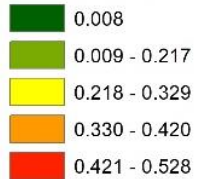
Fruchtfolge 2015-2017



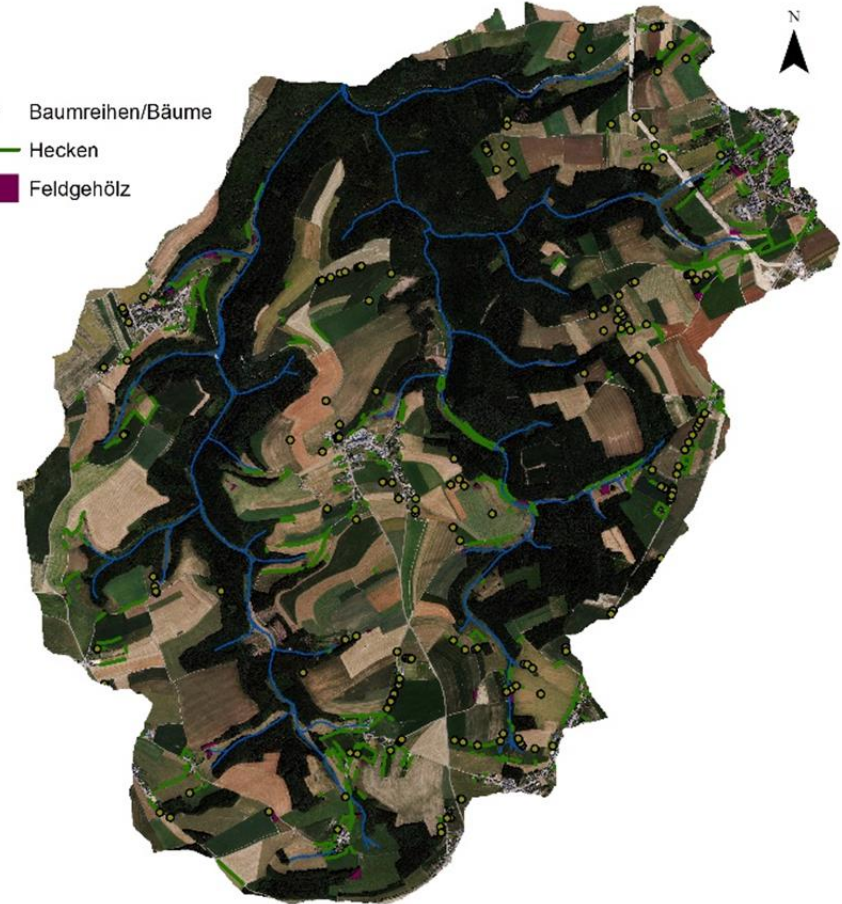


## Faktor C : Landschaftselemente

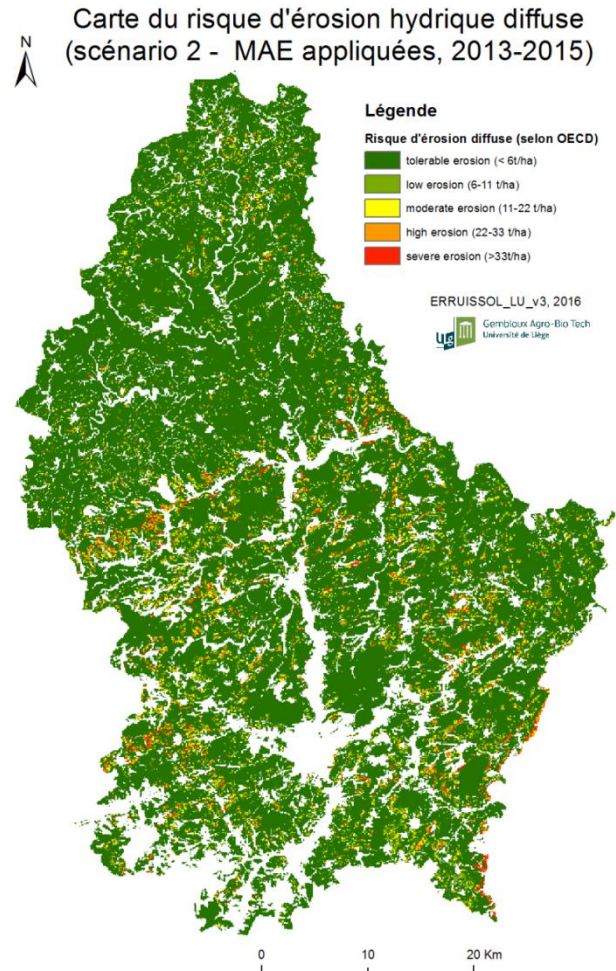
RPG\_15\_16\_17



- Baumreihen/Bäume
- Hecken
- Feldgehölz



erosionsmindernd, aber nicht  
berücksichtigt in der Bewertung des C-Faktors



- **Scénario 1** : risque d'érosion hydrique sans mesure antiérosive → **4,4 t/ha.an**
- **Scénario 2** : risque d'érosion hydrique avec prise en compte de l'effet antiérosif sur les surfaces participant dans le programme 362 (interculture et/ou travail du sol réduit) → **3,2 t/ha.an (-27 %)**

Année	MAE 362 (ha)	MAE 462 (ha)	Total (ha)
2013	12056		12056
2014	11823		11823
2015	3998	6641	10639
2016	2178	11371	13550
2017	157	14185	14343
2018		14539	14539

- **Scénario 3** : risque d'érosion hydrique avec prise en compte de l'effet antiérosif découlant de la combinaison intercultures & travail du sol réduit avant toute culture de maïs → **2,8 T/ha.an (-36%)**

Modélisation RUSLE





## Carte du risque d'érosion (2015-2017)

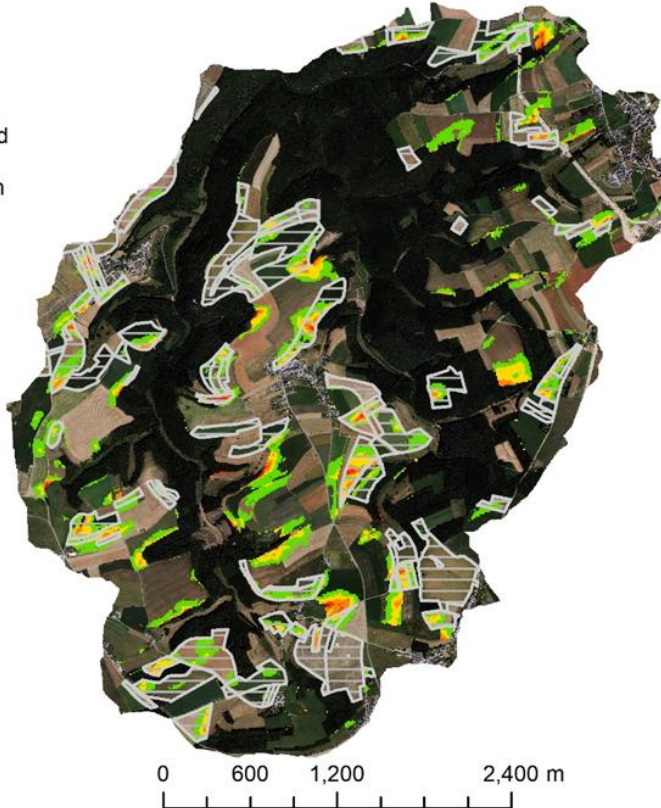
### Legend

- Einschränkungen  
für die  
Ausbringung org.  
Flüssigdünger und  
Maßnahmen  
gegen die Erosion  
(Neigung > 10%)

### theoretische Erosion

t/ha an

- 0 - 0.077  
0.078 - 0.29  
0.3 - 0.58  
0.59 - 1  
1.1 - 1.7  
1.8 - 4.9



## Oberflächenabfluss : 2016-2017

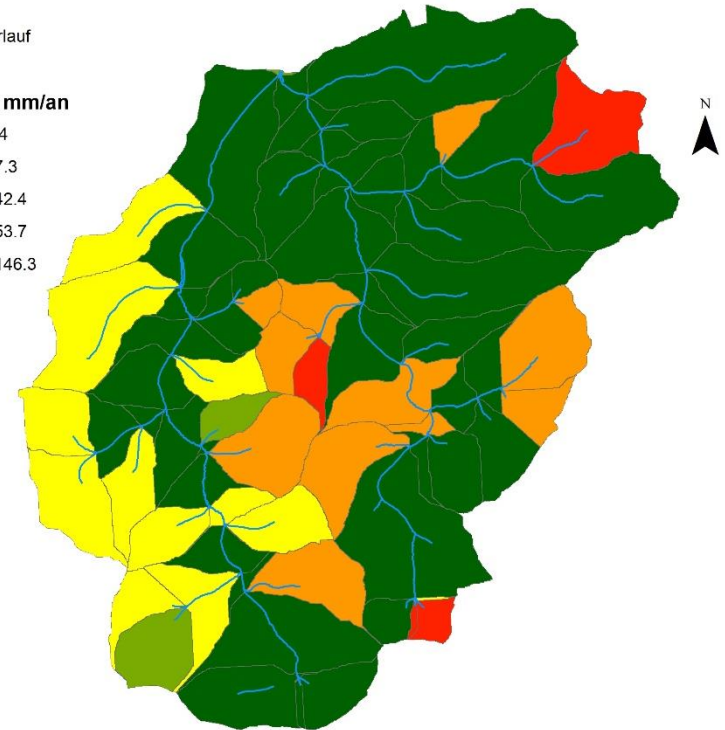
### Legend

Wasserlauf

### SWAT

Mittelwert : mm/an

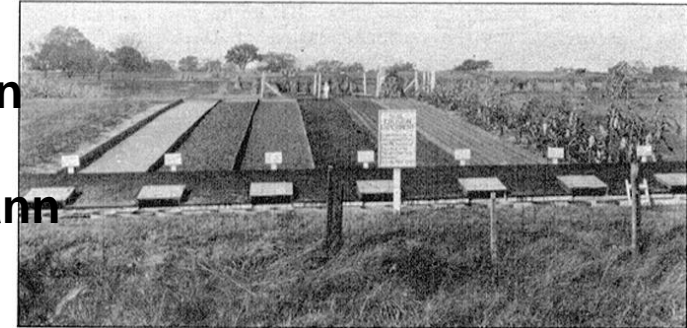
- 0.0 - 5.4  
5.5 - 27.3  
27.4 - 42.4  
42.5 - 53.7  
53.8 - 146.3



Mittelwert Grondmiller: 0.084t → 84kg/ha



**Das RUSLE-Modell ist nach wie vor das einzige Erosionsmodell, das für den Einsatz auf größeren Flächen bei vertretbarem Parametrisierungsaufwand eingesetzt werden kann (BORK 1991) aber...**



- empirische Gleichung, nicht validiert mit regionalen Sedimentmessungen
- Berücksichtigt nur flächenhafte und Rillenerosion (keine Grabenerosion, Bodenablagerung,...)
- Die USLE berücksichtigt keine zeitlich veränderbaren Zustände während eines Ereignisses (z.B. Änderung der Bodenfeuchte)



- Andere Modellierungsansätze in Überlegung (→ ASTA pédologie)
- Erosion durchwegs als gering einzuschätzen aber..
  - Nichts spricht gegen Verbesserungen :  
Bsp. Ganzjahresbedeckung und reduzierte Bodenbearbeitung
- Frage bleibt unbeantwortet inwiefern Sedimente im Stausee mit Erosion von landwirtschaftlichen Flächen zeitlich und räumlich in Verbindung stehen (-> ganzheitliches Modell benötigt)



➤ Merci fir är Opmierksamkeet

- [simone.marx@asta.etat.lu](mailto:simone.marx@asta.etat.lu)
- [mathieu.steffen@asta.etat.lu](mailto:mathieu.steffen@asta.etat.lu)