



Erosionskarte und Maßnahmen in der erweiterten Konditionalität der Gemeinsamen Agrarpolitik ab 2023

Service de pédologie



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

Administration des services techniques
de l'agriculture



Erosion ist ein **natürlicher Prozess** und hat über Jahrmillionen unsere Landschaft geformt.

...**ABER**...

Aus landwirtschaftlicher Sicht ist es wichtig, die Erosion so niedrig wie möglich zu halten, um die **Produktivität der Böden** zu **erhalten**.

Im Rahmen der Klimamodelle geht das JRC von erhöhter Regenerosivität in der Zukunft aus.

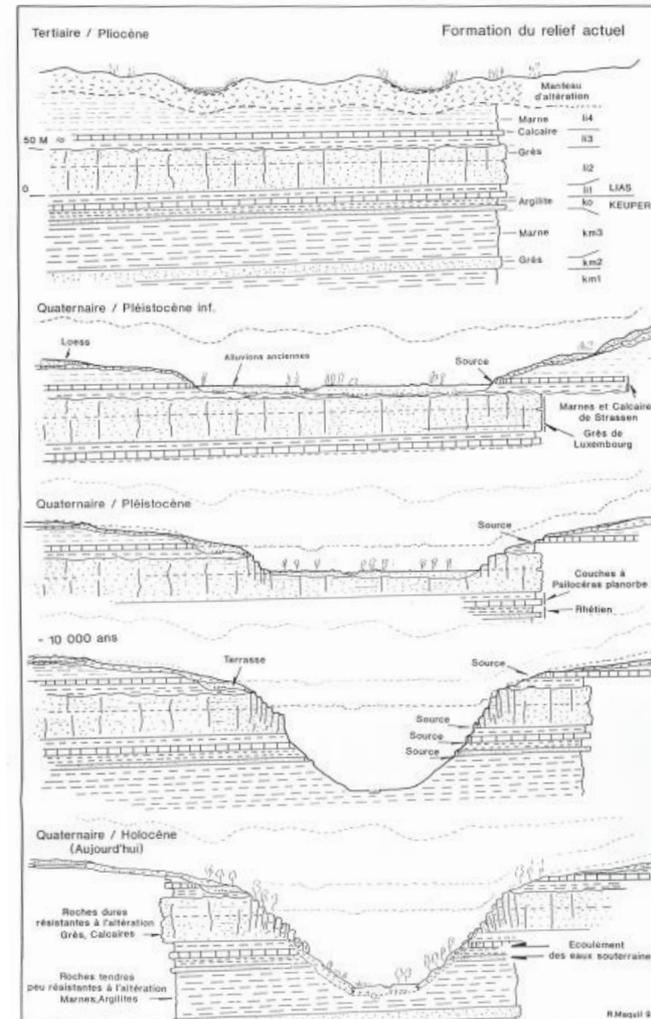
Panagos et al. (2017) : ... Rainfall erosivity in Europe & Switzerland is estimated to increase by 18% in 2050 (increase about 40 % in Luxembourg)...

Panagos et al., 2017

P. Panagos, C. Ballabio, K. Meusburger, J. Spinoni, C. Alewell, P. Borrelli

Towards estimates of future rainfall erosivity in Europe based on REDES and WorldClim datasets

J. Hydrol., 548 (2017), pp. 251-262, 10.1016/j.jhydrol.2017.03.006

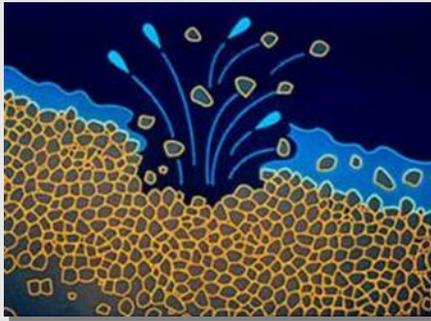


R. Maquil, 1995



2 aufeinanderfolgende Prozesse

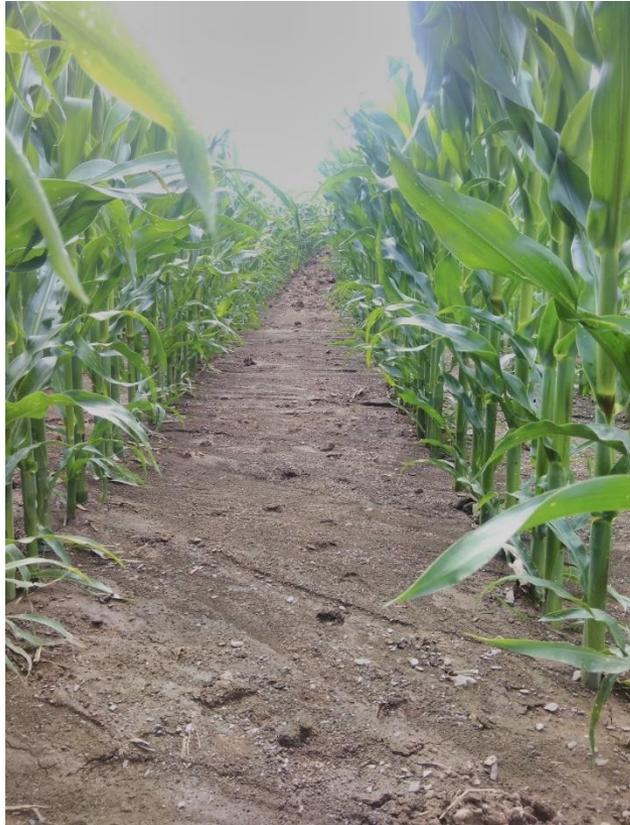
- ❑ Aufprall Regentropfen auf Bodenoberfläche – Übertragung kinetischer Energie – Auseinanderbrechen der Bodenaggregate – Losreißen des Feinbodens



SPLASH

- ❑ Verschlemmung der Oberflächen und Abschwemmung des Feinbodens durch Oberflächenabfluss







Rillenerosion (<10cm) - Rinnenerosion (< 30 cm) - Grabenerosion (> 30 cm)





Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE*)

Allgemeine Bodenabtragungsgleichung

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

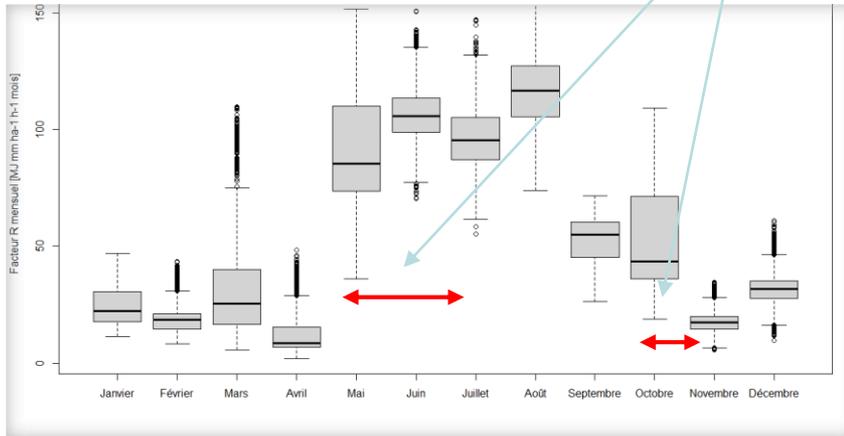
- A theoretischer, langjähriger, mittlerer, jährlicher Bodenverlust (t/ha.an)
- R Regenerosivität
- K Bodenerodibilität = f(Textur, Humus)
- LS Hanglänge x Hangneigung = f(Parzellengrösse, Strukturelemente, ...) :
- C Bodenbedeckung = f(Kultur, Fruchtfolge, ganzjährige Bodenbedeckung)
- P Bodenbearbeitung = f(Anti – erosive Massnahmen, Mulchsaat, StripTill ...)

Einflussnahme durch Bewirtschafter

* abgeleitet nach Wischmeier (1978)



Erosionsanfällige Zeiträume



Ballabio, C. et al. 2017. Mapping monthly rainfall erosivity in Europe. *Sci Total Environ.* **579**: 1298-1315

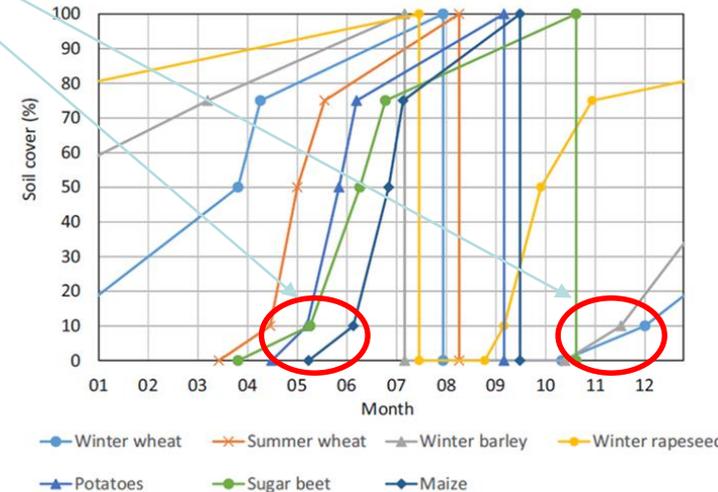


Fig. 6. Distribution of soil cover of the main crops at different crop stages: sowing (0%), 10%, 50%, 75%, and harvest (100%) when ploughing. Ground cover by crops without residues or cover crops. Data from Mosimann and Rüttimann (2006a).

Regenerosivität:

- Hoch: Mai-August
 - Relativ niedrig: Oktober-Februar
- ABER Böden können im Spätherbst bei geringer Bedeckung (Wintergetreide) verschlämmen und Oberflächenabfluss fördern.

Bodenbedeckung:

- Niedrig: Mai-Juni: Hackfrüchte
- Niedrig: Oktober-Nov: Wintergetreide



- ❑ STRATEGIEPLAN GAP (2023-2027): Erweiterte Konditionalität (Cross compliance)
- ❑ GLÖZ = guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand der Flächen (GLÖZ 1 bis GLÖZ 9)
 - ✓ GLÖZ 5 : Verringerung Bodenerosion
 - ✓ Bodenbearbeitung, Verringerung des Risikos der Bodenschädigung und -erosion, auch unter Berücksichtigung der Hangneigung
 - ✓ GLÖZ 6 : Winterbedeckung
 - ✓ Mindestbodenbedeckung, um vegetationslose Böden in den sensibelsten Zeiten zu vermeiden



❑ Zielsetzung der Erosionskartierung

- Gezielt Parzellen mit Erosionsrisiko identifizieren

❑ Auftretende Probleme mit vergangenen Ansätzen vermeiden

- Abtragungsgleichung nach RUSLE nicht mit Sedimentdaten validiert, nicht befriedigend von den Ergebnissen (Falsch positive Parzellen, Falsch negative Parzellen)

RUSLE : Revised universal soil loss equation : Calcul du risque d'érosion

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

- A : Perte en terre moyenne pluriannuelle (t/ha.an)
- R : Facteur d'érosivité de la pluie
- K : Erodibilité du sol
- LS : Facteur topographique : Longueur et intensité de pente (Desmet & Govers (1996))
- C : Facteur de couverture du sol
- P : Mesures anti-érosives, une valeur P=1 a été adoptée (labour)

- Hangneigung allein als Indikator für Erosion nicht befriedigend (z.B. Stausee)

❑ Gewählter Lösungsansatz

- Plausibilisierung der Erosion durch Photointerpretation und Verallgemeinerung durch Machinelles Lernen anhand von multi-variablem Ansatz



Ackerland ist in **4 Erosionsrisikoklassen** eingeteilt und im Geoportail einsehbar

E1: **sehr geringes** Erosionsrisiko



E2: **geringes** Erosionsrisiko



E3: **mittleres** Erosionsrisiko



E4: **hohes** Erosionsrisiko



Ackerparzellen ohne Erosionsrisiko werden nicht angezeigt. Das Gleiche gilt für Dauergrünland und Dauerkulturen, die kein oder kaum Risiko darstellen.



Erosionsrisikos im Ackerland 2023

Kontakt
Administration des services techniques de l'agriculture
Service de pédologie
72, Avenue Salentiny, Ettelbruck, L-9080, Luxembourg
pedologie@asta.etat.lu

Link zu den Metadaten
[link](#)

mit Legende

Erosionsklasse

- Sehr gering
- Gering
- Mittel
- Hoch

i = Legende



Phase 1A: Erstellen eines Test-Sets von Parzellen für maschinelles Lernen mit Erosionsbeobachtungen

□ Ausgangsdaten:

- a. Erosionsrisikomodellierung nach **RUSLE**
 - a. Forschungsprojekt AgroBioTech Gembloux
 - ERRUISSOL 1: 2011
 - ERRUISSOL 2: 2013
 - ERRUISSOL 3: 2016
 - ERRUISSOL 4: 2022 (ASTA inhouse)

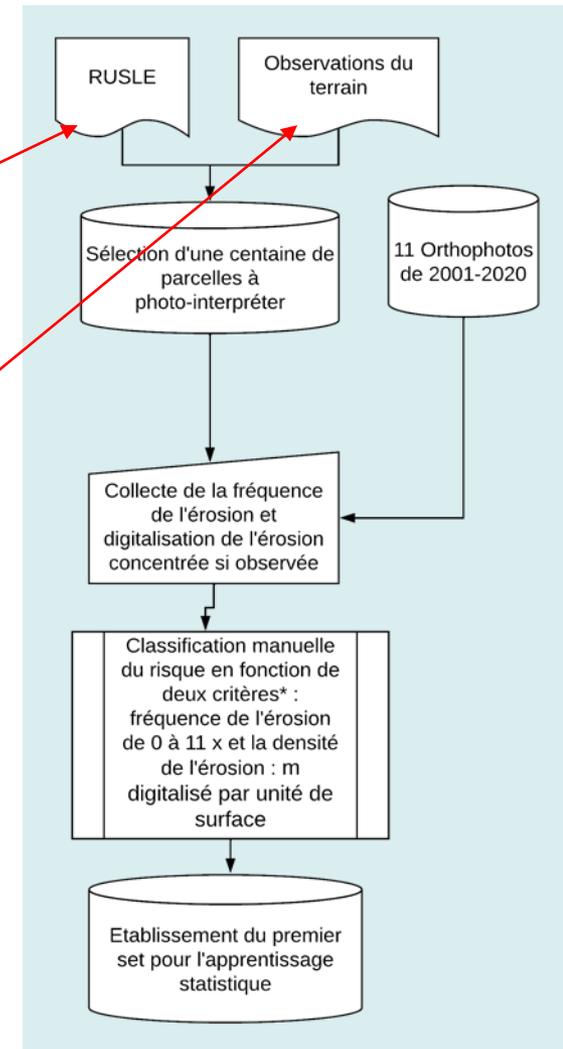
RUSLE : Revised universal soil loss equation : Calcul du risque d'érosion

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

- A : Perte en terre moyenne pluriannuelle (t/ha.an)
- R : Facteur d'érosivité de la pluie
- K : Erodibilité du sol
- LS : Facteur topographique : Longueur et intensité de pente (Desmet & Govers (1996))
- C : Facteur de couverture du sol
- P : Mesures anti-érosives, une valeur P=1 a été adoptée (labour)

- b. Plausibilisierung der Erosion anhand von 11 Luftbildern im GEOPORTAIL aus 10 Jahren

- a. 2001
- b. 2004
- c. 2007
- d. 2010
- e. 2013
- f. 2016
- g. 2017
- h. 2018
- i. 2019 (Winter), 2019 (Sommer)
- j. 2020



Erstellung der Erosionskarte (2)

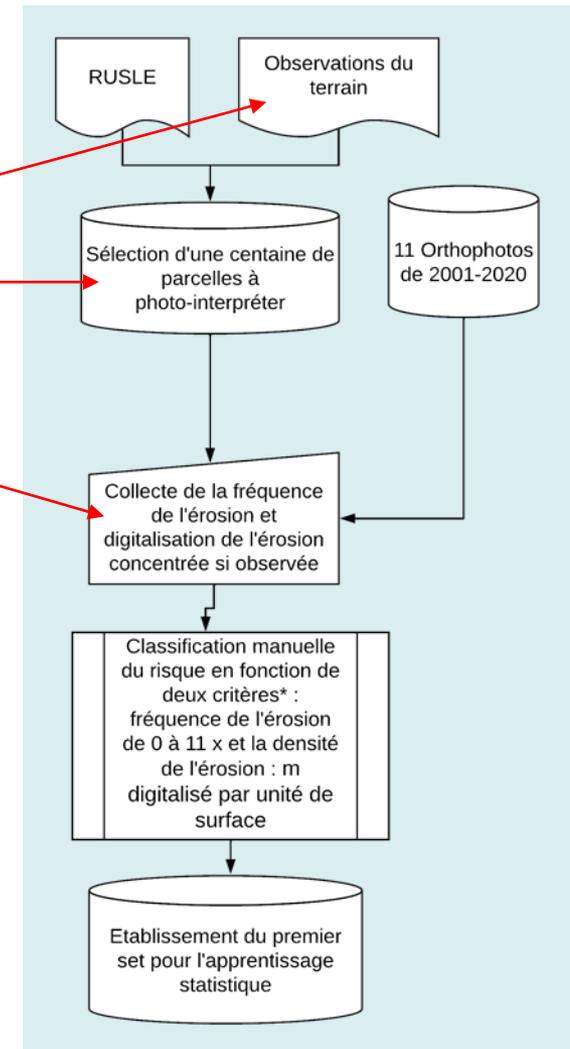


Phase 1B: Erstellen eines Lern-Sets für machinelles Lernen

Arbeitschritte

- a. Beobachtungen von Flächen- und Linearer Erosion im Acker aufgrund der 11 Luftbilder
- b. Digitalisierung von Erosions-rillen,-rinnen, -graben; Erfassung von Flächenerosion

Art	DE nach Scheffer & Schachtschabel (2018)	
	Flächenerosion	Flächenerosion
Lineare Erosion	Rillenerosion	Mehrere flache Rinnen von ca 10 cm Tiefe
	Rinnenerosion	Rillen von 10-30 cm breit und tief
	Graben-, Gully-erosion	Rille > 30 cm tief
	Tunnelerosion	Rille > 30 cm tief (Zweischichtung des Bodens, unterirdische Erosion)



Erstellung der Erosionskarte (3)



Geoportal/Allgemein/Oberflächendarstellung/Luft und Satelittenbilder

The screenshot shows the Geoportal interface. At the top, there is a search bar with the text "Suche Adressen, Parzellen, Layer ...". To the right of the search bar is the "ALLGEMEIN" button. On the left side, there is a "LAYER" panel with a close button (X). Under "MEINE LAYER (5)", there is a "KATALOG" button. Below that, the "OBERFLÄCHENDARSTELLUNG" section is expanded, showing a list of orthophotos from 2001 to 2021. The "Orthophoto 2013" is selected. The main map area displays an aerial orthophoto of a rural landscape with fields and roads. Navigation controls (plus, minus, home, and full screen) are visible on the left side of the map.

Digitalisierung der
linearen Erosion (Jahre
2018, 2013, 2004, 2001)

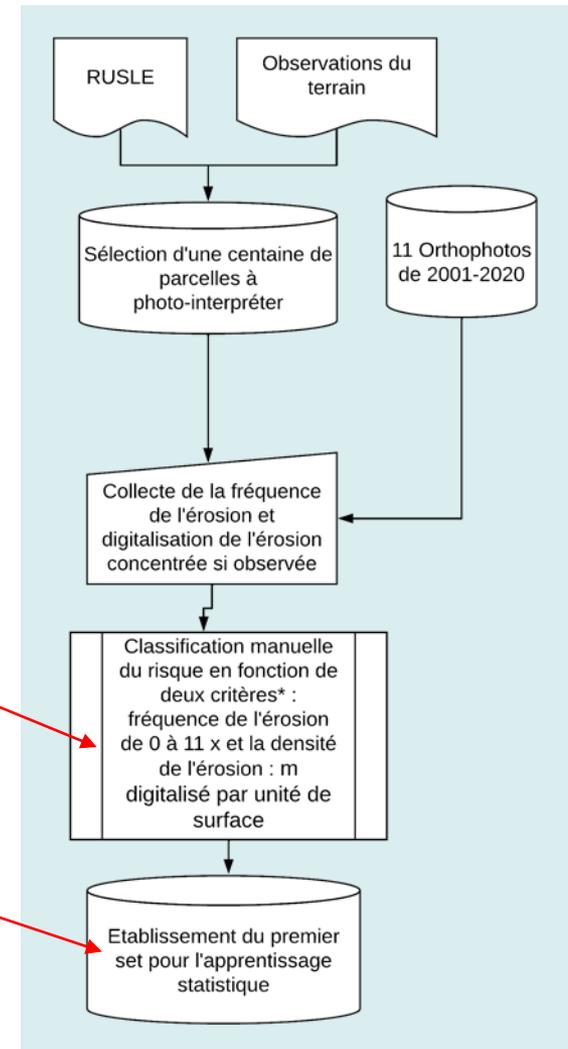




Phase 1B: Erstellen eines Test-Sets für machinelles Lernen (suite)

□ Arbeitsschritte

- a. Beobachtungen von diffuser oder Rillenerosion im Acker aufgrund der 11 Luftbildern
- b. Digitalisierung von Erosionsrillen, Erfassung von Flächenerosion
- c. Klassikation von Erosion nach 2 Kriterien
 - a. Häufigkeit von Erosion (Flächenerosion, Lineare Erosion)
 - b. Dichte von linearer Erosion/ $ha^{1/4}$
- d. Erstellen eines ersten Test-Sets für maschinelles Lernen





Klassifikation des Erosionsrisikos nach beobachteter Häufigkeit (Anzahl Beobachtungen/10 Kulturjahre im Zeitraum 2001-2020)

- Flächen- und linearer Erosion
- Flächenerosion allein

	sehr geringes Erosionsrisiko
	geringes Erosionsrisiko
	mittleres Erosionsrisiko
	hohes Erosionsrisiko

Flächen- und Rillenerosion

EROSION	Erosion - Häufigkeit		
	1-2 mal	3-4 mal	≥ 5mal
Lineare Erosion - Dichte			
gering, < 33 m/ ha ^{1/4}	sehr gering	gering	mittel
mittel, 33-72 m/ ha ^{1/4}	gering	mittel	mittel
dicht, 72-114 m/ ha ^{1/4}	gering	mittel	hoch
sehr dicht, > 114 m/ ha ^{1/4}	mittel	hoch	hoch

Nur Flächenerosion

Flächenerosion - Häufigkeit		
1-2 mal	3-4 mal	≥ 5mal
gering	mittel	hoch

Erstellung der Erosionskarte (6)

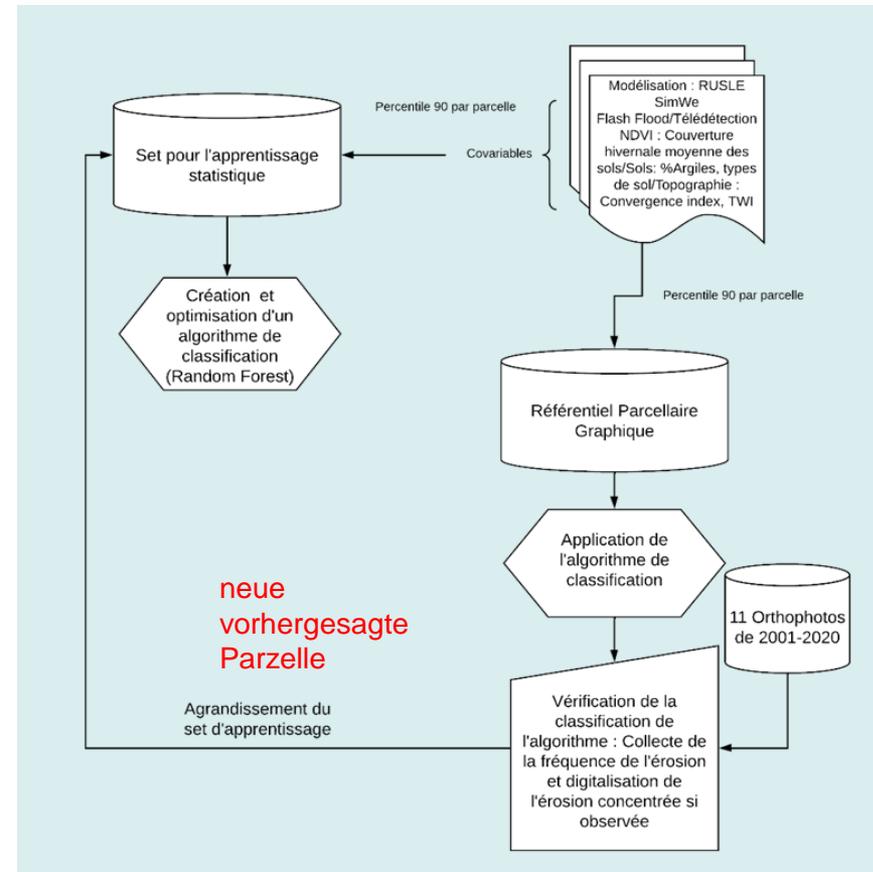


Phase 2: Vergrößerung des Lernsets [von 100 beob. Parzellen → 5453 beob. Parzellen] und Verallgemeinerung auf das ganze Land durch Modellierung (Machinelles Lernen) anhand von räumlichen Daten zu Boden, Bodenerosion, Landnutzung, Bodenbedeckung, Starkregengefahrenkarte...

❑ Kovariablen

- Erosionsmodell: RUSLE (RKLSCP), SimWe
- Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses eines Extremereignisses aus hydrologischer Modellierung (AGE-Flashflood)
- Bodenbedeckung: NDVI aus Sentinel II im Winter (2017-2020), C-Faktor (2010-2020)
- Boden: K-Faktor, Texture, pH, Profilentwicklung
- Topographie: Topographic wetness index, Gefälle, convergence index,
- Vorhandensein/Abwesenheit reduzierte Bodenbearbeitung (AUKM 462)

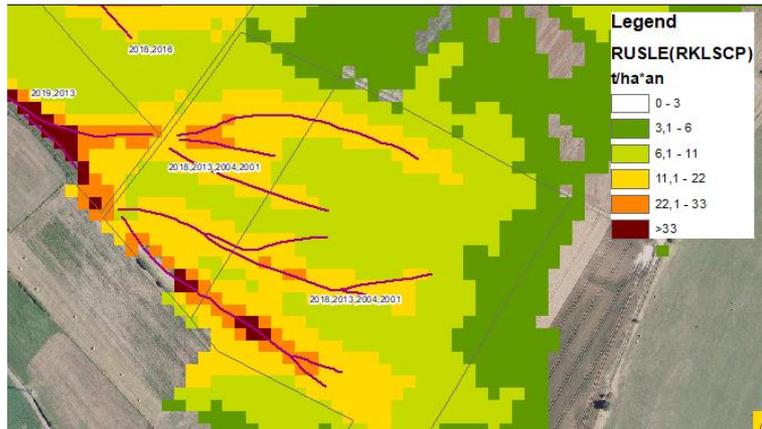
- ❑ Methode Random Forest
- ❑ Kreuzvalidierung auf unabhängigem Set
- ❑ Überprüfung der Klassifikationsqualität



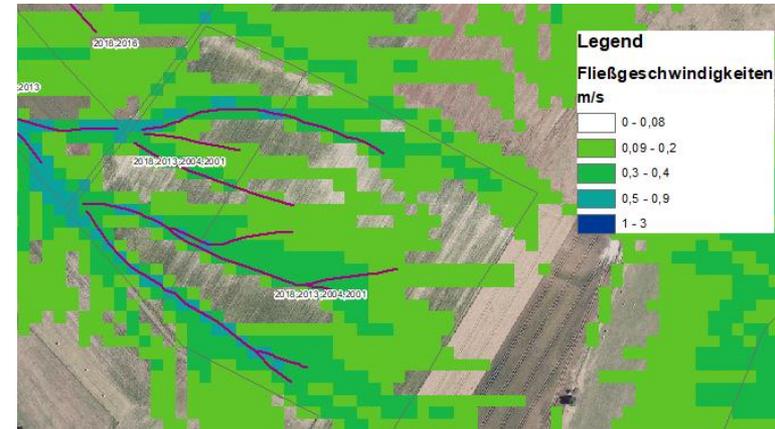
Ausschlaggebende Faktoren der Erosion: Bodenerodibilität, Hanglänge und Hangneigung, Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses, Erosionsmodellierung



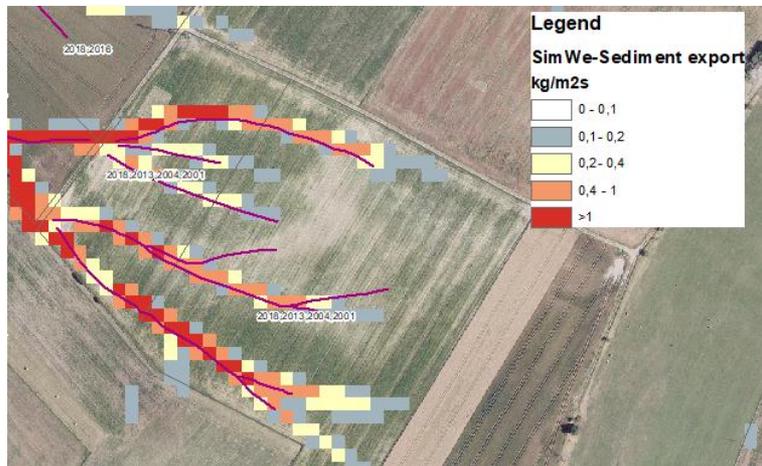
Erosionsmodellierung – RUSLE (ASTA)



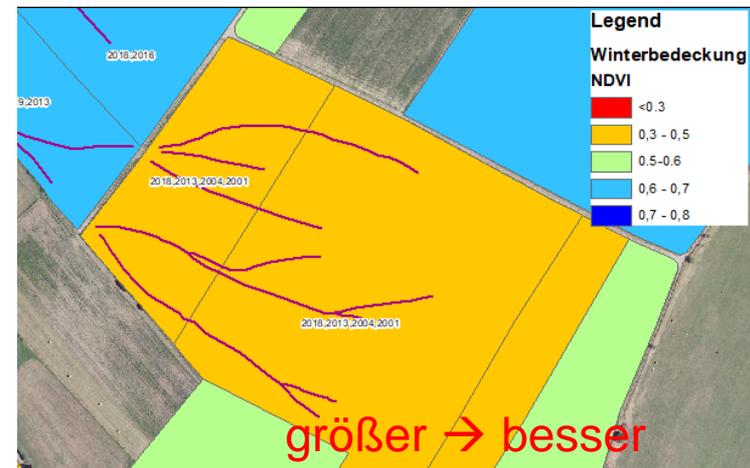
Fließgeschwindigkeiten bei Starkregen (hydrologische Modellierung – Flashflood - AGE)



Sedimentmodellierung SimWe (ASTA)



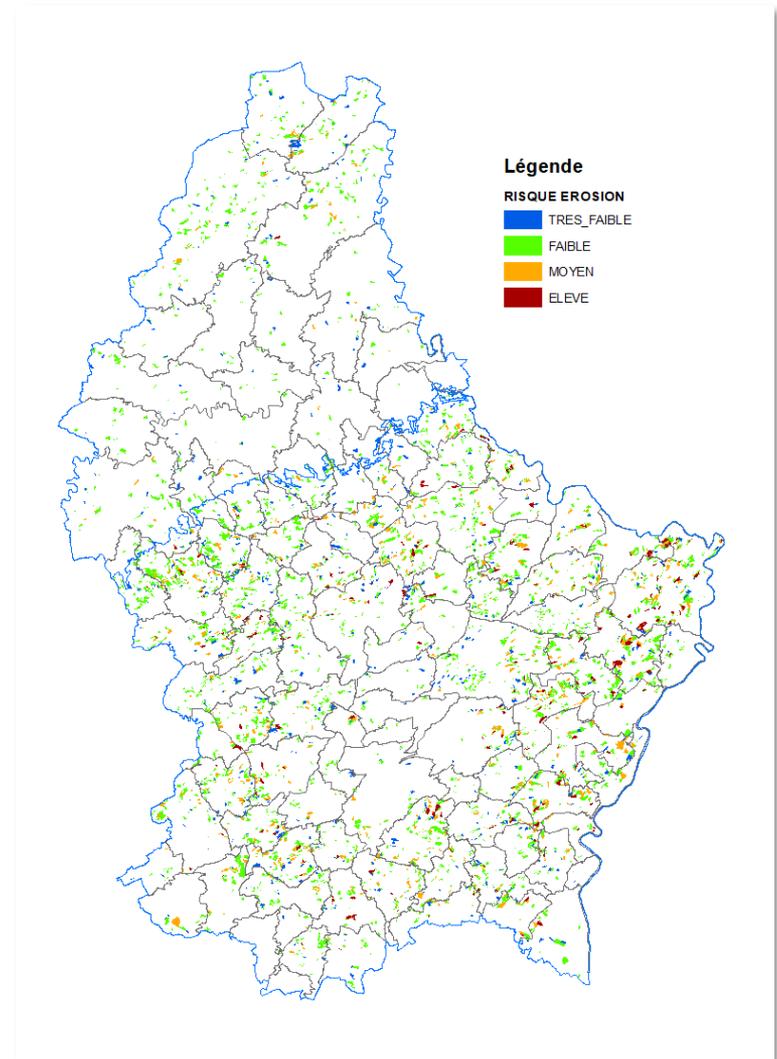
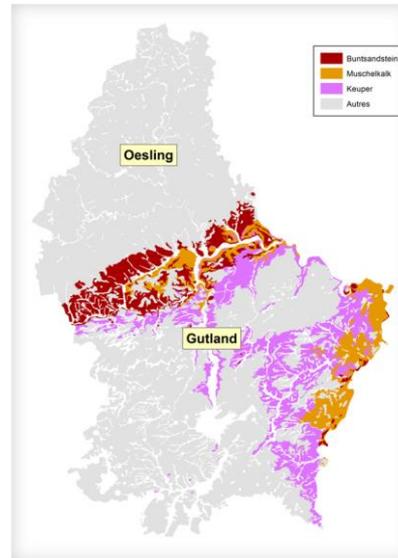
Fernerkundungsdaten : Sentinel II-NDVI





Ösling weniger impaktiert als Gutland

Muschelkalk, Buntsandstein und Keuper am Stärksten betroffen -> K-Faktor (Boden-Erodibilität)



Risque d'érosion	SAU arable [ha]	SAU arable [%]
Non identifié	38.692	69
Très faible	2.332	4
Faible	10.391	19
Moyen	3.147	6
Elevé	1.252	2
Total	55.814	100

SAU = Surface agricole utile

Medianeigenschaften der Erosionsklassen

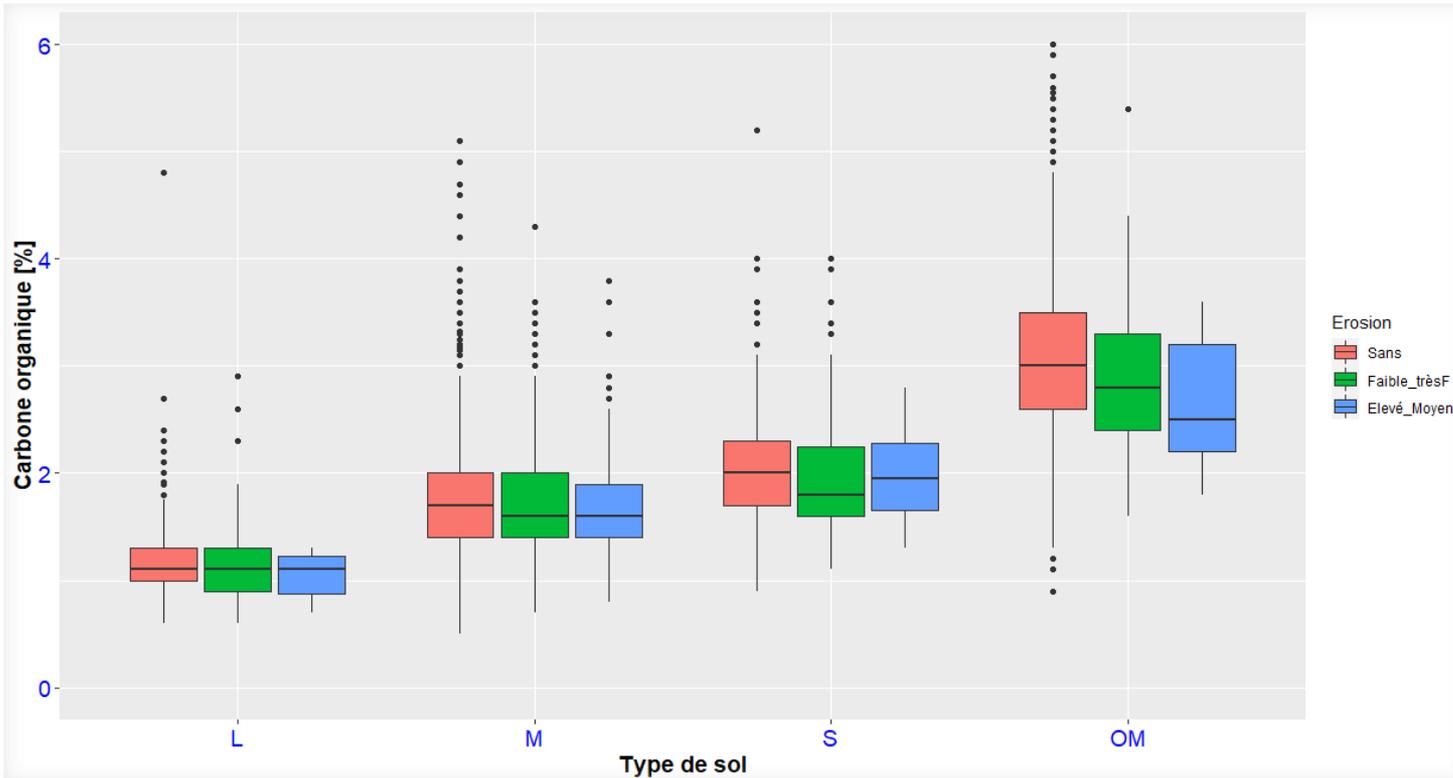


Erosionsklasse	Dichte lineare Erosion	Häufigkeit der Erosions-Beobachtung	RUSLE-Theoretischer Bodenabtrag	Parzellengröße
	m/ha	/10 Jahre	t/ha.Jahr	ha
Ohne	-	-	3	1,35
Sehr gering	18	1,4	7,8	2
Gering	39	1,53	7,8	1,91
Mittel	44	3,37	8,8	3,15
Hoch	62	5,3	9,9	3,49

Erosionsklasse	Winter Bodenbedeckung	C-Factor	Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses (perc 90)	Gefälle
	NDVI	[-]	m/s	%
Ohne	0,540	0,34	0,199	6,9
Sehr gering	0,521	0,39	0,254	7,6
Gering	0,516	0,39	0,258	7,7
Mittel	0,497	0,41	0,252	7,5
Hoch	0,490	0,41	0,269	7,8

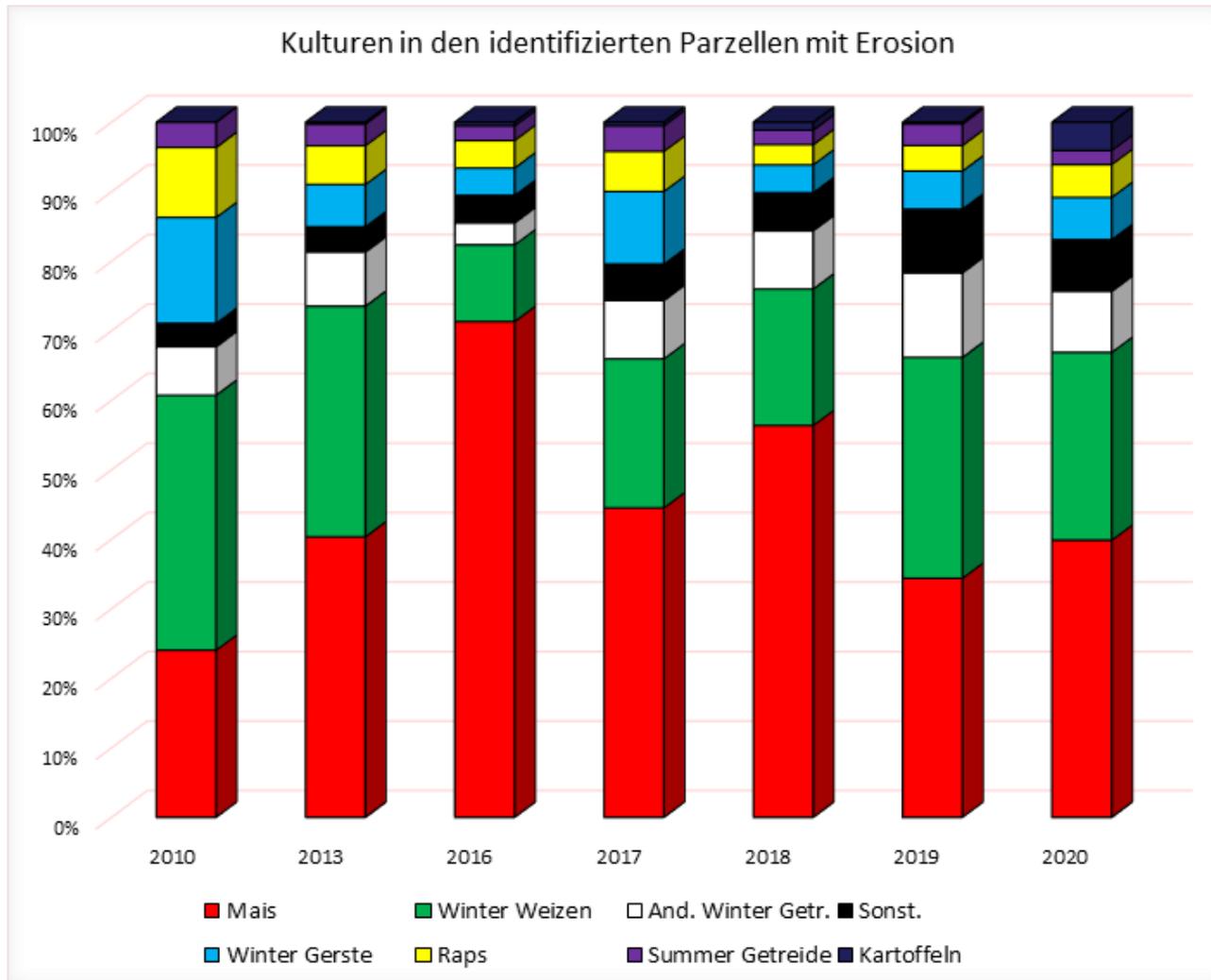
größer → besser

größer → schlechter



Organischer Kohlenstoff tendenziell niedriger auf erosionsgefährdeten Flächen

L = leicht Gutland, M = mittel Gutland, S = schwer Gutland, OM = mittel Ösling



Vornehmliche
Kulturen mit
Erosionsschäden:
Winterweizen (Okt)
und Mais (Mai)

2019: einziges
Jahr mit 2
Luftbildern (Herbst
und Frühjahr)



Bodenbearbeitung, Verringerung des Risikos der Bodenschädigung und -erosion, auch unter Berücksichtigung der Hangneigung (GLÖZ 5)

Um der Erosion vorzubeugen wird Ackerland in 4 Erosionsrisikoklassen eingeteilt:

- E1: Sehr geringes Erosionsrisiko
- E2: Geringes Erosionsrisiko
- E3: Mittleres Erosionsrisiko
- E4: Hohes Erosionsrisiko

Die Gebiete mit Erosionsrisiko werden auf einer Karte festgelegt. Die Erosionseinstufung ist auf Parzellenebene (FLIK) angegeben. Die Karte ist auf geoportail.lu im Themenbereich 'Landwirtschaft' in der Kategorie 'Boden' veröffentlicht. Ackerparzellen ohne Erosionsrisiko sind nicht angezeigt.

Fragen bezüglich der Erosionskarte können an pedologie@asta.etat.lu gerichtet werden.

Auf dem gesamten Betrieb

- Auf der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche des Betriebs (auf Ackerland, Dauergrünland und Dauerkulturen) müssen die bestehenden Terrassen erhalten bleiben.

Auf Dauergrünland:

- In Gebieten mit hohem Erosionsrisiko ist der Umbruch von Dauergrünland verboten. Eine Nachsaat (z.B. durch Schlitzverfahren), oder Übersaat ist jedoch erlaubt. Bei Wildschäden gilt ebenfalls eine Ausnahmeregelung.

In Weinbergen:

- Eine mechanische Bearbeitung der Böden von Weinbergen ist zwischen dem 1. Oktober und dem 1. März verboten, außer in den folgenden Fällen:
 - im Falle der Zufuhr von organischem Material,
 - im Falle einer Neubepflanzung,
 - im Falle von Unterbodenarbeiten, die eine Tiefenbelüftung des Bodens ohne Zerstörung der Verunkrautung zum Ziel haben,
 - außer im Falle der Aussaat einer Winterbedeckung.
- Die Anzahl der Bodenbearbeitungen auf Weinbergböden ist auf drei Mal pro Jahr begrenzt, außer im Falle der Neubepflanzung eines Weinbergs.

Auf Ackerland

- Das Umbrechen von Ackerland durch Pflügen ist auf 80 % der Ackerlandfläche des Betriebs zwischen dem 15. Oktober und dem 1. Februar verboten. Diese Auflage steht im Zusammenhang mit der winterlichen Bodenbedeckung von GLÖZ 6. Eine pfluglose, nichtwendende Bodenbearbeitung (Grubber, ...) ist weiterhin erlaubt.
- Auf Ackerparzellen mit sehr geringem, geringem, mittlerem und hohem Erosionsrisiko ist das Umbrechen durch Pflügen zwischen dem 15. Oktober und dem 1. Februar verboten. Diese Auflage steht im Zusammenhang mit der winterlichen Bodenbedeckung von GLÖZ 6. Eine pfluglose, nichtwendende Bodenbearbeitung (Grubber, ...) ist weiterhin erlaubt.
- Auf Ackerparzellen mit hohem und mittlerem Erosionsrisiko ist die Anlage von erosionshemmenden Grünstreifen in Verbindung mit den Abflussachsen vorgeschrieben, außer bei Feldfutter. Die Grünstreifen müssen mindestens 3 m breit sein.



Mindestbodenbedeckung, um vegetationslose Böden in den sensibelsten Zeiten zu vermeiden (GLÖZ 6)

Die Auflagen zur Mindestbodenbedeckung dienen dazu den Boden im Winter vor Erosion zu schützen. Als Bodenbedeckung gelten:

- Feldfutter
- Winterkulturen
- Zwischenfrüchte
- Ernterückstände und Aufwuchs

In Weinbergen:

- In Weinbergen muss die spontane krautige Vegetation in den Zwischenreihen zwischen dem 1. Oktober und dem 1. März bestehen bleiben, es sei denn, es wird eine Winterbegrünung eingesät.

Die erosionsgefährdeten Gebiete werden auf einer Karte festgelegt. Die Karte wird auf geoportail.lu veröffentlicht und kann dort eingesehen werden.

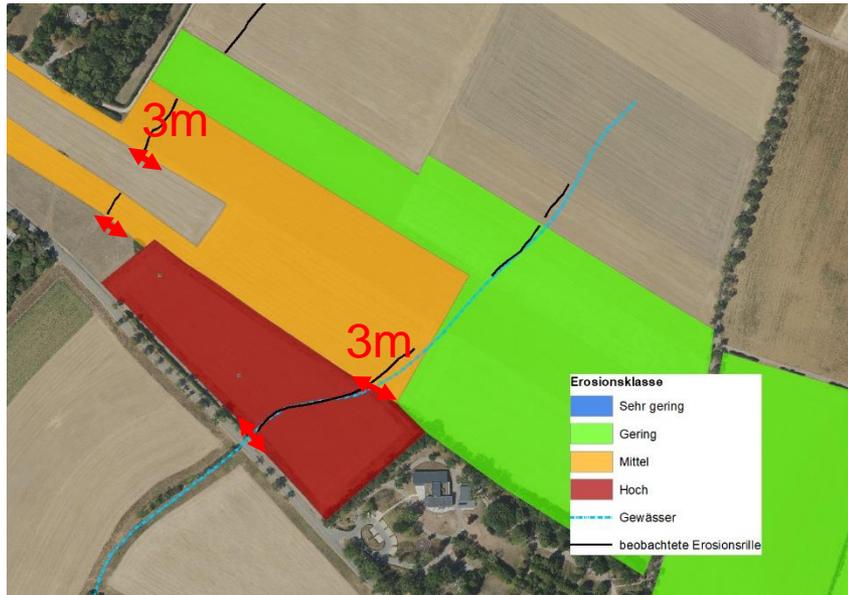
Zur Begrenzung der Erosion sind folgende Auflagen einzuhalten:

Auf Ackerland

- Auf 80 % des Ackerlandes des gesamten Betriebs müssen mindestens die Ernterückstände und der Aufwuchs zwischen dem 15. Oktober und dem 1. Februar stehen bleiben.
- Auf Ackerparzellen mit sehr geringem, geringem, mittlerem und hohem Erosionsrisiko müssen mindestens die Ernterückstände und der Aufwuchs auf der gesamten Ackerfläche zwischen dem 15. Oktober und dem 1. Februar stehen bleiben.
- Auf stillgelegten Ackerflächen muss der Landwirt bis zum 31. Mai des ersten Jahres der Stilllegung eine Pflanzendecke anlegen.

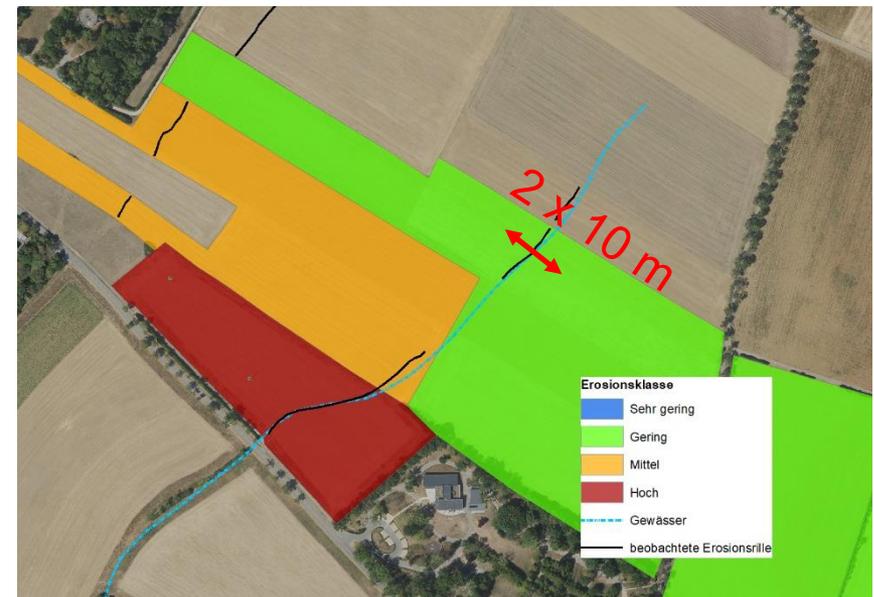


GLÖZ 5 - Erosionsstreifen



3m Grünstreifen sind in 'orange' und 'roten' Parzellen nicht prämienfähig

GLÖZ 4 - Gewässerabstände



Entlang des Gewässers: beiseitig 10 m ohne Düngung/PSM; falls Grünstreifen von 2*10m angelegt werden, sind diese prämienfähig, ausser 3 m Breite in der Erosionsklasse 'orange' und 'rot' unter der Bedingung, dass 4 % nicht produktive Fläche im Betrieb erreicht sind



☐ Bodenschutzmaßnahmen

- Bewirtschaftung quer zum Hang/Vermeidung von Fahrspuren/Raues Saatbeet
- Förderung des Humusaufbaus (ganzjährige Bodenbedeckung, Kalkung) und Mulchbewirtschaftung
- Verringerte Bodenbearbeitung
- Fruchtfolge mit Feldfutter, Klee gras, Luzerne gras...
- Zwischenfrüchte, Untersaaten
- 5 jährige Umwandlung Ackerland in Dauergrünland
- Bei abwechselnden Winter- und Sommerkulturen Zwischenfrüchte einplanen

☐ Verkürzung der erosiven Hanglänge

- Punktueller Oberflächenabfluss gezielt ausbremsen
- Unterteilung von großen Parzellen quer zum Hang
- Hecken/Totholzhecken anlegen
- Erosionsschutzstreifen anlegen





- pedologie@asta.etat.lu

ASTA – Division des laboratoires
Service de pédologie
72, avenue L. Salentiny
L-9080 Ettelbruck

Tel. 45 71 72 - 400

- Simone Marx (Tel. 45 71 72 – 451)
- Mathieu Steffen (Tel. 45 71 72 – 456)



Totholzhecke gegen Erosion

...Fascine...
Benjeshecke...
Reisighecke