

# Landdegradatie in het Mediterrane gebied: oorzaken, processen en gevolgen

Geert Sterk

Departement Fysische Geografie



**Universiteit Utrecht**



## Inhoud

- Landdegradatie – definitie en processen
- Karakteristieken van het Mediterrane gebied
- Winderosie ← In de Sahel!
- Watererosie
- Massabewegingen



# Landdegradatie



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



## Landdegradatie

# Kootwijkerzand

- Voorbeeld landdegradatie
  - Jarenlange begrazing door schapen
  - Vegetatie en nutriënten verwijderd
- Nu een belangrijk natuurgebied
  - Gedegradeerde status wordt geconserveerd!
- Maar,
  - Landdegradatie wereldwijd een groot probleem



# Landdegradatie



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



Landdegradatie

## Landdegradatie

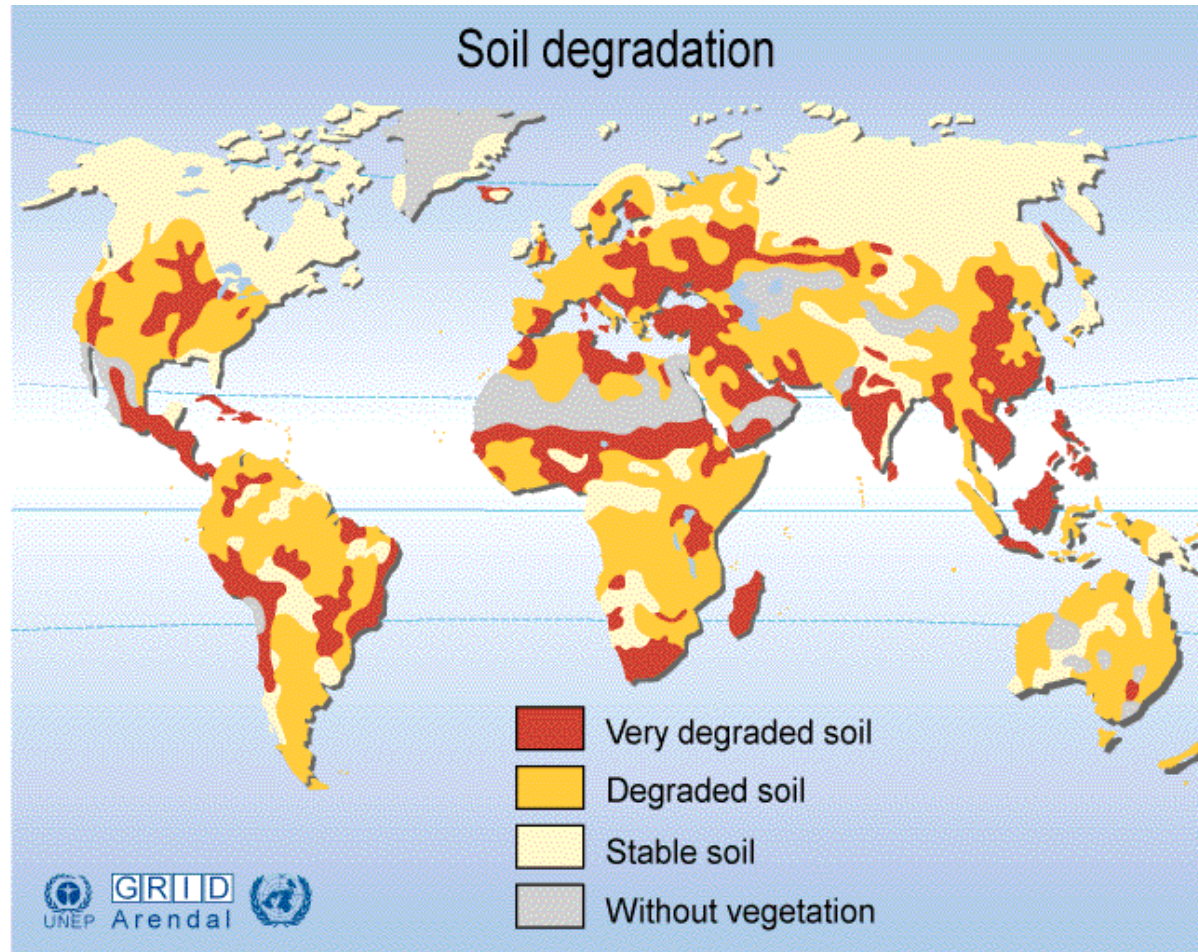
NB: focus is meestal op de bodem en op voedselproductie!

- Definitie:
  - Tijdelijk of permanent verlies van productieve capaciteit van land als gevolg van menselijk handelen
- Ariede en semi-ariede klimaatzones:
  - Verwoestijning (desertification)
  - Ergste landdegradatie wereldwijd



## Landdegradatie

# Landdegradatie - wereldwijd



Universiteit Utrecht

January 21, 2010

## Landdegradatie

# Landdegradatie - wereldwijd

Continent/Region	Degraded Land in millions of hectares	Percentage of Land (total area producing biomass)
World	1965	17
Europe	219	23
Africa	494	22
Asia	747	20
Oceanea	103	13
North America	96	5
Central America	63	25
South America	243	14

Source: UNEP-ISRIC 1991





## Landdegradatie

# Verwoestijning wereldwijd

Estimates of all degraded lands (in million km<sup>2</sup>)  
in dry areas (Dregne and Chou, 1994).

Continent	Total area	Degraded area	%
Africa	14.326	10.458	73
Asia	18.814	13.417	71
Australia and the Pacific	7.012	3.759	54
Europe	1.456	0.943	65
North America	5.782	4.286	74
South America	4.207	3.058	73
<b>Total</b>	<b>51.597</b>	<b>35.922</b>	<b>70</b>





## Landdegradatie

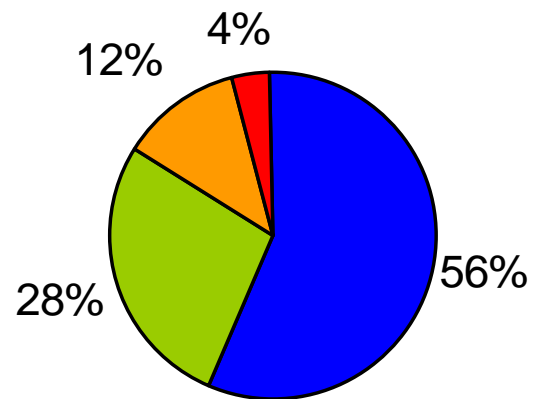
# Processen van landdegradatie

- Fysische bodemdegradatie
- Chemische bodemdegradatie
- Bodemerosie
  - Winderosie
  - Watererosie
- Overige processen:
  - Massabewegingen (afschuivingen)
  - Vegetatiedegradatie (ontbossing, overbegrazing)



## Landdegradatie

# Landdegradatie wereldwijd



- Watererosie
- Winderosie
- Chemische degradatie
- Fysische degradatie





## Landdegradatie

# Processen van landdegradatie

- Chemische bodemdegradatie
  - Verzouting (irrigatie)
  - Verzuring
  - Vervuiling (oa. Tsjernobyl regio)
- Fysische bodemdegradatie
  - Structuurverlies van bodem
  - Korstvorming
  - Compactie (verdichting)



Landdegradatie

## Processen van landdegradatie



Verzouting van de bodem



Universiteit Utrecht

January 21, 2010

Landdegradatie

## Processen van landdegradatie



Korstvorming op de bodem



Universiteit Utrecht

January 21, 2010

Landdegradatie

## Processen van landdegradatie



Verdichting van de bodem



Universiteit Utrecht

January 21, 2010

## Landdegradatie

Erosieverschijnselen  
op een helling in een  
olijfveld (Spanje)



Winderosie in Noord Afrika







## Landdegradatie

# Bodemerosie

- Twee fasen:
  1. Het losmaken van bodemdeeltjes
  2. Het transport van bodemdeeltjes
    - Wind
    - Water
    - Mensen
- Uiteindelijk depositie van sediment





## Landdegradatie

# Bodemerosie

- Geologische erosie
  - Natuurlijke erosieprocessen (langzaam)
  - Landschapsvorming
- Antropogene erosie
  - Erosie door menselijke invloed (versneld)
  - Bijvoorbeeld als gevolg van ontbossing



## Landdegradatie



**Universiteit Utrecht**

**Geologische erosie**

January 21, 2010

## Landdegradatie



**Universiteit Utrecht**

**Geul in cassave-veld, Kenia  
(anthropogene erosie)**

January 21, 2010





Landdegradatie

## Bodemerosie

- Wereldwijd enorm probleem
- Waar maken we ons druk over?
- Bodemdegradatie!
  1. Verlies aan nutriënten en organische stof
  2. Verlies van bodemdiepte
  3. Verlies aan vochtbergend vermogen



Universiteit Utrecht

January 21, 2010



Landdegradatie

## Bodemerosie

- Benedenstrooms transport van sediment
  - Water- en luchtvervuiling
  - Overstromingen
  - Sedimentatie op ongewenste plekken
  - Schade aan infrastructuur
- Straks een voorbeeld van een overstroming



Landdegradatie

## Loess plateau, China



Bodem-  
degradatie



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Landdegradatie



Gele rivier  
transporteert  
grote  
hoeveelheden  
sediment naar  
de zee.



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



## Landdegradatie



Sediment in een  
goot langs een weg



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

# Karakteristieken van het Mediterrane gebied



## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

### Klimaat

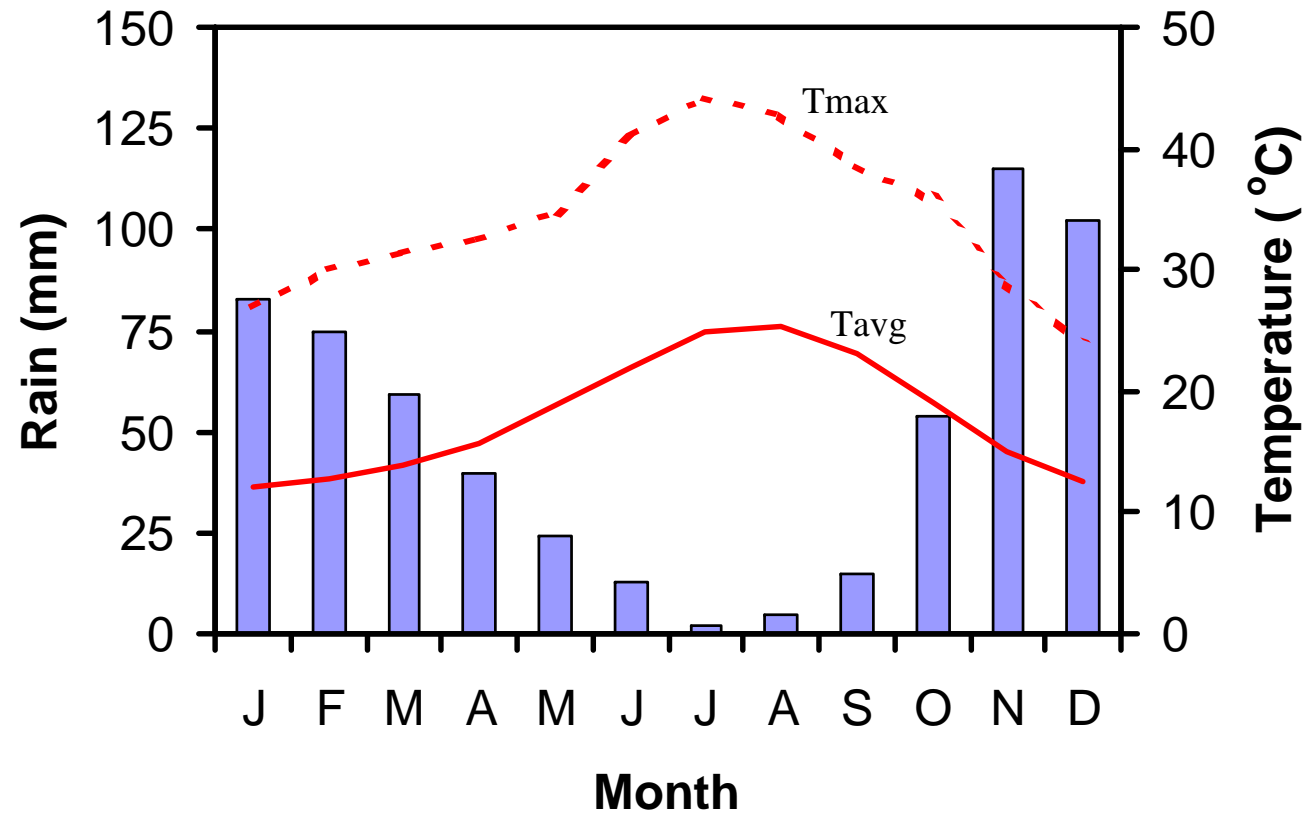
- Midderraan klimaat
  - Köppen: Cs
  - Natte winters, droge zomers
  - Regen met hoge intensiteit
- Klimaatverandering:
  - Warmer
  - Meer intense buien

Ook op andere continenten (oa. California)



## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

### Klimaat (Zuid Spanje)

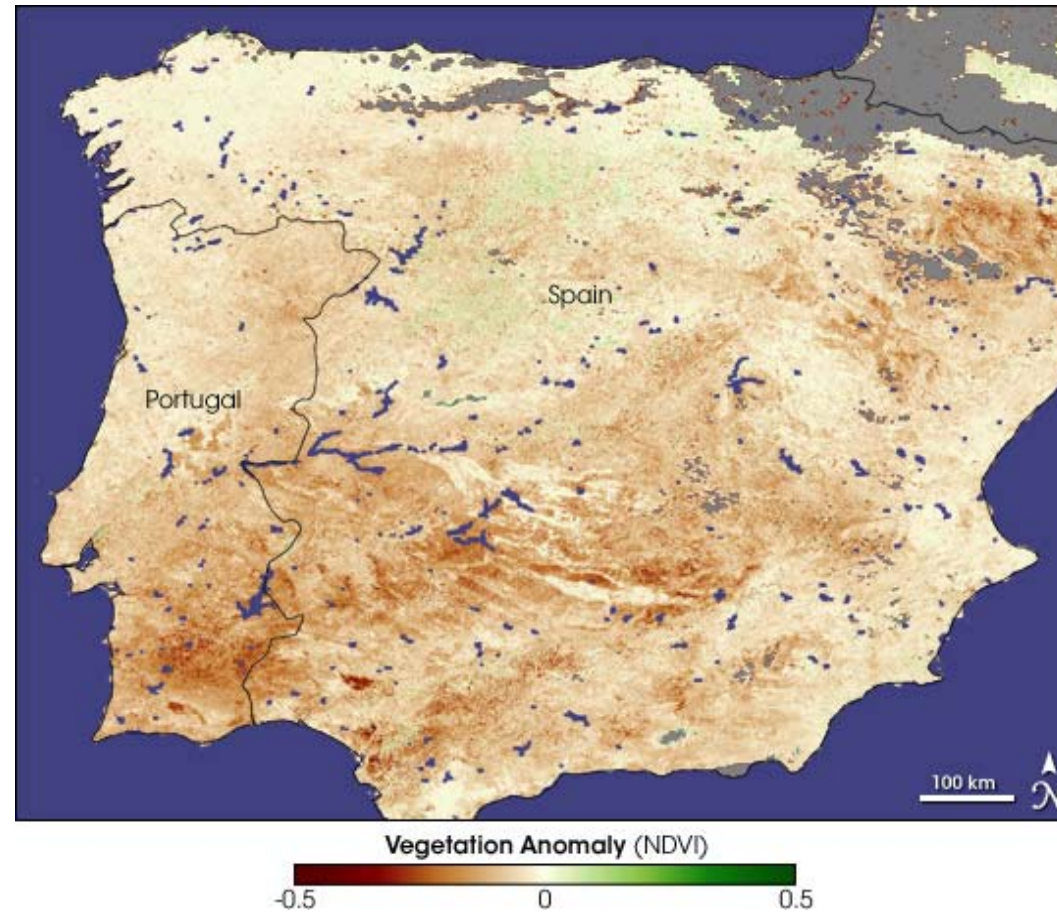


Vochtttekort in de zomer



## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

# Extreme regenval vs. droogte



Universiteit Utrecht

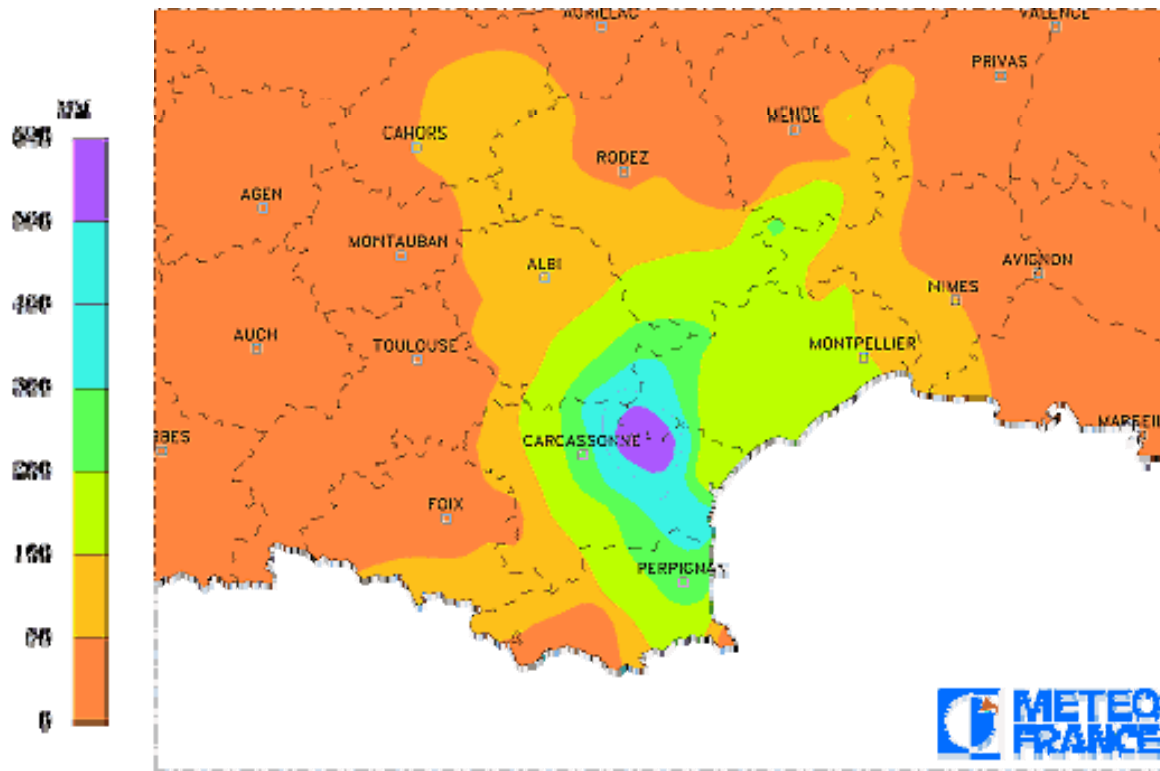
Spanje 2004/2005 extreem droog

January 21, 2010

## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

# Extreme regenval vs. droogte

CUMUL DES PRECIPITATIONS (EN MILLIMETRES)  
DU 12/11/99 AU 13/11/99 (entre 06.00 TU le 12 et 06.00 TU le 14)



Carcassonne 620 mm in 36 uur

12 november  
1999, 6 uur 's  
middags tot 6  
uur 's ochtends  
op 14 november  
Een regenbui  
die op één plek  
bellf hangen.



## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

Temperatuur (2070):

**IPCC A2 (links)**

Winter: +2.5 °C

Zomer: +5.5 °C

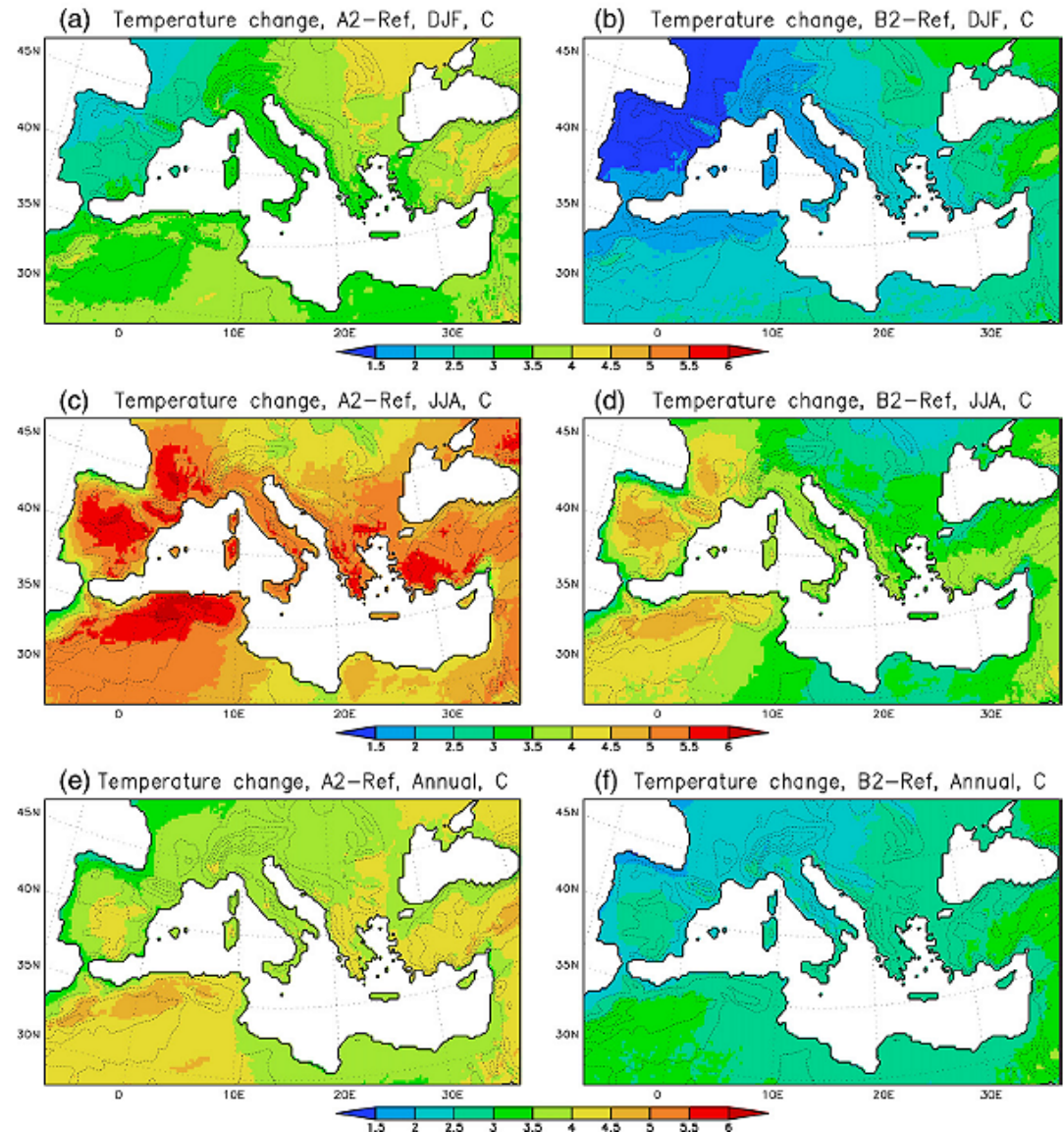
Gemiddeld: +3.5 °C

**IPCC B2 (rechts)**

Winter: +2.0 °C

Zomer: +3.0 °C

Gemiddeld: +2.5 °C



Universiteit Utrecht

## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

Neerslag (2070):

**IPCC A2 (links)**

Winter: +15 / -20 %

Zomer: -30 / -35 %

Gemiddeld: - 2 %

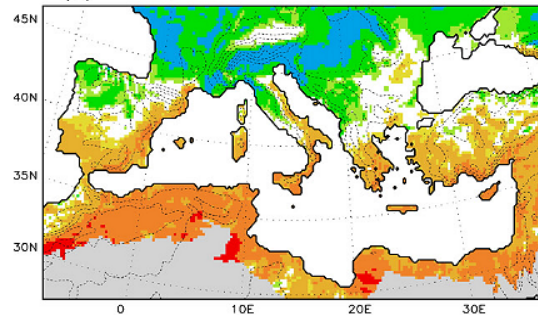
**IPCC B2 (rechts)**

Winter: +35 %

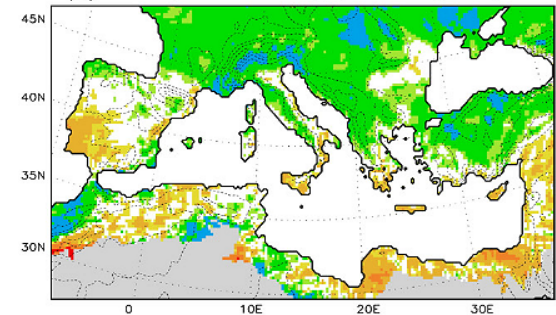
Zomer: -20 %

Gemiddeld: +5 %

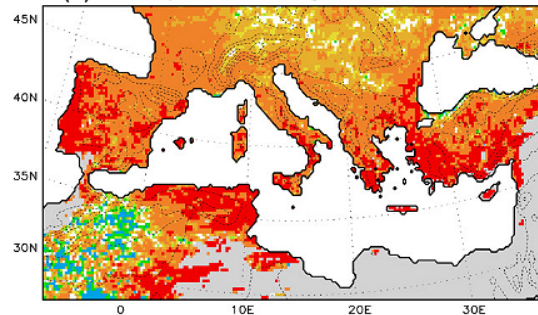
(a) Precipitation change, A2-Ref, DJF, %



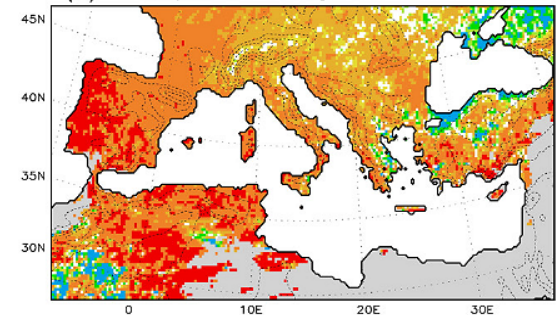
(b) Precipitation change, B2-Ref, DJF, %



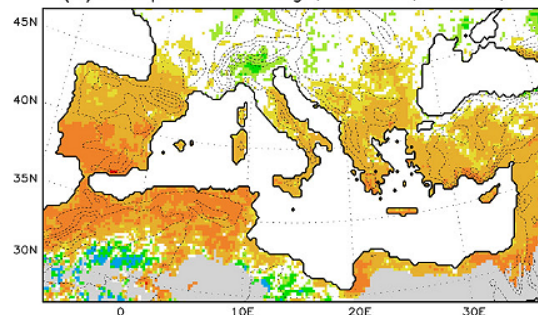
(c) Precipitation change, A2-Ref, JJA, %



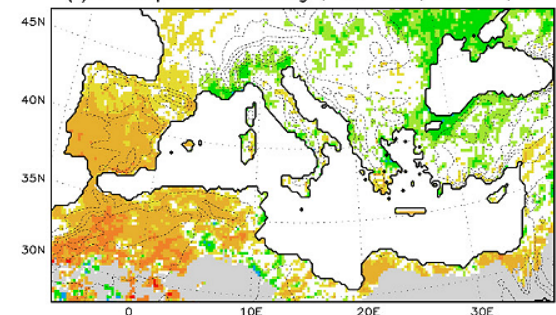
(d) Precipitation change, B2-Ref, JJA, %



(e) Precipitation change, A2-Ref, Annual, %



(f) Precipitation change, B2-Ref, Annual, %



Universiteit Utrecht



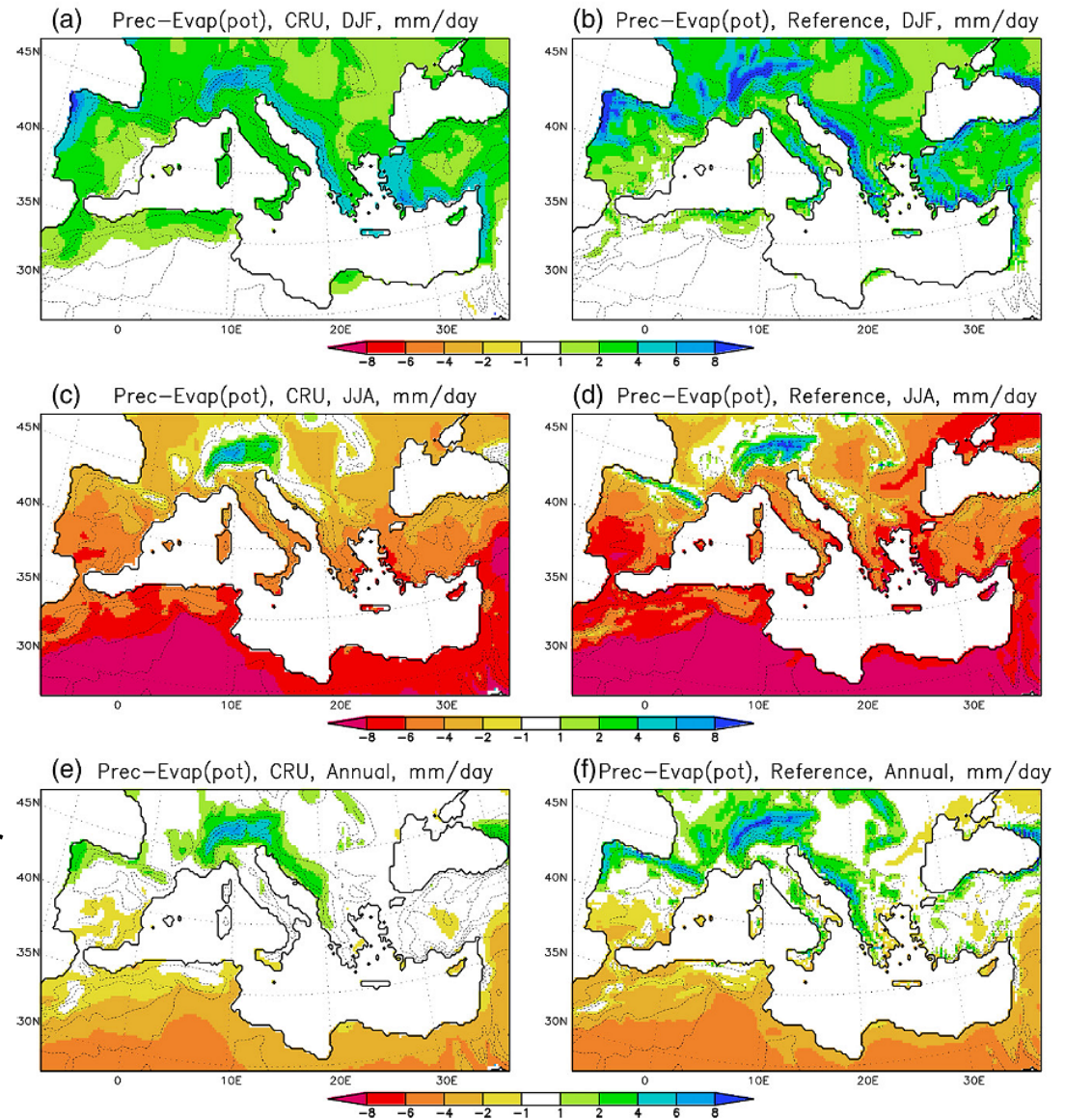
## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

Watertekort (2070):

Meer vocht in winter  
(tot +2 mm/day)

Minder vocht in zomer  
(tot -4 mm/day)

~60 – 80 mm/jaar minder  
vocht beschikbaar voor  
plantengroei.



Universiteit Utrecht

## Karakteristieken van het Mediterrane gebied



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

### Bodems

- Midditerraan gebied
  - Grote variabiliteit, maar algemeen:
  - Veel lemige bodems
  - Veel stenen
  - Laag organisch stofgehalte
  - Gevoelig voor korstvorming
    - Slechte infiltratie van regen
  - Ondiepe bodems
    - Weinig bergend vermogen van water



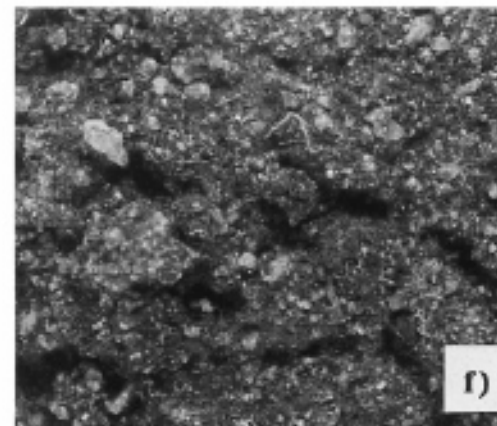
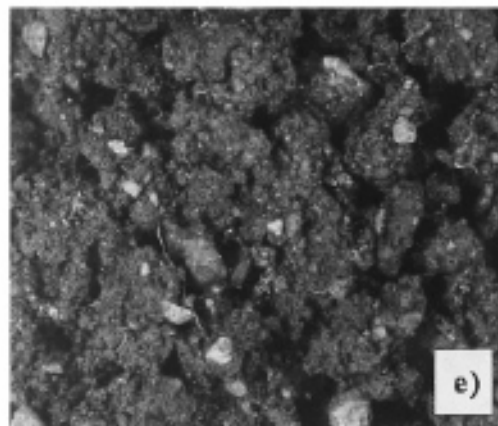
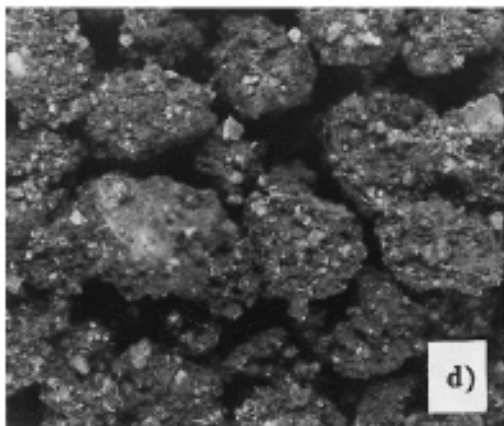
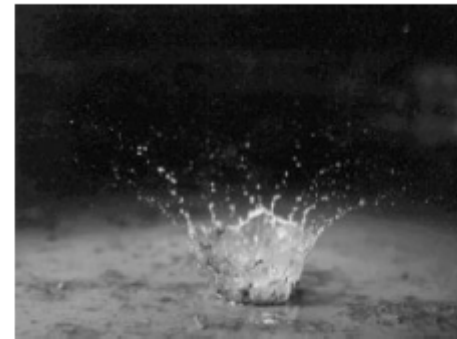
## Karakteristieken van het Mediterrane gebied



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Karakteristieken van het Mediterrane gebied



Korstvorming



Universiteit Utrecht

January 21, 2010

## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

Infiltratie in verkorste bodem flink gereduceerd

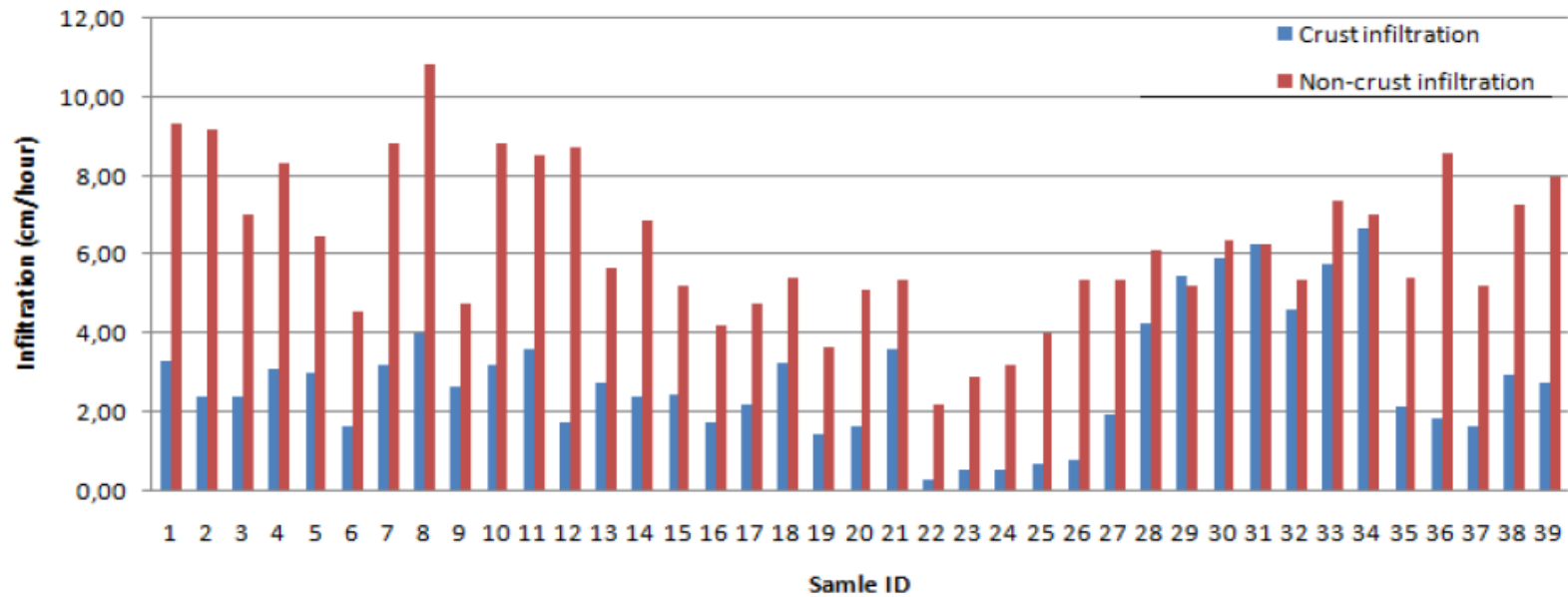


Figure 5.21. Infiltration values





## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

### Vegetatie en landgebruik

- Midditerraan gebied
  - Lage natuurlijke vegetatiebedekking
    - Droogte
  - Ontbossing en begrazing
  - Landbouw zorgt voor geringe bodembedekking
  - Grondbewerking



## Karakteristieken van het Mediterrane gebied



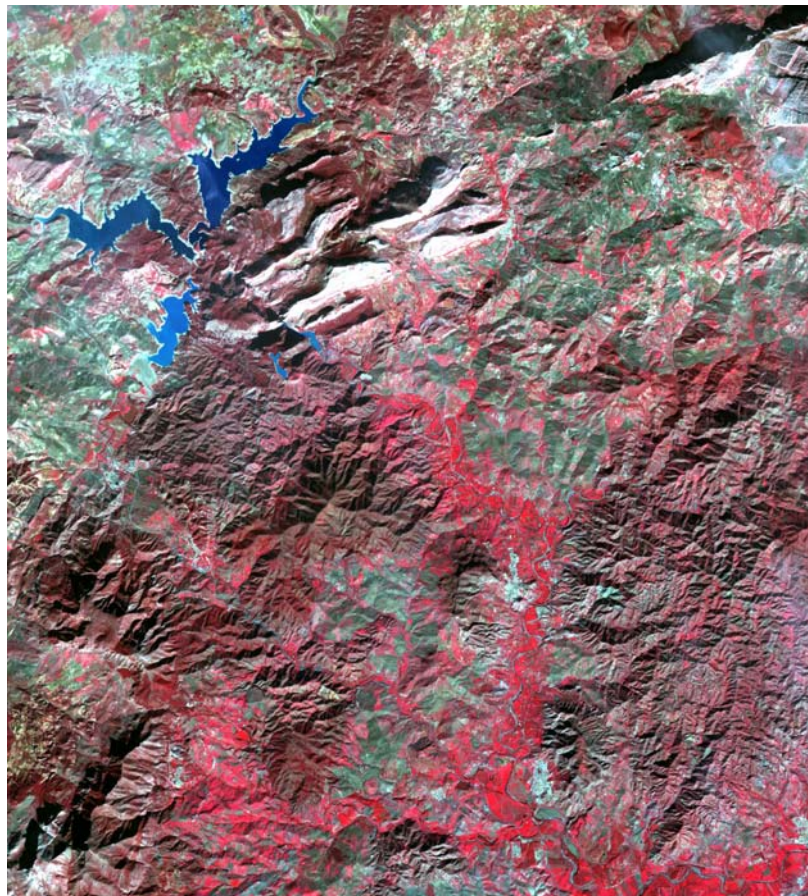
**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

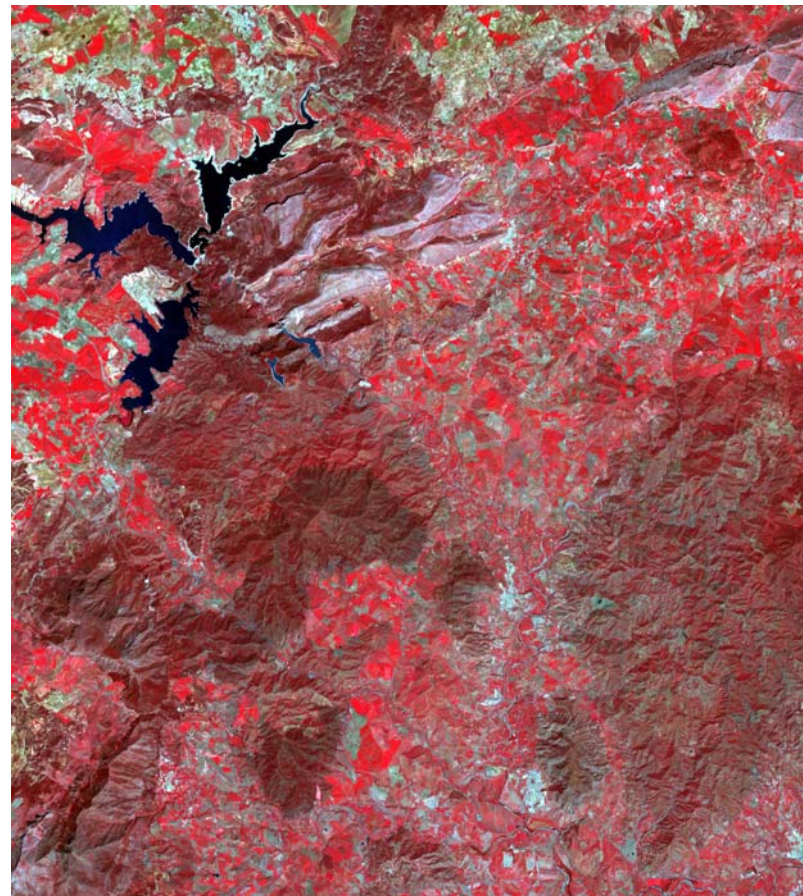


## Karakteristieken van het Mediterrane gebied

12 december 2000



12 April 2001



Universiteit Utrecht

False color RS beelden  
(rood = vegetatie)

January 21, 2010

# Winderosie



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Winderosie in de Sahel

### De Sahel

- Regio ten zuiden van de Sahara
  - Van Senegal tot Ethiopie
- 200 – 800 mm regen per jaar
  - Grote variabiliteit
- Arme bevolking
  - Voornamelijk afhankelijk van landbouw



# Winderosie in de Sahel

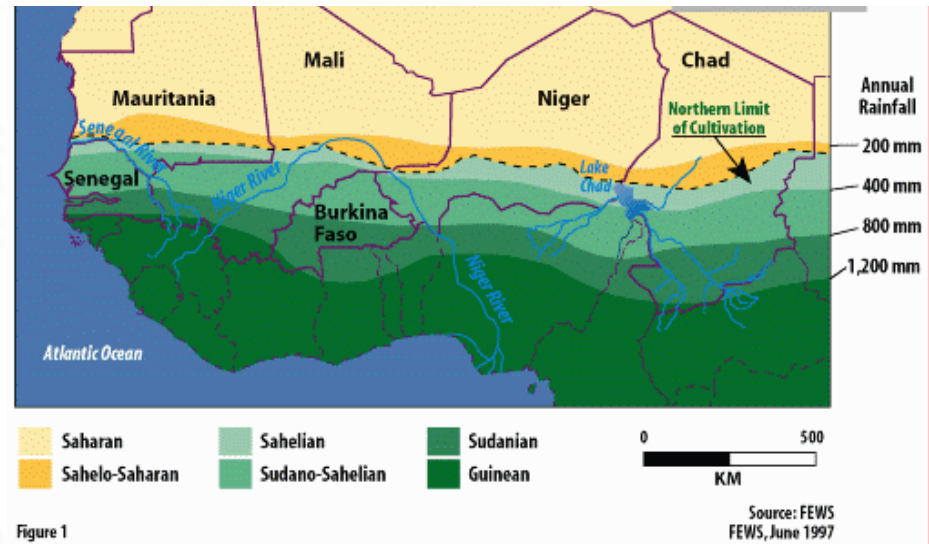


Figure 1



## Winderosie in de Sahel



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Winderosie in de Sahel



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Winderosie in de Sahel



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Winderosie in de Sahel



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



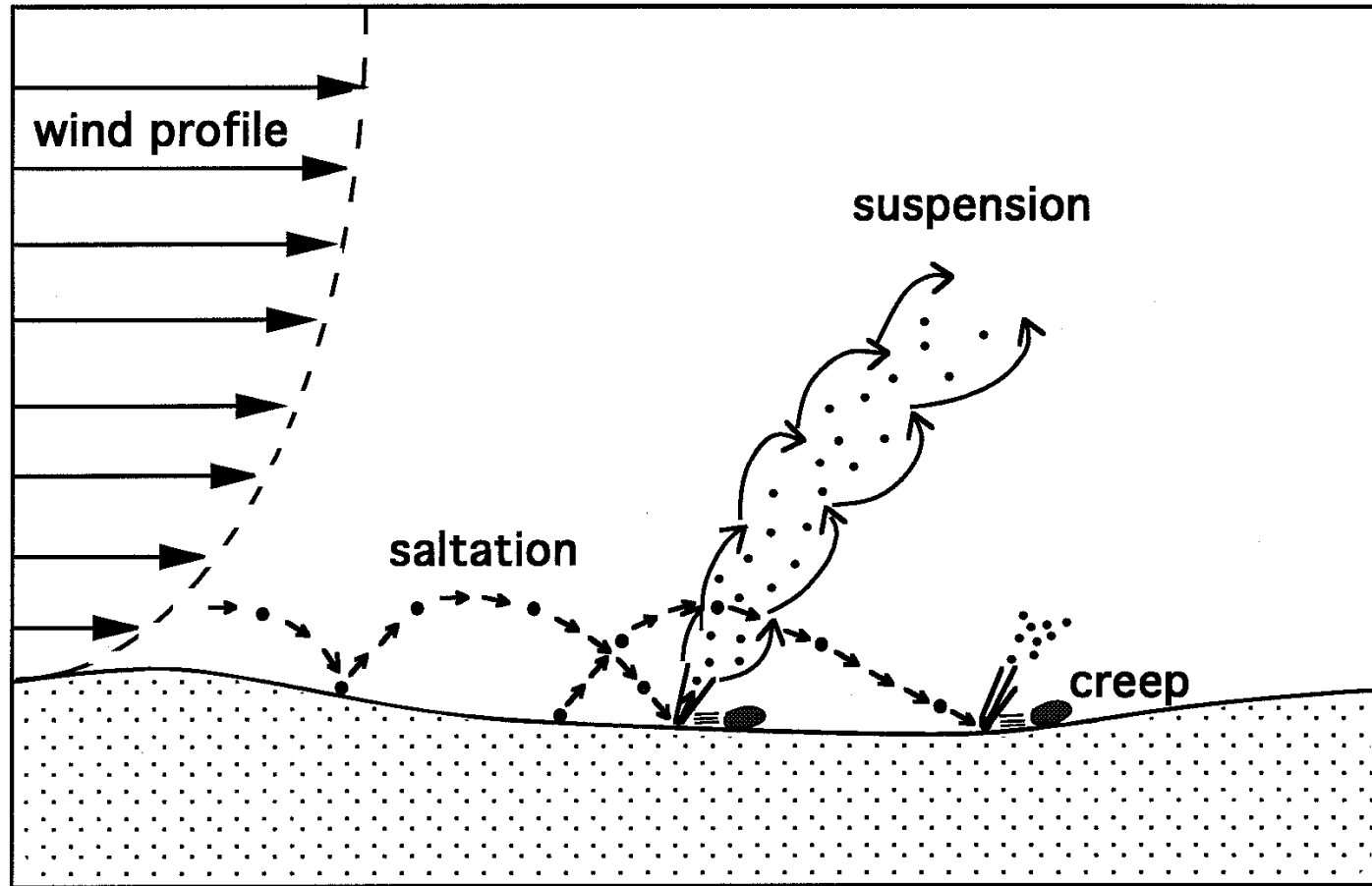
## Winderosie in de Sahel

### De Sahel

- Het voorbeeld van verwoestijning
- Ernstigste landdegradatie wereldwijd
  - Vooral door winderosie
  - Saltatie, kruip en suspensie
- Gevolgen:
  - Verminderde bodemvruchtbaarheid
  - Gewasschade
  - Duinvorming

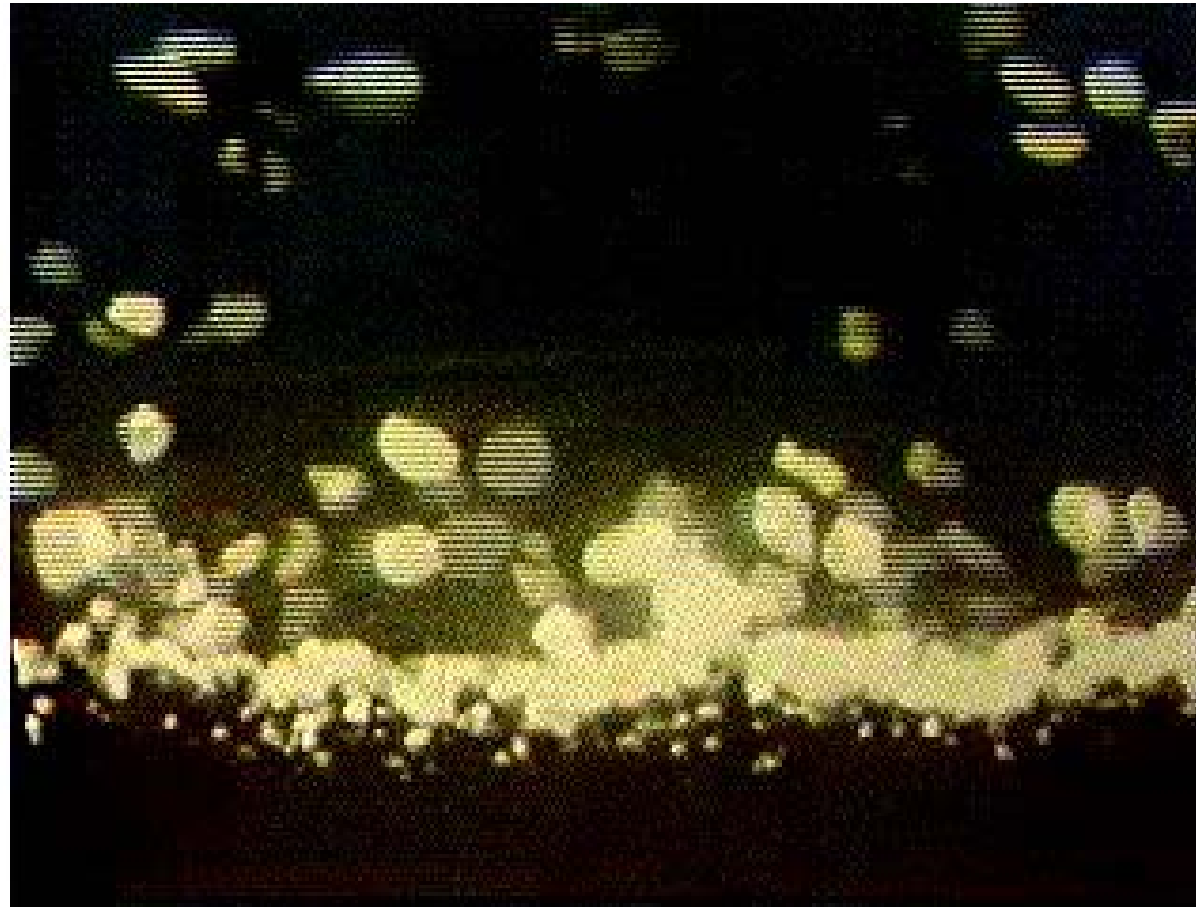


## Winderosie in de Sahel



## Winderosie in de Sahel

Saltatie en kruip in een windtunnel



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Winderosie in de Sahel



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



## Winderosie in de Sahel

### Oorzaken winderosie

- Bodemtypen
  - Zandig
  - Weinig structuur
- Klimaat
  - Lange droge tijd
  - Twee seizoenen met veel wind
- Vegetatie
  - Weinig bedekking



## Winderosie in de Sahel



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



## Winderosie in de Sahel

# Oorzaken winderosie

- Harmattan
  - Droge passaat-wind uit Sahara
  - December-februari
  - Brengt veel stof



## Winderosie in de Sahel







## Winderosie in de Sahel

# Oorzaken winderosie

- Begin regentijd
  - Mei-Juni
  - Convectieve onweersbuien
  - Veroorzaken heftige, korte stormen



## Winderosie in de Sahel

Convectieve onweersbui  
(Cumulonimbus) in Niger



**Universiteit Utrecht**



## Winderosie in de Sahel

Stofstorm in de Sahel: een voorbeeld van ernstige bodemerosie



**Universiteit Utrecht**

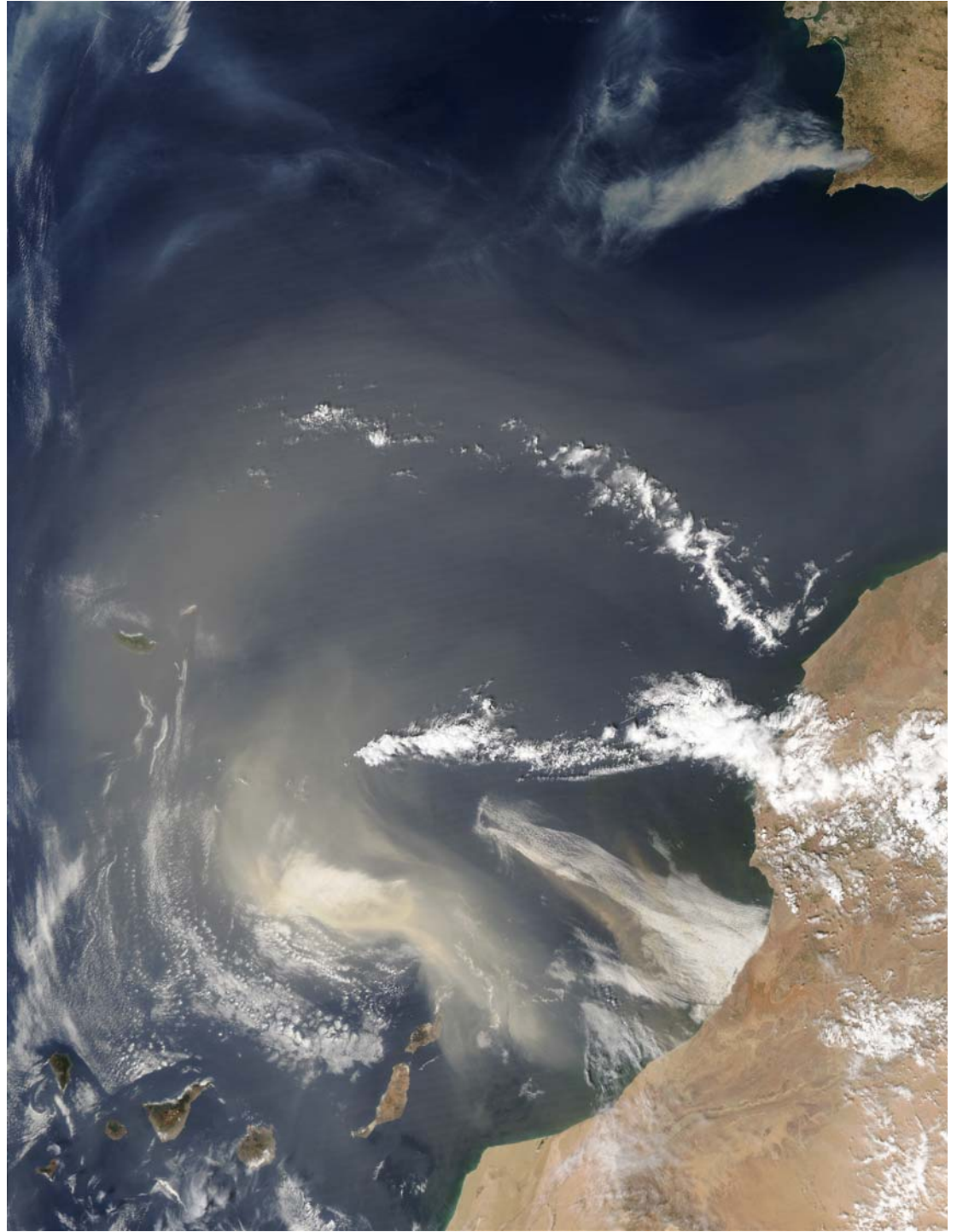
January 21, 2010



Stoftransport over de  
Atlantische Oceaan



**Universiteit Utrecht**



## Stoftransport over de Middellandse zee



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



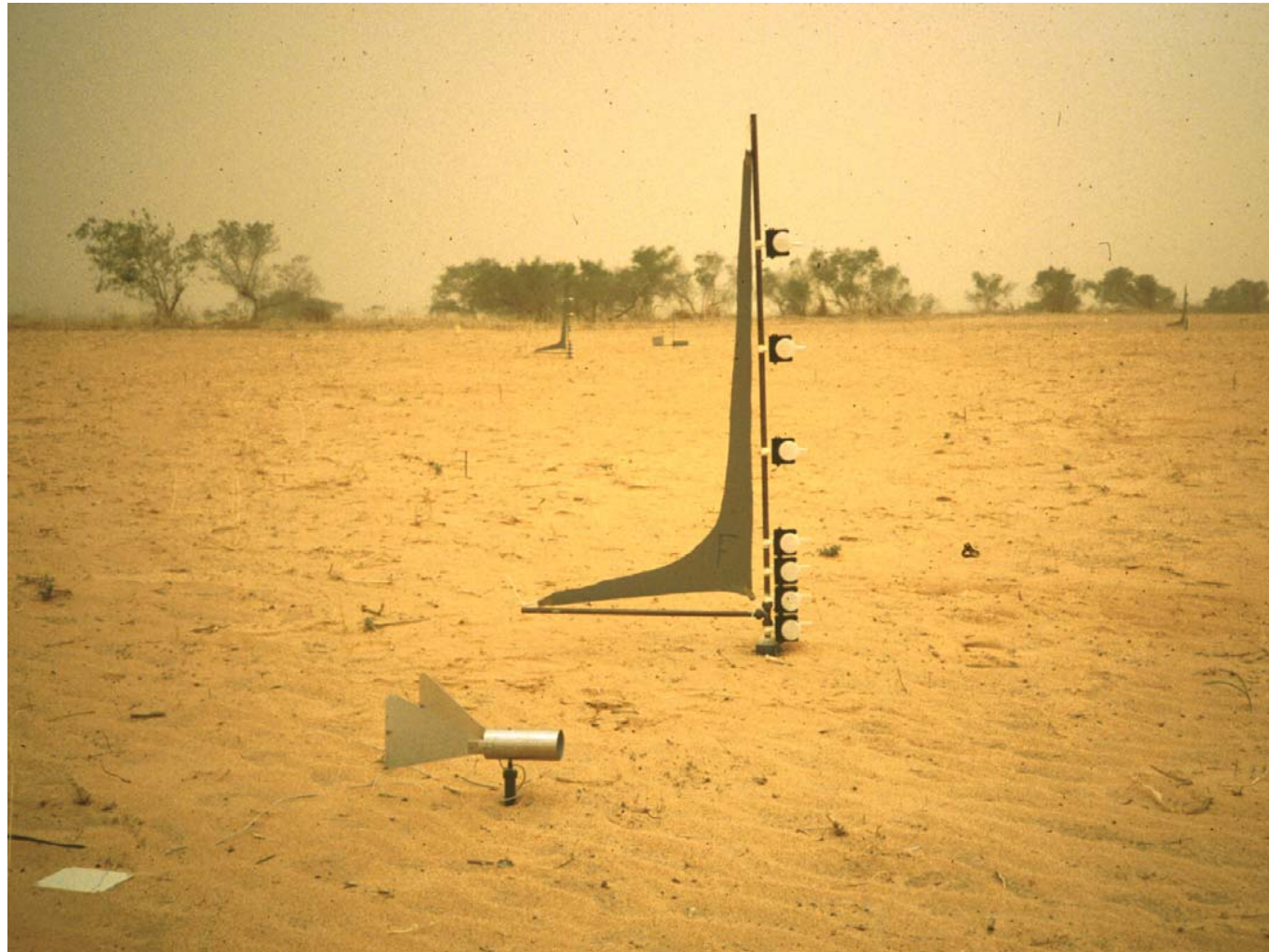
## Winderosie in de Sahel

# Onderzoek naar winderosie in de Sahel

- Effecten van natuurlijke vegetatie
  - Op windveld
  - Op zandtransport
- Doel:
  - Gebruik maken van natuurlijke vegetatie om winderosie tegen te gaan



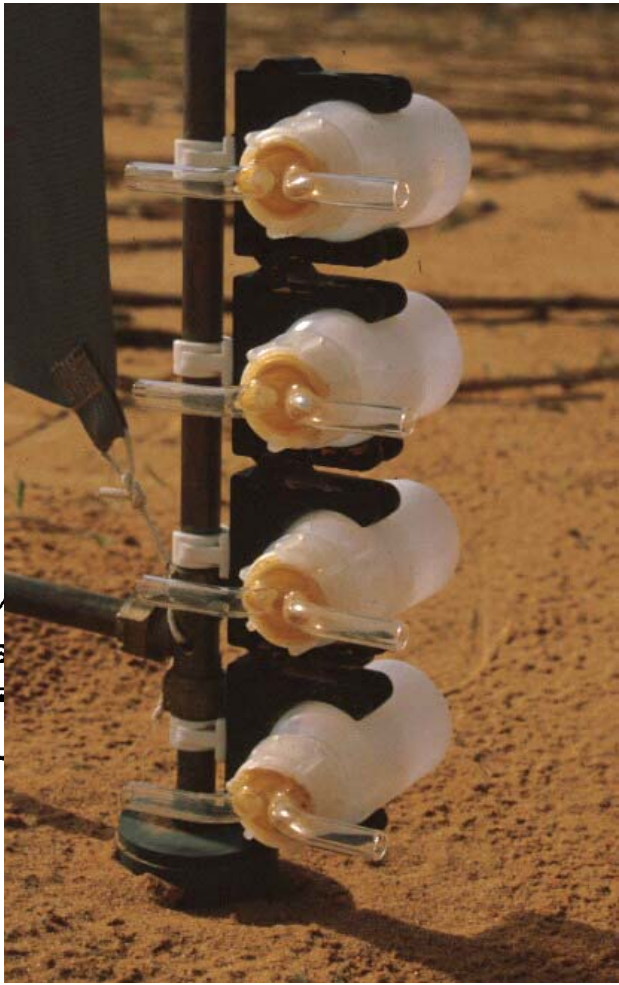
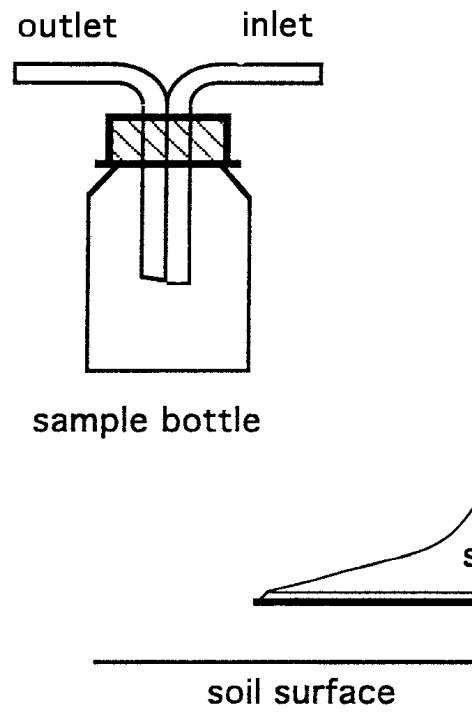
## Winderosie in de Sahel



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

# Winderosie in de Sahel



rame

ttle

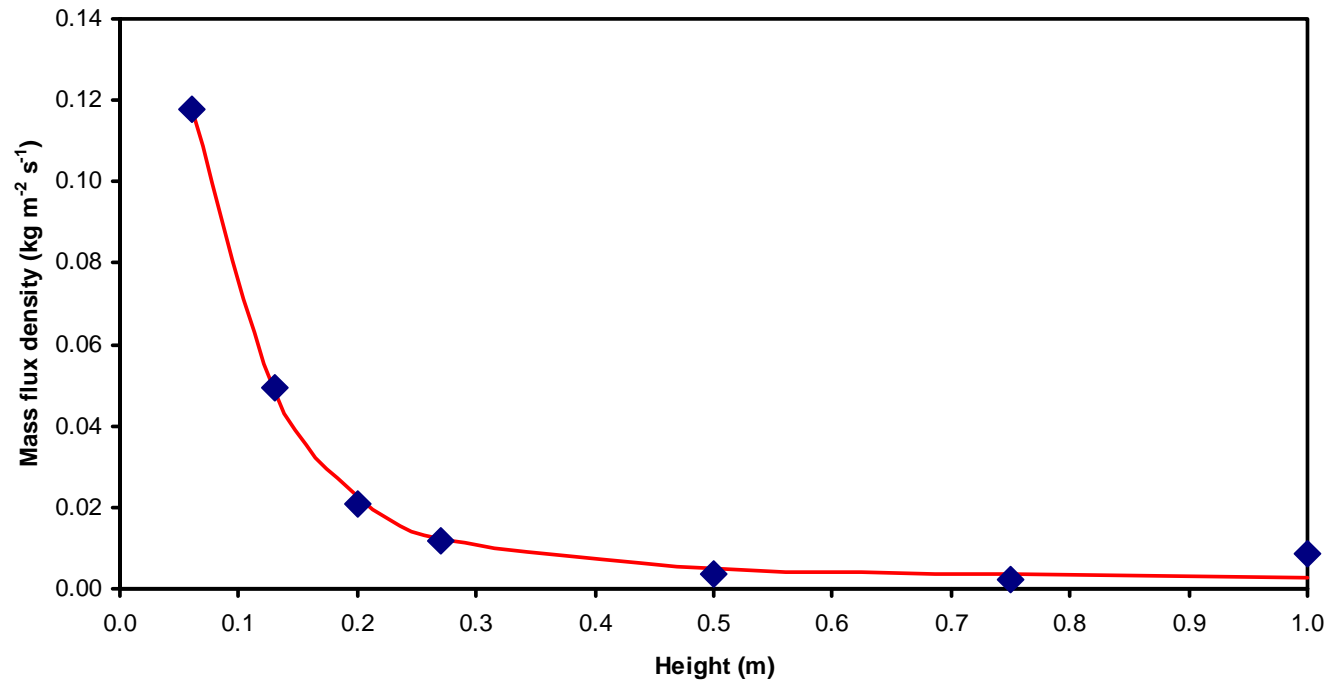


Universiteit Utrecht

January 21, 2010



## Winderosie in de Sahel

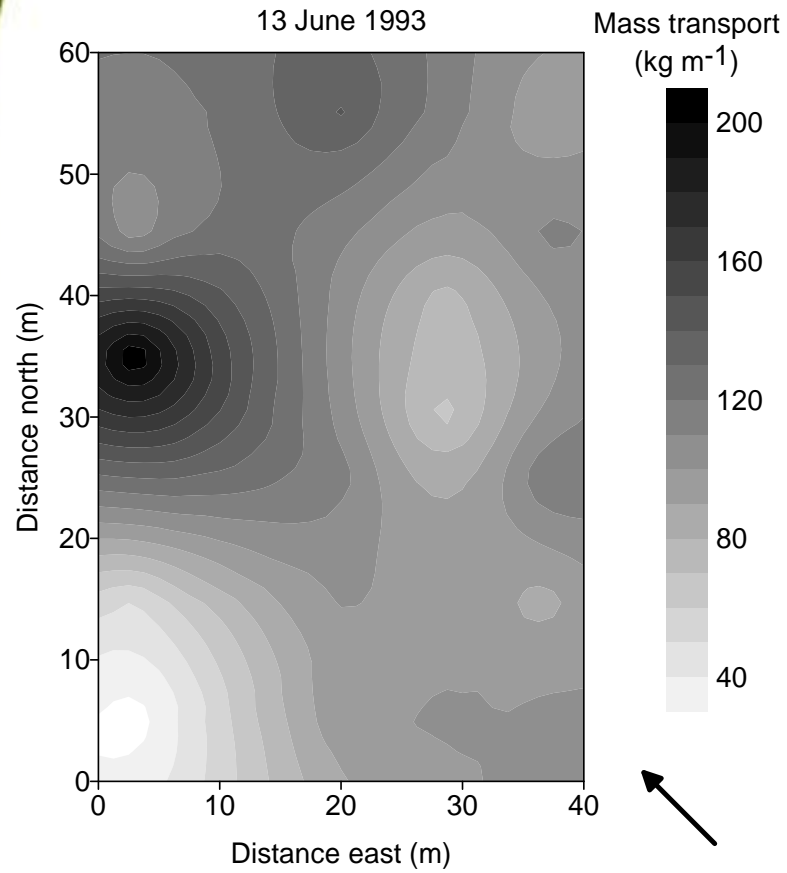


### Massaflux-dichtheid

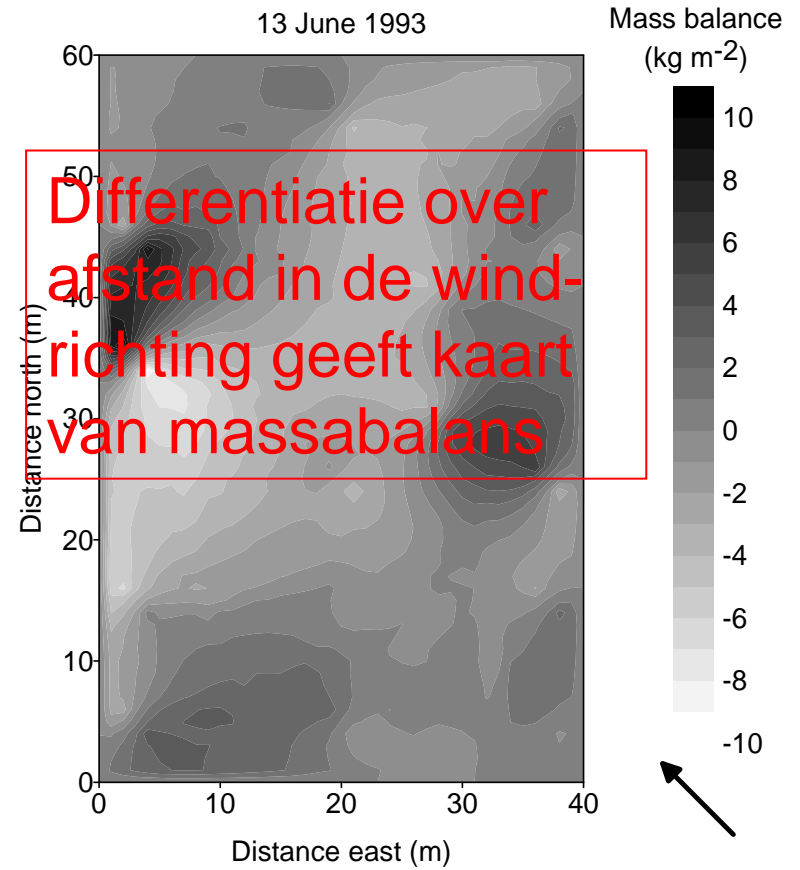
Integratie over hoogte geeft massaflux



# Winderosie in de Sahel



**Massaflux kaart (1 storm)**



Differentiatie over afstand in de wind-richting geeft kaart van massabalans

**Erosie/depositie kaart**



## Winderosie in de Sahel

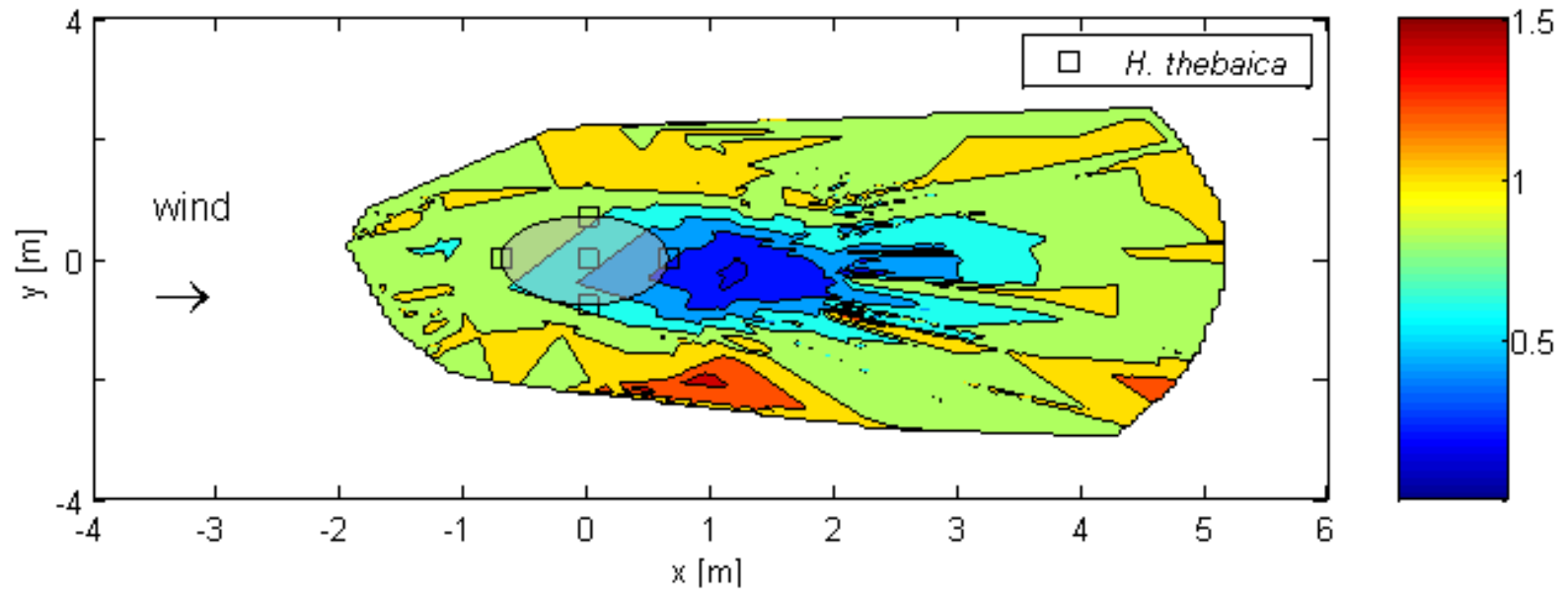


**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Winderosie in de Sahel

# Windveld rondom struik

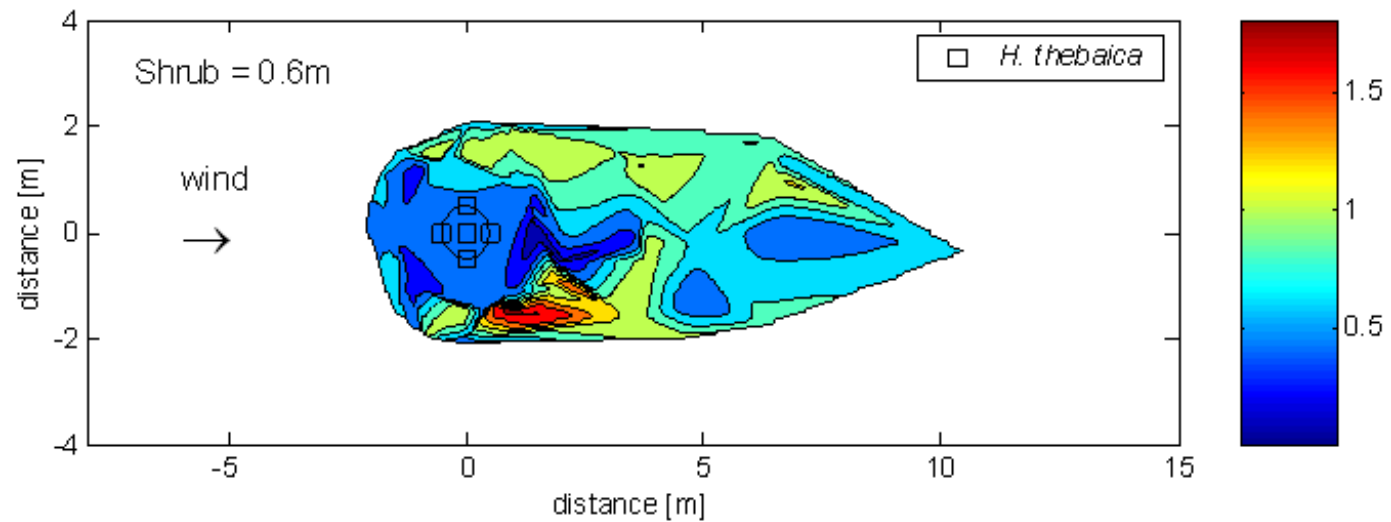


Genormaliseerde windsnelheid



## Winderosie in de Sahel

# Zandtransport rondom struik



Genormaliseerd zandtransport



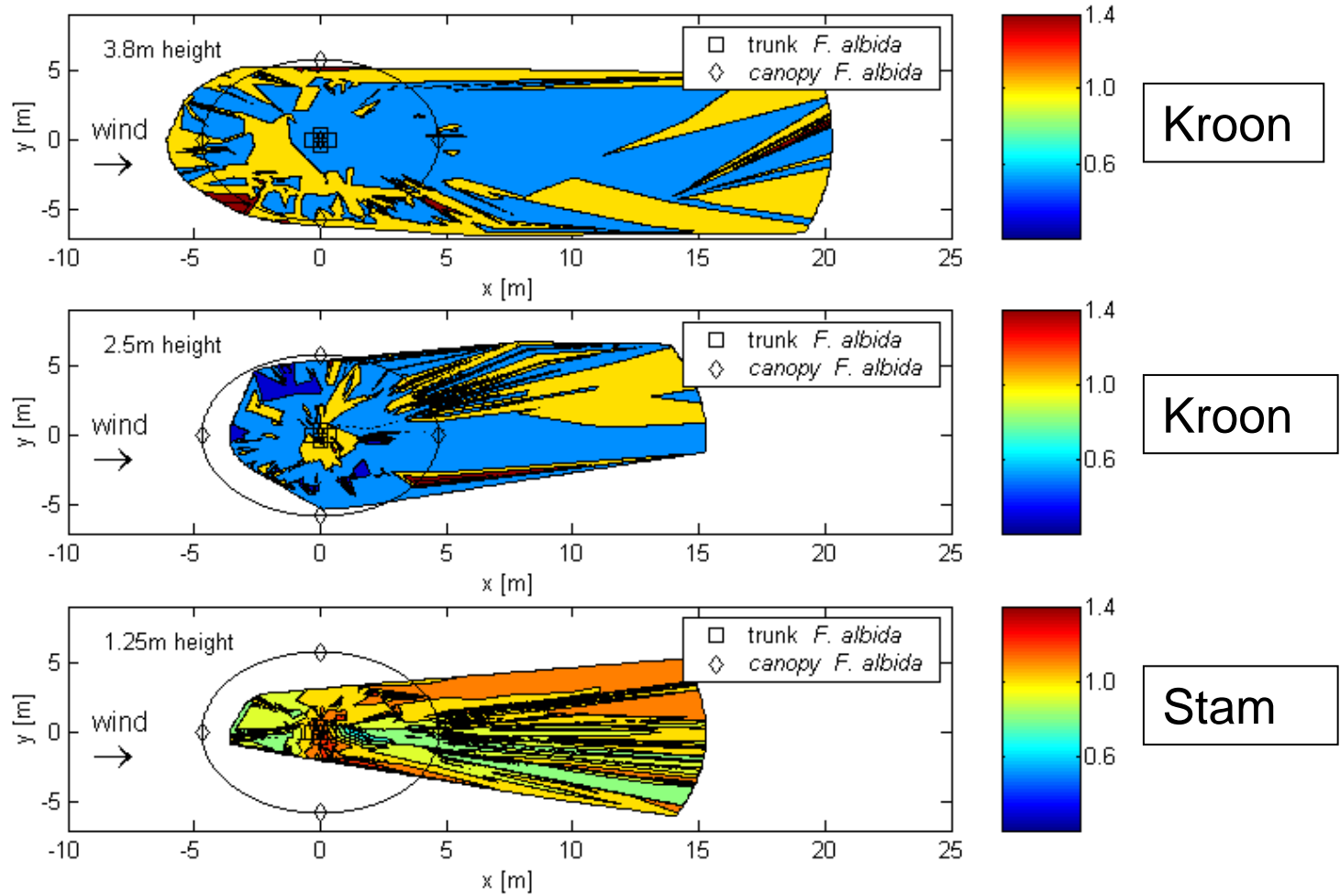
# Winderosie in de Sahel



January 21, 2010



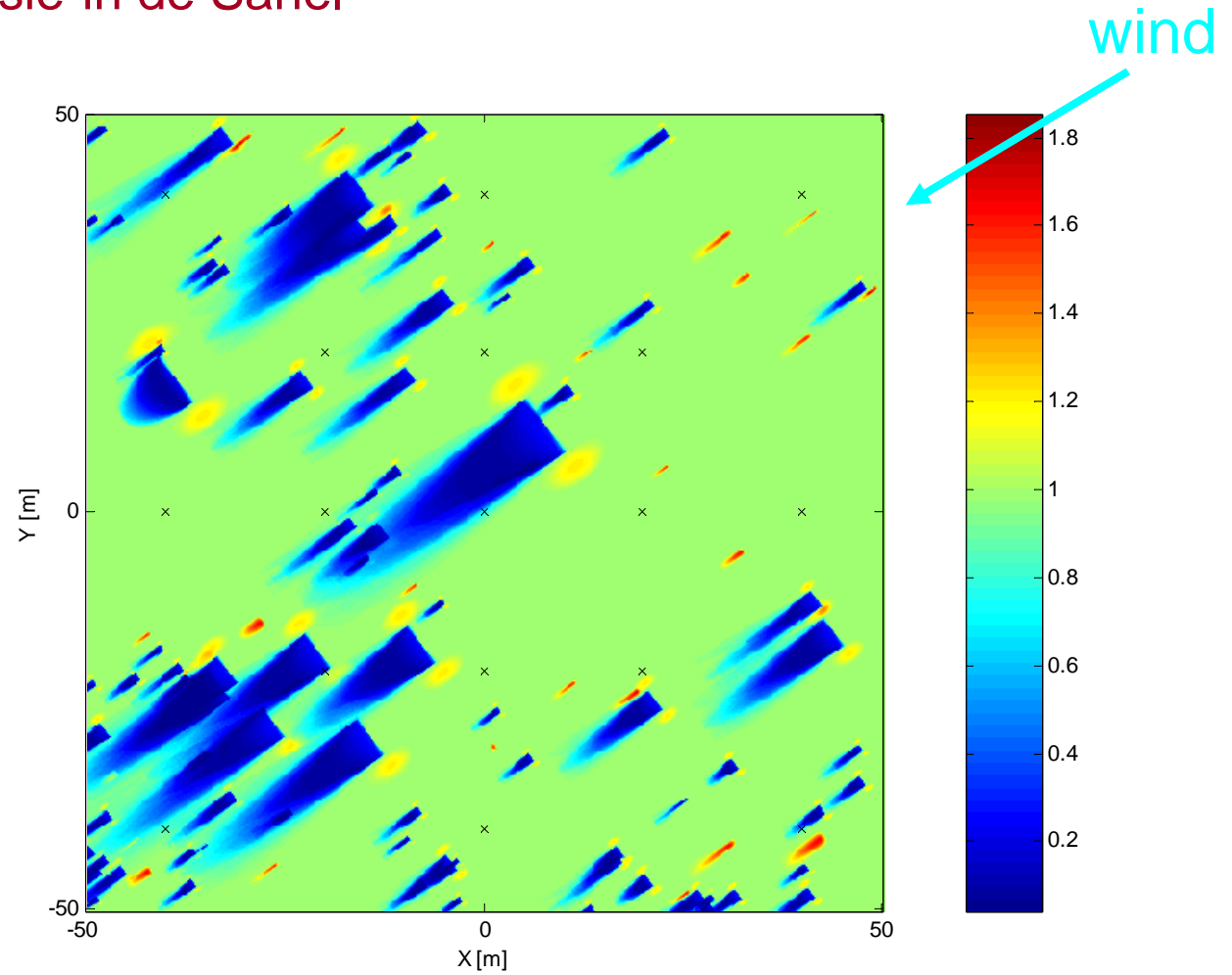
# Winderosie in de Sahel



Genormaliseerde windsnelheid



# Winderosie in de Sahel



Model van zandtransport (veldschaal)



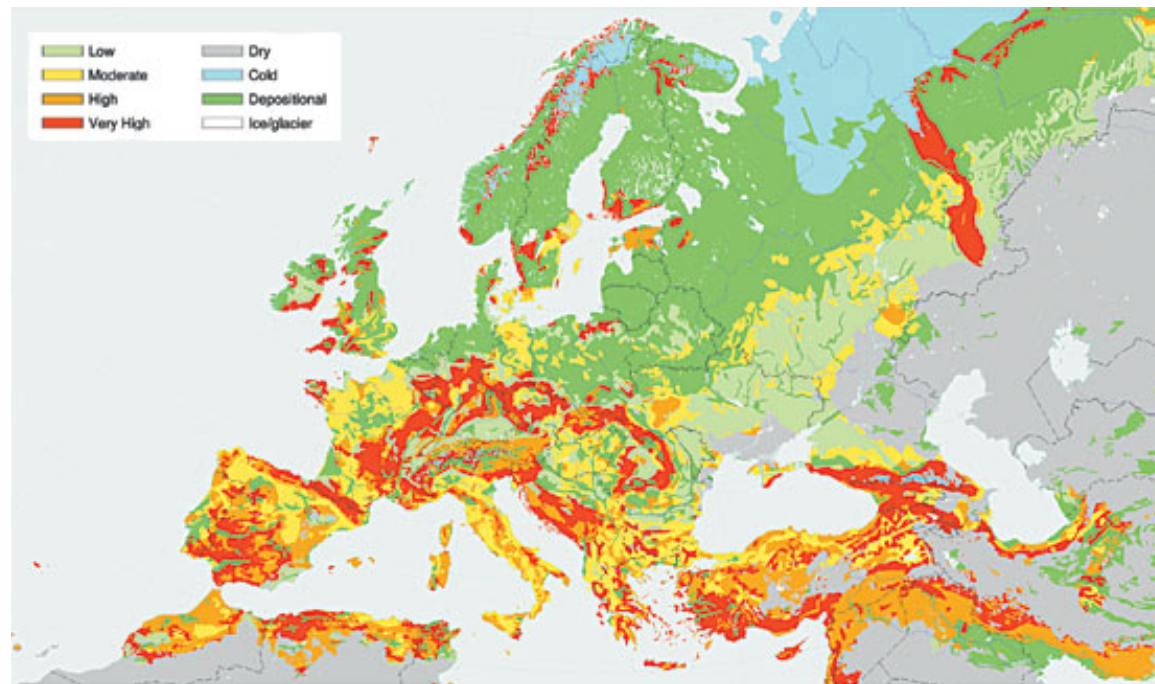


# Watererosie



Watererosie in het Mediterrane gebied

## Watererosie in Europa

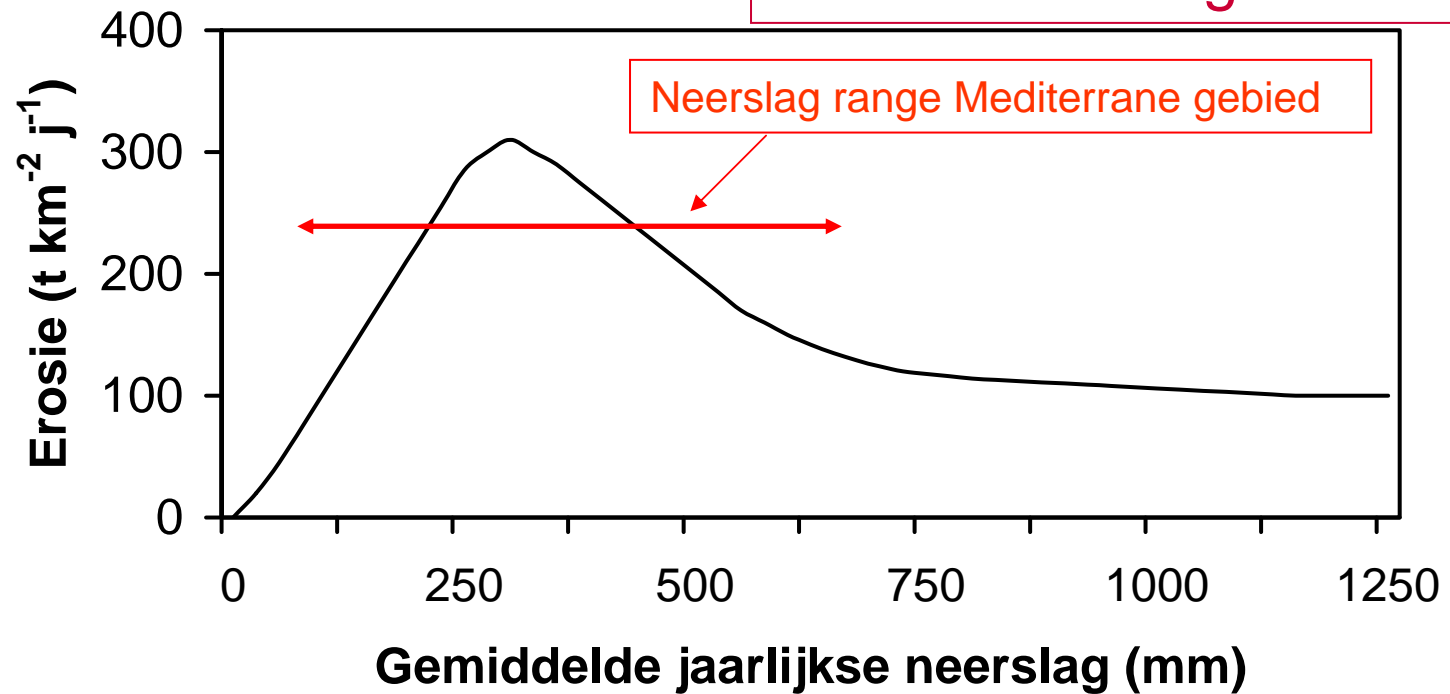


Universiteit Utrecht

January 21, 2010

## Relatie regenval en watererosie

Waarom een afname bij toenemende regen?





The Netherlands & Utrecht city

## Belangrijkste erosieprocessen

- Spaterosie
  - Ril- en interrilerosie
  - Geulerosie
- } watererosie
- Bewerkingserosie
  - Massabewegingen



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



The Netherlands & Utrecht city

## Spaterosie

- Wordt veroorzaakt door regendruppels
  - Losmaken en transport van bodemdeeltjes
  - Kinetische energie van druppels
  - Weerstand van de bodem
  - Transport over kleine afstand



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

The Netherlands & Utrecht city

# Spaterosie



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



The Netherlands & Utrecht city

## Interrilerosie

- Combinatie van spaterosie en stroming
  - Wanneer de regenhoeveelheid de infiltratie overschrijdt treedt oppervlakkige afstroming op
  - Dunne laagjes oppervlakkige afstroming hebben weinig schuifkracht en veroorzaken geen erosie
  - Regendruppels veroorzaken losmaken
  - Oppervlakkige stroming voert materiaal af



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



The Netherlands & Utrecht city

## Rilerosie

- Gevolg van geconcentreerde stroming
  - Hoe dikker de waterlaag, des te groter de schuifkracht
  - Losmaken en transport van bodemdeeltjes
  - Kleine kanaaltjes (rillen) ontstaan
- Rillen kunnen door bewerking worden verwijderd



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



The Netherlands & Utrecht city



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



The Netherlands & Utrecht city



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010





The Netherlands & Utrecht city

## Geulerosie

- Sterke concentratie van oppervlakkige stroming
  - Natuurlijk drainagesysteem
  - Soms door sterke groei van rillen
  - Vaak complexe processen in het landschap



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

The Netherlands & Utrecht city



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



The Netherlands & Utrecht city

## Bewerkingserosie

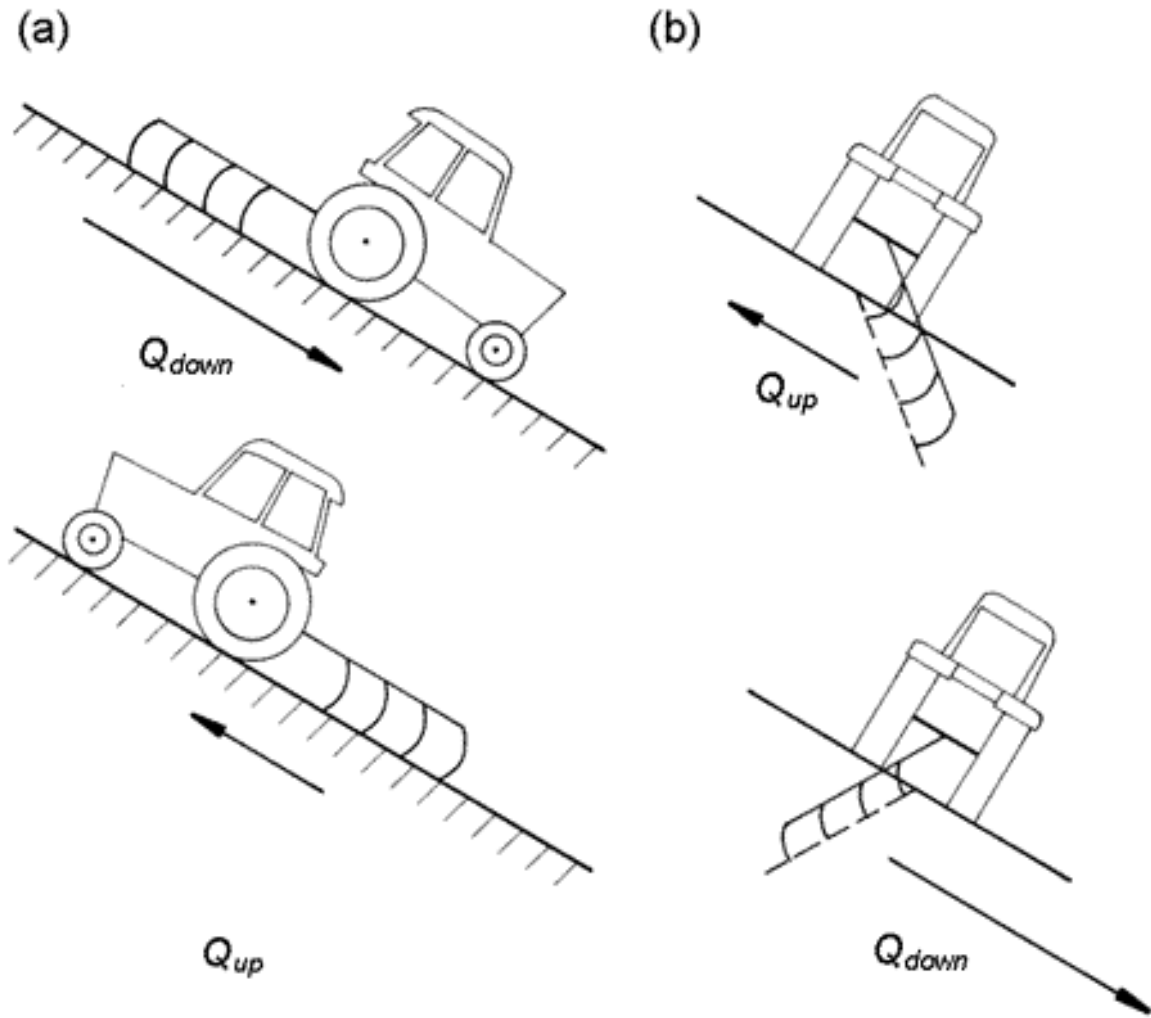
- Neerwaarts bodemtransport door bewerking
- Veelal in velden met boomgewassen (Olijf)
  - Frequente bodembewerking voor waterconservering
- Direct gerelateerd aan de helling
  - Hoe steiler des te groter het bodemtransport
- Zeer lokaal transport



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

The Netherlands & Utrecht city



The Netherlands & Utrecht city



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



## Overstromingen in het Mediterrane gebied

# Oorzaken van overstromingen

- Regen met hoge intensiteit
- Lage infiltratiesnelheid en -capaciteit bodems
- Relatief veel oppervlakkige afstroming
  - Vooral in de herfst als bodems kaal zijn
- Snelle afvoer van water (flash floods)
- Hoge sedimentlast





## Overstromingen in het Mediterrane gebied

### Rio Campanillas (Malaga) 27-03-2004



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

Overstromingen in het Mediterrane gebied

**Rio Campanillas (Malaga) 28-03-2004**



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Overstromingen in het Mediterrane gebied



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Overstromingen in het Mediterrane gebied



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Kwantificering van watererosie

# Watererosie – hoe te kwantificeren?

- Waarom kwantificeren?
- Veroorzaakte schade
  - Bodemverlies
  - Nutriëntenverlies
  - Schade aan gewassen, infrastructuur
  - Vervuiling, etc.
- Ontwikkeling oplossingen
  - Maatregelen tegen erosie/landdegradatie



## Kwantificering van watererosie

### **Meten is weten!**

- Maar meten is ook lastig!
  - Kost veel tijd en geld
- Weinig geschikte meetinstrumenten
  - Plotmetingen
  - Afvoermetingen
  - Meteorologie
  - Infiltratiemetingen
  - ...



## Kwantificering van watererosie



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Kwantificering van watererosie



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



## Kwantificering van watererosie



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Kwantificering van watererosie



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

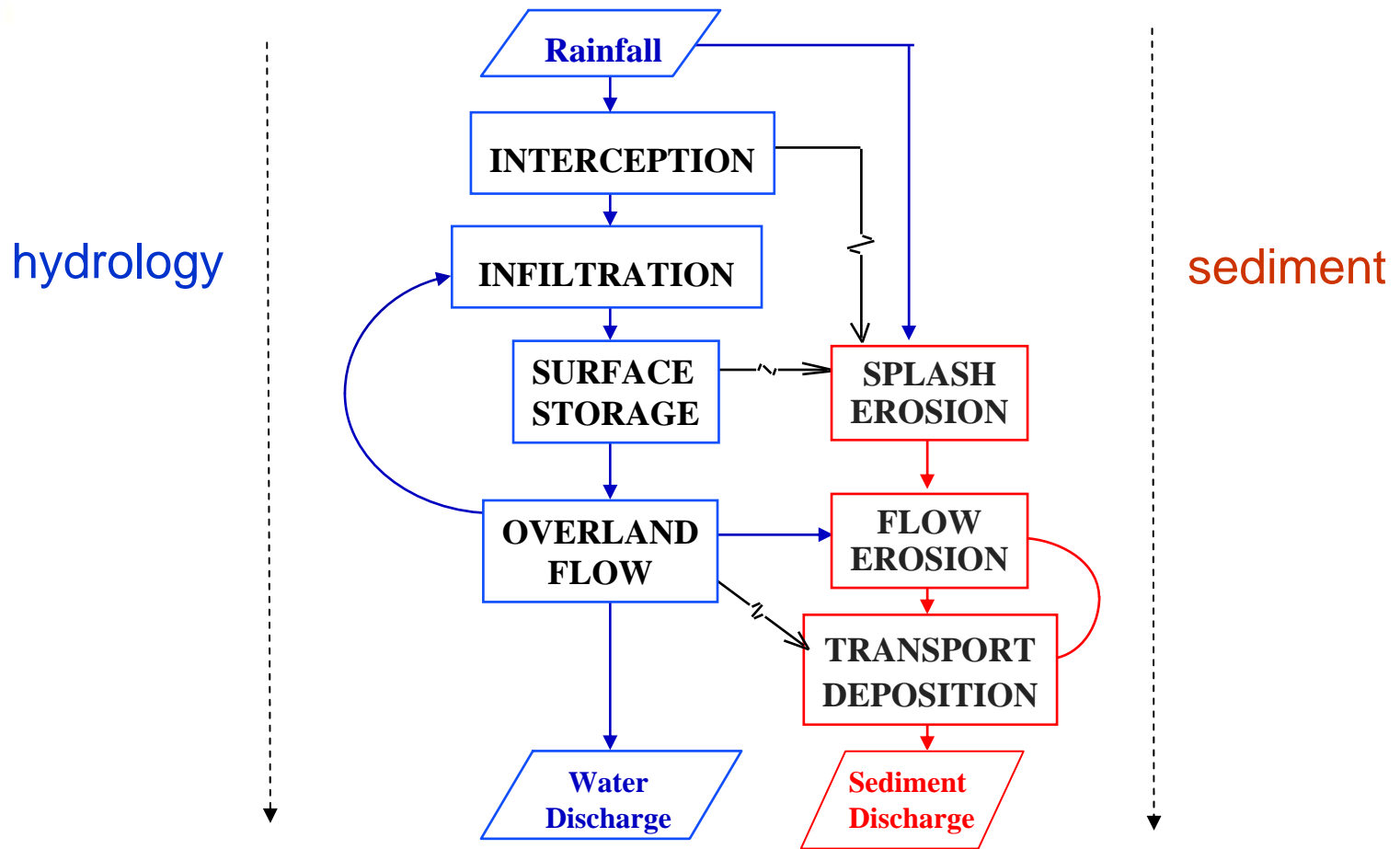
## Kwantificering van watererosie

# Modelleren van watererosie

- Moderne manier van kwantificering
  - Computermodellen van watererosie
  - Variërend van simpel tot zeer complex
  - Alleen mogelijk in combinatie met goede metingen
  - Modelleren is moeilijk maar vaak efficiënt
  - Handig voor testen van scenario's



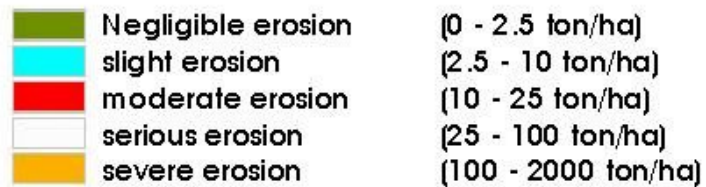
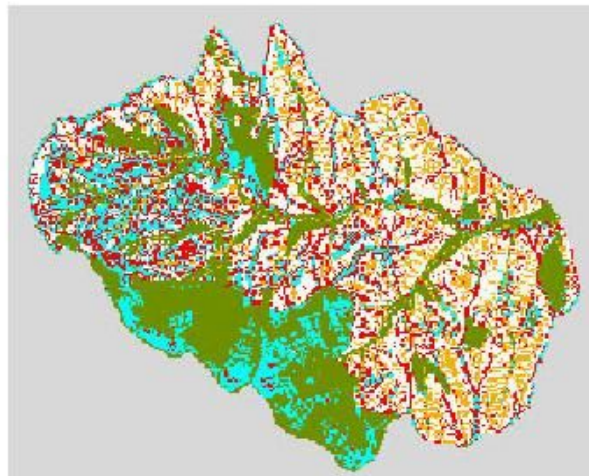
# Kwantificering van watererosie



## Kwantificering van watererosie

# LISEM toepassing in China

### Present Land Use



# Massabewegingen



**Universiteit Utrecht**



## Massabewegingen

# Massabeweging

- Plotseling in beweging komen van een 'massa' bodem, gesteente, sneeuw
  - Op steile hellingen: evenwicht tussen wrijvingskracht en zwaartekracht
  - Evenwicht wordt verstoord door een "trigger"
  - Hydrologie: grondwater beïnvloedt de hellingstabilditeit



# Massabewegingen



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010





## Massabewegingen

# Massabeweging

- Enorme hoeveelheden materiaal
  - Meestal eenmalig
  - Soms herhaling op dezelfde plek (reactiveren)
- Gevolgen desastreus:
  - Puin op huizen en wegen
  - Afdammen rivieren



## Massabewegingen

### Recente afschuiving in Brazilië (jan. 2010)



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Massabewegingen

### Recente afschuiving in Brazilië (jan. 2010)



Zeker 72 dodelijke slachtoffers, mogelijk meer

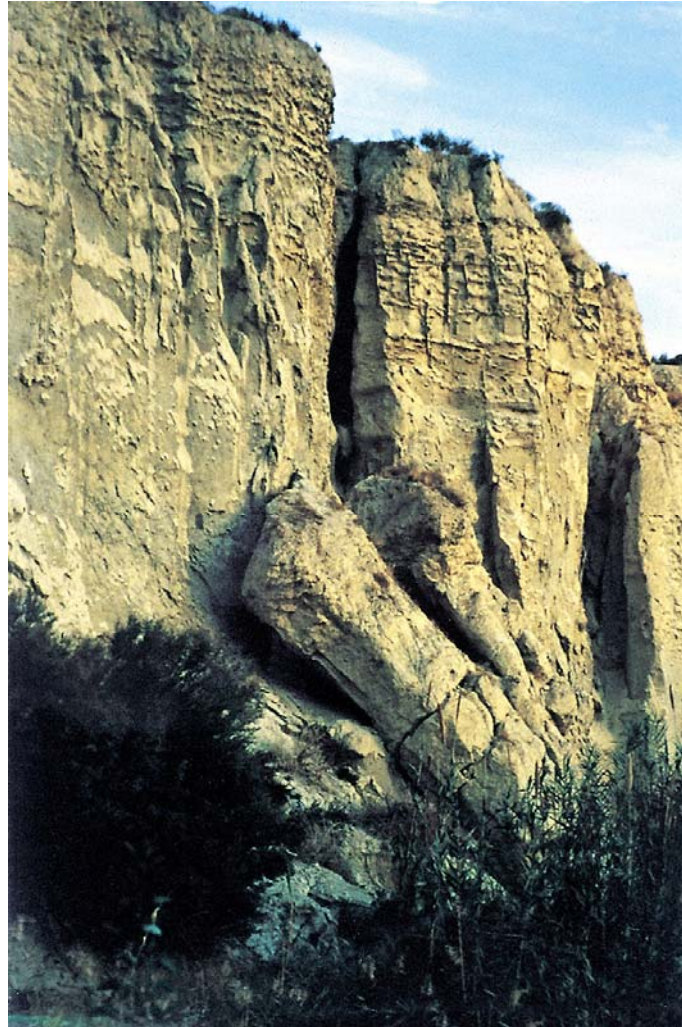


**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

## Massabewegingen

### Voorbeeld 'fall'



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

# Massabewegingen

## Voorbeeld 'slide'



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

# Massabewegingen

## Voorbeeld 'slides'



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010

# Massabewegingen

## Voorbeeld 'debris flow'



## Massabewegingen

### Voorbeeld 'creep'



**Universiteit Utrecht**

January 21, 2010



## Massabewegingen

### Voorbeeld 'creep'

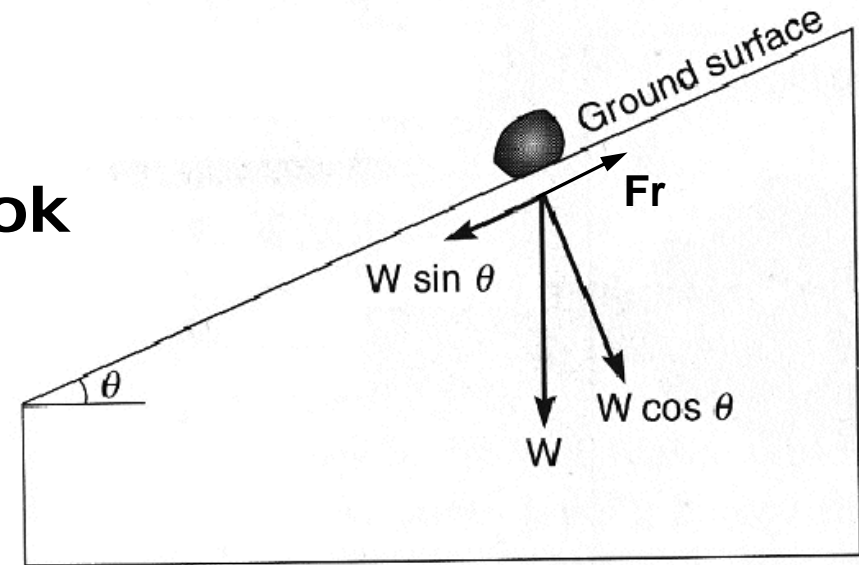


Universiteit Utrecht

January 21, 2010

## Massabewegingen

### Krachten op een blok



- Zwaartekracht op massa  $W$ :
  - Normaal component  $G = W \cos \theta$
  - Schuifkracht  $T = W \sin \theta$
- $T$  trekt blok naar beneden:
  - Creëert weerstandskracht (wrijving)  $Fr$  naar boven.
- Beweging begint
  - als  $\theta$  zo steil wordt dat  $T > Fr$



## Massabewegingen

### Glijvlak

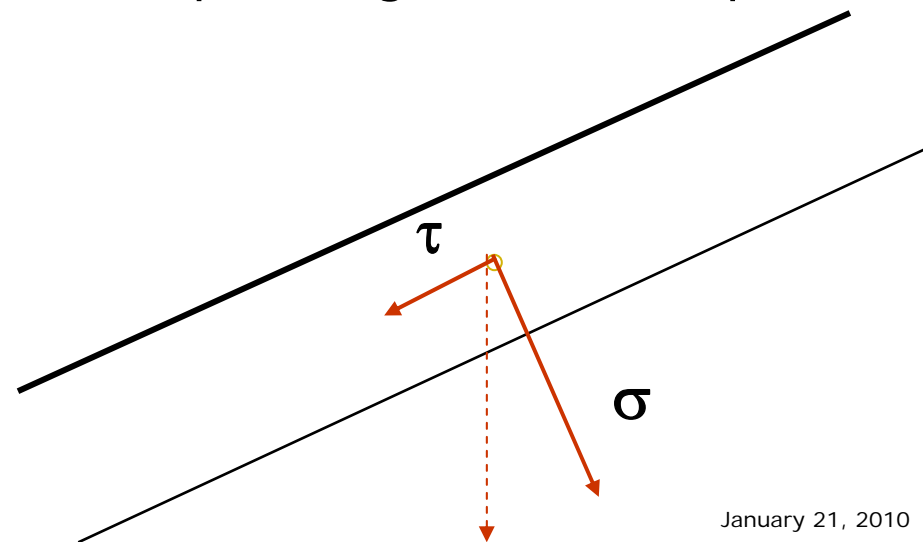
- Analyse van helling processen:
  - Niet het gedrag van een steen op een helling is belangrijk, maar of er een glijvlak is in de helling
- Glijvlak:
  - Een denkbeeldig vlak waarlangs een deel van de helling onstabiel wordt en naar beneden glijdt.
  - Bepaalde bodemlaag of overgang van gesteentes



## Massabewegingen

### Spanning in een helling

- Helling: i.p.v. kracht gebruiken we spanning
  - Spanning = kracht per oppervlak
- Twee componenten
  - $\tau$  = **shear stress** = spanning evenwijdig aan helling
  - $\sigma$  = **normal stress** = spanning loodrecht op helling



**Dit was het!**

**Bedankt voor uw aandacht.**



**Universiteit Utrecht**