

Deterioramento fisico del suolo

Il deterioramento fisico del suolo è uno dei principali tipi di degrado del suolo e comporta la distruzione della struttura del suolo, la dispersione delle particelle del suolo, l'aumento della densità, compattazione e penetrazione ridotta delle radici, bassa infiltrazione, ristagno d'acqua, deflusso superficiale ed erosione accelerata.



- Surface sealing, crusting, hardsetting and compaction.
- Ristagno
- Abbassamento della falda freatica
- Subsidenza di terreni organici

Anche la desertificazione è un processo di degrado fisico che è diventato una preoccupazione importante nelle regioni aride e semiaride.

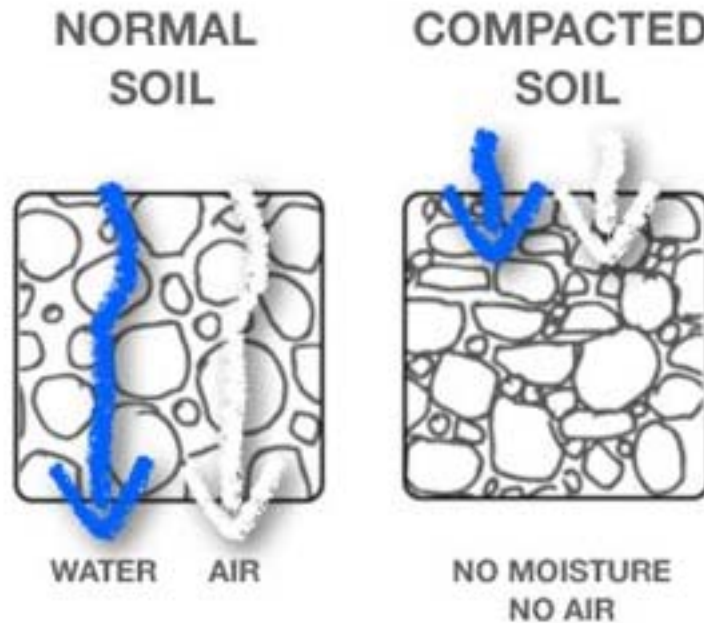
i seguenti processi possono spiegare in gran parte il deterioramento fisico del suolo:

1. **Coalescence:** deposito lento di particelle fini del terreno tra i singoli aggregati che si saldano insieme in una struttura massiccia. I terreni lavorati in uno stato molto secco sono particolarmente inclini a questo problema.
2. **Slaking:** collasso strutturale quando gli aggregati del terreno secco vengono bagnati rapidamente dalla pioggia o dall'irrigazione. I suoli a basso tenore di carbonio organico (<2%) sono soggetti a uno slaking rapido.
3. **Dispersione:** particelle individuali (dallo slaking) che si disperdono a causa di forze elevate di repulsione tra le particelle di argilla. Queste forze sono promosse da alte concentrazioni di particelle di sodio scambiabile.
4. **Compattazione:** riduzione del volume del suolo a causa della distruzione della struttura del suolo e conseguente occlusione dei pori. I suoli a basso tenore di carbonio organico (<2%) sono particolarmente inclini alla compattazione
5. **Polverizzazione degli aggregati:** questo accade soprattutto quando i terreni troppo secchi vengono per esempio percorsi da macchinari pesanti

Soil sealing

Il termine soil sealing o impermeabilizzazione del suolo viene utilizzato per descrivere un cambiamento nella natura del suolo (di solito lo strato superficiale) che porta all'impermeabilità. Le particelle di suolo sono disperse dal collasso degli aggregati a causa di pressioni fisiche (per esempio l'impatto della pioggia, macchinari, ungulati) o a causa di agenti chimici (per esempio il sodio scambiabile in eccesso).

Il soil sealing aumenta la densità del suolo e riduce la porosità, la dimensione dei pori e la loro continuità.



Soil sealing

Man mano che gli aggregati naturali vengono distrutti, le particelle più fini vengono rilasciate e, quando esposte, si disperdono sia sotto l'azione della pioggia che dell'irrigazione.

Le particelle fini entrano nei macropori (diametro > 1.000 μm), occludendoli, riducendo l'infiltrazione e la percolazione. La parte superficiale del suolo diventa impermeabile all'acqua e addirittura per le radici.



I terreni «sigillati» possono considerarsi persi per molti usi tra cui l'agricoltura e la selvicoltura, mentre le funzioni ecologiche del suolo sono gravemente compromesse. Inoltre, i terreni circostanti possono essere influenzati dal cambiamento dei modelli di flusso dell'acqua o dalla frammentazione degli habitat. Gli studi attuali suggeriscono che il soil sealing è un processo molto difficile da invertire.

Soil crusting

In caso di ulteriore consolidamento e perdita di umidità dei suoli “sigillati”, si possono originare delle croste superficiali. L'occorrenza di tali fenomeni è molto comune in molti suoli in tutto il mondo, specialmente nei terreni aridi e semiaridi.



Molto spesso, «sealing» si riferisce a problemi di infiltrazione dell'acqua e «crusting» si riferisce ad una diversa resistenza del suolo. Pertanto, un seal che si asciuga dopo la pioggia diventa una crosta ed una crosta che si ribagna durante un evento meteorico successivo diventa un seal. Pertanto, il termine "crosta" del suolo dovrebbe essere usato a seconda se il terreno si asciutto o bagnato.



Una crosta è uno strato sottile, spesso transitorio, sulla superficie del suolo caratterizzato da una maggiore densità, una maggiore resistenza al taglio e una minore conduttività idraulica rispetto al terreno sottostante.

La formazione delle croste dipende da molti fattori, tra cui la tessitura e la stabilità degli aggregati del suolo, l'intensità e l'energia delle piogge, pendenza e lunghezza del pendio e la concentrazione di elettroliti nella soluzione del suolo e nell'acqua piovana

Il meccanismo di formazione di una crosta coinvolge due processi complementari principali: un'azione fisica che include la disintegrazione degli aggregati del suolo e la compattazione delle particelle del suolo causata dalla perdita di struttura e (2) un'azione fisico-chimica che prevede la dispersione delle particelle e il loro ricollocamento, ostruendo i pori e formando uno strato meno permeabile nella parte superficiale del suolo.

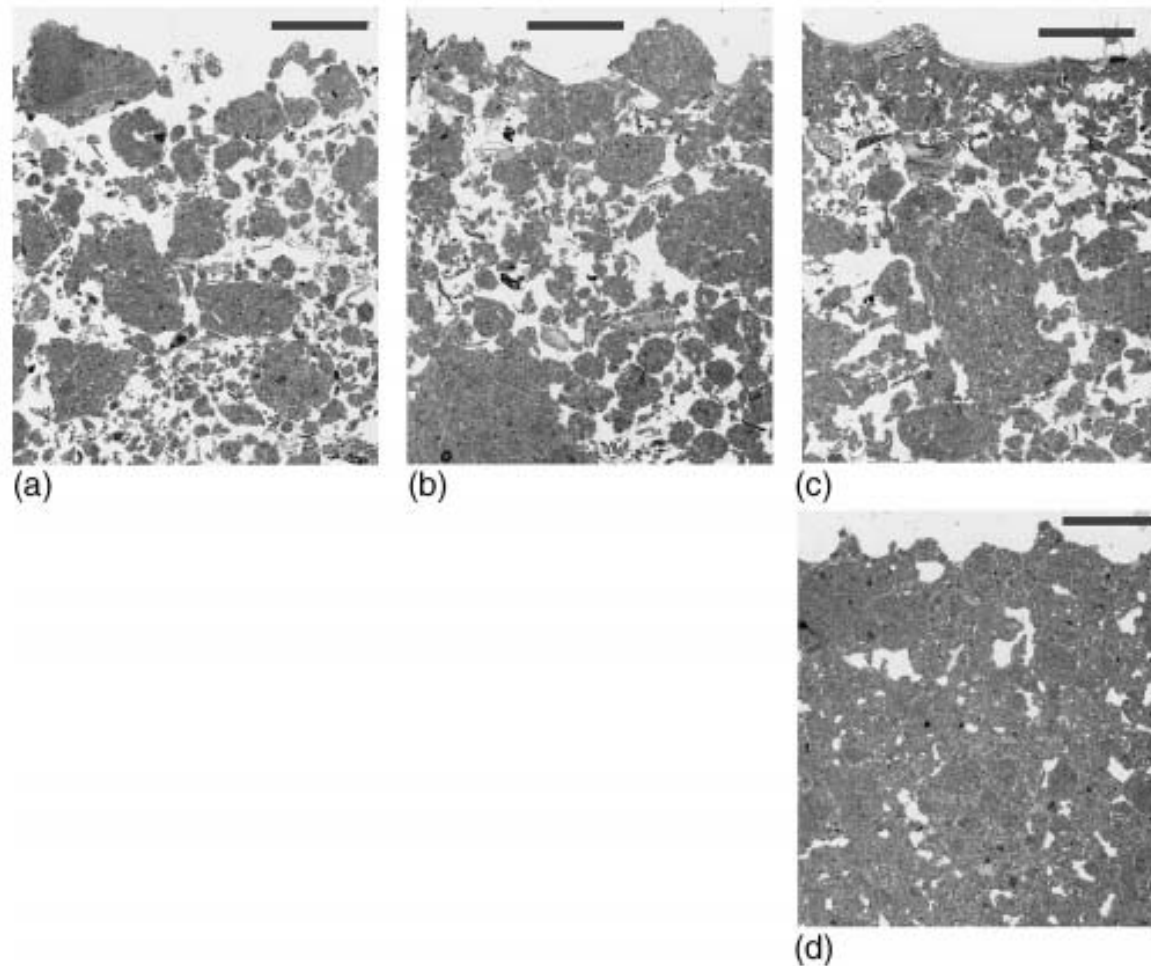


Figure 2.3.1 Surface structure degradation of a Typic Hapludalf developed on a silty loam loess deposit in the Paris basin (reconstructed seedbeds exposed to a 19 mm h^{-1} simulated rainfall). Soil amended with urban waste compost: (a) initial structure; (b) incipient structural crust (infilling) after 5 mm of rainfall; (c) incipient depositional crust developing on a structural crust after 19 mm of rainfall. Untreated soil: (d) slumped seedbed after 19 mm of rainfall. (Vertical thin sections, plain light, scale bar 10 mm)

Soil crusting

Esistono due tipi di croste superficiali: croste strutturali e croste deposizionali.

Una crosta strutturale è uno strato superficiale del terreno, da pochi millimetri a pochi centimetri di spessore, più compatto del materiale sottostante, in cui non è coinvolta l'importazione di materiali esterni.

Una crosta deposizionale si sviluppa per deposizione di particelle sospese sulla superficie del suolo. Le particelle di terreno, sospese in acqua, si depositano sulla superficie del suolo mentre l'acqua si infiltra o evapora.

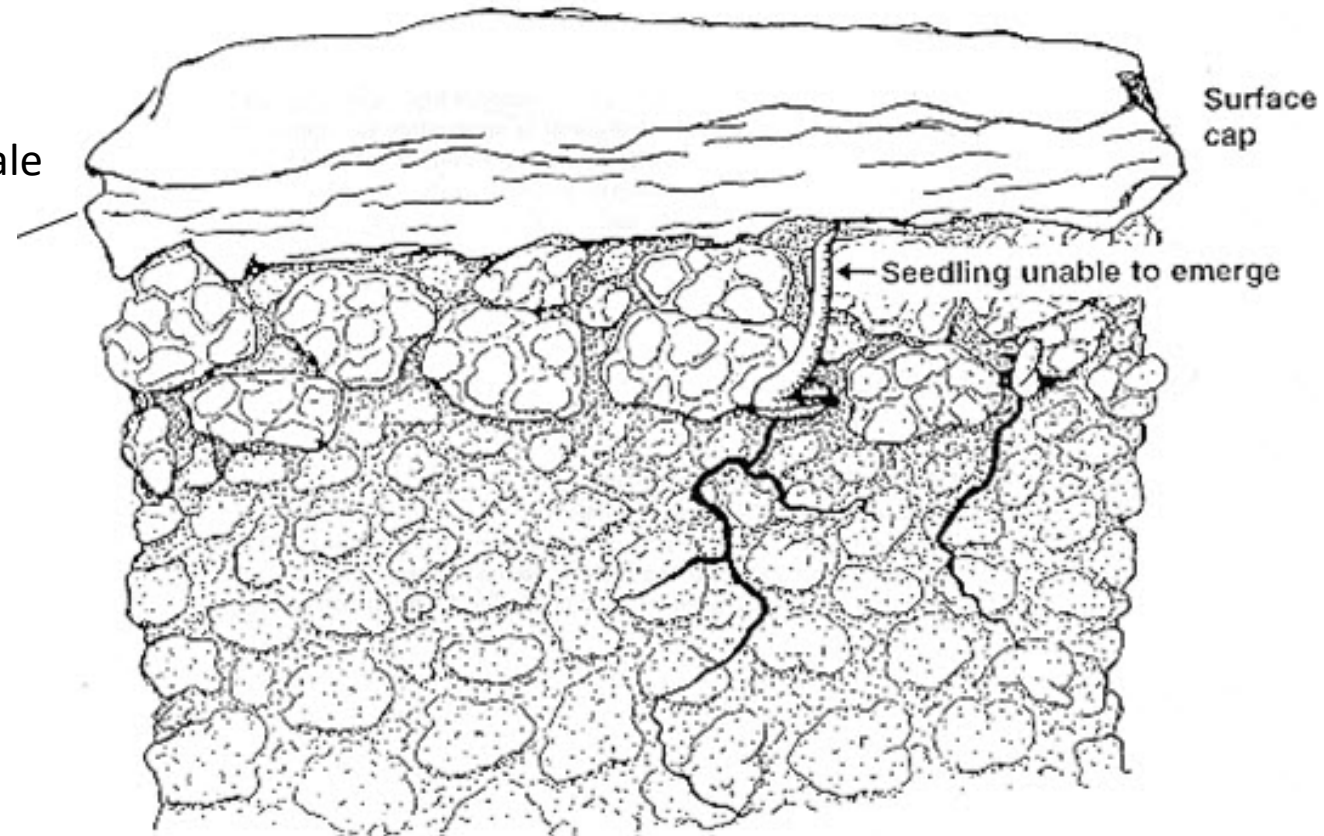


TABLE 2.3.1 Crust types, subtypes, diagnostic features (according to Valentin and Bresson, 1998) and infiltrability (from Valentin and Bresson, 1992; completed with data from Kwaad and Mullingen, 1991; Fiès and Panini, 1995; Bresson *et al.*, 2001)

Type	Subtype	Main process	Diagnostic features	Infiltrability (mm h ⁻¹)
Structural	Slaking	Aggregate disruption	Thin, dense layer, with sharp lower boundary	1–20
	Infilling	Aggregate erosion and illuviation of eroded particles	Thin, dense layer, with textural separation and rather sharp lower boundary	5–10
	Coalescing	Aggregate deformation	Thick, continuous layer, with convexo-concave voids and progressive lower boundary	2–9
	Agglomerating	Fragment agglomeration	Closely packed agglomerates	No data
	Packing	Particle compaction	Closely packed textural units	25–45
Erosion	Sieving	Particle sorting and filtration	Loose sand grains upper layer overlying a thin plasmic layer	0–15
		Erosion of sieving crusts	Thin plasmic layer at the surface	0–2
	Depositional	Runoff	Sedimentation in running water	Poorly sorted micro-bedding
	Still	Sedimentation in still water	Highly sorted micro-bedding	0–2

Fattori del suolo che influiscono sulla formazione delle croste

La formazione di croste è dovuta principalmente alla distruzione degli aggregati del suolo. La stabilità degli aggregati dipende dai tipi di minerali argillosi, dalle loro caratteristiche elettrochimiche e dalla concentrazione di elettroliti nella soluzione del suolo.

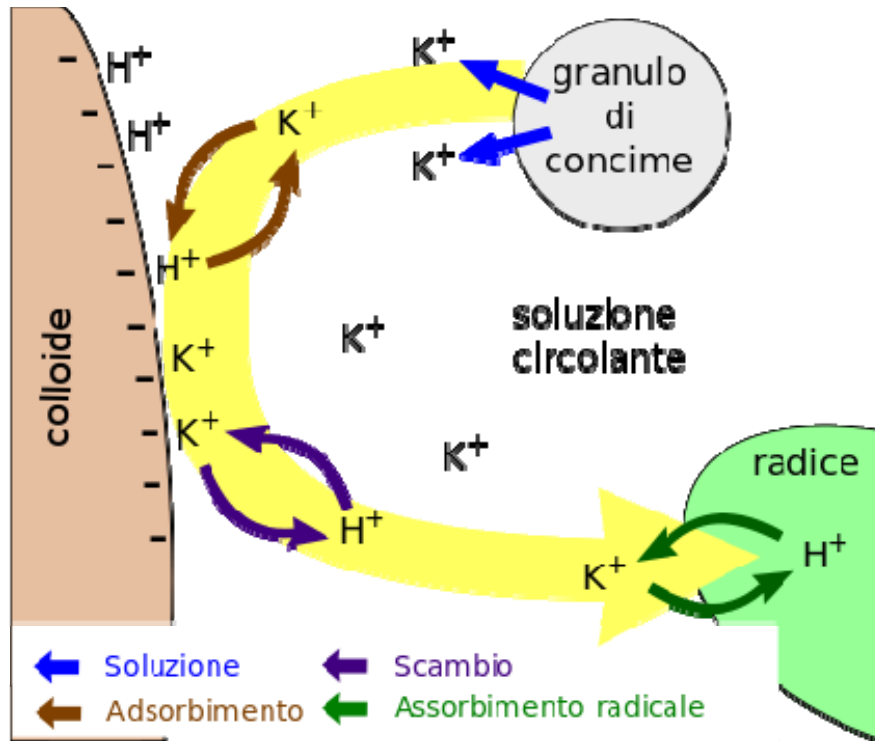
Minerali argillosi

La caolinite è un tipo di argilla non espandibile ed è quindi meno suscettibile a formare croste. Gli aggregati del terreno composti prevalentemente da caolinite non si sgretolano facilmente dopo la bagnatura. Altri tipi di argille invece si comportano diversamente. La montmorillonite, per esempio, è un'argilla espandibile che si gonfia straordinariamente quando viene bagnata. Pertanto, i terreni contenenti un'alta percentuale di montmorillonite formano aggregati instabili in acqua. Tali terreni, ad esempio Vertisols, si sgretolano facilmente quando vengono bagnati. Diventano appiccicosi quando bagnati e molto duri quando asciutti

Fattori del suolo che influiscono sulla formazione delle croste

Cationi intercambiabili

La dispersione dei colloidi nel suolo è influenzata dalla natura e dalla distribuzione dei cationi scambiabili trattenuti dalle cariche elettriche sulle superfici dei colloid.



i colloid del terreno sono riconducibili a tre tipi: colloid organici, minerali argillosi, idrossidi di ferro e alluminio.

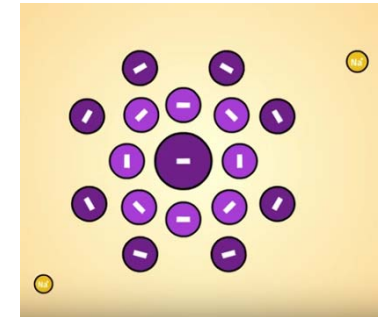
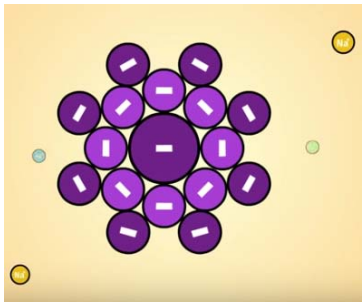
Sono i soggetti più importanti legati alla formazione degli aggregati (coagulazione e flocculazione) e al processo di adsorbimento dei cationi intercambiabili (capacità di scambio cationico)

Fattori del suolo che influiscono sulla formazione delle croste

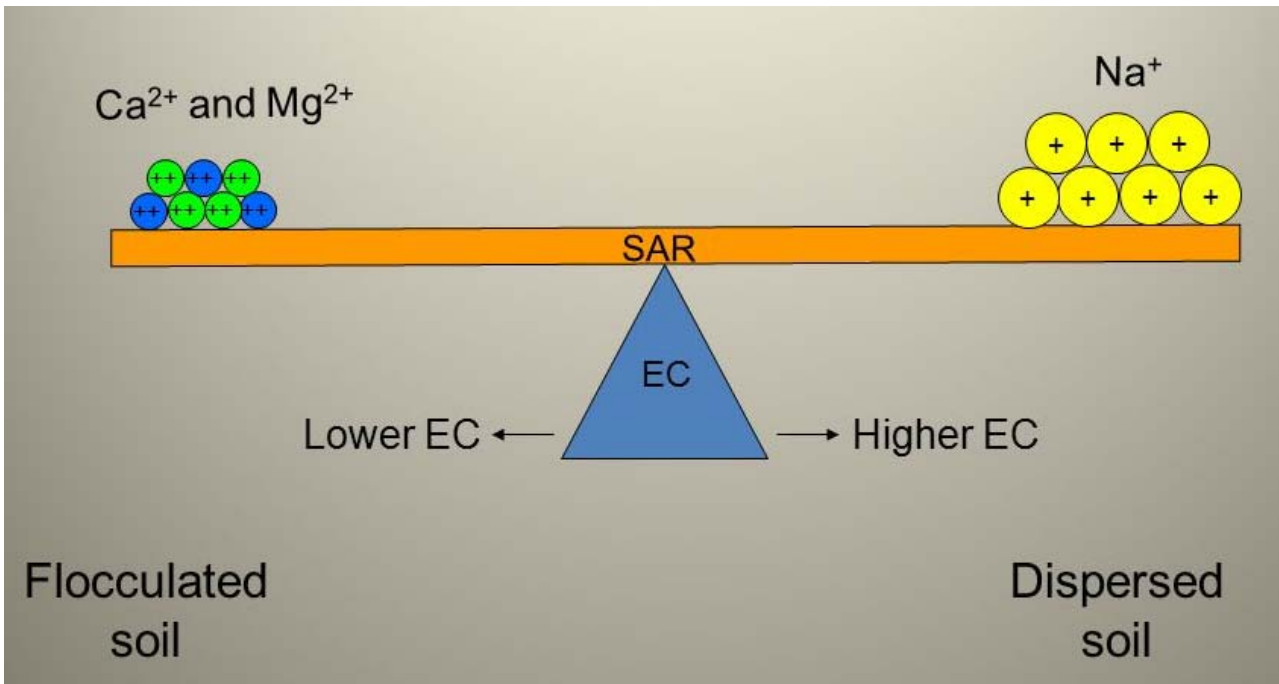
Cationi intercambiabili

Il sodio scambiabile (Na^+) è un catione molto più dispersivo dell'idrogeno (H^+), del calcio (Ca^{++}), del magnesio (Mg^{++}) e di altri cationi polivalenti.

Quando il complesso di scambio è saturato da un'elevata percentuale di sodio adsorbito, gli altri ioni o precipitano in forme non solubili, oppure sono difficilmente rilasciati a causa della maggiore affinità che hanno nei confronti del complesso di scambio



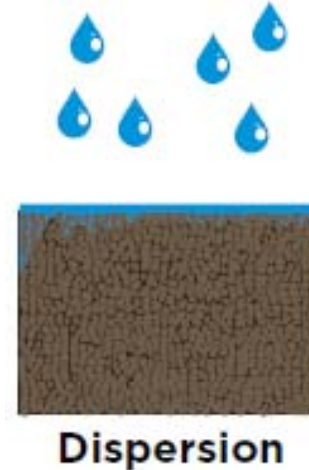
A causa della sua grandezza relativa, della carica elettrica singola e dello stato di idratazione, il sodio adsorbito tende a produrre la separazione delle particelle del suolo poiché le forze repulsive fra le molecole superano quelle attrattive.



Quando la percentuale di Na + scambiabile aumenta, è necessaria una soluzione circolante molto più concentrata per causare la flocculazione.

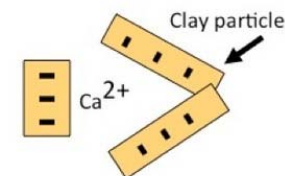
Aumenta il numero di micropori a scapito dei macropori.

Quindi, le argille con una percentuale elevata di sodio scambiabile si disperderanno rapidamente sotto l'effetto di diluizione dell'acqua piovana sulla superficie del suolo.

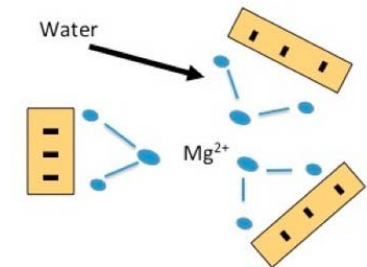


Soil Structure

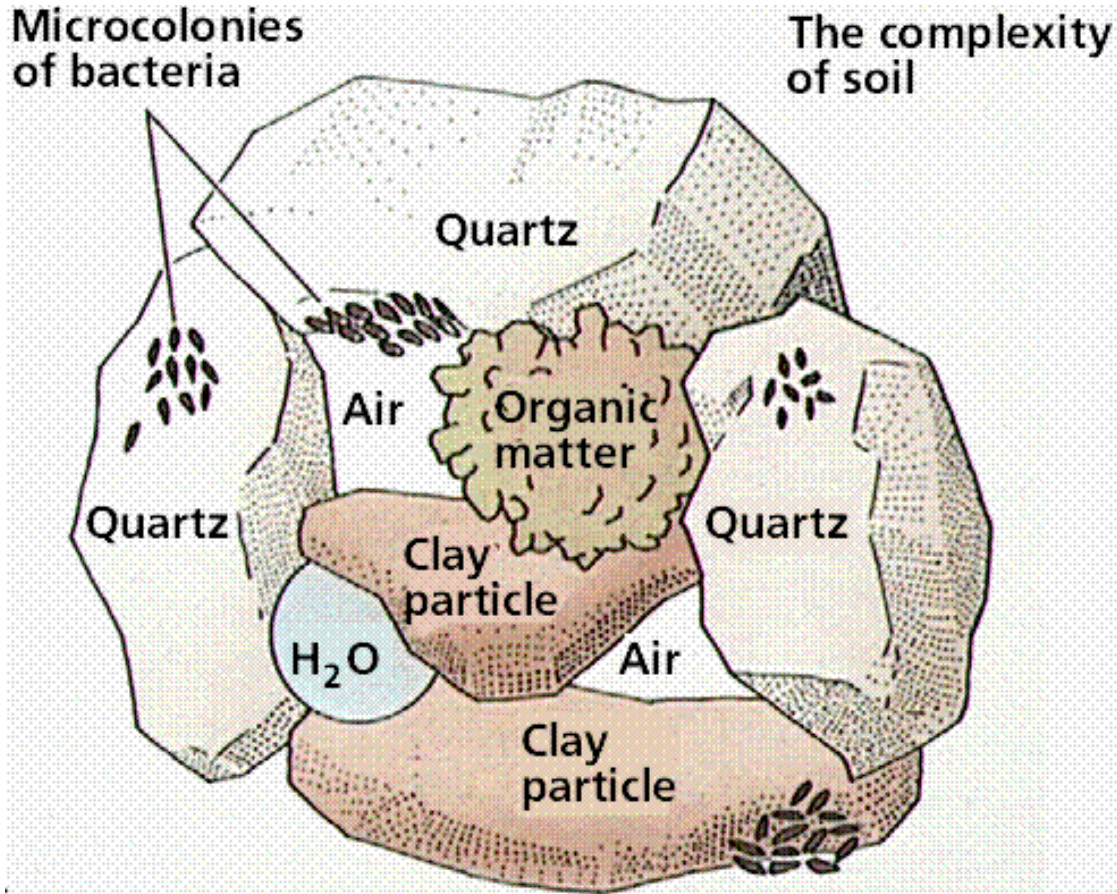
Flocculated



Dispersed



Fattori del suolo che influiscono sulla formazione delle croste



Sostanza organica

La sostanza organica può stabilizzare la struttura del suolo legando insieme le particelle del terreno (fisicamente o chimicamente). Infatti, i materiali umici agiscono come cementi che uniscono le particelle.

La formazione di croste superficiali ha un ruolo significativo nell'erosione del suolo.

Questo è particolarmente vero in climi temperati in cui gli eventi di pioggia non sarebbero tali da indurre deflussi eccessivi sul suolo, Quando la superficie del suolo è «sigillata» da croste superficiali, la capacità di infiltrazione delle croste superficiali è molto bassa e varia comunemente da 0 a 5 mm h¹.

A prescindere dal clima, allo stesso modo, il ruolo delle croste superficiali nella generazione dei rills è particolarmente importante quando il terreno è asciutto, cioè quando il deflusso superficiale non è probabile venga generato da una saturazione del suolo.



Nelle aree temperate dell'Europa il soil crusting si verifica principalmente su terreni coltivati limosi e argillosi sviluppati su depositi di materiali fini ed incoerenti

Nelle aree mediterranee dell'Europa, a causa della maggiore energia cinetica delle piogge, della copertura della vegetazione più scarsa e del contenuto inferiore di sostanza organica del suolo, la degradazione della struttura superficiale del suolo si verifica abbastanza comunemente

Per gli stessi motivi, le croste superficiali si possono formare anche in situazioni di terreni non coltivati (foreste, e pascoli). Le frazioni limosa ed argillosa, più inclini allo slaking, sono particolarmente colpiti dalla formazione di croste.

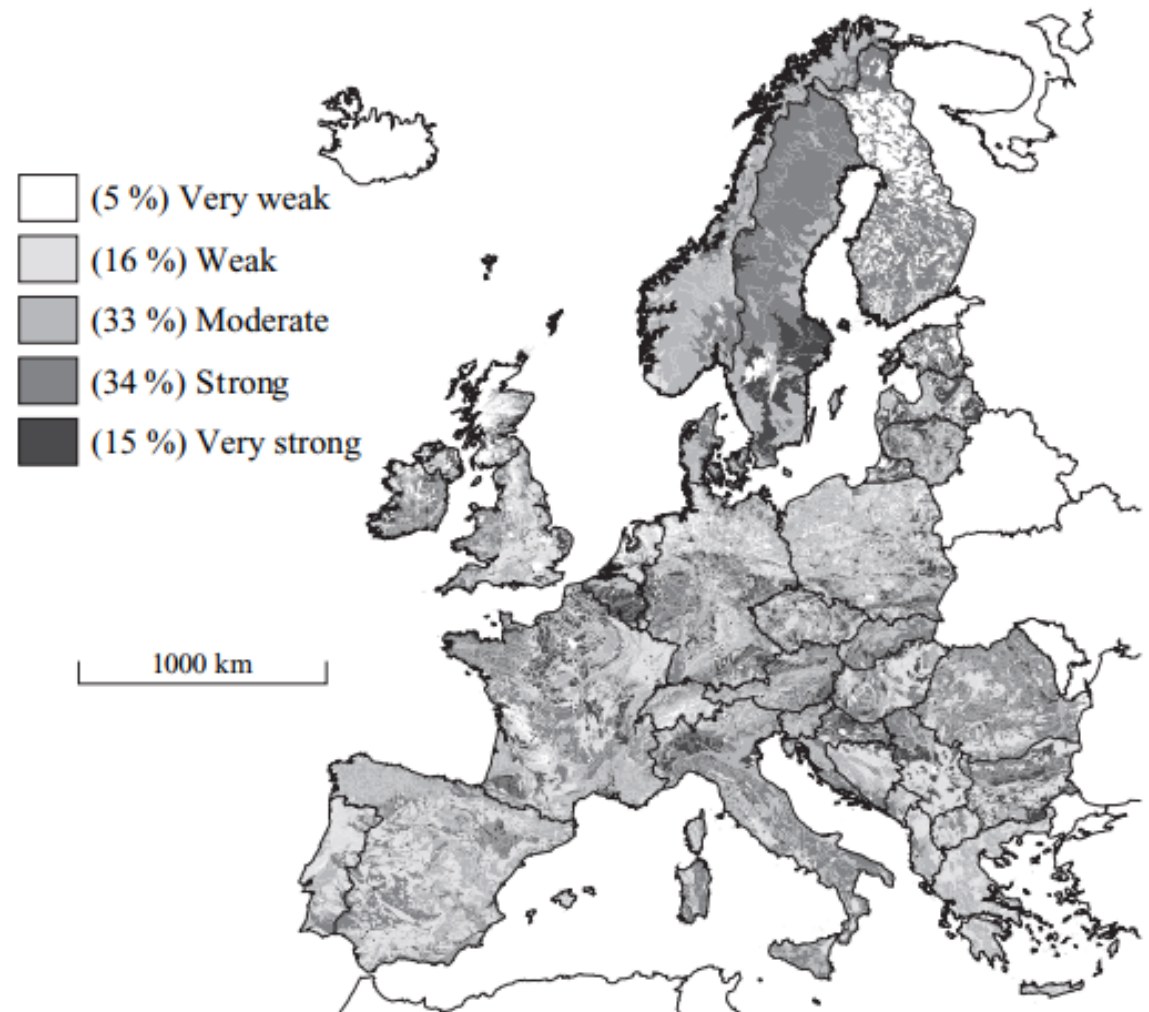
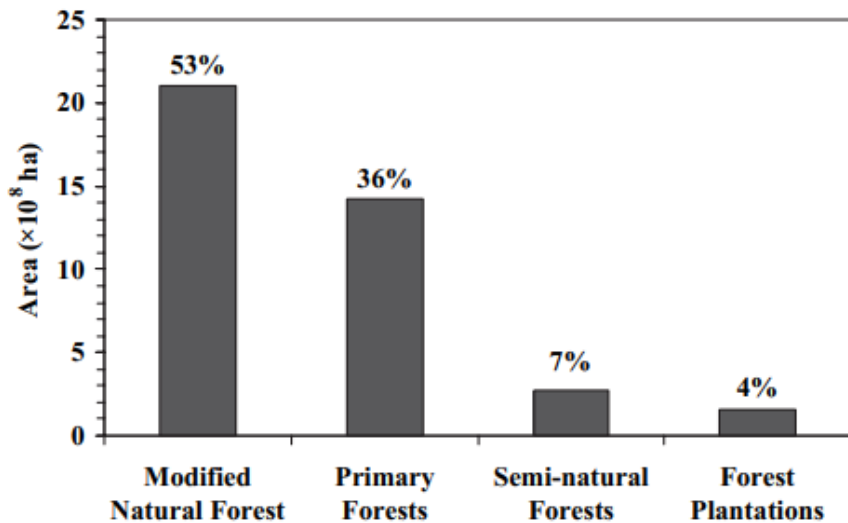


Figure 2.3.2 Soil crusting sensitivity map of Europe

Erosione del suolo in foresta

Una foresta è una terra non adibita all'agricoltura con almeno il 10% di copertura vegetale (FAO, 2000).

Le foreste possono essere classificate in quattro categorie principali (FAO, 2005):



1. **Le foreste primarie** sono foreste naturali in cui dominano specie autoctone, in cui è assente o quasi completamente assente qualsiasi disturbo o intervento umano. Una foresta naturale può essere aperta o chiusa, dominata da alberi o in co-presenza di prati, anche pascolati.

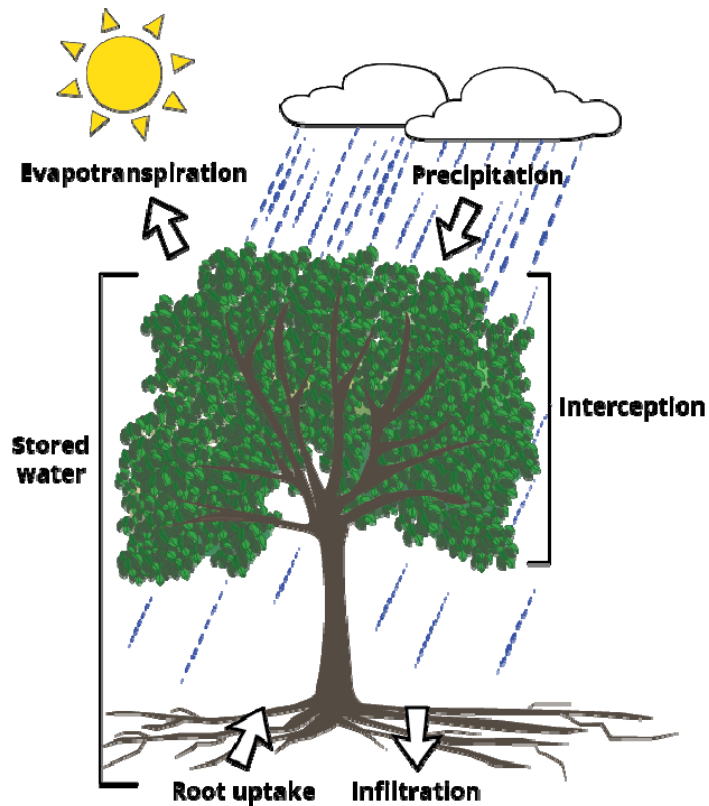
2. **Le foreste naturali modificate** sono gestite tramite tagli selettivi e rigenerazione delle specie native.

3. **Le foreste seminaturali** sono gestite tramite tagli intensivi seguiti da semina e rigenerazione naturale assistita.

4. **Le piantagioni forestali** includono arboreti adibiti alla produzione di legna, combustibile, fibre e bioenergia. Vi è anche una crescente (seppur molto minoritaria) tendenza a coltivare alberi per la conservazione del suolo e dell'acqua (ad esempio l'agroforestry).

Erosione del suolo in foresta

Tra tutti gli usi del suolo, le foreste perenni indisturbate generalmente producono la quantità minore di suolo eroso ad opera del vento e dell'acqua.



Le foreste riducono l'erosione del suolo formando una copertura densa e a più piani, con un ulteriore strato di lettiera a protezione e un sistema di radici molto esteso.

Grazie a questa struttura, le gocce di pioggia sono intercettate dalle foglie e dai rami e scendono lungo i tronchi (stem flow) a velocità ridotta. L'acqua piovana è immagazzinata e rilasciata a velocità con ridotto potere erosivo.

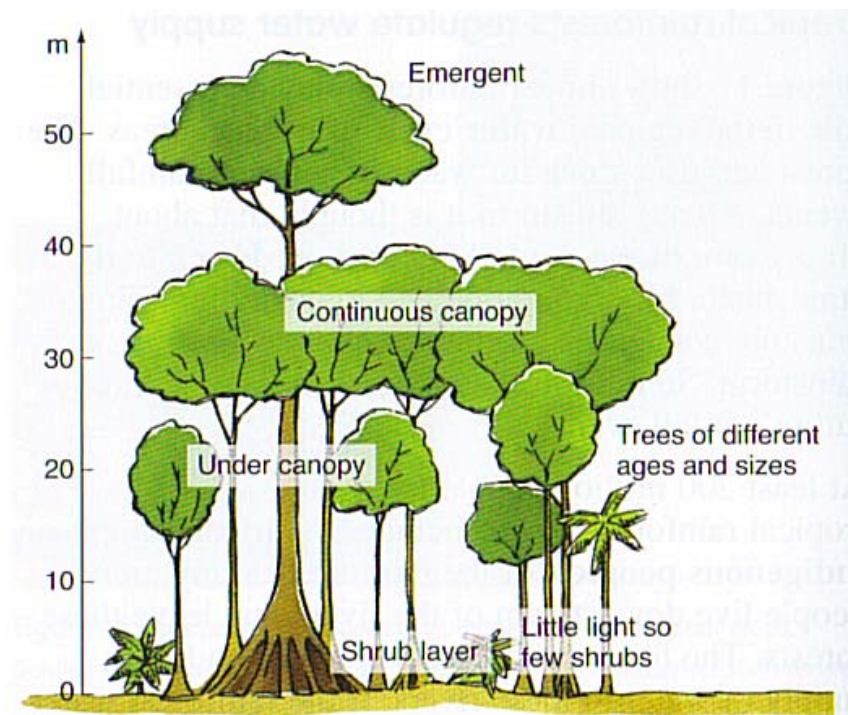
L'erosione del suolo in terreni forestali indisturbati normalmente varia da 0,02 a 1,2 Mg ha⁻¹ anno⁻¹.

La struttura della copertura della vegetazione forestale influenza quindi il bilancio idrico e i tassi di erosione. Le foreste con un solo piano arboreo e un sottobosco limitato dalle alte temperature e/o luce ridotta non può ridurre il deflusso e l'erosione del suolo tanto quanto le foreste multistoree

Le gocce di pioggia intercettate da alberi alti (> 8 m) in foreste mono strato spesso riacquistano una velocità tale da causare anche un livello di erosione del suolo importante. Inoltre, flussi concentrati di acqua piovana che scorre lungo un tronco d'albero può portare anche a frane e smottamenti in pendenza.

La protezione fornita da una copertura pluristratificata riduce la velocità delle gocce di pioggia e l'erosione del suolo. Una copertura arborea è anche importante per ridurre l'erosione eolica (barriere frangivento).

Il tasso di erosione del suolo è soprattutto influenzato dalla percentuale di copertura e dal clima (ad es. distribuzione delle piogge).



Lettiera e radici

L'effetto combinato della vegetazione e della lettiera tampona gli impatti della pioggia, riducendo la splash erosion e il distacco di particelle suolo.

La lettiera forestale è un materiale pacciamante naturale che conserva l'acqua, riduce l'evaporazione, modera la temperatura del suolo, migliora la struttura del suolo, rallenta la velocità di deflusso dell'acqua e filtra i sedimenti e le sostanze chimiche.

Le radici degli alberi migliorano il tasso di infiltrazione dell'acqua, la macroporosità del suolo e il contenuto di sostanza organica. Si migliora il drenaggio e si riduce il tasso di deflusso dell'acqua. I canali creati dalle radici profonde costituiscono percorsi preferenziali per un rapido deflusso di acqua verso il basso.

Deforestazione e degrado del suolo

La deforestazione crea parti di suolo esposte agli agenti atmosferici e questo mette in atto una serie di fattori che portano alla perdita e al degrado del suolo



Principali cause nel mondo:

- Agricoltura
- Pascolo
- Taglio del bosco
- Incendi
- Attività mineraria
- Sviluppo delle industrie petrolifere
- Urbanizzazione e nuovi insediamenti

Table 12.1 Deforestation effects on selected soil properties in the top 10-cm depth

Soil properties	Deforestation	
	Before	After
¹ Bulk density (Mg m^{-3})	0.9a	1.4b
¹ Cone index (MPa)	0.2a	0.7b
² Aggregate mean weight diameter (mm)	7.4a	4.9b
³ Saturated hydraulic conductivity (mm h^{-1})	>166a	46b
³ Water infiltration rate (cm h^{-1})	334a	67b

¹Blanco-Canqui et al. (2005), ²Hajabbasi et al. (1997), and ³Lal (1996).

Pratiche raccomandate per la gestione delle aree deforestate

- Evitare il taglio raso su pendii ripidi per ridurre il deflusso eccessivo e l'erosione del suolo.
- Ridurre la deforestazione in nuove aree aumentando la produttività dei terreni agricoli esistenti.
- Ridurre il carico del bestiame, il pascolo intensivo e il calpestio.
- Piantare specie di alberi perenni e prati in rotazione con colture a filari (agro-forestry)
- Stabilire sistemi colturali misti, colture di leguminose e rotazioni colturali.
- Non rimuovere i residui colturali, applicare concime animale e vegetale e mantenere una copertura permanente della superficie.
- Ridurre al minimo la lavorazione del terreno (lavorazione ridotta o non lavorazione) e introdurre pratiche come la pacciamatura.

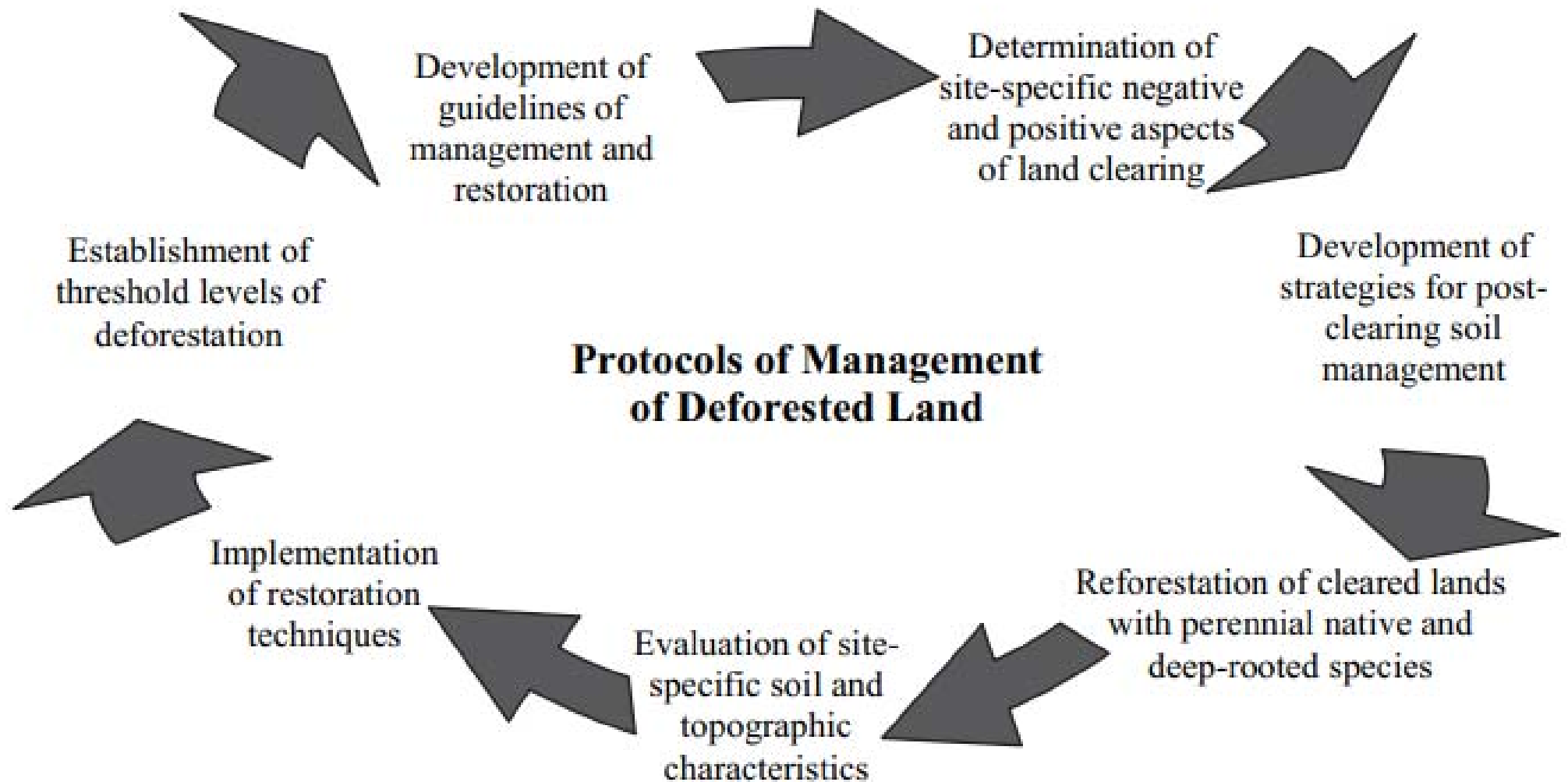


Fig. 12.13 Some specific steps to manage deforested lands