

Francis Bucaille

# Rivitalizzare i suoli

## Diagnosi, fertilizzazione, nutriprotezione



1<sup>a</sup> edizione: novembre 2025

Titolo originale francese: *Revitaliser les sols. Diagnostic, Fertilisation, Nutriprotection.*  
By Francis Bucaille  
2<sup>eme</sup> ed.

© 2023 DUNOD Editeur  
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

Traduzione dal francese di **Mariella Sandini**  
Revisione scientifica dell'edizione italiana: **Carlo Bazzocchi**  
Disegni dell'edizione italiana: **Stefano Trainito** (pagg. 23, 33, 62, 63, 95, 98, 110, 111,  
122, 128, 138, 210)

## tecniche nuove

© Copyright 2025 by "Edagricole - Edizioni Agricole di Tecniche Nuove S.p.A.", via Eritrea, 21 -  
20157 Milano  
Redazione: p.zza G. Galilei, 6 - 40123 Bologna Vendite: tel. 051/6575833  
email: libri.edagricole@tecnichenuove.com - www.edagricole.it

Proprietà letteraria riservata - printed in Italy

*La riproduzione con qualsiasi processo di duplicazione delle pubblicazioni tutelate dal diritto d'autore è vietata e penalmente perseguitabile  
(art. 171 della legge 22 aprile 1941, n. 633). Quest'opera è protetta ai sensi della legge sul diritto d'autore e delle Convenzioni internazionali  
per la protezione del diritto d'autore (Convenzione di Berna, Convenzione di Ginevra). Nessuna parte di questa pubblicazione può quindi  
essere riprodotta, memorizzata o trasmessa con qualsiasi mezzo e in qualsiasi forma (fotomeccanica, fotocopia, elettronica, ecc.) senza la au-  
torizzazione scritta dell'editore. In ogni caso di riproduzione abusiva si procederà d'ufficio a norme di legge.*

5667

Realizzazione grafica: Exegi snc, Via Pelagio Palagi, 3/2 - 40138 Bologna  
Impianti e stampa: Logo S.p.A., via Marco Polo, 8 - 35010 Borgoricco (PD)

Finito di stampare nel novembre 2025

ISBN-978-88-506-5667-7

# Presentazione dell'edizione italiana

In un'epoca in cui si fa sempre più urgente ripensare i modelli produttivi in chiave ecologica e sostenibile, per non voler dire "rigenerativa", il tema della salute del suolo è tornato con forza al centro dell'attenzione. Tuttavia, troppo spesso, nel dibattito agricolo italiano manca un approccio operativo e sistemico che coniungi rigore scientifico e applicabilità in campo. È proprio questo il valore dell'opera di Francis Bucaille, che ho voluto rendere accessibile al pubblico italiano con questa traduzione.

*Revitaliser les sols*, giunto alla sua seconda edizione francese, è molto più di un manuale tecnico: è una guida pratica e approfondita per comprendere il suolo come sistema vivente, diagnosticarne lo stato e adottare strategie efficaci di fertilizzazione e nutrizione che ne sviluppino le potenzialità. Francis Bucaille propone un approccio che si distanzia sia dall'agrochimica tradizionale che dalle mode del momento, offrendo una visione lucida e fondata su decenni di esperienza.

La realtà italiana, fatta di una straordinaria variabilità pedoclimatica e di una lunga e variegata tradizione agricola, è oggi chiamata a rispondere a sfide sempre più complesse: degrado della sostanza organica, compattamento, erosione, perdita di biodiversità microbiologica. In questo contesto, i principi e i metodi proposti in quest'opera possono rappresentare una risorsa preziosa per tecnici, agricoltori consapevoli e tutti coloro che desiderano recuperare un rapporto più sano ed efficace con la terra che coltivano e "pestano".

Come promotore della traduzione e revisore tecnico-scientifico di questa edizione, ho ritenuto fondamentale offrire al lettore italiano non solo una versione fedele del testo originale, ma anche un adattamento che ne faciliti la lettura e l'applicazione concreta nel nostro contesto. Alcuni termini, riferimenti normativi e pratiche sono stati resi compatibili con la realtà agricola italiana, pur mantenendo intatta la struttura e la coerenza dell'opera.

Il termine pesticida, se pur osteggiato dal settore agricolo, è il termine ufficiale che è esclusivamente impiegato nelle norme unionali e nazionali per identificare i mezzi tecnici per il contenimento dei parassiti ad uso agricolo (fitosanitari) e non agricolo (biocidi).

La permacultura, non va considerata una forma o metodo di agricoltura, ma è un approccio etico e pratico alla progettazione di sistemi sostenibili, ispirato alla natura, che mira a realizzare ecosistemi produttivi, stabili e resilienti per l'agricoltura, le abitazioni e le strutture sociali.

Presentazione dell'edizione italiana

Mi auguro che queste pagine possano non solo trasferire conoscenza, ma anche ispirare attenzione e cura: quell'attenzione e cura profonda e concreta per il suolo, che è il vero punto di partenza di ogni forma di agricoltura duratura. Restituire vitalità alla terra significa anche restituire significato al nostro lavoro e futuro alle nostre comunità rurali.

Cesena, 4 luglio 2025

*Carlo Bazzocchi*  
Presidente dell'Associazione  
Agricoltura di Confine

# Presentazione dell'edizione francese

## **Per prenderci cura di questi suoli che noi dobbiamo ai nostri figli**

Io sono la maggior parte della biodiversità terrestre, io governo i cicli della materia, io sono fonte di nutrizione e io gioco con l'effetto serra, chi sono io? Il suolo. Più che il supporto ai nostri passi o il sostegno delle piante: un posto di vita intensa. Un grammo di suolo ospita più di un miliardo di batteri, di varie migliaia di specie diverse; inoltre contiene da 1 a 100 mila specie di funghi... I batteri dei suoli di Francia contano almeno 115.000 specie, a confronto di 570 specie di uccelli, 6.500 piante o 189 mammiferi! Con il 50% della biomassa vivente, il 23% delle specie viventi conosciute e il 75% della materia organica terrestre, il suolo è l'ecosistema terrestre: quello che vediamo in superficie non è che un diverticolo! La vita crea il suolo: essa degrada la materia organica per riciclarne gli elementi; attacca la roccia per liberare fertilità; sfrutta l'atmosfera, il cui azoto gassoso è notoriamente trasformato da dei batteri in azoto organico.

La vita crea il suolo, tra movimenti animali e risalita di elementi prelevati in profondità dalle piante.

E molto di più: il 90% delle piante non sopravvive senza i funghi detti "micorizici" che, da un lato, cercano risorse nel suolo e, dall'altro, colonizzano le radici a cui elargiscono i minerali raccolti nel suolo.

Visto da molto tempo come un'interfaccia tra la geosfera e l'atmosfera, il suolo non è solamente un ecosistema ma è soprattutto un processo vivente.

I suoli fanno il mondo. I loro elementi nutritivi portati via dalle acque alimentano gli oceani, spiegando perché le acque vicine ai continenti sono le più produttive (anche la pesca viene dai suoli!). Gli organismi del suolo producono dei gas a effetto serra: CO<sub>2</sub> emessa dalla respirazione dei suoli aerati, metano e protossido di azoto emessi dai suoli anossici riscaldano il pianeta... Al contrario, i suoli ragionevolmente aerati non degradano che lentamente la sostanza organica: una soluzione semplice contro l'effetto serra è di interrare i nostri rifiuti organici nei suoli. Aumentare dello 0,4% all'anno il tenore di sostanza organica nei suoli stoccherebbe l'equivalente delle nostre emissioni di CO<sub>2</sub>.

Tristemente, l'Uomo non l'ha compreso. Le strutture e l'urbanizzazione ricoprono in Francia i suoli di un dipartimento ogni 7-10 anni. La salinizzazione minaccia il 30% dei suoli agricoli, in quanto l'irrigazione porta dei sali che si accumulano.

## Presentazione dell'edizione francese

Le lavorazioni riportano la fertilità in superficie, arieggiano i suoli e diserbano i nostri campi ma... la pratica sconsiderata (ricorrente e profonda) a lungo termine nuoce. D'altra parte, praticate in autunno e senza copertura vegetale, le lavorazioni favoriscono l'erosione invernale dei terreni nudi, la loro struttura viene esposta, dove la materia organica, ossidata, non mantiene più la coesione: i nostri suoli arati si erodono in media dieci volte di più rispetto a prima dell'aratro.

I suoli si danneggiano al loro ritmo, un ritmo lento, ma certo. Ci vogliono da cento a mille anni per fare un suolo... Ci rendiamo quindi conto male che sono un patrimonio che non può essere sostituito. Ereditiamo i suoli dai nostri antenati e li dobbiamo lasciare ai nostri figli; abbiamo il dovere morale di non utilizzarne che gli interessi: un usufrutto.

Visione catastrofista e moralista? No, per niente, perché è proprio il libro che segue che offre delle soluzioni e delle azioni. La promessa di questo libro è di collegare il riconoscimento della logica della vita del suolo alla pratica sul campo. Siamo obbligati, nella gestione dei suoli, a toccarli e modificarli, ne va della nutrizione dell'umanità. Ci vogliono dunque delle soluzioni pratiche e realiste per farlo, rispettando la dinamica propria dei suoli e la loro sostenibilità, per renderli più fertili e resilienti.

Insieme, agricoltori, agronomi e cittadini, consumatori o decisori, prendiamo in mano il suolo e la sua ecologia come delle leve per sollevare l'avvenire.

Farlo è un'azione civile, un'azione che non può essere che collettiva. Ricordiamoci di considerare sempre che nessuna pratica è senza effetti secondari, nessun imperativo vale per sempre senza la prova dei fatti: guidiamo insieme, attenti in ogni istante all'avvenire dei nostri suoli. E cominciamo con il leggere le righe che seguono, dove Francis ci mostra il cammino e i primi passi che lo stato attuale delle conoscenze raccomanda...

**Marc-André Selosse**

Professore del Museo nazionale di Storia naturale

Professore presso le Università di Gdansk (Polonia) e di Kunming (Cina)

Membro dell'Accademia d'Agricoltura di Francia

# Indice

<b>Presentazione dell'edizione italiana</b>	III
<b>Presentazione dell'edizione francese</b>	III
<b>Prefazione</b>	VII
<b>Ringraziamenti</b>	VIII
<b>Premessa</b>	IX
<b>Introduzione</b>	XIII
<b>1. La segmentazione del sapere</b>	3
1.1 Forze e debolezze della segmentazione della scienza	3
1.1.1 Una specializzazione feconda delle attività umane	3
1.1.2 Delle disconnessioni sfortunate	4
1.1.3 Una presa di coscienza oggi all'opera	5
1.1.4 Costruire un nuovo schema che rispetti le conoscenze odierne	6
1.2 Limiti della segmentazione agricola: il “tutto” è più che l'insieme delle parti	7
1.2.1 La scienza ha diviso il tutto in ciascuna delle sue parti	7
1.2.2 Un esempio: la sovrafertilizzazione sistematica di frumento su frumento	8
1.2.3 Conclusione	10
<b>2. Ristabilire il legame tra fertilità e salute delle piante</b>	11
2.1 I “cidi” hanno un impatto sulle resistenze naturali dei suoli	11
2.2 I «cidi» hanno talvolta degli effetti “positivi” transitori nei suoli	12
2.2.1 I «cidi» creano fertilità in modo transitorio	12
2.2.2 Una decapitalizzazione all'opera	13
2.2.3 Conclusione	13
2.3 Trofobiosi: piante programmate sensibili o resistenti	13
2.3.1 Un nuovo sguardo sulla pullulazione dei parassiti	13
2.3.2 Le piante protette dalle loro proteine e dai loro zuccheri complessi	15
2.3.3 Il tasso di zucchero, un buon indicatore di protezione	15
2.3.4 La trofobiosi applicata alle malattie crittomiche: l'esempio dell'Esca della vite	16
2.3.5 Il Brix come indicatore della salute delle piante	17

## Indice

2.3.6 Una nuova interpretazione dell'efficacia delle infradosi di zucchero	18
2.3.7 Leve multiple di “nutriprotezione”	20
2.3.8 Piante ammalate a causa delle nostre pratiche	20
2.4 Il vantaggio competitivo sulle avventizie	21
2.4.1 Limitare le spese della pianta attraverso la gestione redox	22
2.4.2 Riequilibrare i suoli	23
2.4.3 Fitosanitari: conservare un pacchetto di emergenza	24
<b>3. Per un approccio olistico (globale) dei suoli e dell'agricoltura</b>	27
3.1 Nascita dell'agricoltura olistica	27
3.2 Una rivoluzione copernicana necessaria	28
3.2.1 La visione tolemaica: il rendimento come unico parametro di riferimento	28
3.2.2 La visione copernicana: il suolo vivo al centro del sistema	30
3.3 Ostacoli da rimuovere	31
3.3.1 Trovare delle nuove modalità operative	31
3.3.2 Uscire dalla ricerca in micro-parcelle per essere in grado di misurare l'effetto “suolo vivente”	32
3.3.3 Tener in conto la relatività dei fenomeni	35
3.3.4 Modelli vegetali da ampliare	37
3.4 Le nuove forme di agricoltura, anch'esse devono fare la loro rivoluzione copernicana	38
3.4.1 L'agricoltura conservativa o rigenerativa	39
3.4.2 Il biocontrollo: avanzamento o “prolungamento verde” di una visione difensiva?	39
3.5 Il rischio è di fare del nuovo con il vecchio	40
<b>4. Uscire da una visione semplificata della fertilità dei suoli</b>	41
4.1 Dei fertilizzanti non così completi	41
4.2 Il bilancio: un modello basato su bisogni mal valutati e su un volume di suolo sottostimato	42
4.2.1 Radicazione superficiale	42
4.2.2 Serbatoi di fertilità	43
4.2.3 Una forfettizzazione delle perdite	43
4.2.4 Funzioni secondarie dei fertilizzanti spesso sconosciute	45
4.2.5 I nitrati non viaggiano mai da soli	46
4.3 Una relazione tra pH e calcio spesso faintesa	47
4.3.1 La gestione del pH del suolo	47
4.3.2 Le acidificazioni superficiali passano spesso inosservate	48
<b>5. L'importanza dei microrganismi</b>	51
5.1 Un calo paradossale dei tassi di sostanza organica	51
5.1.1 La messa in equazione della materia organica	51

5.1.2 Tutto dipende in realtà dalla natura dei microrganismi mobilizzati	51
5.1.3 Pratiche con buone intenzioni che hanno ancora dei margini di progresso	52
5.1.4 La ricerca del rendimento ci spinge a decapitalizzare sempre di più	53
5.1.5 Ritrovare l'equilibrio nella sequestrazione e nella mineralizzazione	53
<b>5.2 L'importanza dei microrganismi</b>	<b>54</b>
5.2.1 Nozioni elementari, importanza dell'attività biologica nei suoli e del riciclo dei nutrienti	54
5.2.2 Microrganismi: i principali attori della dinamica dell'humus	57
5.2.3 Importanza degli essudati e della rizodeposizione	61
5.2.4 Il rapporto batteri/funghi è decisivo	61
5.2.5 I funghi sono penalizzati dall'azoto	64
<b>6. Fame di azoto durante l'incorporazione della paglia: mito e realtà</b>	<b>65</b>
6.1 L'azoto non è il solo fattore limitante per la decomposizione	65
6.1.1 Parlare di fame di azoto è spesso contestabile	65
6.1.2 Nessuna fame di azoto nella foresta	66
6.1.3 Una fame di funghi	66
6.2 Come si compie il “miracolo della decomposizione per mezzo dei funghi”	67
6.2.1 C/N molto alti: il parco giochi dei lignivori	67
6.2.2 Trasferimento dell'azoto da parte di funghi	67
6.3 La decomposizione fungina può essere promossa	68
6.3.1 Quando i funghi non possono più “crescere”	68
6.3.2 La fame di azoto è anche una conseguenza di alcune pratiche	69
6.3.3 Prove rivelatrici risultanti dall'applicazione di queste conoscenze	69
6.3.4 Nessuna fame di azoto sui residui lasciati in superficie	69
6.4 Antagonismi tra flora di assimilazione e di decomposizione	70
6.5 Sostanze allelopatiche in causa	71
<b>7. I sovesci non immagazzinano durevolmente il carbonio nei suoli</b>	<b>73</b>
7.1 I sovesci non sono pascoli, manca il ruminante	73
7.1.1 Un incubatore batterico	73
7.1.2 I ruminanti interrompono la dormienza delle spore	74
7.2 I suoli non sono adatti alla digestione di piante immature	75
7.2.1 Restituzione di materiali immaturi	75
7.2.2 Materiali di basso valore per i costruttori di humus	75
7.2.3 Distruzione tardiva in fase immatura: lo scenario penalizzante	76
7.3 Mineralizzazione dell'humus stabile da parte delle piante e quindi dai sovesci	78
7.3.1 La RPE: effetto mineralizzante della rizosfera	78
7.3.2 Colture intermedie: un effetto mineralizzante addizionale	78
7.3.3 Le micorrize e la fotosintesi attivano la mineralizzazione tramite il RPE	80

## Indice

7.4 Conclusione: una tropicalizzazione delle pratiche	81
<b>8. Altri spunti di riflessione e conclusioni</b>	83
8.1 BRF e pacciamatura: un interesse dimostrato per gli apporti di materiali maturi	83
8.1.1 Pratiche poco o per nulla generalizzabili	83
8.1.2 La foresta funziona con solo 3 t/ha di sostanza secca	84
8.1.3 Le terre non richiedono così tanto	84
8.2 Conclusione: i saprofitti sono la chiave della costruzione dell'humus nei suoli	85
<b>9. La produttività grazie all'ecologia applicata</b>	89
9.1 Nuove basi per l'ecologia dei suoli	89
9.1.1 Ciascuno ha il suo posto e occupa una nicchia ecologica	89
9.1.2 Ecosistemi retrogradati ad uno stato instabile antecedente al climax	90
9.1.3 L'interventismo è obbligatorio	92
9.2 Gestire lo sfasamento del climax dell'agrosistema sul suo suolo	94
9.2.1 Nelle regioni temperate, la pausa vegetativa invernale è necessaria per la costruzione dell'humus	94
9.2.2 La lavorazione del terreno è una chiave storica e moderna per una buona gestione ecologica	99
<b>10. Tener conto dello sfasamento climatico per i principali tipi di coltura</b>	103
10.1 Cereali a paglia: uno sfasamento da colmare in clima temperato	103
10.1.1 Il grano è una pianta esotica mediterranea	103
10.1.2 Fabbisogni idrici inferiori e asincroni	104
10.1.3 Buone pratiche per restituire un sovescio dopo un cereale a paglia	105
10.2 Granturco, sorgo, girasole, soia, barbabietola: piante ecologiche!	105
10.2.1 Biodiversità talvolta sorprendente sotto la copertura del mais	106
10.2.2 Nessuna lisciviazione dei nitrati	106
10.3 Equilibrio ecologico delle colture perenni	107
10.3.1 L'agroforestazione: un sistema che mantiene la propria fertilità	107
10.3.2 I frutteti: il lucchetto fitosanitario da aprire	108
10.3.3 La vite: lasciare una copertura estiva attiva	108
10.3.4 I cereali perenni sono una fonte di speranza	108
10.4 Permettere al prato di mantenere il suo sistema radicale	109
10.4.1 Incidenza dello sfalcio dell'erba sulla fotosintesi e sul radicamento	109
10.4.2 Prevedere del meglio perlato o del mais per il pascolo in caso di siccità	110
10.5 Una vegetazione estiva attiva: un vantaggio ecologico collettivo	111
10.5.1 Batteri che "fanno cadere la pioggia"	111

10.5.2 Niente piante in estate, niente batteri epifiti, niente pioggia...	112
10.5.3 Milioni di ettari biologicamente spenti in estate	112
<b>10.6 Liberare le menti per cambiare i paradigmi</b>	113
10.6.1 Le nostre proiezioni mentali sono le leve delle nostre pratiche	113
10.6.2 La cultura governa l'agricoltura	114
10.6.3 Trovare il timone giusto	114
<b>11. Costruzione dei suoli e profilo colturale</b>	117
11.1 La costruzione dei suoli: dai viventi, per i viventi	117
11.1.1 La storia del suolo: dalla pedogenesi alla pedologia	117
11.1.2 Il ruolo cruciale dei batteri	117
11.1.3 I lombrichi	118
11.1.4 Le argille	118
11.1.5 Alcuni suoli sono particolarmente fragili	118
11.2 Esplorare la terza dimensione dei suoli con il profilo colturale	120
11.2.1 Il valore di un approccio diretto in 3D	120
11.2.2 Realizzare il proprio profilo del suolo	120
11.2.3 Definire il proprio tipo di suolo	121
<b>12. Analisi della fertilità biologica</b>	125
12.1 Valutare l'attività della macrofauna: formiche, lombrichi anecici	125
12.1.1 Sfida: i lombrichi hanno un ruolo principale	125
12.1.2 Metodo di osservazione	125
12.1.3 Metodo di valutazione della popolazione	126
12.1.4 Analisi: dinamiche da evidenziare	127
12.2 Altri tipi di bioturbazione	128
12.3 Analizzare le qualità di radicamento	130
12.3.1 Sfida: volume e velocità	130
12.3.2 Metodo e analisi morfologica	130
12.3.3 Metodo e analisi della cinetica di radicamento	130
12.3.4 Metodo e analisi della profondità di radicamento	131
12.4 Il ruolo stabilizzante degli pseudomiceli ( <i>wiskers</i> in inglese)	132
12.4.1 Sfida: gli pseudomiceti legano i cationi, prevengono l'acidificazione di superficie e tamponano il terreno	132
12.4.2 Metodo e analisi: rilevare le tracce di pseudomiceti	132
12.5 L'evoluzione dei residui culturali	133
<b>13. Analisi della fertilità fisica</b>	135
13.1 Analizzare la stabilità strutturale della superficie	135
13.2 Zone di compattazione, suole di lavorazione e di non lavorazione	136
13.2.1 Zone di compattazione e suole di lavorazione	136
13.2.2 Suole di non lavorazione e strati di alios nei suoli sabbiosi	138
13.2.3 La compattazione: innanzitutto un fenomeno di origine biologica	140

## Indice

13.3 La porosità, via respiratoria del suolo	142
13.4 Le argille: le migliori se ne vanno sempre per prime	142
13.4.1 Stabilità delle argille nel suolo	142
13.4.2 La struttura profonda dei suoli	143
13.5 Il colore: un riflesso dell'evoluzione e del funzionamento del suolo	145
<b>14. Analisi della fertilità chimica</b>	147
14.1 pH	147
14.1.1 Sfida	147
14.1.2 Metodo & analisi	147
14.2 Presenza di carbonati di calcio: prova dell'acido cloridrico	148
14.2.1 La sfida	148
14.2.2 Metodo	148
<b>15. Analisi del funzionamento idrico</b>	151
15.1 Identificare le capacità di assorbimento idrico di un suolo	151
15.2 Rilevare segni di idromorfia o anossia	152
15.2.1 La sfida	152
15.2.2 Metodo e analisi	152
15.3 Valutazione della fertilità idrica	154
15.3.1 La capacità di campo	155
15.3.2 La riserva facilmente utile (RFU)	155
15.3.3 Fertilità idrica e materia organica	155
<b>16. I test per comprendere il suolo vivente</b>	157
16.1 Il test di germinazione del crescione	157
16.2 Il test di tossicità erbicida di avena e girasole	158
16.3 Il test di nocività sui lombrichi	159
16.4 Il test di micorrizzazione di un suolo o di un substrato colturale	160
16.5 La prova d'impatto sulla microbiologia generale o mirata dei suoli	161
16.6 Valutazione dell'equilibrio batteri/funghi	161
16.7 Le erbe avventizie come bioindicatori della fertilità dei suoli	162
<b>17. Alcune indicazioni per il miglioramento della fertilità biologica, fisica, chimica e idrica</b>	167
17.1 Fertilità biologica: ripristinare l'equilibrio microbiologico	167
17.1.1 Metodologia. Come stabilire una razione per il suolo?	167
17.1.2 Benefici attesi	168
17.1.3 Inoculazione o focalizzazione di una flora microbica utile	168
17.1.4 Ottimizzazione dei diazotrofi	169
17.1.5 Favorire le micorrize	170
17.1.6 Alleggerire i programmi di fungicidi	170

17.1.7 Colture di copertura	171
17.2 Leve per migliorare le caratteristiche fisiche del suolo	171
17.2.1 Aratura agronomica	171
17.2.2 Ripuntatura-scarificatore-decompattatore	173
17.3 Un approccio più globale per la fertilità chimica	174
17.3.1 Una griglia decisionale ampliata per le correzioni minerali	174
17.4 Fertilità idrica: come ottimizzarla?	175
17.4.1 Con operazioni meccaniche	175
17.4.2 Con gli equilibri Ca/Mg	175
17.4.3 Con la restituzione dei livelli di humus	175
17.4.4 Attraverso la fertilità biologica	176
<b>18. Analisi dei suoli: come fare per utilizzarle al meglio</b>	179
18.1 Obiettivi e metodi per delle analisi pertinenti	179
18.1.1 Metodo: tener conto e limitare i pregiudizi	179
18.1.2 Adottare delle buone pratiche di campionamento	180
18.1.3 Casi particolari: TCS e semina diretta	180
18.1.4 Un campione profondo in base alle situazioni pedologiche	181
18.2 I principali strumenti di valutazione: misurazione della CSC, pH e SO (Sostanza Organica)	182
18.2.1 Definizione introduttiva della CSC	182
18.2.2 Metodo di valutazione in laboratorio	184
18.2.3 Il pH dell'acqua e il pH del KCl	185
18.2.4 La sostanza organica	186
18.3 Conclusioni	188
<b>19. La fertilizzazione</b>	189
19.1 Principi di base	189
19.1.1 La legge dell'ottimo: l'eccesso di uno è il fattore limitante degli altri	189
19.1.2 Regola di universalità	190
19.1.3 Selezione delle giuste forme di fertilizzante e integrazione di tutti gli elementi che le compongono	190
19.1.4 La scelta degli emendamenti non deve essere dettata dal pH	190
19.1.5 Nutrire il terreno prima di nutrire la pianta	191
19.2 La CSC, primo posto di comando della fertilizzazione	192
19.2.1 Il terreno ideale trattiene il 25% di aria e il 25% di acqua	192
19.2.2 Gestire la porosità del suolo con la CSC	193
19.2.3 Qualità dei principali cationi della CSC	195
<b>20. Gestione degli ammendanti e dei fertilizzanti</b>	197
20.1 La gestione del calcio (Ca) prevale per riequilibrare la CSC	197
20.1.1 Il pH equilibrato è il risultato di un suolo vivente	197
20.1.2 Il fabbisogno in calcio prevale sul pH per decidere di un ammendante	198

## Indice

20.1.3 Scenari di gestione degli ammendanti calcici	199
20.1.4 Il calcio interferisce anche con molti altri oligoelementi	201
<b>20.2 Considerazioni rispetto ad altri minerali</b>	<b>202</b>
20.2.1 Magnesio (Mg)	202
20.2.2 Zolfo (S)	202
20.2.3 L'azoto (N)	203
20.2.4 Il fosforo (P)	205
20.2.5 Potassio (K)	207
20.2.6 Il boro (B)	208
20.2.7 I cloruri (Cl)	209
20.2.8 Il cobalto (Co)	209
20.2.9 Il rame (Cu)	209
20.2.10 Il ferro (Fe)	210
20.2.11 Il manganese (Mn)	210
20.2.12 Il molibdeno (Mo)	210
20.2.13 Lo zinco (Zn)	211
20.3 Zone di comfort e zone d'intervento	211
20.4 Gestione della concimazione organica	211
20.5 In sintesi: una gestione della fertilizzazione chimica in cinque tappe	213
<b>21. Rivitalizzazione del suolo in 7 fasi</b>	<b>215</b>
21.1 Ripristinare la verticalità del suolo: identificazione delle suole di lavorazione o di non lavorazione	215
21.2 Ripristino del rapporto dei cationi sulla CSC	215
21.3 Fornire gli altri minerali necessari agli enzimi del suolo	216
21.4 Reintrodurre le famiglie di microrganismi che potrebbero essere deficitari	216
21.5 Coprire il suolo imitando il meglio possibile il climax originale	216
21.6 Attivare la flora fungina umificatrice del suolo	216
21.7 Ridurre o eliminare tutti i fungicidi di fine ciclo. Praticare la nutriprotezione	217
<b>Conclusione</b>	<b>219</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>225</b>
<b>Indice analitico</b>	<b>231</b>

# 4. Uscire da una visione semplificata della fertilità dei suoli

Da dove viene la regola delle tre unità di azoto per produrre un quintale di grano quando questo ne asporta meno di due? Come spiegare che basiamo tutta la fertilità dei suoli essenzialmente su tre elementi, NPK (azoto, fosforo e potassio), mentre la pianta è composta da molti altri? La maggior parte delle regole agronomiche attuali è stata costruita su delle basi che hanno in gran parte ignorato alcuni dei processi riguardanti la fertilità dei suoli. La conseguenza palpabile di tutto ciò è che molto spesso le teorie agronomiche sono contraddette in campo. Alcune profezie predittive non si avverano mentre ne arrivano altre, inaspettate. Quando si tratta di fertilità, la realtà sembra spesso sfidare le leggi contabili e matematiche. In questa parte, vi presenteremo l'analisi dei diversi pregiudizi che hanno contribuito a semplificare eccessivamente le questioni della fertilità e della fertilizzazione.

## 4.1 Dei fertilizzanti non così completi

La pratica agronomica ha semplificato la questione della fertilità dei suoli. Questa semplificazione è stata accompagnata in particolare da un'applicazione pratica di una semantica inappropriata e fuorviante nel campo dell'agronomia. Prendiamo il caso della concimazione NPK, azoto (N), fosforo (P) e potassio (K). I tipi di fertilizzanti che contengono questi tre elementi sono noti sotto il nome di "fertilizzanti completi". Ora, ridurre la fertilizzazione a questi tre elementi solamente non è certamente da qualificarsi come concimazione completa.

Le piante mobilizzano risorse del suolo molto più diversificate e complesse, che si ritrovano poi nei tessuti vegetali. Così, le asportazioni di minerali con la raccolta sono molte di più di quelle comunemente ammesse. In media, le colture asportano da 25 a 30 elementi diversi. Tuttavia, noi non ne apportiamo al suolo che tra tre e cinque (NPK, e di solito calcio e magnesio). Gli apporti degli oligoelementi sono presentati in modo abbastanza sistematico come facoltativi, cosa che certamente non sono. I fertilizzanti cosiddetti completi lo sono anzi sempre meno. Nel corso del tempo, il progresso delle tecniche di raffinamento e le scelte delle fonti dei fertilizzanti hanno fatto sì che gli apporti NPK siano considerevolmente im-

#### 4. Uscire da una visione semplificata della fertilità dei suoli

poveriti in oligoelementi. Scorie di defosforazione, fosfati tricalcici, gessi e sabbie fosfatiche naturali, polveri di ossa calcinate e altri residui di raffinazione sono stati sostituiti da superfosfati fabbricati a partire da minerali polverizzati, depurati da metalli pesanti e dall'uranio quando ce n'è, e arricchiti con acido fosforico. I sistemi coltivati hanno così perso il vantaggio di apporti congiunti di oligoelementi, in particolare di manganese in forma biodisponibile, di cui abbiamo già visto precedentemente uno degli aspetti funzionali benefici. Egualmente, oltre al fosforo, i sottoprodotti apportavano numerosi oligoelementi provenienti dalla lavorazione degli acciai, interessanti per ripristinare la fertilità dei suoli degradati e per correggere gli effetti della lisciviazione e dell'acidificazione superficiale. Alle ceneri di alghe, torba e legno abbiamo sostituito il cloruro di potassio puro come fonte di potassio. Per quanto riguarda l'azoto, questo viene prodotto trasformando l'azoto dell'aria in ammoniaca perfettamente pura tramite il processo Haber-Bosch. Questi apporti di azoto minerale hanno sostituito i materiali con composizione complessa come il guano, i nitrati del Cile, le acque nere e le acque ammoniacali, condensate e stabilizzate con lo zolfo (formazione di solfato di ammoniaca) prodotto dalla pirolisi del litantrace (carbon fossile). Anche in questo caso, l'utilizzazione di minerali sempre più puri ha ridotto l'apporto congiunto di elementi che erano spesso benefici per i suoli e le colture.

### **4.2 Il bilancio: un modello basato su bisogni mal valutati e su un volume di suolo sottostimato**

Il metodo di bilancio che prevale ancora oggi per parametrare la concimazione ai bisogni delle piante, tiene conto, in modo incompleto, delle riserve del suolo e non dell'insieme delle esigenze di una pianta, compresi gli oligoelementi. Si parte dal principio contabile di bilanciare entrate e uscite, in altre parole, di apportare tanto quanto è stato asportato. Lo strato analizzato si limita ai primi 20-25 cm di terreno. Questo è molto riduttivo in quanto nella maggior parte dei casi è ben inferiore al potenziale di esplorazione delle piante. Sicuramente i primi centimetri di terra partecipano in modo più intensivo degli altri orizzonti all'alimentazione della pianta coltivata, ma non è rigoroso ignorare tutto il potenziale rimanente. Le radici del frumento, in determinate situazioni favorevoli, sono in grado di esplorare fino a 2,5 m di colonna del suolo! In queste situazioni, come potrebbe un'analisi del suolo effettuata entro i primi 25 cm essere l'unico strumento decisionale di riferimento per una concimazione?

#### *4.2.1 Radicazione superficiale*

Il corollario di questa valutazione troppo superficiale dei suoli e non sufficientemente volumetrica, ha, per abitudine, e per mancanza di attenzione prestata ad altri indicatori di cui la ricchezza chimica dei suoli è tra gli elementi principali, permesso di sviluppare delle pratiche che non hanno favorito dei radicamenti

## 4.2 Il bilancio basato su bisogni mal valutati e un volume di suolo sottostimato

profondi. Degli apporti fosfatici a dosi di lusso inibiscono le micorrize, che sono preposte a prolungare le radici delle piante, estrarre e trasportare efficacemente minerali inaccessibili per insufficiente allungamento delle radici o per indisponibilità chimica. Abbiamo così progressivamente sviluppato un'agricoltura sempre meno autonoma che diventa sempre meno in grado di esprimere l'effetto dei terreni nella filiera di qualità. Nelle zone di produzione a denominazione d'origine controllata, ci sembra essenziale riscoprire questa visione dei suoli in 3D e ripristinare delle profondità corrette di radicazione. È un vantaggio che può essere differenziante, senza il quale le produzioni agricole sono destinate ad essere integrate in filiere di volume con banalizzazione dell'offerta e valorizzazione a dei prezzi mondiali.

### 4.2.2 Serbatoi di fertilità

Il volume di suolo esplorato non è l'unico serbatoio di fertilità trascurato dal metodo di bilancio. Ci sono meccanismi biologici molteplici in grado di contribuire alla fertilità chimica al suolo in quantità non trascurabile.

L'attività dei batteri diazotrofi liberi (azotobatteri) o dei rizobi, che sono in grado di fissare l'azoto dell'aria in quantità di 30 a 40 kg di azoto/ha/anno (= 100 kg di nitrato di ammonio), non è quasi mai presa in considerazione. È lo stesso per quanto riguarda l'attività di certi batteri in grado di fornire fosforo, potassio, silice, disponibili per le piante a partire da forme chimiche poco solubili. Dal momento che l'attività di questi microrganismi ausiliari è considerata trascurabile, non sono stati valutati neanche gli effetti indiretti su di essi dei materiali e delle molecole utilizzati in agricoltura. Per riprendere solo l'esempio dei batteri fissatori di azoto, essi sono sensibili all'eccesso di azoto sintetico che li inibisce totalmente. Degli apporti massicci renderanno quindi le piante dipendenti al 100% dagli apporti azotati esteriori. Un altro esempio: gli apporti di rame, sotto forma di poltiglia bordolese a scopo fungicida, sono particolarmente dannosi, se non distruttivi, al di là di valori eccedenti 50 ppm nei suoli (troviamo dei suoli che superano le 200 ppm con dei "record" di 800-900 ppm). Questo effetto durerà decenni, tenuto conto dell'immobilità dello ione rame. Ecco, dunque, alcuni esempi di effetti non intenzionali che nuocciono all'economia di un'azienda agricola che sia biologica o convenzionale.

Nel corso di decenni di sperimentazione, i modelli e le norme di raccomandazione sono stati applicati su suoli non funzionanti, su colture con sistemi radicali meno efficienti, su delle microbiologie inibite e/o sbilanciate. Ciò che è anormale è diventato sempre più abituale. L'abituale è diventato la norma. Questa nuova norma, di origine antropica, ha generato una modellizzazione che guida il consiglio e i dispositivi sperimentali.

### 4.2.3 Una forfettizzazione delle perdite

Infine, il metodo di bilancio si basa su dei "pacchetti" contabili, che integrano sistematicamente una parte di "differenza inventariale" per gli elementi mobili

#### 4. Uscire da una visione semplificata della fertilità dei suoli

come l'azoto. Nella contabilità dei magazzini si chiama *differenza inventariale*, l'insieme dei prodotti che scompaiono dall'inventario in modo inspiegabile e che sono in realtà, il più delle volte sottoutilizzati. Ebbene, il calcolo dei bisogni integra in modo sistematico circa il 70% di ribasso per l'elemento azoto (vedi riquadro). Nessun magazzino lo accetterebbe. Perché l'ecosistema coltivato dovrebbe essere sistematicamente così poco efficiente per quanto riguarda l'azoto? Non ci sono dei mezzi per capire queste perdite e ridurle, se non annullarle? Forniremo le risposte a questi quesiti e delle soluzioni per ridurre tali perdite e rendere l'ecosistema coltivato vincente nei confronti di questi fenomeni. I rapporti calcio/magnesio sono una delle cause. La microbiologia attiva è un'altra, la profondità e la densità del radicamento una terza.

**Tabella 4.1 - Stima dei fabbisogni azotati standard in unità (kg/ha di elemento puro) per un quintale di coltura asportata (fonte: Arvalis).**

Specie coltivata	Obiettivo di rendimento (coefficiente b)	Obiettivo di qualità (coefficiente bq)
Frumento tenero (escluso BAF)	da 2,8 a 3,2	da 3 a 3,2
Grano migliorativo	–	3,5 a 4,1
Grano duro	–	3,5 a 4,1
Orzo invernale	2,5	2,2
Orzo primaverile	2,5	2 a 2,5
Triticale	2,6	–
Avena	2,2	–
Segale	2,3	–

Le dosi utilizzate e i coefficienti di utilizzo dell'azoto si dimostrano insoddisfacenti in tutti i continenti e per tutte le colture (Krupnik *et al.*, 2009): nel frumento 31% di efficienza, nel mais 24% e nel riso 37% (percentuale di azoto applicato ritrovato nella pianta) a causa delle perdite per lisciviazione/volatilizzazione e trasferimenti nei compartimenti più profondi del suolo.

#### **UNA SOMMA FORFETTARIA DELLE PERDITE DEL 70% NELLA SCATOLA NERA DEL TERRENO**

È generalmente accettato che per equilibrare l'equazione di bilancio della fertilizzazione azotata di un frumento, il bisogno in azoto N per quintale di grano prodotto vada da 2,8 a 3,2 kg/q (previsione dell'Unione nazionale delle industrie di fertilizzazione (UNIFA) e d'Arvalis). Mentre per un grano all'11% di proteine (caso medio in Francia), tenuto conto del fatto che la parte massiccia di azoto N contenuto nelle proteine vegetali è del 16%, allora un quintale di frumento corrisponde all'asportazione di:  $11 \times 0,16 = 1,76$  kg di azoto N/quintale.

Vi è una discrepanza del 70% tra il fabbisogno stimato e le asportazioni di azoto (nel caso di una raccomandazione di 3 unità/q:  $(100 - (3/1,76)) \times 100 = -70\%$ ).

## 4.2 Il bilancio basato su bisogni mal valutati e un volume di suolo sottostimato

### 4.2.4 Funzioni secondarie dei fertilizzanti spesso sconosciute

Durante la Seconda guerra mondiale, l'esercito alleato iniettò nei campi delle quantità importanti di sali d'ammonio. Qual era lo scopo? Certamente non di fertilizzare la terra. L'esercito utilizzava in realtà l'ammonio per il suo effetto compattante sul suolo. Si trattava allora di stabilizzare a buon mercato, se così si può dire, strade, campi agricoli o piste di atterraggio. Egualmente, avviene nelle grandi opere di sviluppo civile, per le quali vengono utilizzati dei sali d'ammonio e la stessa tecnica (Davidson, 1962). La funzionalità attesa dagli apporti di ammonio in agricoltura è del tutto diversa: si tratta soprattutto di garantire la nutrizione delle piante coltivate. Ma possiamo trascurare gli effetti collaterali indotti sul sistema coltivato? Ogni azione sui suoli, sia che sia meccanica, chimica, biologica ecc. è il più delle volte pensata intorno ad una funzionalità principale, precisa e spesso unica. Ma ogni azione mirata porta con sé delle funzionalità secondarie perturbatorie, che a volte sono proficue, a volte negative e spesso multi-sito. È facilmente comprensibile che un uso intenso e ripetuto, al di là delle strette esigenze delle colture, produrrà lo stesso effetto voluto dagli ingegneri del genio civile: la stabilizzazione, vale a dire l'indurimento dei terreni, la loro compattazione e la necessità di ricorrere ad una maggiore potenza per lavorarli. Sempre per quanto riguarda la concimazione azotata, gli apporti di azoto di sintesi sotto forma di  $\text{NO}_3^-$  (ione nitrato) hanno ugualmente un effetto sugli equilibri ormonali delle piante. L'azoto agisce a favore delle citochinine e contro l'ormone che è loro antagonista, le auxine. I fenomeni di allungamento sono favoriti, mentre la rizogenesi al contrario è sfavorita. Un uso smodato contribuirà a ridurre la profondità di radicazione e la capacità delle colture di esplorare gli orizzonti profondi e beneficiare di tutta la riserva idrica e nutritiva del suolo.

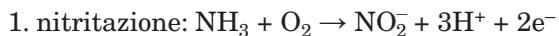
#### 4.2.4.1 La concimazione minerale presenta antagonismi

Gli apporti di azoto sintetico modificano anche l'assorbimento degli altri minerali. Favoriscono l'assorbimento da parte della pianta dell'azoto, ma anche di calcio e magnesio. D'altra parte, penalizzano l'assorbimento di fosforo, potassio, rame, zinco, manganese e boro. Ciò non significa, tuttavia, che l'agricoltura debba fare a meno di questi fertilizzanti sintetici, ma gli effetti collaterali devono essere conosciuti e presi meglio in considerazione. Gli apporti di nitrati all'inizio della stagione – in primavera – forniscono abbondante nutrimento azotato mentre i terreni sono ancora freddi. Rame, zinco, manganese, molibdeno non saranno ancora molto disponibili a causa di un'attività biologica appena risvegliata. Con tutta probabilità, la composizione della linfa ne risulterà squilibrata, tanto più che il loro assorbimento sarà ostacolato dall'antagonismo esercitato da nitrati abbondanti. Essendo questi oligoelementi coinvolti in molte reazioni enzimatiche, è improbabile che la pianta sia in grado di assicurare efficacemente la proteosintesi e la gestione del suo redox. I nitrati rimarranno più a lungo in questa forma o sotto forma di amminoacidi semplici e renderanno le piante sensibili alle malattie fungine. **Una concimazione azotata mal gestita prepara la coltura a “valorizzare” l'utilizzo dei fungicidi rendendoli indispensabili.**

#### 4. Uscire da una visione semplificata della fertilità dei suoli

##### 4.2.4.2 Il fertilizzante ammoniacale può decalcificare e acidificare

Uno sguardo alle tecniche di analisi di laboratorio è ugualmente ricco di insegnamenti. Infatti, il metodo detto Metson per calcolare la capacità di scambio cationico, la CSC, consiste nell'utilizzo di un reagente a base di acetato di ammonio. L' $\text{NH}_4^+$  (ammonio) che contiene è in grado di sostituirsi agli altri cationi trattenuti per attrazione elettrostatica sulle argille e sull'humus, come il calcio, il magnesio, il potassio e il sodio. La dimostrazione tramite questa tecnica di laboratorio utilizzata ovunque su tutti i tipi di suolo mostra quanto questo reagente sia potente ed universale nella sua funzione di sostituzione dei cationi Ca, Mg, K e Na. L'uso di fertilizzanti ammoniacali in quantità può quindi inviare nella soluzione del suolo dei cationi immagazzinati. Questi sono ritenuti non lisciviabili e per una buona ragione: prendono il posto di altri nella CSC. In un primo tempo, le conseguenze sembrano eminentemente positive, in quanto l'aumento di minerali nella soluzione del terreno può tradursi in aumenti della resa. Questi sono reali, ma sono poi il risultato di un'estrazione delle risorse del suolo. Il seguito dello scenario è la nitrificazione di questa forma ammoniacale in due tappe, la nitritazione e poi nitratazione con le seguenti reazioni chimiche:



Il processo di ossidazione dell'azoto minerale (ammoniaca, azoto ammoniacale del nitrato d'ammonio od urea) da parte dei microbi del suolo è ugualmente produttore di ioni d'idrogeno ( $\text{H}^+$  talvolta ugualmente espressi sotto forma di  $\text{H}_3\text{O}^+$ ), responsabili di un abbassamento del pH. Dopo aver eliminato le basi del complesso argillo umico, l'ammonio, dopo nitrificazione, lascia il suo corteo di ioni di idronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) dietro di sé.

##### 4.2.5 I nitrati non viaggiano mai da soli

La concimazione azotata minerale può essere messa in discussione per molti altri effetti secondari ancora largamente ignorati, in particolare in termini di perdite di calcio e altri cationi. Infatti, gli apporti di azoto minerale danno luogo alla presenza di nitrati in quantità abbondanti nel terreno. Ora, i nitrati non viaggiano mai soli. Formano insieme ai cationi di calcio, potassio o sodio dei sali di tipo nitrati di calcio ecc. Questi sali sono estremamente solubili e altamente lisciviabili. È così che la lisciviazione dei nitrati porta anche alla dipartita delle "basi" cationiche, amplificando l'acidificazione di superficie. Il miglioramento dell'efficacia dell'utilizzazione dell'azoto da parte della pianta è quindi non solo una fonte di risparmio in fertilizzanti azotati, ma riduce anche la necessità di calcare per riequilibrare il pH! L'azoto, compreso l'azoto di sintesi, non è di per sé dannoso per l'ecosistema coltivato se tale azoto è utilizzato in maniera efficace dalla pianta. È l'azoto inutilizzato che acidifica e che "invecchia" i suoli. Secondo i lavori del professor Philip Barak (1997) del Dipartimento dei suoli dell'Universi-

## 4.3 Una relazione tra pH e calcio spesso fraintesa

tà del Wisconsin (Stati Uniti), 40 anni di fertilizzazione azotata minerale provocano un invecchiamento equivalente a 1.000 anni di invecchiamento “naturale”. Questo a causa dell'acidificazione (abbassamento di 1,5 punto di pH in media), della destrutturazione delle argille e di una riduzione del 30% della capacità di scambio cationico (CSC).

### 4.2.5.1 Gli effetti secondari legati all'utilizzazione del cloruro di potassio

Usare il metodo del bilancio senza preoccuparsi dei meccanismi biochimici nei suoli può portare a commettere un altro errore agronomico nel caso di utilizzazione del cloruro di potassio (KCl). Infatti, il cloruro forma nei suoli, con dei cationi come il calcio, dei sali di cloruro di calcio che sono molto idrosolubili e igroscopici e quindi estremamente lisciviabili. Più le dosi di KCl sono importanti, più grandi saranno le perdite per lisciviazione del calcio sotto forma di CaCl, creando dunque l'obbligo di ammendare con calce (gesso) per compensare. Questo fenomeno è tanto più grave e marcato in caso di semina diretta/non lavorazione del terreno, nella misura in cui non c'è più il riciclo delle basi verso la superficie mediante aratura e si osserva molto spesso una marcata acidificazione superficiale. Il solfato di potassio non ha un effetto così ampio nella misura in cui il nuovo sale creato dalla combinazione dello ione solfato con il calcio del terreno, il solfato di calcio, è nettamente meno solubile (2 g/litro) in acqua rispetto al cloruro di calcio (745 g/litro). Il cloruro di potassio è un buon decalcificante, come abbiamo appena visto, ma anche un ottimo acidificante per i terreni, per la proprietà del potassio di rilasciare gli ioni nella soluzione nel terreno, prendendo il loro posto sulle argille e sull'humus. Oltretutto, il cloruro di potassio viene utilizzato dai laboratori di analisi del suolo per allontanare gli ioni H<sup>+</sup> della CSC. È per questo che i pH (KCl) dati dai laboratori sono sempre inferiori ai pH in acqua.

## 4.3 Una relazione tra pH e calcio spesso fraintesa

### 4.3.1 La gestione del pH del suolo

Anche la questione della gestione del pH del terreno coltivato è stata spesso trattata con troppa leggerezza. Le raccomandazioni spesso sostengono la necessità di un obiettivo di pH intorno al 7 o leggermente al di sotto di 7. Del resto, il nesso causa-effetto tra eccesso o carenza di ioni calcio e rispettivamente tra pH alto e pH basso si verifica sistematicamente. Ora, si tratta di una situazione comune, ma che non è tuttavia generalizzabile. Molto spesso è vero, gli ioni calcio sono coinvolti nell'alcalinità dei terreni, ma questa non è una regola assoluta. Per alcuni terreni, sono gli ioni potassio che contribuiscono all'alcalinità o gli ioni magnesio se non gli ioni sodio. In questi casi, l'aggiunta di una fonte esterna di calcio può essere estremamente benefica, perché i suoli sono spesso resi carenti da anni di pratiche agronomiche non adatte al contesto. I suoli in prossimità del mare tra cui i polder (sodio), la Limagne (magnesio), le praterie del Jura (potas-

#### 4. Uscire da una visione semplificata della fertilità dei suoli

sio) sono potenzialmente affetti da alcalinità non calciche. In queste situazioni, un'applicazione di un sale di calcio sarà opportuna anche se il pH è alto. Al contrario, esistono dei suoli acidi e ad alto contenuto di calcio. Questo è il caso dei terreni di nuova formazione sulle rocce madri di gesso ( $\text{CaSO}_4$ ) e che si possono trovare soprattutto in Spagna nella valle del Tajo e dell'Elno, in Bulgaria o nel sud-ovest degli Stati Uniti. Il gesso è il sale di calcio dell'acido solforico e come tale non ha alcuna funzione neutralizzante. Il solfato di calcio in soluzione ha un pH di circa 6,5. Il fatto di avere un pH relativamente basso non implica dunque che ci sia necessariamente bisogno di somministrare del calcio per riequilibrare questi suoli, ma, possibilmente, devono essere somministrate altre basi rispetto al calcio.

##### *4.3.2 Le acidificazioni superficiali passano spesso inosservate*

Una corretta misurazione del pH è un altro punto debole delle analisi dei suoli, come vengono spesso praticate. Le acidificazioni di superficie sono notoriamente spesso molto sottovalutate quando non passano semplicemente inosservate. Eccone un esempio. Durante un intervento su terreni limosi argillo-sabbiosi su profilo colturale in appezzamenti di mandorleti in California, abbiamo constatato degli scarti pH estremi tra gli orizzonti superficiali e quelli sottostanti. Il pH era di 4 in superficie e di 9 a solo 20 cm di profondità (misurazione fatta con il reagente Hellige). Il metodo di irrigazione per sommersione utilizzato da oltre cinquant'anni su questi terreni scheletrici ha portato ad una sedimentazione differenziata degli elementi con una concentrazione molto elevata di sabbia in superficie e argille e limi più concentrati in profondità; il tutto accompagnato da una lisciviazione di cationi superficiali. Pertanto, il livello di pH dato dall'analisi del terreno è stato idealmente compreso intorno 6,8. Ora, degli estremi riuniti insieme formano una buona media e una pianta può morire in una buona media! Su questo appezzamento, era in corso l'estirpazione degli alberi per la mancanza di produttività, nell'incomprensione totale del produttore. Ecco come con la sola lettura delle analisi dei suoli è difficile mettere in evidenza delle disfunzioni a volte importanti dal punto di vista del pH e della fertilità. In Europa, molti agricoltori, anche nelle regioni su zoccoli sedimentari carbonatici, si trovano di fronte a situazioni analoghe, spesso a loro insaputa, convinti che sia sufficiente fermare la lavorazione del terreno ed utilizzare la chimica di sintesi per ripristinare e mantenere gli equilibri minerali e chimici.

# 12. Analisi della fertilità biologica

Lombrichi anecici, radici, biotubuli, micelio, ecc. Il confronto tra le tracce antiche di vita e quelle attuali permette di qualificare le differenze. Queste differenze sono ricche di insegnamenti sulla dinamica del suolo e sul potenziale massimo dei processi, differenze a partire dalle quali l'agricoltore sarà in grado di fissare obiettivi raggiungibili. Sul campo, ci imbattiamo in discorsi a volte ben troppo ottimisti su delle nuove pratiche e su altri che sono ben troppo pessimistici sullo stato delle cose. Così in questa parte impareremo come:

- fare il punto della situazione;
- stabilire degli obiettivi realistici di miglioramento.

## 12.1 Valutare l'attività della macrofauna: formiche, lombrichi anecici

### 12.1.1 Sfida: i lombrichi hanno un ruolo principale

I lombrichi anecici sono dei vermi di terra di grande taglia che vivono in gallerie verticali. Quando sono presenti, attraversano l'intero profilo del suolo. La presenza di anecici è un fattore sostanziale della fertilità biologica dei suoli. La prima cosa da verificare nel profilo colturale è la loro presenza attuale o passata. In alcuni suoli, sono le formiche o le termiti che sostengono questo ruolo, per non parlare del lavoro nell'ambiente naturale di una fauna di taglia più grande, come le talpe.

### 12.1.2 Metodo di osservazione

**Identificare le gallerie attive.** L'osservazione della popolazione di lombrichi anecici viene effettuata in maniera indiretta, osservando le loro gallerie nel profilo del suolo. Una galleria è considerata come occupata e attiva quando la sua parete è lucida e ricoperta da un muco fine che favorisce la progressione del verme, ma anche la crescita delle radici. Infatti, questa pellicola che riveste la parete delle gallerie contiene delle sostanze di crescita di tipo auxinico e del-

## 12. Analisi della fertilità biologica

le sostanze azotate che possono far raddoppiare la velocità di crescita di radici e radichette. Questo aspetto è di un'importanza cruciale perché al momento dell'impianto di una coltura principale, o intermediaria (il cui obiettivo è quello di svolgere il ruolo di CIPAN, una coltura intermediaria trappola per nitrati), consente alla pianta di vincere la gara di velocità ingaggiata con le prime piogge: andare veloce quanto i nitrati per recuperarne il più possibile dalla lisciviazione. Le radici viventi ed i lombrichi attivi coabitano frequentemente. Le gallerie deserte, al contrario, mostrano segni di declino. La parete non è più ricoperta di muco, si osservano anche delle tracce di riempimento di materiali colorati, costituiti da granuli fecali millimetrici e di escrementi della fauna secondaria che si installa, ma ugualmente delle tracce di lisciviazione delle argille, limi ed humus che arrivano dagli orizzonti superiori. Le tracce di lisciviazione sono sempre più scure della terra stessa. A volte le vecchie gallerie sono completamente riempite e la terra che le riempie ha pochissima coesione con il resto. Questo è un segno che conferma che si tratta in effetti di una vecchia galleria, cosa facile da mettere in evidenza con l'aiuto di un coltello. L'intasamento completo presuppone un periodo di inattività dei lombrichi di molti decenni. Poiché le gallerie abbandonate conservano all'inizio la loro funzione di evacuazione delle acque, può passare del tempo prima di percepire l'impatto delle pratiche agricole che hanno portato alla scomparsa di questi "ingegneri del suolo". È da notare che una galleria ben mantenuta, rivestita da questo film lucido prodotto dal lombrico, permette non solo all'acqua di infiltrarsi rapidamente negli orizzonti profondi, ma anche di farlo senza portarsi dietro alcuna particella di terra, limo o argilla, evitando così la lisciviazione degli elementi più fini.

### 12.1.3 Metodo di valutazione della popolazione

- **Una parcella di sperimentazione orizzontale di 20 × 100 cm nel cuore della suola compatta.** La valutazione dei lombrichi si fa indirettamente tramite la conta delle gallerie occupate e non occupate. A seconda dell'epoca di osservazione, il numero di lombrichi attivi è molto fluttuante, così fluttuante che sembra più efficace contare il numero delle gallerie. **Si consiglia di eseguire questo conteggio orizzontalmente su una superficie di 1/5 di metro quadrato, distinguendo le gallerie di diametro inferiore e superiore a 3 mm. Questa distinzione permetterà di differenziare le specie presenti, anecici ed endogeni di più piccole dimensioni. È consigliabile eseguire questo conteggio nell'orizzonte più compatto perché è quello più limitante**, ma anche quello che permette di constatare l'efficacia del lavoro effettuato. Ci sono situazioni altrettanto frequenti, sia nell'aratura come nella semina diretta, dove si può osservare un'attività sostanziale dei lombrichi in superficie, senza che essa si esprima più in basso. Un suolo vivente lo è innanzitutto per il fatto che gli orizzonti superficiali sono sempre collegati con gli orizzonti profondi. La funzione eminentemente utile dei lombrichi è di riciclare e rimescolare gli orizzonti: riportare in superficie le

## 12.1 Valutare l'attività della macrofauna: formiche, lombrichi anecici

argille, combinandole nel loro intestino con materia organica fresca. Il prodotto, sotto forma di turricoli rigettati in superficie, è praticamente della CSC allo stato puro; le ghiandole di Morren generano anche il ponte di calcio. Questi "tortiglioni" sono di una stabilità strutturale sorprendente e resistono a mesi di precipitazioni atmosferiche. L'attività di bioturbazione permette anche di portare i detriti vegetativi in profondità.

- **Contare e calcolare il tasso di occupazione.** La somma delle gallerie attive e inattive ci dà il numero massimo di gallerie ottenibili nel suolo nel suo regime di funzionamento ideale. Idealmente, un suolo che funziona in modo ottimale ha un tasso di occupazione di gallerie del 80-95%. L'osservazione dei tassi di occupazione delle gallerie ci fornisce ugualmente informazioni sulla dinamica delle popolazioni di lombrichi. Il riferimento deve essere il numero di gallerie esistenti al loro apogeo negli orizzonti semi-profondi (oltre i 40 centimetri di profondità, sotto un'eventuale suola).

$$\frac{(100 \times \text{Numero di gallerie occupate})}{\text{Numero totale di gallerie}} = \text{Tasso di occupazione}$$

### 12.1.4 Analisi: dinamiche da evidenziare

Il profilo del suolo ci permette di rilevare i processi di scomparsa, assenza, declino, miglioramento e ottimale.

**Scomparsa.** Un suolo che non presenta segni di lombrichi in attività, ma nel quale troviamo gallerie non occupate o gallerie riempite è rivelatore della scomparsa più o meno recente di queste specie. L'analisi completa del profilo colturale e della storia delle pratiche sulla parcella permette spesso di trovare le cause prima di stabilire un piano di ripristino: lavorazione del terreno meno aggressiva, aratura meno profonda, interruzione dell'uso di molecole aggressive, come alcuni repellenti per lumache, oli essenziali, poltiglie di rame...

**Assenza naturale.** In alcuni casi, il terreno non presenta né tracce attuali né tracce passate di gallerie, anche negli orizzonti più profondi del suolo, là dove la memoria del suolo risale a diversi millenni fa. Questi suoli sono vergini da qualsiasi attività degli anellidi e non saranno in grado di ospitarli nel loro stato "naturale". È il caso in particolare dei terreni sabbiosi silicei, di alcuni suoli idromorfi, o ancora di suoli argillosi plastici (vedi triangolo di tessitura Fig. 11.1). Ciononostante, l'antropizzazione dell'ambiente, mediante drenaggio nel caso di suoli idromorfi, consente a questi suoli, in alcuni contesti, di ospitare lombrichi, mentre non ne era mai stato possibile prima. A parte tali casi particolari, è illusorio pensare che le pratiche agricole, fossero anche sostenibili, saranno in grado di fare meglio di quanto la natura abbia saputo fare nel corso dei millenni passati. Parliamo qui di un'esplorazione profonda da parte dei lombrichi anecici. Con massicci apporti di BRF o sovesci, si può tuttavia fare apparire delle popolazioni importanti di vermi epigei di tipo *Eisenia foetida*, che resteranno in superficie.

## 12. Analisi della fertilità biologica

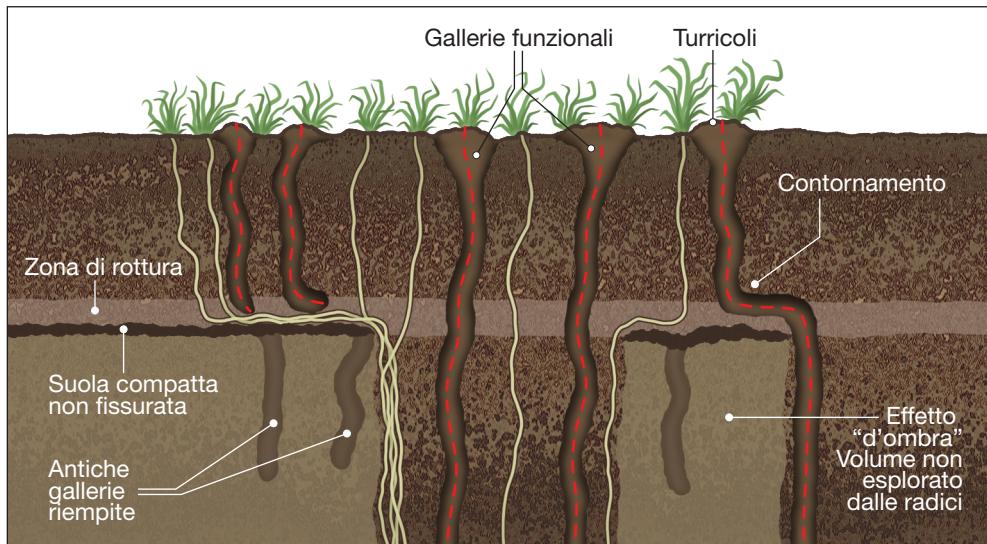


Figura 12.1 – Schema di impostazione delle gallerie di lombrichi anecici e di occupazione dei suoli delle radici.

**Ottimale, declino o miglioramento.** Un tasso di occupazione delle gallerie da 80 a 95% nell'orizzonte compattato ci indica che le popolazioni di lombrichi sono al loro massimo. Un tasso inferiore al 70%, con gallerie recentemente abbandonate, (cioè senza muco ma non ancora riempite) è il segnale di un declino in corso della popolazione.

### LE VIE DI CIRCOLAZIONE SONO OTTIMIZZATE?

L'osservazione delle gallerie dei lombrichi merita ugualmente di considerare i loro tracciati. Idealmente, i diversi orizzonti del suolo non dovrebbero ostacolare la circolazione dei lombrichi (vedi schema). Se si osservano dei contornamenti, vuol dire che la circolazione non è ottimale. Certi orizzonti sono attraversati male. A volte non sono più attraversati del tutto, cosa che confina l'attività dei lombrichi in superficie. Il processo di rigenerazione del suolo è rotto/distrutto. Un suolo che funziona è sempre collegato alla roccia madre da processi diversi.

## 12.2 Altri tipi di bioturbazione

Nei suoli in cui i lombrichi non possono operare, altri due attori possono prenderne il posto. Non vanno trascurati perché sono gli attori principali, e talvolta unici, sul 30% delle superfici agricole:

- Le formiche che, per il loro numero in una colonia, sono in grado di spostare volumi di suolo molto grandi anche in climi temperati, quando i suoli non sono disturbati da operazioni meccaniche. Da questo punto di vista, le formiche

### IL CONTEGGIO DEI VERMI CON L'AIUTO DELLA COSIDDETTA TECNICA DELLA “SENAPE” NON È SUFFICIENTE

La tecnica della “senape” viene a volte utilizzata per contare i lombrichi. Si tratta di distribuire sul terreno una soluzione contenente la spezia che ha l’effetto di far rimontare i vermi in superficie.

Questo processo può talvolta essere utilizzato a titolo didattico, ma le conclusioni sono molto limitate dal punto di vista tecnico. Da una parte perché secondo le stagioni e le condizioni metereologiche i lombrichi non sono sempre tutti attivi. Infatti, gli anelidi hanno notoriamente la capacità di entrare in diapausa. D’altra parte, la quantità di lombrichi trovati in superficie non indica la loro presenza in profondità e la loro capacità di attraversare tutti gli orizzonti. Quelli che sono in profondità restano insensibili alla senape. Ora, la funzionalità positiva rigeneratrice più rimarchevole dei lombrichi viene proprio dalla capacità di riportare in circolazione gli elementi del suolo in profondità. Per gli stessi motivi, il conteggio del numero di turricoli in superficie fornisce ugualmente un indicatore troppo aleatorio, che può essere ingannevole. A volte gli anellidi sono bloccati in superficie da una suola, quindi vanno avanti e indietro come pazzi in un volume ristretto, ma in realtà non sanno più “dove sbattere la testa”. Questo spiega perché osserviamo regolarmente numerosi turricoli sulle tracce delle ruote dei trattori.

La raccolta dei turricoli su una superficie di un metro quadrato e la sua pesata può essere un modo affidabile di valutare l’attività dei lombrichi. È una valutazione che non è dipendente dalla loro attività molto stagionale.

sono ancora più sensibili dei lombrichi alle operazioni culturali ripetute. È per questo che le troviamo più frequentemente sotto i prati. Le formiche si stabiliscono sempre in terreni molto sani e non allagabili. La sabbia o i limi sabbiosi non le scoraggiano. Come i lombrichi, esse utilizzano la microbiologia per rendere più assimilabili alcuni nutrienti. Alcune sono anche in grado di coltivare funghi. Le termiti nei climi caldi effettuano un lavoro di terrazzamento e di “ingegneria civile” ancora più impressionante.

- Gli scarabei stercorei: esistono in tutte le latitudini e, come suggerisce il loro nome, accompagnano principalmente i ruminanti e sono essenziali nella catena ecologica che collega il prato, il ruminante e il suolo. L’Australia ne ha fatto l’esperienza, dopo che i primi coloni avevano importato i ruminanti senza gli scarabei stercorei. Davanti al rischio di intasare l’ecosistema con una quantità di sterco non ‘trasformato’, hanno dovuto inserire questo piccolo animale per chiudere il cerchio. Questi scarabei possono scavare in profondità, fino a 30 centimetri, digerire le feci di altri animali erbivori e accelerare il processo di umificazione e di ritorno nel ciclo di produzione dello sterco, mantenendo la porosità superficiale nel terreno.
- Anche le volpi, i conigli, le talpe e i ratti talpa partecipano alla macroporosità dei terreni con il rimescolamento degli orizzonti. Alcuni studi sembrano dimostrare che il declino della produttività dei prati causata dall’azione parassitaria dei ratti talpa è compensata dagli aumenti di rendimento negli anni successivi, generati da un ringiovanimento delle specie di prateria e un rilancio dell’attività biologica.

## 12. Analisi della fertilità biologica

### 12.3 Analizzare le qualità di radicamento

#### 12.3.1 Sfida: volume e velocità

Le qualità di radicamento sono determinanti per due ragioni principali. La prima, e senza dubbio la più evidente, è in particolare legata al volume di suolo esplorato in modo funzionale. Questo volume è costitutivo del serbatoio diretto della fertilità al quale la pianta avrà accesso (senza contare le riserve indirette degli scambi micorrizici). La seconda è che la qualità e la cinetica del radicamento sono ugualmente determinanti nella capacità della coltura di vincere la gara di velocità contro la lisciviazione degli elementi fertili del suolo.

#### 12.3.2 Metodo e analisi morfologica

- **L'architettura dell'apparato radicale.** Idealmente, le radici dovrebbero mostrare una struttura arborescente senza mancanze. Inoltre, non dovrebbero mostrare segni di contornamento (forma a manovella) e devono avere peli assorbenti in tutti gli orizzonti del terreno. I contornamenti sono il segno di una perdita di competitività della pianta rispetto al suo ambiente, il più delle volte in relazione alla presenza di una zona compatta. Le mancanze di radici possono anche essere l'effetto della mancanza di ossigeno e di idromorfia.
- **I peli assorbenti.** La funzionalità della nutrizione della pianta è assicurata dai peli assorbenti. La loro presenza dimostra che questa funzione è ben consolidata. D'altro canto, la loro assenza a diversi livelli dei peli radicali è il segno che la nutrizione della pianta non è ivi funzionante. La funzione della radice in questi strati è quindi limitata alla funzione di trasporto. Spesso, l'orizzonte più compatto non viene esplorato dai peli assorbenti. Il ripristino dei peli assorbenti ad ogni livello dei peli radicali è un obiettivo ottenibile a medio termine in tutti i tipi di suolo e i cui benefici possono essere di grandissima importanza.
- **Altri segni: numero, colore, forma e avvolgimenti.** Le radici sane sono generalmente bianche, (eccezionalmente nere per alcune specie come lavanda, equiseto, alberi, ecc.). Radici gialle, appiattite o a lisca di pesce sono un segno di compressione e di un malfunzionamento del sistema radicale. L'avvolgimento delle radici è ugualmente frequente anche nel caso dei terreni lavorati meccanicamente, lasciando delle sacche d'aria tra blocchi di terra. Questi avvolgimenti rivelano la presenza di cavità nel terreno che funzionano come trappole per radici. Tale compartimentazione è pregiudizievole, perché rappresenta una spesa elevata per la pianta con un ritorno limitato sull'investimento.

#### 12.3.3 Metodo e analisi della cinetica di radicamento

Per analizzare la cinetica dello sviluppo radicale è interessante effettuare i pro-

## 12.3 Analizzare le qualità di radicamento

fili del suolo quando le piante coltivate sono in crescita. Un frumento seminato da due mesi in un terreno che funziona bene dovrebbe avere una profondità di radicazione di almeno 60-75 cm. In media, per le colture annuali, i livelli di crescita delle radici dovrebbero raggiungere 1 cm al giorno durante i due primi mesi d'impianto. Va notato che nei terreni che ospitano lombrichi anecici, le gallerie verticali sono delle vere e proprie “autostrade” che permettono alle radici di rad-doppiare la loro velocità di crescita.

### 12.3.4 Metodo e analisi della profondità di radicamento

Le radici delle piante annuali formano tessuti vegetali che si degradano sempre molto bene nel suolo. Il C/N delle radici – tra 30 e 40 (80 a 100 per le parti aeree) è infatti molto favorevole alla decomposizione, qualunque sia l’ambiente dove sono presenti questi tessuti. Per di più, esse si trovano forzatamente in luoghi dove c’è dell’ossigeno, altrimenti non avrebbero potuto crescervi. È allora più difficile, ma non impossibile, individuare la storia del radicamento delle colture annuali qualche mese dopo la raccolta.

L’analisi della profondità di radicazione è più facile da eseguire, in qualsiasi stagione, per le piante perenni. Ci si concentrerà quindi nell’osservare le profondità massime delle radici vive e le tracce di radici precedenti (radici morte legnose). Le radici morte sono facilmente individuabili perché sono secche, spesso rotte e senza linfa. Lo scarto tra la profondità massima in cui sono presenti delle radici morte e la profondità massima della presenza di radici vive rivela il potenziale esplorativo ottenibile dalla coltura perenne in un terreno che funziona, ma rivela anche tutto il potenziale perduto (situazione comune sotto le viti). Allo stesso modo, possiamo ugualmente misurare uno scarto del diametro massimo delle radici, ad ogni livello radicale, tra le radici vecchie e quelle viventi.

**La profondità di radicamento considerata è quella alla quale abbiamo ancora da otto a dieci radici per metro lineare.** Una radice isolata che scende più in basso rimane un’eccezione e non può essere considerata come rivelatrice della profondità di radicamento.

**La stima del volume profondo esplorato storicamente da tracce antiche (pareti di radici cariche di tannini ancora visibili), vuote e gallerie più o meno riempite sono i segni che permettono di fissare un obiettivo ragionevole per ritrovare il potenziale perduto.** Per ogni decimetro guadagnato, sono 1.300 tonnellate di terra recuperata!

#### MAI SENZA OSSIGENO

Le radici non esplorano mai delle zone in cui l’ossigeno è assente. La loro presenza è dunque essa stessa il segno di questa presenza.



ed agricole

# Rivitalizzare i suoli

Diagnosi, fertilizzazione, nutriprotezione

Agronomia e coltivazioni erbacee



Per informazioni

Acquista

Scopri i libri  
del catalogo  
Ed agricole

Contattaci

Servizio clienti libri:  
[libri.edagricole@tecnichenuove.com](mailto:libri.edagricole@tecnichenuove.com)  
Tel 051.6575833