



# Guide des **analyses** en **pédologie**

3<sup>e</sup> édition revue et augmentée



# Guide des analyses en pédologie

Denis Baize

3<sup>e</sup> édition revue et augmentée

Éditions Quæ

## Collection *Savoir-faire*

De l'analyse des réseaux expérimentaux à la méta-analyse  
Méthodes et applications avec le logiciel R pour les sciences agronomiques et environnementales  
D. Makowski, F. Piraux, F. Brun  
2018, 162 p.

Nutrition minérale des ruminants – Nouvelle édition  
F. Meschy  
2017, format ebook uniquement.

Les sols  
Intégrer leur multifonctionnalité pour une gestion durable  
A. Bispo, C. Guellier, E. Martin, J. Sapijanskas, H. Soubelet, C. Chenu, coord.  
2016, 384 p.

Protection agroécologique des cultures  
J.-P. Deguine, C. Gloanec, P. Laurent, A. Ratnadass, J.-N. Aubertot, coord.  
2016, 288 p.

### **Dans la même thématique :**

Référentiel pédologique 2008 – Nouvelle édition  
D. Baize, M.-C. Girard, coord.  
2009, 432 p.

Guide pour la description des sols – Nouvelle édition  
D. Baize, B. Jabiol  
2011, 448 p.

Cet ouvrage est édité avec le soutien financier de l'association GEMAS ([www.gemas.asso.fr](http://www.gemas.asso.fr))  
et de l'AFES ([www.afes.fr](http://www.afes.fr)).

En couverture : tubes à essai © Guy Shapira/fotolia.com ;  
tableau périodique © antoine2k/fotolia.com ;  
coupe de sol © Denis Baize.

Éditions Quæ  
RD 10, 78026 Versailles Cedex  
[www.quae.com](http://www.quae.com)

© Éditions Quæ, 2018

ISBN (papier) : 978-2-7592-2836-2  
ISBN (PDF) : 978-2-7592-2837-9  
ISBN (epub) : 978-2-7592-2838-6

ISSN : 1952-1251

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup>.

# Sommaire

---

|   |    |
|---|----|
| <b>Préface</b> .....  | 9  |
| <b>Avertissements</b> .....   | 11 |
| <b>Remerciements</b> .....  | 15 |
| <b>Abréviations utilisées</b> .....                                       | 17 |
| <b>Chapitre 1. Considérations préalables</b> .....                        | 19 |
| Choix des analyses .....  | 19 |
| Prélèvement des échantillons .....  | 21 |
| Préparation des échantillons .....  | 21 |
| Importance des méthodes, des protocoles et du laboratoire.....            | 23 |
| Expression des résultats – Remarques générales.....                       | 24 |
| Présentation des tableaux de résultats chiffrés .....                     | 28 |
| Remarques sur l’emploi des mots « argile », « limon » et « sable ».....   | 32 |
| Remarques relatives à l’interprétation des résultats.....                 | 33 |
| Pour en savoir plus .....   | 34 |
| <b>Chapitre 2. Les éléments grossiers</b> .....                           | 35 |
| Définition .....  | 35 |
| Détermination.....  | 36 |
| Limites de la méthode et du concept d’élément grossier – Précautions..... | 36 |
| Expression des résultats .....  | 37 |
| Les éléments grossiers ont-ils un réservoir pour l’eau utilisable ? ..... | 37 |
| Utilité – Interprétation .....  | 38 |
| Vocabulaire.....  | 39 |
| Poids de terre fine à l’hectare (indice TF/ha).....                       | 40 |
| Pour en savoir plus .....   | 40 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Chapitre 3. L'humidité résiduelle</b> .....  | 41  |
| <b>Chapitre 4. Le carbone et les matières organiques</b> .....                        | 43  |
| Définitions – Déterminations.....   | 43  |
| Utilité.....  | 49  |
| Variabilités verticale, latérale et temporelle des teneurs en carbone organique ..... | 49  |
| Évaluation des stocks de carbone organique.....                                       | 53  |
| Horizons holorganiques, hémioorganiques, organominéraux.....                          | 56  |
| Nature des matières organiques .....  | 57  |
| Carbone 14 et carbone 13 .....  | 60  |
| Pour en savoir plus .....   | 61  |
| <b>Chapitre 5. Azote – Rapport C/N</b> .....  | 63  |
| Différentes formes de l'azote dans les sols – Définitions – Utilité.....              | 63  |
| Détermination – Expression .....  | 64  |
| Paramètres dynamiques : taux de minéralisation et taux de nitrification ...           | 65  |
| Reliquats d'azote minéral.....  | 67  |
| Rapport C/N.....  | 68  |
| Pour en savoir plus .....   | 69  |
| <b>Chapitre 6. La perte au feu</b> .....  | 71  |
| Définition – Conditions de détermination .....  | 71  |
| Utilité.....  | 72  |
| Caractérisation des horizons histiques H et organiques O par perte au feu...          | 73  |
| <b>Chapitre 7. L'analyse granulométrique</b> .....                                    | 75  |
| Définitions – Classes .....   | 75  |
| Quelle analyse granulométrique ? .....  | 76  |
| Principes et limites de la détermination – Précautions .....                          | 77  |
| Utilité.....  | 82  |
| Expression des résultats .....  | 83  |
| Présentation des résultats.....   | 83  |
| Interprétation .....  | 91  |
| Déterminations supplémentaires .....  | 95  |
| Pour en savoir plus .....   | 98  |
| <b>Chapitre 8. Analyse granulométrique après décarbonatation</b> .....                | 99  |
| Filiation pédogénétique .....   | 99  |
| Répartition granulométrique des carbonates.....                                       | 100 |
| <b>Chapitre 9. Calcul et utilisation des « squelettes granulométriques »</b> ...      | 103 |
| Définition – Mode d'expression .....  | 103 |
| Utilité – Justification .....   | 103 |

|  |     |
|--|-----|
| Limites de la méthode .....  | 104 |
| Illustrations .....  | 105 |
| <b>Chapitre 10. Calcaire total et calcaire « actif »</b> .....   | 109 |
| Définitions et déterminations .....  | 109 |
| Expression .....   | 111 |
| Utilité – Interprétation .....   | 111 |
| Remarques .....  | 117 |
| Pour en savoir plus .....  | 117 |
| <b>Chapitre 11. Les pH</b> .....   | 119 |
| Détermination du pH dans l'eau .....   | 119 |
| Détermination du pH dans KCl ou CaCl <sub>2</sub> .....  | 120 |
| Utilité.....   | 121 |
| Sols à pH extrêmes .....   | 122 |
| Pour en savoir plus .....  | 123 |
| <b>Chapitre 12. La capacité d'échange cationique</b> .....   | 125 |
| Définition – Mode d'expression .....   | 125 |
| Le complexe adsorbant – Les origines de la capacité d'échange .....  | 125 |
| Méthodes de détermination de la CEC.....   | 127 |
| Utilité.....   | 130 |
| Capacité d'échange anionique (CEA) .....   | 136 |
| Pour en savoir plus .....  | 136 |
| <b>Chapitre 13. Cations échangeables – Acidité d'échange –<br/>Taux de saturation – Taux d'acidité d'échange</b> ..... | 137 |
| Définitions .....  | 137 |
| Les cations échangeables alcalins et alcalino-terreux.....   | 138 |
| Le taux de saturation (S/T ; S/CEC) .....  | 141 |
| Acidité d'échange – Taux d'acidité d'échange (TAE).....  | 142 |
| Pour en savoir plus .....  | 144 |
| <b>Chapitre 14. Le phosphore</b> .....   | 145 |
| Formes du phosphore – Définitions .....  | 145 |
| Déterminations .....   | 146 |
| Expression .....   | 150 |
| Interprétation – Utilité.....  | 150 |
| Approches nouvelles de la biodisponibilité du phosphore .....  | 152 |
| <b>Chapitre 15. Fer – Aluminium – Manganèse</b> .....  | 155 |
| Le fer et ses différentes formes (sols des climats tempérés).....  | 155 |
| Fer – Déterminations .....   | 157 |
| Fer – Expression – Utilité .....   | 159 |

|   |     |
|---|-----|
| L'aluminium et ses différentes formes (sols des climats tempérés).....  | 164 |
| Aluminium – Déterminations .....  | 165 |
| Aluminium – Expression – Utilité.....   | 166 |
| Fer et aluminium (sols des climats intertropicaux) .....  | 169 |
| Le manganèse.....   | 170 |
| Pour en savoir plus .....   | 172 |
| <b>Chapitre 16. Analyses chimiques totales – Éléments majeurs</b> .....   | 173 |
| Quels éléments doser ? .....  | 173 |
| Expression des résultats .....  | 173 |
| Utilité – Interprétation .....  | 175 |
| <b>Chapitre 17. Les éléments traces<br/>et les oligo-éléments (As, B, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, F, Fe, Hg, In, Mn,<br/>Mo, Ni, Pb, Sb, Sc, Se, Sn, Tl, V, Zn)</b> ..... | 181 |
| Définitions .....   | 181 |
| Prélèvements – Séchage – Préparation – Précautions – Coûts .....  | 184 |
| Teneurs totales et pseudo-totales.....  | 186 |
| Interprétation des teneurs totales.....   | 188 |
| Extractions non totales – Estimation de la mobilité<br>et de la phytodisponibilité des ETM.....   | 192 |
| Risques de carences et de toxicités .....   | 197 |
| Le silicium phytodisponible – les phytolithes .....   | 198 |
| Pour en savoir plus .....   | 199 |
| <b>Chapitre 18. Minéralogie des constituants par diffraction<br/>des rayons X</b> .....   | 201 |
| Définition – Méthode .....  | 201 |
| Précautions – Limites de la méthode .....   | 203 |
| Utilité.....  | 204 |
| Pour en savoir plus .....   | 205 |
| <b>Chapitre 19. Porosité – Densité apparente – Masse volumique</b> .....  | 207 |
| Définitions – Expression .....  | 207 |
| Déterminations .....  | 209 |
| Estimation de la densité apparente par modélisation à partir<br>de caractéristiques physico-chimiques.....  | 219 |
| Valeurs indicatives .....   | 220 |
| Mesure ou estimation de la densité de solide moyenne .....  | 221 |
| Utilité.....  | 222 |
| Pour en savoir plus .....   | 223 |
| <b>Chapitre 20. Propriétés de rétention en eau</b> .....  | 225 |
| Humidité à la capacité au champ (HCC) .....   | 225 |

|  |            |
|--|------------|
| Humidité équivalente (HE).....   | 227        |
| Capacité de rétention normale (CRN).....   | 228        |
| Estimation de la capacité au champ à l'aide de relations mathématiques<br>(fonctions de pédotransfert – FPT) .....           | 228        |
| Humidité au point de flétrissement (HPF) .....   | 229        |
| Capacité de stockage pour l'eau (CSE) .....  | 230        |
| Réservoir total, réservoir utilisable et réserves.....   | 230        |
| Estimation du réservoir utilisable maximal (RUM).....  | 232        |
| Réserve facilement utilisable (RFU).....   | 240        |
| Courbes humidités/pF.....  | 240        |
| La méthode de Wind.....  | 241        |
| Pour en savoir plus .....  | 243        |
| <b>Chapitre 21. Tests de stabilité structurale, de percolation<br/>et d'évaluation de la sensibilité à la battance .....</b> | <b>245</b> |
| Tests de stabilité structurale et de percolation –<br>Les approches historiques .....  | 245        |
| Autres approches anciennes de la stabilité structurale.....  | 250        |
| Nouvelle méthode – Sensibilité à la battance et à l'érosion.....   | 251        |
| Pour en savoir plus .....  | 254        |
| <b>Chapitre 22. Sols posant des problèmes analytiques particuliers .....</b>   | <b>255</b> |
| Les tourbes = histosols .....  | 255        |
| Les sols salés et sodiques .....   | 257        |
| Analyses spécifiques aux andosols .....  | 259        |
| Sols contenant de la dolomie .....   | 262        |
| Sols contenant du gypse .....  | 263        |
| Les sols sulfatés acides (Thiosols et Sulfatosols) .....   | 264        |
| Pour en savoir plus .....  | 265        |
| <b>Chapitre 23. Indicateurs de la qualité biologique des sols .....</b>  | <b>267</b> |
| Généralités .....  | 267        |
| Analyses et mesures .....  | 271        |
| Utilité.....   | 275        |
| Où sont réalisées ces analyses ?.....  | 275        |
| Conclusions .....  | 277        |
| Pour en savoir plus .....  | 278        |
| <b>Chapitre 24. Six séries de remarques pour conclure.....</b>   | <b>279</b> |
| Caractériser et/ou vérifier des hypothèses.....  | 279        |
| Faiblesses de l'approche purement analytique .....   | 279        |
| Interpréter les analyses pour comprendre la pédogenèse.....  | 280        |
| Caractériser une unité cartographique .....  | 281        |
| Un sol ne se réduit pas à une superposition de boîtes.....   | 283        |

|   |     |
|---|-----|
| La cartographie pédologique ne se réduit pas au traitement,<br>dans un bureau avec un ordinateur, d'observations<br>et d'analyses ponctuelles ..... | 283 |
| <b>Annexes</b> .....  | 285 |
| Annexe 1. Préparation des échantillons de terre avec les machines<br>à tonnelets – Protocole .....  | 285 |
| Annexe 2. Vérification de la cohérence des résultats bruts –<br>Recherche d'erreurs .....   | 286 |
| Annexe 3. Coefficients pondéraux de conversion .....  | 287 |
| Annexe 4. Composition chimique indicative de certains minéraux<br>de référence .....  | 289 |
| Annexe 5. Désignation symbolique des horizons .....   | 290 |
| Annexe 6. Laboratoires d'analyses de terre agréés par le ministère<br>de l'Agriculture.....   | 291 |
| Annexe 7. Signification des sigles et acronymes utilisés dans cet ouvrage...  | 292 |
| Annexe 8. Traduction en anglais des principaux termes .....   | 293 |
| <b>Références bibliographiques</b> .....  | 299 |
| <b>Index alphabétique</b> .....   | 323 |

# Préface

---

Les sols font aujourd'hui l'objet d'un intérêt grandissant. Ils sont au centre de grands enjeux planétaires, tels que la sécurité alimentaire, l'approvisionnement en eau, le changement climatique ou la protection de la biodiversité. Ils constituent la « clé de voûte » du fonctionnement de nos agroécosystèmes et la base sur laquelle reposent nos paysages et nos activités. Que cette clé de voûte s'effrite, et ce sont l'ensemble des services rendus par nos écosystèmes qui risquent de s'effondrer.

Une particularité remarquable des sols est leur diversité qui s'exprime à toutes les échelles d'espace. Cette diversité a pour conséquence principale que, même s'il est possible de rattacher des sols à des référentiels, aucun sol n'est en tout point strictement identique à ses voisins. Ainsi, s'il est souhaitable d'appréhender les fonctions des sols de façon globale, il n'en demeure pas moins indispensable de les étudier localement, tant pour comprendre leur genèse que pour caractériser leurs propriétés et leurs fonctionnements, ou pour les gérer de façon durable.

Pour caractériser les sols, le recours à des analyses est indispensable. Les commanditaires – ou les utilisateurs – de ces dernières peuvent être d'origines et de cultures scientifiques et professionnelles très variées : chercheurs, agropédologues, étudiants, techniciens agricoles ou forestiers, bureaux d'études environnementales, spécialistes de disciplines connexes... C'est dans cette grande diversité d'utilisations possibles que ce *Guide des analyses en pédologie* trouve sa justification. Loin d'être un traité sur ces analyses, il offre une sorte de « manuel » qui se veut volontairement très pratique et didactique, tout en étant fondé sur des bases scientifiques et une expérience pratique très solides.

Combien de fois ai-je ouvert les précédentes éditions de ce guide ? Combien de fois l'ai-je conseillé à des personnes qui venaient me poser une question au sujet des analyses à réaliser sur un profil pédologique ? Combien d'exemplaires de ce livre certaines unités de recherche ou certaines chambres d'agriculture ont-elles dû acheter, car il était un outil devenu tellement indispensable quotidiennement à leurs agents qu'il en fallait un dans chaque bureau ?

Si l'ouvrage est conçu comme un guide pratique dont les chapitres peuvent se lire indépendamment, je ne saurais que conseiller au lecteur de lire en premier les « Considérations préalables » du premier chapitre. Elles méritent une lecture attentive, très justement *préalable* au choix des analyses à réaliser.

Les connaissances et les techniques progressant, il était tout naturel que ce guide, dont la première édition remonte à 1988 et la deuxième à 2000, soit actualisé sous forme de cette édition augmentée et entièrement revue.

Tous les chapitres ont été revus avec soin et mis scrupuleusement à jour. Certains domaines ayant fait l'objet de progrès méthodologiques ou technologiques considérables ont été très étoffés par rapport à l'édition précédente. C'est, en particulier, le cas du chapitre relatif au carbone et aux matières organiques, du chapitre sur les éléments traces et les oligo-éléments, et de celui sur les indicateurs de la qualité biologique des sols.

Une des qualités principales de ce livre transparait dans sa simplicité apparente, qui découle de la grande clarté de l'écriture, des tableaux et des illustrations. L'auteur s'exprime en utilisant des termes à la fois concis, clairs et précis, et accompagne ses propos d'exemples très concrets qui sont d'une grande utilité pour le lecteur. Le guide est abondamment illustré de tableaux et de figures qui sont très précieux pour la compréhension et sa mise en application. Pour les personnes désirant aller plus loin, une bibliographie très complète et à jour est fournie.

Il faut remercier l'auteur pour cette initiative, qui met ici son expérience à disposition d'une large gamme d'utilisateurs. Nul doute que ce *Guide des analyses en pédologie* deviendra une référence incontournable pour toutes les personnes confrontées au choix des analyses à faire sur un profil de sol ainsi qu'à leur interprétation. La clarté et la qualité de la présentation de cet ouvrage offrent les conditions idéales de son utilité et de son succès.

*Décembre 2017*

*Dominique Arrouays  
Inra unité InfoSol*

# Avertissements

---

Cet ouvrage est une nouvelle édition, complétée et amplement modernisée, du livre paru initialement en 1988, puis revu et réédité en 2000.

Son ambition est d'aider le lecteur :

- à mieux choisir ses analyses ;
- à s'y retrouver dans les modes d'expression des résultats analytiques ;
- à extraire le maximum d'informations des résultats analytiques dont il dispose ;
- à présenter ses résultats.

Ce guide n'est donc :

- ni un cours de pédologie générale (pour cela voir les références bibliographiques : Boulaine, 1980 ; Duchaufour, 1983 ; Duchaufour, 1997 ; Bonneau et Souchier, 1994 ; Baize et Jabiol, 2011 ; Gobat *et al.*, 2010 ; Girard *et al.*, 2011a ; Girard *et al.*, 2011b) ;
- ni un traité d'agronomie (pour cela voir les références bibliographiques : Hénin *et al.*, 1969 ; Morel, 1996 ; Calvet, 2013 ; Calvet *et al.*, 2015 ; Peigné *et al.*, 2013 ; Baize *et al.*, 2013) ;
- ni un ouvrage de physique du sol (pour cela voir les références bibliographiques : Hénin, 1976 ; Musy et Soutter, 1991 ; Chamayou et Legros, 1989).

Il ne traite pas des « analyses de terres » ni de la fertilisation (pour cela voir les références bibliographiques : Denoroy *et al.*, 2004 ; Colomb, 2017) ;

- et ne propose pas de normes d'interprétation ;
- il ne présente pas, non plus, le protocole détaillé des méthodes d'analyse (voir les références bibliographiques : Pansu *et al.*, 1998 ; Pansu et Gautheyrou, 2003 ; Pauwels *et al.*, 1992 ; Rouiller *et al.*, 1994 ; Mathieu et Pieltain, 1998 ; ISRIC FAO, 2002 ; Mathieu et Pieltain, 2003).

Les « analyses (de sols) en pédologie » sont celles qui sont réalisées suite au creusement de fosses et tranchées :

- par les cartographes, agropédologues, étudiants, forestiers, chercheurs, ingénieurs, techniciens agricoles, spécialistes des disciplines voisines...
- pour mieux caractériser les horizons des couvertures pédologiques (dans cet ouvrage, nous nous limiterons le plus souvent à celles situées en Europe sous des climats relativement tempérés, car les sols des zones tropicales nous sont trop mal connus).

Certaines déterminations ne sont cependant réalisées que sur les horizons supérieurs humifères (horizons L, horizons A) car c'est là que se concentre l'activité biologique.

Venant après un examen attentif et une description soignée de la morphologie des solums, les analyses ne constituent qu'une partie de la caractérisation de l'état des sols à un certain moment. Elles sont insuffisantes dès que l'on veut passer à des études beaucoup plus détaillées (thèses, recherches spécialisées) lesquelles nécessitent, par exemple, des mesures *in situ*, des suivis diachroniques ou des examens micromorphologiques de lames minces.

Cet ouvrage est le complément naturel du *Guide pour la description des sols* (Baize et Jabiol, 2011). Ces deux livres ont été rédigés dans le même esprit : à la fois pratique et scientifique, privilégiant la réflexion et l'initiative personnelles aux dépens de « recettes » toutes faites.

## Analyse de terre *versus* analyse de sol

### L'analyse de terre

- se limite souvent à doser N, P, K et les oligo-éléments ;
- se limite à l'horizon ou aux horizons les plus superficiels ;
- a un objectif d'application agricole immédiate : la **conduite** d'une parcelle ;
- cherche donc à caractériser cette parcelle ;
- est pratiquée sur un échantillon constitué par plus d'une dizaine de **prises** effectuées au hasard ou selon une grille préétablie ;
- doit être renouvelée périodiquement.

### L'analyse de sol

- consiste en une vingtaine de déterminations chimiques et granulométriques ;
- concerne tous les horizons majeurs que l'on décide de distinguer ;
- cherche à caractériser les principaux horizons de la couverture pédologique en un point et à un moment donnés ;
- a comme objectif de mieux cerner les caractéristiques et les propriétés des sols en liaison avec d'autres méthodes d'étude (examen du solum, micromorphologie, minéralogie, tests et mesures *in situ* et au laboratoire, etc.) ;
- est pratiquée sur un échantillon supposé représentatif d'un seul horizon, en un point de l'espace de coordonnées x, y et z ;
- fournit des informations généralement durables, sauf interventions brutales de l'homme.

Dans les années à venir, les méthodes d'analyse ou de détermination directe connaîtront sans doute encore des changements qui seront autant de progrès (notamment les approches par spectroscopie). De nouvelles mesures « au champ » ou au laboratoire deviendront possibles grâce à des innovations techniques. De ce fait, une partie de ce guide est condamnée à vieillir comme ont vieilli les deux précédentes éditions. Une quatrième réédition sera sans doute nécessaire dans 10 ans. Les généralités, les raisonnements et les approches exposés dans cet ouvrage resteront cependant valides encore longtemps.

Dans ce guide, les **références bibliographiques** sont signalées **dans le texte** par le nom du ou des auteur(s) suivi de l'année de publication. En fin d'ouvrage, toutes les références complètes figurent dans l'ordre alphabétique des auteurs.

Nous avons cherché à retrouver et à fournir les références bibliographiques anciennes, tout particulièrement celles liées à des méthodes d'analyse devenues célèbres, par exemple :

- Tamm, Deb, Mehra et Jackson (fer libre),
- Drouineau, Drouineau-Galet (calcaire actif),
- Robinson, Adriasen (granulométrie à la pipette),
- Dyer, Truog, Joret-Hébert, Olsen (phosphore assimilable),
- Metson (CEC),
- Walkley-Black, Anne (carbone organique), etc.

En ce qui concerne les **références conseillées**, face à l'explosion mondiale des articles scientifiques en science des sols, nous avons privilégié les articles en français et les plus facilement accessibles.

*Remarque relative à la codification des horizons et aux noms de sols* : nous avons gardé les codifications anciennes (selon la CPCS, 1967, ou d'autres systèmes) telles que trouvées chez les différents auteurs à qui nous avons emprunté des exemples. En revanche, nos exemples plus récents sont présentés selon les désignations du *Référentiel pédologique 2008* (Afes, 2009). Le lecteur trouvera un tableau d'équivalences entre l'ancien système de désignation des horizons CPCS de 1967 et celui du *Référentiel pédologique 2008* en annexe 5.

## Références citées

Afes, *Référentiel pédologique 2008* (2009) ; Baize et Jabiol (2011) ; Baize *et al.* (2013) ; Bonneau et Souchier (1994) ; Boulaine (1980) ; Calvet (2013) ; Calvet *et al.* (2015) ; Chamayou et Legros (1989) ; Colomb (2017) ; CPCS (1967) ; Denoroy *et al.* (2004) ; Duchaufour (1983 et 1997) ; Girard *et al.* (2011a) ; Girard *et al.* (2011b) ; Gobat *et al.* (2010) ; Hénin (1976) ; Hénin *et al.* (1969) ; ISRIC FAO (2002) ; Mathieu et Pieltain (1998) ; Mathieu et Pieltain (2003) ; Morel (1996) ; Musy et Soutter (1991) ; Pansu *et al.* (1998) ; Pansu et Gautheyrou (2003) ; Pauwels *et al.* (1992) ; Peigné *et al.* (2013) ; Rouiller *et al.* (1994).



# Remerciements

---

Je tiens à remercier vivement tous mes collègues qui m'ont aidé au cours de la rédaction de cet ouvrage, et tout particulièrement :

**Pour les deux premières éditions :**

Mesdames Corinne Bitaud et Odile Duval,

Messieurs Dominique Arrouays, Ary Bruand, Rémi Chaussod, Henri Ciesielski, Roger Darthout, Jean-Pascal Dubois (Lausanne), Lucien Faedy, Jean-Claude Fardeau, Michel Hardy, Bernard Jabiol, Dominique King, Yves Le Bissonnais, Jean-Yves Loyer, Chris McLay (Waikato, Nouvelle-Zélande), Bernard Nicoullaud, James Rouiller et Thibault Sterckeman.

**Pour cette troisième édition :**

Dominique Arrouays (Inra)

Laurent Augusto (Inra)

Christophe Barbot (Chambre d'agriculture d'Alsace)

Jean-Yves Cahurel (Institut français de la vigne et du vin)

Laurent Caner (Université de Poitiers)

Frédéric Darboux (Inra)

Sacha Desbourdes (Inra)

Philippe Éveillard (Unifa)

Hervé Gaillard (Inra)

Olivier Garcia (CIVC)

Annie Guérin (Inra)

Bernard Jabiol (AgroParisTech)

Claudy Jolivet (Inra)

Jérôme Labreuche (Arvalis)

Marine Lacoste (Inra)

Patrick Légier (Cirad)

Simone Marx (Asta, Luxembourg)

Folkert van Oort (Inra)

Guénola Pérès (Agrocampus-Ouest)

Nicolas Proix (Inra)

Lionel Ranjard (Inra)

Laurent Rigou (Atelier Sols Urbanisme et Paysages)

Matthieu Valé (Aurélia)



# Abréviations utilisées

---

- A : taux d'argile (particules < 2 micromètres)  
Ae : acidité d'échange ( $Al^{3+} + H^+$ )  
 $Al^{3+}$  : aluminium échangeable  
APM : azote potentiellement minéralisable  
C : carbone organique total  
 $Ca^{++}$  : calcium échangeable  
CE : conductivité électrique  
CEA : capacité d'échange anionique  
CEC : capacité d'échange cationique (d'un horizon ou de la fraction argile)  
 $cmol^+$  : centimoles positives  
CRN : capacité de rétention normale  
CSE : capacité de stockage pour l'eau  
Da : densité apparente  
Ds : densité réelle (*solid density*)  
DTPA : diéthylène triamine penta acétique (acide)  
EDTA : éthylène diamine tétra acétique (acide)  
EG : éléments grossiers (> 2 mm)  
Eh : épaisseur de l'horizon  
ESR : *electron spin resonance* (résonance de spin électronique)  
ETM : éléments traces métalliques  
FPGN : fond pédogéochimique naturel  
HCC : humidité correspondant à la Capacité au Champ  
HE : humidité équivalente  
HPF : humidité au Point de Flétrissement  
HR : humidité résiduelle  
Hv : humidité volumique  
Ib : indice de battance (Rémy)  
IDT : indice de différenciation texturale  
IE : indice d'entraînement  
IPC : indice de pouvoir chlorosant  
Is : indice d'instabilité structurale de Hénin

- Iv : indice des vides  
 K : indice de percolation (Hénin)  
 K<sup>+</sup> : potassium échangeable  
 LF : limons fins (2-20 micromètres)  
 LG : limons grossiers (20-50 micromètres)  
 LT : limons totaux (2-50 micromètres)  
 mé : milliéquivalent  
 Mg<sup>++</sup> : magnésium échangeable  
 MN : minéralisation nette (de l'azote)  
 MO : matières organiques  
 MOP : matières organiques particulières  
 MS : matière sèche (concentration rapportée à la)  
 MWD : *mean weight diameter* (diamètre moyen pondéral)  
 N : azote total  
 N-NH<sub>4</sub> : azote sous forme ammoniacale  
 N-NO<sub>3</sub> : azote sous forme nitrique  
 Na<sup>+</sup> : sodium échangeable  
 P : porosité ou poids  
 PAF : perte au feu  
 pF : logarithme décimal du potentiel capillaire  
 POXC : *permanganate oxidizable carbon* (carbone oxydable au permanganate)  
 ppm : partie par million  
 PUM : profondeur utilisable maximale  
 ρ (rho) : masse volumique  
 RFU : réserve facilement utilisable  
 RU : réserve utile  
 RUM : réservoir utilisable maximal  
 S : somme des 4 cations échangeables Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup> et Na<sup>+</sup>  
 SF : sables fins (50-200 micromètres)  
 SG : sables grossiers (200-2 000 micromètres)  
 SPIR : spectrométrie proche infrarouge  
 ST : sables totaux (50-2 000 micromètres)  
 T : CEC de l'horizon  
 TAE : taux d'acidité d'échange  
 TAH : teneurs agricoles habituelles  
 TF : terre fine (< 2 mm)  
 TMN : taux de minéralisation nette (de l'azote)  
 V : volume  
 VNIRS : *visible and near infra-red spectroscopy*  
 Vs : volume occupé par de la matière solide  
 Vv : volume occupé par les vides