

guide des analyses en pédologie

2^{ème} édition revue et augmentée

Denis Baize

TECHNIQUES ET PRATIQUES



INRA
EDITIONS

guide des analyses en pédologie

2^e édition revue et augmentée

guide des analyses en pédologie

choix - expression
présentation - interprétation

Denis Baize

*Directeur de Recherche à l'INRA
Service d'Etude des Sols
et de la Carte Pédologique de France*

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147, rue de l'Université - 75338 Paris Cedex 07

TECHNIQUES ET PRATIQUES

Ouvrages parus dans la même collection

Maladies de la tomate

Observer, identifier, lutter

D. BLANCARD, 1988, 232 p.

Espèces exotiques utilisables pour la reconstitution du couvert végétal en région méditerranéenne

Bilan des arboretums forestiers
d'élimination

P. ALLEMAND, 1989, 150 p.

Le cerf et son élevage

Alimentation, techniques et pathologie

A. BRELURUT, A. PINGUARD
et M. THERIEZ, 1990, 144 p.

L'alimentation des chevaux

W. MARTIN-ROSSET

1990, 232 p.

Maladies des Cucurbitacées

Observer, identifier, lutter

D. BLANCARD, H. LECOQ
et M. PITRAT, 1991, 320 p.

Weeds of the Lesser Antilles

Mauvaises Herbes des Petites Antilles

J. FOURNET et J.L. HAMMERTON
1991, 214 p.

Maladies de conservation des fruits

à pépins : pommes et poires

P. BONDoux, 1992, 228 p.

Techniques de cytogénétique végétale

J. JAHIER, 1992, 196 p.

Pratique des statistiques

non paramétriques

P. SPRENT

Trad. fr. : J.-P. LEY, 1992, 302 p.

Graines des feuillus forestiers

De la récolte au semis

B. SUSZKA, C. MULLER
et M. BONNET-MASIMBERT
1994, 318 p.

Guide pour la description des sols

D. BAIZE et B. JABIOL, 1995, 388 p.

Flore des champs cultivés

P. JAUZEIN, 1995, 898 p.

Référentiel Pédologique 1995

1995, 332 p.

Seeds of Forest Broadleaves from Harvest to Sowing

B. SUSZKA, C. MULLER
et M. BONNET-MASIMBERT
1996, 336 p.

Catalogue des Aphididae du monde (Homoptera Aphidoidea)

G. REMAUDIÈRE et M. REMAUDIÈRE
1997, 478 p.

Identifier les champignons transmis par les semences

R. CHAMPION, 1997, 400 p.

Détection et isolement des champignons du sol

P. DAVET et F. ROUXEL, 1997, 208 p.

De la canne au rhum

L. FAHRASMANE et B. GANOU-PARFAIT
1997, 112 p.

Maladies du tabac

Observer, identifier, lutter

D. BLANCARD, 1998, 376 p.

Le caviar

De la pêche au grain

V. STERNIN, I. DORÉ
Trad. fr. : T. BONHOMME
1998, 216 p.

Techniques de cytogénétique animale

P. POPESCU, H. HAYES,
B. DUTRILLAUX, coord. 1998, 262 p.

© INRA, Paris 2000

ISBN : 2-7380-0892-5

ISSN : 1150-3912

Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

Avertissements

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

- Ce guide n'est
 - ni un cours de pédologie générale (pour cela voir références [31], [77], [58], [59], [174] ou [19]);
 - ni un traité d'agronomie (pour cela voir références [92] et [131]);
 - ni un ouvrage de physique du sol (pour cela voir références [90], [134] ou [44]);
- il ne traite pas des « analyses de terres »;
- et ne propose pas de normes d'interprétation (pour cela voir références [183], [184] ou [185]);
- il ne présente pas non plus le protocole détaillé des méthodes d'analyse (voir références [57], [110], [138], [139], [142], [172], [155], [159], [160], [165], [166] ou [186]);

mais

- 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.
- Les « analyses (de sols les plus) courantes en pédologie » sont celles qui sont réalisées suite au creusement de fosses et tranchées...
 - par cartographes, agro-pédologues, étudiants, forestiers, chercheurs, ingénieurs, techniciens agricoles, spécialistes des disciplines voisines...
 - pour mieux caractériser les horizons des couvertures pédologiques d'Europe et des climats relativement tempérés;
 - mais ce n'est là qu'un premier stade de caractérisation, insuffisant dès que l'on veut passer à des études beaucoup plus détaillées (thèses, recherches spécialisées).
- Cet ouvrage est le complément naturel du *Guide pour la description des sols*. 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.

◦ **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 pré-établie ;
- 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 (morphologie, minéralogie, tests et mesures *in situ* et au laboratoire, etc.) ;
- est pratiqué 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 connaîtront sans doute des changements qui seront autant de progrès. 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 ». Une autre 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 un simple **numéro** d'ordre. En fin d'ouvrage, toutes les références figurent dans l'ordre alphabétique des auteurs.

Remarque relative à la codification des horizons et aux « noms de sols » : nous avons gardé les codifications anciennes (CPCS 1967 ou autres) telles que trouvées chez les différents auteurs à qui nous avons emprunté des exemples. En revanche, nos exemples plus récents sont présentés selon le *Référentiel Pédologique 1995* [171]. Le lecteur trouvera un tableau d'équivalences entre l'ancien système de désignation des horizons CPCS de 1967 et celui du *Référentiel Pédologique 1995* en annexe 5.

Remerciements

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

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.

Sommaire

Abréviations utilisées	5
1. Considérations préalables	7
• Choix des analyses.....	7
• Prélèvement des échantillons.....	10
• Préparation des échantillons	10
• Importance des méthodes, des protocoles et du laboratoire.....	12
• Expression des résultats - Remarques générales	13
• Présentation des tableaux de résultats chiffrés	17
• Remarques sur l'emploi des mots « argile », « limon » et « sable »	19
• Remarques relatives à l'interprétation des résultats	23
2. Les éléments grossiers	25
• Définition	25
• Détermination	25
• Limites de la méthode et du concept d'élément grossier - Précautions	26
• Expression des résultats	27
• Les éléments grossiers ont-ils un réservoir utilisable pour l'eau ? ..	27
• Utilité - Interprétation	28
• Indice TF/ha (poids de terre fine à l'hectare)	30
3. L'humidité résiduelle (HR)	31
4. Le carbone et les matières organiques	33
• Définitions - Déterminations	33
• Utilité	34
• Indice cumulohumique (ICH).....	36
• Stock total de carbone (en kg/m ²) de l'ensemble du solum....	37
• Horizons holorganiques, hémi-organiques, organo-minéraux ...	37
• Nature des matières organiques	38
• Carbone 14 et Carbone 13.....	38
5. Azote - Rapport C/N	39
• Différentes formes de l'azote dans les sols - Définitions - Utilité ..	39
• Détermination - Expression	40
• Paramètres dynamiques : taux de minéralisation et taux de ni- trification	41
• Reliquats d'azote minéral.....	43
• Rapport C/N	43

6. La perte au feu.....	47
7. L'analyse granulométrique.....	51
• Définitions - Classes.....	51
• Quelle analyse granulométrique ?.....	52
• Principes et limites de la détermination – Précautions.....	53
• Utilité.....	58
• Expression des résultats.....	59
• Présentation des résultats.....	59
• Interprétation.....	66
• Déterminations supplémentaires.....	70
8. Granulométrie après décarbonatation.....	75
• Filiation pédogénétique.....	75
• Répartition granulométrique des carbonates.....	77
9. Calcul et traitements des «squelettes granulométriques»	81
• Définition - Mode d'expression.....	81
• Utilité - Justification.....	81
• Limites de la méthode.....	82
• Illustrations.....	85
10. Calcaire total et calcaire «actif»	87
• Définitions et déterminations.....	87
• Expression.....	89
• Utilité - Interprétation.....	89
11. pH eau et pH KCl.....	97
• pH eau.....	97
• pH KCl.....	98
• Utilité.....	98
• Sols à pH extrêmes.....	99
12. La capacité d'échange cationique (CEC).....	101
• Définition - Mode d'expression.....	101
• Le complexe adsorbant - Les origines de la capacité d'échange... ..	101
• Méthodes de détermination de la CEC.....	103
• Utilité.....	106
13. Cations échangeables, acidité d'échange - Taux de saturation - Taux d'acidité d'échange.....	111
• Définitions.....	111
• Les cations échangeables alcalins et alcalino-terreux.....	111
• Le taux de saturation (S/T).....	114
• Acidité d'échange – Taux d'acidité d'échange (TAE).....	116
14. Le phosphore.....	119
• Formes du phosphore – Définitions.....	119
• Propriété des sols vis-à-vis du phosphore : pouvoir fixateur... ..	120
• Déterminations.....	120
• Expression.....	123
• Interprétation – Utilité.....	123

15. Fer, aluminium, manganèse	125
• Le fer et ses différentes formes (sols des climats tempérés)..	125
• Déterminations.....	127
• Expression - Utilité.....	129
• L'aluminium et ses différentes formes (sols des climats tempérés).....	134
• Déterminations.....	136
• Expression - Utilité.....	137
• Le manganèse.....	140
16. Analyses chimiques totales. Éléments majeurs.....	143
• Quels éléments doser ?	143
• Expression des résultats	143
• Utilité – Interprétation.....	145
17. Les éléments traces et les oligo-éléments (As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Tl, Zn).....	151
• Définitions.....	151
• Prélèvements – Séchage – Préparation – Précautions – Coûts ...	153
• Teneurs totales.....	155
• Interprétation des teneurs totales.....	156
• Autres extractions non totales.....	161
18. Diffractométrie X	165
• Définition – Méthode.....	165
• Précautions – Limites de la méthode	166
• Utilité.....	167
19. Porosité - Densité apparente - Masse volumique.....	169
• Définitions – Expression	169
• Déterminations – Domaines d'application des différentes méthodes.....	171
• Utilité.....	177
• Mesure ou estimation de la densité réelle.....	178
• Interprétation.....	178
20. Humidités caractéristiques.....	181
• Capacité au champ	181
• Humidité équivalente (HE)	183
• Capacité de rétention normale (CRN)	183
• Estimation de la capacité au champ à l'aide de relations mathématiques	184
• Point de flétrissement.....	185
• Capacité de stockage pour l'eau (CSE)	185
• Réservoir et réserve	186
• Réservoir utilisable maximal (RUM).....	186
• Réserve facilement utilisable (RFU).....	190
• Propriétés de rétention d'eau (courbes humidités/pF).....	191

21. Tests de stabilité structurale et de percolation - Sensibilité à la battance	195
• Évaluation de la stabilité structurale – Approche classique	195
• Tests de percolation	197
• Combinaison des résultats	198
• Utilité - Précautions.....	199
• Nouvelles approches - Sensibilité à la battance et à l'érosion ...	201
• Indice de battance	203
• Test d'Emerson	203
22. Sols posant des problèmes particuliers	205
• Les tourbes	205
• Les sols salés et sodiques	206
• Problèmes analytiques posés par les Andosols.....	209
• Sols contenant de la dolomie.....	212
• Les sols sulfatés acides (THIOSOLS et SULFATOSOLS).....	213
23. Indicateurs de la « qualité biologique » dans les agrosystèmes .	215
• Généralités	215
• Analyses et mesures	216
• Utilité.....	217
• Où sont réalisées ces analyses ?.....	217
24. Six séries de remarques pour conclure	219
• Caractériser et/ou vérifier des hypothèses.....	219
• Faiblesses de l'approche purement analytique.....	219
• Interpréter les analyses pour comprendre la pédogenèse	220
• Caractériser une unité cartographique	221
• Un « sol » ne se réduit pas à une superposition de boîtes.....	223
• La cartographie pédologique ne se réduit pas au traitement dans un bureau avec un ordinateur d'observations et d'analyses ponctuelles	223
Annexes	
1. Préparation des échantillons de terre – Protocole	225
2. Vérification de la cohérence des résultats bruts. Recherche d'erreurs.....	226
3. Coefficients pondéraux de conversion	227
Cations échangeables	228
4. Composition chimique indicative de certains minéraux de référence	229
5. Désignation symbolique des horizons : équivalences CPCS/ Référentiel Pédologique.....	230
6. Laboratoires d'analyses de terre agréés par le ministère de l'Agriculture.....	231
7. Signification des sigles utilisés dans cet ouvrage	235
8. Traduction en anglais des principaux termes	236
9. Normes AFNOR	241
Références bibliographiques	245
Index alphabétique	255

Abréviations utilisées

A	Taux d'argile (particules < 2 micromètres)
A_e	Acidité d'échange (Al ³⁺ + H ⁺)
Al³⁺	Aluminium échangeable
C	Carbone organique total
Ca⁺⁺	Calcium échangeable
CE	Conductivité électrique
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 (« <i>solid density</i> »)
E	Épaisseur de l'horizon
EG	Éléments grossiers (> 2 mm)
ETM	Éléments traces métalliques ou minéraux
HCC	Humidité correspondant à la Capacité au Champ
HE	Humidité équivalente
HPF	Humidité au Point de Flétrissement
HR	Humidité résiduelle
Hv	Humidité volumique
I_b	Indice de battance (Rémy)
ICH	Indice cumulo-humique
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⁺	Potassium échangeable
K	Indice de percolation (Hénin)
LF	Limons fins (2-20 micromètres)
LG	Limons grossiers (20-50 micromètres)
LT	Limons totaux (2-50 micromètres)
mé	Milliéquivalent
Mg⁺⁺	Magnésium échangeable
MO	Matières organiques
MS	Matière sèche (concentration rapportée à la)

MWD	Diamètre moyen pondéral (<i>Mean Weight Diameter</i>)
N	Azote total
N-NH ₄	Azote sous forme ammoniacale
N-NO ₃	Azote sous forme nitrique
Na ⁺	Sodium échangeable
P	Porosité ou poids
PAF	Perte au feu
pF	Logarithme décimal du potentiel capillaire
ppm	Partie par million
PUM	Profondeur utilisable maximale
RFU	Réserve facilement utilisable
RU	Réserve utile
RUM	Réservoir utilisable maximal
S	Somme des 4 cations échangeables Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , K ⁺ et Na ⁺
SF	Sables fins (50-200 micromètres)
SG	Sables grossiers (200-2000 micromètres)
ST	Sables totaux (50-2000 micromètres)
T	CEC de l'horizon
TAE	Taux d'acidité d'échange
TF	Terre fine (< 2 mm)
V	Volume
Vs	Volume occupé par de la matière solide
Vv	Volume des vides

CHAPITRE 1

Considérations préalables

Choix des analyses

Les analyses de sols coûtent cher. Evitons donc d'en faire faire d'inutiles. Il n'est pas raisonnable de demander un type d'analyse que l'on ne sait pas interpréter. Au retour des résultats, il est trop tard pour regretter l'absence de déterminations que l'on a oublié de demander. Raisonçons le plus possible le choix des analyses. Celui-ci pourra être guidé par les trois types de considérations développées ci-dessous.

Que voulons-nous savoir ?

- S'agit-il d'une caractérisation de routine pour une cartographie,
- d'un échantillonnage de vérification,
- d'une caractérisation approfondie d'une unité cartographique pour rédiger une notice ?
- Est-ce un profil analysé à fond pour une recherche « pointue » ?
- Y a-t-il une préoccupation thématique particulière ?
- Avons-nous à vérifier les hypothèses formulées sur le terrain ?
- Quels sont les problèmes à résoudre ; les phénomènes à quantifier (tabl. 1) ?

Que savons-nous déjà du sol ?

Demander l'analyse du calcium échangeable d'un horizon calcaire est inutile. En règle générale, le rapport C/N en sol cultivé n'apporte rien. La granulométrie 8 fractions n'est pas nécessaire si la texture est argilo-limoneuse. Si, sur le terrain, un horizon ne faisait pas effervescence à HCl, on peut faire l'économie de la détermination du « calcaire total », etc.

Les contraintes extérieures

- Coût des analyses/crédits disponibles
- Quantité d'échantillons dont on dispose (masse souvent limitée dans le cas particulier des prélèvements sélectifs).

Tableau 1. – Principales déterminations et problèmes qu'elles peuvent aider à résoudre.

	MO et C	Éléments grossiers Taux, nature, état	Granulométries	Séparations granulométriques « Squelettes » granulométriques	Calcaire total et actif	pH eau et KCl	CEC	Cations échangeables	Fer	Aluminium	Analyses chimiques tot. majeurs et traces	Rayons X sur < 2 µm	D apparente, porosité	Humidités caractérist.	Stabilité structurale et percolation	Azote et phosphore
Allochtonie/Autochtonie		×	×		×							●				
Altération fraction < 2 µm				●			●		●	●	●	●				
Altération minéraux primaires		×		●	×				×●	×●	×●	●				
Ambiance physico-chimique	×				×	×		×		×						
Caractérisation unité cartographique	×	×	×		×	×	×	×	×	×		●	×	×		
Carbonates (localisation granulométrique)			×		×											
Comparaisons granulométriques		×	×		×											
Décarbonatation		×			×											
Dégradation géochimique				●		×	●×	×	×	×	●	●				
Dégradation morphologique			■				■		■							
Différenciation texturale			×													
Discontinuités lithologiques		×	×		×							●				

- × sur horizon entier
- sur prélèvement sélectif
- sur fraction granulométrique préalablement séparée

Tableau 1. – (suite)

	MO et C	Éléments grossiers Taux, nature, état	Granulométries	Séparations granulométriques	« Squelettes » granulométriques	Calcaire total et actif	pH eau et KCl	CEC	Cations échangeables	Fer	Aluminium	Analyses chimiques tot. majeurs et traces	Rayons X sur < 2µm	D apparente, porosité	Humidités caractérist.	Stabilité structurale et percolation	Azote et phosphore
Fertilité potentielle	×	×	×			×	×	×					◉	×	×		×
Garniture cationique						×	×	×	×		×						
Glosses (dégradées ou déferrifiées ?)			◻					◻		◻	◻	◻	◻				
Homogénéité initiale du matériau		×	×		×								◉				
Origine du matériau		×	×		×	×		×		×			◉				
Pédogenèses successives (résultante)		×	×	◉			×	×		×	×	×	◉	×	×		
Pédogenèse actuelle	×					×	×		×	×	×						×
Propriétés agronomiques	×	×	×			×	×	×	×				◉	×	×		×
Propriétés hydriques	×	×	×					×					◉	×	×	×	
Propriétés physiques	×	×	×					×	×				◉	×	×	×	
Réservoir utilisable		×	×											×	×		
Fond pédogéochimique local	×		×			×	×	×		×		×					
Contaminations-Pollutions	×		×			×	×	×		×		×		×			

× sur horizon entier
 ◻ sur prélèvement sélectif
 ◉ sur fraction granulométrique
 préalablement séparée

Prélèvement des échantillons

En pédologie, un des grands problèmes réside dans la **représentativité** des échantillons. Il est assez vertigineux, quand on y réfléchit un peu, de prétendre caractériser une couverture pédologique de plusieurs centaines ou de plusieurs milliers d'hectares (sur une épaisseur d'un mètre ou plus) par quelques dizaines de prélèvements seulement, de quelques kilos chacun tout au plus.

Je n'insisterai pas sur l'importance du choix des sites d'étude et de prélèvement (fosses, tranchées) et sur l'importance, également, d'une bonne description du solum et de son « découpage » préalable en horizons (cf. *Guide pour la description des sols* [19], chap. 6).

L'horizon est, en pédologie de terrain, l'unité de base du prélèvement. Mais il n'est pas indispensable de les prélever tous. Les horizons trop minces, les horizons hétérogènes, les horizons de transition peuvent être négligés volontairement. Sans reparler de la contrainte « crédits disponibles ».

Une nécessité cependant : respecter les limites des horizons au moment de prélever et éviter les « pollutions » par un autre horizon. Pour cela, on prélèvera du bas de la fosse vers le haut, après avoir « nettoyé » celle-ci du haut vers le bas (cf. *Guide pour la description des sols* [19], chap. 3 et 26).

Un prélèvement de 1 à 2 kg suffit généralement, mais on peut avoir de bonnes raisons d'en prélever beaucoup plus, notamment si l'on veut déterminer les taux d'éléments grossiers en sols caillouteux ou pierreux (cf. chap. 2).

Lorsqu'un horizon est constitué par l'association de volumes pédologiques différents (horizons hétérogènes) ou lorsque certains « traits » pédologiques sont assez gros ou faciles à séparer, il peut être intéressant de recourir à des **prélèvements sélectifs** : « langues » (ou « glosses »), remplissages de fissures, revêtements argileux, nodules, etc. Ces prélèvements sélectifs seront parfois réalisés plus confortablement « à la maison » que sur le terrain.

D'autres prélèvements « spéciaux » peuvent être envisagés, selon des besoins particuliers :

- mottes et agrégats : pour déterminations des humidités à certains pF, pour observations à la loupe binoculaire, etc. Précautions : éviter tout écrasement et déformations, utiliser des boîtes rigides ; dans certains cas, maintenir à l'humidité du terrain ;
- cylindres enfoncés *in situ* : déterminations de la densité apparente, propriétés de conductivité hydraulique au laboratoire...
- boîtes métalliques enfoncées *in situ* pour réalisation ultérieure de lames minces...

Préparation des échantillons

Séchage

Dans trois cas particuliers, il ne faut pas faire sécher les échantillons :

- dans le cas des ANDOSOLS (cf. chap. 22) ;
- ou bien si l'on veut doser les reliquats d'azote (cf. chap. 5) ;
- ou pour réaliser des mesures de qualité biologique (cf. chap. 23).