

AGRICULTURE D'AUJOURD'HUI
Sciences, Techniques, Applications



Volume 1

La production **végétale**

*“Les composantes
de la production”*



26014/1

Michel VILAIN

3^e édition

lavoisier

TEC
&
DOC

AGR 47 / Vol. 1

AGRICULTURE D'AUJOURD'HUI
Sciences, Techniques, Applications



Collection dirigée par Paul MOATI
Ingénieur général
du Génie Rural des Eaux et des Forêts

LA PRODUCTION VÉGÉTALE

TROISIÈME ÉDITION

Volume 1

Les composantes de la production

Michel Vilain

Ingénieur agronome INA
Licencié ès sciences
Chargé de recherche à l'INRA
Professeur au lycée agricole d'Arras



26014/1
4



26014/1

LONDRES



NEW YORK

PARIS

11, rue Lavoisier
F 75384 Paris cedex 08

Table des matières

Avant-propos	III
Introduction à la première édition	IX
Introduction à la deuxième édition	XI
Introduction à la troisième édition	XIII

Partie I – LA COMPOSANTE CLIMATIQUE

1

Chap. 1 – LES PRINCIPAUX PHÉNOMÈNES ATMOSPHÉRIQUES ET LA PRÉVISION DU TEMPS

3

1. L'énergie dans l'atmosphère	3
1.1. Données générales sur les rayonnements	3
1.2. Les rayonnements naturels	5
1.3. Les transferts de chaleur	12
2. L'eau dans l'atmosphère	13
2.1. Les états et la caractérisation	13
2.2. Circulation de l'eau dans l'atmosphère	14
2.3. Le cycle de l'eau	17
3. Les masses d'air et leur évolution ..	18
3.1. L'origine des masses d'air	18
3.2. La circulation des masses d'air ..	18
3.3. Les fronts polaires	19
3.4. Les perturbations et les systèmes nuageux	20
4. La prévision du temps	22
4.1. L'organisation et les observations météorologiques	22
4.2. Les prévisions météorologiques ..	22

Chap. 2 – Les conditions climatiques... ..

27

1. Le climat	27
1.1. Définitions	27
1.2. Les éléments et les agents climatiques	27
1.3. La systématique climatique	27
2. Le climat local et sa caractérisation ..	29
2.1. Les conditions climatiques locales ..	29
2.2. Quelques conditions microclimatiques ..	33
2.3. Principaux éléments climatiques et leur mesure	35
2.4. La synthèse climatique	39
2.5. La cartographie climatique	45
3. Les accidents climatiques	45
3.1. Les gelées	45
3.2. La grêle	50
3.3. Le vent	51

Partie II – LA COMPOSANTE ÉDAPHIQUE

53

Chap. 3 – FORMATION, ÉVOLUTION ET CLASSIFICATION DES SOLS

55

1. Les roches et la pédogenèse	56
1.1. Les matériaux : roches et minéraux ..	57
1.2. La transformation des roches et des minéraux	57
1.3. Les déplacements de matière dans les sols	63
2. Genèse et évolution des sols	67
2.1. Cycle d'évolution et climax	67
2.2. Évolution progressive et régressive	67
2.3. Les types de climax	68
2.4. Les facteurs d'évolution des sols ..	68
3. La couverture pédologique	71
3.1. Organisation pédologique et définitions	71
3.2. Observation et description	72
3.3. Les horizons : nomenclature et codification	72
4. Classification et dénomination des sols ..	74
4.1. Nécessité et objectifs des classifications	74
4.2. La classification française dite CPCS ..	75
4.3. Le référentiel pédologique	76
4.4. Les principaux sols de France (selon G. Pedro)	78

Chap. 4 – LA CONSTITUTION ET LES CONSTITUANTS DU SOL

79

1. Les constituants minéraux	80
1.1. Les fractions granulométriques ..	80
1.2. L'analyse granulométrique	81
1.3. La texture du sol	88
2. Les argiles des sols	91
2.1. Les minéraux argileux	92
2.2. Les minéraux non argileux	100
3. Les constituants organiques	100
3.1. Les substances organiques présentes	100
3.2. Évolution simplifiée des matières organiques : origine des constituants ..	101
3.3. La constitution chimique	101
3.4. Fractionnement des matières organiques	102
3.5. Conception moderne de l'humus ..	103
3.6. Propriétés des constituants organiques	104

4. Les associations entre constituants minéraux et organiques	106
4.1. Les complexes organo-métalliques	106
4.2. Le complexe argilo-humique	106
Chap. 5 – LE MILIEU PHYSIQUE	109
Section 1 – L'état structural et le comportement physique du sol	110
1. La structure du sol	110
1.1. Généralités	110
1.2. Étude descriptive de la structure	111
1.3. Les conséquences de la structure	113
1.4. Les propriétés mécaniques	118
2. L'évolution de la structure	122
2.1. La désagrégation et la stabilité structurale	122
2.2. La régénération de la structure	126
3. Quelques comportements structuraux particuliers	128
3.1. La battance du sol	128
3.2. La prise en masse	131
3.3. Le tassement et le compactage des sols	131
4. Importance agronomique de l'état structural du sol	135
Section 2 – L'eau et le sol	136
1. La rétention de l'eau par le sol	136
1.1. Disposition de l'eau et forces de rétention	136
1.2. Caractérisation de l'eau du sol	137
1.3. Les principales caractéristiques hydriques	143
2. La circulation de l'eau dans le sol	147
2.1. Généralités sur les mouvements d'eau	147
2.2. Distinction et définition des types de mouvements d'eau	148
2.3. Le fonctionnement hydrique réel d'un sol	157
3. Disponibilité de l'eau pour la végétation	159
3.1. La phase de dessèchement	159
3.2. La phase de réhumectation	164
Section 3 – La chaleur et l'aération du sol	166
1. La chaleur dans le sol	166
1.1. L'énergie à la surface du sol	166
1.2. La propagation de la chaleur dans le sol	167
1.3. L'ambiance thermique du sol	168
1.4. Effet d'un couvert végétal	172
1.5. Le refroidissement et le gel du sol	172
1.6. Les autres sources de chaleur dans le sol	172
2. L'aération du sol	173
2.1. L'atmosphère du sol	173
2.2. Les gaz de la solution du sol	174
2.3. Les mécanismes de renouvellement	174
2.4. L'aération d'un organisme vivant dans le sol	175
2.5. L'aération et l'état hydrique du sol	176
2.6. Caractérisation de l'état d'aération d'un sol	177
3. Notion de pédoclimat	177
Chap. 6 – LE MILIEU NUTRITIF	179
Section 1 – Les phénomènes physicochimiques dans le sol	182
1. Les phénomènes d'échange dans le sol	182
1.1. Généralités sur l'adsorption et l'échange	182
1.2. Le pouvoir adsorbant des sols	183
1.3. L'échange de cations	186
1.4. L'adsorption et l'échange d'anions	191
1.5. L'adsorption de composés organiques	192
2. Les phénomènes de dissolution	193
2.1. Généralités sur la dissolution	194
2.2. Considérations chimiques	194
2.3. La dissolution dans les sols	195
Section 2 – Les phénomènes biologiques	198
1. La faune du sol	198
1.1. Classification de la faune	198
1.2. Caractères généraux	199
1.3. Caractéristiques des principaux groupes	199
1.4. Rôle de la faune	200
1.5. Réactions aux techniques culturales	200
2. Les micro-organismes	201
2.1. La population microbienne des sols	201
2.2. Croissance et dissémination des micro-organismes	205
2.3. L'activité de populations microbiennes	206
2.4. Les actions microbiennes	213
3. Les interactions plantes – micro-organismes	231
3.1. La rhizosphère et l'effet rhizosphère	232
3.2. La mycorhization	234
Section 3 – La solution et les capacités nutritives du sol	236
1. La solution du sol	236
1.1. Particularités de la solution du sol	236
1.2. Les éléments dans la solution des sols	237
1.3. Les propriétés électro-ioniques	241
2. Les transferts d'éléments dans le sol	247
2.1. Les transferts en phase gazeuse	247
2.2. Les transferts de solutés	247
2.3. Distribution des éléments chimiques dans un sol	249
3. La dynamique du sol	251
3.1. L'enrichissement du sol	251

3.2. L'appauvrissement du milieu nutritif	252	2.2. L'assimilation du carbone	340
3.3. La dynamique d'un élément nutritif	254	2.3. Les effets de la pollution atmosphérique	345
3.4. Les capacités nutritives du sol	255		
<hr/>			
Partie III – LA COMPOSANTE VÉGÉTALE			
	261		
<hr/>			
Chap. 7 – LES CELLULES VÉGÉTALES ET L'ACTIVITÉ CELLULAIRE			
	263		
1. La constitution cellulaire	263	3. La nutrition minérale et hydrique	346
1.1. Les constituants organiques	263	3.1. L'absorption et le transfert des éléments nutritifs	346
1.2. Les structures cellulaires	269	3.2. L'absorption de l'eau	353
2. Multiplication et différenciation cellulaire	274	4. La production de la matière végétale	356
2.1. La division cellulaire	274	4.1. Le rôle indispensable de l'eau	356
2.2. La différenciation cellulaire	277	4.2. Le besoin interne et les états nutritionnels	357
3. Le fonctionnement cellulaire	278	4.3. Les principaux éléments minéraux	357
3.1. Les besoins des cellules végétales	279	5. Le fonctionnement global et la coordination des fonctions	362
3.2. Les échanges cellulaires	281	5.1. Les structures et les corrélations	363
3.3. Le métabolisme cellulaire	283	5.2. L'interaction des fonctions physiologiques essentielles	367
3.4. Synthèse des glucides et approvisionnement énergétique	285		
3.5. La biosynthèse des protéines	293	<hr/>	
3.6. Catabolisme et anabolisme	297	Chap. 9 – LE PEUPEMENT VÉGÉTAL CULTIVÉ ET L'ÉLABORATION DU RENDEMENT	
4. Le système cellulaire	299		369
<hr/>			
Chap. 8 – LA PLANTE			
	301		
Section 1 – Le développement végétal			
	302		
1. La croissance végétale	303	1. Les peuplements cultivés	369
1.1. Définition et appréciation	303	1.1. Caractères généraux	369
1.2. Allure générale de la croissance	303	1.2. Définitions structurales d'un peuplement	372
1.3. Influence de la température	303	2. Le fonctionnement photosynthétique	373
1.4. La vie latente et la dormance	309	2.1. Propagation et interception de l'énergie	373
1.5. Les rythmes de croissance et de différenciation	309	2.2. L'origine et la fixation du gaz carbonique	377
2. Le cycle de végétation	310	2.3. Rendement photosynthétique d'une culture	377
2.1. L'état végétatif et l'état reproducteur	310	2.4. La production nette et le peuplement optimum	378
2.2. La germination-levée	312	3. Le fonctionnement hydrique	380
2.3. De l'état végétatif à l'état reproducteur	316	3.1. L'évapotranspiration potentielle	380
2.4. L'état reproducteur	319	3.2. L'évapotranspiration réelle et l'évapotranspiration maximale	381
3. Régulation interne de la croissance et de la différenciation	320	3.3. Récapitulation des diverses « évapotranspirations »	384
3.1. Les hormones végétales naturelles	321	3.4. L'eau et la production végétale	385
3.2. Les substances hormonales de synthèse	323	3.5. Détermination quantitative des besoins en eau des cultures	389
3.3. Les autres substances de croissance	324	4. Le fonctionnement nutritif	390
Section 2 – La nutrition et la production de matière végétale			
	325	4.1. Généralités sur les besoins nutritifs	390
1. L'appareil végétatif	325	4.2. Réponse d'un peuplement cultivé aux facteurs nutritifs	391
1.1. Le système aérien	325	4.3. Prélèvements, exportations et substitutions	394
1.2. Le système racinaire	329	4.4. L'évolution de l'absorption minérale	395
2. Nutrition carbonée et approvisionnement énergétique	339	4.5. Évaluation des besoins nutritifs d'une culture	397
2.1. Les échanges foliaires	339	5. La production et l'élaboration du rendement	400
		5.1. Les processus de production	400
		5.2. Facteurs et conditions de croissance	401
		5.3. La production potentielle	402

5.4. Facteurs et conditions de croissance optimale	402
5.5. Les composantes du rendement. 403	
<hr/>	
Partie IV – LE DIAGNOSTIC ET LES MÉTHODES D'APPRÉCIATION DE LA FERTILITÉ	407
<hr/>	
Chap. 10 – L'APPRÉCIATION DU SOL ET DES CULTURES	409
1. L'examen du profil cultural.....	409
1.1. Définition du profil cultural.....	409
1.2. Origine et développement de la méthode	410
1.3. Les étapes préalables à l'examen	410
1.4. La description du sol	412
1.5. Intérêts et limites de la méthode .	420
1.6. Exemples de description d'un profil cultural	420
2. L'analyse de terre.....	422
2.1. Généralités	422
2.2. Constitution de l'échantillon.....	422
2.3. L'analyse	426
2.4. L'interprétation des résultats analytiques	430
2.5. Exemple d'interprétation d'une analyse de terre	437
2.6. Limites, valeur et utilisations de l'analyse de terre	438
3. Les tests biologiques	439
3.1. Le diagnostic sanitaire.....	439
3.2. Le diagnostic de la fatigue des sols	440
4. L'appréciation des cultures.....	440
4.1. L'examen des peuplements	440
4.2. Le contrôle de la nutrition minérale	442
<i>Annexes</i>	<i>445</i>
<i>Conclusion</i>	<i>457</i>
<i>Bibliographie</i>	<i>459</i>
<i>Glossaire</i>	<i>461</i>
<i>Index</i>	<i>471</i>



AGRICULTURE D'AUJOURD'HUI

Sciences, Techniques, Applications

Collection dirigée par P. MOATI
*Ingénieur général
du Génie rural des eaux et des forêts*

L

'amélioration de la production végétale nécessite à la fois l'adaptation et la sélection des plantes aux conditions de milieu et aux besoins des hommes, ainsi que l'adaptation des conditions de milieu aux besoins des organismes végétaux, présupposant une connaissance approfondie des plantes, de leur fonctionnement et des milieux où elles vivent.

Le présent volume 1 de *La production végétale* est consacré à l'étude du climat, du sol et de la plante. Les composantes climatique, édaphique et végétale sont étudiées à plusieurs niveaux d'organisation. Les processus physiologiques de la production végétale et le fonctionnement physique et physicochimique du sol font l'objet d'un développement plus important.

Le volume 2, « La maîtrise technique de la production », est quant à lui consacré aux principales techniques d'amélioration et d'entretien du milieu.

Michel Vilain, ingénieur agronome de l'Institut national agronomique de Paris-Grignon et licencié ès sciences, est professeur au lycée agricole d'Arras et chargé de recherches à l'Institut national de la recherche agronomique.

2-7430-0218-2



9782743002183