

Table des matières

PRÉFACE DE LA 4 ^e ÉDITION	V
PRÉFACE DE LA 1 ^{re} ÉDITION	VIII
AVANT-PROPOS	IX
INTRODUCTION	XXIII
CHAPITRE 1 • LES FACTEURS DE DÉGRADATION DE LA BIOSPHERE : LEUR NATURE ET LEUR IMPORTANCE	1
1.1 L'impact de la technologie	2
1.1.1 Altérations de l'environnement engendrées par des hommes primitifs	2
1.1.2 L'agriculture, première cause de déséquilibre due à l'action de l'Homme	4
1.1.3 La société technologique contemporaine et son impact sur la biosphère	8
1.2 L'explosion démographique contemporaine	13
1.2.1 La croissance démographique humaine au cours du Quaternaire	29
a) Étude démoécologique des problèmes de surpeuplement	29
<i>Les pyramides démographiques</i>	29
<i>Causes démoécologiques de la surpopulation humaine</i>	31
1.2.2 Prospectives démographiques : catastrophe ou transition démographique puis stabilisation ?	37
a) La transition démographique	39
b) Obstacles à une stabilisation rapide des effectifs des populations humaines et conséquences futures	50
CHAPITRE 2 • LE PROBLÈME DES POLLUTIONS ET SES IMPLICATIONS ÉCOLOGIQUES	53
2.1 Nature et modalités de pollution de la biosphère	53
2.1.1 Historique	53
2.1.2 Les causes actuelles de pollution de la biosphère	56
a) La production d'énergie, cause principale de pollution	56
b) La diversification des polluants chimiques et l'accumulation des déchets	58
c) Pollutions dues à l'agriculture et à l'élevage intensifs	60
2.1.3 Définition des pollutions	62
2.1.4 Classification des pollutions	63

2.2	Dispersion et circulation des substances polluantes dans la biosphère	65
2.2.1.	Circulation atmosphérique des polluants	65
a)	Structure de l'atmosphère	66
b)	Cinétique des polluants dans l'atmosphère	67
2.2.2	Incorporation des polluants dans la biomasse	71
a)	Existence de concentrateurs biologiques	72
b)	Accumulation des polluants dans les chaînes trophiques	73
c)	Principaux types de circulation des polluants dans les réseaux trophiques	80
CHAPITRE 3 • POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE		83
3.1	Origines et modalités de la pollution atmosphérique	83
3.2	Les principaux polluants atmosphériques	86
3.2.1	Principaux polluants gazeux	89
a)	Dérivés du carbone	89
	<i>Le dioxyde de carbone ou gaz carbonique (CO₂)</i>	89
	<i>Le monoxyde de carbone (CO)</i>	91
	<i>Les hydrocarbures</i>	94
	<i>Aldéhydes</i>	99
b)	Dérivés du soufre	99
	<i>Le dioxyde de soufre (SO₂)</i>	100
	<i>Hydrogène sulfuré (H₂S)</i>	103
c)	Dérivés de l'azote	104
	<i>Les oxydes d'azote (NO_x)</i>	104
	<i>Les peroxyacétylnitrates (PAN)</i>	108
d)	L'ozone	110
	<i>Ozone troposphérique</i>	111
	<i>Ozone stratosphérique</i>	112
	<i>Toxicité et écotoxicité de l'ozone</i>	117
e)	Dérivés halogénés	117
3.2.2	Polluants particulaires (« aérosols »)	119
a)	Principaux types de particules polluant l'atmosphère	119
	<i>Les grosses particules sédimentables</i>	119
	<i>Les particules semi-fines</i>	120
	<i>Les particules insédimentables</i>	120
	<i>Les brouillards</i>	121
b)	Origine et constitution chimique des « aérosols »	122
	<i>Émission de particules par des sources naturelles</i>	122
	<i>« Aérosols » produits par l'Homme</i>	122
c)	Distribution des « aérosols » dans l'atmosphère	128
	<i>Répartition des « aérosols » en altitude</i>	128
	<i>Répartition des « aérosols » en latitude</i>	130
d)	Croissance et cause de l'augmentation du taux d'« aérosols » dans l'atmosphère	132
	<i>Rôle des phénomènes naturels</i>	132
	<i>Rôle de l'action de l'Homme dans la production de particules atmosphériques</i>	135

3.3	Effets de la pollution atmosphérique sur les climats	136
3.3.1	Les variations climatiques du passé et leurs causes	136
	a) Relation entre les variations orbitales de la Terre et les périodes glaciaires	137
	b) Relations entre les fluctuations de la teneur en CO ₂ atmosphérique et celles du climat global	138
	<i>Les thermomètres isotopiques</i>	138
	c) Effet synergique du CO ₂ et autres facteurs contrôlant la température superficielle du globe	142
	<i>Interférence entre cycles biogéochimiques du carbone et du silicium, CO₂ atmosphérique et climats</i>	143
3.3.2	Effets de la pollution atmosphérique sur le climat global	143
	a) L'effet de serre	144
	<i>Effets des gaz de serre sur les températures globales</i>	145
	b) Autres facteurs atmosphériques contrôlant le climat au sol	148
	<i>La nébulosité</i>	148
	<i>La turbidité atmosphérique</i>	148
	<i>Variations de l'activité solaire</i>	151
	c) Principales autres perturbations anthropogéniques susceptibles d'agir sur les climats	151
	<i>Modélisation des modifications climatiques provoquées par l'action de l'Homme</i>	154
	d) Modifications climatiques observées depuis le milieu du XIX ^e siècle	161
	e) Conséquences du réchauffement climatique dû à l'action de l'Homme	164
3.3.3	Effets sur les mésoclimats	169
	a) Les smogs	170
	b) Le dôme de pollution urbain et ses effets climatiques	172
	c) La réduction de la pollution atmosphérique urbaine	175
3.4	Perturbation des cycles biogéochimiques par la pollution atmosphérique	176
3.4.1	Perturbation du cycle du carbone	177
	a) Prévision sur l'évolution de la teneur en CO ₂ atmosphérique au cours du XXI ^e siècle	179
	b) Quantification du cycle du carbone et de ses perturbations par l'Homme	181
	c) Devenir de l'excès de CO ₂ rejeté dans l'atmosphère par l'Homme	184
3.4.2	Perturbation du cycle de l'oxygène	187
3.4.3	Perturbation du cycle de l'azote	188
3.4.4	Perturbation du cycle du soufre	189
3.5	Conséquences écotoxicologiques de la pollution atmosphérique	193
3.5.1	Impact de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes forestiers	193
	a) Dioxyde de soufre	193
	<i>Effet du SO₂ sur les essences ligneuses forestières</i>	193
	<i>Effet du SO₂ sur les cryptogames des biocénoses forestières</i>	195
	<i>Mécanismes d'action du SO₂ sur les plantes et autres organismes autotrophes</i>	198
	b) Ozone et photo-oxydants nitrés	199
	<i>Action de l'ozone</i>	199
	<i>Effet des PAN</i>	200
	<i>Effet des NO_x</i>	201

c)	Pluies acides	202
	<i>Mécanisme de formation des pluies acides</i>	202
	<i>Extension des dommages aux forêts par les précipitations acides</i>	202
	<i>Mécanismes d'action des pluies acides sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers.</i>	203
d)	Fluor	207
e)	Métaux toxiques	208
	<i>Plomb</i>	208
	<i>Cuivre</i>	209
f)	Impact de la pollution atmosphérique sur la productivité forestière	210
3.5.2	Impact de la pollution atmosphérique sur les agro-écosystèmes	212
a)	Effets des principaux aéropolluants sur les productions agricoles	212
	<i>Effets du SO₂</i>	212
	<i>Effets de l'ozone et des autres photo-oxydants</i>	212
	<i>Effets du fluor</i>	212
	<i>Autres aéropolluants</i>	214
b)	Conséquences économiques des dommages causés par la pollution de l'air aux activités agricoles	214
3.5.3	Impact de la pollution de l'air sur les populations humaines	214
3.5.4	La protection de la qualité de l'air	218

CHAPITRE 4 • LA POLLUTION DES SOLS 221

4.1	Modalités et conséquences de la pollution des sols par l'agriculture moderne	223
4.1.1	Pollution par les engrais	223
a)	Nature et importance de la pollution des sols par les engrais	224
b)	Conséquences écologiques de la pollution des sols par les fertilisants	227
	<i>Causes et conséquences de la perte de matière organique des sols cultivés</i>	227
	<i>Le compostage</i>	230
c)	Perturbation des cycles biogéochimiques par l'emploi des fertilisants	231
	<i>Perturbation du cycle de l'azote</i>	231
	<i>Perturbation du cycle du phosphore</i>	233
d)	Conséquences pour la santé publique de la pollution de la production alimentaire par les fertilisants	235
4.1.2	Pollution par les pesticides	236
a)	Nature des pesticides	237
	<i>Les insecticides</i>	237
	<i>Les fongicides</i>	242
	<i>Les herbicides</i>	242
	<i>Les dérivés de l'acide phénoxyacétique et autres auxinomimétiques</i>	243
b)	Importance de l'usage des pesticides dans le monde	245
c)	Conséquences écologiques de l'usage des pesticides pour les biocénoses et les espèces exposées	248
	<i>Particularités écotoxicologiques propres aux pesticides</i>	248
	<i>Principales modalités d'action des pesticides sur les populations et les communautés</i>	255
	<i>Rôle de la contamination des réseaux trophiques dans l'impact écotoxicologique des pesticides</i>	258

	<i>Effets démo-écologiques des traitements pesticides</i>	263
	<i>Effets biocœnotiques</i>	270
	<i>La lutte biologique</i>	280
4.2	La pollution des sols par les contaminants d'origine industrielle	287
4.2.1	Principales causes et importance de la pollution des sols d'origine industrielle	287
4.2.2	La protection des sols agricoles contre les pollutions	291
CHAPITRE 5 • LA POLLUTION DES EAUX CONTINENTALES ET OCÉANIQUES		293
5.1	Nature et importance de la pollution des eaux	295
	a) L'état qualitatif des eaux continentales et littorales	295
	<i>La pollution des eaux souterraines</i>	299
5.1.1	La pollution biologique des eaux	301
	a) La pollution microbiologique des eaux	301
	b) La pollution des eaux par des matières organiques fermentescibles	302
5.1.2	La pollution chimique des eaux	303
	a) Pollution par les pluies acides	303
	b) Pollution des eaux par des métaux toxiques	305
	<i>Mercur</i>	305
	<i>Plomb</i>	309
	<i>Pollution par le cadmium</i>	311
	<i>Pollution des eaux par les autres métaux</i>	312
	c) Pollution par des sels minéraux nutritifs	314
	<i>Nitrates</i>	314
	<i>Phosphates</i>	317
	d) Pollution par le pétrole et les hydrocarbures dérivés	317
	<i>Nature et importance de la pollution par le pétrole</i>	318
	<i>Devenir du pétrole dans les eaux océaniques</i>	323
	e) Pollution par les substances organiques de synthèse	324
	<i>Les détersifs</i>	325
	<i>Les pesticides</i>	326
	<i>Les polychlorobiphényles (PCB)</i>	330
	<i>Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</i>	335
	<i>Autres substances organiques de synthèse</i>	336
	<i>Altérations physiques de l'hydrosphère</i>	338
5.1.3	La pollution thermique des eaux	339
	a) Causes de la pollution thermique des eaux	339
	b) Importance de la pollution thermique des eaux	340
5.2	Conséquences écologiques de la pollution des eaux	344
5.2.1	Effets de la pollution organique des eaux	344
	a) Pollution des eaux courantes par des matières organiques fermentescibles (MOF)	344
	b) Effets de la pollution par les matières organiques fermentescibles sur la phytocœnose aquatique	349
	c) Effets de la pollution par les matières organiques fermentescibles sur la zoocœnose lotique	351

d)	Pollution organique en milieu lentique : la dystrophisation des lacs	355
	<i>L'eutrophisation conséquence naturelle de l'évolution des lacs</i>	355
	<i>Conséquences écologiques de la dystrophisation</i>	361
	<i>Effets de la dystrophisation sur la productivité des lacs</i>	370
5.2.2	Effets écotoxicologiques de la pollution chimique des eaux	374
a)	Toxicité aiguë des polluants des eaux	374
	<i>Toxicité des substances minérales</i>	375
	<i>Toxicité des composés organiques de synthèse</i>	376
b)	Toxicité sublétales et/ou à long terme des polluants des eaux	378
2.2.3	Conséquence de la pollution chimique des eaux pour les biocénoses aquatiques	381
a)	Pluies acides	381
b)	Mercuré	382
c)	Plomb	389
d)	Hydrocarbures	390
	<i>Effets du pétrole sur les biocénoses naturelles marines</i>	392
2.2.4	Conséquences de la pollution par les polluants organiques persistants	398
5.2.5	Conséquences écologiques de la pollution thermique des eaux	400
a)	Effets sur les facteurs abiotiques	400
	<i>Action sur la température</i>	400
	<i>Effets sur la teneur en oxygène dissous</i>	400
	<i>Effets sur la teneur des eaux en calcium</i>	401
b)	Effets biocénotiques de la pollution thermique des eaux	402
	<i>Effets sur les individus et les populations des espèces aquatiques</i>	402
	<i>Effets de la pollution thermique sur les producteurs primaires</i>	402
	<i>Effets de la pollution thermique sur les zoocénoses et la production secondaire</i>	410
	<i>Effets de la pollution thermique sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques</i>	411

CHAPITRE 6 • LA POLLUTION NUCLÉAIRE 413

6.1	Notions de radiobiologie	416
a)	Principaux types d'effets biologiques des radiations ionisantes	421
b)	Radiosensibilité comparée des êtres vivants aux doses létales	423
c)	Effets des doses sublétales	425
	<i>Effets physiologiques</i>	426
	<i>Effets sur le potentiel biotique</i>	428
	<i>Effets mutagènes et cancérogènes</i>	430
	<i>La notion de risque admissible</i>	434
6.2	Conséquences écologiques des retombées radioactives	440
6.2.1	Le comportement des radionucléides dans les biotopes et les biocénoses	440
6.2.2	Contamination de l'océan par les retombées radioactives	447
6.3	Conséquences écologiques de la pollution par l'industrie nucléaire	450
6.3.1	Le cycle du « combustible »	450
a)	Les principaux types de réacteurs nucléaires de puissance	451
b)	Importance relative des diverses filières dans le parc mondial de réacteurs nucléaires	456

c)	Les usines de retraitement des combustibles irradiés	458
d)	Le problème du stockage des déchets	461
6.3.2	Le comportement des radionucléides produits par l'industrie nucléaire dans les écosystèmes	465
6.3.3	Les risques d'accidents dans l'industrie nucléaire et leurs conséquences radioécologiques	470
a)	Le scénario de référence d'un accident affectant une centrale nucléaire	471
b)	L'accident de Tchernobyl	472
	<i>Causes et importance de l'accident</i>	472
	<i>Conséquences pour les populations humaines de l'accident de Tchernobyl</i>	473
	<i>Effets de l'accident de Tchernobyl sur les écosystèmes</i>	478
c)	Études des conséquences de l'exposition aux radiations pour les communautés	482
6.3.4	Contexte environnemental et économique propre et développement de l'énergie nucléaire	483

CHAPITRE 7 • LA DÉGRADATION DES ÉCOSYSTÈMES ET LA RUINE DE LA BIOSPHERE 487

7.1	La destruction des écosystèmes terrestres	487
7.1.1	La déforestation	488
a)	Principales causes de déforestation	488
	<i>L'exploitation de la production ligneuse</i>	488
	<i>L'incendie</i>	492
	<i>Le pâturage en forêt</i>	492
	<i>L'agriculture</i>	493
b)	Importance actuelle de la déforestation dans le monde	495
	<i>La déforestation des forêts tempérées et boréales</i>	497
	<i>La destruction des forêts méditerranéennes</i>	500
	<i>La destruction des forêts tropicales</i>	505
c)	Altération des écosystèmes forestiers par la sylviculture et le reboisement	516
7.1.2	La dégradation des boisements ouverts et des formations herbacées	523
a)	Action de l'homme sur les écosystèmes méditerranéens	523
	<i>Les formations ligneuses méditerranéennes dégradées</i>	526
b)	Action de l'homme sur les écosystèmes forestiers tropicaux : la genèse des savanes	527
c)	La destruction des écosystèmes de formations herbacées	530
7.1.3	La désertification	531
a)	Étendue de la désertification	531
b)	Causes de la désertification	533
	<i>Accroissement de la fréquence des sécheresses</i>	533
	<i>Rôle des facteurs anthropogéniques</i>	534
	<i>Rôle de la perturbation du cycle de l'eau dans la désertification</i>	535
c)	Conséquences de la désertification	536
7.1.4	La destruction des sols	537
a)	L'altération physico-chimique des sols	538
	<i>La latéritisation</i>	538

	<i>La podzolisation</i>	540
	<i>La dégradation par l'agriculture des sols cultivés</i>	541
	b) La destruction des sols par l'urbanisation et l'industrialisation	545
7.1.5	L'érosion des sols	546
	a) L'érosion éolienne	548
	b) L'érosion hydrique	549
	c) Causes et mécanismes de l'érosion des sols	550
	<i>Le rôle de la déforestation</i>	550
	<i>Influence du surpâturage</i>	551
	<i>Le rôle de l'agriculture dans l'érosion des sols</i>	554
	d) Importance quantitative de l'érosion des sols dans le monde	557
	e) La lutte contre l'érosion des sols	558
7.1.6	La dégradation de l'espace rural	559
7.2	La dégradation des écosystèmes aquatiques continentaux	560
7.2.1	L'assèchement des zones humides	560
7.2.2	L'altération des hydrosystèmes fluviaux	563
	a) Impact des aménagements sur les hydrosystèmes fluviaux	563
	<i>Effets de l'endiguement</i>	564
	<i>Impact des barrages</i>	566
	<i>Impact des dégradations dans la partie émergée du bassin versant</i>	567
	b) Effets de la pollution des eaux	569
7.3	La dégradation des écosystèmes côtiers et marins	569
7.3.1	La dégradation des écosystèmes côtiers terrestres et supralittoraux	569
	a) L'éradication des écosystèmes dunaires	569
	b) La destruction des mangroves	571
7.4.2	La dégradation des récifs coralliens	573
	a) Principales causes de dégradation des écosystèmes coralliens et de leur biodiversité	574
	<i>La surexploitation de la faune récifale</i>	574
	<i>La destruction des biotopes récifaux</i>	576
	<i>La pollution des eaux marines</i>	576
	<i>Le blanchissement des coraux</i>	577
	b) Importance et étendue de la dégradation des récifs coralliens	579
CHAPITRE 8 • L'ÉRADICATION DE LA BIODIVERSITÉ		581
8.1	Les épisodes d'extinction massive des temps géologiques passés	582
	8.1.1 Les principaux épisodes d'extinction	584
	8.1.2 Les causes des extinctions massives	586
8.2	Les extinctions depuis la préhistoire humaine	588
	8.2.1 Les disparitions d'espèces du début de la préhistoire à la fin du néolithique	589
	8.2.2 Les extinctions depuis le début de la période historique jusqu'à nos jours	589
	8.2.3 Variations de la vitesse d'extinction au cours des époques géologiques : les rythmes d'extinction actuels	597
8.3	Les mécanismes des extinctions	599
	8.3.1 Les causes intrinsèques de l'extinction	599

8.3.2	Concepts fondamentaux démoécologiques relatifs aux extinctions	600
	a) Le concept de métapopulation	600
	b) Le concept de population minimale viable	601
8.3.3	Principales modalités par lesquelles l'homme compromet la stabilité des populations naturelles	602
	a) La fragmentation des habitats	603
	b) Actions sur la mortalité et la natalité des populations naturelles	604
	<i>Actions directes sur la mortalité</i>	604
	<i>Perturbations de la compétition interspécifique dues à l'homme</i>	605
8.4	L'évaluation du degré de menace d'extinction	607
8.4.1	L'échelle des risques concernant les espèces en danger	607
8.4.2	Quantification des risques d'extinction	608
8.5	Les causes et les mécanismes actuels de disparition des espèces vivantes	609
8.5.1	La surexploitation de la faune et de la flore	612
	a) Action de la chasse et de la cueillette abusives sur la biodiversité animale	612
	<i>La raréfaction de la faune dans l'Ancien Monde tempéré</i>	615
	<i>Les grands massacres du XIX^e et du XX^e siècles</i>	618
	b) Les causes actuelles de surexploitation de la flore et de la faune sauvages	621
	<i>Le commerce de la flore et de la faune sauvage et des produits dérivés</i>	622
	<i>Autres facteurs anthropiques provoquant une surmortalité de la faune et de la flore sauvage</i>	630
	c) La raréfaction des espèces vivantes océaniques	630
	<i>La surpêche des animaux marins et ses conséquences pour la biodiversité océanique</i>	630
	<i>Principes d'une exploitation rationnelle des espèces marines d'importance halieutique</i>	649
8.5.2	Les introductions de plantes ou d'animaux exotiques	653
	a) Les introductions dans la période historique	654
	b) Les introductions au cours du dernier siècle	657
	<i>Les introductions d'animaux indésirables</i>	657
	<i>Les introductions contemporaines de plantes invasives</i>	659
	<i>Les introductions de maladies cryptogamiques</i>	661
8.5.3	Le rôle des modifications biocœnotiques et de la destruction des écosystèmes	662
	a) La déforestation	662
	<i>La destruction des forêts tempérées</i>	663
	<i>La destruction des forêts tropicales</i>	664
	b) La désertification	667
	c) La défriche des écosystèmes de formation herbacée	667
	d) L'assèchement des zones humides	667
	e) Les aménagements « modernes »	668
8.5.4	Effets des pollutions sur la biodiversité	670
	a) Action des pollutions chimiques	670
	b) Effets des changements climatiques globaux sur la biodiversité	672
	<i>Action sur la biodiversité des écosystèmes terrestres</i>	672
	<i>Effets sur les écosystèmes marins</i>	674

CHAPITRE 9 • LA CONSERVATION DE LA NATURE	677
9.1 Une impérieuse nécessité : la protection de la biosphère	677
9.2 Pourquoi protéger la nature ?	679
9.2.1 La conservation des espèces	680
a) Justifications scientifiques de la conservation	680
b) Justification économique de la conservation	681
<i>Potentialité d'usage des espèces sauvages</i>	
<i>pour la production alimentaire</i>	681
<i>Préservation de la biodiversité des variétés cultivées</i>	
<i>et des races d'animaux domestiques</i>	686
<i>Potentiel d'usage thérapeutique de la biodiversité</i>	691
c) Justifications esthétiques et culturelles de la conservation	694
d) Justifications éthiques de la conservation	694
9.2.2 La conservation des espaces naturels : écosystèmes et paysages protégés	695
9.3 Bases scientifiques et conditions prioritaires de la conservation	698
9.3.1 Le maintien des processus écologiques fondamentaux	698
9.3.2 L'exploitation rationnelle des ressources naturelles	701
9.3.3 Préservation de la diversité génétique et de la biodiversité	702
9.4 La mise en œuvre de la conservation	702
9.4.1 La sauvegarde des espèces menacées	702
a) Priorités dans la préservation	703
b) La sauvegarde des espèces clef de voûte	704
c) Les réintroductions d'espèces	706
9.4.2 La conservation des écosystèmes	708
a) Définition et caractères généraux des principaux types d'aires protégées du monde	712
<i>Historique des aires protégées</i>	712
<i>Principales catégories d'aires protégées</i>	713
b) Évolution numérique et qualitative des principaux types d'aires protégées au cours des dernières décennies	720
<i>État actuel des aires protégées et des problèmes de leur gestion</i>	720
<i>Évolution future des aires protégées</i>	722
c) La conservation en dehors des aires protégées	725
 CHAPITRE 10 • LIMITES DES RESSOURCES DE LA BIOSPHERE ET DÉVELOPPEMENT DURABLE	 727
10.1 Les limites énergétiques	731
10.1.1 Les ressources en combustibles fossiles	731
a) Principales unités relatives à la consommation d'énergie	732
b) L'accroissement de la consommation des combustibles fossiles	733
c) L'estimation des réserves en combustibles fossiles	737
<i>La théorie du cycle de production d'une ressource minérale</i>	738
<i>Estimation des réserves existantes en combustibles fossiles</i>	739
10.1.2 Les limites à l'utilisation des combustibles fossiles ou de l'énergie nucléaire	745

10.1.3	Économies d'énergie et recours aux énergies naturelles	749
a)	Les économies d'énergie	751
b)	Le recours aux énergies naturelles	753
	<i>L'énergie solaire</i>	754
	<i>L'énergie éolienne</i>	759
	<i>L'énergie géothermique</i>	765
	<i>Autres énergies renouvelables</i>	766
10.2	les limites des ressources en matières premières minérales	768
10.3	Les ressources en eau	770
10.3.1	Importance des ressources en eau disponibles à l'échelle globale	771
a)	Volumes d'eau utilisable par l'ensemble des populations humaines	772
b)	Actions anthropiques négatives sur le volume d'eau utilisable	774
10.3.2	La crise contemporaine de l'eau	777
a)	La surexploitation des ressources en eau	779
b)	L'insuffisance croissante des volumes d'eau utilisable face aux besoins	781
10.3.3	Comment satisfaire les besoins futurs en eau ?	785
10.4	Les limites de la production alimentaire	786
10.4.1	L'insuffisance de la production alimentaire mondiale	786
10.4.2	Les limitations à l'accroissement de la production alimentaire	790
a)	Les ressources en terres cultivables	790
b)	Limites associées à la consommation d'énergie par l'agriculture	794
	<i>La baisse tendancielle des rendements énergétiques dans l'agriculture</i>	797
c)	Pénurie des ressources en eau et raréfaction des fertilisants	802
	<i>Les disponibilités en eau pour l'irrigation</i>	802
	<i>Les limitations en sels minéraux nutritifs</i>	805
10.5	Quel effectif maximal d'hommes compatible avec un développement durable serait supportable par la biosphère ?	808
10.5.1	Limitations en matière de production alimentaire	809
10.5.2	Stabilisation des effectifs humains et développement durable	813

BIBLIOGRAPHIE 819

INDEX TAXONOMIQUE 835

INDEX DES MATIÈRES 843

LÉGENDES DES PLANCHES HORS TEXTE 862