

Table des matières

Avant-propos	9
Introduction	11
Chapitre 1. Fondamentaux de l'énergie	17
1.1. Concept	17
1.2. Représentation émergétique des systèmes	18
1.3. Application des règles de l'énergie	19
1.3.1. Exemple 1. Système avec des coproduits	20
1.3.2. Exemple 2. Système avec un distributeur dans une boucle.	22
1.3.3. Exemple 3. Système avec coproduits, distributeur et boucle.	24
1.3.4. Exemple complet	26
1.3.5. Exercice	31
1.4. Emergie des sources.	32
1.4.1. Paradigme de base de la géobiosphère.	33
1.4.2. Ressources fossiles	36
1.4.2.1. Charbon	36
1.4.2.2. Pétrole et gaz naturel.	40
1.4.3. Minerai	41
1.4.4. EmMonnaie	45
1.4.5. De la ressource fossile au produit combustible.	48
1.5. Méthodologie de l'analyse émergétique	48
1.5.1. Exemple. Production d'aluminium aux Etats-Unis	49
1.6. Ratio émergétique	51

Chapitre 2. Emergie et conversion d'énergie renouvelable	55
2.1. Substitution de gaz naturel par du bois-énergie.	56
2.1.1. Analyse d'une chaufferie bois	56
2.1.1.1. Analyse émergétique.	57
2.1.1.2. Bilan CO ₂	59
2.1.2. Analyse d'une chaufferie gaz naturel	60
2.1.2.1. Analyse émergétique.	60
2.1.2.2. Bilan CO ₂	61
2.1.3. Ecolimite de fonctionnement	61
2.1.4. Exemple d'application	65
2.2. Ressource éolienne	71
2.2.1. Description émergétique.	71
2.2.2. Modèle simplifié d'éolienne.	74
2.2.3. Ressource en vent.	78
2.3. Panneau solaire.	83
2.3.1. Centrale solaire thermique.	83
2.3.2. Centrale photovoltaïque	86
2.4. Production de biodiesel et glycérol à partir d'huile de palme	89
2.5. Production de biocarburant à partir d'algues	92
2.5.1. Macro-algue	93
2.5.2. Micro-algue	95
2.6. Synthèse.	96
Chapitre 3. Emergie et recyclage	101
3.1. Introduction.	101
3.1.1. Production directe : de la matière première au produit	102
3.2. Approche locale	103
3.2.1. Recyclage continu sans perte de matière	103
3.2.2. Recyclage continu avec perte de matière au niveau du recyclage.	108
3.2.3. Recyclage continu avec perte de matière au niveau de la transformation	109
3.2.3.1. Exemple d'application : aluminium	110
3.2.4. Recyclage discontinu.	112
3.2.4.1. Suite de l'exemple d'application : aluminium	116
3.2.5. Comparaison avec une approche globale	118
3.2.5.1. Recyclage continu sans perte de matière	118
3.2.5.2. Conclusion.	120
3.3. Recyclage avec pertes de qualité et de matière	120
3.3.1. Quantification des pertes d'exergie	122
3.3.2. Pertes d'exergies liées au recyclage	122
3.3.2.1. Collecte et séparation	123

3.3.2.2. Déchiquetage et tri	123
3.3.2.3. Fusion	124
3.3.2.4. Formulation	124
3.3.3. Recyclage avec adjuvant (sans perte au niveau du raffinage et de la transformation)	125
3.4. Ratio	134
3.4.1. Propriété d'un ratio	137
3.5. Exercice	138
3.5.1. Exemple d'applications : acier	138
3.5.2. Exemple d'applications : verre	139
3.5.3. Exemple d'applications : plastique (application bâtiment)	140
Chapitre 4. Notions avancées en énergie	143
4.1. Introduction.	143
4.2. Énergie de la matière. Révision de la théorie.	144
4.2.1. Transformité. Une échelle temporelle de l'exergie des sources	144
4.2.2. VEU des minerais par les états thermodynamiques	146
4.2.2.1. Approche des états thermodynamiques	146
4.2.2.2. Énergie des minerais	149
4.2.2.3. Principales conséquences	154
4.2.3. Exemple de mise en œuvre. Production de cuivre en Australie	155
4.2.4. Pic de Hubbert et énergie	157
Conclusion	161
Annexes. Valeur énergétique unitaire de minerais	163
Nomenclature	171
Bibliographie	175
Index	181