

Table des matières

Préface	9
Gaël GIRAUD	
Chapitre 1. Cadre et enjeux.	13
1.1. Une consommation mondiale de matières premières minérales et d'énergie en forte croissance.	13
1.2. Ressources minérales et énergie dans le cadre de la transition énergétique	17
1.3. Vers la pénurie des ressources minérales ?	19
Chapitre 2. Généralités sur les matières premières minérales et les métaux	21
2.1. Délocalisation des productions primaires et dépendance des pays industrialisés à l'importation.	21
2.2. Aléas et vulnérabilité de l'approvisionnement	25
2.3. Le recyclage des déchets	27
2.3.1. Les déchets de production primaire	27
2.3.2. Les produits en fin de vie	29
Chapitre 3. Les besoins énergétiques des industries minières et métallurgiques	35
3.1. Essai de modélisation de l'énergie de production des métaux	39
3.1.1. Production primaire.	39
3.1.2. Énergie du recyclage	50
3.2. Conclusion	54

Chapitre 4. Les matières premières pour l'énergie	59
4.1. Revue sommaire des besoins par grands domaines d'application dans le secteur de l'énergie	59
4.1.1. Hydrocarbures, charbon et catalyse	60
4.1.2. Nucléaire	61
4.1.3. Production d'électricité à partir d'énergies renouvelables	62
4.1.4. Réseaux de transport et distribution d'électricité	63
4.1.5. Stockage électrique	66
4.1.6. Efficacité énergétique	68
4.2. Les cas particuliers des métaux <i>high tech</i> et coproduits	69
 Chapitre 5. Intensité matière moyenne des différents modes de production d'électricité	 71
5.1. Difficulté à quantifier les besoins en matières premières pour l'énergie	71
5.2. L'innovation entraîne de nouveaux besoins	78
 Chapitre 6. Modélisation dynamique	 81
6.1. Les besoins en matières premières et énergie pour trois scénarios énergétiques mondiaux	82
6.1.1. Description du modèle énergie-matières premières	84
6.1.1.1. Infrastructure de génération d'électricité	84
6.1.1.2. Production mondiale	88
6.1.2. Les besoins calculés en matières premières et en énergie pour les futures infrastructures de production d'électricité	90
6.1.2.1. Consommation de cuivre	90
6.1.2.2. Consommation de béton, d'acier et d'aluminium	94
6.1.2.3. Énergie et CO ₂ émis	95
6.1.3. Comparaison des besoins en matières premières avec les tendances mondiales de consommation et de production	97
6.1.4. Conclusion	99
6.2. Modélisation dynamique de l'évolution production primaire- réserves-prix des matières premières minérales	103
6.2.1. Ressources, réserves et besoins	103
6.2.2. Modélisation de l'offre et des réserves primaires de ressources fossiles	106
6.2.2.1. Limites des modèles supposant un stock statique de ressources récupérables ultimes (<i>URR</i>)	106
6.2.2.2. L'approche dynamique proie-prédateur	108

6.2.2.3. Régénération des réserves	111
6.2.3. Le modèle proie-prédateur modifié	113
6.2.4. Contraintes du modèle, conditions initiales et modélisation des données historiques	114
6.2.5. Tendances futures sur le long terme	116
6.2.5.1. Scénario <i>business-as-usual</i> aboutissant à un pic de production	116
6.2.5.2. Régénération des réserves et/ou demande découplée des variations historiques	118
6.2.6. Discussion et extension du modèle proie-prédateur	120
6.2.7. Incorporation du recyclage dans les modèles dynamiques	123
Conclusion	129
Bibliographie	135
Index	145