

Sommaire :

Chapitre 1: Vue d'ensemble de la gestion des déchets et de la législation

Chapitre 2: Biologie

Chapitre 3: Technologies et techniques des procédés

Chapitre 4: Produits et marchés

Chapitre 5: Analyses et suivi

Chapitre 6: Exploitation et contrôles

Chapitre 1 : Vue d'ensemble de la gestion des déchets et de la législation

Auteurs : Konrad Schleiss*, Beat Hürlimann, Yves Membrez

**Pour toute question technique concernant ce chapitre, veuillez contacter Konrad Schleiss, Umweko GmbH.*

1	Vue d'ensemble de la gestion des déchets et de la législation.....	3
1.1	Introduction	3
1.2	Dépenses et coûts liés aux déchets 2018	3
1.2.1	Stratégie des Offices fédéraux en matière de déchets et de biomasse	4
1.2.2	Produits issus de biodéchets et approvisionnement en éléments nutritifs en Suisse	4
1.2.3	Biodéchets et leur contribution dans le cycle du carbone en Suisse	5
1.3	Installations de traitement des biodéchets en Suisse et au Liechtenstein (2013)	6
1.3.1	Potentiel des biodéchets	8
1.3.2	Développement de la méthanisation et du compostage, exemple du canton de Zurich	11
1.3.3	Aspects économiques du traitement des biodéchets	14
1.4	Bases légales fédérales	17
1.4.1	Introduction	17
1.5	Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE) du 7.10.1983	17
1.5.1	Principes	18
1.5.2	Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (Ordonnance sur les déchets, OLED) du 4 décembre 2015	20
1.5.3	Ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (OEIE) du 19.10.1988	22
1.5.4	Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) du 16.12.1985	22
1.5.5	Ordonnance sur la protection contre le bruit	24
1.5.6	Ordonnance sur la réduction des risques liés à l'utilisation de substances, de préparations et d'objets particulièrement dangereux (Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques, ORRChim), annexe 2.6 (art. 3) Engrais	24
1.5.7	Ordonnance sur la mise en circulation des engrais (Ordonnance sur les engrais, OEng, du 10.01.2001)	27
1.5.8	Ordonnance du DEFR sur la mise en circulation des engrais (Ordonnance sur le Livre des engrais, OLen)	30
1.6	Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) du 24.01.1991	31
1.6.1	Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) du 28 octobre 1998	31
1.7	Loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) du 22.6.1979	32
1.8	Loi sur l'imposition des huiles minérales	33
1.8.1	Directive relative à la rétribution du courant injecté à prix coûtant (RPC) Art. 7a LENE Biomasse (appendice 1.5 OENE)	34
1.9	LAA avec la Commission fédérale de coordination pour la sécurité au travail CFST ...	34

Chapitre 1 : Vue d'ensemble de la gestion des déchets et de la législation

1.9.1 Directive MSST.....	34
1.9.2 Ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles (OPA)	35
1.9.3 Ordonnance sur la sécurité et la protection de la santé des travailleurs lors de l'utilisation des équipements sous pression (Ordonnance relative à l'utilisation des équipements sous pression).....	35
1.9.4 Ordonnance 4 relative à la loi sur le travail (OLT4)	35
1.9.5 Autres réglementations à respecter pour les installations de biogaz	35

Chapitre 2 : Biologie

Auteurs : Urs Baier*, Werner Edelmann, Hans Engeli, Jacques Fuchs, Ulrich Galli, Hans-Joachim Nägele

**Pour toute question technique concernant ce chapitre, veuillez contacter Urs Baier, ZHAW.*

2 Biologie	2
2.1 Cycles et voies de dégradation dans la nature	2
2.1.1 Cycles des matières dans la nature	2
2.1.2 Flux d'énergie dans la nature	4
2.1.3 Différences entre les processus anaérobie et aérobie.....	7
2.2 Biologie de la méthanisation	11
2.2.1 Etapes de dégradation lors de la digestion anaérobie	11
2.2.2 Paramètres du processus de la digestion anaérobie.....	13
2.2.3 Aspects biologiques du processus.....	21
2.3 Biologie du compostage.....	30
2.3.1 Les organismes et leurs conditions	30
2.3.2 Etapes de compostage	32
2.3.3 Paramètres importants	32
2.3.4 Aspects biologiques de la gestion des procédés	39

Chapitre 3 : Technologies et techniques des procédés

Auteurs : Hans Engeli*, Werner Edelmann, Yves Membrez, Konrad Schleiss

**Pour toute question technique concernant ce chapitre, veuillez contacter Hans Engeli, engeli engineering.*

3	Technologies et techniques des procédés	3
3.1	Collecte et traitement des biodéchets.....	3
3.1.1	Collecte	3
3.1.2	Réception.....	4
3.1.3	Stockage intermédiaire sur l'installation	5
3.1.4	Séparation des indésirables et des corps étrangers.....	7
3.1.5	Broyage.....	10
3.1.6	Hygiénisation	12
3.2	Vue d'ensemble des procédés de méthanisation solide et liquide	14
3.2.1	Digestion liquide	14
3.2.2	Méthanisation en voie solide à alimentation continue.....	16
3.2.3	Méthanisation en voie solide à alimentation discontinue	18
3.2.4	Comparaison de la méthanisation batch avec celle à flux piston	21
3.3	Compostage	23
3.3.1	La technologie du compostage dans ses différentes phases	23
3.3.2	Andains triangulaires et tabulaires.....	23
3.3.3	Boxes et halles de compostage	26
3.3.4	Mise en place du matériau des andains.....	26
3.4	Systèmes de retournement et d'aération pour le compostage	26
3.4.1	Buts de l'étape de retournement	26
3.4.2	Retourneurs d'andains automoteurs	27
3.4.3	Retourneurs actionnés par tracteurs	27
3.4.4	Chargeuse sur roues	28
3.4.5	Systèmes de retournement automatiques	28
3.4.6	Systèmes de ventilation	28
3.4.7	Ventilation par insufflation et par aspiration	29
3.4.8	Ventilation naturelle.....	29
3.5	Post-traitement des produits solides.....	30
3.5.1	Digestat liquide.....	30
3.5.2	Digestat issu d'une méthanisation en voie solide continue	31
3.5.3	Digestat issu de la méthanisation dans des fermenteurs garages	32
3.5.4	Traitement fin du compost et du digestat solide	32
3.6	Pré-traitement du biogaz.....	39
3.6.1	Séchage du biogaz	39
3.6.2	Désulfuration	39
3.6.3	Enrichissement en biométhane.....	40
3.6.4	Power-to-Gas : Méthanisation du CO ₂ avec H ₂	42

Chapitre 3 : Technologies et techniques des procédés

3.7	Utilisation énergétique des produits	43
3.7.1	Utilisation thermique du biogaz (chaudière).....	43
3.7.2	Production d'électricité et de chaleur	43
3.7.3	Injection dans le réseau de gaz naturel.....	44
3.7.4	Utilisation thermique de la biomasse ligneuse	45
3.8	Stockage des produits.....	45
3.8.1	Prescriptions pour le stockage du compost et du digestat solide.....	45
3.8.2	Prescriptions de stockage pour les digestats liquides et les lisiers méthanisés	46
3.9	Technique d'épandage.....	47
3.9.1	Digestat liquide.....	47
3.9.2	Compost et digestat solide	48
3.10	Les émissions et leur réduction	49
3.11	Aspects liés à la sécurité des installations	51

Chapitre 4 : Produits et marchés

Auteurs : Konrad Schleiss*, Andy Kollegger, Yves Membrez, Jacques Fuchs, Fredy Abächerli

**Pour toute question technique concernant ce chapitre, veuillez contacter Konrad Schleiss, Umweko GmbH.*

4	Produits et marchés	3
4.1	Introduction : qu'est-ce qui distingue les déchets des produits ?	3
4.1.1	Termes et classification	3
4.2	Principes de base concernant les concepts de marché et de produits	4
4.2.1	Commercialisation et "marketing" du compost	5
4.2.2	Exploitations orientées déchets ou produits	6
4.3	Analyse de marché : l'exemple du canton de Zurich (2015)	8
4.3.1	Revenus des installations de compostage et de méthanisation du canton de Zurich	8
4.3.2	Valeurs fertilisantes du compost, du digestat solide et du digestat liquide	10
4.4	Produits énergétiques	10
4.4.1	Quels produits pour quels marchés, y compris la part de marché (gaz, électricité, chaleur)	10
4.4.2	Le biogaz et ses utilisations	11
4.4.3	Quelles recettes proviennent de la valorisation du biogaz ?	11
4.4.4	Électricité et chaleur	12
4.4.5	Prestations de services système pour l'électricité	14
4.4.6	Commercialisation directe de l'électricité	15
4.4.7	Injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel (sources Eicher et Pauli)	17
4.5	Bois à usage énergétique	18
4.5.1	Types de bois provenant de biodéchets à usage thermique	18
4.5.2	Séchage et amélioration de la qualité des copeaux de bois	22
4.6	Produits matières tels que compost, digestat et lisier digéré	23
4.6.1	Exigences et recettes pour les produits matières (à l'exemple du canton ZH)	24
4.7	Concepts et exemples d'application avec synthèse	27
4.7.1	Exemples d'application avec des canaux de commercialisation et des stratégies de produits	27
4.8	Les conditions-cadres nécessaires pour le marché futur	28
4.9	Dates d'application (quels produits à quelle saison)	28
4.9.1	Date d'application pour du lisier digéré et du digestat liquide	28
4.9.2	Date d'application du digestat solide et du compost en agriculture	29
4.10	Champs d'application et segments de clientèle	30
4.10.1	Epannage de lisier digéré et de digestat liquide sur les cultures arables et fourragères	31
4.10.2	Application de digestat solide et de fumier méthanisé sur les cultures arables et fourragères	32

4.10.3	Recommandation pour l'utilisation du compost dans les cultures arables et fourragères.....	34
4.10.4	Recommandations d'application pour le compost destiné à l'horticulture de plein air.....	36
4.10.5	Recommandations d'application pour le compost en horticulture couverte.....	38
4.11	Produits ou mélanges de compost pur.....	41
4.12	Effets selon applications (engrais, amendements du sol).....	41
4.13	Risques associés à des applications inadéquates.....	42
4.14	Critères pour l'agriculture biologique et éventuellement d'autres labels.....	44
4.15	Directives de qualité 2010 sous forme de tableau avec les critères par application ..	45

Chapitre 5 : Analyses et suivi

Auteurs : Ulrich Galli*, Urs Baier, Hans Engeli

**Pour toute question technique concernant ce chapitre, veuillez contacter Ulrich Galli, Terra Nova Umweltberatung GmbH.*

5	Analyses et suivi.....	2
5.1	Bases.....	2
5.2	Analyses exigées par la loi.....	2
5.2.1	Paramètres à analyser.....	3
5.3	Suivi du processus de méthanisation.....	4
5.3.1	Digestion anaérobie (température, production et composition du gaz, FOS-TAC, pH).....	4
5.3.2	Paramètres du procédé et leur interprétation.....	5
5.4	Contrôle de la qualité de la méthanisation.....	7
5.4.1	Aspects qualitatifs des produits de la digestion.....	7
5.4.2	Aspects qualitatifs des produits énergétiques.....	7
5.5	Suivi du processus de compostage.....	7
5.5.1	Vue d'ensemble du suivi du processus.....	7
5.5.2	Paramètres du procédé et leur interprétation.....	8
5.6	Contrôle de la qualité du compostage.....	13
5.6.1	Maturité du compost.....	13
5.6.2	Aspects qualitatifs importants pour le contrôle des produits de compostage ..	14
5.7	Échantillonnage du digestat et du compost.....	17
5.7.1	Généralités.....	17
5.7.2	Echantillonnage de digestat liquide.....	18
5.7.3	Échantillonnage de digestat solide et de compost.....	22
5.7.4	Échantillonnage de biogaz.....	25
5.8	Analyses des échantillons dans un laboratoire reconnu.....	28

Chapitre 6 : Exploitation et contrôles

Auteurs : Jacques Fuchs*, Fredy Abächerli, Hans Engeli

**Pour toute question technique concernant le chapitre, veuillez contacter Jacques Fuchs, Biophyt AG.*

6	Exploitation et contrôles.....	2
6.1	Introduction	2
6.2	Déroulement de l'inspection d'une installation de compostage ou de méthanisation	3
6.3	Règlement d'exploitation.....	4
6.4	Réception des déchets organiques	6
6.4.1	Liste des déchets acceptés	6
6.4.2	Livraison - Pesage - Contrôle de réception.....	6
6.5	Documentation de la conduite et de l'optimisation des processus	7
6.5.1	Compostage	7
6.5.2	Méthanisation.....	8
6.6	Données analytiques.....	9
6.6.1	Nutriments et indésirables	9
6.6.2	Autres analyses selon les directives de qualité	9
6.7	Documents de livraison	9
6.7.1	Bordereau de livraison avec teneur en éléments nutritifs et recommandations d'utilisation.....	9
6.7.2	HODUFLU (pour l'agriculture).....	10
6.7.3	Enregistrement des quantités selon les produits	10
6.8	Énergie	12
6.8.1	Production de biogaz, d'électricité et de chaleur.....	12
6.8.2	Auto consommation d'électricité, de chaleur et de diesel.....	12
6.9	Journal d'exploitation	12
6.9.1	Relevés météorologiques	13
6.9.2	Veille olfactive	13
6.10	Exigences pour l'inspection	13
6.10.1	Déroulement.....	13
6.10.2	Documentation	14
6.11	Systèmes de management de la qualité (CEN, ISO, etc.).....	15
6.12	QM Biogaz.....	15