

Décharges et déchets de chantier



Décharge de Châtillon types D-E Fribourg, photo J.-C. Balmer

Intervenant du jour

Sébastien Paratte

s.paratte@csd.ch

Resp. de département «Déchets & Dépollution / Géologie de l'environnement» chez
CSD Ingénieurs à Fribourg

Ingénieur env. dipl. EPFL 2002, travail de diplôme au Laboratoire de Biotechnologie
Environnementale EPFL

Spécialités :

- Etudes et assainissement de sites pollués/contaminés (air, sols et eaux)
- Conception, appels d'offres, direction des travaux et suivi de décharges
- Gestion des déchets
- Gestion des eaux (études hydrauliques et hydrologiques, traitement)

Plan du cours

- Introduction
 - Concepts de base, utilité et bases légales
- Décharges
 - Types de décharges en Suisse
 - Planification et implantation
 - Construction – aspects techniques
 - Exploitation et surveillance
 - Gestion après fermeture
- Déchets de chantier
 - Catégorie de déchets de chantier
 - Déchets de chantier acceptés en décharge
 - Valorisation des déchets de chantier



Intro – Décharge : définition

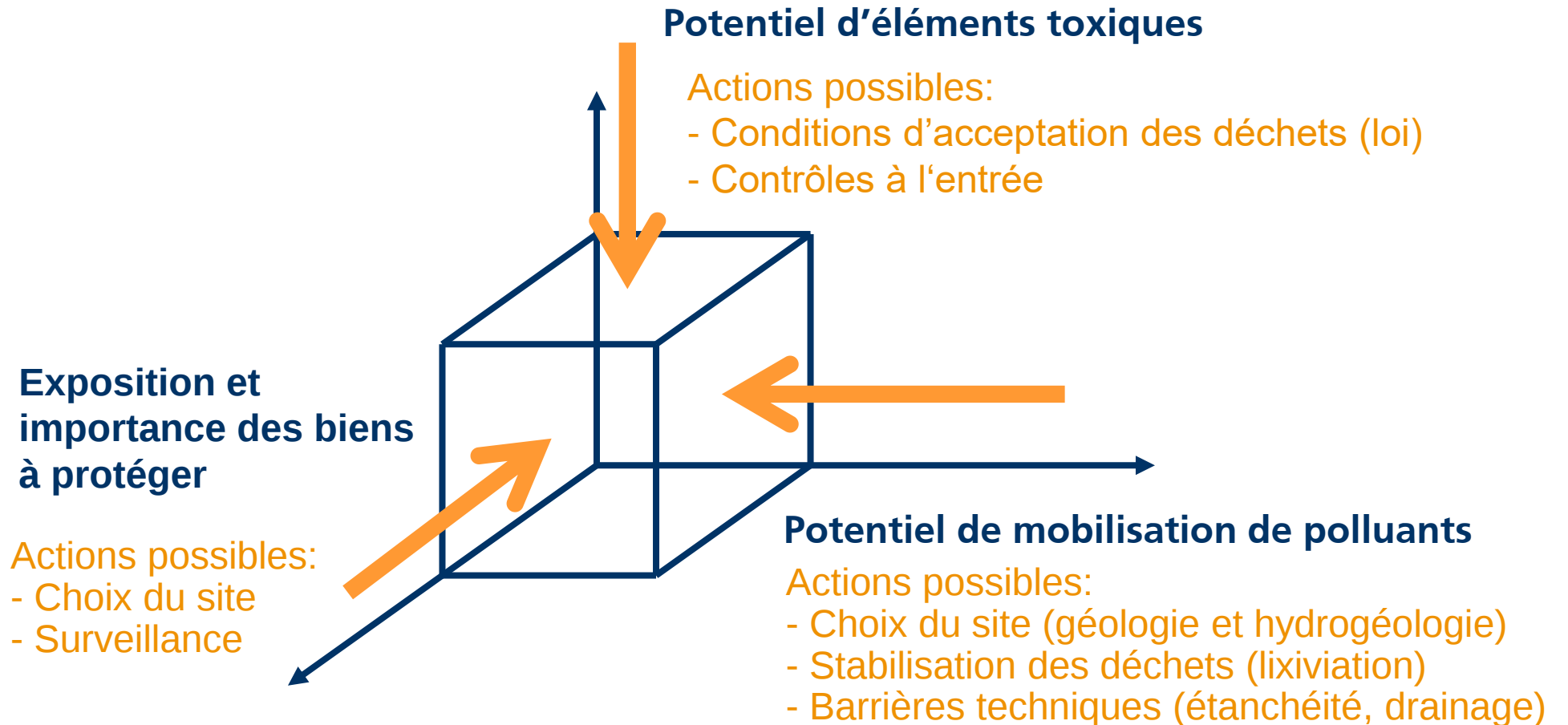
Larousse: emplacement où sont déposés les décombres et les immondices.

Décharge contrôlée : installation de traitement des déchets où des déchets sont stockés définitivement et sous surveillance

Surveillance à long terme: un «cadeau» pour les générations futures !

La décharge reste le moyen de «traitement» le plus utilisé dans le monde.

Risque = volume dépendant de 3 axes



Sécurité = conditions cumulatives, barrières multiples

➤ **Qualité des déchets**

Conditions d'acceptation restrictives

- Type, composition, état, radioactivité, bas potentiel de dilution,

→ Analyses chimiques, test de lixiviation (définis par législation)

➤ **Barrières techniques**

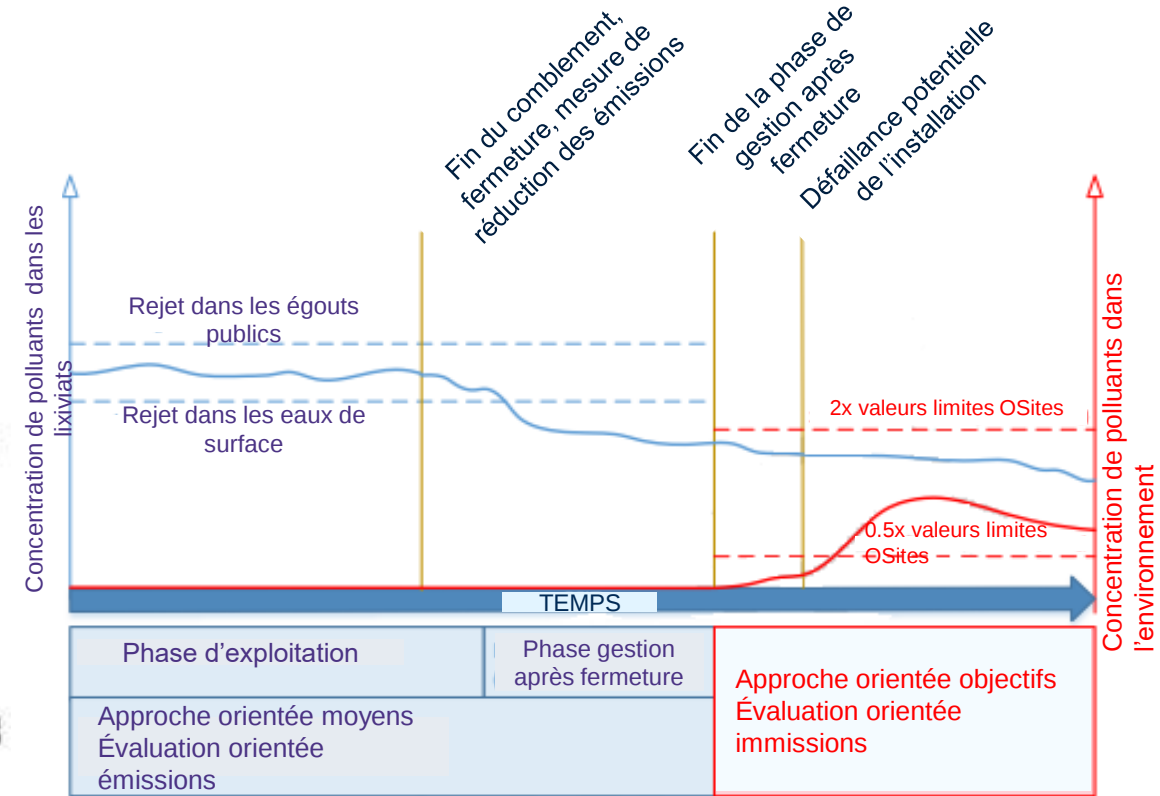
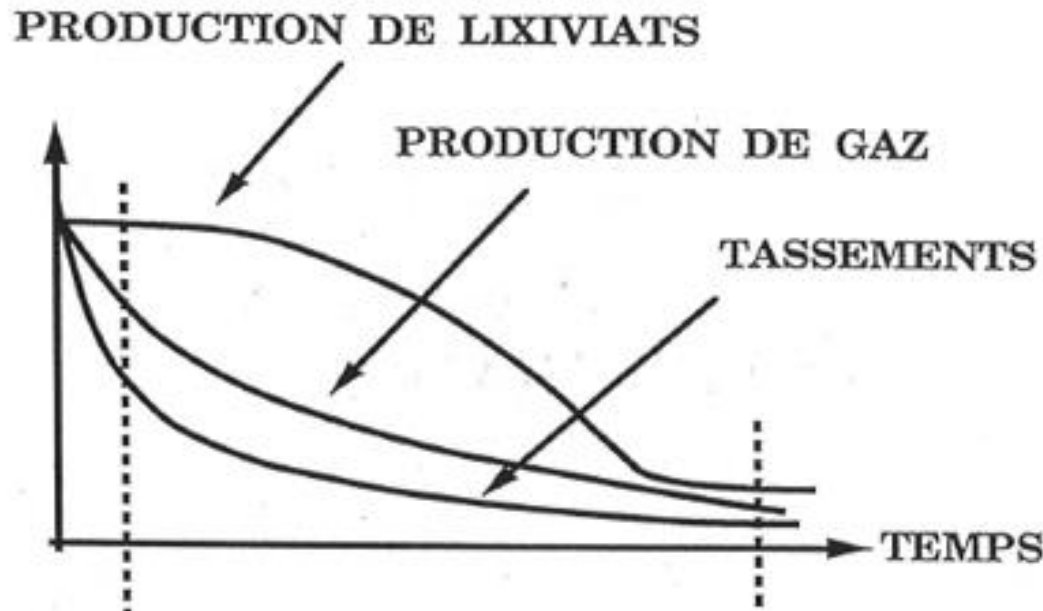
Couches d'étanchéité, drainages

➤ **Barrières géologiques → choix d'un site peu sensible**

Sous-sol très peu perméable, pas d'eau souterraine de valeur

→ Surveillance des eaux souterraines





Source : OFEV 2020 (adaptation libre)

A long terme, les émissions diminuent mais l'atteinte à l'environnement peut augmenter avec le temps

- Emissions dans les eaux de surface: très long terme
- Emissions dans les eaux souterraines : très long terme
- Emissions dans l'air: poussières, (fumées, envol) : nuisances potentielles élevées, court terme
- Emissions dans l'air: gaz, CH₄ (effet serre), CO₂, H₂, odeurs (H₂S) : nuisances potentielles élevées, court et moyen terme (20-30 ans)
- Tassements et utilisation du sol : moyen et long terme
- Effets visuels, vermine, animaux : court terme

Chaque situation est particulière et nécessite des solutions spécifiques, optimales et économiques: c'est le travail de l'ingénieur !
(il n'y a pas que les géotextiles, attention aux vendeurs !!)

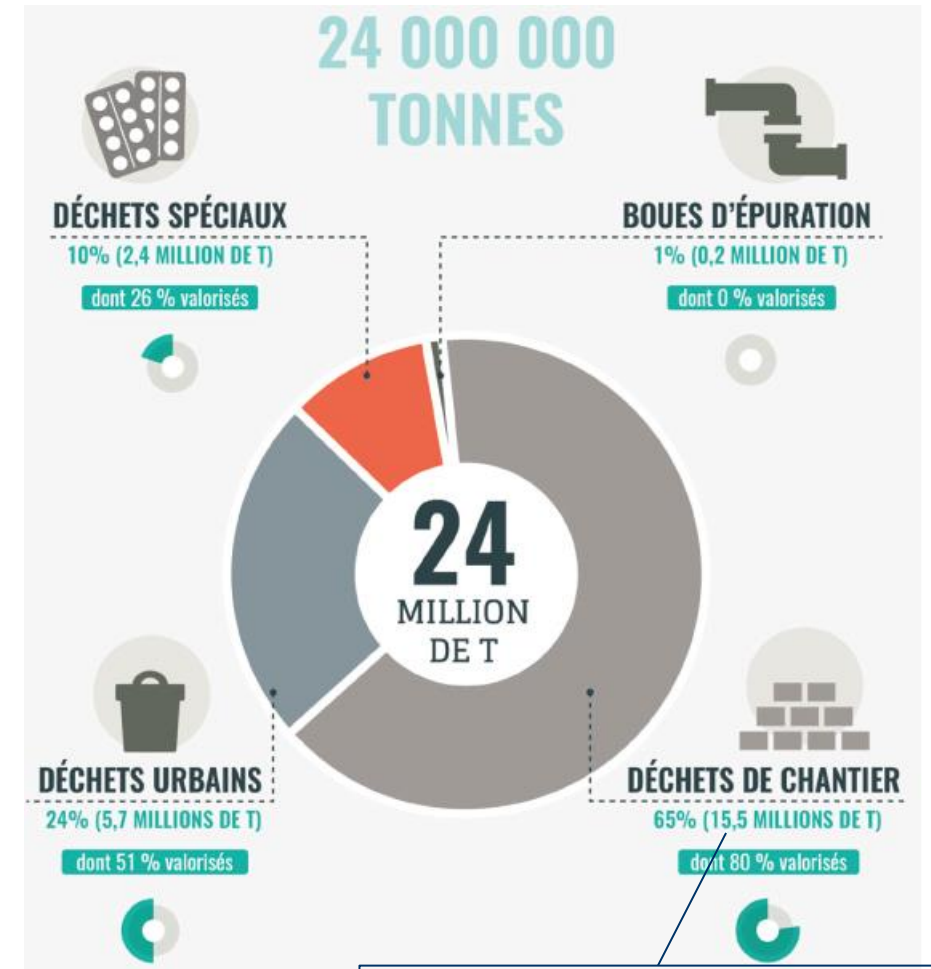
Intro : Pourquoi a-t-on besoin des décharges ?

- Déchets de condensateurs (concentrations très élevées en PCB) dans la Sarine, à l'aval de l'ancienne décharge de la Pila



Intro : Pourquoi a-t-on besoin des décharges ?

- **Déchets produits en Suisse**
 - ~80 - 90 millions to/an
 - dont ~ 15 mios déchets de chantier et ~ 60 mios to/an matériaux excavation et percement issus des chantiers
- **Déchets urbains ~ 2 kg/(j*hab)**
- **Les chantiers génèrent ~ 25 kg/(j*hab) !**



Sources : OFEV 2016, 2018

Les exigences pour la planification, la réalisation, l'exploitation et la fermeture des décharges sont organisées de la manière suivantes:

Confédération

→ Lois, ordonnances, aides à l'exécution et directives fédérales

Cantons

→ Lois et ordonnances cantonales, plans directeurs et sectoriels

Communes

→ Prescriptions, règlements, plans d'aménagement locaux

Associations professionnelles

→ Recommandations, directives, normes, notices,...

Exploitations

→ Règlements d'exploitation, cahiers des charges,...

Loi sur la Protection de
l'Environnement (LPE)

Loi sur l'Aménagement du
Territoire (LAT)

Loi sur la protection des Eaux
(LEaux)

Ordonnance sur la Limitation
et l'Élimination des déchets
(OLED)

Ordonnance sur les
Mouvements de Déchets
(OMoD)

Ordonnance relative à la taxe
pour l'assainissement des
sites contaminés (OTAS)

Ordonnance sur
l'assainissement des Sites
pollués (OSites)

Ordonnance sur la protection
des eaux (OEaux)

Ordonnance sur les atteintes
portées aux sols (OSol)

Intro : Bases légales en Suisse

Ordonnance sur la Limitation et l'Élimination des Déchets (OLED)

- En vigueur depuis décembre 2015, en remplacement de l'ancienne Ordonnance sur le Traitement des Déchets (OTD)
- Particulièrement importante pour la planification, la construction, l'exploitation et la fermeture de décharges
- Objectif: Élimination des déchets en Suisse de manière durable, Mise en œuvre de l'obligation de valoriser les déchets autant que possible
- Objectif: Protéger les humains, la faune et la flore, les habitats que sont les eaux, le sol et l'air des atteintes nuisibles ou incommodantes causées par les déchets
- Les Cantons sont responsables de l'application de la loi

Principes directeurs pour la gestion des déchets et des ressources 2030

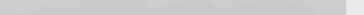
1. L'économie et la société agissent de manière responsable et volontaire.



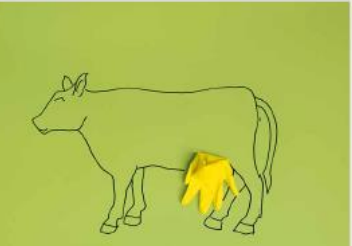
4. Les matières premières circulent de façon optimale en circuits fermés.



8. La transparence au niveau des flux de matières et des flux financiers constitue la base de toute optimisation des systèmes de gestion des déchets.



5. Les producteurs, consommateurs et autres acteurs sont responsables des impacts sur l'environnement des produits tout au long de leur cycle de vie.



9. Des standards élevés sont respectés dans le cadre de la valorisation et du traitement des déchets.



2. Le marché de la valorisation des déchets doit s'orienter vers une concurrence loyale entre les différents acteurs.



6. Les matières premières primaires et secondaires sont exploitées en Suisse de façon durable.



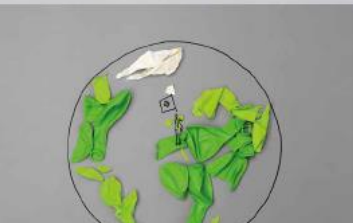
10. La conception et le développement des systèmes de gestion des déchets visent à optimiser les coûts, les bénéfices pour l'environnement et la satisfaction du client.



3. La production de déchets est évitée autant que possible.



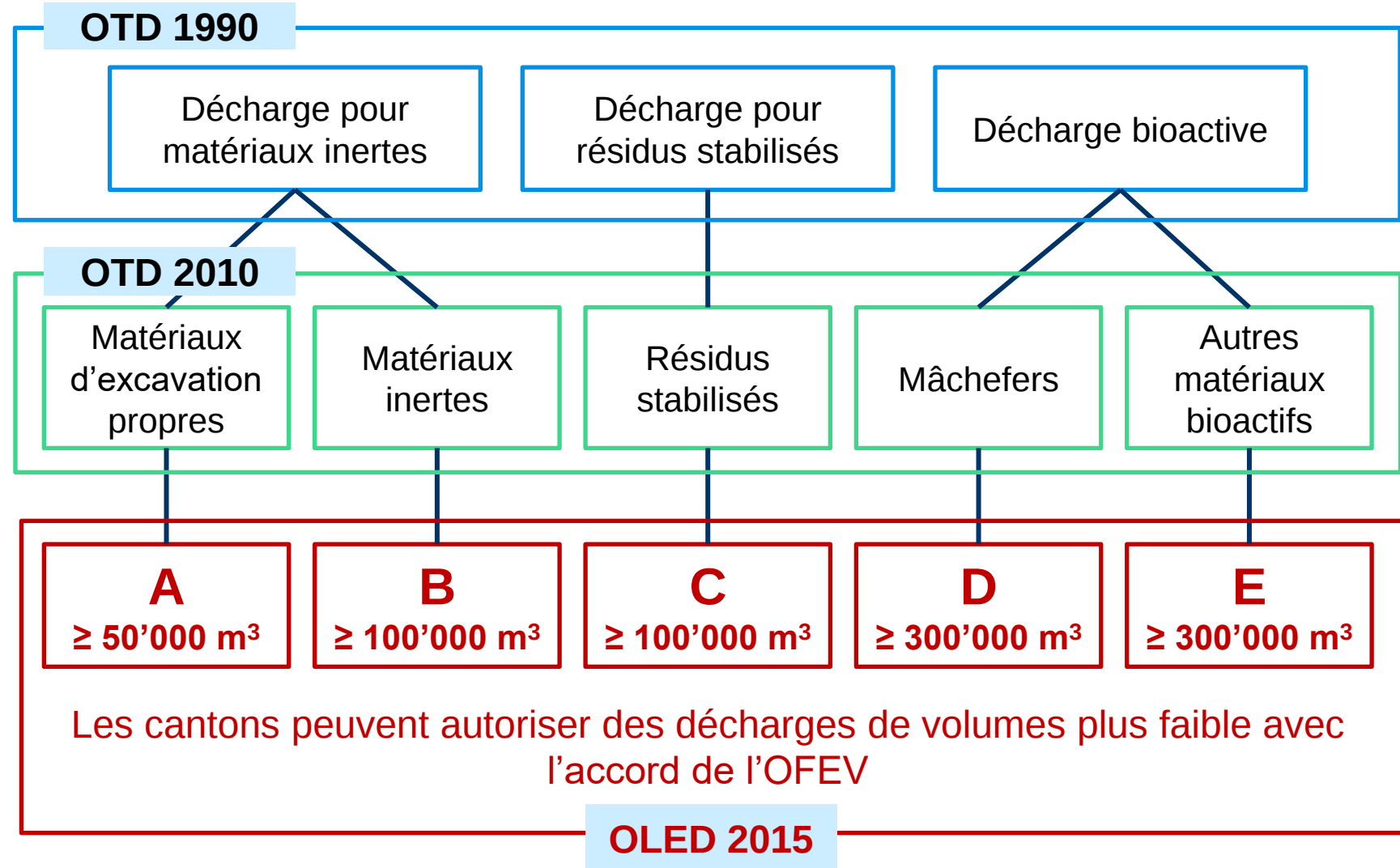
7. Les mesures visant à éviter et surtout à valoriser les déchets sont priorisées sur la base de leur efficacité et efficacité économiques et écologiques.



11. Grâce à l'innovation et aux technologies de pointe, l'approche suisse de la gestion des déchets et des ressources a un effet de levier important sur le plan international.



Décharges : types de décharges en CH



- Critères et valeurs limites: OLED, Annexe 3 ch. 1 et Annexe 5 ch. 1
- Types de déchets acceptés:
 - Matériaux de percement et d'excavation non pollués
 - Boues de lavage des graviers
 - Horizon A du sol (terre végétale)
 - Horizon B du sol
 - Matériaux de charriage



Source : Beurteilung von unverschmutztem Aushub (KVU Ost 2015)

Décharge de type B (anciennement inerte)

- Critères et valeurs limites: OLED, Annexe 5 ch. 2
 - Matériaux d'excavation « faiblement pollués »
 - Types de déchets acceptés:
 - Tous les déchets acceptés en décharge de type A
 - Matériaux inertes (verre plat, céramique, tuiles, etc.)
 - Déchets de chantier minéraux
 - Matériaux bitumeux de démolition (HAP<250 ppm)
 - Fibres d'amiante liées
 - Matériaux composés à au moins 95% de pierres et d'éléments analogues !
- Les fractions qui peuvent faire l'objet d'une valorisation matière doivent être récupérées au préalable

Décharge de type B (anciennement inerte)



Décharge de type B (anciennement inerte)



Décharge de type C (résidus stabilisés)

- Critères et valeurs limites: OLED, Annexe 5 ch. 3
- Types de déchets acceptés:
 - De manière générale: les déchets sont conditionnés sous une forme empêchant toute libération de polluants de manière durable
 - Résidus de traitement de fumées
 - Résidus de traitement d'eaux usées d'UIOM
 - Déchets métallifères et difficilement solubles



Source : Google maps

Décharge de type C (résidus stabilisés)

- Mise en place des résidus stabilisés (décharge de Teuftal BE)



Décharge de type D (mâchefers)

- Critères et valeurs limites: OLED, Annexe 5 ch. 4
- Types de déchets acceptés:
 - Mâchefers et cendres d'UIOM, de traitement de déchets spéciaux, d'incinération de boues de STEP, etc.
 - Verres d'écran
 - Résidus vitrifiés
 - Matériaux minéraux issus de buttes pare-balles

Décharge de type D (mâchefers)



Décharge de type E (anciennement bioactive)

- Critères et valeurs limites: OLED, Annexe 5 ch. 5
 - Matériaux d'excavation « pollués »
- Types de déchets acceptés:
 - Déchets de crues et d'incendies
 - Résidus de dessablage et de curage de canalisations après traitement
 - Matériaux contenant de l'amiante faiblement aggloméré
 - Fraction fine issue du traitement des déchets de construction minéraux (PCB , HAP !)

Décharge de type E (anciennement bioactive)

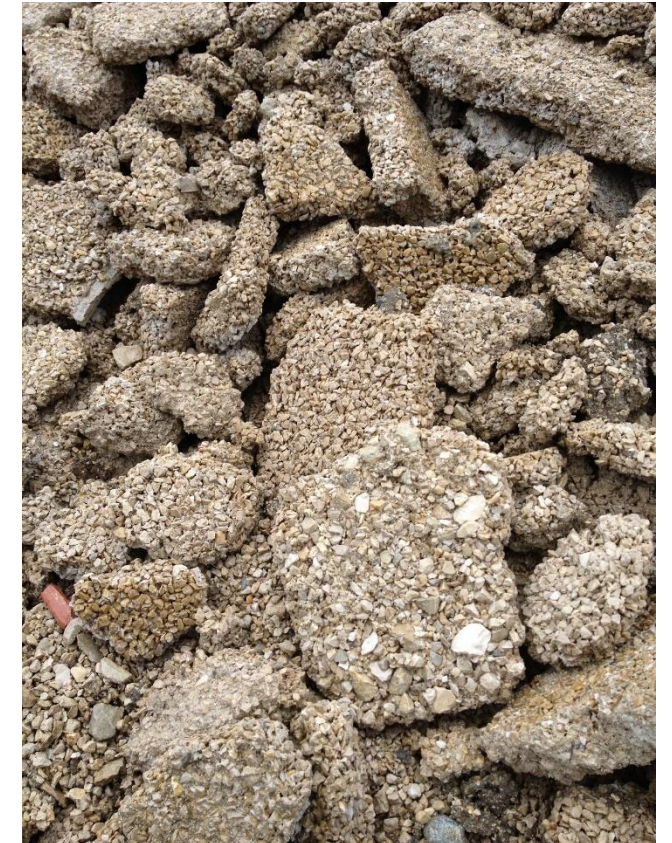
Traitement et valorisation des eaux et des déchets



Décharge de type E (anciennement bioactive)

En 2012, après 2.5 ans, l'EPFL a dû changer la totalité du sol extérieur de son bâtiment emblématique, le Learning Center, en raison d'un mauvais choix de matériau et de technique. [EPFL: Des travaux à plus d'un million au Learning Center - Le Matin](#)

Revêtement stocké en décharge de type E (Châtillon Fribourg) en raison de la constitution du déchet (composite résine + minéraux)



Décharges : critères d'admission des déchets

- Contrôle des déchets livrés à l'installation: seuls les déchets autorisés doivent être acceptés
- Documentation des quantités de déchets réceptionnées et de leur origine
- Mise à disposition de ces informations aux autorités dans le rapport d'exploitation annuel



Source : Gramme service

- **Situation réelle**

- Remblayage = mélange de déchets
- évolution de la décharge dans le temps (y.c. après fermeture)



En cas de pollution, difficile, voire impossible de retracer avec certitude l'origine des déchets sources => agir à l'amont



- Exemple de valeurs limites

		Valeurs limites maximales		
Stockage définitif en décharge		Type A	Type B	Type E
Critères selon		OLED An 5, ch. 1 OLED An 3, ch. 1	OLED An. 5, ch. 2	OLED An 5, ch. 5
paramètres (extrait)	unité			
Antimoine	mg/kg	3	30	50
Arsenic	mg/kg	15	30	50
Plomb	mg/kg	50	500	2000
Cadmium	mg/kg	1	10	10
Cyanure total	mg/kg	0.5	-	-
Hydrocarbures chlorés volatils	mg/kg	0.1	1	5
PCB	mg/kg	0.1	1	10
HC C5-C10	mg/kg	1	10	100
HC C10-C40	mg/kg	50	500	5000

Décharges : question

Types de décharges et qualité des déchets

- Est-ce que les matériaux suivants peuvent être mis en décharge en Suisse ?
 - Déchets urbains
 - Bois de démolition
 - Déchets de chantier

Décharges : implantation

Critères légaux (OLED, annexe 2)

(1)

Protection des eaux et dangers naturels

- **Eaux souterraines**

- Hors zone ou périmètre de protection des eaux souterraines
- B, C, D, E : pas au-dessus d'eaux souterraines exploitables
- A: au moins 2 m au-dessus d'eaux souterraines exploitables

- Hors des zones exposées à des **risques naturels**

- d'inondation
- de chutes de pierres
- glissements
- d'érosion

- **Stabilité du sol:**

- Garantir la stabilité à long terme,
- Exclure tout mouvement de terrain risquant notamment de compromettre le bon fonctionnement

Décharges : implantation

Critères légaux (OLED, annexe 2)

(2)

- **Qualité du sous-sol**

- l'épaisseur, la capacité de rétention des polluants et l'homogénéité du sous-sol et des environs doivent garantir une protection à long terme des eaux souterraines, au besoin en recourant à des mesures techniques pour en améliorer l'efficacité.
- Exigences minimales **Décharges type C, D, E:**
 - **Barrière géologique naturelle de 7 m «en grande partie homogène» avec k (Darcy) moyen $\leq 1 \cdot 10^{-7}$ m/s, ou**
 - **Barrière géologique naturelle de 2 m «en grande partie homogène» avec k (Darcy) moyen $\leq 1 \cdot 10^{-7}$ m/s, complété par 3 couches homogènes (total 60 cm) avec k (Darcy) moyen $\leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s**

Décharges : implantation

Autres critères d'acceptation: environnement

- Valeur des milieux naturels
 - Proximité de zones protégées
 - Rareté et diversité de la flore, de la faune,... (relevés nécessaires)
- Nuisances directes :
 - Bruit d'exploitation
 - Trafic
 - Odeurs
 - Poussières, etc.

Décharges : implantation

Critères économiques (1)

- **Distance au centre de gravité de production:**
 - coûts des transports
- **Présence locale de matériaux d'étanchéité et de drainages**
 - très importants volumes nécessaires
- **Possibilité de réutiliser les matériaux d'excavation**
 - Gros volumes (s'il y a excavation)
- **Géométrie du site / du projet**
 - Éléments coûteux : fond et couverture
 - Hauteur utile importante → coûts et infiltrations minimisées !

Décharges : implantation

Critères économiques (2)

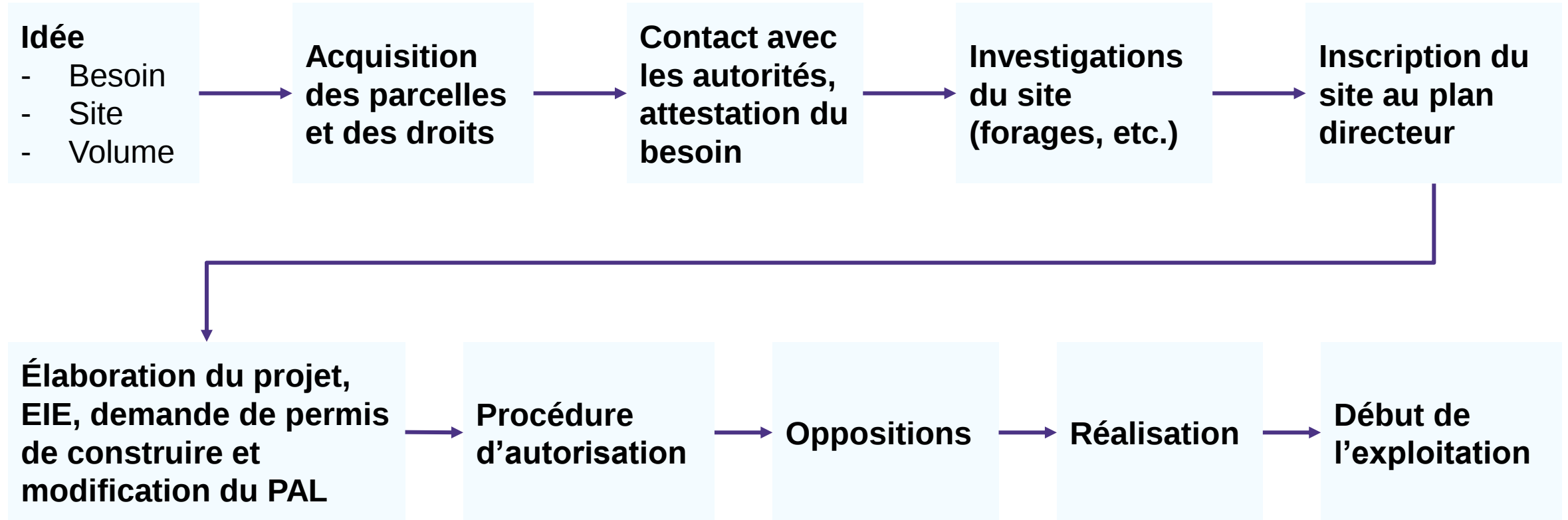
- **Évacuation gravitaire (légal) / traitement des eaux**
 - Coût augmentent rapidement avec la distance
- **Infrastructures disponibles**
 - Routes, rail
 - Énergie, eau potable, etc.
- **Conditions de propriété**
 - coûts du terrain (achat, location)
 - servitudes
 - conventions avec les propriétaires (morcellement)
 - utilisation après fermeture

Décharges : implantation

Forme de la décharge

- Décharge **remplissant une dépression**
- Décharge **en dôme**
- Décharge **en pente**
- Décharge **souterraine**

- Etapes du processus de planification et d'autorisation (durée en années)



Décharges : implantation

Conformité du site

- Est-ce que les situations de sites de décharges suivantes correspondent à la loi Suisse?
 - Site situé en périmètre de protection des eaux
 - Situation en vallon avec une station de pompage des eaux de drainage (lixiviats) au pied de la décharge
 - Situation en plaine avec une géométrie finale en forme de colline

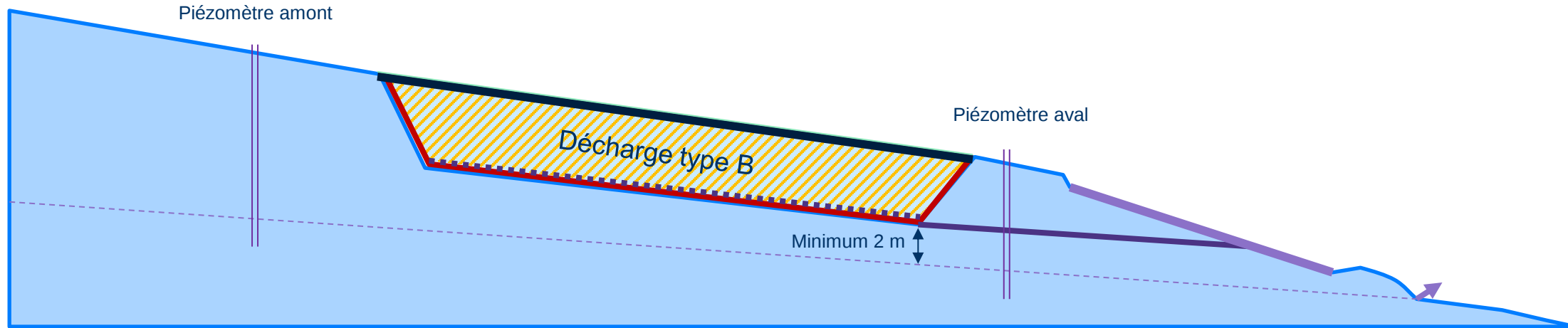
Décharges : aspects techniques

- **Exigences constructives selon l'OLED**
 - Site de la décharge: Aménagement du territoire, géologie, hydrogéologie, dangers naturels
 - Ouvrages constructifs de la décharge (caractéristiques techniques)
 - Volumes minimaux
 - Devoir de surveillance
 - Projet de fermeture de la décharge et gestion post-exploitation
 - Caractéristiques et valeurs limites de polluants des types de déchets utilisables comme matériaux de constructions

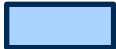
Décharges : aspects techniques

- **Principes de conception et de construction**

- Les décharges doivent être conçues et réalisées selon «l'état de la technique» (Norme SIA 203, Aide à l'exécution de l'OLED)
- Aucune atteinte nuisible ou incommodante des déchets sur l'environnement ne doit être perceptible
- Le contenu de la décharge doit rester chimiquement et biologiquement stable
- Les lixiviats doivent remplir les exigences de l'OEaux
- La base et le corps de la décharge doivent être et rester stables
- Si une décharge contient des compartiments de plusieurs types, des séparations entre les compartiments sont nécessaires



Éléments naturels

-  Sous-sol
-  Niveau maximum décennal de la nappe phréatique
-  Cours d'eau
-  Source

Ouvrages de la décharge

-  Corps de la décharge
-  Couverture végétalisée
-  Étanchéité minérale
-  Drains et conduites de captage et d'évacuation des lixiviats
- 

Décharges : aspects techniques – étanchéité de fond

But: éviter transferts eau (polluants!) vers le sol

Pour les décharges C, D, E, en plus de la barrière d'étanchéité naturelle ou complétée :

Étanchéité minérale

- **Epaisseur min 80 cm, Perméabilité : $k \leq 10^{-9}$ m/s**
- **Min. 3 couches**

Étanchéité bitumineuse (béton bitumineux)

- **Couche fondation. Epaisseur min 7 cm, Indice de vide $< 3 \%$**

Feuilles en matière synthétique (plastique PEHD – Polyéthylène à haute densité)

- **Epaisseur min. 2.5 mm sur une étanchéité minérale de 50 cm min. $k \leq 10^{-9}$ m/s**

Autres types d'étanchéification

- **Prouver une efficacité au moins équivalente aux autres...**

Décharges : aspects techniques – étanchéité de fond

- **Pose d'une étanchéité minérale en trois couches homogènes sur le fond d'un décharges de type B**



CSD INGENIEURS+
INGÉNIEURS PAR NATURE

eawag
aquatic research



Source : CSD Ingénieurs SA

Décharges : aspects techniques – étanchéité de fond

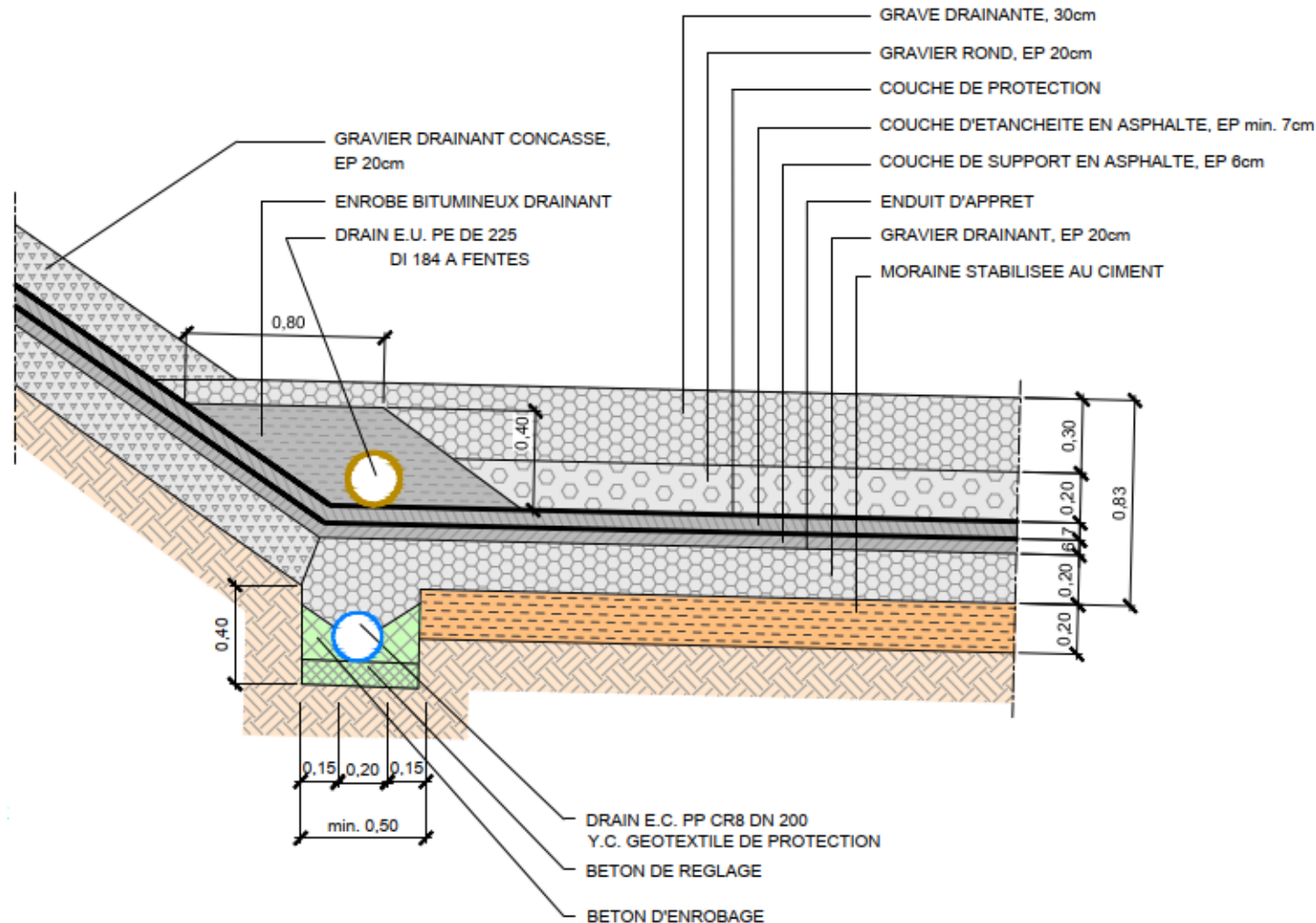
- Contrôles de la qualité (stabilité, portance du sous sol), évent. stabilisations



Sources : CSD Ingénieurs SA

Décharges : aspects techniques – étanchéité de fond

COUPE "F-F" 1:20
ETANCHEITE ET DRAINAGES EN PIED DE TALUS



- Mise en œuvre d'une étanchéité bitumineuse sur la décharge de Châtillon FR

Décharges : aspects techniques – étanchéité de fond

- Mise en œuvre d'une étanchéité bitumineuse sur la décharge de Châtillon FR



Décharges : aspects techniques – étanchéité de fond

- Mise en œuvre d'une étanchéité bitumineuse sur la décharge de Châtillon FR





Décharges : aspects techniques – fermeture de surface

Couverture finale

- **Buts:**

- Limiter les infiltrations d'eau
- Limiter les émissions de gaz
- Permettre une réutilisation de la surface

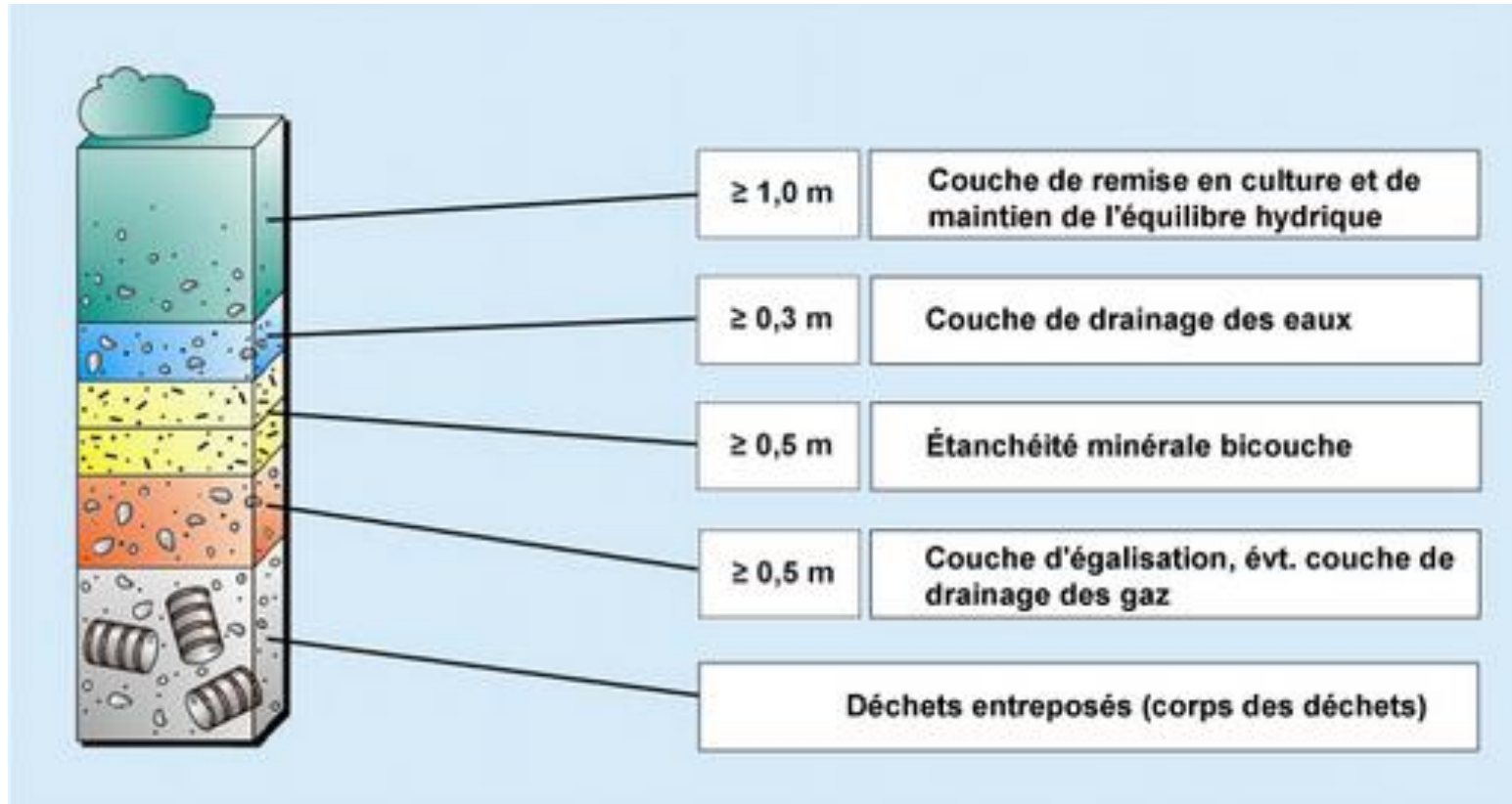
- **Solutions:**

- Système «**étanche**»
- Système **semi-étanche**
- Système «**étanche**» avec réseau de réinjection

Décharges : aspects techniques – fermeture de surface

- Recommandation directive OFEV «Confinement des sites contaminés par des décharges »

Structure générale



Décharges : aspects techniques – fermeture de surface

- Mise en œuvre de la couverture finale sur les décharge de Châtillon FR, GE



Décharges : aspects techniques – fermeture de surface

- Mise en œuvre de la couverture finale sur les décharges de Châtillon FR, GE



Décharges : aspects techniques – drainage des eaux

Drainage des lixiviats (en fond de décharge et sur les talus)

But: éviter toute pression sur le fond + captage et maîtrise des eaux,

Risques:

- Colmatage
- Tassements
- Chaleurs
- **Le fond:**
 - **inclinaison suffisante**, après tassements,
 - écoulement des eaux par **gravité**
- **Couche de drainage continue:**
 - d'une bonne **perméabilité**,
 - sur le **fond** et sur les **talus**
- **Conduites de drainage**
- **Système de drainage indépendant** par étape
- **Pente des conduites: min. 2 %** après tassements
- **Conduites doivent pouvoir être contrôlées et entretenues**

Décharges : aspects techniques – drainage des eaux

- Mise en œuvre d'une couche drainante en grave et de drains sur la couche d'étanchéité du fond d'une décharge de type B



- Conception des réseaux de drainage



Décharges : aspects techniques – drainage des eaux

Drainage des eaux souterraines, des eaux claires non polluées

- **Buts:**
 - Eviter que l'eau souterraine ne pénètre dans la décharge
 - Éviter les instabilités pendant la construction et le remblayage
 - Limiter la pression sur le fond pour ne pas endommager l'étanchéité et éviter des fuites de lixiviats vers l'environnement
- **Technique:**
 - Couches continue ou conduites de drainage des eaux propres
 - Possibilité de mesurer les débits et effectuer des prélèvements
 - Le drainage des eaux claires (souvent sec) sert également de drainage de contrôle en cas de défaillance de l'étanchéité

Décharges : aspects techniques – contrôle des eaux

- **Contrôles:**
 - Mesures de débit
 - Prélèvement d'échantillons
- **Eaux de lixiviation:**
 - déversement dans exutoire ou STEP
 - garantir traitement ou transport STEP
- **Ruisseaux:**
 - dévier et contourner la décharge à l'air libre
- **Eaux souterraines:**
 - Possibilité de contrôle et prélèvement d'échantillons
 - Trois points de contrôle en aval, un en amont

Décharges : aspects techniques – contrôle des eaux

Traitement des lixiviats: différent selon compartiments, très difficile

- En CH: souvent
 - Bassins de rétention, de contrôle, de sédimentation
 - → **canalisation** publique
- Procédés de traitement:
 - Substances non dissoutes: ***Sédimentation, flotation***
 - Substances dissoutes précipitables: ***Précipitation, floculation, filtration***
 - Substances dissoutes non précipitables:
 - Concentration: membranes, osmose inverse, évaporation**
 - Oxydation: biologique, chimique, thermique**
 - Réduction: biologique, chimique**
 - Adsorption: charbon actif**
- Décharge bioactives (hors Suisse) :
 - La recirculation des lixiviats est souvent une bonne solution

Traitement des lixiviats d'une décharge de type E ancienne, avec déchets ménagers

Parameter	Einheit	fermentativ-anaerobe Phase 'saure Phase'		stabile Methanphase 'Methanphase'	
		Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert
pH	---	4,5–7,5	6,1	7,5–9	8
DCO	mg/l	6.000–60.000	22.000	500–4.500	3.000
DBO5	mg/l	4.000–40.000	13.000	20–550	180
Ca	mg/l	10–2.500	1.200	20–600	60
SO ₄	mg/l	70–1.750	500	10–420	80
Zn	mg/l	0,1–120	5	0,03–45	0,6
Fe	mg/l	20–2.100	780	3–280	15

Décharges : aspects techniques – contrôle des eaux

Lixiviats d'une décharge de type E ancienne, avec déchets ménagers

		fermentativ-anaerobe Phase 'saure Phase'	stable Methanphase 'Methanphase'
Parameter	Einheit	Bereich	Mittel
TKN	mg/l	50–5.000	1.350
NH ₄ -N	mg/l	30–3.000	750
Chlorid	mg/l	100–5.000	2.100
Pb	mg/l	0,008–1,02	0,09
Cd	mg/l	0,0005–0,14	0,006
Cr	mg/l	0,03–1,6	0,3
Cu	mg/l	0,004–1,4	0,08
Ni	mg/l	0,02–2,05	0,2
AOX*	µg/l	320–3.350	2.000

* halogènes organiques adsorbables

Source: Universität Wien, ABF-Boku

Décharges : aspects techniques – contrôle des eaux

Lixiviats d'une décharge de type E ancienne, avec déchets ménagers

Charge organique

Première phase de fermentation anaérobie:

95% du carbone organique (COT) sont substances avec un poids moléculaire faible (<100 g/mol), seuls quelques % ont un poids >> 1000 g/mol

Bonne dégradabilité biologique

DBO₅ est élevée

DBO₅/DCO env. 0.5

Deuxième phase stable / méthanisation:

La majorité du COT sont des substances avec un poids moléculaire élevé

Mauvaise dégradabilité biologique : Les STEP classiques traitent très mal de telles eaux

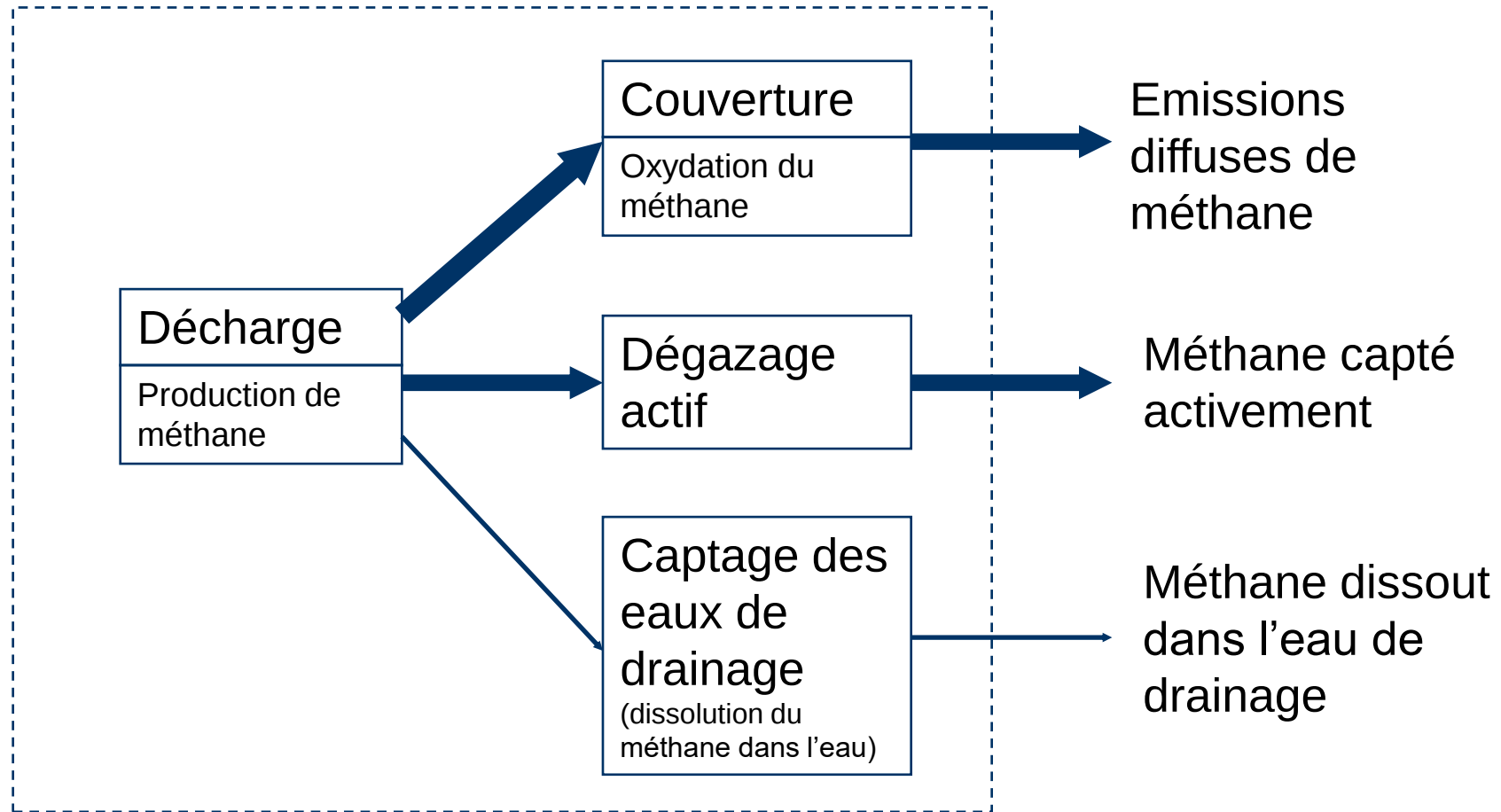
DBO₅ est faible

DBO₅/DCO env. 0.1



Décharges : aspects techniques – dégazage

- **Emissions de gaz d'une décharge (avec déchets ménagers)**



Décharges : aspects techniques – dégazage

- **Production de gaz (avec déchets ménagers)**

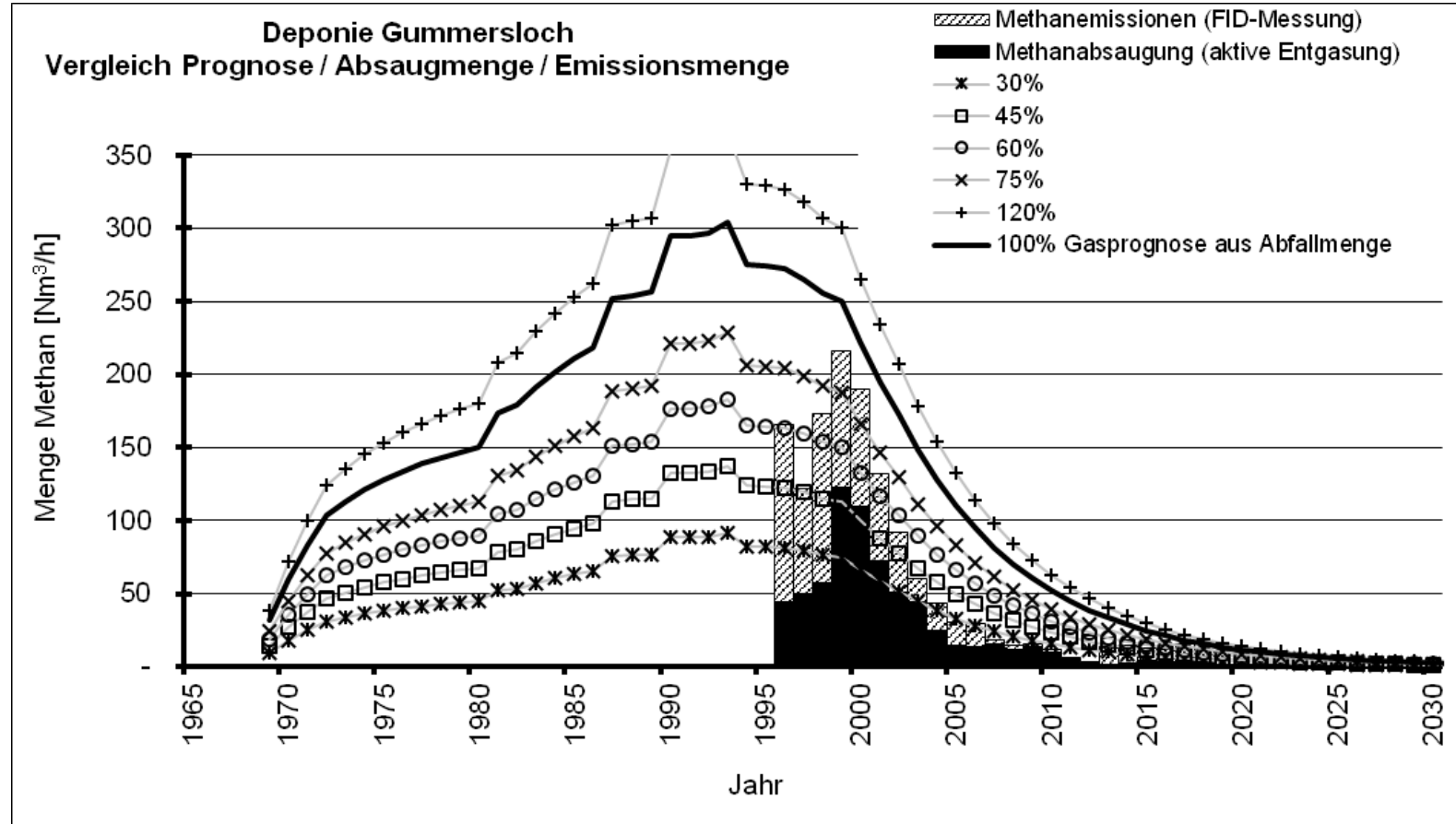
- **Valeurs empiriques**

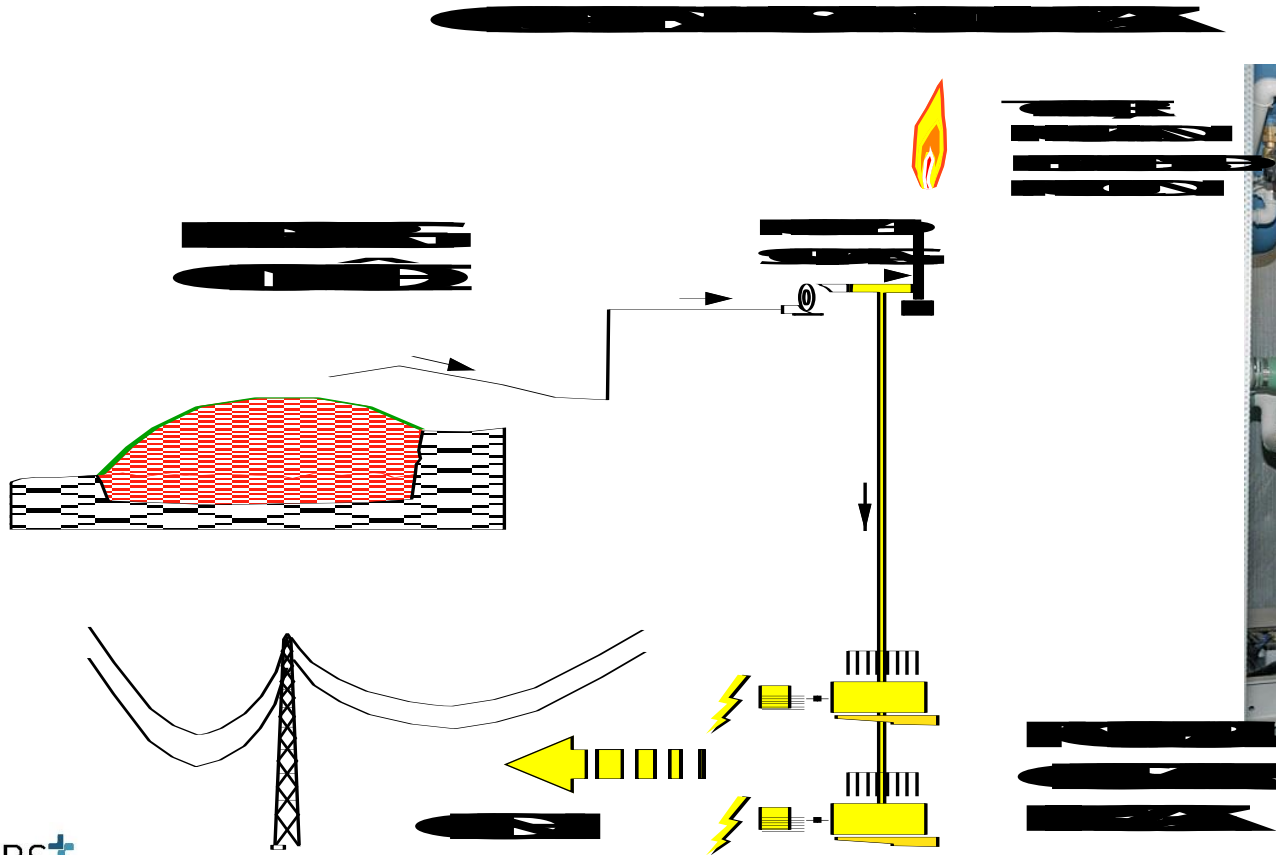
Nm ³ /t total	CH ₄	Gp (CH ₄ + CO ₂)
Rapporté au poids sec	75 - 115	130 - 230
Rapporté au poids humide	50 - 80	90 - 160

- Ordre de grandeur des quantités retirés:
500 à 5'000 m³/h, selon grandeur de la décharge

Décharges : aspects techniques – dégazage

- Emissions de gaz d'une décharge (avec déchets ménagers)





Décharges : aspects techniques – dégazage

- **Torchère (projet climat fondation Klik)**



Décharges : aspects techniques – dégazage

Dangers d'asphyxie et d'explosion

- **Danger d'asphyxie** très important lié au méthane et CO₂:
 - Dans tous les points bas : remplacement de l'air par le méthane !
- **Danger d'explosion par le H₂**
 - Limites d'explosions (dans l'air):
Inférieure: 4%-volume
Supérieure: 77%-volume
- **Danger d'explosion** par le méthane CH₄ (dans l'air)
 - Inférieure: 4.4%-volume
Supérieure: 16.5%-volume
- **Danger d'explosion** limité aux endroits confinés (chambres, tuyaux,..)

Décharges : questions

Technique de mise en décharge

- Est-ce que une décharge contrôlée pour **type B (inertes)** doit être étanchée au fond et en talus ?
- Est-ce qu'un **ruisseau** peut être canalisé dans une conduite sous une décharge ?
- Qu'est-ce qu'il faut faire avec les **lixiviats** provenant des décharges ?

Décharges : surveillance

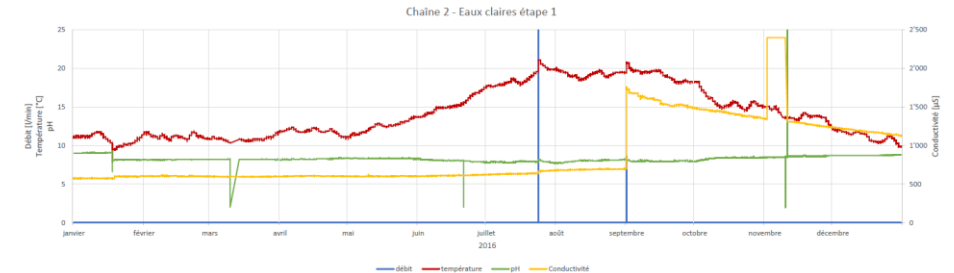
Surveillance/monitoring

- **Eaux souterraines**
 - Niveaux
 - Paramètres physiques et chimiques (pH, conductivité, température, DOC, anions, cations, substances spécifiques)
- **Eaux superficielles**
 - Sources, cours d'eau
 - Débits
 - Paramètres physiques et chimiques
- **Émissions gazeuses**
 - Quantités
 - Composition: au minimum CH₄, CO₂, H₂, O₂, N₂

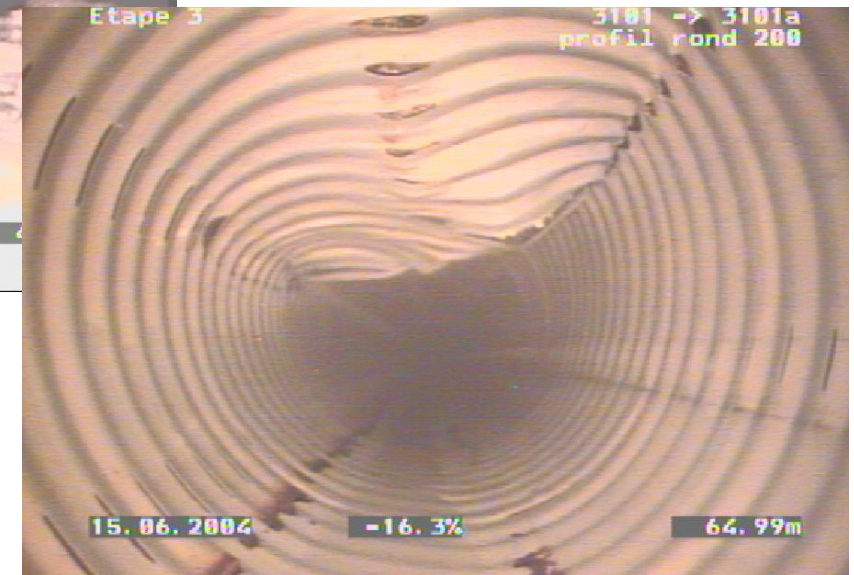
Décharges : surveillance

Surveillance/monitoring

- **Traitement et interprétation des données**
 - Établir des courbes des **variations dans le temps**
(une mesure seule n'est pas pertinente)
 - Évaluation **critique** des résultats:
Contamination à l'échantillonnage, Méthodes d'analyses
 - Établir des **bilans**
(bilan hydraulique, bilan du gaz)



Curage et contrôle des réseaux de drainage



Décharges : surveillance

Gestion après fermeture

CH (art. 43 OLED)

Contrôle des installations techniques, de la nappe phréatique, des lixiviats et des gaz pendant au moins:

☐ min. 5 ans pour décharges B

☐ min. 15 ans pour décharges de types C, D et E

→ actuellement 50 ans ~ 2 générations par analogie avec l'OSites

UE (Directive 1999/31/CE)

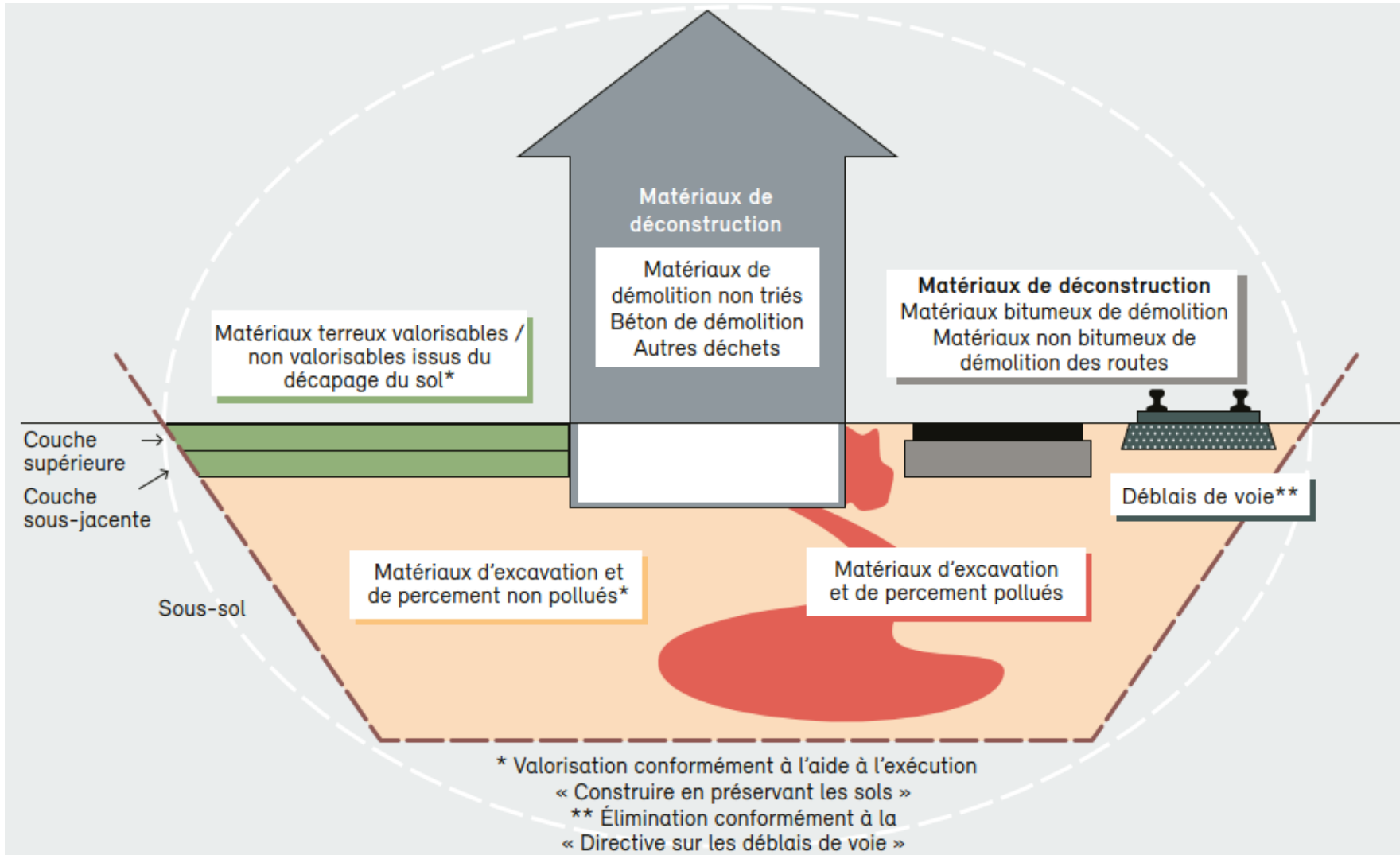
Après sa désaffectation définitive, l'exploitant contrôle la décharge pour toute la durée que l'autorité compétente aura jugée nécessaire.

→ Exercice No 7: suivi-après-fermeture

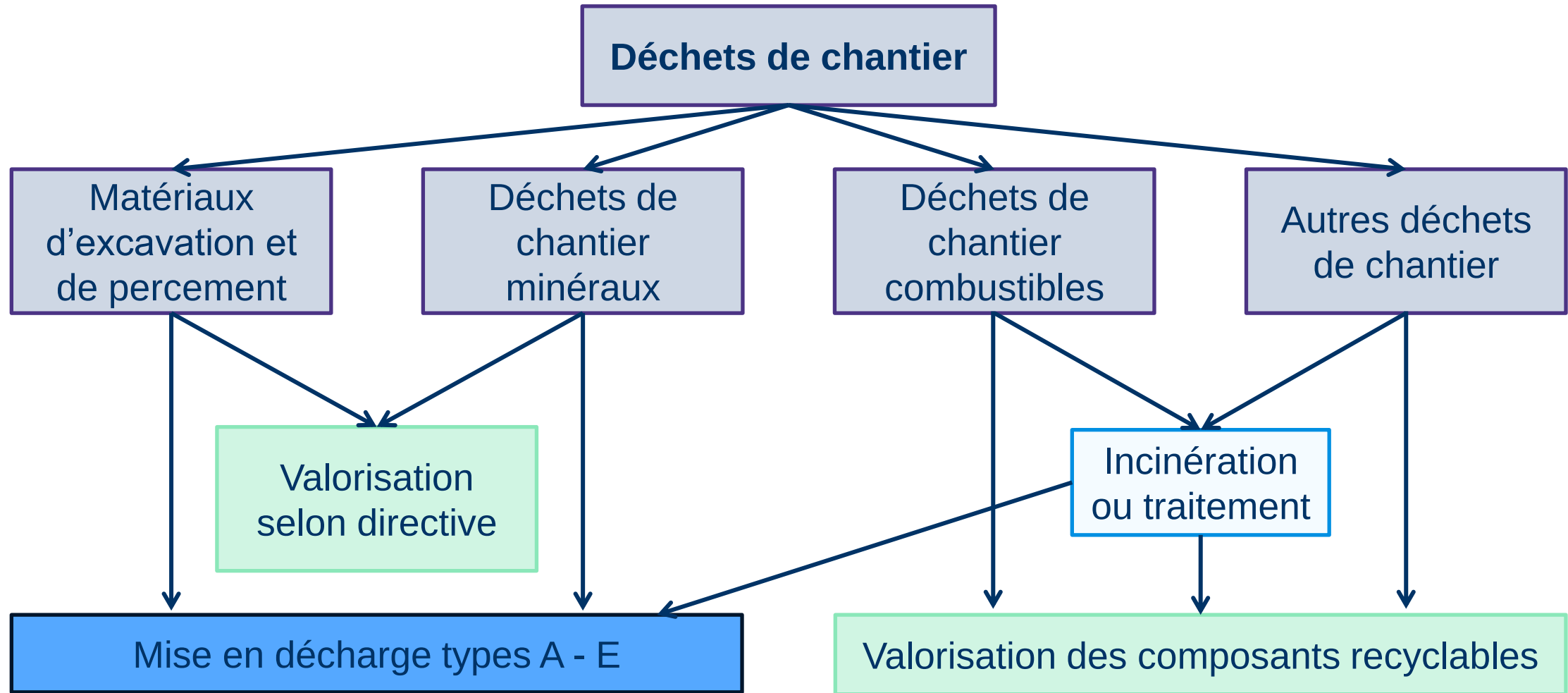
Décharges : surveillance

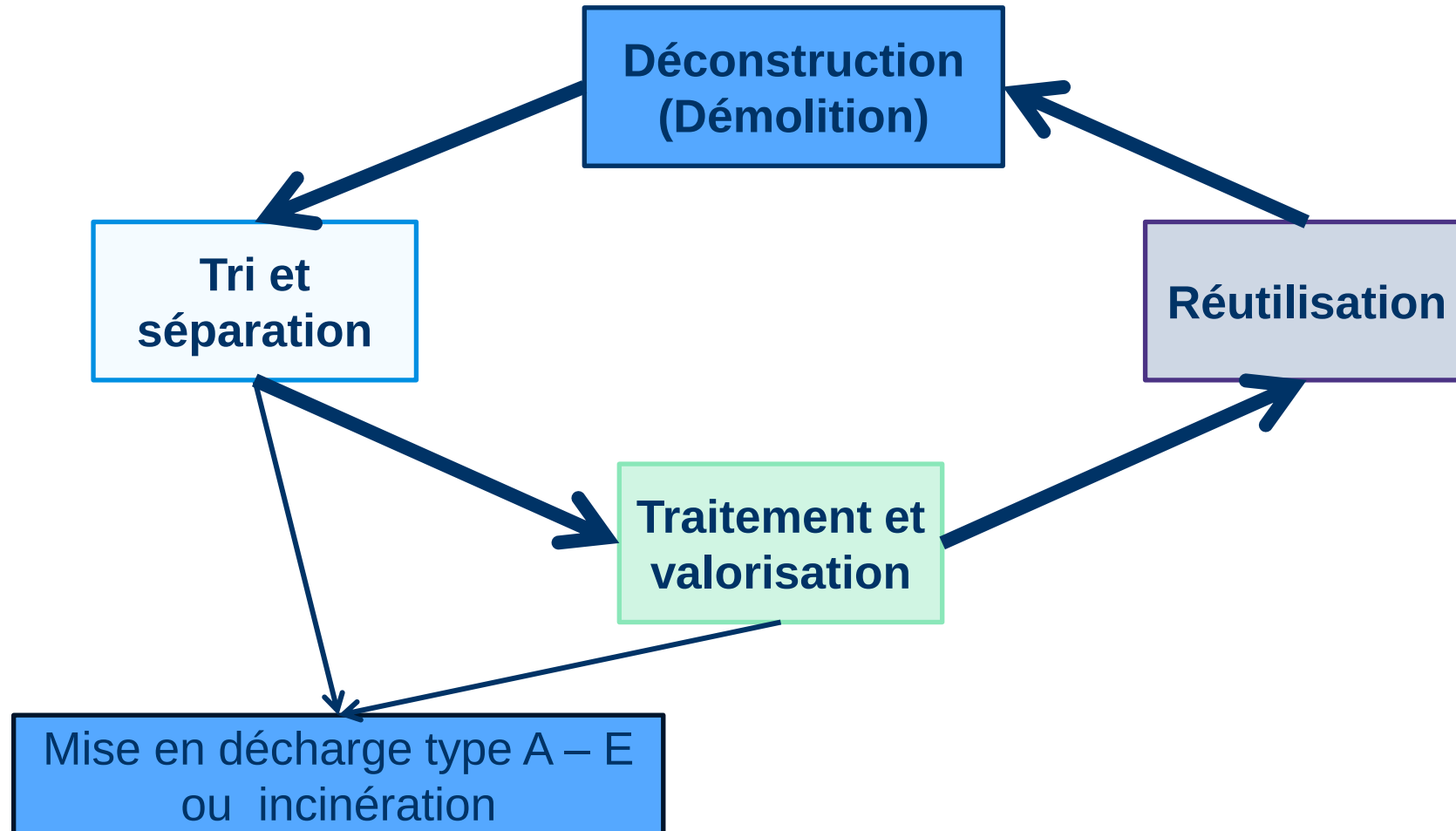
Gestion après fermeture: maintenance des installations





Source: OFEV 2020





- Selon art. 17 OLED, les déchets de chantier minéraux doivent être triés sur le chantier selon les catégories suivantes
- Les déchets spéciaux doivent être triés et stockés séparément sur le chantier
- Les différentes catégories doivent être triés et stockés temporairement sur le chantier dans des bennes séparées

Matériaux non-bitumineux de démolition des routes

Matériaux bitumineux de démolition

Béton de démolition

Matériaux de démolition non-triés

Tessons de tuile et de briques

plâtre

Déchets de chantier: Matériaux bitumineux de démolition

- **Matériaux de fraisage d'enrobés bitumineux**
- **Plaques d'asphalte découpées lors de démolitions**
- **Valorisation possible comme granulats ou grave recyclés (RC A)**
- **Si la concentration de HAP > 250mg/kg**
 - Valorisation limitée max. 1000 mg/kg
 - Mise en décharge de type E
 - Traitement obligatoire dès l'année 2026



Déchets de chantier: Matériaux non-bitumineux de démolition des routes

- Couches porteuses ou de fondation non-liées
- Couches porteuses ou de fondation stabilisées
- Générés par démolition, excavation ou fraisage
- Contiennent du gravier de route, des bordures de trottoirs ou routes, et des morceaux de béton



Déchets de chantier: Béton de démolition

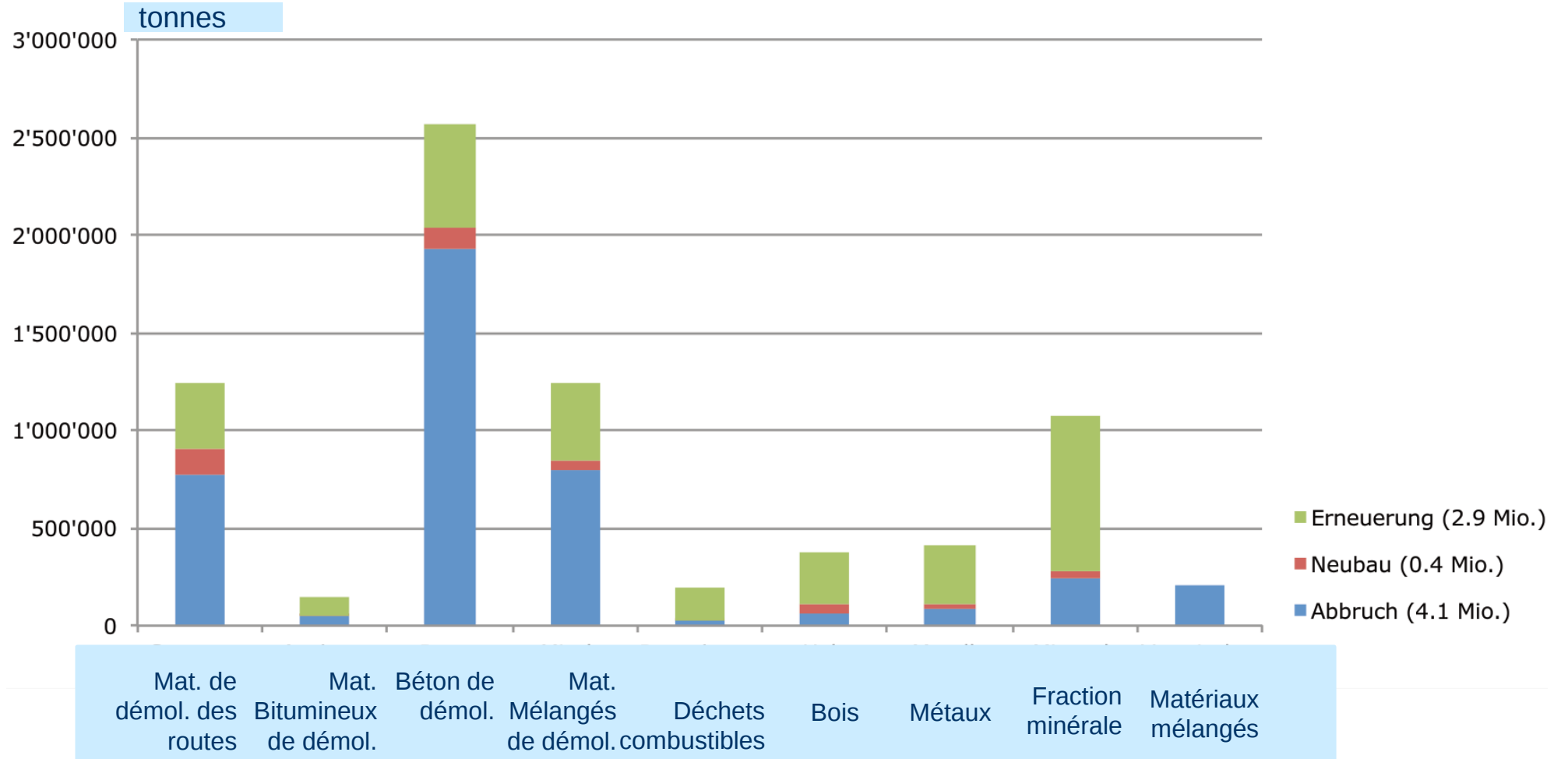
- Issu de structures ou de dalles en béton avec ou sans armature
- Généré par fraisage ou démolition
- Contient des morceaux de béton et des morceaux de fers à béton pris dans la masse



Déchets de chantier: Matériaux de démolition non-triés

- Mélange de déchets de chantier non-triés
- Comprennent des morceaux de béton, des briques, de la maçonnerie avec ou sans enduit, etc.
- Le taux de matériaux bitumineux doit être très faible ($< 3-4\%$ massique) pour que cette catégorie de déchets puisse être valorisée







- **Amiante faiblement aggloméré**



Source: CSD Ingénieurs SA

- **amiante fortement aggloméré: fibrociment**



Source: Canton de Lucerne

- **Aide à l'exécution intercantonale; cas du fibrociment en DTB**
 - Annonce préalable
 - Emballage en plastique transparent, sac de benne ou big-bags
 - Etiquette «amiante»
 - Déposer sans endommager ni vider les sacs et les big-bags
 - Ne pas pousser ou déplacer les matériaux
 - Recouvrir rapidement puis compacter



Elimination des déchets
contenant de l'amiante

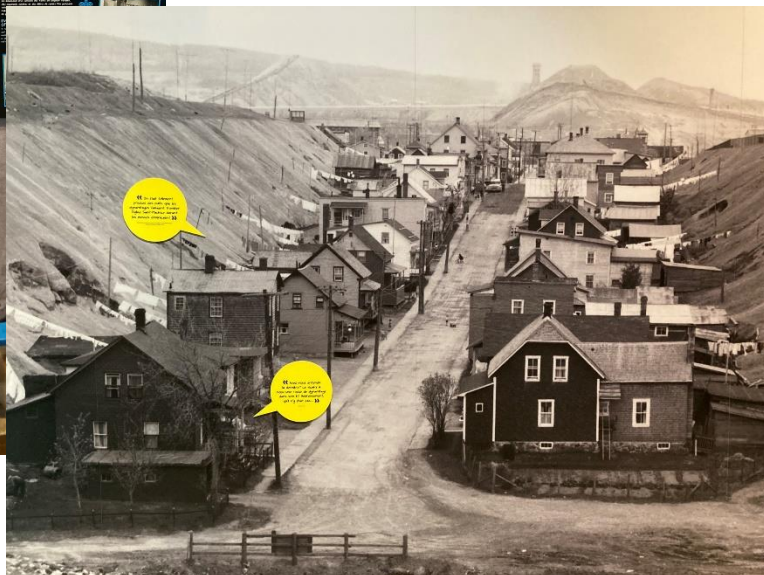
Aide à l'exécution
intercantonale

AERA v.1.02 – décembre 2016





Source : Musée de Thedford Mines



Ancienne mine de Black Lake en 2023

Déchets de chantier : déchets acceptés en décharge

- **Echantillonnage et analyses (1)**
- **Matériaux d'excavation** → **Bétons de démolition**



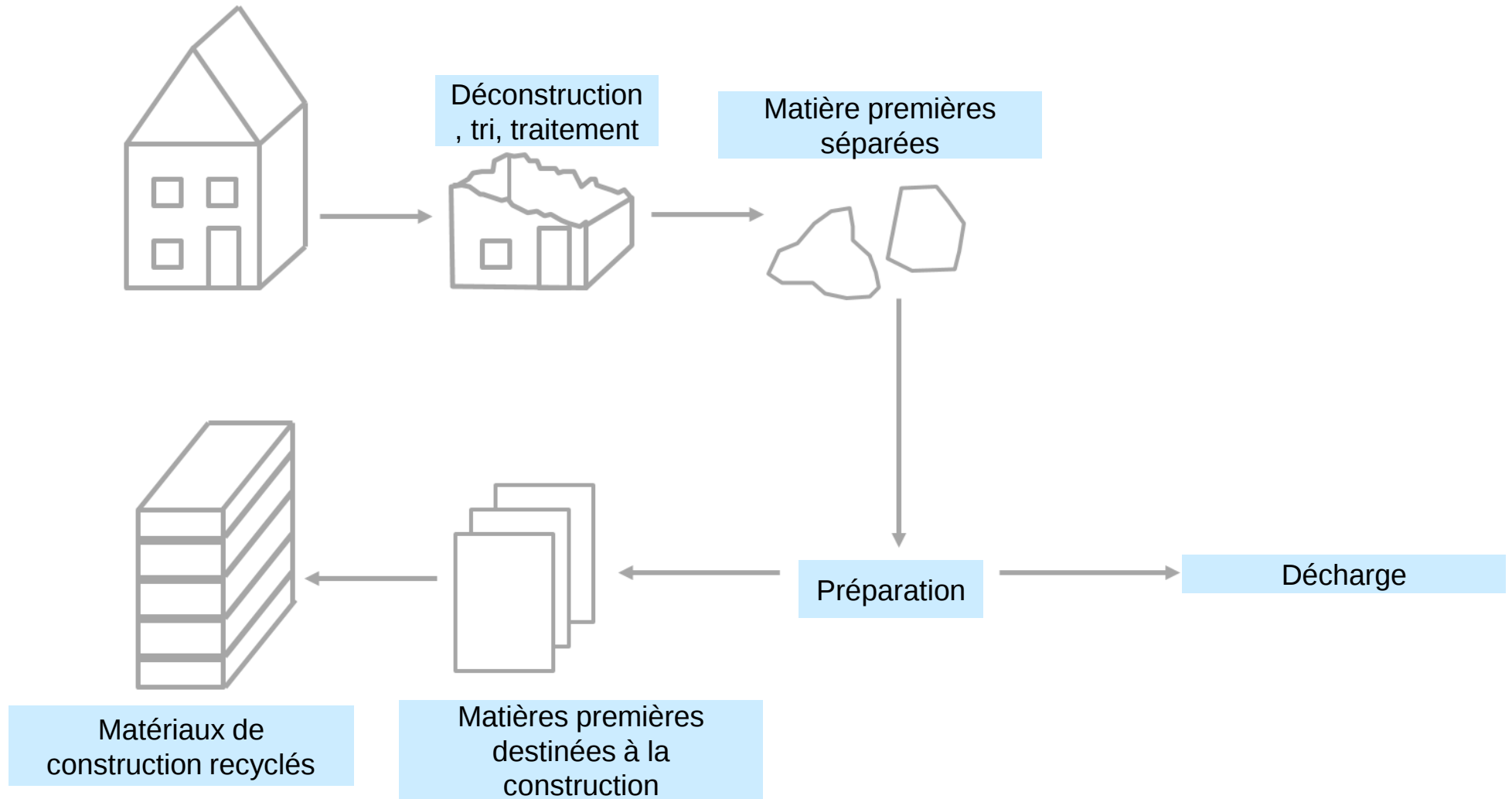
Déchets de chantier : déchets acceptés en décharge

- **Echantillonnage et analyses (2)**
- **Maçonnerie avec revêtements**



Valorisation des déchets de chantier

- **Selon art. 12 OLED: *Les déchets doivent faire l'objet d'une valorisation matière ou énergétique, si une valorisation est plus respectueuse de l'environnement:***
 - a. *qu'un autre mode d'élimination, et*
 - b. *que la fabrication de produits nouveaux ou l'acquisition d'autres combustibles.*
- **Les déchets de chantier doivent être valorisés autant que possible comme matières premières pour la fabrication de nouveaux matériaux de construction.**
- **Pour une valorisation de qualité**
 - Le tri et la séparation doivent être rigoureux
 - Les déchets contaminés par des polluants doivent être traités ou éliminés
- **La valorisation doit être écologiquement pertinente, techniquement faisable et économiquement supportable**



Valorisation des déchets de chantier

- **Sols (Horizon A et Horizon B): valorisation en tant que tel**
- **Matériaux d'excavation et de percement: comblement de sites d'extraction de matériaux, de fouilles, modification topographiques, etc.**
- **Tuiles et briques: Construction de pistes dans les décharges**
- **Autres déchets de construction: traitement supplémentaire nécessaire avant une valorisation (tri, élimination des impuretés, concassage, etc.)**



Granulats bitumineux



Grave de recyclage P



Granulats de béton



Granulats non-trié

Existe aussi:

- **Grave de recyclage A**
(forte proportion de matériaux bitumineux)
- **Grave de recyclage B**
(proportion importante de béton de démolition)

Fig. 4 > Exigences relatives à la qualité des matériaux de récupération

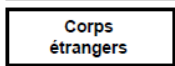
Matériaux de récupération \ Catégories de déchets de chantier	Matériaux bitumineux	Grave	Béton de démolition	Matériaux minéraux non triés	Corps étrangers
Granulat bitumineux	80	20		2	0.3*
Grave de recyclage P	4	95	4	1	0.3
Grave de recyclage A	20	80	4	1	0.3
Grave de recyclage B	4	80	20	1	0.3
Granulat de béton	3**	95		2	0.3
Granulat non trié	3		97		0.3% sans plâtre + 1% plâtre + 1% verre



Constituants principaux: pourcentages massiques minimaux



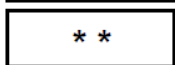
Constituants secondaires: pourcentages massiques maximaux



Pourcentage total maximal
(bois, papier, plastique, métaux, plâtre...)



En cas de mise en œuvre à chaud: 0%
(pour des raisons techniques)



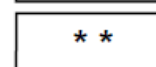
En cas d'utilisation pour béton normalisé: 0%

Fig. 5 > Utilisation des six sortes de matériaux de récupération

Matériaux de récupération \ Utilisations admises	Mise en œuvre sous forme non liée		Mise en œuvre sous forme liée	
	sans revêtement	avec revêtement	aux liants hydrauliques	aux liants bitumineux
Granulat bitumineux	*	* *		
Grave de recyclage P				
Grave de recyclage A				
Grave de recyclage B				
Granulat de béton				
Granulat non trié				



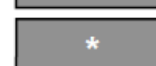
Utilisation admise



Utilisation avec restriction:
possible uniquement pour des planies sous un revêtement bitumineux



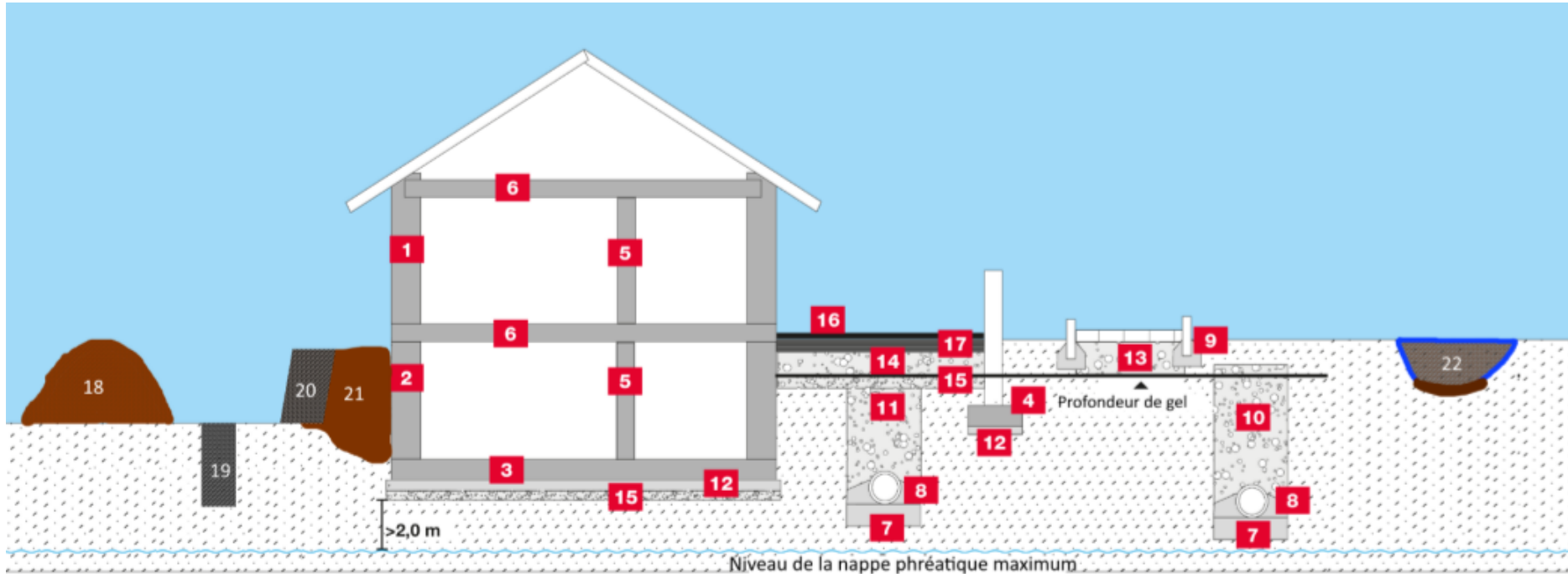
Utilisation interdite



Utilisation possible à condition que la couche ne dépasse pas 7 cm d'épaisseur
et que le granulat bitumineux soit laminé

Sources: OFEV 2006 Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux

- **Module déchets de chantier – Valorisation des matériaux d'excavation et de percement (aide à l'exécution de l'OLED):**



Source: OFEV 2018

- **L'OLED permet la réutilisation de matériaux faiblement pollués (entre A et B, matériaux T, tolérés) sur les chantiers/sites d'où ils proviennent**

Exemple d'un chantier de déconstruction: citernes du MIC à Marly



Source: <https://marly-innovation-center.org>

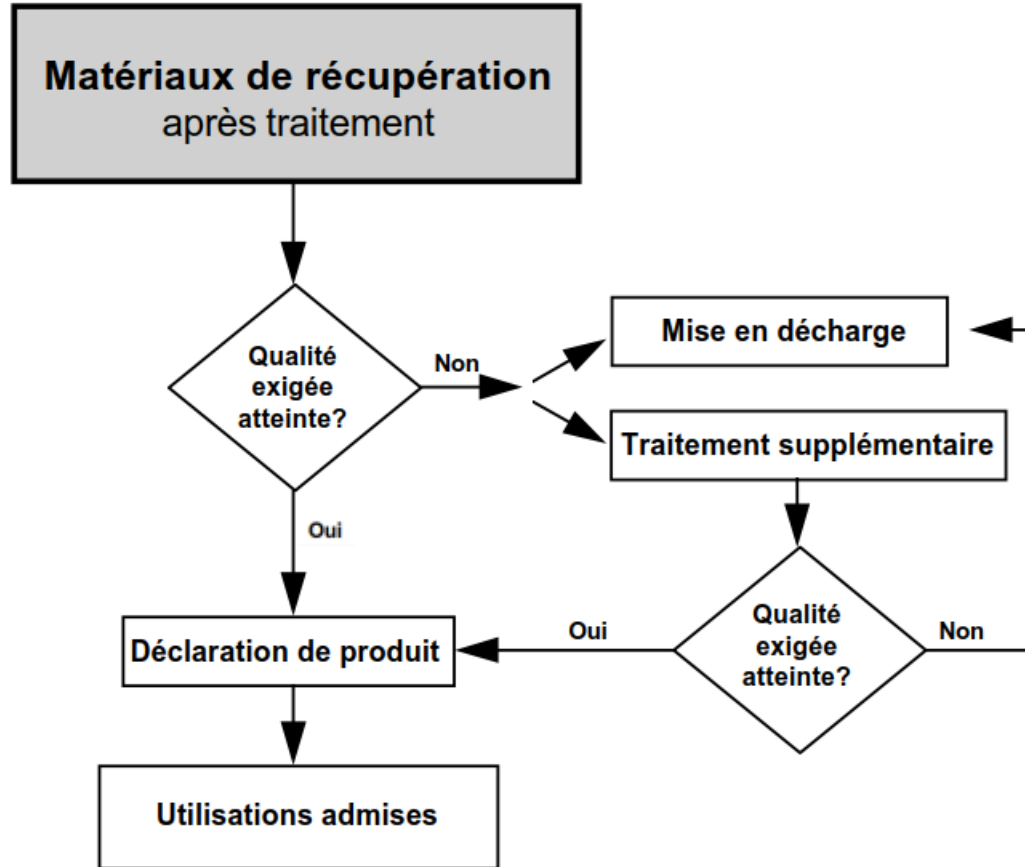
Exemple d'un chantier de déconstruction: citernes du MIC à Marly



Source: CSD Ingénieurs SA

Matériaux de construction recyclés

- **Il existe de nombreuses possibilités de valorisation de matériaux de recyclage normés**
- **Leur utilisation est restreinte dans certains cas (par exemple, dans des zones de protection des eaux)**
- **La loi et l'ordonnance fédérale sur les produits de construction doivent être pris en compte (LPCo et OPCo)**
- **Les matériaux de construction recyclés doivent obtenir des attestations de performance et respecter les normes concernant les matériaux de construction**



Contrôles qualité par:
Laboratoires



ASR



Baustoffrecycling Schweiz
Recyclage des matériaux de construction Suisse
Riciclaggio di materiali da costruzione Svizzera

- La plupart des cantons propose des directives et aides à l'exécution sur les installations de recyclage des déchets de chantier minéraux et la valorisation de leurs produits

RC-Mischgranulatgemisch	Abstand zum max. Grundwasser >2,0 m	RC-Gesteins- körnungsgemische
RC-Betongranulatgemisch		
RC-Asphaltgranulatgemisch		
RC-Kiesgemisch A		
RC-Kiesgemisch B		
RC-Kiesgemisch P	Expositionsklassen X0 XC1 XC2 keine	RC-Beton
RC-Magerbeton M		
RC-Magerbeton C		
RC-Beton M		
RC-Beton C		
RC-Beton M		
RC-Beton C		

