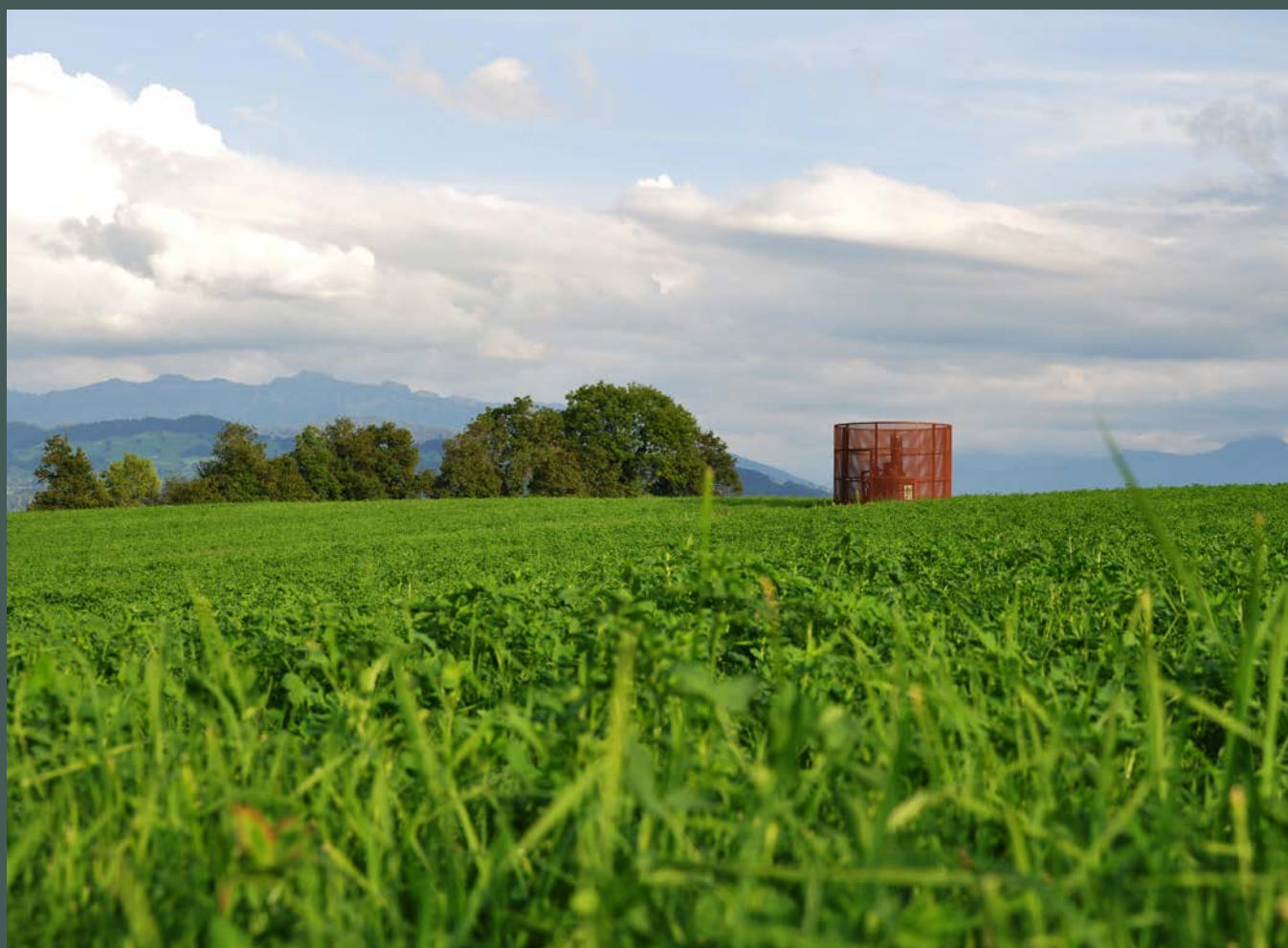


Décharges

Un module de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Décharges

Un module de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED)

Impressum

Valeur juridique

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise les exigences du droit fédéral de l'environnement (notions juridiques indéterminées, portée et exercice du pouvoir d'appréciation) et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur.

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteur

André Laube (division déchets et matières premières, OFEV) et al.

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2019 : Décharges. Un module de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED). Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1826

Graphiques

Firstbrand

Mise en page

Cavetti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Photo de couverture

Surface de décharge remise en culture avec puits de pompage revêtu d'un écran crépiné.

© LAA, 2019

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uv-1826-f

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand et en italien. La langue originale est l'allemand.

© OFEV 2019

Tables des matières

Abstracts 5

Avant-propos 6

Estimation de la mise en danger

Abstracts

These implementation guidelines set out the legal foundations for the 'Landfills' module. Undefined legal terms are explained in greater detail in the interests of more standardised implementation with regard to the establishment and operation of landfill waste disposal sites. The guidelines are aimed primarily at implementing authorities within cantonal and commune administrations.

La présente aide à l'exécution explique les bases légales relatives au module «Décharges». Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution dans les administrations cantonales et communales, elle concrétise des notions juridiques indéterminées en vue de favoriser une application uniforme de la législation dans le cadre de l'aménagement et de l'exploitation de décharges.

Diese Vollzugshilfe erläutert rechtliche Grundlagen für das Modul «Deponien». Unbestimmte Rechtsbegriffe werden in Hinblick auf einen einheitlicheren Vollzug beim Errichten und Betreiben der Abfallanlagen Deponien konkretisiert. Die Vollzugshilfe richtet sich in erster Linie an die Vollzugsbehörden in den kantonalen und kommunalen Verwaltungen.

Il presente aiuto all'esecuzione illustra le basi legali per il modulo «Discariche». Vengono specificati concetti giuridici indeterminati al fine di un'esecuzione più uniforme nella costruzione e nell'esercizio delle discariche. L'aiuto all'esecuzione destinato in primo luogo alle autorità esecutive delle amministrazioni cantonali e comunali.

Keywords:

Landfills, risk assessment, ADWO implementation

Mots-clés:

décharges, estimation de la mise en danger, exécution OLED

Stichwörter:

Deponien, Gefährdungsabschätzung, Vollzug VVEA

Parole chiave:

discariche, valutazione del pericolo, esecuzione OPSR

Avant-propos

L'ordonnance sur les déchets (OLED ; RS 814.600) est la clé de voûte de la législation suisse sur les déchets. De par ses contenus concrets, l'ordonnance en vigueur, qui a été totalement révisée en 2015, constitue une démarche novatrice et courageuse qui non seulement prend en considération et optimise des processus qui ont fait leurs preuves, mais comporte également de nouvelles dispositions qui tiennent compte des évolutions et qui posent ainsi les jalons d'une Suisse tournée vers l'avenir.

Dans ce contexte, l'approche stratégique adoptée consiste à considérer les déchets comme des sources de matières premières et, partant, des matières premières dans un cycle de grande qualité. L'application de ces nouvelles prescriptions soulève toutefois des questions et présente différents défis aux autorités. Cette aide à l'exécution vise la maîtrise et l'harmonisation de ces tâches d'exécution à la fois exigeantes et fondamentales.

L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a élaboré avec les cantons, les associations professionnelles du secteur privé ainsi que d'autres offices fédéraux une aide à l'exécution pour concrétiser l'OLED. Chaque partie de cette aide, structurée de façon modulaire, précise les conditions cadres pour un thème spécifique (p.ex. déchets de chantier, décharges, rapports). Certains modules sont en outre divisés en différentes parties selon les thématiques abordées. Cette publication est disponible en allemand, en français et en italien et peut être téléchargée à l'adresse suivante : www.bafu.admin.ch/execution-oled.

Le module « Décharges » porte sur le stockage définitif de déchets non valorisables dans les installations d'élimination adéquates, à savoir les décharges. Il traite des aspects environnementaux pertinents dans ce domaine et favorise la sécurité et l'égalité du droit pour les détenteurs et les exploitants. L'OFEV remercie toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de cette publication. Il adresse ses remerciements en particulier aux membres des groupes d'accompagnement des différentes parties des modules, qui se sont investis pour trouver des solutions simples, applicables et conformes à la pratique afin de garantir le respect des exigences environnementales dans le domaine des décharges.

Karine Siegwart
Sous-directrice
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Estimation de la mise en danger

Une partie du module Décharges de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Impressum

Valeur juridique

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise les exigences du droit fédéral de l'environnement (notions juridiques indéterminées, portée et exercice du pouvoir d'appréciation) et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur.

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

À partir du document «Konzept Einheitliche Gefährdungsabschätzung bei Deponien» (2013) rédigé par :

Christian Niederer / Christoph Munz (Arcadis Schweiz AG)

Christian Poggendorf, Prof. Burmeier (Ingenieurgesellschaft mbH)

Jörg Zenger (CSD Ingenieure SA)

Auteurs

André Laube (division Déchets et matières premières, OFEV)

Christian Niederer (Arcadis Schweiz AG)

Jörg Zenger (CSD Ingenieure SA).

Accompagnement

Benjamin Blumer (ASED), Bernhard Brunner (Cercle déchets Zentralschweiz), Satening Chadoian (division Droit, OFEV), Pierre-Yves Donzel (CIRTD), Tensing Gammeter (Cercle déchets Ostschweiz/FL), André Laube (responsable, division Déchets et matières premières, OFEV), Romy Scheidegger (division Déchets et matières premières, OFEV), Oliver Steiner (Cercle déchets Nordwestschweiz).

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2019 : Estimation de la mise en danger. Une partie du module Décharges de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED). Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1826 : 62 p.

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Graphiques

Firstbrand

Mise en page

Cavetti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Photo de couverture

Chambre de contrôle accessible (© LAA, 2019)

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/1826-f

(Il n'est pas possible de commander une version imprimée)

Cette publication est également disponible en allemand et en italien. La langue originale est l'allemand.

© OFEV 2019

Tables des matières

1	Introduction	4	6	Assurance qualité	23
2	Bases légales et champ d'application	5	7	Répertoires	24
2.1	Autorisation d'exploiter et estimation de la mise en danger	5	7.1	Figures	24
2.2	Surveillance de la décharge	6	7.2	Bibliographie	24
2.3	Déversement d'eaux de percolation captées	6			
2.4	Gestion après fermeture	6			
3	Principes de l'estimation de la mise en danger	8		Annexes	26
3.1	Place de l'estimation de la mise en danger	8	A-1	Données de base	26
3.2	Objectifs	8	A-2	Monitoring de la décharge	27
3.3	Cadre	11	A-3	Examen principal, matrice d'appréciation	30
3.4	Déroulement	11	A-3.1	Critères pour les décharges de type B – application sélective pour le type A	32
4	Étapes de l'estimation de la mise en danger	13	A-3.2	Critères pour les décharges de type C, D et E	38
4.1	Informations requises	13	A-4	Examen principal, critères numériques	46
4.2	Examen préliminaire	13	A-5	Examen détaillé – explications	48
4.3	Examen principal	14	A-6	Évaluation statistique des données	52
4.4	Examen détaillé	17	A-7	Contenu des documents d'examen	62
5	Surveillance des eaux de percolation et des eaux souterraines	20			
5.1	Objectifs de la surveillance	20			
5.2	Réalisation des mesures	20			
5.2.1	Stations de mesure	20			
5.2.2	Intervalles de mesure	20			
5.2.3	Prélèvement, paramètres analysés, mesure des débits	21			
5.3	Évaluation des valeurs mesurées lors de l'examen principal	21			
5.3.1	Préparation des données	21			
5.3.2	Interprétation des données	21			

1 Introduction

La gestion après fermeture des décharges doit être limitée à une durée qu'il est possible de concevoir. Après 50 ans au maximum, les mesures actives de protection de l'environnement telles que l'entretien des installations d'évacuation des eaux et de dégazage ne doivent plus être nécessaires. Les eaux étant le principal canal d'émission, une décharge fermée ne doit pas entraîner durablement des atteintes nuisibles ou incommodantes aux eaux souterraines exploitées ou exploitables ou aux eaux de surface.

La présente aide à l'exécution indique comment procéder au contrôle des décharges pour s'assurer que les objectifs sont bien remplis. Elle doit permettre l'adoption d'une méthode uniforme dans toute la Suisse. Les mesures qui découleront des contrôles s'appuieront ainsi sur des bases comparables et les provisions financières pour la gestion des décharges après fermeture pourront être fixées avec précision et sur une base solide.

Concernant la poursuite de l'exploitation des décharges qui ont été mises en service avant l'entrée en vigueur de l'ordonnance sur les déchets (OLED; RS 814.600), l'autorité cantonale doit évaluer au plus tard d'ici au 31 décembre 2020 si ces décharges et compartiments menacent l'environnement ou s'ils risquent de le menacer dans les 50 ans qui suivent la fermeture. Les détenteurs de décharges fournissent à l'autorité les documents nécessaires à cet effet. La poursuite de l'exploitation n'est autorisée que si les risques existants sont éliminés et que les risques prévisibles sont durablement écartés par des mesures appropriées, conformément à l'objectif de l'ordonnance sur les sites contaminés (OSites; RS 814.680).

La procédure en trois étapes prévue pour l'estimation de la mise en danger vise à limiter le volume de travail tout en permettant une évaluation plausible et fiable. L'examen préliminaire vise notamment à repérer rapidement les cas non critiques pour éviter un examen détaillé. Cette première étape ne comprend pas de prévisions des émissions au sens d'une évaluation des risques. L'examen principal, en revanche, doit inclure au moins un examen qualitatif et semi-quantitatif sur les émissions à venir ainsi que sur leurs effets sur les biens à protéger. Ce n'est que dans le cadre de l'examen détaillé que l'on procède à des modélisations des émissions. À chaque étape, les analyses s'appuient sur les résultats de l'étape précédente, complétés par des recherches supplémentaires.

2 Bases légales et champ d'application

2.1 Autorisation d'exploiter et estimation de la mise en danger

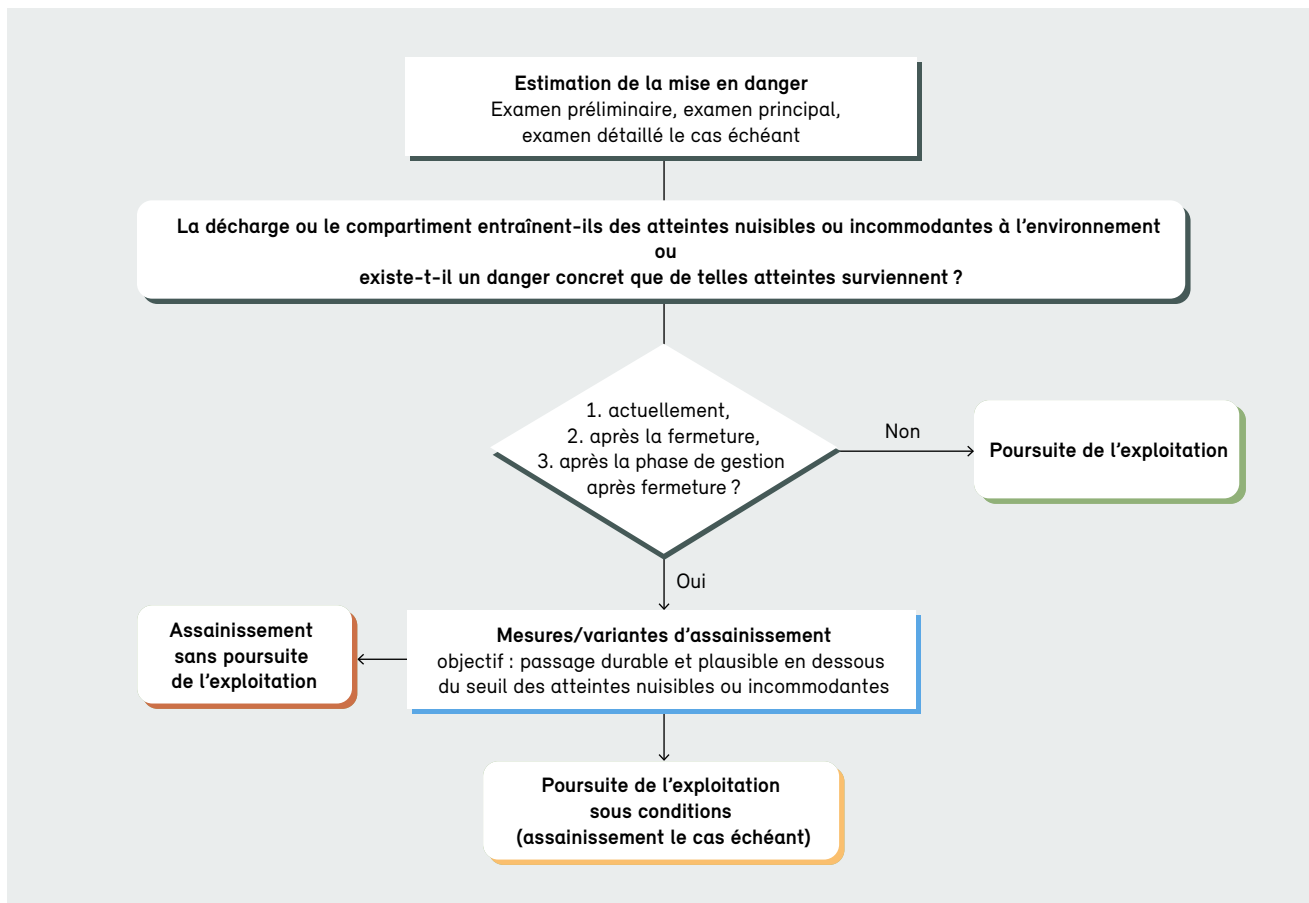
Selon l'art. 30e, al. 2, de la loi du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (LPE, RS 814.01), quiconque veut exploiter une décharge contrôlée doit obtenir une autorisation du canton. L'autorisation d'exploiter une décharge est limitée à cinq ans par l'autorité cantonale. Avant de renouveler l'autorisation, l'autorité examine si les conditions sont toujours remplies.

Il est permis de poursuivre l'exploitation des décharges mises en service avant l'entrée en vigueur de l'ordonnance du 4 décembre 2015 sur les déchets (OLED, RS 814.600) si les exigences d'octroi d'une autorisation d'exploiter selon l'OLED sont remplies au plus tard le 31 décembre 2020. À cette fin, l'autorité cantonale évalue les décharges d'ici à cette date au plus tard pour déterminer si des atteintes nuisibles ou incommodantes à l'environnement peuvent en émaner ou si de telles atteintes sont probables dans les 50 ans qui suivent la fermeture. La mise en danger est évaluée sur la base des documents livrés par les détenteurs de la décharge examinée. S'il

Figure 1

Estimation de la mise en danger servant de base de décision

L'autorité cantonale se fonde sur les résultats de l'estimation de la mise en danger au sens de l'art. 53, al. 2, OLED pour décider de la poursuite de l'exploitation des décharges mises en service avant l'entrée en vigueur de l'OLED. Si une investigation préalable au sens de l'OSites existe déjà (ne constitue pas la règle), elle peut également être prise en considération lors de ladite estimation.



existe des atteintes nuisibles ou incommodes à l'environnement ou un risque réel d'atteintes, la poursuite de l'exploitation ne peut être accordée tant qu'il n'est pas garanti que la décharge sera assainie conformément aux objectifs de l'OSites. Lorsqu'il n'y a actuellement pas d'atteintes, mais que l'estimation de la mise en danger révèle que des atteintes nuisibles ou incommodes à l'environnement sont probables si l'exploitation est poursuivie ou dans les 50 ans qui suivent la fermeture, ou qu'il y a un risque réel d'atteintes durant cet intervalle, il convient de prendre les mesures appropriées pour empêcher durablement de potentielles atteintes. L'examen ou l'actualisation de l'estimation de la mise en danger dans le cadre du renouvellement périodique de l'autorisation d'exploiter, tous les cinq ans, permet de procéder à l'adaptation ciblée et obligatoire de la manière dont les coûts résultant de la gestion après fermeture sont couverts.

Décharges existantes fermées avant fin 2020

En vertu de l'art. 42 OLED, un projet de fermeture est à remettre à l'autorité cantonale pour approbation dans le cas des décharges qui seront fermées d'ici au 31 décembre 2020, à savoir les décharges qui n'accepteront plus de déchets et dont la surface aura été refermée. Le projet de fermeture doit également clarifier si des mesures pourraient être requises pour éviter d'éventuelles atteintes nuisibles ou incommodes de la décharge à l'environnement (art. 42, al. 2, let. c, OLED). À cette fin, une estimation de la mise en danger est entièrement justifiée.

Décharges en phase de gestion après fermeture

Une estimation de la mise en danger peut être utile dans le cas des décharges qui se trouvent déjà en phase de gestion après fermeture. Son utilité dépend de la manière dont l'autorité cantonale a réglé la gestion après fermeture ainsi que des modifications possibles de la gestion après fermeture.

2.2 Surveillance de la décharge

La surveillance régulière des eaux souterraines et des eaux de percolation éventuellement captées permet de vérifier si la décharge entraîne des atteintes nuisibles à l'environnement. C'est le détenteur de la décharge qui est

responsable de ce monitoring. Le type de surveillance dépend aussi du type de décharge. L'art. 41 OLED dispose que les eaux souterraines et les eaux de percolation captées doivent être prélevées et analysées au moins deux fois par an, pour garantir la fiabilité des séries chronologiques des résultats. Les eaux souterraines doivent être analysées si une surveillance est nécessaire pour protéger les eaux en raison des conditions hydrogéologiques. Dans la mesure du possible, trois emplacements doivent être prévus pour le prélèvement d'échantillons d'eaux souterraines en aval de la décharge et un emplacement en amont (art. 41, al. 3, OLED). L'ampleur et les modalités d'évaluation du monitoring sont précisées par la présente aide à l'exécution. Les installations de dégazage de la décharge doivent également être contrôlées régulièrement. En outre, les gaz de décharge doivent être analysés au moins deux fois par an jusqu'à la fin de la durée d'exploitation (art. 53, al. 5, OLED).

2.3 Déversement d'eaux de percolation captées

En vertu de l'annexe 3.3, ch. 1 et 25, de l'ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201), l'autorité compétente en la matière fixe au cas par cas les exigences applicables au déversement, dans les eaux ou dans les égouts publics, des eaux de percolation captées provenant des décharges en tenant compte des caractéristiques des eaux polluées, de l'état de la technique et de l'état du milieu récepteur. Elle tient également compte ce faisant des normes internationales ou nationales, des directives publiées par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) ou des normes élaborées par la branche concernée en collaboration avec l'OFEV. À moins que l'autorité compétente n'en dispose autrement, les eaux de percolation captées doivent au moins satisfaire aux exigences figurant à l'annexe 3.3, ch. 25, OEaux.

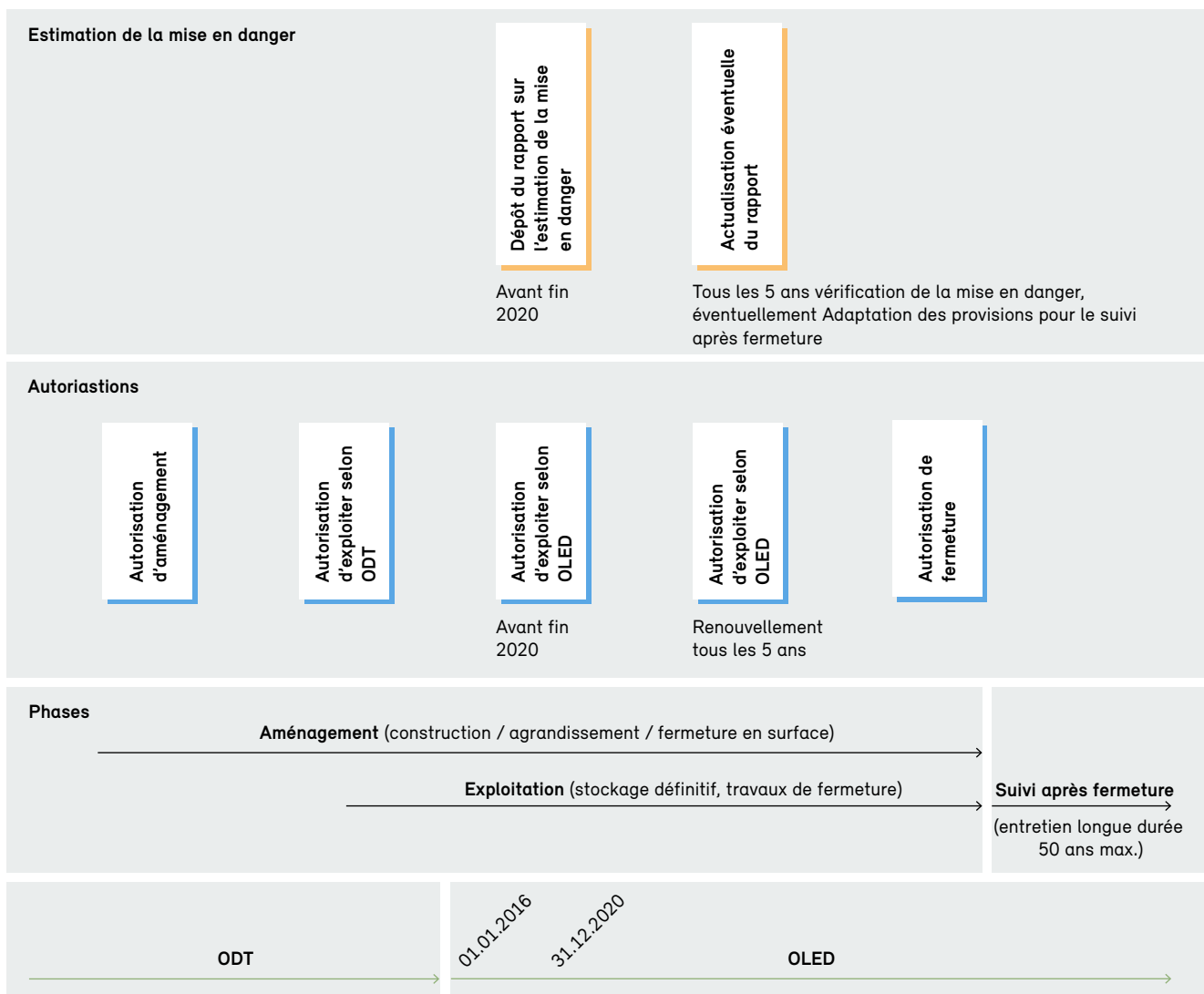
2.4 Gestion après fermeture

La phase de gestion après fermeture correspond à l'entretien à long terme des installations ainsi qu'à la surveillance à long terme de la décharge et de ses environs, en

Figure 2

Phases de la vie d'une décharge

À la phase d'aménagement (= phase de construction) et à la phase d'exploitation comprenant le stockage définitif des déchets et la fermeture de l'ouvrage succède la phase de gestion après fermeture. Les travaux de fermeture font donc partie de la phase d'exploitation. Une estimation de la mise en danger peut être pertinente dans le cadre de l'approbation des travaux de fermeture des décharges dont la phase d'exploitation s'achève avant le 31 décembre 2020 (art. 42, al. 2, let. c, OLED).



vue d'éviter les émissions non contrôlées, conformément à la législation. Durant la phase de gestion, le détenteur de la décharge doit veiller, en vertu de l'art. 43, al. 2, OLED, à ce que les installations continuent de satisfaire aux exigences légales, à ce qu'elles fassent l'objet de contrôles et de maintenance et à ce que les eaux souterraines – lorsque cela est requis –, les eaux de percolation captées et les gaz de décharge soient surveillés.

3 Principes de l'estimation de la mise en danger

3.1 Place de l'estimation de la mise en danger

Les exigences de l'OLED concernant le site de la décharge, les déchets pouvant être stockés définitivement et les émissions contrôlées visent à éviter autant que possible les risques pour l'environnement. L'examen de la situation de toutes les décharges en service doit montrer quels sont les endroits où cet objectif n'est pas encore atteint, aussi sur le long terme. Les documents actualisés au moyen d'une méthode uniforme et livrés par les détenteurs des décharges fournissent à l'autorité cantonale la base d'évaluation nécessaire.

Les résultats de l'estimation de la mise en danger serviront de base à l'autorité cantonale qui devra se prononcer sur la prise de mesures nécessaires pour les décharges existantes et sur la poursuite de l'exploitation de ces dernières. Ils doivent donc être probants. Il s'agit d'évaluer si – et le cas échéant comment – il est possible d'exclure un risque d'atteintes nuisibles ou incommodes liées à la décharge, actuellement, pendant ou au-delà de la phase de gestion après fermeture.

Des connaissances sur l'état et l'évolution probable de l'ouvrage de la décharge ainsi que sur les émissions provenant de la décharge sont importantes dans ce contexte. L'estimation de la mise en danger est une évaluation différenciée des risques pour l'environnement, dont les critères principaux sont le potentiel de pollution, le potentiel de dissémination ainsi que l'importance et l'exposition du bien à protéger. Les analyses correspondantes doivent être réalisées avec un degré de précision progressif (examen préliminaire, examen principal, examen détaillé), sur la base de la documentation de la décharge. Les résultats sont ensuite interprétés d'une part en ce qui concerne le niveau et la période de risque et d'autre part en vue de la réalisation d'une gestion après fermeture de durée appréhendable.

Au-delà de la phase de gestion après fermeture, l'entretien des installations ne doit plus être exigé, mais des

atteintes nuisibles à l'environnement, ainsi qu'un risque réel d'atteintes, doivent être exclus. On doit en effet pouvoir partir du principe que les déchets mis en décharge seront soumis, jusqu'à la fin de la phase de gestion après fermeture, à des procédés naturels (réactions chimiques, dégradation microbienne, lixiviation, etc.) ou, le cas échéant, à des mesures actives (restitution des eaux de percolation, aérobisation, décontamination, etc.) de manière à ce que des atteintes nuisibles ou incommodes ne doivent plus survenir – y compris du fait de la capacité naturelle de rétention le long de la voie de propagation ultérieure – même après la dégradation ou la défaillance des mesures techniques de confinement.

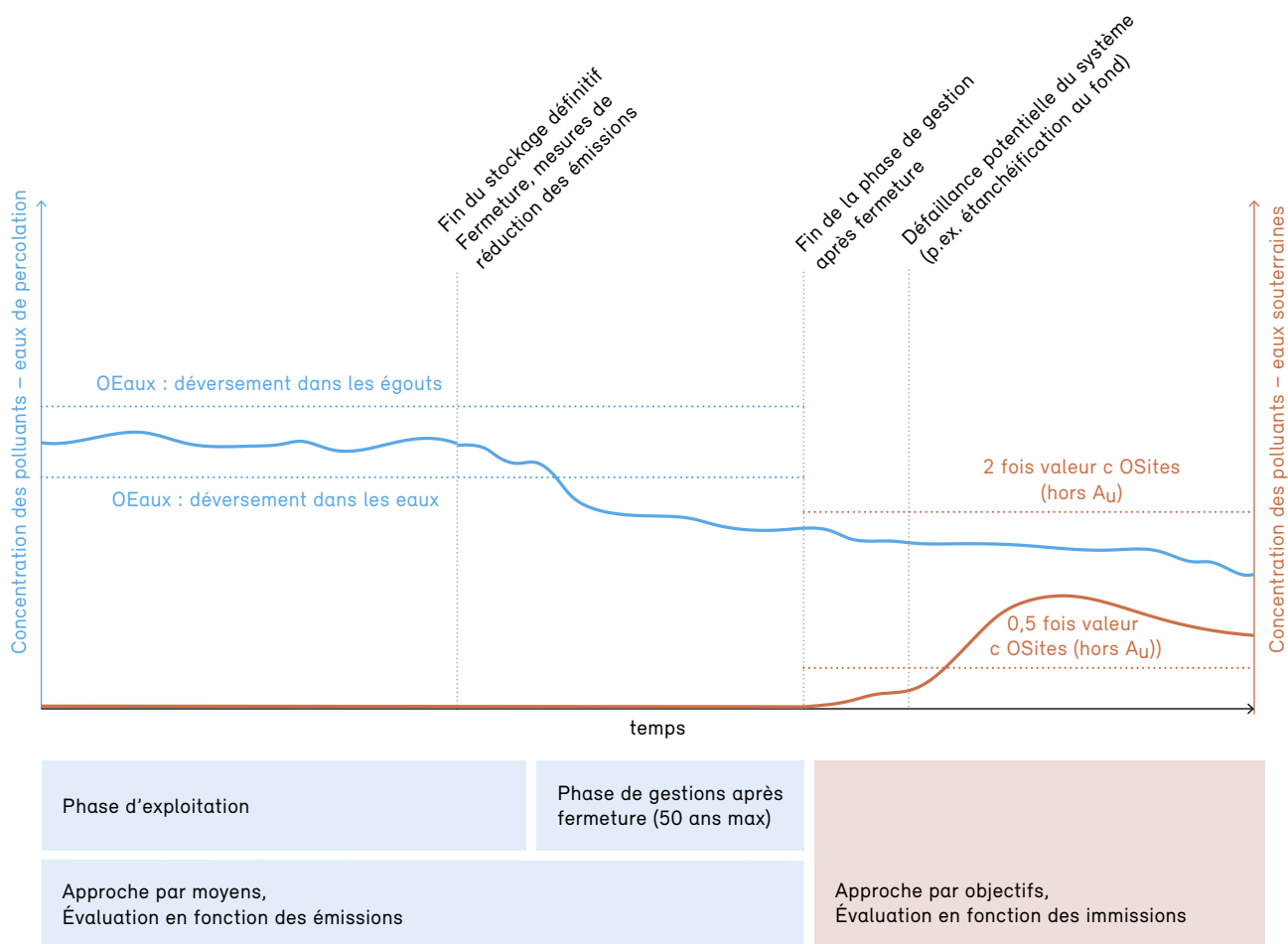
3.2 Objectifs

L'estimation de la mise en danger doit fournir une base permettant à l'autorité d'évaluer si des atteintes nuisibles ou incommodes à l'environnement peuvent actuellement émaner de la décharge ou des compartiments ou si de telles atteintes sont probables dans les 50 ans qui suivront la fermeture. Une telle estimation doit comporter une évaluation de l'état actuel et des prévisions vérifiables et plausibles, de manière à ce que l'autorité compétente puisse :

- prévoir l'état des systèmes techniques jusqu'à la fin de la période d'exploitation, ainsi qu'à la fin de la phase de gestion après fermeture,
- prévoir l'évolution des émissions de la décharge (localisation, quantités et propriétés), et
- évaluer les effets des émissions sur l'environnement (transformation des substances nocives à l'extérieur de la décharge, sensibilité des environs de la décharge aux émissions).

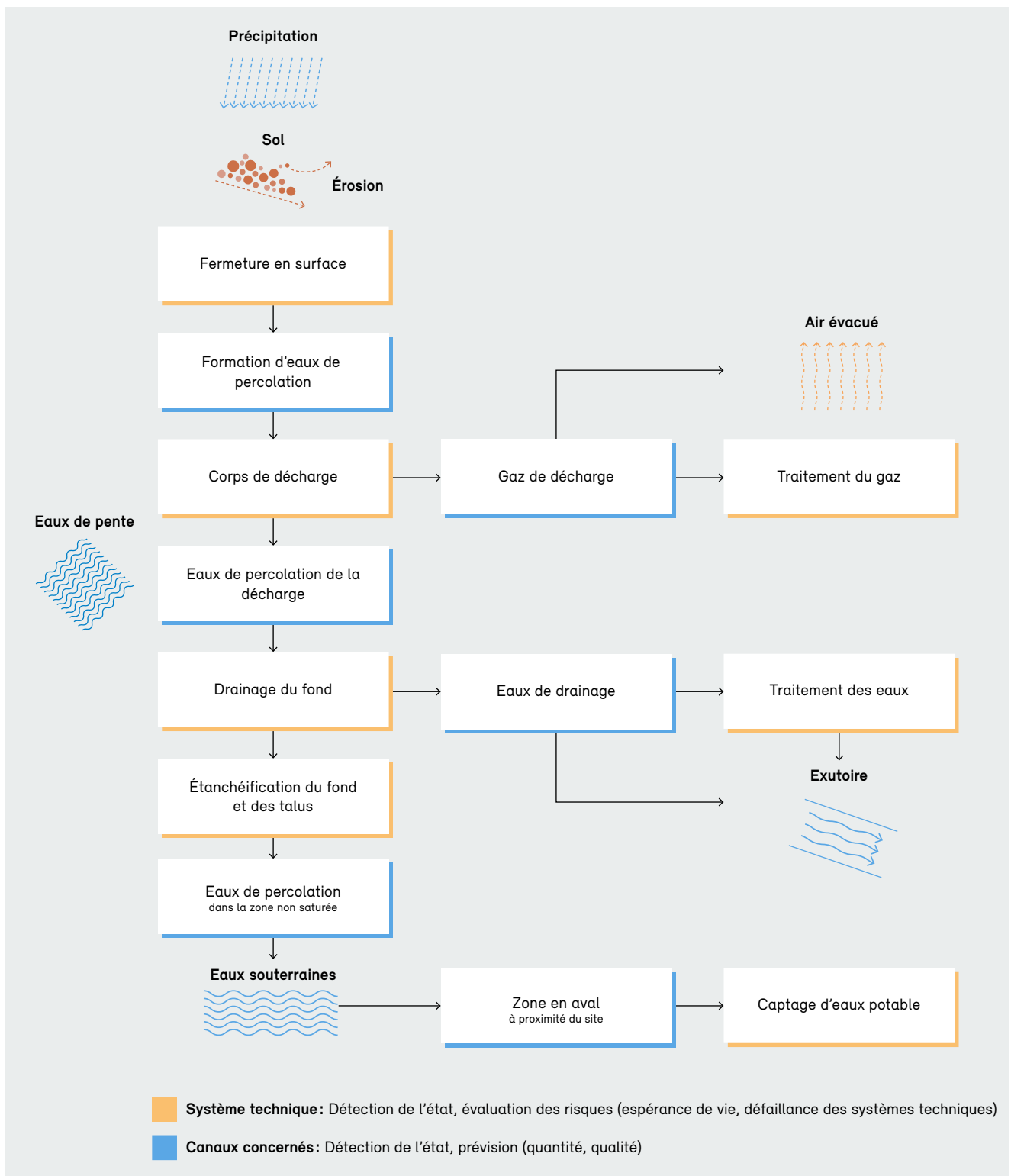
Figure 3
Pollution possible de l'eau due à une décharge (schéma)

Phase d'exploitation (collecte et déversement contrôlé des eaux de percolation polluées dans les égouts), phase de gestion après fermeture (poursuite des déversements contrôlés [p. ex. jusqu'à l'échéance de la période minimale de gestion après fermeture] et diminution de la pollution des eaux de percolation), défaillance du système (p. ex. : fuites ponctuelles d'eaux de percolation dans les eaux souterraines sans que les concentrations de substances provenant du site ne dépassent le double de la valeur de concentration de l'OSites¹). A_v = Secteur de protection des eaux, qui comprend les nappes d'eaux souterraines exploitables, ainsi que les zones attenantes nécessaires à leur protection.



1 L'OSites fixe des valeurs de concentration pour évaluer les atteintes portées aux eaux par les sites pollués.

Figure 4
Modèle de décharge



3.3 Cadre

Le cadre considéré pour l'estimation de la mise en danger repose sur un modèle reprenant les éléments constitutifs de la décharge ainsi que les canaux de circulation parcourant la décharge et les vecteurs de dissémination provenant de celle-ci, en particulier les eaux et les gaz.

3.4 Déroulement

L'estimation de la mise en danger comprend trois étapes, avec une évaluation de plus en plus détaillée. Toutes les étapes ne doivent pas forcément être réalisées. Cette procédure permet de limiter le volume de travail tout en permettant une évaluation plausible et fiable. À chaque étape, les analyses s'appuient sur les résultats de l'étape précédente.

1. L'examen préliminaire se concentre sur l'état de la décharge pour pouvoir décrire et évaluer le site de la décharge, l'inventaire des déchets, les systèmes techniques et les émissions.

Objectif: Identifier les décharges dont il est prouvé qu'elles ne posent pas problème ainsi que les décharges dont il est prouvé qu'elles posent problème.

Figure 5

Procédure en trois étapes de l'estimation de la mise en danger

Les étapes (analyse, interprétation et élaboration de documents plausibles) sont réalisées par des experts.

	Quoi ?	Comment ?	Danger concret d'atteintes nuisibles / incommodantes actuellement, après la fermeture ou après la phase de gestion après fermeture ?	Évaluation/ décision
Estimation de la mise en danger par étapes	Examen préliminaire	Relevé de l'état de l'ouvrage de la décharge et de ses émissions. Identification des décharges qui posent problème ou non au moyen de critères.	Non Oui	Autorité cantonale compétente
	Examen principal	Comparaison de l'état réel / souhaité (actuellement, après la fermeture, après la phase de gestion après fermeture). Présence d'indices d'atteintes nuisibles / incommodantes ? Analyse et évaluation au moyen de critères.	Non Oui	Autorité cantonale compétente
	Examen détaillé	Prévisions des émissions, modélisation le cas échéant, estimation détaillée de la mise en danger (processus itératif, voir aussi fig. 9).	Non Oui	Autorité cantonale compétente

-
2. L'examen principal exige des informations plus détaillées sur l'inventaire des déchets, le site de la décharge, la structure et l'état des systèmes techniques, l'équilibre hydrique, les environs de la décharge et les résultats de la surveillance. Une inspection de la décharge sur place est indispensable pour l'évaluation définitive.

Objectif : *Identifier les éléments critiques qui pourraient peser sur l'environnement actuellement, après la fermeture ou éventuellement après la fin de la phase de gestion après fermeture (examen qualitatif et semi-quantitatif).*

3. L'examen détaillé consiste en une expertise comprenant une inspection approfondie et des prévisions reposant sur des modélisations semi-quantitatives.

Objectif : *Évaluer quantitativement, de manière détaillée, les éléments critiques repérés lors de l'examen principal, en intégrant des prévisions semi-quantitatives pour la période suivant la phase de gestion après fermeture.*

L'examen préliminaire comprend, d'une part, des critères positifs qui doivent être justifiés de manière plausible et être intégralement respectés et, d'autre part, des critères d'exclusion. Si l'un de ces derniers n'est pas respecté, la décharge doit faire l'objet d'un examen principal (cf. point 4.2).

Une évaluation globale de la décharge est ensuite établie du point de vue des risques potentiels pour l'environnement et de la phase de gestion après fermeture. Une évaluation de chaque élément du modèle (cf. figure 4) est réalisée à partir de descriptions simples et normalisées.

Dans le cadre de l'examen détaillé – si la mise en danger n'a pas pu être estimée lors de l'examen préliminaire ou de l'examen principal –, on examine, pour les différents systèmes techniques, la probabilité et les conséquences d'une défaillance; pour les vecteurs de dissémination, on apprécie l'évolution attendue de leurs quantités et de leurs propriétés (teneurs en polluants, etc.).

4 Étapes de l'estimation de la mise en danger

4.1 Informations requises

Les informations requises diffèrent à chaque étape de l'examen, leur volume et leur degré de détail augmentant à chacune d'entre elles. L'annexe A-1 présente les données de base découlant en particulier des obligations prévues par l'ancienne ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets (OTD) et nécessaires à l'examen préliminaire et donc à la distinction entre cas critiques et cas non critiques.

Il est essentiel, pour réaliser l'estimation de la mise en danger de disposer de solides informations au sujet de la décharge telles que des indications concernant les données territoriales (site, climat, (hydro)géologie, utilisation des environs, etc.), l'inventaire des déchets, les installations techniques de la décharge et l'organisation de l'exploitation. L'aménagement technique de la décharge après la fin du stockage définitif doit être étudié concrètement.

Il est nécessaire aussi de disposer des résultats des analyses des eaux de percolation éventuellement captées (annexes A-2 et A-4), des gaz de décharge, des eaux souterraines et des émissions aux environs de la décharge.

Le respect des exigences relatives aux programmes de surveillance (annexe A-2) garantit l'uniformité et la comparabilité des données pour les différents types de décharges. Des analyses et mesures suffisantes (de préférence au moins six séries de mesure) doivent être réalisées sur cette base jusqu'au dépôt de la demande d'autorisation et les résultats doivent être joints au dossier.

Il convient de tenir compte de la qualité des informations lors de l'interprétation des données :

- *Données complètes : fiabilité importante*
- *Données avec quelques lacunes : fiabilité moyenne*
- *Données très lacunaires : fiabilité faible*

4.2 Examen préliminaire

On peut partir du principe que les décharges et les compartiments respectent les exigences de l'ancienne OTD relatives au site, aux installations requises – notamment pour l'étanchéité, l'évacuation des eaux usées et l'évacuation des gaz –, ainsi qu'à la fermeture, lorsqu'ils ont été aménagés après le 1er février 1996 ou que la poursuite de leur exploitation après cette date a été autorisée.²

Sont considérés comme non critiques les décharges ou compartiments n'entraînant, avec une très grande probabilité, aucune atteinte nuisible ou incommode à l'environnement actuellement et dans les 50 ans qui suivent la fermeture.

- Les décharges de type A, pour ce qui est de l'inventaire des déchets, ne constituent en principe pas une situation critique. Elles doivent néanmoins remplir l'ensemble des critères ci-dessous (pour les décharges en pente, la stabilité du corps de la décharge ou celle du terrain pourraient être critiques). Si un examen principal se révèle nécessaire, les critères énoncés à l'annexe A-3.1 doivent être pris en considération de manière sélective en fonction des exigences moindres qui s'appliquent au type A par rapport au type B.

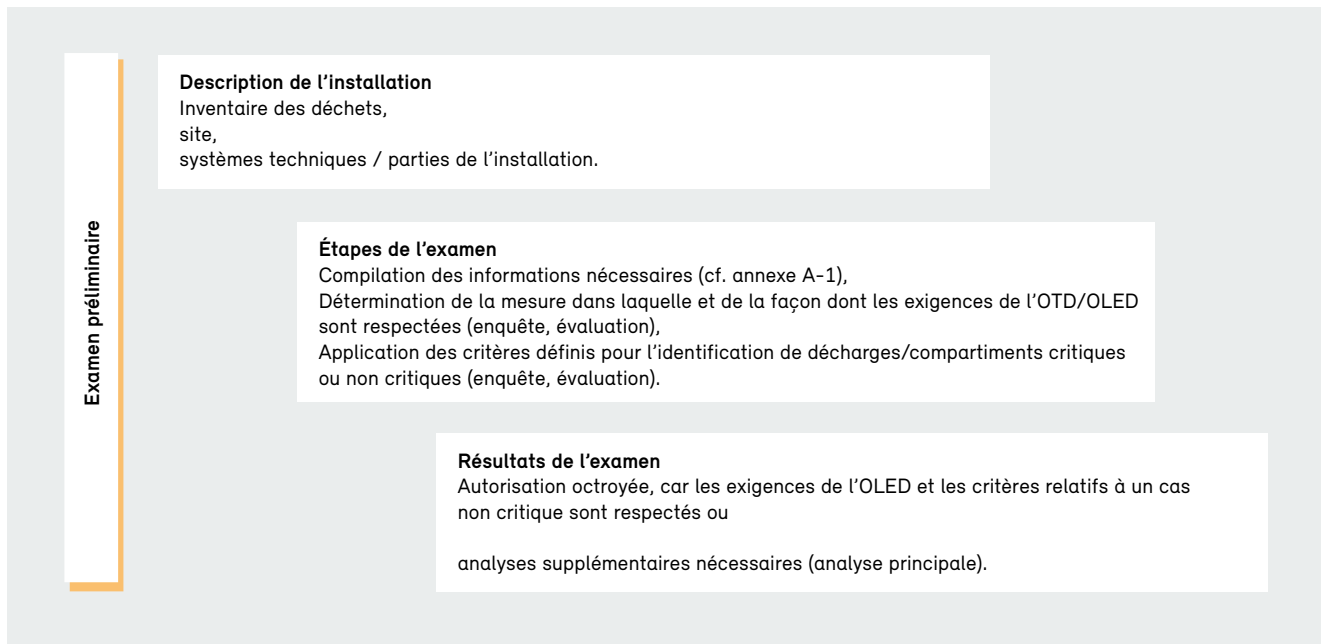
S'ils sont remplis, les critères suivants indiquent la présence d'un cas non critique. Ils portent sur les décharges et leurs compartiments et doivent tous être remplis.

- *Le contenu de la décharge est et reste chimiquement/biologiquement stable (il est attesté qu'il y a moins de 5 % de déchets combustibles ou biodégradables).*
- *Il n'y a pas de captage d'eaux souterraines d'intérêt public ni de nappe d'eau souterraine continue et exploitable (ce dernier critère n'est pas applicable aux*

² Cf. art. 52 de l'ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets (état au 1^{er} avril 1996); poursuite de l'exploitation de décharges existantes.

Figure 6

Déroulement de l'examen préliminaire



- décharges de type A) dans le périmètre de la décharge et dans une zone de 2000 mètres³ en aval de la décharge.
- Les exigences de l'OEaux relatives au déversement d'eaux polluées sont respectées, pour les eaux de percolation, déjà pendant la phase d'exploitation.
 - La décharge ne produit pas d'émissions gazeuses (pas d'indices de formation de gaz repérables).
 - Il est attesté que le terrain et le corps de la décharge sont stables.
 - La décharge contient des déchets entreposés avant 1990.
 - La décharge contient plus de 5 % de déchets combustibles ou biodégradables.
 - Il s'agit d'une décharge contrôlée bioactive, d'un compartiment contrôlé bioactif ou d'un compartiment pour mâchefers (selon la terminologie de l'ancienne OTD) dont le fond et les talus ne sont pas étanchéifiés ou dont le système d'évacuation des eaux est rudimentaire ou inexistant.
 - La décharge est située dans une zone exposée aux dangers naturels (glissements de terrain, laves torrentielles, chutes de pierres, crues).
 - Le niveau maximal des eaux souterraines se situe à moins de 2 m du fond de la décharge.
 - La décharge est située en terrain karstique ou en milieu très fissuré.
 - Le terrain ou le corps de la décharge sont instables.

Si l'un des critères d'exclusion suivants est rempli, la présence d'un cas non critique est à exclure. Il faut donc procéder à un examen principal. Les critères d'exclusion suivants portent sur les décharges ou leurs compartiments.

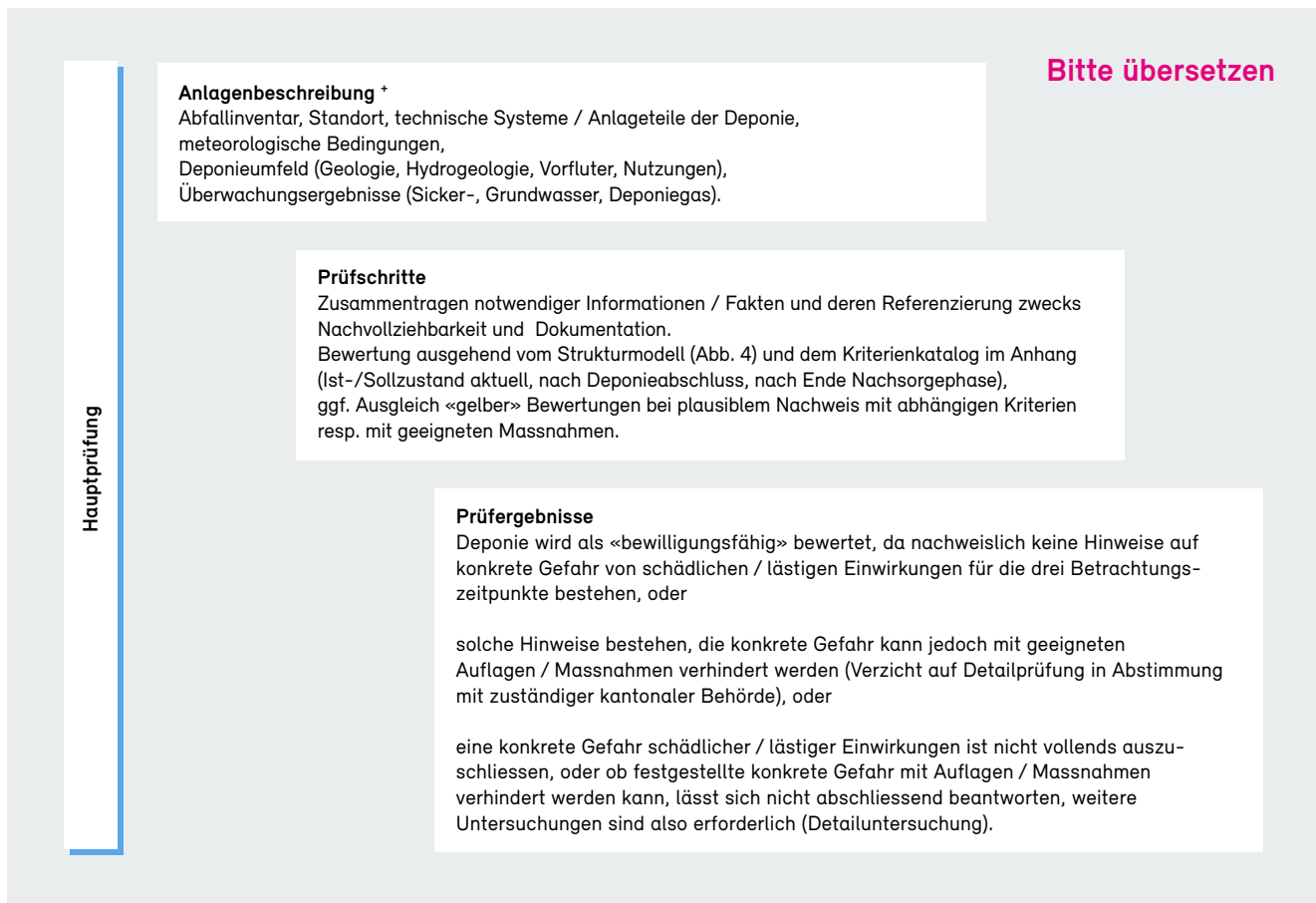
3 Estimation: les valeurs de concentration selon l'OSites des polluants les plus mobiles (représentants des HCC, BTEX et MTBE) mesurées en µg/l ne dépassent pas une valeur à deux chiffres et le seuil de quantification est fixé à 0,1 µg/l. Si de tels composants d'un site contaminé sont repérés dans un captage d'eaux souterraines d'intérêt public, un assainissement est requis. On peut prendre un facteur de dilution de 100 (valeur approximative). Une telle dilution nécessite une distance entre la source de pollution et le captage d'au moins 2000 m.

4.3 Examen principal

En complément à l'examen préliminaire, l'examen principal porte sur d'autres aspects de la décharge, des eaux de percolation et des effets sur l'environnement. Si un critère des annexes A-3.1/A-3.2 indique des atteintes à

Figure 7

Déroulement de l'examen principal



l'environnement, il est marqué en «jaune» (à discuter), sinon il est marqué en «vert» (évaluation positive). La procédure est précisée à l'annexe A-3.

Un critère marqué en «jaune» n'implique pas nécessairement un risque pour le bien à protéger. Les critères «jaunes» peuvent être équilibrés par des critères «verts» si cela est justifié par le spécialiste de manière compréhensible, vérifiable et fondée. S'il n'est pas plausible qu'une appréciation «jaune» soit atténuée par d'autres critères ou par des mesures ciblées et qu'un danger concret d'atteintes nuisibles ou incommodes dues à la décharge ne peut être exclu, il faut procéder à un examen détaillé. Les critères en caractères rouges et assortis d'un astérisque ont une importance majeure (cf. annexes A-3.1/A-3.2). Les experts et les autorités doivent les apprécier avec une attention particulière

afin de garantir la qualité effective de l'estimation de la mise en danger.

L'identification des domaines problématiques de la décharge, les résultats des mesures des émissions et, le cas échéant, les prévisions d'émissions permettent de proposer des conditions et des mesures destinées à réduire ou à éviter les émissions.

Certains critères importants de l'examen principal concernent les concentrations de polluants dans les eaux de percolation et dans les eaux souterraines en aval de la décharge. Les concentrations doivent être déterminées au moyen d'échantillons représentatifs, puis d'analyses chimiques. Les résultats des analyses sont appréciés dans le cadre de l'examen principal à l'aide de critères quantitatifs. Ces derniers résultent avant tout des exi-

gences de l'OEaux et de l'OSites ainsi que des aides à l'exécution correspondantes. Basés sur les risques, ils ont été adaptés à juste titre pour certains paramètres de manière à pouvoir faire office de critères de tri judicieux étant donné l'étendue des analyses dans les différentes situations considérées (actuellement, après la fermeture de la décharge, après la fin de phase de gestion après fermeture) (cf. annexe A-4 : critères, renvois et bases).

Lorsque tous les critères de l'examen principal complet sont marqués en «vert», une autorisation est susceptible d'être délivrée. Lorsque l'examen principal fait apparaître des critères «jaunes», qui peuvent être compensés de manière attestable et plausible par des critères «verts» associés ou des mesures adéquates, on peut éventuellement renoncer à un examen détaillé avec l'accord de l'autorité cantonale. Dans certains cas, celle-ci fixe des

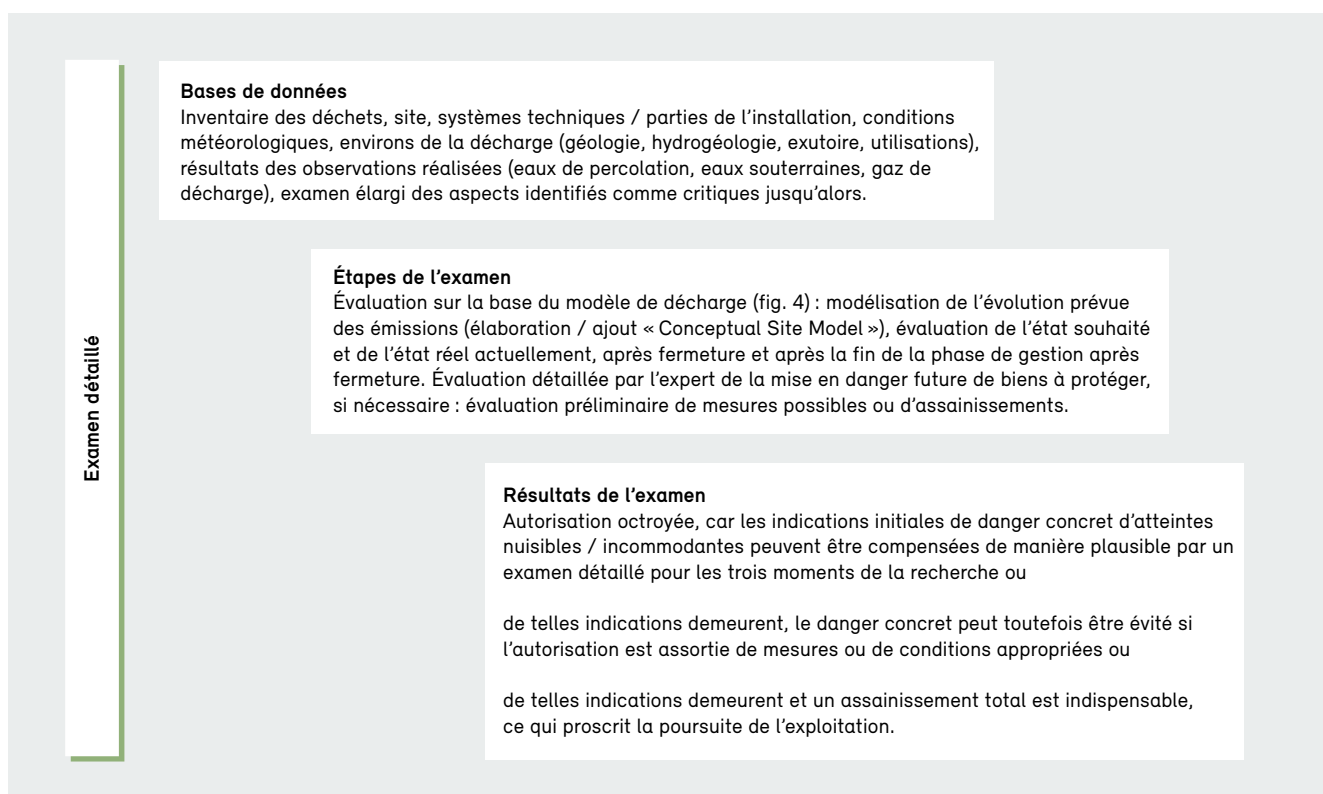
conditions spécifiques pour la poursuite de l'exploitation de la décharge.

La présence, après l'examen principal, de critères marqués en «jaune» qui ne peuvent pas être «atténués» ou compensés, indique qu'il n'est pas possible d'exclure des atteintes à l'environnement, dans l'immédiat ou plus tard. L'autorisation ne peut alors pas être délivrée, ou seulement si elle est assortie de conditions relatives à l'assainissement. Les critères dominants, à savoir les critères rouges et assortis d'un astérisque, requièrent alors une attention particulière. Les éventuelles recherches approfondies qui sont nécessaires et l'appréciation finale s'inscrivent dans le cadre de l'examen détaillé.

Figure 8

Déroulement de l'examen détaillé

Les aspects reconnus comme critiques du point de vue de la mise en danger lors de l'examen principal doivent être approfondis et d'autres recherches doivent être entreprises, le cas échéant par compartiment.



4.4 Examen détaillé

L'estimation de la mise en danger à l'étape de l'examen détaillé vise à prévoir l'évolution des émissions de la décharge (qualité, quantités, localisation, évolution dans la durée) à différents moments futurs.

Les décharges sont des systèmes complexes dont l'inventaire des déchets est généralement très hétérogène. Selon les propriétés des déchets, les eaux de percolation peuvent emprunter des canaux de circulation préférentielle. Il est donc très difficile d'effectuer des prévisions précises sur l'évolution de la pollution des eaux de percolation. Il s'agit plutôt d'estimer si, en tenant compte du développement de l'ensemble du système de la décharge, il est réaliste de considérer qu'il n'y aura pas d'atteintes nuisibles ou incommodantes au-delà de la phase de gestion après fermeture. Pour prévoir le comportement futur de la décharge, il est nécessaire de définir différents scénarios, par exemple la probabilité de défaillance des systèmes techniques et, en particulier, la prévision des conséquences qui en découlent pour le bien à protéger touché le cas échéant.

Procédure pour l'estimation de la mise en danger – examen détaillé

La **figure 9** présente une procédure possible pour l'examen détaillé d'une décharge. Il faut toutefois noter que chaque décharge doit être considérée comme un cas particulier. L'expert doit élaborer un schéma adapté au site⁴, identifier les procédés pertinents et estimer le potentiel de risque pendant la phase de gestion après fermeture et au-delà, en se fondant sur des hypothèses et des scénarios plausibles (risques concrets).

Il peut aussi arriver que les émissions dans le bien à protéger ne jouent qu'un rôle mineur, alors que les questions de stabilité à long terme du corps de la décharge, par exemple, sont essentielles.

Si l'estimation de la mise en danger au sens strict se base sur les étapes suivantes, les composants du système sont

déjà pris en considération au moins partiellement lors de l'examen principal précédent.

Potentiel de pollution et paramètres indicatifs

Il convient d'apprécier à cette étape le potentiel de pollution et les caractéristiques du corps de la décharge en matière d'émissions :

- élaboration de l'inventaire des déchets par compartiment, à partir des informations disponibles,
- choix des paramètres indicatifs à partir des analyses des eaux de percolation ou, s'il n'y en a pas, de l'inventaire des déchets,
- estimation des résidus de substances organiques biodégradables.

Évaluation technique des composants du système

Les composants du système sont déjà intégrés à l'examen préliminaire (annexe A-1 Données de base) et à l'examen principal (annexes A-2, A-3 et A-4). L'examen détaillé ajoute la quantification de leurs probabilités de défaillance et en déduit des scénarios possibles (risques concrets) pour la production et la fuite d'eaux de percolation (quantités, durée).

Prévision des émissions

Il s'agit à cette étape de prévoir l'évolution des concentrations dans les eaux de percolation pour les paramètres indicatifs, en fonction des scénarios définis (cf. **figure 9**). Des tendances peuvent être extrapolées à partir des données disponibles, pour des conditions de système inchangées (quantités, pH, etc.). Pour des conditions de système variables ou en cas de données lacunaires, il faut recourir à d'autres modèles.

L'analyse des eaux de percolation et des eaux souterraines fournit des indications complémentaires sur les polluants et leur potentiel de dissémination.

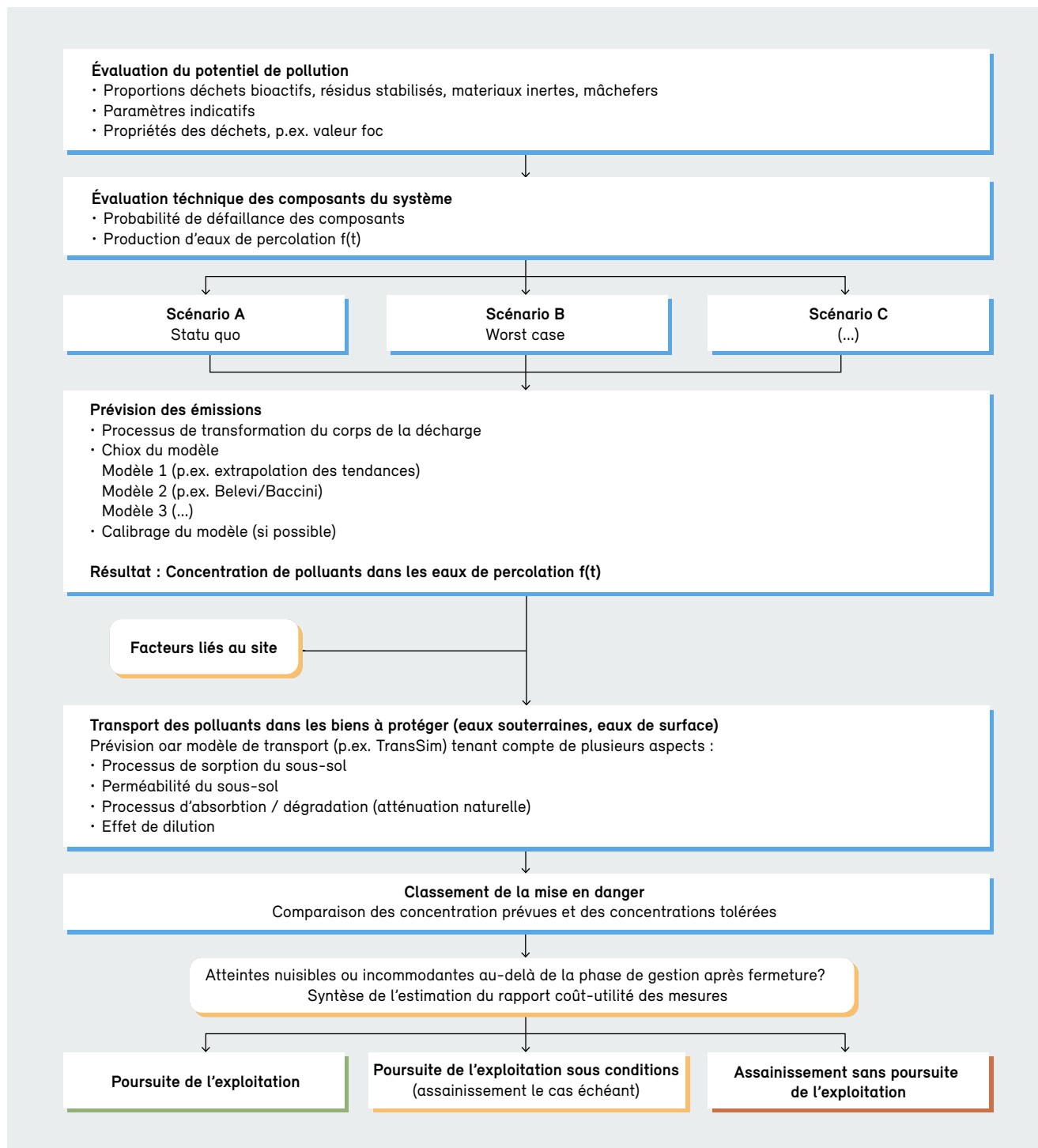
Transport des polluants

Le processus de transport des eaux de percolation jusque dans le bien à protéger dépend fortement de la situation (hydro)géologique ou, dans le cas du déversement dans un exutoire, de ses propriétés (effet de dilution). Entre la décharge et les biens à protéger, des processus naturels

⁴ Modèle (« Conceptual Site Model ») dynamique fonctionnant de manière itérative. Il se base sur les résultats des analyses successives, priorise les résultats de ces dernières et se concentre sur les principaux moyens et voies de propagation pour ce qui est des risques et de la mise en danger (cf. www.epa.gov).

Figure 9

Estimation de la mise en danger dans le cadre de l'examen détaillé – procédure itérative



d'atténuation⁵ sont possibles (p.ex. adsorption/dégradation dans la zone non saturée), ce qui peut réduire les concentrations de polluants parvenant jusqu'aux biens à protéger.

Classification de la mise en danger

Les concentrations de polluants calculées (en fonction de temps) dans le bien à protéger sont comparées avec les concentrations tolérées dans l'environnement.

Évaluation globale

L'estimation de la mise en danger indique si des atteintes nuisibles ou incommodes à l'environnement sont à prévoir pendant la poursuite de l'exploitation, après la fermeture de la décharge et après la phase de gestion après fermeture. La décision relative à la poursuite de l'exploitation dépend des conclusions de l'estimation de la mise en danger. L'identification des domaines problématiques de la décharge et les résultats des prévisions d'émissions permettent de proposer des mesures destinées à réduire ou à éviter les émissions. Les mesures proposées sont soumises à une analyse des coûts et des bénéfices qui tient compte de la portée financière des risques concrets et de leur probabilité. Des explications supplémentaires figurent à l'annexe A-5 (Examen détaillé – explications).

⁵ Il s'agit de processus de dégradation et de rétention se déroulant naturellement dans le sous-sol et pouvant ralentir et éviter la dissémination des polluants.

5 Surveillance des eaux de percolation et des eaux souterraines

5.1 Objectifs de la surveillance

La surveillance des eaux souterraines et des eaux de percolation captées d'une décharge, exigée par l'OLED, permet de constater si des atteintes nuisibles à l'environnement émanent actuellement de la décharge. L'estimation de la mise en danger présentée dans le présent document doit aussi indiquer à quelles émissions il faut s'attendre dans les eaux souterraines et les eaux de surface pendant la période de gestion après fermeture et au-delà, et s'il en résulte un risque. La situation actuelle n'est donc pas la seule qui importe. Les résultats de l'estimation de la mise en danger sont décisifs pour la poursuite de l'exploitation de la décharge. Il convient donc, notamment pour l'exploitant, de garantir à cet effet un monitoring comprenant des données représentatives sur une période suffisamment longue. Les données de surveillance existantes doivent si nécessaire être complétées par des mesures supplémentaires.

L'expert soumet au service cantonal, avant le début de la période de surveillance, un programme de monitoring tenant compte des exigences applicables à la surveillance du type de décharge concerné. Il propose dans ce programme l'emplacement et la constitution des stations de mesure, la durée de la surveillance, le nombre de prélèvements et les paramètres analysés. Les paramètres de l'annexe A-2 doivent être pris en compte. Le service cantonal détermine les objectifs du monitoring. Ces exigences doivent être reprises dans les programmes de monitoring existants, définis en principe lors de l'octroi de l'autorisation d'exploiter.

5.2 Réalisation des mesures

5.2.1 Stations de mesure

Il faut examiner si les eaux de percolation captées prélevées aux stations de mesure sont représentatives d'un seul compartiment ou s'il s'agit d'un mélange provenant de plusieurs compartiments.

Les stations avec piézomètre doivent être situées dans la «zone en aval à proximité» de la décharge, selon l'aide à l'exécution Prélèvements d'eau souterraine en relation avec les sites pollués [13]. Il doit en outre y avoir au moins un piézomètre en amont de la décharge.

S'il n'y a pas d'eaux souterraines captées dans la zone en aval à proximité de la décharge, il convient d'examiner l'influence possible de la décharge sur la qualité des eaux souterraines plus en aval.

Dans la mesure du possible, il faut aussi prélever des échantillons d'eaux claires (eaux souterraines et eaux de percolation captées aux alentours de la décharge et déversées), ce qui permet de repérer rapidement des transferts indésirables de polluants des eaux contaminées dans le réseau d'eaux claires.

5.2.2 Intervalles de mesure

Les paramètres déterminants selon l'annexe A-2 doivent en général être mesurés dans les eaux de percolation et, le cas échéant, dans les eaux souterraines en aval de la décharge pendant au moins trois ans et au moins deux fois par an. Les séries d'analyse existantes peuvent être prises en compte dans ce contexte.

Pour les paramètres ne nécessitant pas des séries d'analyses sur une longue durée (PCB, HAP, etc.), deux ou trois mesures distantes d'une année suffisent.

Les mesures doivent être réalisées à des périodes où la production d'eaux de percolation est différente, par exemple après des précipitations ou après une longue période sèche. Les conditions météorologiques au moment du prélèvement doivent figurer dans le compte rendu. Les échantillons d'eaux souterraines doivent être représentatifs des variations saisonnières du niveau des eaux souterraines. S'il respecte ces exigences, le monitoring d'une décharge en vue de l'estimation de la mise en danger dure généralement trois ou quatre ans. Les

séries d'analyse existantes doivent bien entendu être aussi prises en compte.

5.2.3 Prélèvement, paramètres analysés, mesure des débits

Le prélèvement d'échantillons d'eaux de percolation et d'eaux souterraines doit respecter les exigences prévues dans l'aide à l'exécution Prélèvements d'eau souterraine en relation avec les sites pollués [13]. Les paramètres mesurés sur le terrain – température, conductivité électrique, pH et teneur en oxygène – sont déterminés pendant le prélèvement à l'aide d'instruments calibrés.

En cas de turbidité des échantillons, la filtration ne doit pas entraîner de pertes de polluants. Pour ces échantillons (turbidité > 5 FNU⁶), il convient de déterminer la teneur globale d'un échantillon non filtré en plus des échantillons filtrés selon les indications de l'aide à l'exécution [7].

Le débit ou l'écoulement des eaux de percolation doit au moins être mesuré lors du prélèvement à la station de mesure correspondante, pour calculer les charges polluantes.

Les charges polluantes et leurs tendances doivent être déterminées pour que le comportement de la décharge et l'évolution des concentrations puissent être estimés.

5.3 Évaluation des valeurs mesurées lors de l'examen principal

5.3.1 Préparation des données

La série de données d'analyse des eaux de percolation et des eaux souterraines réalisée selon le point 4.2 sert de base à l'estimation de la mise en danger. Il convient dans un premier temps de préparer ces données: outre les informations sur l'état actuel de la décharge, les séries de données sur plusieurs années permettent de dégager des tendances concernant l'évolution future des concentrations de polluants.

La qualité et la quantité des données d'analyse des eaux de percolation et des eaux souterraines peuvent fortement varier suivant les décharges. Un solide dépouillement statistique est donc nécessaire pour obtenir des résultats fiables. Quelques outils statistiques sont présentés à cet effet à l'annexe A-6.

5.3.2 Interprétation des données

L'annexe A-4 propose des critères numériques relatifs aux eaux de percolation et aux eaux souterraines pour l'estimation des données concernant les polluants et les extrapolations de tendances dépouillées selon l'annexe A-6. Si ces valeurs indicatives sont dépassées, et bien qu'une émission non contrôlée n'entraîne pas forcément la mise en danger du bien à protéger, l'expert doit étudier soigneusement la portée de ces dépassements à l'aune des autres propriétés spécifiques de la décharge.

Les réflexions concernant la définition des critères numériques sont brièvement présentées ci-après.

Eaux de percolation

Le présent modèle de l'annexe A-4 reprend pour l'essentiel les exigences de l'OEaux (annexes 3.2, ch. 2, et 3.3, ch. 25, OEaux) concernant le déversement des eaux de percolation des décharges comme critères pour l'appréciation des eaux de percolation. S'agissant des polluants pour lesquels l'OEaux ne définit pas de valeur numérique, le critère de triage de dix fois la valeur de concentration⁷ de l'OSites est pris en considération, et ce pour plusieurs raisons.

- En cas de défaillance de l'étanchéification du fond de la décharge, les eaux de percolation peuvent parvenir dans les eaux souterraines. Sur un site type développé pour tester le présent modèle, les eaux de percolation parvenant dans les eaux souterraines dans la zone de la décharge sont diluées par un facteur d'environ 5-15. Selon les principes appliqués à la détermination des valeurs de concentration, celles de l'OSites correspondent à une valeur pour l'eau potable fondée au plan toxicologique. Aussi le respect de l'exigence pour les eaux souterraines dans la zone en aval à proximité de la décharge peut-il donc être garanti avec un critère

⁶ FNU = Formazine Nephelometric Units. Pour mesurer la turbidité de manière comparable, on utilise la formazine comme étalon de turbidité.

⁷ Pour évaluer les atteintes portées aux eaux par les sites pollués, l'ordonnance sur les sites contaminés (OSites) fixe des valeurs de concentration.

de dix fois la valeur de concentration dans les eaux de percolation. Lors de l'examen principal, l'expert a la possibilité de tenir compte des conditions réelles sur le site.

- Même lorsque les eaux de percolation sont actuellement traitées dans une station d'épuration (STEP), il faut partir du principe qu'au-delà de la phase de gestion après fermeture elles devront être déversées dans les eaux de surface sans traitement. Avec un facteur minimal de dilution de 10 entre les eaux de percolation et l'exutoire, la qualité de l'eau potable peut généralement être garantie; pour de nombreux exutoires, le facteur 10 de dilution est une valeur conservatrice. L'expert a la tâche de comparer les charges et débits effectifs dans les exutoires concernés.

Dans les eaux de surface, la protection des biocénoses aquatiques est également importante. C'est pourquoi des valeurs maximales sont définies pour la somme des hydrocarbures chlorés et non chlorés (cf. annexe A-4). Le facteur de 10 fois la valeur de concentration ne s'applique pas non plus, en tant que critère d'appréciation, aux pesticides (en particulier aux herbicides) et à leurs métabolites.

Lorsque le facteur de dilution entre les eaux de percolation et l'exutoire est faible, l'expert est tenu d'examiner le risque pour les organismes aquatiques.

Eaux souterraines

Pour les eaux souterraines, le critère numérique pour l'examen principal correspond en principe à 10% de la valeur de concentration de l'OSites. Pour les ions anorganiques tels que les chlorures ou les sulfates, on utilise comme base d'évaluation la moitié de la valeur indicative des Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines [[14] (cf. annexe A-4). Ces composés à faible toxicité servent à estimer l'influence de la décharge sur les eaux souterraines. Lorsque l'étanchéification du fond est intacte, la présence de la décharge ne doit pas être perceptible dans les eaux souterraines.

En vertu de l'OLED, les décharges des types A et B ne requièrent pas d'étanchéification du fond. En général, le fond des décharges de type B est situé sur une barrière géologique dotée d'un complément ou sur une couche peu

perméable. Les exigences appliquées aux eaux souterraines utilisées comme eau potable ou destinées à l'être (annexe 2, ch. 22, OEaux) ainsi que les valeurs indicatives de la qualité des eaux souterraines définies dans l'ouvrage [14] doivent être utilisées pour la classification des mesures des eaux souterraines pour ces types de décharge.

6 Assurance qualité

L'estimation de la mise en danger dans le cadre de l'examen préliminaire, de l'examen principal et de l'examen détaillé exige un regard objectif et indépendant sur l'état des installations et sur les atteintes à l'environnement existantes et prévues. Par ailleurs, lorsque l'expert est lié à l'exploitant par des relations contractuelles depuis de nombreuses années, il dispose de connaissances approfondies du site et de la situation de la décharge et il a accès à des données fondamentales.

Les mesures d'assurance qualité doivent garantir que :

- *l'estimation de la mise en danger **respecte les exigences sur le fond et sur la forme,***
- *les appréciations sont **objectives, vérifiables, justifiables et plausibles** et que*
- *les bases utilisées pour planifier la gestion après fermeture des différentes décharges peuvent être **comparées les unes avec les autres.***

Les détenteurs de décharges et les services spécialisés cantonaux s'engagent à dûment assurer la qualité de l'estimation de la mise en danger.

Lors de l'évaluation, l'autorité compétente accordera une importance particulière aux critères assortis d'un astérisque (critères d'appréciation en caractères rouges assortis d'un astérisque), en vue d'assurer la qualité de l'estimation de la mise en danger.

Le contenu du rapport final doit respecter les exigences de l'annexe A-7, pour garantir la présentation uniforme des indications pour l'estimation de la mise en danger. Les bases nécessaires à cet effet peuvent ainsi plus facilement être comparées entre les différentes décharges.

7 Répertoires

7.1 Figures

Figure 1

Estimation de la mise en danger servant de base de décision.

Figure 2

Phases de la vie d'une décharge

Figure 3

Pollution possible de l'eau due à une décharge (schéma)

Figure 4

Modèle de décharge

Figure 5

Procédure en trois étapes de l'estimation de la mise en danger.

Figure 6

Déroulement de l'examen préliminaire

Figure 7

Déroulement de l'examen principal

Figure 8

Déroulement de l'examen détaillé

Figure 9

Estimation de la mise en danger dans le cadre de l'examen détaillé – procédure itérative

7.2 Bibliographie

- 5 [1]
OFEV, CSD Ingenieure SA, Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft mbH, BMG Engineering AG (2013): Nachsorge und Gefährdungsabschätzung. Kurzbericht zum Anwendungstest. Kurzbericht des Projektteams vom 12.8.2013 (non publié).
- 7 [2]
OFEV (2007): Confinement des sites contaminés par des décharges. État de la technique, possibilités et limites. L'environnement pratique, UV-0720-F.
- 9 [3]
OFEV (2010): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique, UV-1005-F.
- 10 [4]
OFEV (2015): Surveillance des sites pollués – L'environnement pratique, Sites contaminés, UV-1505-F.
- 11 [5]
OFEV (2012): Exigences applicables au déversement du lixiviat de décharge. Recommandations relatives à son évaluation, à son traitement et à son déversement. L'environnement pratique, UV-1223-F.
- 14 [6]
OFEV (2012): TransSim Version 2.0 (2012): Modèle mathématique de simulation pour l'évaluation du transport des polluants dans les zones non saturées jusqu'à leur arrivée dans les eaux souterraines. Destiné aux professionnels traitant des sites contaminés.
- 15 [7]
OFEV (2017): Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués. L'environnement pratique, UV-1715-F.

[8]

OFEV (2013): Détermination des valeurs de concentration et des valeurs limites. Aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur les sites contaminés et à l'ordonnance sur le traitement des déchets. L'environnement pratique, UV-1333-F.

[9]

OFEV (2018): Évaluation de sites pollués en milieu karstique. Un module de l'aide à l'exécution «Investigation de sites pollués». L'environnement pratique, UV-1821-F.

[10]

OFEV (2014): Rapport explicatif concernant la révision totale de l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD). Réf. N093-1290, 10.07.2014.

[11]

OFEV (2018): Besoin, buts et urgence de l'assainissement. Un module de l'aide à l'exécution «Investigation de sites pollués». L'environnement pratique, UV-1828-F.

[12]

OFEFP (2003): Échantillonnage des eaux souterraines. Guide pratique. L'environnement pratique, VU-2506-F.

[13]

OFEFP (2003): Prélèvements d'eau souterraine en relation avec les sites pollués. L'environnement pratique, VU-3413-F.

[14]

OFEFP (2004): Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines. L'environnement pratique, VU-2508-F.

[15]

CSD Ingenieure SA, Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft mbH, BMG Engineering AG (2013): Konzept Einheitliche Gefährdungsabschätzung bei Deponien. Rapport à l'attention de l'OFEV, non publié.

[16]

Hirschmann, G., Förstner, U. (2000): Langzeitverhalten von Schlackedeponien. TU Hamburg-Harburg, Deponietechnik 2000, Verlag Abfall Aktuell, Stuttgart.

[17]

Krümpelbeck, I. (2000): Untersuchungen zum langfristigen Verhalten von Siedlungsabfalldeponien. Bergische Universität, 2000.

[18]

Laner, D., Fellner, J., Brunner, P.H. (2010): Beurteilung von Deponieemissionen in Anbetracht der Nachsorgedauer. TU Wien. DepoTech 2010.

[19]

Laner, D., Fellner, J., Brunner, P.H. (2011): Standortbezogene Kriterien zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Deponieemissionen unter dem Aspekt der Nachsorgedauer. Technische Universität Wien, Projekt Skudena, Schlussbericht.

[20]

SIA: Décharges – Norme SIA 203, SN 531203: 2016, Zurich.

Annexes

A-1 Données de base (à rassembler dès l'examen préliminaire)

INFORMATION DE BASE	RÉFÉRENCE
<i>Rapport d'impact sur l'environnement</i>	Art. 1 et annexe, ch. 4, N° 40.4 et 40.5, OEIE
<i>Études géotechniques et calcul du tassement. Analyses géologiques et hydrogéologiques/attestations relatives au site</i>	Annexe 2, ch. 1, OTD/annexe 2, ch. 1.2.4, OLED
Projet de construction (<i>étanchéification, évacuation des eaux, dégazage, étapes, fermeture</i>)	Art. 24 OTD/art. 39, 40, al. 2, et 42 OLED
Autorisation d'aménager (<i>type de décharge, restrictions d'utilisation après fermeture, autres conditions</i>)	Art. 25 OTD/art. 39 OLED
Réalisation/(documentation) de l'étanchéification, de l'évacuation des eaux, du dégazage, de la fermeture	Annexe 2, ch. 2, OTD/annexe 2, ch. 2, OLED et norme SIA 203 Décharges
Autorisation d'exploiter (<i>règlement d'exploitation, contrôle des installations d'étanchéification/évacuation des eaux/dégazage, preuve que les frais résultant de la fermeture et des interventions ultérieures sont entièrement couverts, restrictions éventuelles concernant les déchets admis, contrôles prescrits pendant et après l'exploitation, travaux d'entretien et documentation, autres conditions</i>)	Art. 26 et 27 OTD/art. 40 OLED et art. 32 b LPE
<i>Inventaire des différents déchets stockés définitivement avec indication du poids > à transmettre tous les ans à l'autorité compétente. Documentation du contenu et de la structure de la décharge. Contrôles réguliers et entretien des installations d'évacuation des eaux, de dégazage et de contrôle des eaux souterraines. Deux fois par an : analyse d'échantillons d'eaux souterraines et d'eaux de percolation captées. Mesures nécessaires après fermeture des différentes étapes.</i>	Art. 34 OTD/art. 6 et 41 OLED
Inventaire des différents déchets stockés définitivement, p. ex. selon leur type ou par période : avant 1991, de 1991 à 2000, de 2000 à 2010, après 2010 (modification de l'OTD concernant les déchets admissibles), après 2016 (OLED)	Art. 23 et 34 OTD
Décharges contrôlées pour résidus stabilisés : documentation des zones de stockage des différents déchets	Art. 35 OTD
Décharges contrôlées bioactives : deux fois par an : analyse des gaz de décharge	Art. 36 OTD/art. 53, al. 5, OLED
Surveillance par le canton (deux fois par an, exploitation et installations prescrites)	Art. 28 OTD
Le cas échéant <i>investigation historique et technique</i> selon OSites	Art. 7 OSites

A-2 Monitoring de la décharge (paramètres d'analyses à prendre en considération)

EAUX DE PERCOLATION	EAUX SOUTERRAINES
Paramètres mesurés sur le terrain/indicateurs	
pH	pH
Conductivité	Conductivité
Potentiel d'oxydoréduction	Potentiel d'oxydoréduction
DCO (demande chimique en oxygène)	–
Fe ²⁺ /Fe ³⁺ , Mn ²⁺	Fe ²⁺ /Fe ³⁺ , Mn ²⁺
Oxygène	Oxygène
COD (carbone organique dissous)	COD (carbone organique dissous)
DBO ₅ (demande biochimique en oxygène) ¹⁾	–
Quantités d'eaux de percolation	Niveau des eaux souterraines
Turbidité ²⁾	Turbidité ²⁾
Température	Température
Particularités organoleptiques (odeur, aspect, couleur)	–
Polluants inorganiques	
Ammonium	Ammonium
Bore	Bore
Nitrites	Nitrites
Nitrates	Nitrates
Chlorures	Chlorures
Bromures ³⁾	–
Sulfates	Sulfates
Phosphate ⁴⁾	–
Cyanure (libéré)	Cyanure (libéré) ⁵⁾
Métaux	Métaux
Polluants organiques	
Composés organiques volatils (COV) (EPA 524)	Composés organiques volatils (COV) (EPA 524)
HC C ₅ –C ₁₀	HC C ₅ –C ₁₀
HC C ₁₀ –C ₄₀	HC C ₁₀ –C ₄₀ ⁵⁾
HAP	HAP ⁵⁾
PCB	PCB ⁵⁾
Phénols ⁶⁾	Phénols ⁶⁾

Possibilités de repérer des composés traces organiques (à évaluer au cas par cas, le cas échéant mesure indicative)

Bisphénol A, phtalates, alkylphénols (surtout nonylphénol)

Autres composés inconnus : screening par GC-MS

Effets écotoxicologiques généraux : essais toxicologiques sur algues, daphnies, bactéries luminescentes (cf. explications dans le texte)

¹⁾ Pertinent pour le déversement dans les eaux selon l'annexe 3.3, ch. 25, OEaux. Dans la pratique, on mesure de préférence la DCO.

²⁾ En cas de turbidité des échantillons, la filtration ne doit pas entraîner de pertes de polluants. Pour ces échantillons (turbidité > 5), il convient également de déterminer la teneur globale d'un échantillon non filtré.

³⁾ Les bromures sont transformés en bromates par ozonation dans les installations d'épuration des eaux usées, ce qui est justifié au plan écotoxicologique ainsi que du point de vue de l'utilisation de l'eau potable. Les eaux de percolation de décharge contenant des résidus d'incinération provenant d'UIOM sont de possibles sources de bromures.

⁴⁾ Uniquement en cas de déversement dans un plan d'eau.

⁵⁾ Prélèvement initial et échantillons ; analyse régulière uniquement si le paramètre a été repéré dans les eaux de percolation.

⁶⁾ Phénols : déterminer la concentration d'alkylphénol.

Informations relatives aux paramètres d'analyse

Les paramètres d'analyse définis dans la présente annexe rassemblent en principe tous les paramètres pertinents pour les déchets artisanaux, industriels et urbains. Ils fournissent des informations pour l'inventaire des déchets, en particulier lorsqu'il y a des lacunes concernant certaines charges de déchets. Les paramètres mobiles servent en outre à évaluer les informations relatives au comportement de la décharge. Ainsi, une nette augmentation de la concentration de sulfates dans les eaux souterraines indique une fuite d'eaux de percolation. L'expert doit en tirer les conclusions qui s'imposent pour la mise en danger au-delà de la phase de gestion après fermeture. Les sulfates en tant que tels ne menacent toutefois pas directement les biens à protéger.

Les aspects importants de certains paramètres de surveillance exigés sont présentés ci-après.

Ammonium et nitrites

Des concentrations élevées d'ammonium et de nitrites dans les eaux de percolation résultent de processus anaérobies de dégradation biologique. On peut donc en tirer des conclusions semi-quantitatives quant à la présence de déchets biodégradables. Ces deux paramètres sont en outre des indicateurs du stade de la décharge (cf. évolution de la pollution des eaux de percolation, figures 5-1 et 5-2 à l'annexe A-5).

Les concentrations d'ammonium dans les eaux souterraines ne sont pas toujours dues à des fuites d'eaux de percolation. Si la présence d'ammonium peut être liée à des activités agricoles ou à des processus naturels dans les eaux souterraines, on peut néanmoins exclure ces effets par une comparaison des concentrations en amont et en aval de la décharge.

Une étude plus approfondie de ces paramètres doit être menée au cours de l'examen principal (annexes A-3.1/3.2, critères B35/C35 et B125/C125), en tenant compte notamment du déversement dans un exutoire (débit, pH), étant donné que les systèmes aquatiques sont très sensibles à l'ammonium et aux nitrates, toxiques pour les poissons.

Sulfates, chlorures, bore

L'annexe A-4 portant sur l'examen principal définit des critères de triage également pour des substances peu toxiques telles que les sulfates, les chlorures ou le bore. Les sulfates et les chlorures sont présents dans les eaux de percolation des décharges des types B à E à des teneurs situées dans la zone des valeurs à un chiffre (g/l). Le bore est en outre un indicateur fiable pour les déchets urbains et les eaux usées. Il s'agit surtout, pour ces ions anorganiques et mobiles, de détecter d'éventuelles fuites d'eaux de percolation dans les eaux souterraines. Il n'y a pas de menace directe pour les biens à protéger.

Les chlorures et les sulfates altèrent le goût de l'eau potable à partir d'une concentration de 250 mg/l. C'est pourquoi le critère de triage pour l'examen principal correspond à dix fois ce seuil, soit à 2500 mg/l.

Phosphore

Dans les eaux de surface et en particulier dans les plans d'eau, des teneurs en phosphore importantes entraînent une forte production primaire. Ce paramètre doit donc être pris en compte lorsqu'il existe ou qu'il pourrait exister à l'avenir (c.-à-d. au-delà de la phase de suivi après fermeture) un déversement dans une étendue d'eaux de surface.

Métaux lourds

Les métaux lourds doivent être pris en compte dans l'examen des décharges du fait de leur fort potentiel polluant. En effet, ils peuvent être émis par le biais des eaux de percolation, soit sous forme dissoute, soit sous forme de particules. Les exigences en matière de déversement dans les eaux de surface selon l'OEaux s'appliquent donc aux teneurs totales (annexe 3.2 OEaux).

Dans les eaux souterraines, il convient de déterminer la part de métaux dissous transportés jusqu'à un récepteur et de métaux transportables liés à des particules fines. Les eaux souterraines prélevées dans un piézomètre peuvent contenir des matériaux en suspension qui ne sont pas transportés par l'aquifère. En cas de turbidité des échantillons (> 5 FNU⁸), ces matériaux en suspension doivent autant que possible être éliminés, mais la filtration ne doit pas entraîner de pertes importantes de

⁸ FNU = Formazine Nephelometric Units. Pour mesurer la turbidité de manière comparable, on utilise la formazine comme étalon de turbidité.

polluants transportables. L'aide à l'exécution Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués [7] définit le procédé d'échantillonnage.

La solubilité des métaux lourds dépend largement du pH des eaux de percolation et de la concentration de ligands complexes (ammoniac, chlorures, EDTA⁹, etc.). Lorsque le pH est faible et les concentrations de ligands élevées, la solubilité des métaux lourds peut fortement augmenter. Prévoir l'évolution du pH dans les eaux de percolation est toutefois très exigeant et n'est le plus souvent nécessaire que dans le cadre d'un examen détaillé auquel on procéderait après avoir relevé d'importantes concentrations de métaux lourds dans les eaux de percolation. L'annexe A-5 propose un procédé à cet effet.

Composés organiques volatils

Les composés organiques volatils chlorés et non chlorés font partie des produits chimiques artisanaux, industriels classiques et peuvent être présents dans toutes les décharges (types B à E). Du fait de leur volatilité, il convient de respecter les exigences prévues par les Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués [7] pour le prélèvement et la conservation d'échantillons.

Le catalogue de critères de l'annexe A-4 fixe comme critère de triage, pour cette catégorie de substances, dix fois la valeur de concentration de l'OSites dans les eaux de percolation (cf. ci-dessus). Les valeurs de concentration des hydrocarbures aromatiques non chlorés – xylène, toluène et éthylbenzène – sont situées dans la zone des valeurs à un chiffre (mg/l). Étant donné que des conséquences négatives pour les organismes aquatiques ne peuvent être exclues même lorsque les concentrations de ces composés sont inférieures à la valeur de concentration, le critère de triage pour la somme des hydrocarbures non chlorés est fixé à ≤ 10 mg/l dans les eaux de percolation. Pour les hydrocarbures chlorés, la somme doit être ≤ 0.5 mg/l. Lorsque le facteur de dilution entre les eaux de percolation et l'exutoire est faible, l'expert est tenu d'examiner le risque pour les organismes aquatiques.

Hydrocarbures aliphatiques, hydrocarbures aromatiques polycycliques, biphenyle polychloré

Ces trois classes de substances peuvent également être très présentes dans les déchets. Il s'agit toutefois pour l'essentiel de substances peu mobiles qui sont bien adsorbées par les matériaux organiques de la matrice de déchets; les émissions, pour autant qu'il y en ait, sont donc principalement liées à des particules. Seules des analyses ponctuelles sont donc exigées, sans mesure des tendances à long terme dans les eaux de percolation.

Carbone organique dissous et demande biochimique en oxygène

Selon une vaste série de données issues des décharges suisses (publiée dans les recommandations [5]), le carbone organique dissous (COD) n'est biodégradable qu'à environ 25 %, 75 % étant réfractaires. Les données divergeant parfois fortement, il convient toutefois de vérifier ces valeurs au cas par cas. Selon l'annexe 3.3, ch. 25, OEaux, les eaux de percolation peuvent être déversées dans les eaux de surface si la demande biochimique en oxygène (DBO5) n'excède pas 20 mg O₂/l. Étant donnée la forte part réfractaire du COD, le présent modèle prévoit pour l'examen principal une valeur de triage de 40 mg C/l dans les eaux de percolation; pour la part non réfractaire, cela correspond à peu près aux exigences de l'OEaux relatives à la DBO5.

Composés traces organiques

Les matériaux bioactifs ainsi que les mâchefers issus de l'incinération des déchets peuvent contenir des composés traces organiques, qui ne sont pas inclus dans les paramètres d'analyse de l'annexe A-2. Vu les faibles concentrations parvenant dans les eaux de percolation captées, ces composés ne sont pas dangereux pour l'homme et l'environnement. Diverses études ont néanmoins montré ces dernières années que des composés tels que le bisphénol A peuvent être présents dans les eaux de percolation à des concentrations situées dans la zone des valeurs à un chiffre (mg/l). Or les exigences de qualité pour les eaux de surface limitent le bisphénol A à une concentration de 1,5 µg/l seulement. Des concentrations substantielles de nonylphénol (exigence de qualité: $\ll 1$ µg/l), dont l'action est œstrogénique, et de phtalates (plastifiants) peuvent également se trouver

⁹ EDTA = acide éthylènediamine-tétracétique ou éthylènediaminetétracétate de calcium disodium (agent complexant)

dans les eaux de percolation. L'expert doit examiner la nécessité d'analyser ces paramètres, en particulier en cas de déversement dans des eaux de surface sensibles ou si les conditions de dilution sont peu favorables.

Outre les composés traces organiques, il peut arriver que d'autres produits chimiques industriels qui ne sont pas inclus dans le programme d'analyse revêtent une certaine importance, surtout lorsque l'inventaire des déchets est lacunaire. Pour exclure tout risque pour les biens à protéger, on procédera alors à des screenings non ciblés (GC-MS), selon l'état de la technique, ce qui permet d'identifier et de prioriser des composés inconnus. Cette méthode permet aussi de détecter les composés mentionnés ci-dessus (bisphénol A, phtalates, nonylphénol). L'un de ses inconvénients est néanmoins que les composés très polaires échappent au criblage.

Pour des raisons pratiques et financières, on ne peut pas identifier tous les polluants présents dans les eaux de percolation. L'expert ne peut donc pas entièrement exclure que ces eaux contiennent d'autres composés problématiques qui pourraient avoir des répercussions négatives sur les eaux de surface en cas de déversement après la fin phase de gestion après fermeture. Si les eaux de percolation sont déversées dans des eaux de surface sensibles, on peut procéder à des essais afin de relever les effets écotoxicologiques des eaux de percolation dans l'exutoire. On peut ainsi repérer les effets généraux sur des organismes aquatiques sans avoir à réaliser des analyses chimiques coûteuses. Ces tests ne remplacent toutefois pas les analyses prévues à l'annexe A-2, du fait que les eaux de percolation peuvent aussi parvenir dans les eaux souterraines (récepteur potentiellement humain).

A-3 Examen principal, matrice d'appréciation

Explications – rapports entre les critères

Les critères définis ci-après pour l'examen principal complet peuvent être marqués en «vert» ou en «jaune». Un critère marqué en «jaune» n'impliquant pas toujours un risque pour des biens à protéger au-delà de la gestion après fermeture, un examen détaillé n'est pas forcément nécessaire.

Un critère marqué en «jaune» peut être considéré en lien avec des critères marqués en «vert». S'il n'est pas plausible ni justifiable que l'appréciation «jaune» soit atténuée par d'autres critères ou par des mesures ciblées ou si on ne peut pas exclure un risque au-delà de la phase de gestion après fermeture, il faut procéder à un examen détaillé.

Les critères en caractères rouges et assortis d'un astérisque revêtent une importance particulière, ce qui limite la marge de manœuvre et le degré de liberté de l'expert. Ces critères ne peuvent être équilibrés que par des mesures ou des spécificités de terrain très particulières. Ils exigent une attention spécifique de l'autorité afin de garantir la qualité effective de l'estimation de la mise en danger.

Toutes les corrélations entre critères ne sont pas indiquées. Il appartient à l'expert de les déterminer pour les critères marqués en «jaune».

Voici quelques exemples de corrélations entre critères.

Exemple 1 : *Une étanchéification du fond non conforme à l'OTD/OLED ou à la norme sia 203 [20] est considérée comme problématique (critère C81 : «jaune»). Toutefois, il n'y a pas de nappes souterraines exploitables dans la zone en aval à proximité du site ni dans la zone en aval plus large (critère C121 : «vert») → appréciation globale «verte».*

A-3.1 Critères pour les décharges de type B – application sélective pour le type A

Les informations et faits relatifs aux différents critères doivent être référencés, c'est-à-dire qu'il faut indiquer de manière vérifiable la source des informations nécessaires à l'évaluation du critère et le lieu où on peut les trouver.

B Critères pour l'examen principal

	« Vert »	« Jaune »
B1 Inventaire des déchets		
B11 État de l'inventaire des déchets * Informations relatives aux déchets stockés définitivement : qualité, quantités, secteur de provenance ?	Documentation complète (qualité connue et documentée pour au moins 80 % des déchets).	Qualité inconnue pour plus de 20 % des déchets.
B12 Stockage de matériaux inertes soumis à autorisation/de déchets admis dans les décharges de type B ?	Oui, avec documentation complète et vérifiable.	Oui, mais données incomplètes.
B13 Stockage de matériaux inertes non conformes à l'OTD/de déchets non admis dans les décharges de type B ? *	Non, documentation vérifiable.	Éventualité impossible à exclure.
B14 Stockage de matériaux d'excavation, de gravats et de déblais non pollués dans une décharge/un compartiment pour matériaux inertes ou dans une décharge de type B ?	Oui, avec documentation complète et vérifiable.	Oui, mais données incomplètes.
B15 Stockage de boues, de déchets sous forme boueuse ? *	Non, ou uniquement gâteaux de filtration solides provenant de boues déshydratées.	Stockage de boues en partie non déshydratées.
B2 Bilan hydrique (prise en compte de tous les processus d'arrivée et de sortie d'eau)		
B21 Statut du bilan hydrique Un bilan hydrique existe-t-il pour la décharge ?	• Bilan hydrique existant et couvrant tous les processus concernés et plausibles.	• Pas de bilan hydrique ou ; • bilan hydrique ne couvrant pas tous les processus concernés ou ; • bilan hydrique non plausible.
B3 Eaux de percolation captées (notamment dans une zone attenante nécessaire à des fins de protection des eaux souterraines exploitables)		
B31 Données existantes Des analyses régulières ont-elles été réalisées sur une longue période dans tous les compartiments ?	• Période complète et analyses régulières • Résultats interprétables (≥ 1 campagne par an sur toute la période d'exploitation).	• Données incomplètes (<1 campagne par an) ou ; • analyses irrégulières.
B32 Mesures des quantités d'eaux de percolation Les quantités d'eaux de percolation provenant des compartiments et la quantité totale sont-elles mesurées régulièrement ?	Mesures régulières.	Mesures irrégulières ou inexistantes.
B33 Paramètres relevés pour les eaux de percolation Tous les paramètres énumérés à l'annexe A-2 sont-ils relevés ?	Oui.	Non.
B34 Qualité des échantillons et des analyses Les exigences définies par le document (7) pour le prélèvement et les analyses sont-elles respectées ?	Oui.	Non.

<p>B35 Concentrations dans les eaux de percolation (actuellement, après fermeture et après la fin de la phase de gestion après fermeture) Les critères numériques de l'annexe A-4 sont-ils respectés actuellement et le seront-ils avec une forte probabilité après la fermeture et après la fin de la phase de gestion après fermeture ?</p>	<p>« Vert » Les concentrations de tous les paramètres sont inférieures ou égales aux critères numériques (annexe A-4).</p>	<p>« Jaune » La concentration d'un ou de plusieurs paramètres est supérieure aux critères numériques (annexe A-4).</p>
<p>B36 Déversement des eaux de percolation Les eaux de percolation sont-elles déversées dans des eaux de surface, le cas échéant après prétraitement sur place, ou sont-elles déversées dans les égouts publics ?</p>	<p>Les eaux de percolation sont déversées directement (cf. critères B13).</p>	<p>Non, elles s'infiltrent (cf. critères B12); ou elles sont prétraitées et/ou déversées dans les égouts publics.</p>
<p>B4 Corps de la décharge</p>		
<p>B41 Tassements Quelle est la probabilité de tassements ?</p>	<p>Le corps de la décharge est homogène et bien compacté. Pas de boues liquides stockées définitivement.</p>	<p>Le corps de la décharge n'est pas homogène et/ou pas assez compacté. Stockage de boues liquides.</p>
<p>B42 Calcul de la stabilité en cas de talus d'une hauteur ≥ 20 m* La stabilité a-t-elle été calculée et mise à jour ? L'arrivée d'eaux de pente et l'éventualité d'une inondation par des eaux souterraines ont-elles été prises en compte ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calculs existants et • prise en compte de l'arrivée d'eaux de pente et de l'éventualité d'une inondation par des eaux souterraines. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de calculs ou • pas de prise en compte de l'arrivée d'eaux de pente et de l'éventualité d'une inondation par des eaux souterraines.
<p>B43 Talus: Pentes de talus</p>	<p>≤ 1:2.5 (≤ 22°).</p>	<p>> 1:2.5 (> 22°).</p>
<p>B44 Horizons aquicludes en cas de talus d'une hauteur ≥ 20 m* Des horizons aquicludes ou des inondations par des eaux souterraines ont-ils été observés dans le corps de la décharge ? Sont-ils prévisibles ?</p>	<p>Pas d'horizons aquicludes ou d'inondations par des eaux souterraines prévisibles dans le corps de la décharge.</p>	<p>Des horizons aquicludes ou des inondations par des eaux souterraines ne peuvent pas être exclus dans le corps de la décharge. Des mesures telles que surveillance des talus, etc. ont été prises.</p>
<p>B45 Stabilité du corps de la décharge en cas de talus d'une hauteur ≥ 20 m* Glissement du corps de la décharge Des mesures géodésiques ou inclinométriques ont-elles été réalisées ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures et interprétations régulières du glissement; et • données de qualité disponibles pour une longue période, mécanismes vérifiables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de mesures interprétables; ou • données incomplètes ou irrégulières; ou • mécanismes partiellement vérifiables.
<p>Mesure du glissement en cas de talus d'une hauteur ≥ 20 m* Déformations en direction de la force motrice ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'augmentation (accélération) détectée; et • pas d'augmentation prévisible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Évolution impossible ou difficile à évaluer; ou • accélération future ne pouvant être exclue.
<p>B5 Séparation entre les compartiments <i>uniquement pour décharges à plusieurs compartiments</i></p>		
<p>B51 Séparation verticale entre les compartiments Les compartiments contenant des déchets de différentes qualités sont-ils séparés verticalement ?</p>	<p>Oui.</p>	<p>Non, séparation horizontale ou en diagonale.</p>
<p>B52 Séparation horizontale: qualité des couches Qualité de la couche supérieure de déchets ?</p>	<p>Le compartiment supérieur contient seulement des matériaux d'excavation non pollués (pas de mâchefers, de matériaux bioactifs, etc.).</p>	<p>Le compartiment supérieur ne contient pas seulement des matériaux d'excavation non pollués (mais aussi des mâchefers, des matériaux bioactifs, etc.).</p>
<p>B53 Séparation en diagonale ou horizontale: comportement de tassement ?</p>	<p>Les compartiments supérieur et inférieur ont un comportement de tassement similaire.</p>	<p>Les compartiments supérieur et inférieur ont un comportement de tassement différent.</p>

	« Vert »	« Jaune »
B54 Couche de séparation Qualité et structure de la couche de séparation ?	<ul style="list-style-type: none"> Couche de séparation compacte – minérale ou attestée équivalente – pour séparer les compartiments des décharges de type C à E. Couche simple pour la séparation verticale dans les décharges de type A. 	<ul style="list-style-type: none"> Couche de séparation minérale ou équivalente peu compacte ou couche perméable pour séparer les compartiments des décharges de type C à E. Couche de séparation perméable pour la séparation horizontale ou en diagonale dans les décharges de type A.
B55 Évacuation des eaux des compartiments (si elle est prescrite) ?	L'évacuation des eaux se fait séparément pour les différents compartiments, qui peuvent faire l'objet de prélèvements séparément.	L'évacuation des eaux ne se fait pas séparément pour les différents compartiments ou ceux-ci ne peuvent pas faire l'objet de prélèvements séparément.
B6 Drainage du fond (eaux de percolation captées, notamment dans une zone attenante nécessaire à des fins de protection des eaux souterraines exploitable).		
B61 Évacuation des eaux par gravité? *	<ul style="list-style-type: none"> Les eaux de percolation s'écoulent par gravité jusqu'à l'exutoire ou en direction de la STEP Les conduites d'évacuation présentent à long terme une pente $\geq 2\%$. 	<ul style="list-style-type: none"> Les eaux de percolation ne s'écoulent pas ou que partiellement par gravité jusqu'à l'exutoire ou en direction de la STEP les conduites d'évacuation présentent à long terme une pente $< 2\%$.
B62 Évacuation des eaux du fond, structure Structure du système d'évacuation des eaux du fond et des talus ?	<ul style="list-style-type: none"> Tapis de drainage perméable au fond et sur les talus ou enveloppement des conduites avec drain; et conduites: \varnothing intérieur ≥ 200 mm; et PEHD. 	<ul style="list-style-type: none"> Conduites: \varnothing intérieur < 200 mm; ou PE, PVC; ou pas d'enveloppement des conduites; ou conduites endommagées et accumulation d'eau attestée ou possible à long terme.
B63 Conduites Les conduites de collecte peuvent-elles être rincées et observées ?	<ul style="list-style-type: none"> Conduites pouvant être rincées sur toute leur longueur; et pouvant être observées sur toute leur longueur au moyen d'une caméra vidéo. 	<ul style="list-style-type: none"> Conduites ne pouvant pas être rincées sur toute leur longueur; ou ne pouvant pas être observées sur toute leur longueur au moyen d'une caméra vidéo.
Fréquence de l'entretien des conduites	<ul style="list-style-type: none"> Période complète et entretien régulier; et résultats interprétables (≥ 1 campagne tous les deux ans sur toute la période d'exploitation). 	<ul style="list-style-type: none"> Résultats de l'entretien non interprétables; ou données incomplètes (< 1 campagne par an).
B7 Chambres de contrôle pour les décharges de type B		
B71 Puits inclinés et galeries accessibles, chambres souterraines État général ?	Les problèmes de construction sont inexistantes ou très rares (pas d'arrivée d'eaux de percolation, de fissures ou d'écaillage).	Les problèmes de construction sont considérables (arrivée d'eaux de percolation, fissures ou écaillage).
Contrôle de l'état: contrôle des matériaux de construction et de la réalisation ?	<ul style="list-style-type: none"> Contrôle régulier de l'état; et documentation complète pour toute la période d'exploitation. 	<ul style="list-style-type: none"> Pas de contrôle de l'état; ou pas d'indications relatives au contrôle de l'état ou indications incomplètes.
Siphonnage des conduites d'eaux de percolation (uniquement pour les compartiments de type B touchant des compartiments de type C à E)	<ul style="list-style-type: none"> Toutes les conduites sont siphonnées. 	<ul style="list-style-type: none"> Les conduites ne sont pas toutes siphonnées; ou la longueur du siphon est insuffisante.
B72 Galeries verticales accessibles État général ?	Les problèmes de construction sont inexistantes ou très rares (pas d'arrivée d'eaux de percolation, de fissures ou d'écaillage).	Les problèmes de construction sont considérables (arrivée d'eaux de percolation, fissures ou écaillage).
Poinçonnement de l'étanchéification du fond ou du complément du sous-sol ?	Le poinçonnement est évité par une couche de fondation ou par le renforcement de l'étanchéification du fond, une couche peu perméable ou un complément de la barrière naturelle du sous-sol.	Le poinçonnement ne peut être exclu.

	« Vert »	« Jaune »
Contrôle de l'état ?	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle régulier de l'état ; et • documentation complète pour toute la période d'exploitation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de contrôle de l'état ou contrôle très irrégulier ; ou • pas d'indications relatives au contrôle de l'état ou indications incomplètes.
B8 Complément de la barrière naturelle du sous-sol, couche peu perméable		
B81 Structure de la construction dans une zone attenante nécessaire à des fins de protection des eaux souterraines exploitables * La construction respecte-t-elle les exigences techniques de l'OTD/de l'OLED ?	Le complément de la barrière naturelle du sous-sol est nécessaire et a été objectivement réalisé selon les exigences techniques de l'OTD/de l'OLED.	Le complément de la barrière naturelle du sous-sol est nécessaire, mais ne respecte pas les exigences techniques de l'OTD/de l'OLED (perméabilité plus grande ou épaisseur plus faible).
B82 Structure de la construction en secteur ũB : Sous-sol peu perméable ?	Le sous-sol présente une perméabilité de $k \leq 1.0 \times 10^{-7}$ m/s ou il existe une base artificielle peu perméable (p. ex. couche peu perméable selon norme SIA 203).	Le sous-sol présente une perméabilité de $k > 1.0 \times 10^{-7}$ m/s et il n'y a pas de base artificielle peu perméable.
B83 Contrôles L'efficacité et la mise en place ont-elles été contrôlées et documentées ?	Indications complètes sur le contrôle des exigences et de la qualité et résultats interprétables en ce qui concerne la qualité (plan de qualité existant).	Pas de contrôle des exigences et de la qualité ou résultats incomplets ou non interprétables.
B84 Pénétration de l'étanchéification Des ouvrages (galeries, conduites, etc.) pénètrent-ils verticalement dans la couche d'étanchéification ?	Pas de pénétration verticale de la couche d'étanchéification.	Pénétration verticale de la couche d'étanchéification.
B85 Transitions entre compartiments La zone de transition entre compartiments est-elle prise en compte dans la construction (couches perméables – résistance au cisaillement) ?	La zone de transition est équipée de couches d'étanchéification passant d'un compartiment à l'autre, elle est renforcée et développée en permanence.	La zone de transition n'est pas toute construite et réalisée avec un soin particulier.
B9 Gaz de décharge : critère ne s'appliquant pas aux décharges de type B		
B10 Fermeture en surface		
B101 Végétation Le risque d'érosion est-il éliminé au moyen de mesures appropriées ? Une érosion est-elle observée ?	Oui, et pas d'érosion observée.	Non, ou érosion observée.
B102 Évacuation des eaux de la fermeture en surface pour collecter l'eau en surface : Structure du tapis de drainage ?	Tapis de drainage et/ou conduites d'évacuation – si nécessaire en raison des propriétés du sous-sol.	Pas de tapis de drainage ou pas de conduites d'évacuation.
Inclinaison du tapis de drainage ?	Inclinaison $\geq 4\%$.	Inclinaison $< 4\%$.
B103 Zone de transition – fermeture en surface La zone de transition entre compartiments ou vers le terrain végétalisé est-elle prise en compte dans la construction ?	Oui.	Non, ou seulement partiellement.
B11 Sous-sol (zone non saturée)		
B111 Épaisseur de la zone non saturée Distance entre le fond de la décharge et le niveau maximal de la nappe à long terme ?	Épaisseur de la zone non saturée ≥ 2 m.	Épaisseur de la zone non saturée < 2 m.

	« Vert »	« Jaune »
B112 Sous-sol Évaluation du sous-sol selon les exigences de l'OTD/de l'OLED relatives à la barrière géologique naturelle ?	Les exigences de l'annexe 2, ch. 1, OTD et de l'annexe 2, ch. 1.2, OLED sont respectées, ou des mesures dont il est prouvé qu'elles sont au moins équivalentes ont été prises. Des preuves relatives à l'adéquation du site existent (géologie/hydrogéologie, nature du sol, comportement de tassement).	Les exigences de l'annexe 2, ch. 1, OTD et de l'annexe 2, ch. 1.2, OLED ne sont pas respectées, et des mesures dont il est prouvé qu'elles sont au moins équivalentes n'ont pas été prises ou il n'existe pas de preuves relatives à l'adéquation du site disponibles (géologie/hydrogéologie, nature du sol, comportement de tassement).
B113 Sensibilité du sous-sol au tassement, karst: * Évaluation de la sensibilité du sous-sol naturel au tassement ?	Composition du sous-sol : • roche ; ou • moraine compacte ayant très peu tendance à s'affaisser ou présentant des différences de tassement minimales ; et • absence de karst et de milieu très fissuré.	Composition du sous-sol : • roche meuble non consolidée ; ou • dépôts d'atterrissement postglaciaires ou autres matériaux ayant considérablement tendance à s'affaisser ; ou • karst ou milieu très fissuré.
B12 Bien à protéger: eaux souterraines, captages d'eau		
B121 Nappes souterraines exploitables * Y a-t-il des nappes souterraines exploitables sur le site ?	La décharge est située en secteur üB ou dans une zone attenante nécessaire à des fins de protection des eaux souterraines exploitables.	La décharge est située au-dessus d'eaux souterraines exploitables.
B122 Surveillance des eaux souterraines * (S'il y a des nappes souterraines exploitables): Y a-t-il des piézomètres de surveillance en amont et en aval du site ? La structure et l'état des piézomètres permettent-ils des prélèvements représentatifs ?	• Au moins 1 piézomètre en amont, 3 en aval ; et • prélèvements réguliers (au moins 1 campagne par an) ; et • prélèvements représentatifs.	• Pas de surveillance des eaux souterraines ; ou • au moins 2 piézomètres en aval ; ou • prélèvements irréguliers (moins d'une campagne par an) ; ou • prélèvements non représentatifs.
B123 Paramètres relevés Tous les paramètres énumérés à l'annexe A-2 (Monitoring de la décharge, paramètres d'analyse) sont-ils relevés ?	Oui.	Non.
B124 Qualité des échantillons et des analyses Les exigences définies par les documents [7] et [12] pour le prélèvement et les analyses sont-elles respectées ?	Oui.	Non.
B125 Résultats de la surveillance des eaux souterraines * Les eaux souterraines sont-elles contaminées excessivement par l'exploitation de la décharge ?	Les exigences de qualité définies à l'annexe 2, ch. 22, OEaux et dans les instructions [14] sont respectées dans la zone en aval à proximité de la décharge. Augmentation des concentrations de polluants en aval de la décharge (Δ aval – amont) inférieure à 50% de la valeur indicative fixée par les instructions [14].	Les exigences de qualité définies à l'annexe 2, ch. 22, OEaux et dans les instructions [14] ne sont pas respectées dans la zone en aval à proximité de la décharge. Augmentation des concentrations de polluants en aval de la décharge (Δ aval – amont) supérieure à 50% de la valeur indicative fixée par les instructions [14].
B126 Captages d'eaux souterraines Y a-t-il, en aval de la décharge, des captages d'eaux souterraines d'intérêt public ou des nappes d'eau souterraine continues en secteur A _u de protection des eaux ?	• Non ; ou • distance par rapport au captage ou à la nappe d'eau souterraine en aval \geq 2000 m.	• Oui ; et • distance par rapport au captage ou à la nappe d'eau souterraine en aval $<$ 2000 m.
B13 Bien à protéger: eaux de surface		
B131 Eaux de surface * Distance des eaux de surface ?	• Une inondation de la décharge ou du pied de la décharge par des eaux de surface est exclue même dans les cas extrêmes (crue centennale) ; et	• Une inondation de la décharge ou du pied de la décharge par des eaux de surface ne peut pas être exclue ; ou

	« Vert »	« Jaune »
Risques liés au déversement diffus d'eaux de percolation et/ou à l'érosion des déchets (ruissellement de surface, glissement de terrain, érosion éolienne) ?	<ul style="list-style-type: none"> • les risques liés au déversement diffus d'eaux de percolation et à l'érosion des déchets peuvent être exclus. 	<ul style="list-style-type: none"> • les risques liés au déversement diffus d'eaux de percolation et à l'érosion des déchets ne peuvent pas être exclus.
B132 Déversement dans un cours d'eau Les exigences de qualité définies par l'OEaux et les recommandations [5] sont-elles respectées après dilution des eaux de percolation dans le cours d'eau – en tenant compte de la contamination de fond et sans traitement préalable – pour le débit Q_{347} ?	Oui.	Non.
B133 Déversement dans un plan d'eau Les exigences de qualité définies par l'OEaux et les recommandations [5] sont-elles respectées – en tenant compte de la contamination de fond et du taux d'échange et sans traitement préalable ?	Oui.	Non.
B14 Bien à protéger : sol		
B141 Remise en culture/sol (agriculture, forêt) : La décharge porte-t-elle atteinte à la couche de remise en culture (fuites de gaz, équilibre hydrique insuffisant) ou risque-t-elle de lui porter atteinte à l'avenir ?	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'atteinte observée actuellement ; et • pas d'atteinte prévisible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Des atteintes peuvent être observées actuellement ; ou • des atteintes sont prévisibles.
B142 Surfaces utiles à proximité immédiate de la décharge Les surfaces utiles à proximité immédiate de la décharge subissent-elles des atteintes dues à la décharge (p.ex. perturbations de l'équilibre hydrique par le ruissellement de surface, vents tourbillonnants) ?	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'atteinte observée actuellement ; et • pas d'atteinte prévisible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Des atteintes peuvent être observées actuellement ; ou • des atteintes sont prévisibles.

A-3.2 Critères pour les décharges de type C, D et E

Les informations et faits relatifs aux différents critères doivent être référencés, c'est-à-dire qu'il faut indiquer de manière vérifiable la source des informations nécessaires à l'appréciation du critère et le lieu où on peut les trouver.

C Critères pour l'examen principal

	« Vert »	« Jaune »
C1 Inventaire des déchets		
C12 État de l'inventaire des déchets * Informations relatives aux déchets stockés définitivement : qualité, quantités, provenance ?	Documentation complète.	Qualité inconnue pour plus de 20 % des déchets.
C13 Stockage de déchets combustibles et/ou dégradables ? *	Moins de 5 % de déchets combustibles et/ou dégradables stockés.	Plus de 5 % de déchets combustibles et/ou dégradables stockés.
C14 Déchets artisanaux, déchets industriels, déchets spéciaux, autres déchets soumis à contrôle ? *	Pas de stockage définitif : • de déchets issus de l'artisanat ou de l'industrie dont la qualité n'est pas connue; ni • de déchets spéciaux ou soumis à contrôle (classes « ds », « scd », « sc ») selon OMoD/OLED.	Stockage définitif : • de déchets issus de l'artisanat ou de l'industrie dont la qualité n'est pas connue; ou • de déchets spéciaux ou soumis à contrôle (classes « ds », « scd », « sc ») selon OMoD/OLED.
C15 Stockage mélangé ? *	Pas de stockage mélangé de différents matériaux bioactifs (p. ex. mâchefers, déchets urbains, boues d'épuration, autres déchets) dans la décharge/le compartiment pour résidus stabilisés (période antérieure à l'OLED).	Stockage mélangé de différents matériaux bioactifs (p. ex. mâchefers, déchets urbains, boues d'épuration, autres déchets) dans la décharge/le compartiment pour résidus stabilisés (période antérieure à l'OLED).
C16 Mâchefers : Les mâchefers ont-ils été traités en vue de l'extraction des métaux ?	Oui.	Non.
C2 Bilan hydrique (prise en compte de tous les processus d'arrivée et de sortie d'eau)		
C21 Statut du bilan hydrique Un bilan hydrique existe-t-il pour la décharge ?	• Bilan hydrique existant; et • couvrant tous les processus concernés; et • bilan hydrique plausible.	• Pas de bilan hydrique; ou • bilan hydrique ne couvrant pas tous les processus concernés; ou • bilan hydrique non plausible.
C3 Eaux de percolation captées non traitées		
C31 Données existantes Des analyses régulières ont-elles été réalisées sur une longue période dans tous les compartiments ?	• Période complète et analyses régulières, et • résultats interprétables (au moins 1 campagne par an sur toute la période d'exploitation, au moins pendant 3–4 ans).	• Données incomplètes (< 1 campagne par an); ou • analyses irrégulières.
C32 Mesures des quantités d'eaux de percolation Les quantités d'eaux de percolation provenant des compartiments et la quantité totale sont-elles mesurées régulièrement ?	Mesures régulières.	Mesures irrégulières ou inexistantes.
C33 Paramètres relevés pour les eaux de percolation Tous les paramètres énumérés à l'annexe A-2 sont-ils relevés ?	Oui.	Non.

	« Vert »	« Jaune »
<p>C34 Qualité des échantillons et des analyses Les exigences définies par le document [7] pour le prélèvement et les analyses sont-elles respectées ?</p>	Oui.	Non.
<p>C35 Concentrations dans les eaux de percolation (actuellement, après la fermeture, après la fin de la phase de gestion après fermeture) Les critères numériques de l'annexe A-4 sont-ils respectés actuellement et le seront-ils avec une forte probabilité après la fermeture et après la fin de la phase de gestion après fermeture ?</p>	Les concentrations sont inférieures ou égales aux critères numériques pour tous les paramètres (annexe A-4).	La concentration d'un ou de plusieurs paramètres est supérieure ou égale aux critères numériques (annexe A-4).
<p>C36 Traitement Les eaux de percolation sont-elles traitées, le cas échéant, sur place ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Oui, les eaux de percolation captées sont traitées; et • les exigences relatives au déversement dans les eaux de surface ou au déversement des eaux de percolation captées dans les égouts publics (OEaux) sont respectées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Non, les eaux de percolation captées ne sont pas traitées; ou • le traitement ne correspond pas à l'état de la technique ou ne comprend que quelques étapes; ou • les exigences relatives au déversement dans les eaux de surface ou au déversement des eaux de percolation captées dans les égouts publics (OEaux) ne sont pas respectées.
<p>C37 Autres eaux collectées Des atteintes dues à la décharge sont-elles perceptibles dans les autres eaux collectées telles que les eaux claires et eaux de pente ? Ces eaux respectent-elles les exigences de l'OEaux relatives au déversement ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune atteinte due à la décharge n'est perceptible dans les eaux; et • les exigences de l'OEaux relatives au déversement sont respectées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Une influence de la décharge est perceptible dans les eaux (à préciser); ou • les exigences de l'OEaux relatives au déversement ne sont pas respectées.
C4 Corps de la décharge		
<p>C41 Température du corps de la décharge Vu la composition des déchets, des réactions chimiques et/ou une augmentation de la température sont-elles prévisibles ou observées ?</p>	$T \leq 20^{\circ}\text{C}$.	$T > 20^{\circ}\text{C}$.
<p>C42 Tassements/affaissements Quelle est la probabilité de tassements/d'affaissements ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Le corps de la décharge est homogène et bien compacté et il n'y a pas de potentiel de formation de gaz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le corps de la décharge n'est pas homogène et/ou pas assez compacté; ou • il présente un potentiel de formation de gaz.
<p>C43 Mesures du tassement Des mesures du tassement ont-elles été réalisées et les résultats, interprétés ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures et interprétations régulières; et • données de qualité constante disponibles pour une longue période. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de mesures interprétables; ou • données incomplètes ou irrégulières.
<p>C44 Calcul de la stabilité* La stabilité a-t-elle été calculée et mise à jour? L'arrivée d'eaux de pente et l'éventualité d'une inondation par des eaux souterraines ont-elles été prises en compte ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calculs existants pour une longue période, mises à jour. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de calculs; ou • calculs existants pour une longue période, mais sans mise à jour.
<p>C45 Talus: Pentes de talus ?</p>	$\leq 1:2.5 (\leq 22^{\circ})$.	$> 1:2.5 (> 22^{\circ})$.

	« Vert »	« Jaune »
<p>C46 Horizons aquicludes en cas de talus d'une hauteur ≥ 20 m * Des horizons aquicludes ou des inondations par des eaux souterraines ont-ils été observés dans le corps de la décharge ? Sont-ils prévisibles ?</p> <p>C47 Stabilité du corps de la décharge Glissement du corps de la décharge * Des mesures géodésiques ou inclinométriques ont-elles été réalisées ?</p> <p>C48 Mesure du glissement en cas de talus d'une hauteur ≥ 20 m Déformations en direction de la force motrice</p>	<p>Pas d'horizons aquicludes ou d'inondations par des eaux souterraines prévisibles dans le corps de la décharge.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesures et interprétations régulières du glissement ; et • données de qualité disponibles pour une longue période, • mécanismes vérifiables. <ul style="list-style-type: none"> • Pas d'augmentation (accélération) détectée ; et • pas d'augmentation prévisible. 	<p>Des horizons aquicludes ou des inondations par des eaux souterraines ne peuvent pas être exclus dans le corps de la décharge. Des mesures telles que surveillance des talus, évacuation complémentaire des eaux dans le corps de la décharge, etc. ont été prises.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pas de mesures interprétables ; ou • données incomplètes ou irrégulières ; ou • mécanismes partiellement vérifiables. <ul style="list-style-type: none"> • Évolution impossible ou difficile à évaluer ; ou • accélération future ne pouvant être exclue.
C5 Séparation entre les compartiments <i>uniquement pour décharges à plusieurs compartiments</i>		
<p>C51 Séparation verticale entre les compartiments Les compartiments contenant des déchets de différentes qualités sont-ils séparés verticalement ?</p> <p>C52 Séparation horizontale : qualité des couches Qualité de la couche supérieure de déchets ?</p> <p>C53 Séparation en diagonale ou horizontale : comportement de tassement ?</p> <p>C54 Couche de séparation Qualité et structure de la couche de séparation ?</p> <p>C55 Évacuation des eaux des compartiments ? *</p>	<p>Oui.</p> <p>Le compartiment supérieur contient uniquement des matériaux inertes/des déchets de type B ou des matériaux d'excavation non pollués (ni mâchefers, ni matériaux bioactifs, etc.).</p> <p>Les compartiments supérieur et inférieur ont un comportement de tassement similaire.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Couche minérale de séparation compacte ou séparation des compartiments attestée équivalente. <p>L'évacuation des eaux se fait séparément pour les différents compartiments, qui peuvent être examinés séparément.</p>	<p>Non, séparation horizontale ou en diagonale.</p> <p>Le compartiment supérieur ne contient pas seulement des matériaux inertes/des déchets de type B ou des matériaux d'excavation non pollués (mais aussi des mâchefers, des matériaux bioactifs, etc.).</p> <p>Les compartiments supérieur et inférieur ont un comportement de tassement différent.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Couche de séparation compacte, mais pas minérale ; ou • couche minérale de séparation peu compacte ; ou • couche de séparation perméable. <p>L'évacuation des eaux ne se fait pas séparément pour les différents compartiments ou ceux-ci ne peuvent pas être examinés séparément.</p>
C6 Drainage du fond		
<p>C61 Évacuation des eaux par gravité ? *</p> <p>C62 Évacuation des eaux du fond et des talus, structure * Structure du système d'évacuation des eaux du fond et des talus ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Les eaux de percolation s'écoulent par gravité jusqu'à l'exutoire ou en direction de la STEP ; et • le tapis de drainage et les conduites d'évacuation présentent à long terme une pente ≥ 2 %. <ul style="list-style-type: none"> • Tapis de drainage perméable au fond et sur les talus ; et • épaisseur ≥ 30 cm au fond ; et • conduites : Ø intérieur ≥ 200 mm ; et • PEHD ; ou • des mesures complémentaires, ou dont il est prouvé qu'elles sont équivalentes, ont été prises au niveau de la structure. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les eaux de percolation ne s'écoulent pas ou que partiellement par gravité jusqu'à l'exutoire ou en direction de la STEP ; ou • le tapis de drainage et les conduites d'évacuation présentent à long terme une pente < 2 %. <ul style="list-style-type: none"> • Conduites : Ø intérieur < 200 mm ; ou • PE, PVC ; ou • enveloppement des conduites avec drain ; ou • conduites endommagées et accumulation d'eau attestée ou possible à long terme.

	« Vert »	« Jaune »
<p>C63 Zone de transition, différences de tassement La zone de transition entre sous-sol meuble et solide et les différences de tassement de la barrière du fond sont-elles prises en compte dans la construction (conduites – résistance au cisaillement) ?</p>	Oui.	Non, ou seulement partiellement.
<p>C64 Conduites Les conduites de collecte peuvent-elles être rincées et observées ?</p> <p>Fréquence de l'entretien des conduites ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conduites pouvant être rincées sur toute leur longueur ; et • pouvant être observées sur toute leur longueur au moyen d'une caméra vidéo. • Période complète et entretien régulier, et • résultats interprétables (≥1 campagne par an sur toute. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conduites ne pouvant pas être rincées sur toute leur longueur ; ou • ne pouvant pas être observées sur toute leur longueur au moyen d'une caméra vidéo. • Résultats de l'entretien non interprétables ; ou • données incomplètes (<1 campagne par an) ; ou • entretien irrégulier.
C7 Chambres de contrôle		
<p>C71 Puits inclinés et galeries accessibles, chambres souterraines État général ?</p> <p>Protection contre les contacts avec les eaux de percolation ?</p> <p>Contrôle de l'état : contrôle des matériaux de construction et de la réalisation ?</p> <p>Siphonnage des conduites d'eaux de percolation ?</p>	<p>Les problèmes de construction sont inexistantes ou très rares (pas d'arrivée d'eaux de percolation, de fissures ou d'écaillage).</p> <p>Protection de surface du béton intégrale au moyen d'enduits, revêtements, lés d'étanchéité synthétiques ou couches minérales de couverture.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contrôle régulier de l'état ; et • documentation complète pour toute la période d'exploitation. • Toutes les conduites sont siphonnées. 	<p>Les problèmes de construction sont considérables (arrivée d'eaux de percolation, fissures ou écaillage).</p> <p>Protection de surface du béton partielle ou inexistante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pas de contrôle de l'état ou contrôles irréguliers ; ou • pas d'indications relatives au contrôle de l'état ou indications incomplètes. • Les conduites ne sont pas toutes siphonnées ; ou • la longueur du siphon est insuffisante.
<p>C72 Galeries verticales accessibles État général ?</p> <p>Protection contre les contacts avec les eaux de percolation ?</p> <p>Poinçonnement de l'étanchéification du fond ?</p> <p>Contrôle de l'état</p>	<p>Les problèmes de construction sont inexistantes ou très rares (pas d'arrivée d'eaux de percolation, de fissures ou d'écaillage).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protection de surface du béton intégrale ; ou • réalisation en PEHD, GFK, etc. <p>Le poinçonnement est évité par une couche de fondation ou par le renforcement de l'étanchéification du fond.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contrôle régulier de l'état ; et • documentation complète pour toute la période d'exploitation. 	<p>Les problèmes de construction sont considérables (arrivée d'eaux de percolation, fissures ou écaillage).</p> <p>Protection de surface du béton partielle ou inexistante.</p> <p>Le poinçonnement ne peut être exclu.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pas de contrôle de l'état ou contrôle très irrégulier ; ou • pas d'indications relatives au contrôle de l'état ou indications incomplètes.

	« Vert »	« Jaune »
C8 Étanchéification du fond et des talus		
C81 Structure de la construction La construction respecte-t-elle les exigences techniques de l'OTD/de l'OLED (attestations/ contrôles p.ex. selon l'aide à la mise en œuvre de la norme SIA 203 [20]) ?	L'étanchéification du fond a été objectivement réalisé selon les exigences techniques de l'OTD/de l'OLED.	<ul style="list-style-type: none"> • L'étanchéification du fond ne respecte pas les exigences de l'OTD/de l'OLED : • épaisseur du plastique insuffisante ; ou • épaisseur de l'étanchéification minérale insuffisante ; ou • perméabilité trop importante.
C82 Structure de la construction II ? *	L'étanchéification du fond ne respecte pas les exigences du critère C81, mais des mesures complémentaires dont il est prouvé qu'elles sont équivalentes ont été prises au niveau de la structure.	Pas d'étanchéification du fond et des talus.
C83 Mesures de construction et/ou d'exploitation p.ex. en cas d'utilisation de matériaux fluents ou de forces de poussée sur l'étanchéification ?	Pas de matériaux fluents ou mesures appropriées pour éviter les glissements dus à des contraintes de cisaillement ou à des forces de poussée.	Présence de matériaux fluents ou pas de mesures de construction pour éviter les glissements.
C84 Zone de transition La zone de transition entre sous-sol meuble et solide est-elle prise en compte dans la construction (différences de tassement, résistance au cisaillement) ?	Les bords sont renforcés et la zone de transition meuble/solide est développée en permanence.	La zone de transition n'est pas toute construite et réalisée avec un soin particulier.
C85 Contrôles L'efficacité et la mise en place ont-elles été contrôlées et documentées ?	Indications complètes sur le contrôle des exigences et de la qualité et résultats interprétables en ce qui concerne la qualité (plan d'assurance qualité).	Pas de contrôle des exigences et de la qualité ou résultats incomplets ou non interprétables.
C86 Pénétration de l'étanchéification Des ouvrages (galeries, puits, conduites, etc.) pénètrent-ils dans l'étanchéification ?	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de pénétration verticale de l'étanchéification ; et • pénétrations horizontales assurées spécifiquement ou dotées d'un système de contrôle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pénétrations verticales de l'étanchéification ; ou • pénétrations horizontales non sécurisées spécifiquement ou sans système de contrôle.
C87 Zone de transition entre compartiments La zone de transition entre compartiments ou entre sous-sol meuble et solide est-elle prise en compte dans la construction (résistance au cisaillement) ?	La zone de transition est équipée d'étanchéifications passant d'un compartiment à l'autre, elle est renforcée et optimisée en permanence.	La zone de transition présente des défauts de construction et de réalisation.
C9 Gaz de décharge		
C91 Production de gaz de décharge Des gaz de décharge sont-ils produits (plusieurs phases) ? Y a-t-il un potentiel de formation de gaz ?	Non, seuls des déchets sans potentiel de formation de gaz sont stockés.	Un potentiel de formation de gaz est possible ou observé.
C92 Égazage actif Un dégazage actif est-il nécessaire ?	$< 0.001 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{m}^2 \times \text{h}$.	$> 0.001 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{m}^2 \times \text{h}$.
C93 Fuites de gaz Des fuites de gaz sont-elles observées ? Y a-t-il un monitoring ?	Les mesures actuelles régulières FID à la surface de la décharge font l'objet d'une documentation et d'une interprétation (bilan et prévision des gaz).	Les mesures FID sont irrégulières ou ne font pas l'objet d'une interprétation.
C94 Gaz à l'état de trace toxiques Y a-t-il des indices de gaz à l'état de trace toxiques ?	Pas d'indices sur la base de l'inventaire des déchets et de l'analyse des eaux de percolation (valeurs accrues de gaz organiques volatils persistants).	Indices sur la base de l'inventaire des déchets ou de l'analyse des eaux de percolation.
C95 Protection contre les explosions Répartition en zones, plan de mesures ?	Un plan de zones et de mesures a été réalisé.	Les plans ne sont pas réalisés ou sont incomplets.

	« Vert »	« Jaune »
C10 Fermeture en surface (prise en compte de la couche de remise en culture)		
C101 Végétation Le risque d'érosion est-il éliminé par des mesures appropriées ? Une érosion est-elle observée ?	Oui, et pas d'érosion observée.	Non, ou érosion observée.
C102 Évacuation des eaux de la fermeture en surface Pour collecter l'eau en surface Structure du tapis de drainage ? Inclinaison du tapis de drainage ?	Tapis de drainage sur graves ou sable avec bonne répartition granulométrique et conduites d'évacuation – si nécessaire en raison des propriétés du sous-sol. Inclinaison $\geq 4\%$.	Pas de tapis de drainage ou pas de conduites d'évacuation. Inclinaison $< 4\%$.
C103 Étanchéification de la surface Surface complètement étanchéifiée (dans la mesure où cela est nécessaire en raison de la composition des déchets et des propriétés des eaux de percolation ou su site) ?	La construction respecte les exigences de la norme SIA relatives à l'étanchéification de la surface ou des mesures dont il est prouvé qu'elles sont équivalentes ont été prises.	La construction ne remplit pas toutes les exigences de la norme SIA relatives à l'étanchéification de la surface ou n'est que partiellement équivalente.
C104 Zone de transition La zone de transition entre compartiments ou vers le terrain végétalisé est-elle prise en compte dans la construction ?	Oui.	Non, ou seulement partiellement.
C105 Autre fermeture en surface pas complètement étanchéifiée ?	La composition des déchets, les propriétés des eaux de percolation ou du site n'exigent pas d'étanchéification de la surface ou le compartiment n'a pas été exploité avant 1996 ou des mesures supplémentaires de réduction des quantités de polluants sont prévues ou en cours.	Les conditions ci-contre ne sont que partiellement remplies.
C11 Sous-sol (zone non saturée)		
C111 Épaisseur de la zone non saturée Distance entre le fond de la décharge et le niveau maximal de la nappe à long terme ?	Épaisseur de la zone non saturée ≥ 2 m.	Épaisseur de la zone non saturée < 2 m.
C112 Sous-sol Évaluation du sous-sol selon les exigences de l'OTD/de l'OLED relatives à la barrière géologique naturelle ?	Les exigences de l'annexe 2, ch. 1, OTD et de l'annexe 2, ch. 1.2, OLED sont respectées ou des mesures dont il est prouvé qu'elles sont au moins équivalentes ont été prises. Les preuves relatives à l'adéquation du site sont disponibles (géologie, hydrogéologie, nature du sol, comportement de tassement).	Les exigences de l'annexe 2, ch. 1, OTD et de l'annexe 2, ch. 1.2, OLED ne sont pas respectées et des mesures dont il est prouvé qu'elles sont au moins équivalentes n'ont pas été prises; ou il n'existe pas de preuve relative à l'adéquation du site (géologie, hydrogéologie, nature du sol, comportement de tassement).
C113 Sensibilité du sous-sol au tassement, karst: * Évaluation de la sensibilité du sous-sol naturel au tassement ?	Composition du sous-sol : • Roche; ou • moraine compacte ayant très peu tendance à s'affaisser ou présentant des différences de tassement minimales; et • absence de karst et de milieu très fissuré.	Composition du sous-sol : • roche meuble non consolidée; ou • dépôts d'atterrissement postglaciaires ou autres matériaux ayant considérablement tendance à s'affaisser; ou • karst ou milieu très fissuré.

	« Vert »	« Jaune »
C12 Bien à protéger : eaux souterraines, captages d'eau		
<p>C121 Nappes souterraines exploitables * Y a-t-il des nappes souterraines exploitables sur le site ?</p>	<p>La décharge n'est pas située au-dessus d'eaux souterraines exploitables ni d'une zone attenante nécessaire à leur protection (secteur A_U de protection des eaux) ; et</p> <ul style="list-style-type: none"> • si la décharge est située en amont d'une eau souterraine exploitable, la distance minimale par rapport au secteur A_U s'élève à au moins 200 m ; et • si la décharge est située à côté (latéralement) d'une eau souterraine exploitable, la distance minimale par rapport au secteur A_U s'élève à au moins 50 m. 	<p>La décharge se situe au-dessus d'eaux souterraines exploitables ou d'une zone attenante nécessaire à leur protection ; ou</p> <ul style="list-style-type: none"> • si la décharge est située en amont d'une eau souterraine exploitable, la distance minimale par rapport au secteur A_U est inférieure à 200 m ; ou • si la décharge est située à côté (latéralement) d'une eau souterraine exploitable, la distance minimale par rapport au secteur A_U est inférieure à 50 m.
<p>C122 Surveillance des eaux souterraines * (S'il y a des nappes souterraines exploitables) : Y a-t-il des piézomètres de surveillance en amont et en aval du site ? La structure et l'état des piézomètres permettent-ils des prélèvements représentatifs ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Au moins 1 piézomètre en amont, 3 en aval ; et • prélèvements réguliers (≥1 campagne par an) ; et • prélèvements représentatifs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de surveillance des eaux souterraines ; ou • ≤2 piézomètres en aval ou • prélèvements irréguliers (<1 campagne par an) ; ou • prélèvements non représentatifs.
<p>C123 Paramètres relevés Tous les paramètres énumérés à l'annexe A-2 (Monitoring de la décharge, paramètres d'analyse) sont-ils relevés ?</p>	Oui.	Non.
<p>C124 Qualité des échantillons et des analyses Les exigences définies par les documents [7] et [12] pour le prélèvement et les analyses sont-elles respectées ?</p>	Oui.	Non.
<p>C125 Résultats de la surveillance des eaux souterraines * Les eaux souterraines sont-elles contaminées excessivement par l'exploitation de la décharge ? (<i>actuellement, après la fermeture, après la fin de la phase de gestion après fermeture</i>)</p>	Les critères numériques de l'annexe A-4 sont respectés.	Les critères numériques de l'annexe A-4 ne sont pas respectés.
<p>C126 Captages d'eaux souterraines Y a-t-il, en aval de la décharge, des captages d'eaux souterraines d'intérêt public ou des nappes d'eau souterraine continues en secteur A_U de protection des eaux ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Non ; ou • distance par rapport au captage ou à la nappe d'eau souterraine en aval ≥ 2000 m. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oui ; et • distance par rapport au captage ou à la nappe d'eau souterraine en aval < 2000 m.
C13 Bien à protéger : eaux de surface		
<p>C131 Eaux de surface * Distance des eaux de surface ?</p>	Une inondation de la décharge ou du pied de la décharge par des eaux de surface est exclue même dans les cas extrêmes (crue centennale) ; et	Une inondation de la décharge ou du pied de la décharge par des eaux de surface ne peut pas être exclue ; ou

	« Vert »	« Jaune »
Risques liés au déversement diffus d'eaux de percolation et/ou à l'érosion des déchets (ruissellement de surface, glissement de terrain, érosion éolienne) ?	les risques liés au déversement diffus d'eaux de percolation et à l'érosion des déchets peuvent être exclus.	les risques liés au déversement diffus d'eaux de percolation et à l'érosion des déchets ne peuvent pas être exclus.
C132 Déversement dans un cours d'eau Les exigences de qualité définies par l'OEaux et les recommandations [5] sont-elles respectées après dilution des eaux de percolation dans le cours d'eau – en tenant compte de la contamination de fond et sans traitement préalable – pour le débit Q_{347} ?	Oui.	Non.
C133 Déversement dans un plan d'eau Les exigences de qualité définies par l'OEaux et les recommandations [5] sont-elles respectées – en tenant compte de la contamination de fond et du taux d'échange et sans traitement préalable ?	Oui.	Non.
C14 Bien à protéger: sol		
C141 Remise en culture/sol (agriculture, forêt) La décharge porte-t-elle atteinte à la couche de remise en culture (fuites de gaz, équilibre hydrique insuffisant) ou risque-t-elle de lui porter atteinte à l'avenir ?	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'atteinte observée actuellement ; et • pas d'atteinte prévisible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Des atteintes peuvent être observées actuellement ; ou • des atteintes sont prévisibles.
C142 Surfaces utiles à proximité immédiate de la décharge Les surfaces utiles à proximité immédiate de la décharge subissent-elles des atteintes dues à la décharge (p.ex. perturbations de l'équilibre hydrique par le ruissellement de surface, vents tourbillonnants) ?	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'atteinte observée actuellement ; et • pas d'atteinte prévisible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Des atteintes peuvent être observées actuellement ; ou • des atteintes sont prévisibles.

A-4 Examen principal, critères numériques

Paramètre	Unité	Eaux de percolation		Eaux souterraines		Remarques
		Critère d'examen principal annexe A-3	Réf.	Critère d'examen principal annexe A-3 ^{a)}	Réf.	
Paramètres mesurés sur le terrain/indicateurs						
pH	–	6.5 à 9.0	OEaux		^{b)}	
Conductivité	µS/cm	–			–	évaluation qualitative des émissions de la décharge
Potentiel d'oxydoréduction	mV	–			–	conditions d'oxydoréduction et évolution de celles-ci
DCO (demande chimique en oxygène)	mg O ₂ /l	–			–	consommation d'oxygène et rapport d'oxydoréduction
Fe ²⁺ /Fe ³⁺ , Mn ²⁺	mg/l	–			–	conditions d'oxydoréduction et évolution de celles-ci
Concentration d'oxygène	mg O ₂ /l	–			–	évaluation qualitative des émissions de la décharge
COD	mg C/l	40	[5]		1	consommation d'oxygène (DBO5 ≈ 0.65 · COD)
DBO5 (demande bio-chimique en oxygène)	mg O ₂ /l	20	OEaux	<i>pas de mesure</i>		consommation d'oxygène (en cas de déversement dans les eaux de surface)
Quantités d'eaux de percolation	l/s	–			–	paramètre de contrôle échantillon
Niveau des eaux souterraines	m	–			–	paramètre de contrôle échantillon
Substances non dissoutes, turbidité	FNU	20	OEaux ^{c)}		^{c)}	
Température	°C	≤30	OEaux		–	
Anions et cations						
Ammonium ^{d)}	mg NH ₄ ⁺ /l	5	OSites		–	
Bore	mg B/l	0.5	[14]		–	
Nitrites ^{d)}	mg NO ₂ ⁻ /l	1	OLED		–	
Nitrates ^{d)}	mg NO ₃ ⁻ /l	250	^{e)}		15	
Chlorures	mg Cl ⁻ /l	2500	^{e)}		20	OEaux ^{f)}
Bromures	mg Br ⁻ /l	–			–	en cas de déversement dans une STEP (ozonation)
Sulfates ^{d)}	mg SO ₄ ²⁻ /l	2500	^{e)}		20	OEaux ^{f)}
Phosphates ^{g)}	mg P/l	–			–	en cas de déversement dans des étendues d'eau
Cyanure (libéré)	mg CN ⁻ /l	0.1	OEaux		0.005	OSites
Autres anions/cations	mg/l		^{h)}			ⁱ⁾
Metaux ^{j)}						
Antimoine	mg Sb/l	0.1	OSites		0.001	OSites
Arsenic	mg As/l	0.1	OEaux		0.005	OSites
Plomb	mg Pb/l	0.5	OEaux		0.005	OSites
Cadmium	mg Cd/l	0.1	OEaux		0.0005	OSites
Chrome	mg Cr/l	2	OEaux		0.005	OPBD
Chrome (VI)	mg Cr (VI)/l	0.1	OEaux		0.002	OSites
Cobalt	mg Co/l	0.5	OEaux		0.2	OSites
Cuivre	mg Cu/l	0.5	OEaux		0.15	OSites

Paramètre	Unité	Eaux de percolation		Eaux souterraines		Remarques
		Critère d'examen principal annexe A-3	Réf.	Critère d'examen principal annexe A-3 ^{a)}	Réf.	
Nickel	mg Ni/l	2	OEaux	0.07	OSites	
Mercuré	mg Hg/l	0.01	OSites	0.0001	OSites	
Zinc	mg Zn/l	2	OEaux	0.5	OSites	
Étain	mg Sn/l	–		2	OSites	
Polluants organiques						
COV (EPA 524)	mg/l	h) k)		j)		
HC C ₅ -C ₁₀ ^{m)}	mg/l	l)		0.2	OSites	
HC C ₁₀ -C ₄₀ ^{m)}	mg/l	l)		–		
HAP	mg/l	h)		j)		
PCB ⁿ⁾	mg/l	0.001	OSites	0.00001	OSites	
Phénols	mg/l	–		–		alkylphénols

– Pas de critère quantitatif défini

- a Les exigences se réfèrent à l'augmentation de la concentration dans les eaux souterraines entre l'amont et l'aval de la décharge.
- b Écart de 0.5 par rapport à l'état naturel.
- c **Eaux de percolation captées** : les exigences de l'OEaux relatives au déversement se réfèrent aux teneurs totales (non filtrées). En cas de turbidité des échantillons, la filtration ne doit pas entraîner de pertes de polluants. Pour ces échantillons (turbidité > 5 FNU), il convient de déterminer en plus la teneur globale d'un échantillon non filtré. **Eaux souterraines** : la détermination des teneurs des eaux souterraines en métaux lourds doit respecter l'aide à l'exécution Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués (OFEV, 2017) [7].
- d L'ammonium, les nitrites, les nitrates et les sulfates (et les sulfures) sont des paramètres de la série d'oxydoréduction nitrates ↔ ammonium et sulfates ↔ sulfures. La répartition de ces paramètres dépend des conditions d'oxydoréduction.
- e Les valeurs indicatives pour le SO₄ et le Cl (40 mg/l) ne sont pas forcément fondées sur la toxicologie. Des études montrent que plus de la moitié des eaux de percolation des décharges dépassent le seuil de dix fois cette valeur. Pour les nitrates, le problème est moindre. Il convient donc de se référer à la valeur de 250 mg/l (pertinence goût/corrosion) des Directives de qualité de l'OMS pour l'eau de boisson (OMS, 2017). Ces directives ne proposent pas de valeur de référence reposant sur des arguments sanitaires pour les sulfates ou les chlorures.
- f Il ne serait pas proportionné d'évaluer des anions moins toxiques sur la base du dixième de la valeur indicative, par analogie avec la règle de la valeur de concentration. Ainsi, dans une décharge type, une augmentation de la moitié de la valeur indicative (20 mg/l) dans les eaux souterraines en aval de la décharge correspond à une fuite de 5 à 10% des eaux de percolation.
- g En cas de déversement – direct ou via une STEP – des eaux de percolation dans un lac, les charges de phosphore doivent être évaluées en tenant compte du taux d'échange du lac et de la contamination de fond.
- h Dix fois la valeur indicative pour la qualité des eaux souterraines fixée par les Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (OFEFP 2004) [14].
- i 50% de la valeur indicative pour la qualité des eaux souterraines fixée par les Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (OFEFP 2004) [14].
- j Eaux souterraines : 10% de la valeur de concentration mentionnée à l'annexe 1 OSites, pour chaque substance.
- k La somme des hydrocarbures chlorés volatils est limitée à 0.5 mg/l; celle des hydrocarbures aromatiques et aliphatiques volatils (non halogénés) à 10 mg/l.
- l Σ C₅-C₄₀: 10 mg/l.
- m Solubilité des alcanes dans l'eau : pentane C₅H₁₂: 40 mg/l, hexane C₆H₁₂: 12 mg/l, décane C₁₀H₂₂: 0.05 mg/l.
- n Σ isomères 28, 52, 101, 138, 153, 180 multipliée par un facteur 4.3.

Références

Exigences relatives à la qualité des eaux souterraines :

- Valeurs de concentration selon l'ordonnance sur les sites contaminés (annexe 1 OSites),
- Valeurs indicatives selon les Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (OFEV, 2004) [14],
- Exigences pour les eaux du sous-sol utilisées comme eau potable ou destinées à l'être (annexe 2, ch. 22, OEaux).

Conditions de déversement dans les eaux de surface :

- Exigences relatives au déversement dans les eaux (annexe 3.3, ch. 25, OEaux et annexe 3.2 OEaux),
- Exigences applicables au déversement du lixiviat de décharge selon les recommandations correspondantes (OFEV, 2012) [5],
- Conditions de déversement de composés ne figurant ni à l'annexe 3.3, ch. 25, OEaux, ni dans l'aide à l'exécution Exigences applicables au déversement du lixiviat de décharge (OFEV, 2012) [5] : 10 fois la valeur de concentration mentionnée à l'annexe 1 OSites (par analogie avec l'OSites et en fonction des risques de dilution dans les eaux).

Exigences relatives à la qualité des eaux superficielles :

- Exigences pour les cours d'eau (annexe 2, ch. 12, OEaux),
- Système modulaire gradué selon les Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments (OFEV, 2010).

A-5 Examen détaillé – explications

Contenu et objectifs de l'examen détaillé

L'examen principal permet d'identifier des aspects qui peuvent entraîner des émissions excessives si l'on tient compte de l'ensemble du système que constitue la décharge et de ses environs. Lors de l'examen détaillé, les risques potentiels sont estimés à l'aide d'outils de prévision des émissions, à partir de scénarios prenant par exemple en compte la probabilité de défaillance des systèmes techniques. Les pages suivantes présentent une procédure possible et quelques outils.

Il s'agit de quantifier les risques et de décider si des mesures doivent être mises en œuvre aujourd'hui. La procédure générale est esquissée à la **figure 9** du texte principal.

Structure de l'estimation de la mise en danger (selon figure 9 du texte principal)

Inventaire des déchets

La réalisation de prévisions des émissions requiert des informations relatives à la qualité et aux quantités de déchets stockés définitivement (potentiel de pollution). Si ces informations sont lacunaires, il faut adopter des hypothèses. Les concentrations dans les eaux de percolation permettent dans certains cas des extrapolations plausibles des concentrations dans les matériaux solides; il peut cependant aussi arriver que certaines fractions de déchets ne soient pas visibles dans les eaux de percolation.

Si les matériaux des différentes catégories prévues par l'OTD/OLED (matériaux inertes, résidus stabilisés, matériaux bioactifs, mâchefers) sont stockés définitivement de manière séparée, il est possible de définir des conditions différentes (p.ex. pH, potentiel d'oxydoréduction) pour les parties de la décharge correspondantes, en fonction de la composition des déchets. Dans ce cas, les valeurs limites pour les déchets admis selon l'OTD/OLED peuvent être prises comme concentrations maximales pour les polluants.

Toutefois, selon l'ancienneté de la décharge, la séparation prévue par l'OTD/OLED n'est pas toujours effective. Il faut alors partir du principe que des déchets non

conformes ont également été stockés définitivement. Dans les décharges anciennes, l'inventaire des déchets peut donc être très hétérogène.

Paramètres indicatifs

Les paramètres indicatifs applicables à l'examen détaillé pour les eaux de percolation figurent à l'annexe A-2 (Monitoring de la décharge, paramètres d'analyse).

Si l'on soupçonne que des entreprises du secteur de l'artisanat ou de l'industrie sont ou ont été implantées dans les environs de la décharge, il convient d'élargir l'analyse des eaux de percolation dans le cadre de l'examen détaillé.

Appréciation technique des composants du système

L'expert procède à une appréciation technique des composants du système – étanchéification de la surface, du fond et des talus ainsi que conduites d'évacuation. Il peut ainsi estimer les probabilités de défaillance et établir différents scénarios concernant l'état des systèmes techniques après la fin de la phase de gestion après fermeture. Des mesures (p.ex., mesures du tassement) ou des investigations complémentaires (p.ex. expertise géotechnique) peuvent se révéler nécessaires. Les cas suivants peuvent se présenter :

- *défaillance de l'étanchéification de la surface → augmentation des quantités d'eaux de percolation,*
- *défaillance de l'étanchéification du fond → émissions dans le sous-sol et éventuellement dans les eaux souterraines,*
- *défaillance des conduites d'évacuation → émissions dans le sous-sol et éventuellement dans les eaux souterraines,*
- *glissement du corps ou du front de la décharge → émissions dans le sous-sol et éventuellement dans les eaux souterraines; émissions de déchets dans les eaux de surface; dommages aux ouvrages de la décharge.*

L'appréciation technique des composants du système doit fournir, pour l'estimation de la mise en danger, des scénarios qualitatifs ou semi-quantitatifs concernant la formation des eaux de percolation. Exemples :

- *maintien de la production d'eaux de percolation au niveau actuel → statu quo,*
- *défaillance complète des composants du système → scénario extrême (worst case),*

- augmentation de la production d'eaux de percolation d'un facteur x ,
- etc.

Ces scénarios sont repris pour l'estimation des émissions. Le nombre de scénarios doit être restreint pour limiter le coût de l'évaluation. Les différents scénarios donnent néanmoins un aperçu de la sensibilité du système et permettent donc de quantifier les risques.

Prévision des émissions

Modélisation de l'évolution future des charges de polluants

Il peut arriver que le contenu d'une décharge ne soit pas encore complètement stabilisé. L'infiltration d'eaux météoriques dans des zones encore peu touchées par ces eaux peut accélérer des processus de transformation tels que la dégradation biologique (modification du pH) ou des processus chimiques (dépassement du pouvoir tampon par l'infiltration de pluies acides, déclenchement de phases secondaires). Il est en outre possible que des polluants qui n'ont pas encore été repérés dans les eaux de percolation soient émis à l'avenir.

Le résultat des prévisions des émissions consiste en une estimation de l'évolution de la contamination des eaux de percolation dans le temps.

Différents modèles peuvent être utilisés pour estimer l'évolution des concentrations de polluants dans les eaux de percolation des décharges. Ces modèles doivent être calibrés si les données existantes couvrent une longue période. L'annexe A-6 fournit les outils statistiques nécessaires à l'analyse des tendances.

Toutes les méthodes ne conviennent pas à tous les polluants et à toutes les situations. Les paragraphes suivants décrivent des situations requérant l'utilisation de modèles différenciés.

Comportement de sorption des polluants

Les polluants peuvent avoir un comportement de sorption et donc de lixiviation très variable, ce qui influence le choix de l'outil de prévision :

- *composés non sorbants tels que chlorures ou sulfates, dont la sorption à la matière organique provenant des déchets est faible* → modélisation relativement facile,

- *composés organiques dont la sorption à la matière organique provenant des déchets est importante* modélisation possible avec un outil tel que TransSim [6],
- *métaux dont la sorption à la matière organique et à la surface minérale dépend du pH* → modélisation délicate, connaissances géochimiques nécessaires (cf. aussi Krümpelbeck, 2000 [17] et Laner, 2010/11 [18], [19]).

Conditions de système fixes/variables

Pour des conditions de système fixes, il est possible d'utiliser l'extrapolation des tendances (cf. ci-dessous). Si ces conditions sont variables, par exemple en cas de modification des mécanismes de dissémination (évolution de la production d'eaux de percolation, passage à des conditions aérobies, baisse importante du pH), il faut utiliser d'autres modèles.

Extrapolation des tendances

- *Analyses des eaux de percolation disponibles pour une longue période*
- Lorsque les données de la surveillance des eaux de percolation sont disponibles pour une longue période, il est possible de prévoir la qualité des eaux de percolation de la décharge à l'aide de modèles tout prêts (p. ex. Laner et al. 2011 [19]). Ces modèles sont pertinents pour les composés non adsorbants (cf. annexe A-6 Évaluation statistique des données), mais pas toujours pour les métaux lourds. Leur utilisation est en outre difficile lorsque la production d'eaux de percolation évolue au cours du temps.
- *Analyses des eaux de percolation disponibles pour une période brève*

Dans ce cas, la concentration des eaux de percolation correspond à un lixiviat in situ des déchets en contact avec les eaux de percolation. Un test d'élution virtuel permet d'estimer grossièrement le potentiel de résidus polluants puis de modéliser l'évolution future de la contamination des eaux de percolation à l'aide de modèles adéquats (p. ex. TransSim).

- *Analyses des eaux de percolation inexistantes*

Dans ce cas, le potentiel de pollution dans le corps de la décharge doit être estimé grossièrement à partir de l'inventaire des déchets (p. ex. en prenant, pour la teneur en

polluants, la concentration maximale tolérée par l'OLED dans les matériaux solides). Il convient toutefois d'envisager aussi de compléter cette estimation par une campagne de mesure.

Dans les compartiments pour mâchefers, une augmentation durable des concentrations de métaux lourds consécutive à une baisse du pH est visible. En revanche, dans les compartiments pour matériaux bioactifs, le pH se stabilise dans le temps et les émissions d'ammonium et de COD diminuent. La littérature spécialisée ne donne pas de durée précise pour les différentes phases d'évolution de la décharge. Il manque aussi la plupart du temps des valeurs expérimentales pour les décharges fermées depuis plus de 25 ans. Les figures suivantes illustrent schématiquement l'évolution de la pollution des eaux de percolation des décharges de type D (décharges/compartiments pour mâchefers) et E (décharges/compartiments pour matériaux bioactifs). Les concentrations représentées sont nécessairement en partie modélisées et doivent donc être considérées avec un esprit critique. Pour plus de précisions, on se reportera aux ouvrages cités.

Canaux de circulation préférentielle

Des canaux de circulation préférentielle bien marqués se forment dans les corps de décharges. En cas de défaillance d'une couverture, des zones qui étaient jusqu'alors peu concernées peuvent être davantage atteintes, ce qui peut entraîner une augmentation de la mobilisation de polluants. Cet aspect doit être pris en compte lors de la modélisation des émissions.

Scénarios d'accident

Si la décharge est située dans une zone inondable, des scénarios d'accident doivent être pris en compte.

Il peut arriver, dans de rares cas, que le fond de la décharge soit noyé par les eaux souterraines. Des scénarios d'accident doivent là aussi être pris en compte (cf. examen principal annexes A-3.1/A-3.2, critères B111 et C111).

Pertinence des biens à protéger

En ce qui concerne les émissions des décharges, les biens à protéger sont en général les eaux de surface et les eaux souterraines. Les émissions de poussières et

de gaz peuvent être pertinentes, surtout à proximité des agglomérations. Selon Laner et al. [19], l'air est un bien à protéger moins important du fait que les émissions de gaz subsistant après une période de gestion après fermeture de 50 ans sont très faibles. Le sol est un bien à protéger en cas d'accident et de glissement du corps de la décharge. Les émissions de poussières doivent être considérées spécifiquement.

Les biens à protéger concernés doivent être précisés à cette étape (eaux souterraines : profondeur, épaisseur de la zone non saturée, vitesse d'écoulement ; eaux de surface : débit, distance par rapport à la décharge, qualité générale des eaux).

Modélisation du transport des polluants vers le bien à protéger

Les polluants peuvent parvenir dans le bien à protéger par différents canaux. Divers scénarios doivent donc être établis par l'expert :

- *infiltration d'eaux de percolation dans les eaux souterraines sur le site même,*
- *infiltration d'eaux de percolation en cas de défaillance (manque d'étanchéité) des conduites vers l'exutoire ou la station d'épuration,*
- *déversement d'eaux de percolation dans un exutoire (hypothèse : après la fin de la gestion après fermeture, sans traitement des eaux de percolation),*
- *inondation du corps de la décharge,*
- *glissement du corps de la décharge dans des eaux de surface,*
- *etc.*

Les émissions de polluants dans les eaux souterraines via les eaux de percolation constituent le cas le plus courant. Le modèle de simulation TransSim [6], élaboré pour les prévisions des eaux de percolation, permet de modéliser le transport des polluants à travers la zone non saturée ainsi que dans les eaux souterraines. TransSim n'est toutefois pas très adapté pour les métaux lourds.

Le transport des eaux de percolation vers le bien à protéger est influencé par les processus de sorption, de dégradation et de dilution. Les concentrations de polluants sont réduites par des processus naturels d'atténuation (p. ex. sorption/dégradation biologique) au cours du transport.

Figure 5-1

Évolution de la pollution des eaux de percolation des décharges de type D/décharges pour mâchefers selon [20] (schéma).

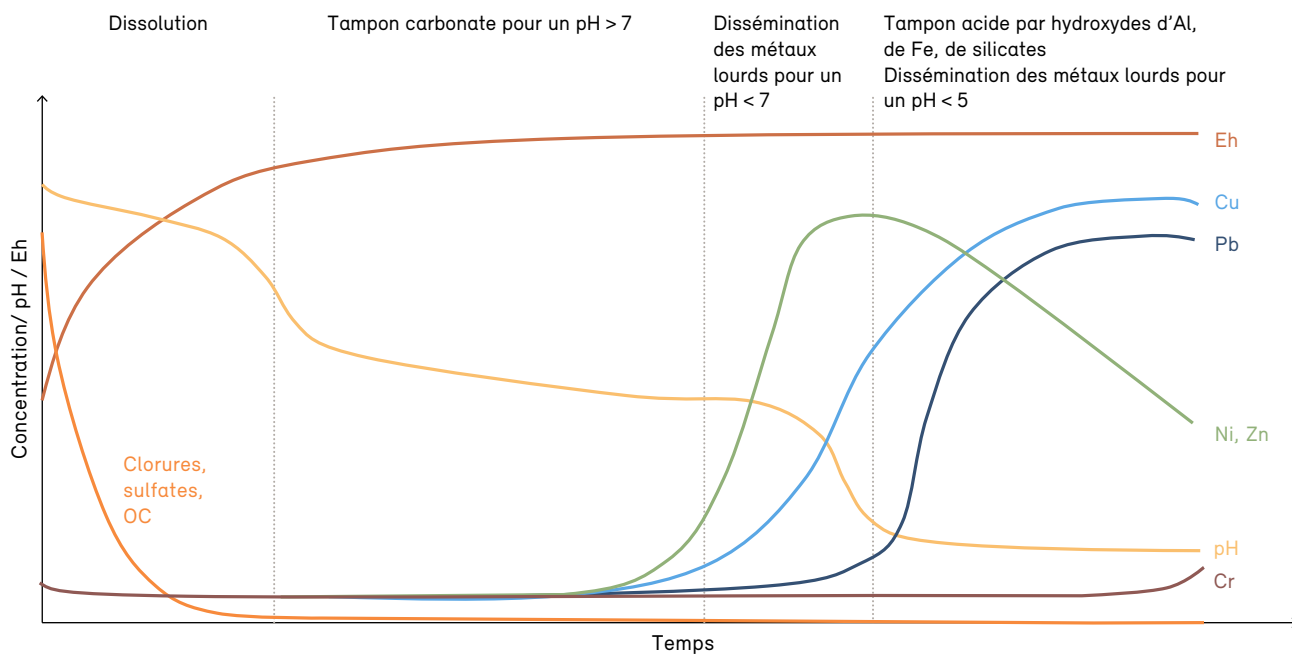
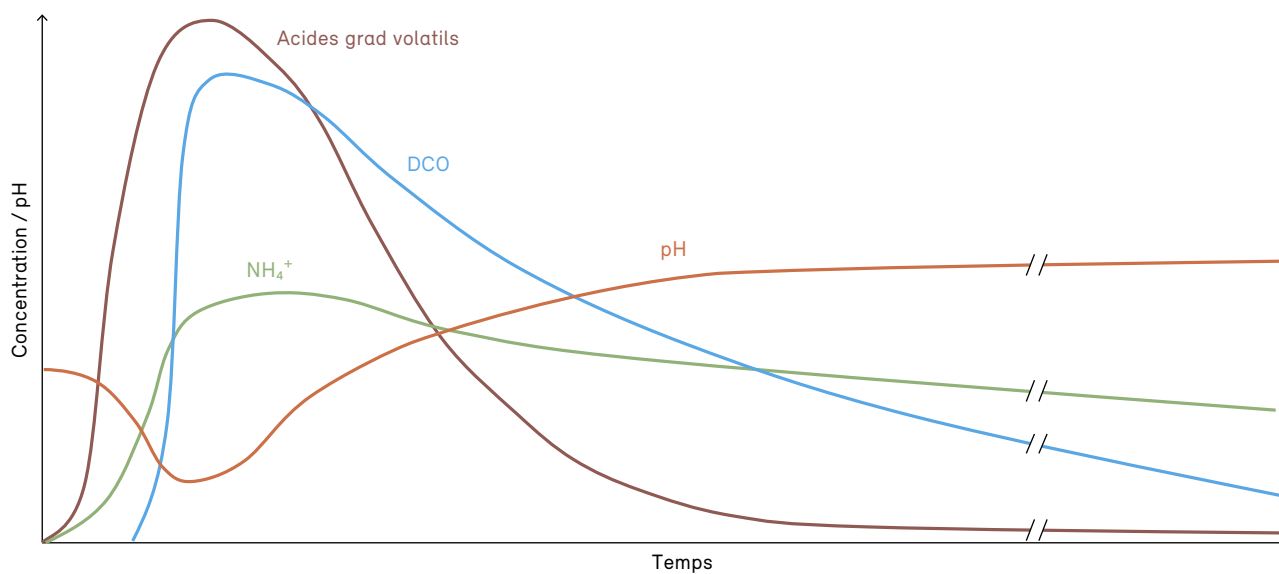


Figure 5-2

Évolution de la pollution des eaux de percolation des décharges de type E/décharges contrôlées bioactives selon [14] (schéma).



L'importance de ces processus dépend essentiellement de facteurs liés au site. La zone non saturée située directement sous la décharge peut avoir un pouvoir tampon pour les polluants et la dégradation biologique peut être efficace dans les zones non saturée et saturée. La sorption peut être quantifiée au moyen de modèles appropriés, mais la capacité de dégradation biologique peut seulement être estimée à partir de données mesurées sur le site.

Classification de la mise en danger et évaluation générale

À des fins de classification de la mise en danger, les concentrations prévues dans les biens à protéger sont comparées avec les concentrations tolérées. On peut aussi envisager de calculer les concentrations maximales dans les eaux de percolation en fonction des concentrations tolérées dans les biens à protéger.

Les exigences de l'OEaux, en particulier, s'appliquent dans les biens à protéger. Pour les polluants qui ne font pas l'objet de valeurs limites, de telles valeurs doivent être déduites par l'expert [8].

L'estimation de la mise en danger indique si des atteintes nuisibles ou incommodes à l'environnement sont à prévoir également au-delà de la phase de gestion après fermeture. Sur la base des domaines problématiques identifiés pour la décharge, il convient si nécessaire d'élaborer des mesures de réduction du potentiel de risque, en tenant compte du rapport coût-efficacité. Ces mesures serviront de base de décision à l'autorité compétente.

A-6 Évaluation statistique des données

Base de données

Pour que l'examen principal et l'examen détaillé fournissent des indications fiables sur le potentiel de risque de la décharge après sa fermeture ainsi qu'au-delà de la phase de gestion après fermeture, il convient de fonder l'évaluation sur un jeu de données aussi complet que possible. Les exigences relatives au monitoring figurent dans le texte principal de l'aide à l'exécution.

Quelques outils statistiques sur la base desquels les données issues du monitoring peuvent être évaluées et interprétées sont présentés ci-après. Les données disponibles pour les différentes décharges étant très spécifiques et diverses, aucune procédure contraignante ne sera décrite ici. *Il est de la responsabilité de l'expert d'évaluer les données disponibles de manière adéquate.*

Deux types d'évaluation sont pertinents :

a) Évaluation de l'état actuel :

- comparaison des concentrations dans les eaux de percolation avec les exigences numériques des étapes d'examen,
- comparaison des concentrations dans les eaux souterraines avec les exigences numériques des étapes d'examen, en tenant compte de la pollution des eaux souterraines en amont de la décharge.

b) Analyse et extrapolation des tendances à partir de séries de mesures relevées sur plusieurs années :

- interprétation de l'évolution des tendances des dernières années,
- extrapolation des tendances pour l'avenir.

Variations et valeurs aberrantes

Les jeux de données relatives aux eaux de percolation d'une décharge peuvent fortement varier. Outre les valeurs aberrantes dues aux techniques de mesure (erreurs de mesure, cf. ci-dessous), divers facteurs peuvent influencer les concentrations, en particulier dans les eaux de percolation (liste non exhaustive) :

- charges importantes après des précipitations exceptionnelles (de grandes quantités d'eau peuvent aussi avoir un effet de dilution),
- contact avec le fond de la décharge lorsque le niveau des eaux souterraines est très élevé,

- pics temporaires après compaction des déchets,
- changement de qualité des déchets stockés,
- fermeture (partielle) de compartiments,
- formation de canaux de circulation préférentielle, etc.

Des erreurs de mesure peuvent se produire pour les raisons suivantes :

- sondes et appareils de laboratoire mal calibrés,
- erreurs de lecture ou de report en laboratoire ou sur le terrain,
- mesures irrégulières des fractions dissoutes et particulaires de métaux lourds,
- prélèvement peu soigné d'échantillons de composés volatils,
- effets de matrice dus à une forte salinité des eaux de percolation, etc.

Pour éviter que des valeurs aberrantes ou de fortes variations ne faussent les résultats, on peut envisager les procédures suivantes :

- Plausibilisation du point de données: les rapports d'analyse originaux et les informations issues du protocole d'échantillonnage peuvent indiquer la cause de l'écart.
- Utilisation de valeurs médianes : le remplacement des moyennes par des médianes est la manière la plus simple d'égaliser les variances dans les jeux de données.
- Élimination des valeurs aberrantes : le test de Dixon permet d'identifier statistiquement les écarts. Il doit néanmoins être utilisé avec prudence : i) il ne peut être utilisé qu'une fois par jeu de données ; ii) il ne peut servir qu'à identifier les écarts et non à les éliminer. Un écart identifié doit être plausibilisé.
- Moyennes mobiles : l'utilisation de moyennes mobiles permet de lisser des jeux de données soumis à une influence saisonnière (p. ex. quantités d'eaux de percolation et niveau des eaux souterraines). Le lissage de jeux de données dont la périodicité manque de clarté n'est pas judicieux ; le lissage entraîne en outre la perte de points de données utiles pour les tests statistiques.
- Prise en compte des charges plutôt que des concentrations : des concentrations élevées de polluants peuvent accompagner la baisse du niveau des eaux souterraines en hiver (moindre dilution des eaux de percolation). À l'inverse, lorsque le niveau des eaux souterraines est important, des pools de polluants peuvent être atteints

dans la zone battement, entraînant des concentrations accrues. Dans ces cas, il est judicieux de comparer les charges plutôt que les concentrations.

Grâce aux progrès techniques, les limites analytiques de détermination ont été constamment réduites ces dernières années. Il se peut donc que, dans un jeu de données sur plusieurs années, les valeurs plus récentes aient une limite de détermination plus basse. Il est possible que, surtout pour les espèces organiques, les concentrations, autrefois en deçà de la limite de détermination, soient désormais au-dessus de celle-ci. Si les limites de détermination des paramètres dépassent les critères de l'examen principal et qu'il n'existe pas de mesure actuelle avec une limite inférieure, il convient de procéder à deux mesures de contrôle au moins dans le cadre du monitoring ultérieur.

Évaluation de l'état actuel

Selon la procédure, les concentrations actuelles dans les eaux de percolation et les eaux souterraines doivent être comparées avec les critères numériques de l'examen principal.

Eaux de percolation

Il est peu probant de comparer le dernier point de données mesuré avec les exigences de qualité. La comparaison est plus signifiante si l'on utilise la valeur médiane des mesures des trois ou quatre dernières années. Il convient de rechercher en priorité les tendances se dégageant des séries de données (cf. ci-dessous « Analyse et extrapolation des tendances »).

Eaux souterraines

Il y a lieu de déduire les éventuelles contaminations en amont de la décharge avant de procéder à la comparaison des concentrations en aval avec les exigences de qualité. On calcule pour ce faire la différence entre la médiane des valeurs en amont et la médiane des valeurs en aval (cf. figure 6-1). La médiane couvre une période d'au moins trois ou quatre ans.

Les valeurs utilisées pour calculer la médiane peuvent présenter des variations substantielles (cf. figure 6-1). Il convient donc d'abord d'examiner si les deux médianes sont significativement différentes au plan statistique. En principe, les médianes pourraient être comparées avec un test t. Toutefois,

de fortes variations pouvant perturber la statistique de test, il est recommandé de recourir plutôt au test de Wilcoxon, non paramétrique et relativement simple (test des rangs signés). Contrairement au test t, le test des rangs signés ne travaille pas directement avec les valeurs numériques des points de données, mais se contente de les classer. Il n'est donc pas sensible aux écarts ni perturbé par de légères tendances parallèles en amont et en aval. En outre, le test t suppose que les données suivent la loi normale, contrairement au test de Wilcoxon. Un exemple est présenté ci-dessous. Dans la plupart des cas, toutefois, les médianes sont très différentes (ou le paramètre n'est pas présent en amont), si bien qu'il n'est pas nécessaire de procéder à un test.

Analyse et extrapolation des tendances

L'analyse et l'extrapolation des tendances constituent un outil important pour prévoir le comportement d'une décharge. La pertinence d'une analyse des tendances ne dépend pas seulement du nombre de points de données, mais aussi de leur périodicité. Il faut au moins six points de données pour qu'une telle analyse soit pertinente. En outre, une analyse des tendances portant sur les données des trois dernières années est peu pertinente pour une décharge des années 1990. Il revient à l'expert d'en tenir compte.

Les concentrations de polluants peuvent évoluer selon les tendances suivantes durant la période de monitoring :

- **Tendance A:** les concentrations de polluants dépassent le critère de qualité.
- **Tendance B:** les concentrations augmentent considérablement par rapport au début de la période de surveillance. Il faut s'attendre à ce que le critère de qualité soit dépassé à l'avenir.
- **Tendance C:** les concentrations diminuent considérablement par rapport au début de la période de surveillance. Le critère de qualité ne devrait pas être dépassé à l'avenir.
- **Tendance D:** les concentrations n'évoluent pas beaucoup et restent à un niveau peu élevé.

Les tendances ne sont pas toujours aussi claires que pour la tendance C de la figure 6-2. Une analyse de régression est donc réalisée pour confirmer une tendance (cf. exemple plus bas → Analyse des tendances).

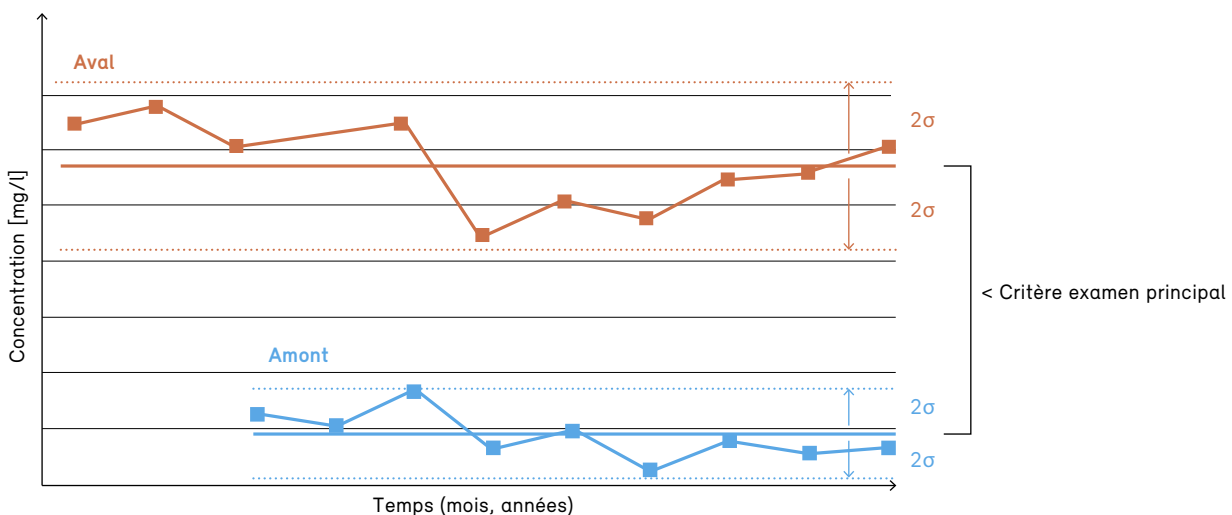
Exemples

Test de Wilcoxon (test des rangs signés) pour échantillons appariés

Pour vérifier si la concentration d'un composé est statistiquement plus basse en amont qu'en aval d'une décharge, le présent exemple propose un test pour échantillons appariés. La différence des médianes ne peut être comparée avec les critères de triage des étapes d'examen que si les concentrations en amont et en aval sont signi-

Figure 6-1

Comparaison des eaux souterraines en amont et en aval (schéma).



ficativement différentes. En principe, les concentrations d'un composé sont mesurées chaque année en amont et en aval de la décharge, plus ou moins à la même période.

Le test des rangs signés de Wilcoxon est présenté ici avec l'exemple concret des concentrations de chlorures (Cl) en amont et en aval d'une décharge.

Situation initiale : les concentrations de Cl ont été mesurées plusieurs fois au cours des années précédentes, en amont et en aval de la décharge, pour pouvoir estimer l'influence de la décharge sur les eaux souterraines (fuites d'eaux de percolation). La figure 6-3 présente l'évolution des concentrations de Cl en amont (bleu) et en aval (rouge). Il s'agit maintenant de savoir, à l'aide d'un test des rangs signés, si les concentrations sont significativement plus faibles en amont. Les différentes étapes sont décrites ci-après.

1) Définition des hypothèses de test

Avant tout test statistique, il convient de définir une hypothèse nulle et une hypothèse alternative et donc de préciser ce que le test doit examiner. L'hypothèse nulle affirme souvent qu'il n'y a pas de différence entre les deux groupes à tester. Dans le présent exemple, cela signifie que les concentrations de Cl sont identiques en amont

et en aval de la décharge et, partant, que la décharge n'entraîne pas d'apports supplémentaires de Cl dans les eaux souterraines.

Hypothèse nulle : $H_0: C_{\text{amont}} = C_{\text{aval}}$

Les concentrations de chlorures **sont identiques** en amont et en aval de la décharge : $\theta = 0$

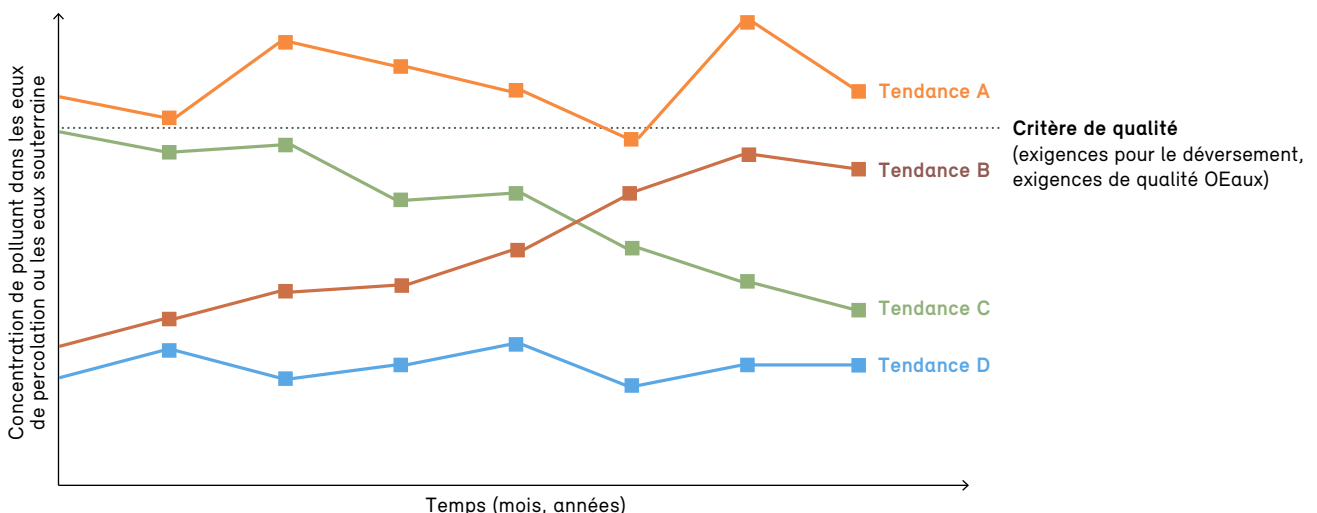
À partir d'un certain seuil de probabilité (niveau de signification), on rejette l'hypothèse nulle pour ne garder que l'hypothèse alternative. Dans le présent exemple, on examinera si la concentration de Cl en aval est plus élevée qu'en amont. L'hypothèse alternative est donc la suivante :

Hypothèse alternative : $H_1: C_{\text{amont}} < C_{\text{aval}}$

Les concentrations de Cl en amont sont **plus basses que** celle en aval. La différence θ est donc négative.

Figure 6-2

Différentes tendances d'évolution des polluants dans les eaux de percolation ou les eaux souterraines en aval d'une décharge.



2) Calcul de la différence pour chaque paire d'échantillons

Tableau 6-1

Différence de concentrations pour chaque paire d'échantillons.

Année	Chlorures en amont (mg/l)	Chlorures en aval (mg/l)	Différence
2000	22	23	-1
2001	19	40	-21
2002	16	49	-33
2003	13	25	-12
2004	12	60	-48
2005	16	16	0
2006	16	35	-19
2007	20	50	-30
2008	20	30	-10
2009	23	22	1
2010	18	17	1
2011	23	24	-1

3) Classement des différences calculées

L'étape suivante consiste à attribuer un rang aux différences calculées. On classe d'abord la valeur absolue des différences dans l'ordre croissant, avant d'attribuer un rang à chaque paire d'échantillons (cf. tableau 6-2).

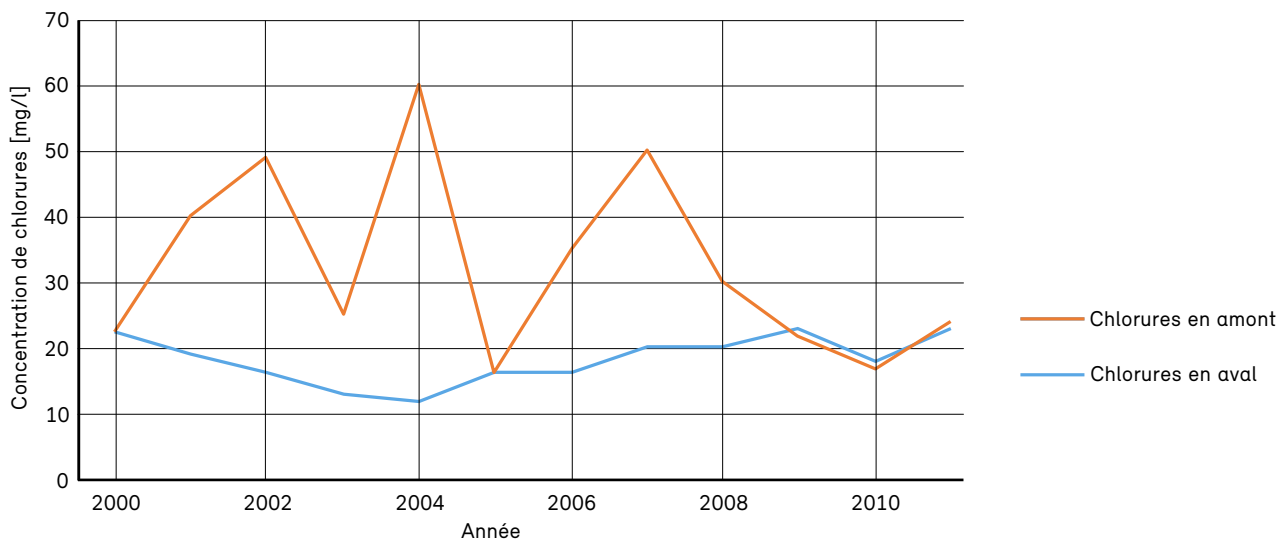
Tableau 6-2

Classement des différences absolues des concentrations de Cl pour chaque paire d'échantillons.

Année	Chlorures en amont (mg/l)	Chlorures en aval (mg/l)	Différence	Valeur absolue	Rang
2000	22	23	-1	1	3.5
2001	19	40	-21	21	9
2002	16	49	-33	33	11
2003	13	25	-12	12	7
2004	12	60	-48	48	12
2005	16	16	0	0	1
2006	16	35	-19	19	8
2007	20	50	-30	30	10
2008	20	30	-10	10	6
2009	23	22	1	1	3.5
2010	18	17	1	1	3.5
2011	23	24	-1	1	3.5

Figure 6-3

Concentrations de chlorures dans les eaux souterraines en amont (bleu) et en aval (rouge) d'une décharge.



Comme on le voit dans le tableau 6-2, plusieurs paires d'échantillons ont une différence absolue de 1. Dans ce cas, il n'y a pas de progression et ces valeurs doivent être traitées de manière identique. On attribue donc à ces paires d'échantillons un rang moyen.

4) Calcul de la statistique de test : attribution du signe et somme des rangs

La statistique de test est la valeur utilisée dans un test statistique pour définir si l'hypothèse nulle est acceptée ou rejetée. Pour la calculer dans le test des rangs signés de Wilcoxon, il faut d'abord attribuer un signe à chaque rang, en fonction de la différence correspondante (cf. tableau 6-3). On fait ensuite la somme des rangs positifs, d'une part, et celle des rangs négatifs, d'autre part, pour établir les valeurs W_+ et W_- .

Table 6-3

Ajout du signe correspondant aux rangs définis.

Année	Chlorures en amont (mg/l)	Chlorures en aval (mg/l)	Différence	Rang	Nouveau rang ¹
2000	22	23	-1	-3.5	-2.5
2001	19	40	-21	-9	-8
2002	16	49	-33	-11	-10
2003	13	25	-12	-7	-6
2004	12	60	-48	-12	-11
2005	16	16	0	±	
2006	16	35	-19	-8	-7
2007	20	50	-30	-10	-9
2008	20	30	-10	-6	-5
2009	23	22	1	3.5	2.5
2010	18	17	1	3.5	2.5
2011	23	24	-1	-3.5	-2.5

¹ Corrigé parce que les valeurs de l'année 2005 sont identiques (différence=0).

Si une ou plusieurs différences sont nulles, on procède comme suit :

1. La valeur du rang est divisée par deux et ajoutée d'une part à W_+ et de l'autre à W_- .
2. La paire d'échantillons n'est pas prise en compte dans le test et n est adapté en conséquence (cf. tableau 6-3).

$$W_+ = 2.5+2.5=5$$

$$W_- = 2.5+8+10+6+11+7+9+5+2.5=61$$

Si l'hypothèse nulle (concentrations en amont = concentrations en aval) était valable, les sommes des rangs W_+ et W_- devraient avoir le même ordre de grandeur.

Pour calculer la valeur-p (utilisée pour dépouiller le test), on choisit la valeur (W_+ ou W_-) la plus petite. Il s'agit ici de $W_+ = 5$. Le tableau 4 indique les valeurs-p pour des tests unilatéraux avec un niveau de signification de 5%. Si la valeur de la statistique de test (c.-à-d. W) est inférieure à la valeur critique du tableau, l'hypothèse nulle peut être rejetée. Dans le cas présent, $W=5$ et $n=11$ (la valeur de 2005 ayant été exclue) ; W est < 13, l'hypothèse nulle peut donc être rejetée → Les concentrations de Cl en amont de la décharge sont statistiquement inférieures à celles en aval.

Pour la décharge, cela signifie qu'on peut calculer les médianes à partir par exemple des données des trois ou quatre dernières années. La différence des médianes en amont et en aval peut être comparée avec le critère de l'examen principal pour les eaux souterraines ($\Delta 20$ mgCl-/l).

Table 6-4

n correspond au nombre d'échantillons des deux groupes à tester ; W correspond à la valeur critique de la statistique de test. Ce tableau peut être utilisé dans tous les cas.

Nombre d'échantillons (n) et valeur critique de la statistique de test (W)										
n	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
W	2	3	5	8	10	13	17	21	25	30
n	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
W	35	41	47	53	60	67	75	83	91	100
n	30	35	40	45	50					
W	151	213	286	371	466					

Alternative: réalisation du test des rangs signés de Wilcoxon avec le logiciel de statistiques R

La plupart des logiciels de statistiques comprennent des fonctions permettant de réaliser le test de Wilcoxon. Avec le logiciel R, il faut procéder de la manière suivante :

Input:

```
> a<-c(22,19,16,13,12,16,16,20,20,23,18,23)
> b<-c(23,40,49,25,60,16,35,50,30,22,17,24)
> wilcox.test(a,b,alternative="less",paired=TRUE)
```

Dans R, l'hypothèse alternative doit être définie uniquement en cas de test unilatéral (ici: alternative = "less"), sans quoi le programme procède par défaut à un test bilatéral.

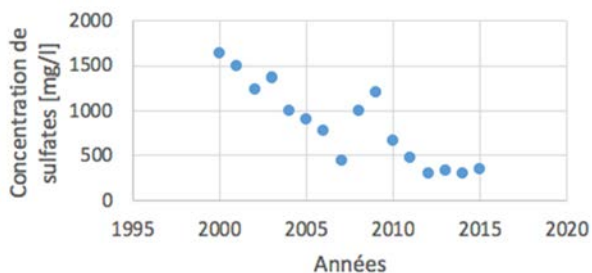
Output:

```
data: a and b
v = 5, p-value = 0.007001
alternative hypothesis: true location shift is less than 0
```

Avec le logiciel R, l'hypothèse nulle peut également être rejetée pour l'exemple présenté. La valeur-p est de 0,007.

Figure 6-4

Évolution temporelle des concentrations de sulfates (mg/l) dans les eaux de percolation d'une décharge.



Exemple d'une analyse des tendances (régression linéaire)

Les paragraphes ci-après expliquent pas à pas le déroulement d'une analyse des tendances avec Excel, en prenant l'exemple des concentrations de sulfates dans les eaux de percolation d'une décharge. Il s'agit d'examiner si les concentrations de sulfates (variable dépendante) dans les eaux de percolation évoluent de manière statistiquement significative avec le temps (variable indépendante) et donc si une tendance se dégage. La figure 6-4 présente les données utilisées pour cet exemple. L'axe des y représente la concentration de sulfates en mg/l et l'axe des x correspond au temps exprimé en années.

Le test se compose de deux étapes: 1) il faut d'abord établir un modèle linéaire, puis 2) examiner si la pente est significativement différente de 0 (tendance progressive ou régressive).

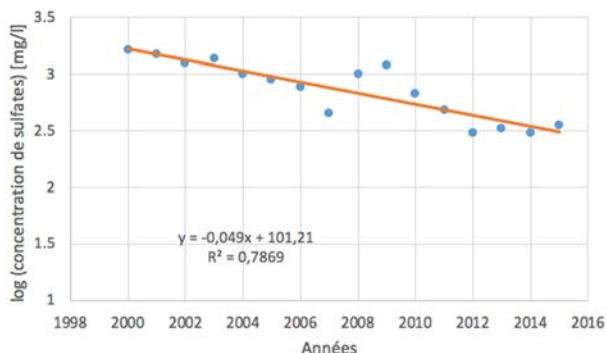
1) Établissement d'un modèle mathématique

La première étape d'une régression linéaire consiste à formuler une équivalence pour les données mesurées. Pour un modèle linéaire, la formule est généralement la suivante :

$$Y = aX + b$$

Figure 6-5

En utilisant les paramètres $a = -0.049$ et $b = 101.2$ les points de données (log des concentrations de sulfates en mg/l) sont positionnés de telle façon que la somme des écarts au carré est minimisée pour former une droite.



a correspondant à la pente des droites et b à l'ordonnée à l'origine.

Les données environnementales (ici la concentration de sulfates dans les eaux de percolation) suivant souvent une distribution log normale, la série de données existantes est d'abord logarithmée (figure 6-5).

Pour obtenir, à partir des données disponibles, les paramètres a et b de manière aussi précise que possible, on utilise souvent en statistique la méthode des moindres carrés. Le logiciel Excel permet de réaliser les opérations nécessaires. Pour ce faire, il faut sélectionner les points de mesure sur le graphique puis, avec un clic droit, sélectionner l'option «Ajouter une courbe de tendance». Une boîte de dialogue s'ouvre, dans laquelle on peut choisir les différentes options de courbe de tendance. Pour une régression linéaire, sélectionner l'option «linéaire», puis les options «Afficher l'équation sur le graphique» et «Afficher le coefficient de détermination sur le graphique». La figure 5 montre la droite qui en résulte, avec les paramètres a et b correspondants.

2) Test statistique pour les paramètres estimés

Dans un deuxième temps, il s'agit d'examiner si la pente de la régression est significativement différente de 0. Comme dans le test des rangs signés de Wilcoxon, il faut commencer par définir une hypothèse nulle, une hypothèse alternative et un niveau de signification. L'hypothèse de test est présentée comme suit :

Hypothèse nulle $H_0: a = 0$

La pente étant égale à 0, il n'y a pas de rapport statistiquement significatif entre X et Y et donc pas de tendance.

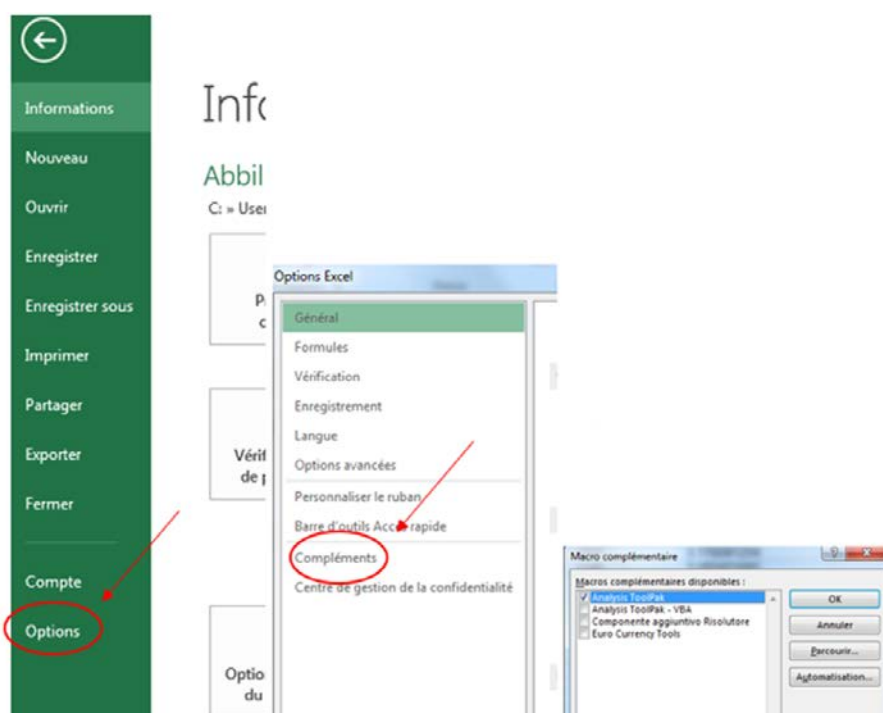
Hypothèse alternative $H_1: a \neq 0$

La pente étant supérieure ou inférieure à 0, il existe un rapport statistiquement significatif entre X et Y. Il s'agit ici d'un test bilatéral.

Le niveau de signification est défini comme $\alpha = 5\%$. L'hypothèse nulle est donc rejetée si la valeur-p est inférieure à 0.05. On calcule la valeur-p au moyen d'un test t. Celui-ci étant mathématiquement plutôt exigeant, il n'est pas

Figure 6-6

Ajout de l'utilitaire d'analyse en trois étapes, de gauche à droite.



détaillé ici. En pratique, on peut très facilement obtenir la valeur-p avec l'utilitaire d'analyse d'Excel.

La fonction «Utilitaire d'analyse» n'est pas activée par défaut sur Excel, mais peut être ajoutée de la manière suivante :

1. Ouvrir Excel.
2. Dans la rubrique «Fichier», cliquer sur «Options».
3. Une boîte de dialogue s'ouvre, appelée «Options Excel». Cliquer sur «Compléments Excel». Cliquer sur «Compléments Excel» et cliquer sur «Atteindre».
4. Dans la boîte de dialogue «Macros complémentaires», sélectionner «Utilitaire d'analyse» (ou «Analysis ToolPak»).
5. Désormais, l'onglet «Données» comprend un nouveau symbole appelé «Utilitaire d'analyse».

L'analyse statistique des données se déroule comme suit :

1. Cliquer sur le nouveau symbole «Utilitaire d'analyse».
2. Dans la boîte de dialogue «Utilitaire d'analyse», qui s'ouvre, choisir la fonction «Régression linéaire».
3. Dans le champ «Plage pour la variable y», sélectionner les concentrations logarithmées de sulfates dans les eaux de percolation (variable dépendante) et dans le champ «Plage pour la variable x», les années (le temps étant la variable indépendante). Il est important de sélectionner aussi le titre des colonnes et de cocher la case «Intitulé présent». Cliquer ensuite sur OK.
4. Une nouvelle feuille apparaît alors avec l'analyse statistique.

Figure 6-7
Bouton «Utilitaire d'analyse».

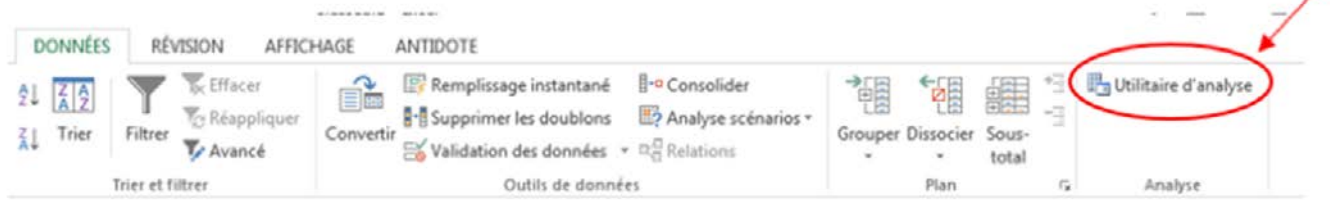
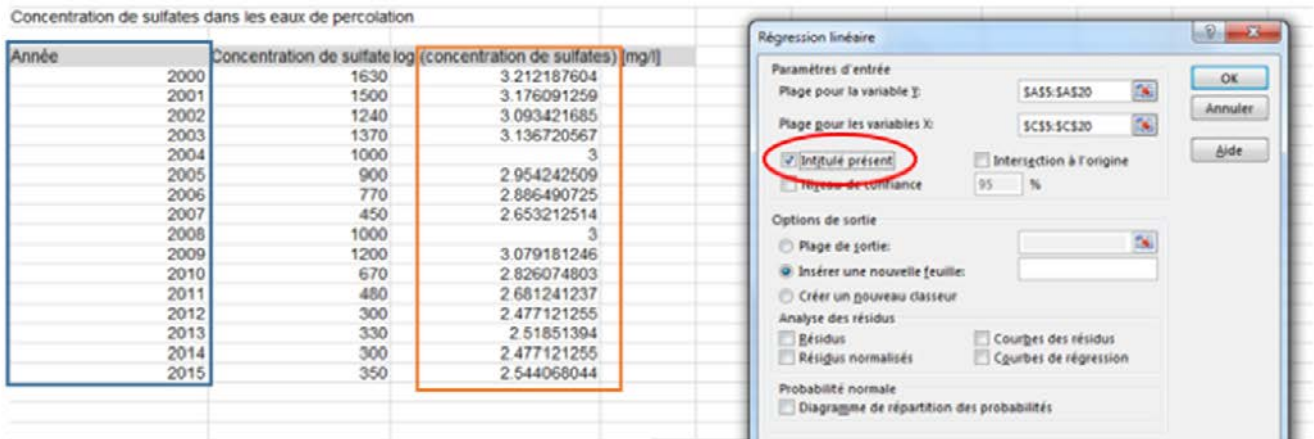


Figure 6-8
Réalisation d'une régression linéaire – étape 1.

Année	Concentration de sulfate log (concentration de sulfates) [mg/l]	
2000	1630	3.212187604
2001	1500	3.176091259
2002	1240	3.093421685
2003	1370	3.136720567
2004	1000	3
2005	900	2.954242509
2006	770	2.886490725
2007	450	2.653212514
2008	1000	3
2009	1200	3.079181246
2010	670	2.826074803
2011	480	2.681241237
2012	300	2.477121255
2013	330	2.51851394
2014	300	2.477121255
2015	350	2.544068044

Figure 6-9

Réalisation d'une régression linéaire – étape 2.



Excel a réalisé un test t pour la pente a, ajouté l'ordonnée à l'origine b et calculé, pour chaque paramètre, une statistique t et une valeur-p (probabilité). Dans cette analyse des tendances, la valeur-p de la pente est particulièrement intéressante, car c'est d'elle que dépend l'acceptation ou le rejet de l'hypothèse nulle ($\alpha = 0$). Dans notre exemple, la valeur-p est de 2.59×10^{-5} , donc nettement inférieure au niveau de signification de 0.05. Cela signifie que l'hypothèse nulle peut être rejetée et qu'on peut déduire du test que les concentrations de sulfates dans les eaux de percolation de la décharge diminuent de manière significative avec le temps. Il y a donc une tendance régressive.

Figure 6-10

Rapport détaillé de la régression linéaire.

RAPPORT DÉTAILLÉ				
Statistiques de la régression				
Coefficient de	0.86912454			
Coefficient de	0.75537747			
Coefficient de	0.73656035			
Erreur-type	2.29538516			
Observations	15			
ANALYSE DE VARIANCE				
	Degré de liberté	mm des carrés	F	leur critique de F
Régression	1	211.50569	211.50569	40.1431009
Résidus	13	60.4943095	5.26079304	
Total	14	200		
	Coefficients	Erreur-type	Statistique t	Probabilité pour seuil de pou
Constante	2051.37089	6.87091522	298.558609	2.5205E-26
3.2121876	-15.3061132	2.41579158	-6.33585834	2.593E-05

A-7 Contenu des documents d'examen

Examen préliminaire

- Informations sur le site et indications relatives à la décharge et à son exploitation sous forme de tableau, indication des questions ouvertes et/ou des données manquantes. Tenir compte des données de base disponibles selon l'annexe A-1.
- Brève appréciation des résultats de l'examen par l'expert : présence d'un cas non critique selon les critères indiqués sous 3.2.
- Recommandation de l'expert au service cantonal quant à la suite de la procédure.

Examen principal

- Informations sur le site et indications relatives à la décharge et à son exploitation – au cadre de considération en général – sous forme de tableau, documentation/référencement vérifiable des informations et faits mentionnés, indication des questions ouvertes et/ou des données manquantes. Tenir compte des données de base disponibles selon l'annexe A-1.
- Indications relatives aux critères de l'examen principal complet, selon les annexes A-3.1/A-3.2, sous forme de tableau.
- Évaluation des rapports entre critères de l'examen principal complet, selon la matrice d'évaluation (annexe A-3), et explications approfondies et vérifiables des critères «jaunes».
- Brève appréciation des résultats de l'examen par l'expert : autorisation de la décharge selon les critères des annexes A-3, A-3.1/A-3.2.
- Recommandation de l'expert au service cantonal quant à la suite de la procédure et, le cas échéant, quant aux mesures proposées.

Examen détaillé

L'expert rédige un rapport sur l'estimation de la mise en danger dans le cadre de l'examen détaillé selon les indications figurant sous 3.4. Ce rapport se concentre sur la modélisation des scénarios et sur les points faibles du système de la décharge repérés lors de l'examen principal. La documentation relative à l'examen détaillé doit comprendre au moins les éléments suivants :

- évaluation du potentiel de pollution,
- évaluation technique des composants du système (le cas échéant indiquant les probabilités de défaillance/les prévisions selon les différents scénarios [statu quo, worst case, best case, ...]),
- prévisions des émissions des eaux de percolation,
- transport des polluants dans les environs de la décharge,
- classement de la mise en danger des biens à protéger,
- évaluation générale (synthèse des conclusions, estimation de la portée, financière des risques, proposition de mesures, recommandations à l'autorité).