

## Organisateur

### CHYN

Le CHYN, un des centres de compétence de l'Université de Neuchâtel, est une référence internationale pour la recherche et l'enseignement en hydrogéologie et géothermie.

Sa mission répond à des enjeux cruciaux pour la société : améliorer les connaissances des ressources renouvelables en eau et énergie souterraines, développer des stratégies pour leur gestion durable et transmettre ce savoir. Le CHYN assure la formation de spécialistes par un cursus novateur de Bachelor en systèmes naturels, un programme de Master ciblant les multiples aspects fondamentaux et appliqués de l'hydrogéologie et de la géothermie, une école doctorale et des programmes de formation continue uniques en leur genre.

[www.unine.ch/chyn](http://www.unine.ch/chyn)

## Événements Sites pollués Suisse

Nous serions heureux de vous accueillir à nos événements.

### SITES POLLUÉS SUISSE

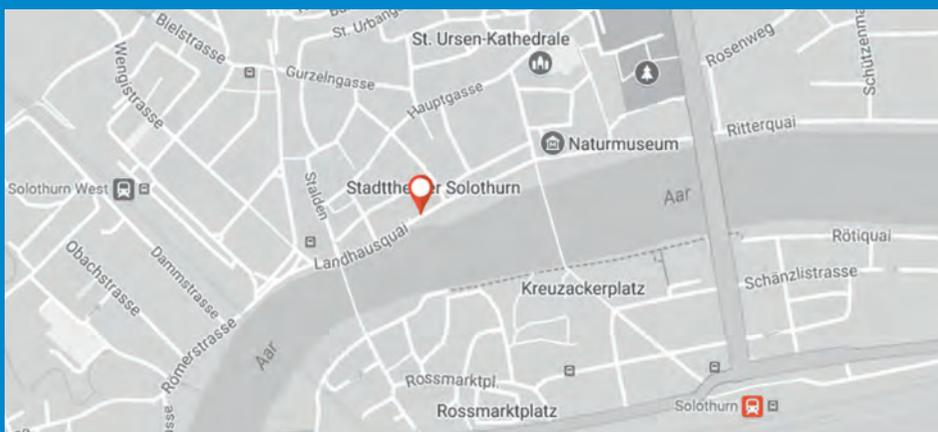
— Symposium 2023 —

Le Symposium Sites Pollués Suisse a pour but d'être la plateforme d'échanges entre les professionnels suisses du traitement des sites pollués. Le symposium a généralement lieu en automne et il est ouvert à tous : autorités, bureaux spécialisés, propriétaires, entreprises d'assainissement, laboratoires, milieux de la recherche, etc. Chaque deuxième année, l'accent est mis sur un thème d'actualité.

### SITES POLLUÉS SUISSE

— Workshop 2024 —

Le Workshop Sites Pollués Suisse a lieu chaque deuxième année et permet un échange d'expériences en groupes sur un thème d'actualité. Le workshop est ouvert aux spécialistes en gestion des sites pollués. Le nombre de participant-e-s est limité.



# SITES POLLUÉS SUISSE

— Symposium 2023 —

## 3<sup>e</sup> Symposium Sites pollués Suisse | OFEV

# Assainissement des anciennes décharges de déchets urbains

Mercredi 13 septembre 2023

Landhaus de Soleure, Landhausquai, 4500 Soleure



**unine**  
Université de Neuchâtel  
Centre d'hydrogéologie  
et de géothermie (CHYN)

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

# Assainissement des anciennes décharges de déchets urbains

## 3<sup>e</sup> Symposium Sites pollués Suisse | OFEV

### Description

En Suisse, il existe environ 15'000 décharges, dont beaucoup sont remplies de déchets urbains.

Il n'est pas rare que ces anciennes décharges de déchets urbains nécessitent un assainissement, car les produits de dégradation des déchets organiques peuvent polluer les eaux ou leurs émanations peuvent pénétrer dans les bâtiments.

L'assainissement de ces sites contaminés montre qu'il est très difficile de trouver des variantes d'assainissement efficaces à long terme qui ne se heurtent pas au critère de proportionnalité.

### Objectif du symposium

Le symposium a pour but de montrer quel est l'état de la technique en matière d'investigation et d'assainissement des anciennes décharges de déchets urbains.

### Public cible

Professionnels, autorités et parties intéressées s'occupant de questions liées aux sites pollués et aux anciennes décharges.

## Organisation

### Renseignements

Reto Tietz, Direction du projet OFEV  
T +41 (0)58 462 19 43  
reto.tietz@bafu.admin.ch

### Inscription

**Jusqu'au 22 août 2023**

CHYN, Nathalie Challandes Badertscher,  
Rue Emile Argand 11, 2000 Neuchâtel

T +41 (0)32 718 26 30

[events.sipol@unine.ch](mailto:events.sipol@unine.ch)

ou [www.unine.ch/sites\\_pollues\\_suisse](http://www.unine.ch/sites_pollues_suisse)

(Formulaire en ligne)

### Coûts

230.- francs y compris le repas de midi, les rafraîchissements lors des pauses, l'apéritif, l'e-documentation et la TVA.

### Date et heure

Mercredi 13 septembre 2023  
9h30 - environ 17h00, puis apéritif

### Lieu

Landhaus de Soleure, Landhausquai, 4500 Soleure

[www.solothurn-city.ch](http://www.solothurn-city.ch)

T +41 (0)32 626 46 76

Centre de congrès situé en vieille ville au nord de l'Aar.  
Quelques minutes à pied depuis la gare principale  
(voir plan au dos)

### Documentation / Traduction

La documentation sera disponible en français et en allemand. Elle pourra être téléchargée avant la conférence. Les exposés seront présentés en français ou en allemand. Une traduction simultanée (fr/all) sera assurée sur place.

## Programme

Dès 8h45 *Accueil et café*

- 9h30 **Place du traitement des sites pollués dans la politique environnementale actuelle** (all)  
K. Schneeberger, Directrice OFEV
- Assainissement des anciennes décharges d'ordures ménagères : introduction** (all)  
R. Tietz, OFEV
- Aérobisation des décharges de déchets urbains, Méthodes, expériences, coûts, impact sur le climat, écobilan** (all)  
R. Schuler, Sieber Cassina + Partner  
M. Ritzkowski, HiiCCE  
T. Kägi, Carbotech
- Pause*
- Fosses d'aération passive : variante optimale pour les décharges d'ordures nécessitant un assainissement**  
Décharge de Finkenrain, Winterthur (all)  
M. Hoffmann, Friedlipartner AG
- Approche multiple pour la caractérisation de la pollution et sa diffusion dans les biens à protéger**  
Ancienne décharge de Châtillon (fr)  
L. Thüler, Prona Romandie SA  
R. Dalla Piazza, SEn FR
- 12h45 *Repas de midi*
- 14h25 **Programme de soutien pour diminuer les émissions de gaz de décharges** (all)  
D. Aepli, Stiftung KLIK
- Expériences d'aérobisation des décharges**  
Sass Grand, Bever GR und Kehlhof, Berg TG (all)  
W. Meier, Ingenias AG
- Assainissement des décharges de Stadtmist, Soleure** (all)  
M. Brehmer, AfU SO  
R. Dürrenmatt, BHG
- Aérobisation de la décharge Hardwald, Weiningen** (all)  
J. Egestorff, AWEL ZH
- L'approche forensique au service de la santé de cours d'eau** (fr)  
A.-L. Zufferey,  
Riverexpertise
- Info-bloc de l'OFEV**  
État des lieux concernant les sites pollués par les PFAS et autres actualités (all)  
M. Schwab-Wyssner, OFEV  
R. Kettler, OFEV
- Clôture** (all)  
B. Hitzfeld, cheffe de la division  
Sols et biotechnologie, OFEV
- 17h00 *Apéro*

# Programme

---

Dès 8h45 *Accueil et café*

- 9h30 **Place du traitement des sites pollués dans la politique environnementale actuelle** (all) K. Schneeberger, Directrice OFEV
- Assainissement des anciennes décharges d'ordures ménagères : introduction** (all) R. Tietz, OFEV
- Aérobisation des décharges de déchets urbains,** R. Schuler, Sieber Cassina + Partner  
Méthodes, expériences, coûts, impact sur le climat, écobilan (all) M. Ritzkowski, HiiCCE  
T. Kägi, Carbotech
- Pause*
- Fosses d'aération passive : variante optimale pour les décharges d'ordures nécessitant un assainissement**  
Décharge de Finkenrain, Winterthur (all) M. Hoffmann, Friedlipartner AG
- Approche multiple pour la caractérisation de la pollution et sa diffusion dans les biens à protéger**  
Ancienne décharge de Châtillon (fr) L. Thüler, Prona Romandie SA  
R. Dalla Piazza, SEF FR
- 12h45 *Repas de midi*
- 14h25 **Programme de soutien pour diminuer les émissions de gaz de décharges** (all) D. Aepli, Stiftung KliK
- Expériences d'aérobisation des décharges** W. Meier, Ingenias AG  
Sass Grand, Bever GR und Kehlhof, Berg TG (all)
- Assainissement des décharges de Stadtmist, Soleure** (all) M. Brehmer, AfU SO  
R. Dürrenmatt, BHG
- Aérobisation de la décharge Hardwald, Weiningen** (all) J. Egestorff, AWEL ZH
- L'approche forensique au service de la santé de cours d'eau** (fr) A.-L. Zufferey,  
Riverexpertise
- Info-bloc de l'OFEV** M. Schwab-Wyssner, OFEV  
R. Kettler, OFEV  
État des lieux concernant les sites pollués par les PFAS et autres actualités (all)
- Clôture** (all) B. Hitzfeld, cheffe de la division  
Sols et biotechnologie, OFEV

17h00 *Apéro*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,  
Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Umwelt BAFU**  
Direktion

## **ATLASTEN SCHWEIZ**

— Symposium 2023 —

# **La gestion des sites contaminés dans la politique environnementale actuelle**

**Katrin Schneeberger, directrice OFEV**



# Soleure



Source: [www.solothurn-city.ch](http://www.solothurn-city.ch)



Source: [www.stadtmist.so.ch](http://www.stadtmist.so.ch)



# Objectifs de l'OFEV

- Lutte contre le changement climatique et adaptation à ce changement
- Protection à long terme et utilisation durable des ressources naturelles
- Renforcement de l'économie circulaire
- Protection des personnes et des biens contre les risques naturels
- Protection des personnes et de l'environnement contre les nuisances excessives



# Priorités de la politique environnementale

## *Climat*



**Limiter les émissions de méthane** par l'aération des anciennes décharges de déchets urbains



# Priorités de la politique environnementale

## *Préservation des ressources et économie circulaire*



**Eviter** les déchets lors de l'assainissement (mesures in-situ comme l'aération)

**Valoriser** les déchets lors de l'assainissement (p. ex. valorisation thermique à Stadtmist SO)



# Priorités de la politique environnementale

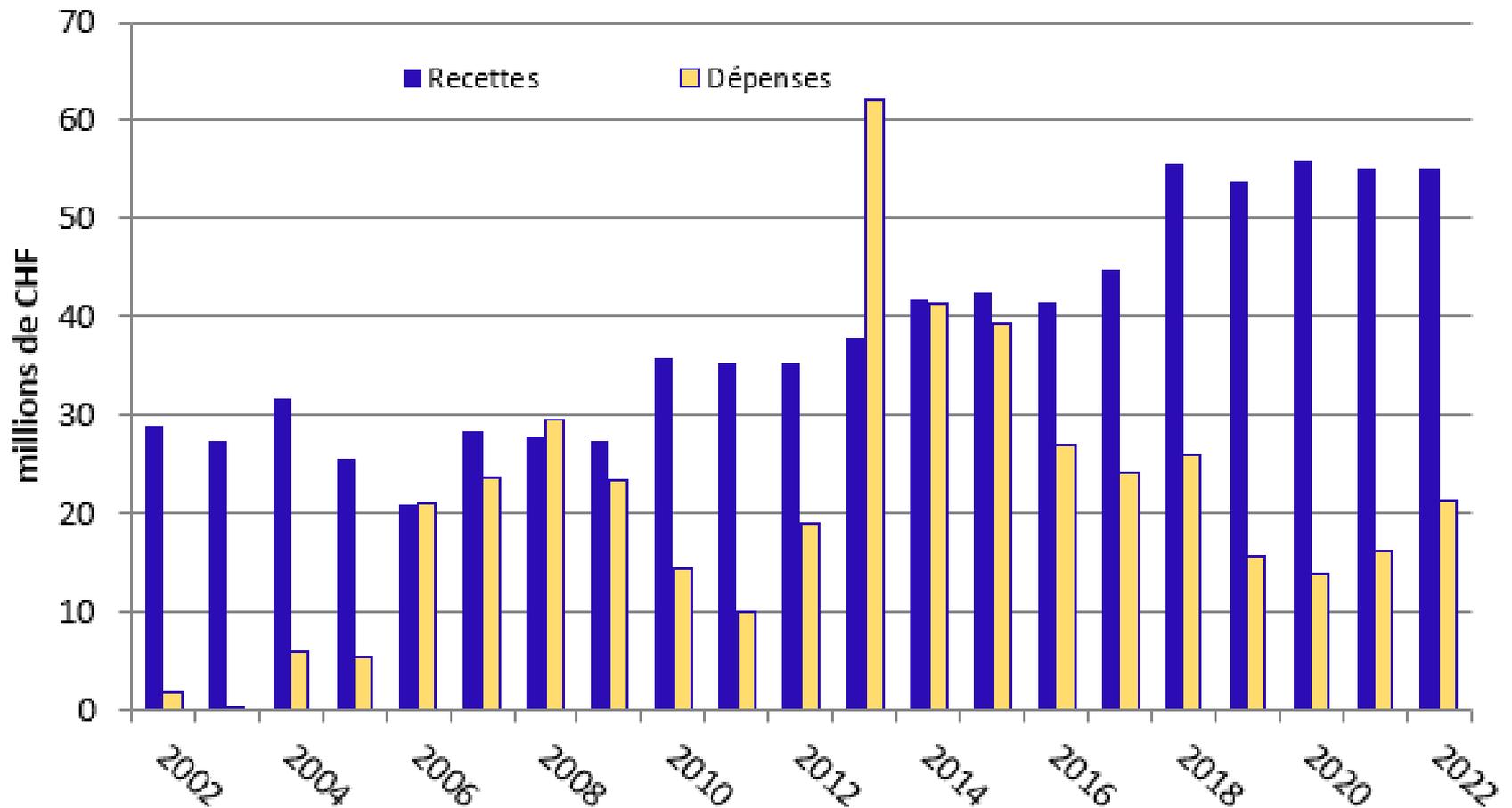
## *Biodiversité*



**Mesures de revalorisation écologique** dans le cadre de l'assainissement de sites contaminés (cf. Stadtmist SO)



# Financement par le fonds OTAS





# Des défis



Gestern bei der Josefswiese: Die Stadt lässt Teile des Parks mit Holzschnitzeln und einem Vlies abdecken. Foto: Urs Javits

## «Wir wollen hier die Kleinsten schützen»

**Dioxin** Die Stadt Zürich wird nächstens 6000 Quadratmeter Boden rund um die Josefswiese wegen erhöhter Schadstoffwerte austauschen. Gestern wurden erste Sofortmassnahmen ergriffen.

Source: TA 1.2.2023

## Alerte aux PFAS: Monthey aux avant-postes

**ENVIRONNEMENT** Pêche interdite, recommandations avant de manger des légumes: la pollution à ces substances chimiques impacte le quotidien d'habitants du Chablais. Mais cette problématique n'est pas spécifique à cette région et devrait prendre de l'ampleur

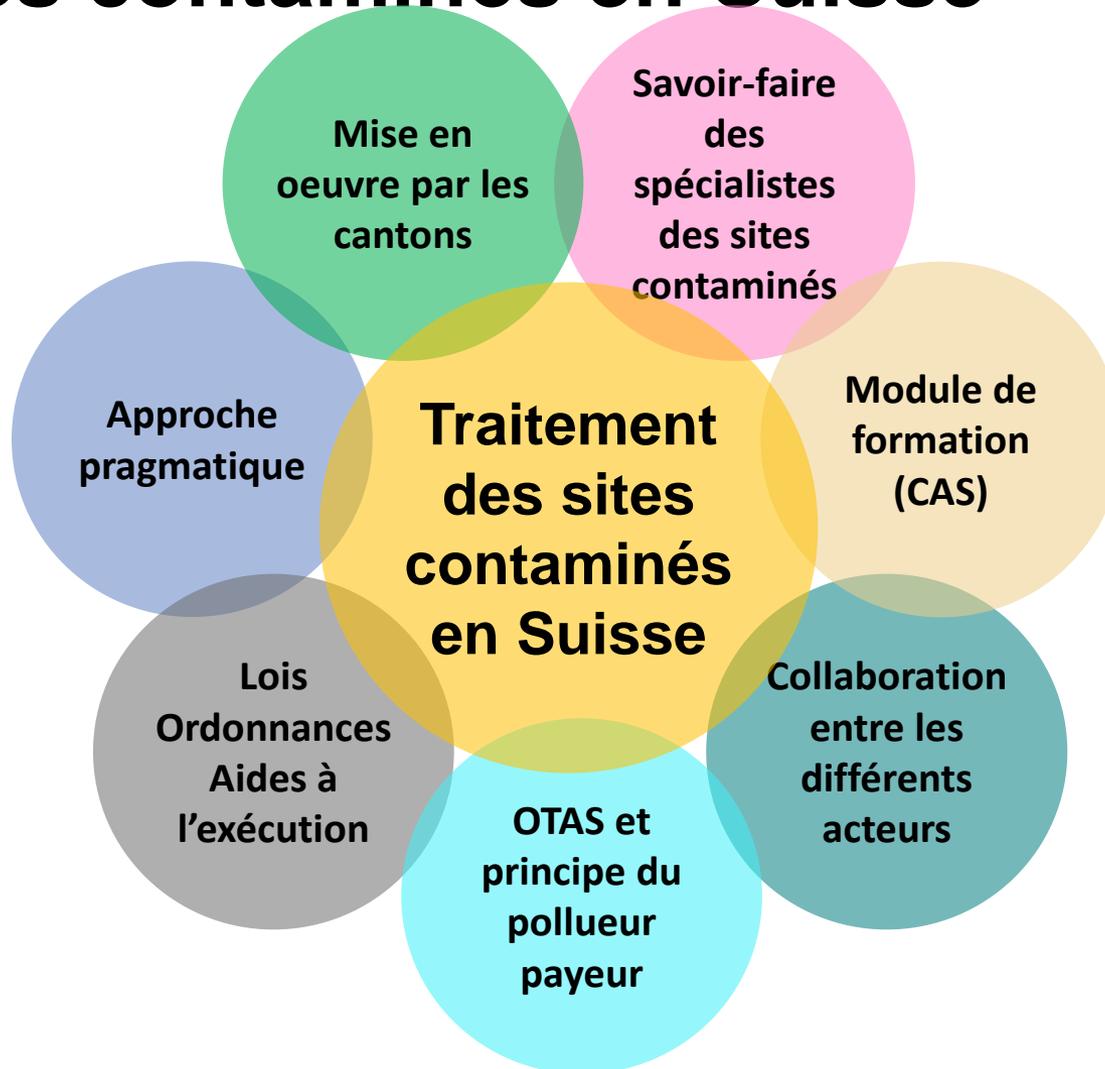


L'étang des Mangettes est situé à proximité de l'ancienne raffinerie Tamoil de Collombey, aujourd'hui fermée. (MONTHEY, 14 MARS 2007 / MARTIN RUETSCHI / KEYSTONE)

Source: Le Temps 13.12.2022



# Facteurs de réussite du traitement des sites contaminés en Suisse





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,  
de l'énergie et de la communication DETEC  
**Office fédéral de l'environnement OFEV**  
Division Sols et biotechnologie

# **SITES POLLUÉS SUISSE**

— Symposium 2023 —

# **Assainissement d'anciennes décharges d'ordures ménagères**

Reto Tietz, Section Sites contaminés, OFEV



# Stimmungsbild Stinkberg 1963



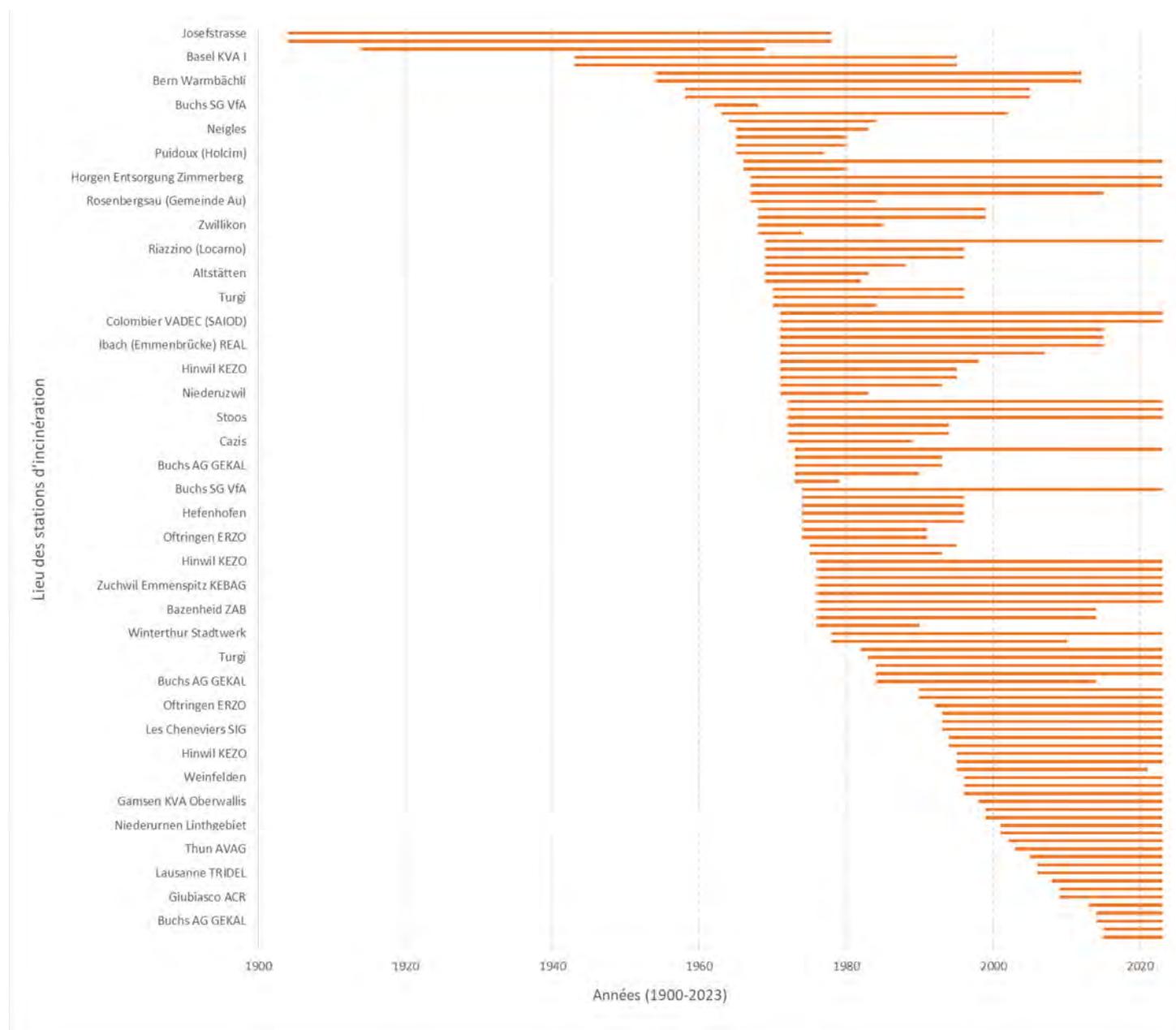


# Bases légales

- 1955: **Loi sur la protection des eaux**  
→ pas de substances polluantes dans les eaux
- 1971: Révision **Loi sur la protection des eaux**  
→ Fermeture des décharges présentant un risque pour les eaux
- 1976: **Directive sur les décharges**  
→ Attribution des déchets urbains aux décharges de classe III
- 1991: **Ordonnance sur le traitement des déchets (OTD)**  
→ Autorisation obligatoire, exigences relatives au site, à la technique, à l'exploitation des décharges et aux déchets
- 2000: **Interdiction de mise en décharge des déchets combustibles**
- 2015 **Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED)**

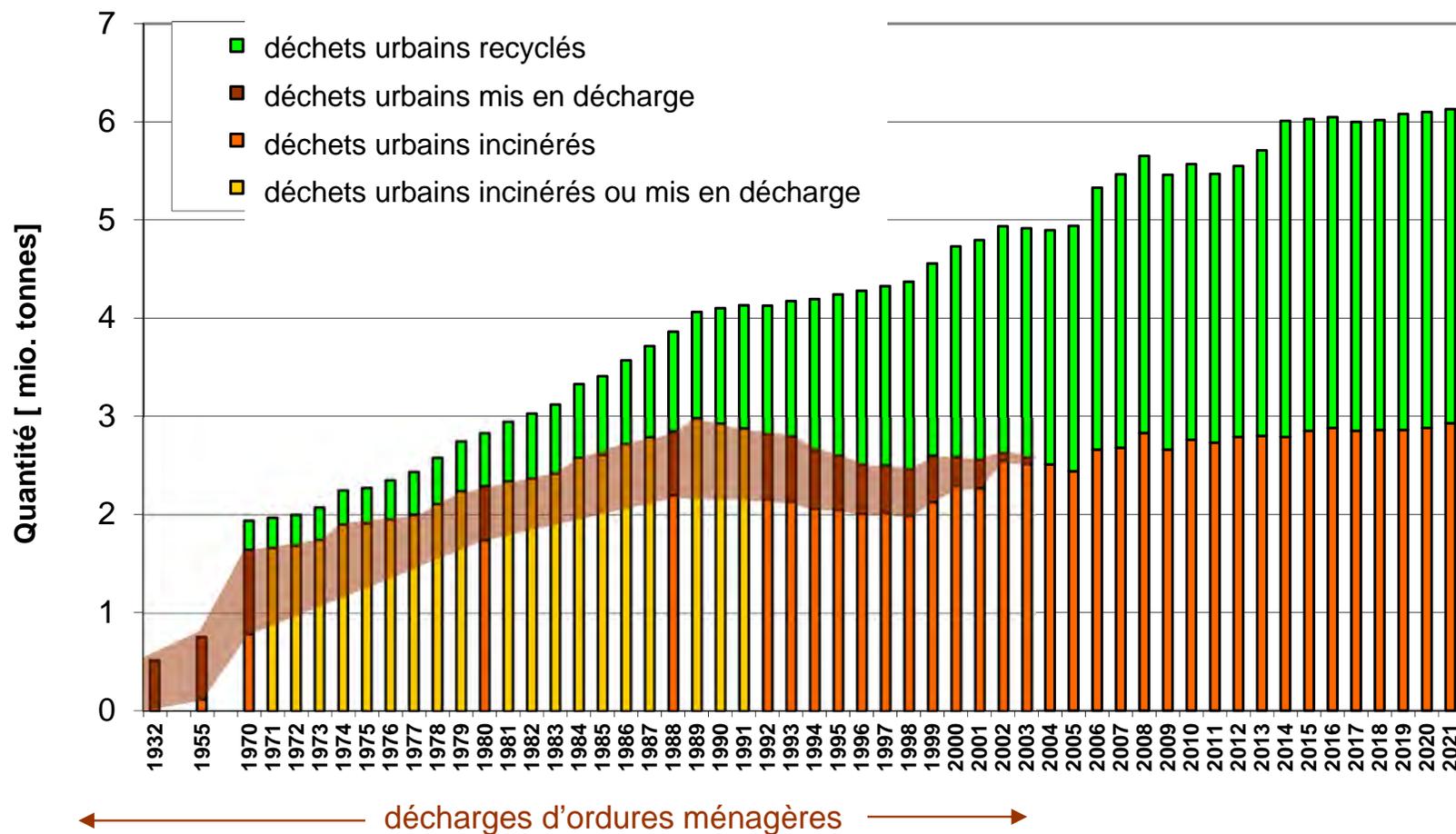


# UIOM en Suisse



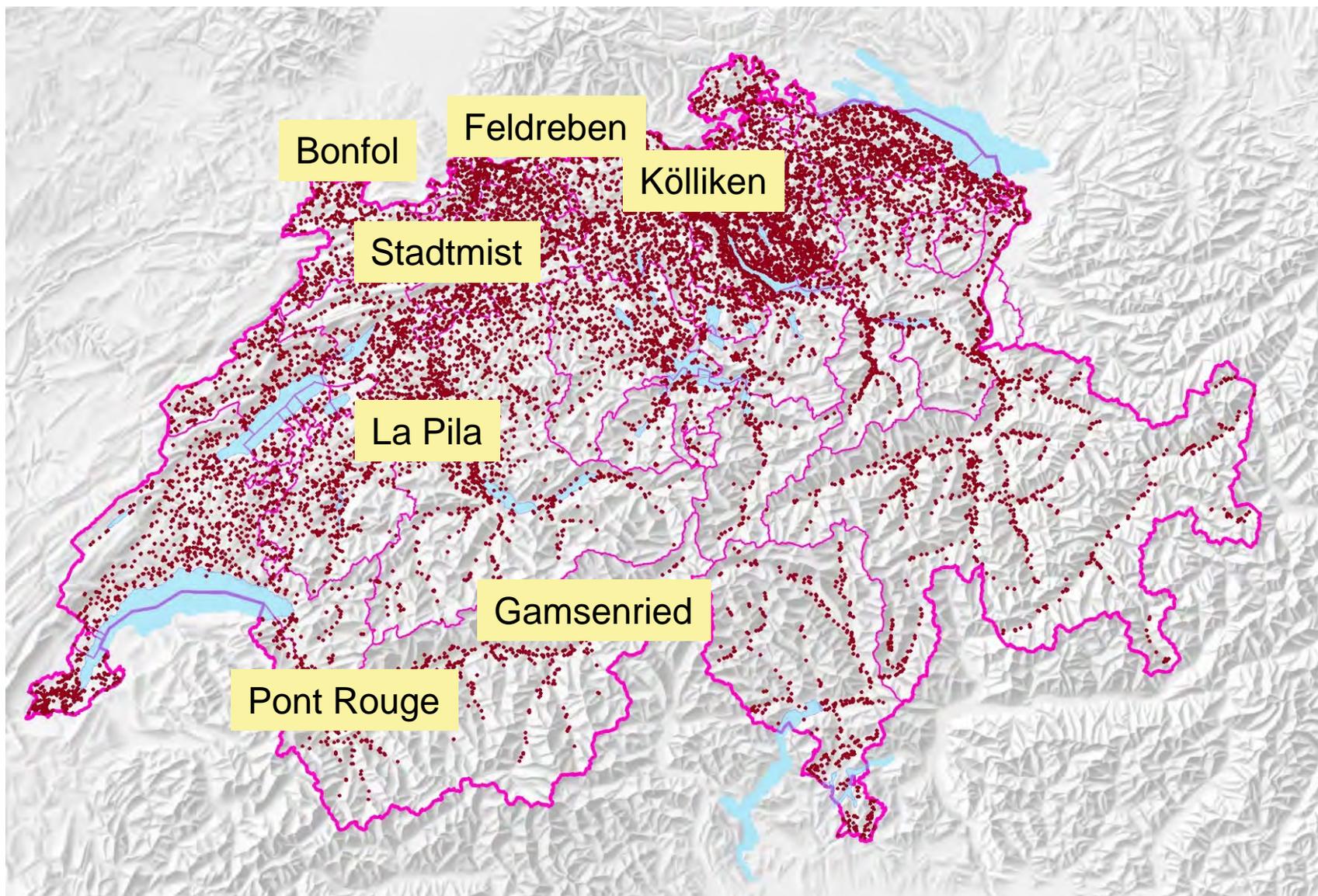


# Elimination des déchets urbains en Suisse depuis 1932





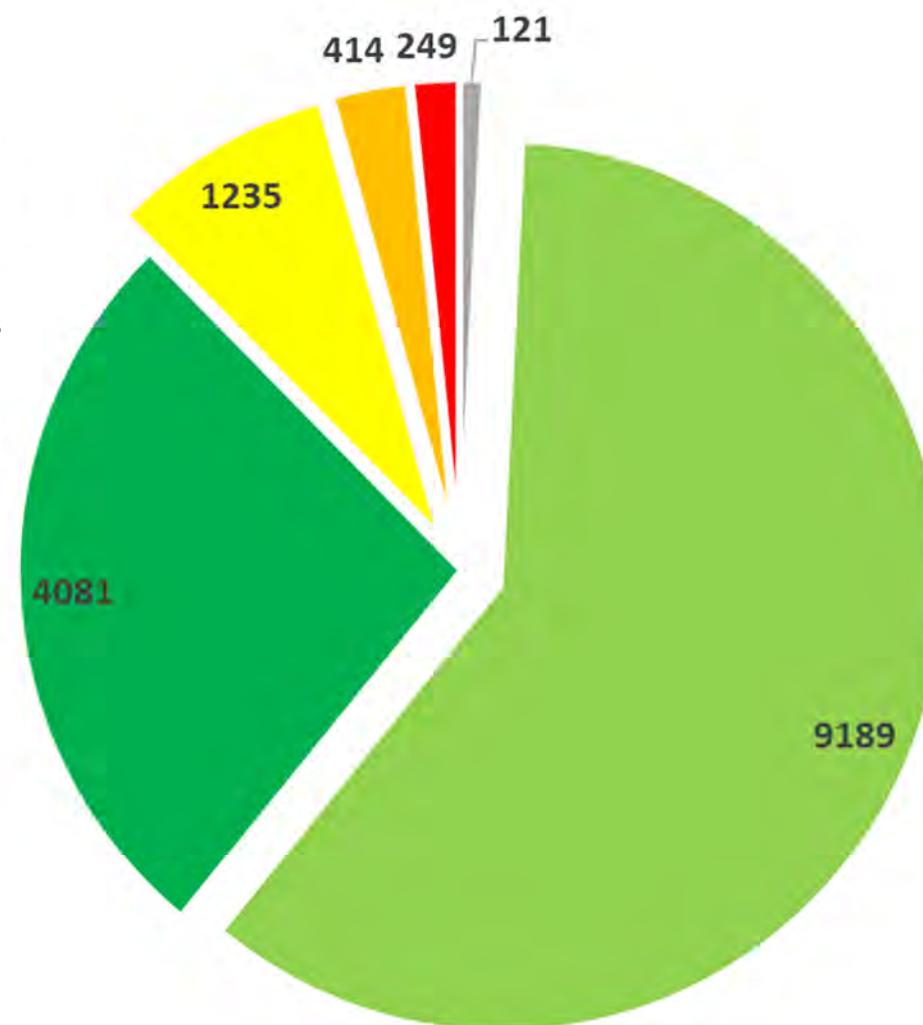
# Décharges inscrites au cadastre





# Statut des décharges (état fin 2022)

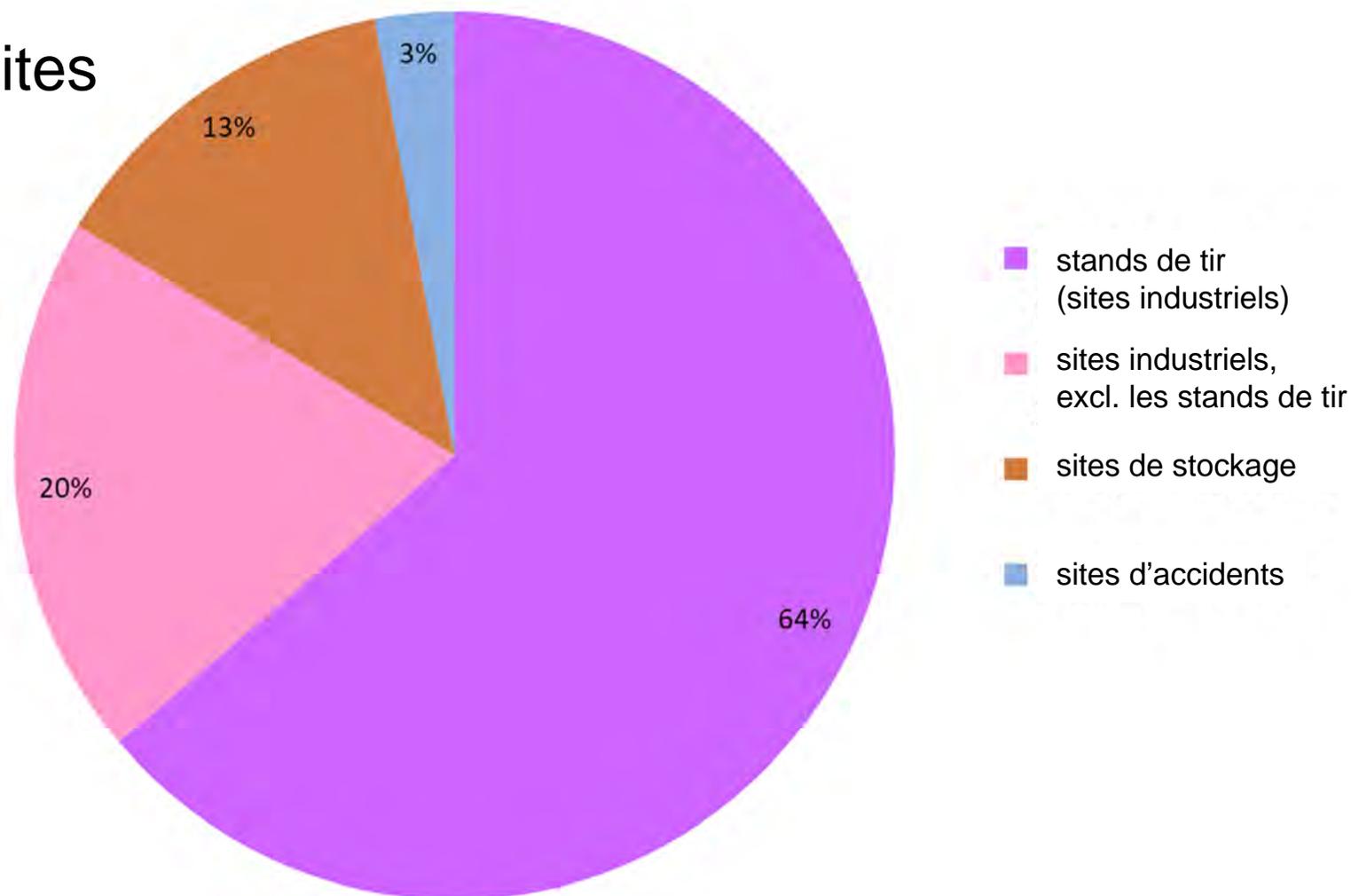
- polluée, nécessité d'investigation pas définie
- polluée, sans atteintes nuisibles ou incommodantes
- polluée, sans nécessité de surveillance ou assainissement
- polluée, avec un besoin d'investigation
- polluée, avec un besoin de surveillance
- polluée, avec un besoin d'assainissement





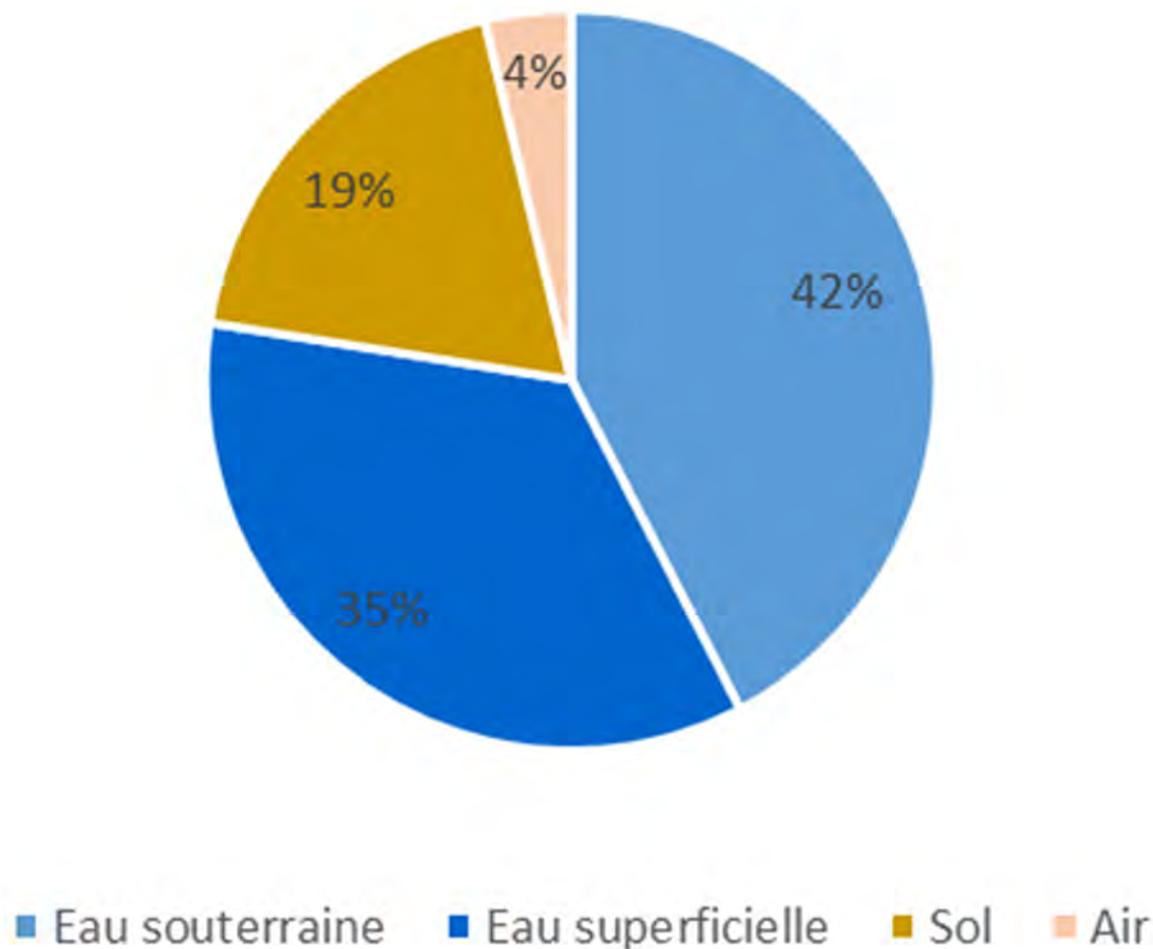
# Sites assainis selon type de site (état fin 2022)

220 sites



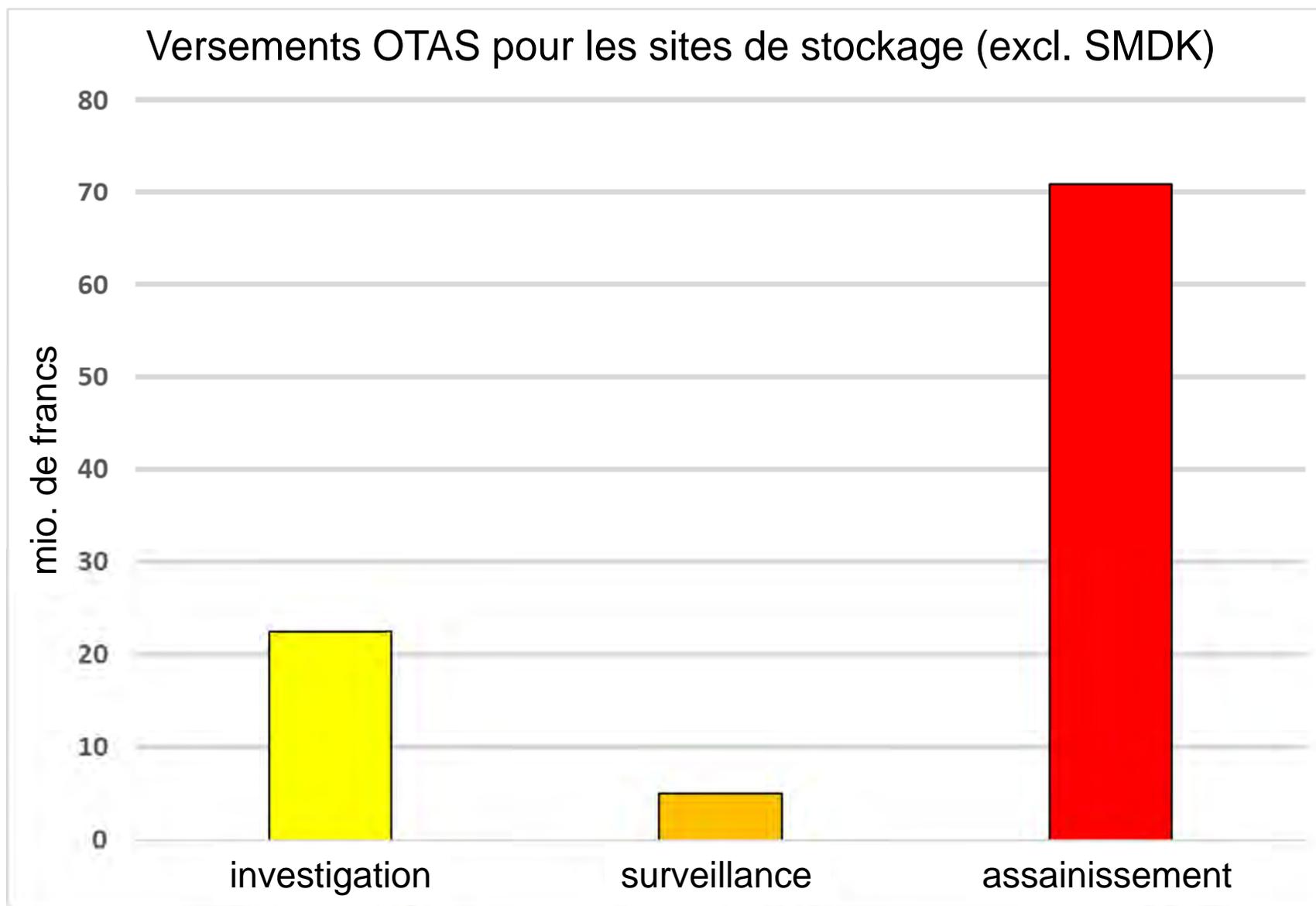


# Biens à protéger concernés par les décharges assainies (état fin 2022)





# Versements OTAS





# Déclencheurs et mesures d'assainissement les plus fréquents

Déclencheur d'assainissement	Mesures appliquées
Ruisseau canalisé sous la décharge, dans un tuyau présentant un risque d'effondrement ou non étanche	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mise à ciel ouvert du cours d'eau à côté de la décharge</li><li>• Mise à ciel ouvert du cours d'eau sur la décharge</li><li>• Réparation de la canalisation, par ex. au moyen d'un revêtement intérieur (inliner)</li></ul>
Erosion du corps de la décharge sur les berges et dissémination de déchets dans les eaux	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sécurisation des berges par des aménagements</li><li>• Décontamination de la décharge</li></ul>
Rejets de polluants dans les eaux (eaux de surface et eaux souterraines)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Captage et évacuation des lixiviats dans une STEP ou une station d'épuration biologique</li><li>• Aérobisation de la décharge</li><li>• Décontamination de la décharge</li></ul>



# Déclencheurs et mesures d'assainissement les plus fréquents

Déclencheur d'assainissement	Mesures appliquées
Dégagement de gaz de décharge dans les bâtiments	<ul style="list-style-type: none"><li>• Captage et traitement des gaz de décharge (y compris aérobisation, le cas échéant)</li><li>• Étanchéification des bâtiments</li></ul>
Pollution du sol par des substances nocives ou solides	<ul style="list-style-type: none"><li>• Décapage du sol contaminé et mise en place d'un nouvel horizon de sol, y compris remise en culture.</li></ul>



# Déclencheur du projet et publications

## Traitement des lixiviats pollués et des pollutions dans les eaux souterraines : quelle contribution l'aérobisation peut-elle apporter?

Geologische Beratungen  
**SCHENKER RICHTER GRAF AG**

**Projets de construction sur d'anciennes décharges de déchets urbains**  
Mandat n° 2019 - 0216

Sur la décomposition des matières organiques comme cause de lixiviat contaminé, d'émissions de gaz et d'affaissement  
Rapport sur les causes, les investigations et les solutions techniques  
Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV

Client  
OFEV  
Division Sols et biotechnologie  
Section Sites contaminés



Photo de couverture : Au pied d'une ancienne grande décharge urbaine, les eaux de perle et d'infiltration s'accumulent dans un étang. Pendant l'échantillonnage de l'eau, nous sommes observés par une carpe affamée.

29 mars 2021

AGRIFFENTE  
Rüschweg 44  
CH-8006 Zürich  
T (041) 373 44 90  
info@hpsg.ch

PSALBE  
Klostermatt 4  
CH-6414 Birm  
T (041) 587 35 35  
rps@scnag.ch  
www.scnag.ch

Sieber Cassina + Partner AG  
Gesamtdienstleister Baugrund Umwelt

**Aérobisation des décharges de déchets urbains**



Expertise

Mandant  
OFEV  
Office fédéral de l'environnement  
Werdentalstrasse 68  
3003 Ittigen

Pour le sujet de l'aérobisation  
IFAS Bureau d'études pour  
Gestion des déchets  
Prof. Dr. Schlegelin et associés  
Schlierbachstrasse 19, 21  
D-21079 Hambourg

Pour le sujet de l'analyse du cycle de vie (ACV)  
Carbotech AG  
Gäbermattenstrasse 9  
8005 Zürich

Date  
12.10.2022

Chargé(s) de dossiers  
Rafael Schuler - SC-P AG  
Enrico Cassina - SC-P AG  
Kai-Uwe Hoyer - IFAS  
Marco Ritzkowski - HISCE  
Thomas Klug - Carbotech

Numéro de projet  
BE 662A

Genève  
Vélizy  
Zürich

Birm  
Friedensweg 10  
CH-3007 Birm  
Tel: 041 587 35 35  
rps@scnag.ch  
www.scnag.ch

SC-P  
HISCE  
carbotech

**INGENIAS**

Ingenias AG  
Lindwart, Wasser, Geologie  
www.ingenias.ch

**Rapport d'expérience sur l'aérobisation**

Expériences tirées de l'aérobisation des décharges de Sass Grand, Bever (GR) et Kehlhof, Berg (TG)

Mandant  
Office fédéral de l'environnement (OFEV)  
Division Sols et biotechnologie, Section Sites contaminés

N° de projet 2649

Date  
Weinfelden, le 14 novembre 2022




Deponie Sass Grand (Bever GR)




Deponie Kehlhof (Berg TG)



# Le casse-tête de l'assainissement des décharges d'ordures ménagères

- Evaluation de la durabilité et de la proportionnalité des mesures (1 à 2 générations)
- Pompage et traitement des lixiviats dans une station d'épuration
- Mesures de gestion après fermeture selon l'OTD / l'OLED versus mesures d'assainissement selon l'OSites
- Imputabilité des coûts d'entretien et d'exploitation



source : Aargauer Zeitung



Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Symposium Sites pollués

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 1



## Aérobisation des décharges de déchets urbains

# Méthodes, expériences, coûts, impact sur le climat, écobilan

Symposium Sites pollués Suisse 2023  
Soleure, 13.09.2023



**Sieber Cassina + Partner AG**  
Gesamtdienstleister Baugrund Umwelt



**carbotech**   
Umweltprojekte und Beratung

# Brève présentation des personnes impliquées

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Symposium Sites pollués

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 2

## Mandant : Office fédéral de l'environnement OFEV

- Christiane Wermeille, cheffe de la section Sites contaminés
- Reto Tietz, chef adjoint de la section, division Sols et biotechnologie

## Direction et coordination du projet : Sieber Cassina + Partner AG

- Chef de projet : Rafael Schuler, Ingénieur civil diplômé EPF
- Collaboration au projet : Enrico Cassina, Ingénieur civil diplômé HES

## Spécialistes en aérobisation

- Kai Uwe Heyer, Dr en ingénierie, Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft IFAS
- Marco Ritzkowski, Dr en ingénierie, Hamburg Institute for Innovation, Climate Protection, and Circular Economy

## Spécialiste en écobilans

- Thomas Kägi, carbotech AG



# Buts de notre expertise

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

---

Expertise  
Buts

---

Soleure, 13.09.2023

---

Diapositive 3

---

- Présenter les possibilités et les limites de l'aérobisation pour assainir les anciennes décharges d'ordures ménagères
- Créer des bases de décision pour pouvoir choisir, lors des futures études de variantes, les procédés d'assainissement appropriés à chaque cas pour les anciennes décharges de déchets urbains
- Considérations en matière de rentabilité - selon l'OSites, il est possible de s'écarter de l'objectif d'assainissement si la variante indiquée entraîne des coûts disproportionnés



# Contenu

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Symposium Sites pollués

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 4

1. **Méthodes (R. Schuler, M. Ritzkowski)**
  - Principes de base concernant les gaz de décharge
  - Techniques d'aérobisation utilisées
  - Déroulement de la planification
  - Critères attestant que l'objectif d'assainissement est atteint (émissions de gaz, lixiviats de décharge)
2. **Expériences (M. Ritzkowski)**
  - Facteurs influençant la stabilisation biologique
  - Expériences - effets sur les gaz et lixiviats de décharge
3. **Expertise de l'aérobisation des décharges de déchets urbains (R. Schuler)**
  - Buts
  - Hypothèses de modélisation
  - Variantes et scénarios d'assainissement considérés
4. **Coûts (R. Schuler)**
5. **Impact sur le climat (R. Schuler)**
6. **Écobilan (T. Kägi)**



# Contenu

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Symposium Sites pollués

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 5

## 1. Méthodes

- Principes de base concernant le gaz de décharge
- Techniques d'aérobisation utilisées
- Déroulement de la planification
- Critères attestant que l'objectif d'assainissement est atteint (émissions de gaz, lixiviats de décharge)

## 2. Expériences

- Facteurs influençant la stabilisation biologique
- Expériences - effets sur les gaz et lixiviats de décharge

## 3. Expertise de l'aérobisation des décharges de déchets urbains

- Buts
- Hypothèses de modélisation
- Variantes et scénarios d'assainissement considérés

## 4. Coûts

## 5. Impact sur le climat

## 6. Écobilan



# Photos du passé

**Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains**

**Principes de base  
concernant les gaz de  
décharge**

**Soleure, 13.09.2023**

**Diapositive 6**



# Déchets biodégradables

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Principes de base  
concernant les gaz de  
décharge

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 7



Déchets  
alimentaires

Déchets  
verts

(Vieux)  
papier

etc.

Potentiel de gaz = 185 – 225 m<sup>3</sup> par tonne MS



# Principes de base

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Principes de base  
concernant le gaz de  
décharge

Soleure, 13.09.2023

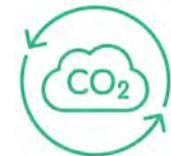
Diapositive 8

## Aérobisation :

- Procédé consistant à aérer le corps des décharges dont la matière organique se décompose surtout par voie anaérobie. L'air introduit crée des conditions partiellement aérobies et déclenche un processus de dégradation aérobie dans le corps de la décharge, ce qui permet généralement de dégrader le carbone organique plus rapidement que par voie anaérobie.
- $C_{\text{bio}}$ : valeur caractéristique déterminante pour identifier le potentiel total de carbone pouvant encore être émis par le corps de la décharge, principalement par voie gazeuse.

## Influence des gaz de décharge sur l'effet de serre :

- Le méthane a un effet de serre nettement plus important que le dioxyde de carbone :  $GWP_{\text{CH}_4} = 28$
- La combustion d'une tonne de méthane produit 2,75 tonnes de dioxyde de carbone.



# Production de gaz de décharge

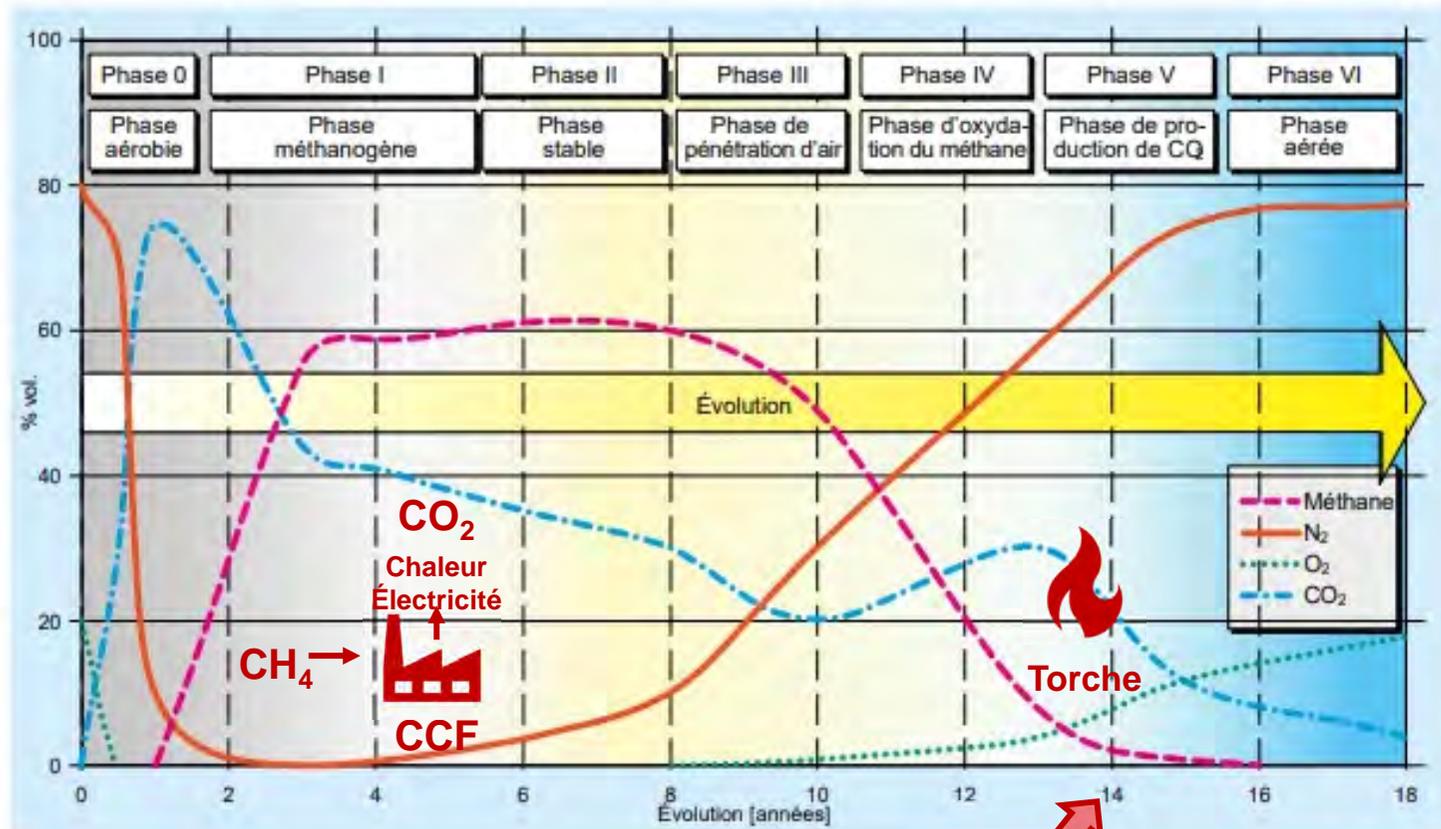
Aérobisation des décharges de déchets urbains

Bienvenue

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 9

## Évolution de la production de gaz de décharge au fil du temps



10 – 15% du  $C_{\text{bio}}$   
reste dans la décharge

# Techniques d'aérobisation - une multitude de concepts

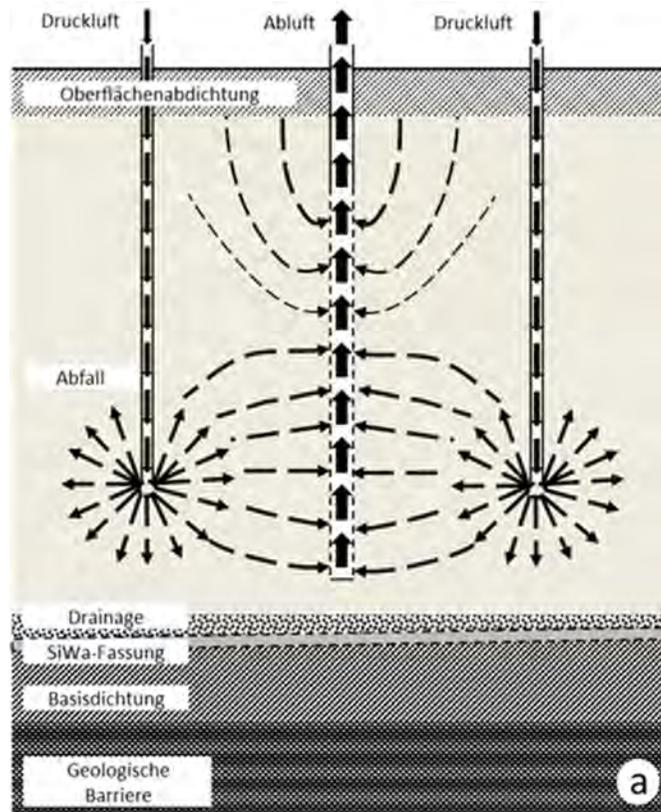
Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Méthodes

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 10

## a) Aération à haute pression



- Émission de pressions intermittentes jusqu'à 6 bars
- Les lances sont munies d'une vanne à air comprimé
- L'air peut être enrichi avec de l'oxygène supplémentaire ou d'autres nutriments
- Cette méthode a surtout été utilisée dans des projets de démantèlement de décharges, où il fallait se concentrer sur la sécurité au travail et la prévention des odeurs
- Coûteux



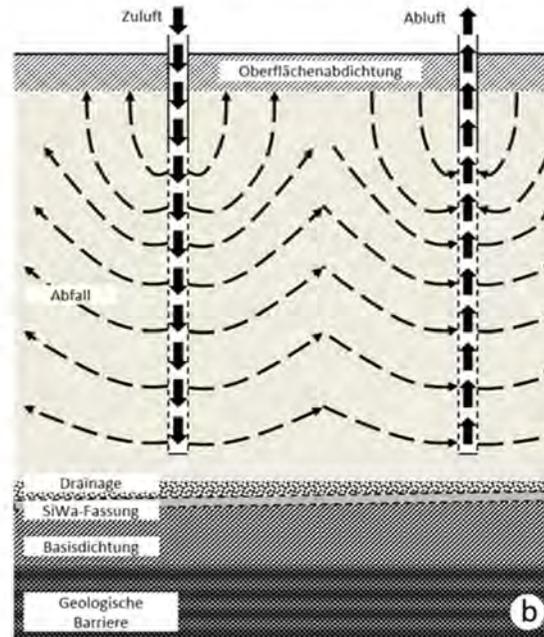
# Techniques d'aérobisation

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Méthodes

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 11



b) Aération à basse pression avec  
captage de l'air évacué

c) Aération à basse pression sans  
captage de l'air évacué

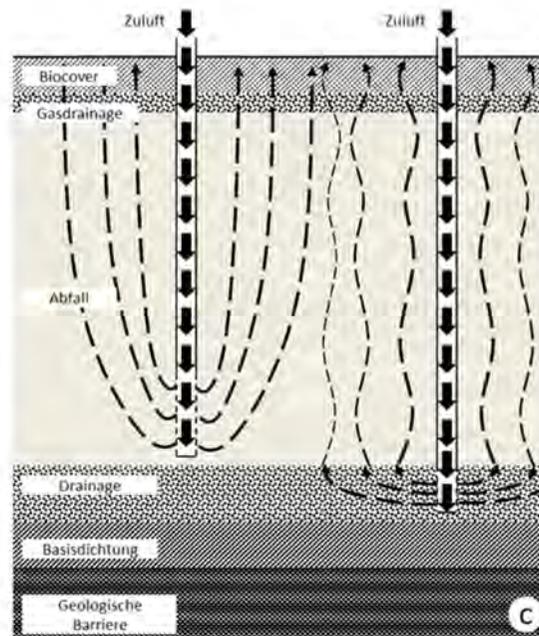
– But: accélérer et étendre la stabilisation  
biologique des déchets

– Pressions appliquées < 0,3 bar, mais le  
plus souvent entre 20 et 80 mbar

– L'air ambiant est introduit dans le corps  
de la décharge.

– Un système d'extraction de l'air évacué  
installé en parallèle (b) permet davantage  
de flexibilité dans la gestion

– Sans captage de l'air évacué (c), il n'est  
pas possible d'enregistrer ou de  
surveiller la qualité de l'air évacué



# Techniques d'aérobisation - une multitude de concepts

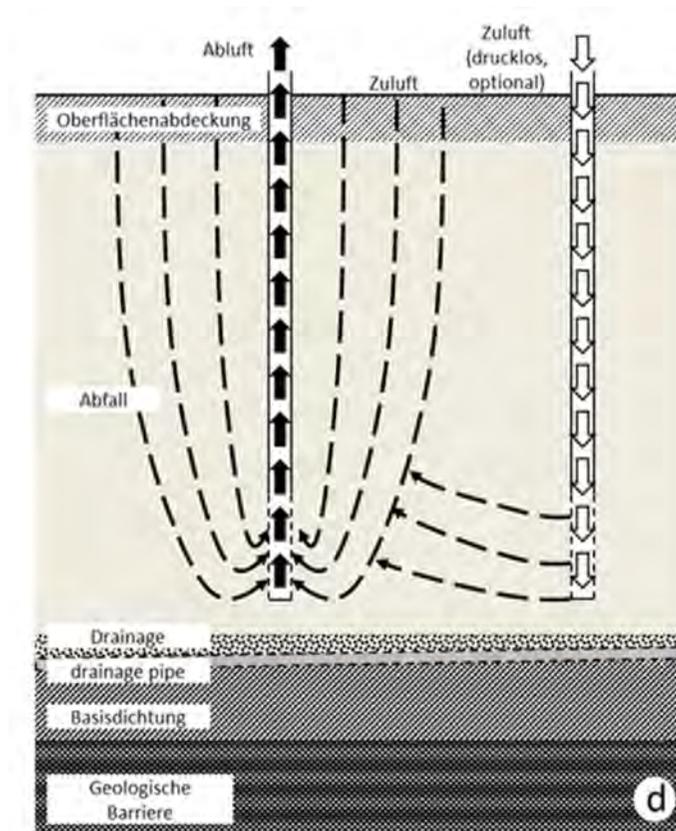
Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Méthodes

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 12

## d) Suraspiration



- Apport d'air passif : l'air ambiant est aspiré dans le corps de la décharge par dépression, si nécessaire par des puits de gaz ouverts
- Ne perforer les puits de gaz que dans les couches de déchets plus profondes pour éviter les courts-circuits en surface
- Traitement du gaz de décharge par torchère à gaz pauvre / RTO



# Techniques d'aérobisation une multitude de concepts



**Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains**

**Méthodes**

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 13

Méthode	Conditions préalables	Avantages	Inconvénients
<b>Aération à haute pression</b>	En général, uniquement avant le démantèlement de la décharge	Utilisation aussi bien dans les déchets fortement que faiblement compactés. Captage contrôlé de l'air évacué	Coûts, complexité technique élevée, peu d'influence sur la qualité des lixiviats en raison de la courte durée du traitement
<b>Aération à basse pression avec captage de l'air évacué</b> (-> pris en compte pour le calcul)	Pas de conditions préalables particulières, utilisation très flexible	Gestion de l'exploitation flexible (l'air peut être introduit de manière ciblée) Captage contrôlé de l'air évacué	Dépenses légèrement plus élevées pour la gestion de l'exploitation et le nettoyage de l'air vicié (durée de traitement plus courte qu'en cas de suraspiration)
<b>Aération à basse pression sans captage de l'air évacué</b>	Utilisable uniquement si une migration incontrôlée de gaz est exclue	Coûts techniques réduits, car pas de captage actif de l'air évacué	Réduction des émissions généralement inférieure à celle obtenue avec captage de l'air évacué Détection et contrôle des émissions difficiles
<b>Suraspiration</b>	Utilisation de préférence en cas de faible potentiel de dégradation et faible épaisseur de la décharge	Captage contrôlé de l'air évacué	La mesure dure en général plus longtemps qu'avec une aération active

# Déroulement de la planification

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Méthodes

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 14

1. **État des lieux**
2. **Détermination du potentiel d'émission encore existant à l'aide d'investigations complémentaires (forages de reconnaissance avec analyse des déchets solides, essais d'aspiration et d'aération)**
3. **Planification de mesures appropriées pour accélérer et contrôler la réduction du potentiel d'émissions résiduelles (stabilisation aérobie in situ, éventuellement mesures d'humidification complémentaires), indications sur la technique et la gestion de l'exploitation**
4. **Programme de suivi pour optimiser et démontrer la bonne mise en œuvre de la/des mesure(s)**



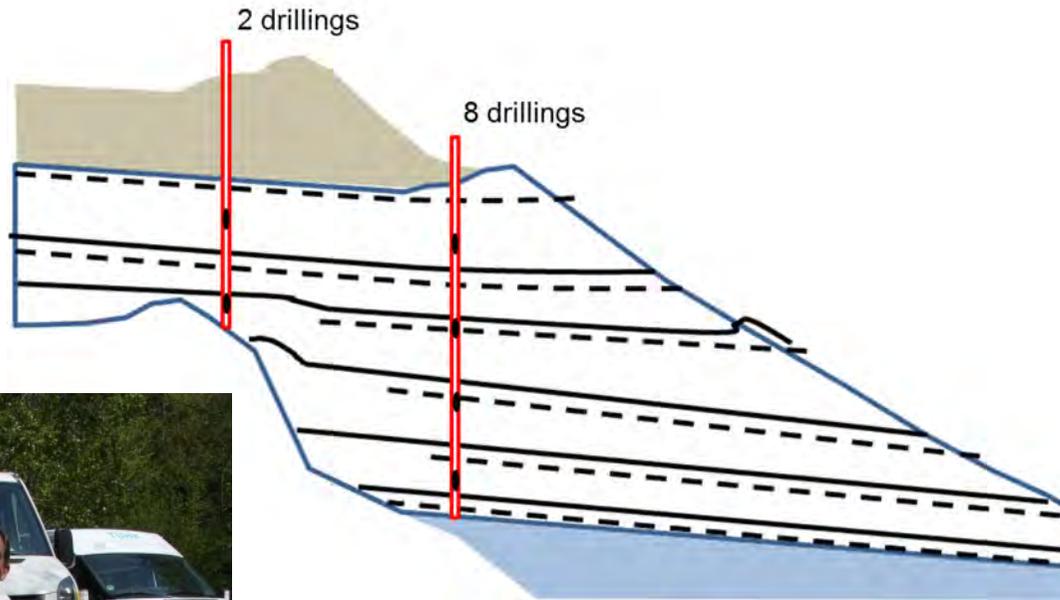
# Prélèvement d'échantillons de déchets

**Aérobisation des décharges de déchets urbains**

**Méthodes**

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 15



# Critères attestant que les objectifs d'assainissement sont atteints 1/2

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Méthodes

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 16

## Gaz :

- Le méthane est choisi comme indicateur en raison de son effet de serre élevé
- Volume de méthane  $\leq 10 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/h$  sur tout le site, soit  $\leq 2 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/(h \cdot ha)$
- Concentration de  $\text{CH}_4$  et  $\text{CO}_2$  dans l'air interstitiel du sol selon OSites, ann. 2

## Eau :

- L'aération de la décharge contribue à réduire la pollution des lixiviats (p. ex. DCO,  $\text{DBO}_5$  et azote). Malgré les nombreux projets réalisés entretemps, il manque encore des résultats généralisables permettant de déterminer dans quelle mesure l'aération des décharges accélère ce phénomène et à quel niveau de concentration on peut s'attendre à la fin du processus.
- Les valeurs de concentration doivent être inférieures à 10 fois celles de l'OSites
- « Exigences applicables au déversement du lixiviat de décharge » OFEV, 2012



# Critères attestant que les objectifs d'assainissement sont atteints 2/2

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Méthodes

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 17

**Critères attestant que les objectifs d'assainissement sont atteints**

**Température :**

- Pendant l'aération de la décharge, il se produit une augmentation de la température (les réactions aérobies sont exothermiques). Une baisse des températures signifie que les processus de dégradation sont en grande partie terminés
- Différence de température par rapport à l'état initial  $< 5 - 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$

**Tassements :**

- Les processus de dégradation génèrent un tassement du corps de la décharge, d'ampleur toutefois difficile à prévoir
- Critère qualitatif permettant d'évaluer indirectement la progression de la stabilisation



# Contenu

1. Méthodes ✓
  - Principes de base concernant les gaz de décharge
  - Techniques d'aérobisation utilisées
  - Déroulement de la planification
  - Critères attestant que l'objectif d'assainissement est atteint (émissions de gaz, lixiviats de décharge)
2. **Expériences**
  - **Facteurs influençant la stabilisation biologique**
  - **Expériences - effets sur les gaz et lixiviats de décharge**
3. Expertise de l'aérobisation des décharges de déchets urbains
  - Buts
  - Hypothèses de modélisation
  - Variantes et scénarios d'assainissement considérés
4. Coûts
5. Impact sur le climat
6. Écobilan



# Facteurs influençant l'aération d'une décharge

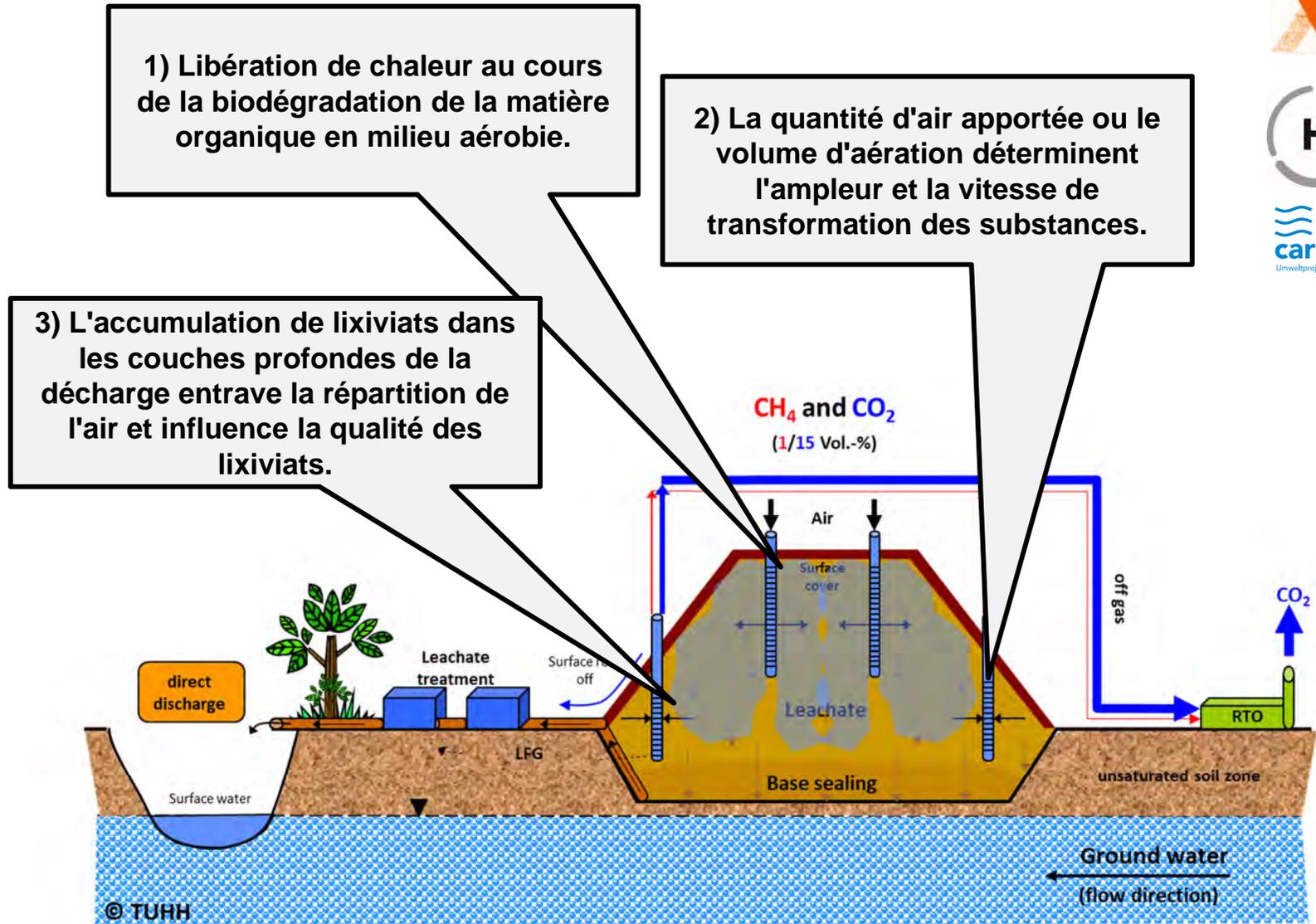


Aérobisation des décharges de déchets urbains

Expériences

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 19



# 1) Libération de chaleur

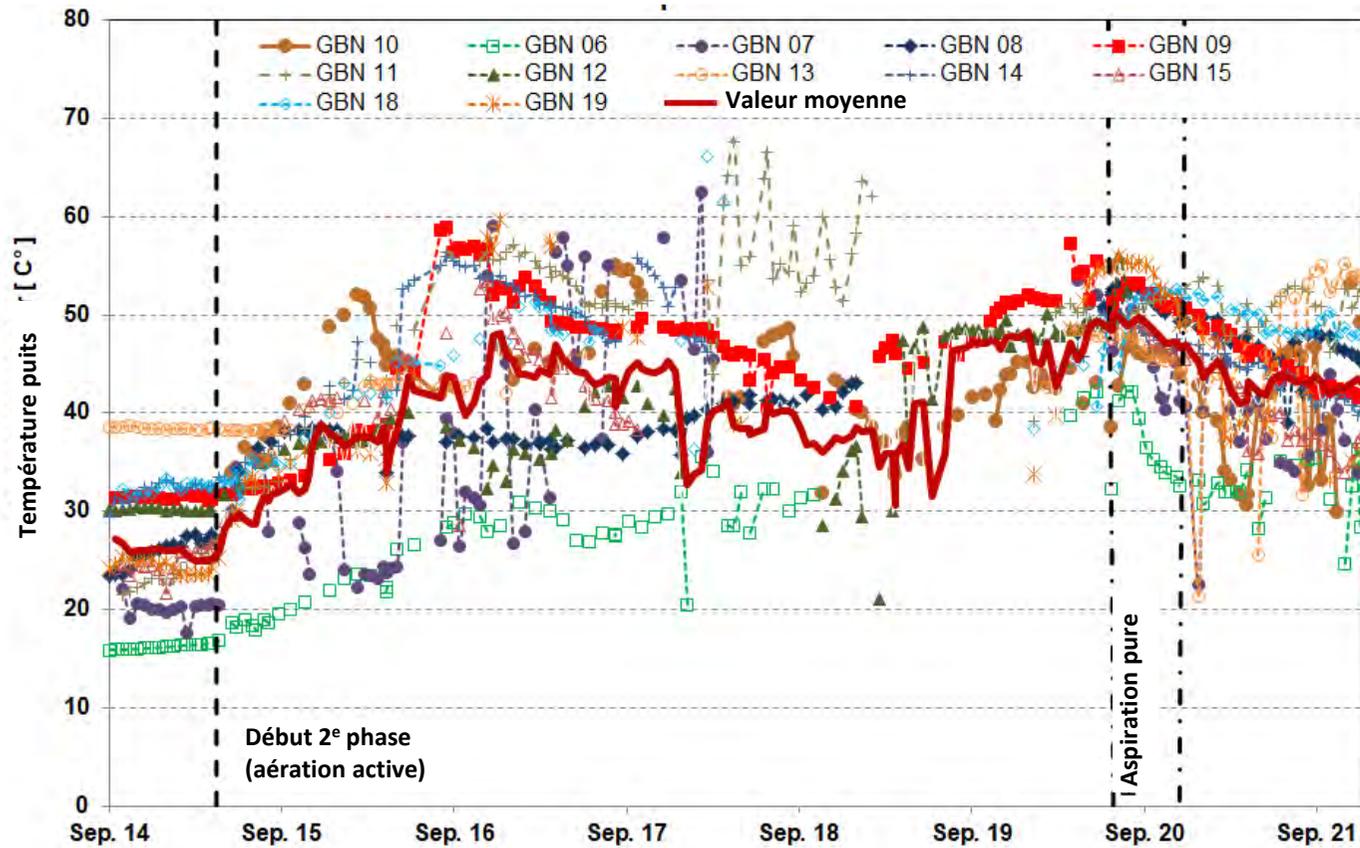
Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Expériences

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 20

## Évolution de la température au cours du processus d'aération



# 1) Libération de chaleur

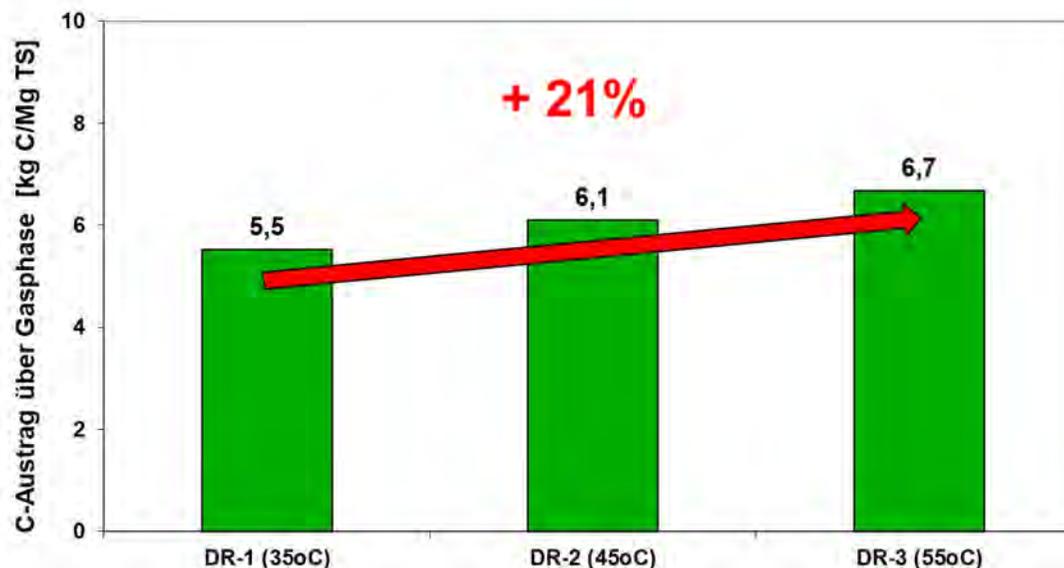
Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Expériences

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 21

Augmentation des températures - augmentation de l'extraction de C et charge croissante des lixiviats en  $\text{NH}_4$  et N



COD / CI	35°C	50°C	65°C
Début	100 %	100 %	100 %
Fin (aéré)	28 %	42 %	56 %

$\text{NH}_4\text{-N}$ / CI	35°C	50°C	65°C
Début	100 %	100 %	100 %
Fin (aéré)	7 %	125 %	116 %



## 2) Quantité d'air

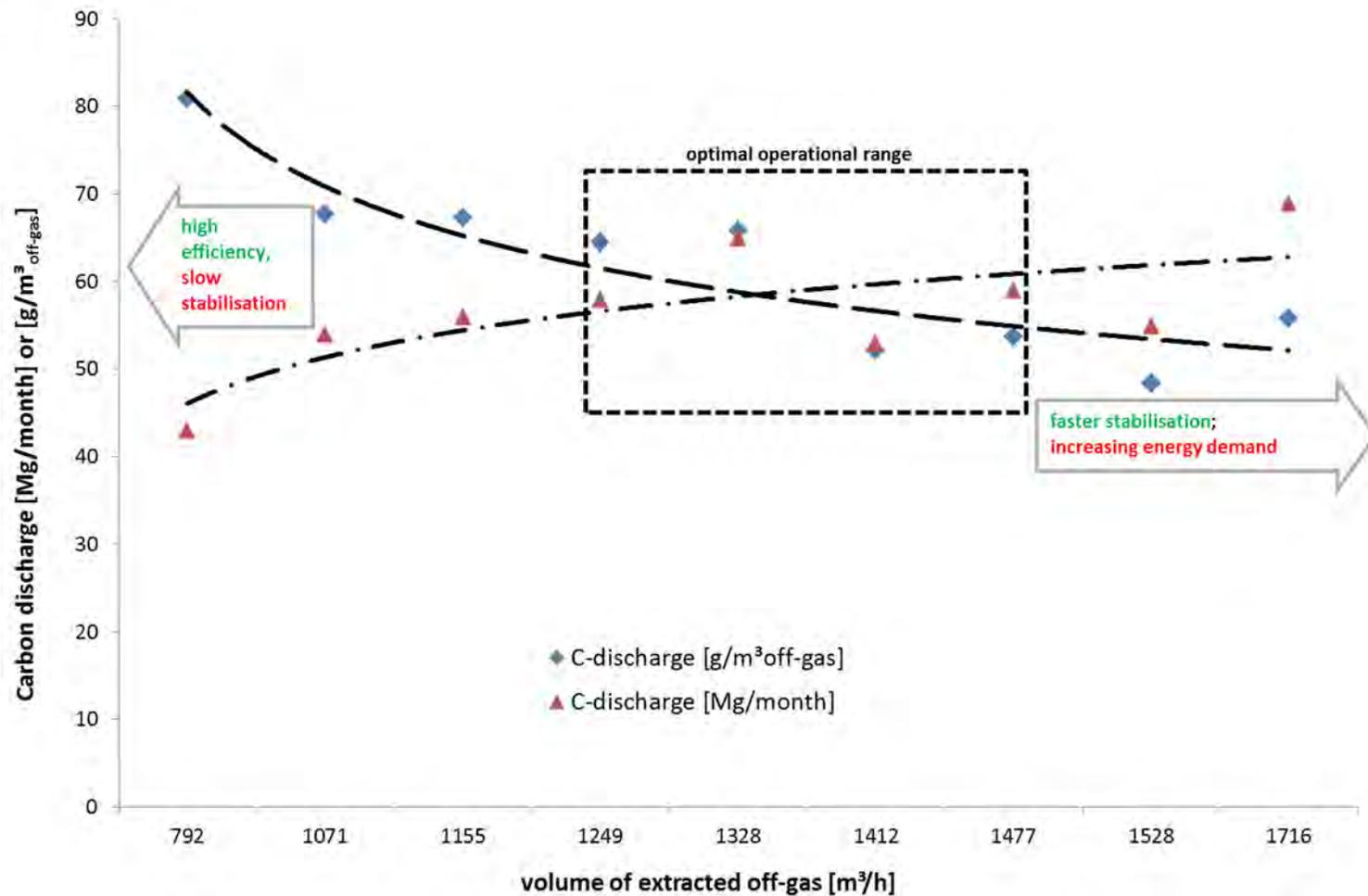
Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Expériences

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 22

### Influence sur l'extraction de C (phase gazeuse)



## 2) Quantité d'air

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Expériences

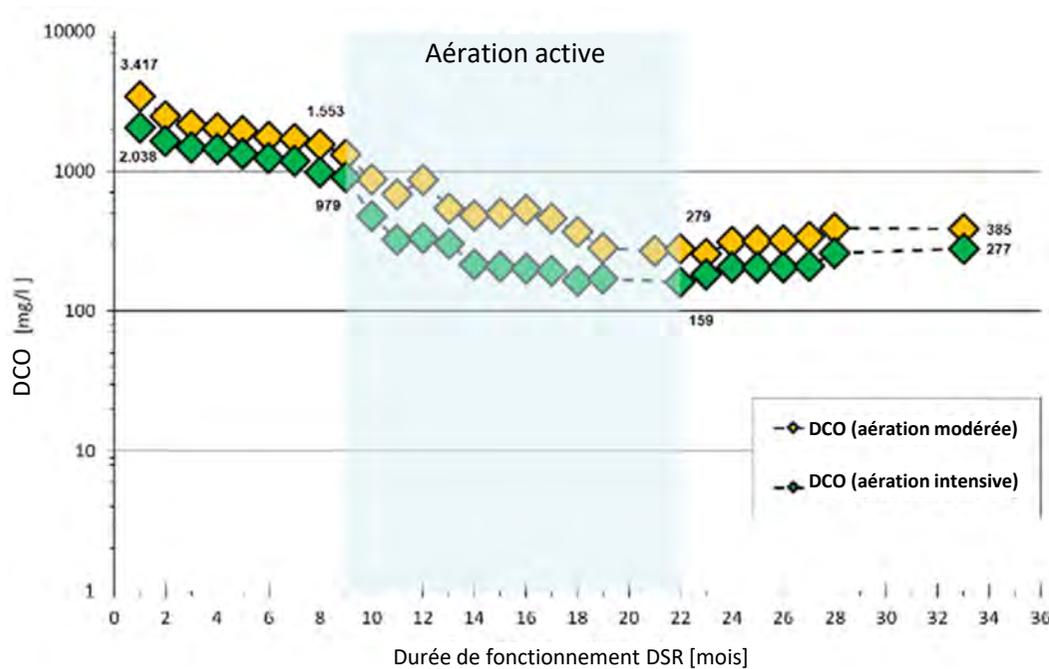
Soleure, 13.09.2023

Diapositive 23

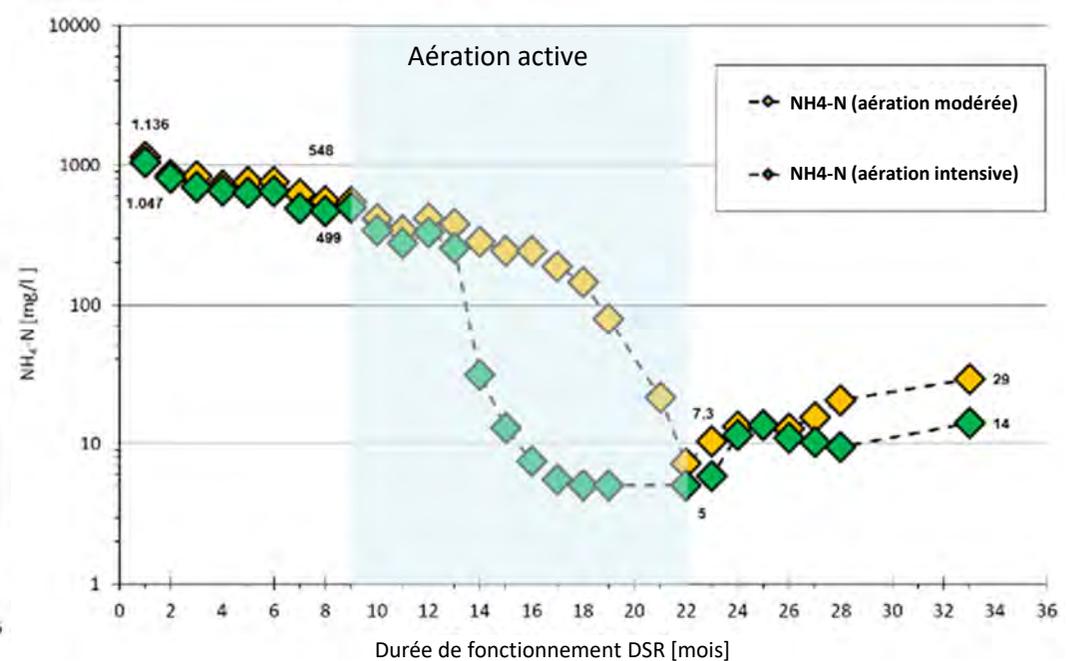
Influence sur la qualité des lixiviats



### DCO



### NH<sub>4</sub>-N



### 3) Accumulation de lixiviats

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Expériences

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 24

#### Influence sur la qualité des lixiviats

- **Une mauvaise perméabilité dans les couches profondes de la décharge réduit la vitesse d'écoulement et provoque une accumulation de lixiviats ;**
- **Ces zones entièrement saturées risquent de ne pas être suffisamment atteintes par l'air et restent (partiellement) anaérobies ;**
- **Le passage (lent) au travers de telles zones peut mener à une détérioration quasi immédiate de la qualité des lixiviats en aval par mélange, empêchant de voir clairement l'effet positif de l'aération ;**
- **La diminution des composés organiques et azotés dans le lixiviat est significativement retardée.**



# Réduction du potentiel de formation de gaz

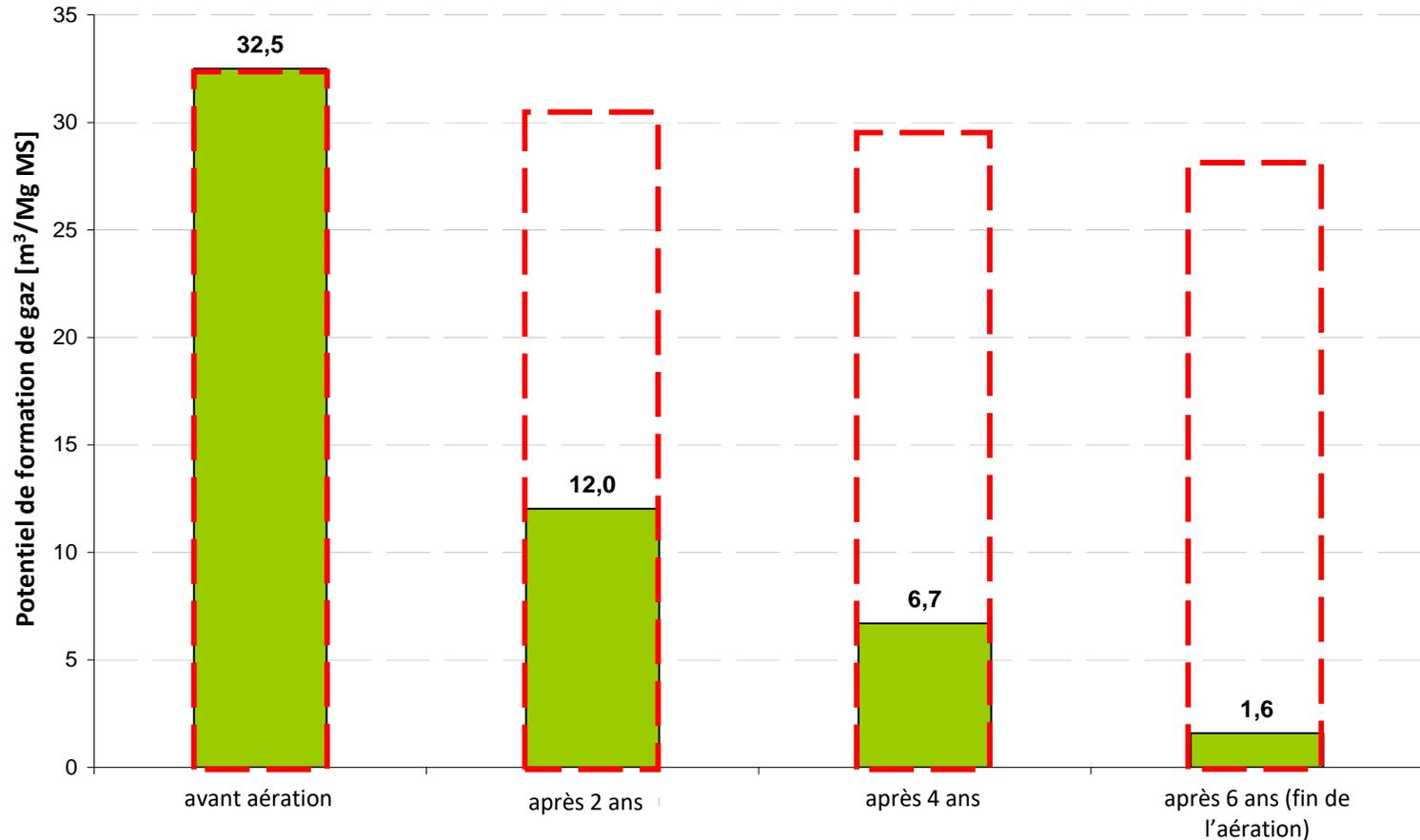


Aérobisation des décharges de déchets urbains

Expériences

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 25



Aération de décharge / aérobisation



Conditions anaérobies (référence)

# Effets sur la qualité des lixiviats

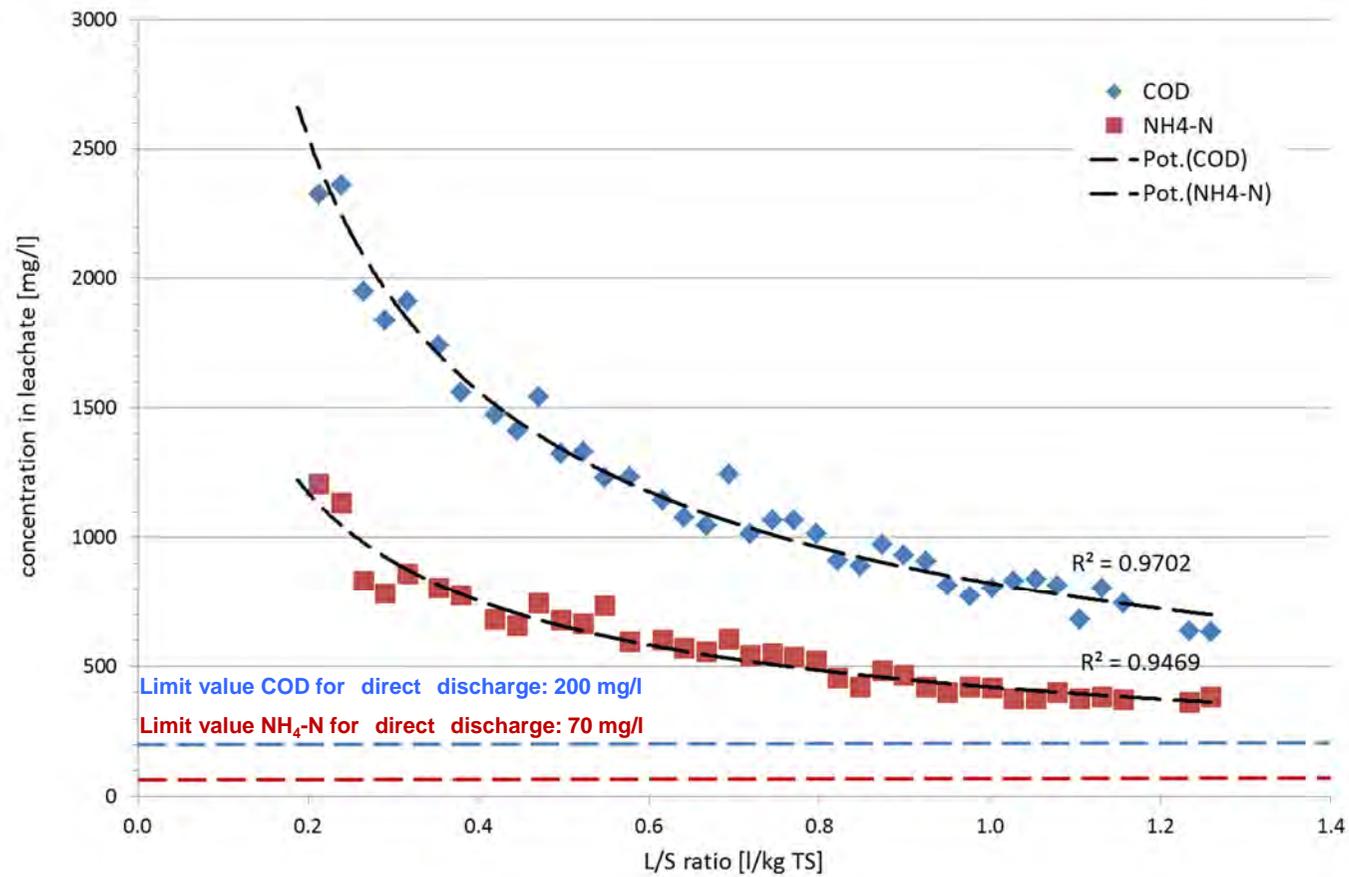
Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Expériences

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 26

## Conditions anaérobies



# Effets sur la qualité des lixiviats

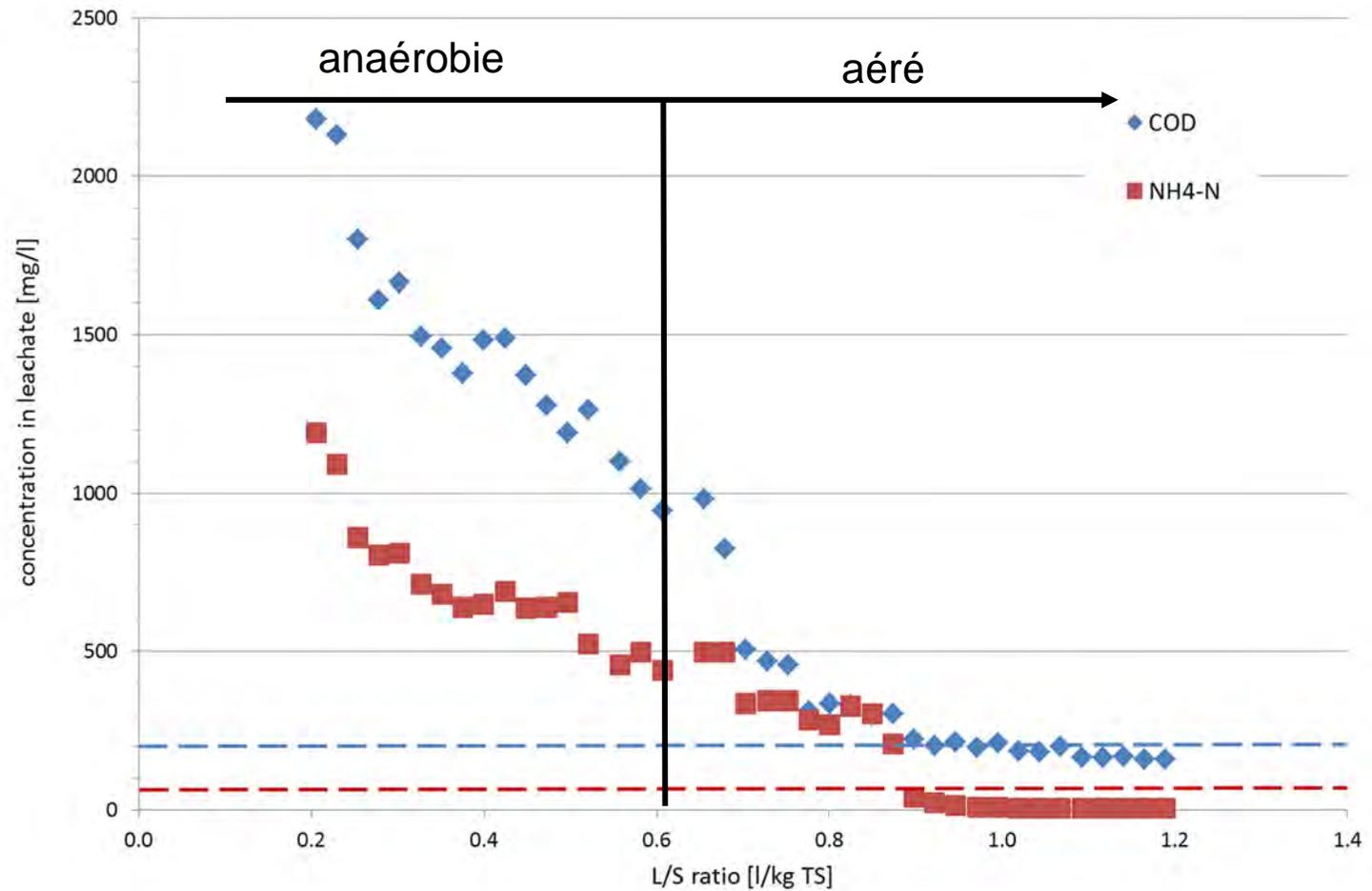
Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Expériences

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 27

## Conditions avec aération



# Bilan des expériences (I)

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Expériences

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 28

- **Les tests de simulation de décharge fournissent des informations importantes sur la qualité qui peut être obtenue à long terme pour les lixiviats de décharge ;**
- **Les résultats instantanés pendant et immédiatement après l'aération sont toutefois peu significatifs en raison des taux d'aération très variables ;**
- **Les données de surveillance de décharges réelles soumises à une aérobisation indiquent que les délais pour atteindre une qualité suffisante des lixiviats peuvent être de plusieurs années avec les taux d'aération choisis.**



# Bilan des expériences (I)

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Expériences

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 29

- **Pour améliorer la qualité des lixiviats des anciennes décharges soumises à une aérobisation dans des délais raisonnables, il est recommandé de choisir une technique et une stratégie d'aération adaptées avec un volume d'aération suffisamment élevé pour oxygéner intensivement le corps de la décharge, en particulier les horizons les plus profonds parfois saturés d'eau interstitielle ;**
- **Cela pourrait faire l'objet de projets pilotes, avec un suivi scientifique qualifié ;**
- **L'efficacité de l'aération pourrait aussi être évaluée de manière indirecte en prélevant des échantillons de matière solide et de leurs lixiviats (lixiviation).**



Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Symposium Sites pollués

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 30

# Contenu

1. Méthodes ✓
  - Principes de base concernant les gaz de décharge
  - Techniques d'aérobisation utilisées
  - Déroulement de la planification
  - Critères attestant que l'objectif d'assainissement est atteint (émissions de gaz, lixiviats de décharge)
2. Expériences ✓
  - Facteurs influençant la stabilisation biologique
  - Expériences - effets sur les gaz et lixiviats de décharge
3. Expertise de l'aérobisation des décharges de déchets urbains
  - Buts
  - Hypothèses de modélisation
  - Variantes et scénarios d'assainissement considérés
4. Coûts
5. Impact sur le climat
6. Écobilan



# Hypothèses de modélisation

Expertise de l'aérobisation  
des décharges de déchets  
urbains

Expertise des hypothèses  
de modélisation

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 31

## Décharge de déchets urbains des années 80

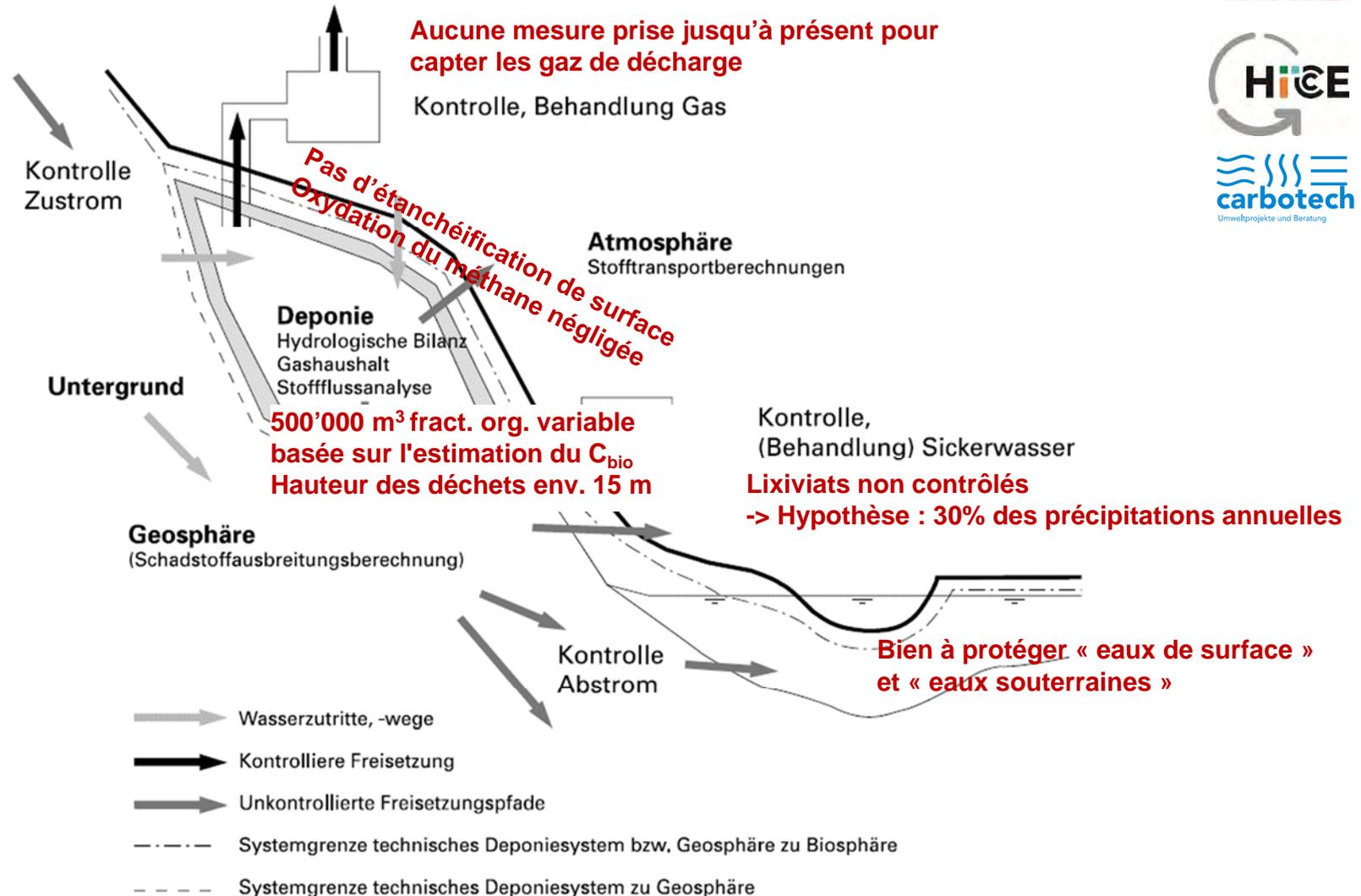


Schéma représentant les émissions de la décharge dans l'environnement et leur contrôle

Fig 1 selon norme SIA 203, Décharges contrôlées



# Aperçu des scénarios et variantes considérés

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Expertise des hypothèses de modélisation

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 32

## 4 variantes d'assainissement :

1. **Statu quo** : la décharge est laissée en l'état et les processus de décomposition s'atténuent progressivement au cours des 50 prochaines années.
2. **Décontamination totale** : la décharge est excavée, les déchets sont triés, transportés, traités et éliminés en externe.
3. **Aérobisation** : le corps de la décharge est soumis à une aération active, les gaz de décharge sont captés et traités.
4. **Dégazage actif sans aérobisation** : le corps de la décharge est soumis à un dégazage actif, les gaz de décharge sont captés et traités.



# Aperçu des scénarios et variantes considérés

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Expertise des hypothèses  
de modélisation

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 33

3 scénarios ont été définis pour chacune des 4 variantes  
d'assainissement :

- 1. Scénario 1**  $C_{\text{bio}} > 12 \text{ kg/t MS}$   
correspond approximativement à une décharge/un compartiment  
avec période de dépôt de 1980 à 2000\*
- 2. Scénario 2**  $12 \text{ kg/t MS} > C_{\text{bio}} > 6 \text{ kg/t MS}$   
correspond approximativement à une décharge/un compartiment  
avec période de dépôt de 1970 à 1990\*
- 3. Scénario 3**  $6 \text{ kg/t MS} > C_{\text{bio}} > 2.5 \text{ kg/t MS}$   
correspond approximativement à une décharge/un compartiment  
avec période de dépôt de 1950 à 1970\*

\* Les calculs effectués pour les différents scénarios à l'aide du modèle GIEC avec différentes proportions de carbone biodisponible  $C_{\text{bio}}$  permettent de tirer des conclusions sur l'âge des dépôts. La part de  $C_{\text{bio}}$  ne dépend toutefois pas uniquement de l'âge du dépôt, mais doit être définie au cas par cas (régime hydrique, circulation de l'air, installations techniques).



# Aperçu des scénarios et variantes considérés

Aérobisation des décharges de déchets urbains  
Expertise des hypothèses de modélisation

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 34

Variantes d'assainissement		Scénario 1 $C_{\text{bio}} > 12\text{kg/t MS}$	Scénario 2 $12\text{kg/t MS} > C_{\text{bio}} > 6\text{kg/t MS}$	Scénario 3 $6\text{kg/t MS} > C_{\text{bio}} > 2.5\text{kg/t MS}$
1	Statu quo 	La décharge est laissée en l'état. Les gaz de décharge produits s'échappent directement dans l'atmosphère.	La décharge est laissée en l'état. Les gaz de décharge produits s'échappent directement dans l'atmosphère.	La décharge est laissée en l'état. Les gaz de décharge produits s'échappent directement dans l'atmosphère.
2	Décontamination totale 	La décharge est excavée, avec éventuellement une augmentation des coûts d'élimination en raison de fortes pollutions.	La décharge est excavée	Variante d'assainissement éventuellement non pertinente
3	Aérobisation 	Dans une première phase, les gaz de décharge sont captés et traités de manière traditionnelle	Ici, un système d'aérobisation (aération à basse pression) est directement mis en place.	Vérifier dans quelle mesure une aérobisation mène à une réduction significative des émissions de $\text{CH}_4$ (év. protection du climat)
4	Dégazage actif sans aérobisation 	La décharge est soumise à un dégazage actif: les gaz de décharge sont captés et traités	La décharge est soumise à un dégazage actif: les gaz de décharge sont captés et traités	Vérifier dans quelle mesure une aérobisation mène à une réduction significative des émissions de $\text{CH}_4$ (év. protection du climat)



# Composition des matériaux dans la décharge modèle

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Expertise des hypothèses de modélisation

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 35

Abfallarten Type de déchets Generi di rifiuti	1973	1975	1977	1971	1976	1973/74	1973/74
	Schweiz Suisse Svizzera	Thun Thoune Thun	Holland Hollande Olanda	BRD RFA Germania federale	Wien Vienne Vienna	Berlin, Frankfurt Berlin, Düsseldorf, Frankfurt Berlino, Francoforte (Mittel, moyenne, media)	U.S.A.
	%	%	%	%	%	%	%
Papier Papier Carta	36	40	22	22-35	27	30	43
Kunststoffe Matières synthétiques Materiale sintetico	4	6,5	6	2-3	6	5	-
Textilien, Leder, Gummi, Holz Textiles, cuir, caoutchouc, bois Tessili, cuoio, gomma, legno	8	11,5	3	2-4	10	6	7
Küchenabfälle Déchets de cuisine Rifiuti di cucina	20	9	48	10-20	22	24	12
Gartenabfälle Déchets horticoles Rifiuti di giardino	8	13,5		-			14
Glas Verre Vetro	8	8	12	8-10	11	15	9
Steine, Sand, Ton Pierres, sable, argile Sassi, sabbia, argilla	4	1	-	2-6	-	-	-
Metalle Métaux Metalli	5-8	5	3	4-9	8	5	9
Diverse Arten Divers Vari generi	4-7	5-6	-	-	-	-	-
Total / total / totale	100 %						



Relevé des déchets,  
OFEV, 1987

Divers paramètres en ont été déduits pour prévoir les émissions de gaz des déchets respectifs

- Masse sèche
- COD
- etc.



# Prévision des émissions de gaz selon la méthode GIEC

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Expertise des hypothèses de modélisation

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 36

$$\text{CH}_4 \text{ generated}_T = \text{DDOCma}_{T-1} * (1 - e^{-k}) * F * 16/12$$

$\text{DDOCma}_{T-1}$  = DDOCm [Gg] dans le corps de la décharge à la fin de l'année T-1, avec  
DDOCm = carbone décomposé dans les conditions régnant dans la décharge [Gg]

$k$  = Constante de dégradation [1/a] =  $\ln(2) / t_{1/2}$ , avec  
 $t_{1/2}$  = durée de demi-vie [a]

$F$  = Concentration en méthane dans le gaz de décharge [-] (0,5)

$16/12$  = Rapport des masses moléculaires  $\text{CH}_4/\text{C}$  [-]

$T$  = Année pour laquelle le calcul est effectué

$$\text{DDOCm} = W * \text{DOC} * \text{DOC}_f * \text{MCF}$$

$W$  = Masse de déchets stockés dans la décharge [Gg déchets]

$\text{DOC}$  = Part de carbone organique dégradable dans les déchets en décharge [Gg C / Gg déchets]

$\text{DOC}_f$  = Part de COD décomposé par voie anaérobie dans la décharge [-]

$\text{MCF}$  = Facteur de correction du méthane [-];  $1 - \text{MCF}$  = part de COD décomposé par voie aérobie (pendant l'année du dépôt)



# Prévision des émissions de gaz selon la méthode GIEC

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Méthode de calcul GIEC

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 37

Abfallfraktion	Ansatz im deutschen NIR				Vorschlag modifizierter Ansatz			
	DOC MgC/MgFM	DOC <sub>f</sub> -	Halbwertszeit Jahre	k-Wert 1/a	DOC MgC/MgFM	DOC <sub>f</sub> -	Halbwertszeit Jahre	k-Wert 1/a
Organik (Food waste)	0,18 (ab NIR 2019: 0,15)	0,5	4	0,173	0,15	0,5	4	0,173
Garten- und Parkabfälle (Garden)	0,2	0,5	7	0,099	0,2	0,5	7	0,099
Papier und Pappe (Paper)	0,4	0,5	12	0,058	0,4	0,5	7	0,099
Holz (und Stroh) (Wood and straw)	0,43	0,5	23	0,030	0,43	0,1	50	0,014
Textilien (Textiles)	0,24	0,5	12	0,058	0,24	0,5	12	0,058
Windeln (Disposable nappies)	0,24	0,5	12	0,058	0,24	0,5	12	0,058
Klärschlamm (Sewage sludge)	0,15	0,5	4	0,173	0,15	0,5	4	0,173
Verbundmaterialien	0,1	0,5	12	0,058	0,1	0,5	12	0,058
MBA-Abfälle	0,023	0,5	12	0,058	0,023	0,5	12	0,058



# Contenu

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Symposium Sites pollués

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 38

1. Méthodes ✓
  - Principes de base concernant les gaz de décharge
  - Techniques d'aérobisation utilisées
  - Déroulement de la planification
  - Critères attestant que l'objectif d'assainissement est atteint (émissions de gaz, lixiviats de décharge)
2. Expériences ✓
  - Facteurs influençant la stabilisation biologique
  - Expériences - effets sur les gaz et lixiviats de décharge
3. Expertise de l'aérobisation des décharges de déchets urbains ✓
  - Buts
  - Hypothèses de modélisation
  - Variantes et scénarios d'assainissement considérés
4. Coûts
5. Impact sur le climat
6. Écobilan



# Coûts



Aérobisation des décharges de déchets urbains

Coûts

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 39

## Résultats :

- La décontamination totale est la méthode la plus coûteuse (> 100 mio. CHF)
- Le Statu quo coûte à peine la moitié de ce que coûtent les scénarios 3 ou 4
- L'aérobisation est légèrement moins coûteuse qu'un captage conventionnel des gaz

Valeurs arrondies Données en mio. CHF	Variante 1 Statu quo 	Variante 2 Décontamination totale 	Variante 3 Aérobisation 	Variante 4 Captage conventionnel des gaz 
<b>Coûts de construction et d'entretien selon récapitulatif détaillé</b>	env. CHF 2,9 mio	env. CHF 91,6 mio	env. CHF 5,9 mio	env. CHF 7,6 mio
<b>Imprévus 10 %</b>	env. CHF 0,3 mio	env. CHF 9,2 mio	env. CHF 0,6 mio	env. CHF 0,8 mio
<b>Montant total (net)</b>	env. CHF 3,2 mio	env. CHF 100,8 mio	env. CHF 6,5 mio	env. CHF 8,4 mio
<b>Montant total (TVA incluse)</b>	env. CHF 3,5 mio	env. CHF 108,6 mio	env. CHF 7,0 mio	env. CHF 9,0 mio
Remarques concernant les variantes : - Scénario 1: $C_{bio} > 12$ kg/t MS - Scénario 2: $12$ kg/t MS $> C_{bio} > 6$ kg/t MS - Scénario 3: $6$ kg/t MS $> C_{bio} > 2,5$ kg/t MS	Coûts indépendants des scénarios 1, 2, 3	Coûts indépendants des scénarios 1, 2, 3	Coûts varient entre CHF 7,0 mio (scén. 1), CHF 6,7 mio (scén. 2) et CHF 6,3 mio (scén. 3)	Coûts varient entre CHF 9,0 mio (scén. 1), CHF 8,3 mio (scén. 2) et CHF 7,3 mio (scén. 3)

# Réduction des coûts en cas de compensation des émissions de CO<sub>2</sub>



Aérobisation des décharges de déchets urbains

Coûts/Impact sur le climat

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 40

Fondation pour la protection du climat et la compensation de CO<sub>2</sub> [Klik](#)

OFEV (avril 2018, version 2.1). Méthode standard pour apporter la preuve des réductions d'émissions dans le cadre de projets portant sur les gaz de décharge

	Variante d'assainissement 1 (Statu quo)			Variante d'assainissement 3 (aérobisation)			Variante d'assainissement 4 (dégazage conventionnel)		
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Somme des émissions de CH <sub>4</sub> (IPCC) pour OX% = 0 (t CO <sub>2</sub> .eq)	76'311	39'677	15'914	22'803	13'484	5'388	28'158	16'299	8'246
Oxydation du méthane déduite (OX% = 50%) (t CO <sub>2</sub> .eq)	38'156	19'838	7'957	11'402	6'742	2'694	14'079	8'149	4'123
Durée de la mesure (années)	50	50	50	15	12	10	50	40	30
Ajout de t CO <sub>2</sub> -eq de la consommation d'électricité <b>2.42E-05</b>	0	0	0	64	51	32	106	85	45
<b>CO2-eq total ajusté sur 50 ans selon KLIK</b>	<b>38'156</b>	<b>19'838</b>	<b>7'957</b>	<b>11'465</b>	<b>6'793</b>	<b>2'726</b>	<b>14'185</b>	<b>8'234</b>	<b>4'168</b>
Réduction par rapport au scénario 1 (t CO <sub>2</sub> .eq)	0	0	0	26'690	13'046	5'231	23'971	11'604	3'789
<b>Contributions de la KLIK aux coûts (CHF/t CO2) 120</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3'202'847</b>	<b>1'565'462</b>	<b>627'743</b>	<b>2'876'468</b>	<b>1'392'485</b>	<b>454'731</b>
En cas de dépassement de 150% des coûts de chantier <b>70</b>									

Estimation totale des coûts de chantier_v2.1	3'500'000	3'500'000	3'500'000	7'000'000	6'700'000	6'300'000	9'000'000	8'300'000	7'300'000
<b>Coûts nets après déduction des contributions de la KLIK</b>	<b>3'500'000</b>	<b>3'500'000</b>	<b>3'500'000</b>	<b>3'797'153</b>	<b>5'134'538</b>	<b>5'672'257</b>	<b>6'123'532</b>	<b>6'907'515</b>	<b>6'845'269</b>

# Conclusion sur les coûts liés à l'aérobisation



Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

---

Coûts

---

Soleure, 13.09.2023

---

Diapositive 41

---

**Pourquoi ne pas aérobiser tout de suite, si un captage des gaz est de toute façon prévu ?**

- **Les coûts d'investissement des deux variantes (captage des gaz ou aérobisation) ne diffèrent pas beaucoup, car la technologie supplémentaire nécessaire pour aérer la décharge (p. ex. compresseur d'aération dans la station de compression des gaz, surveillance de la température, système à deux circuits pour les conduites de gaz) est assez sommaire.**
- **Les coûts d'exploitation et d'entretien ainsi que les besoins en énergie par année d'exploitation sont certes plus élevés en cas d'aération des décharges, mais la période d'exploitation est nettement plus courte.**
- **En ce qui concerne la protection du climat, l'aération des décharges apporte un potentiel important de réduction des émissions, ce qui est intéressant sur le plan financier car cela permet d'obtenir des contributions aux coûts -> (potentiel d'économie de plusieurs millions de CHF selon les cas).**

# Contenu

1. Méthodes ✓
  - Principes de base concernant les gaz de décharge
  - Techniques d'aérobisation utilisées
  - Déroulement de la planification
  - Critères attestant que l'objectif d'assainissement est atteint (émissions de gaz, lixiviats de décharge)
2. Expériences ✓
  - Facteurs influençant la stabilisation biologique
  - Expériences - effets sur les gaz et lixiviats de décharge
3. Expertise de l'aérobisation des décharges de déchets urbains ✓
  - Buts
  - Hypothèses de modélisation
  - Variantes et scénarios d'assainissement considérés
4. Coûts ✓
5. Impact sur le climat
6. Écobilan



# Impact sur le climat

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Impact sur le climat

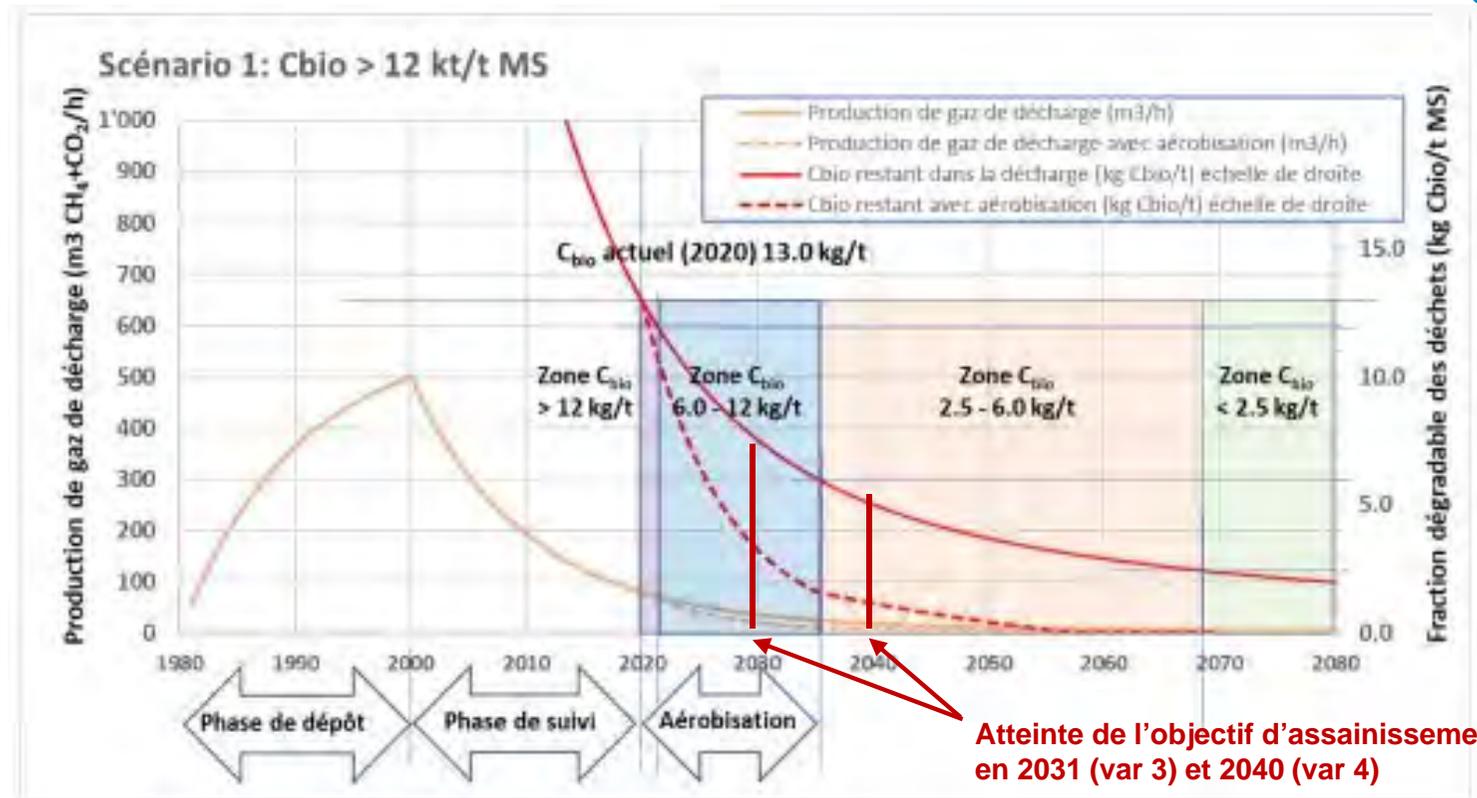
Soleure, 13.09.2023

Diapositive 43

## Scénario 1

$C_{bio} > 12 \text{ kg/t MS}$  :

- Dépôt 1980 – 2000
- $C_{bio} = 57.7 \text{ kg/t MS}$  en 2000 et  $13 \text{ kg/t MS}$  en 2020



# Impact sur le climat

Aérobisation des décharges de déchets urbains

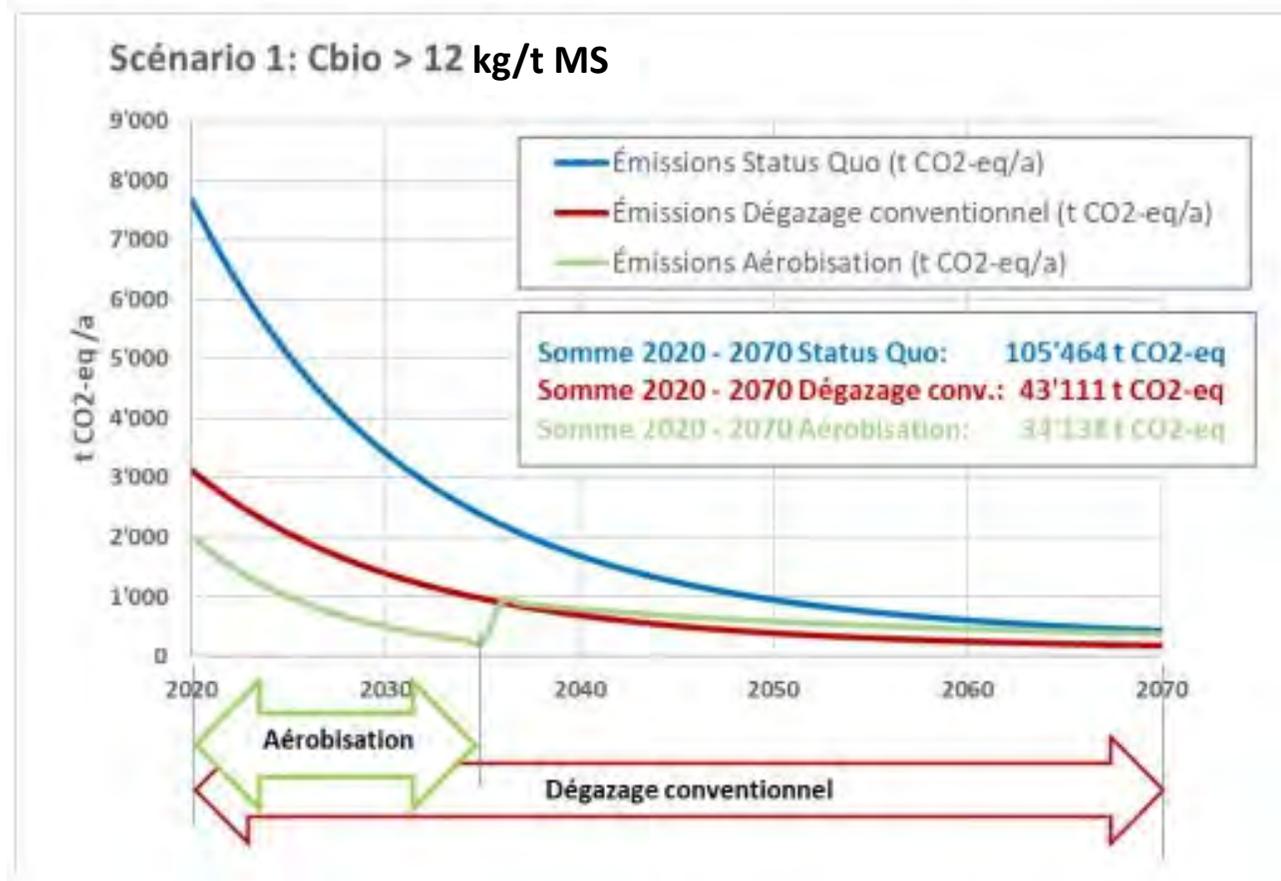
Efficacité à long terme

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 44

**Scénario 1**

**$C_{bio} > 12$  kg/t MS**



# Efficacité des mesures à long terme

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Impact sur le climat

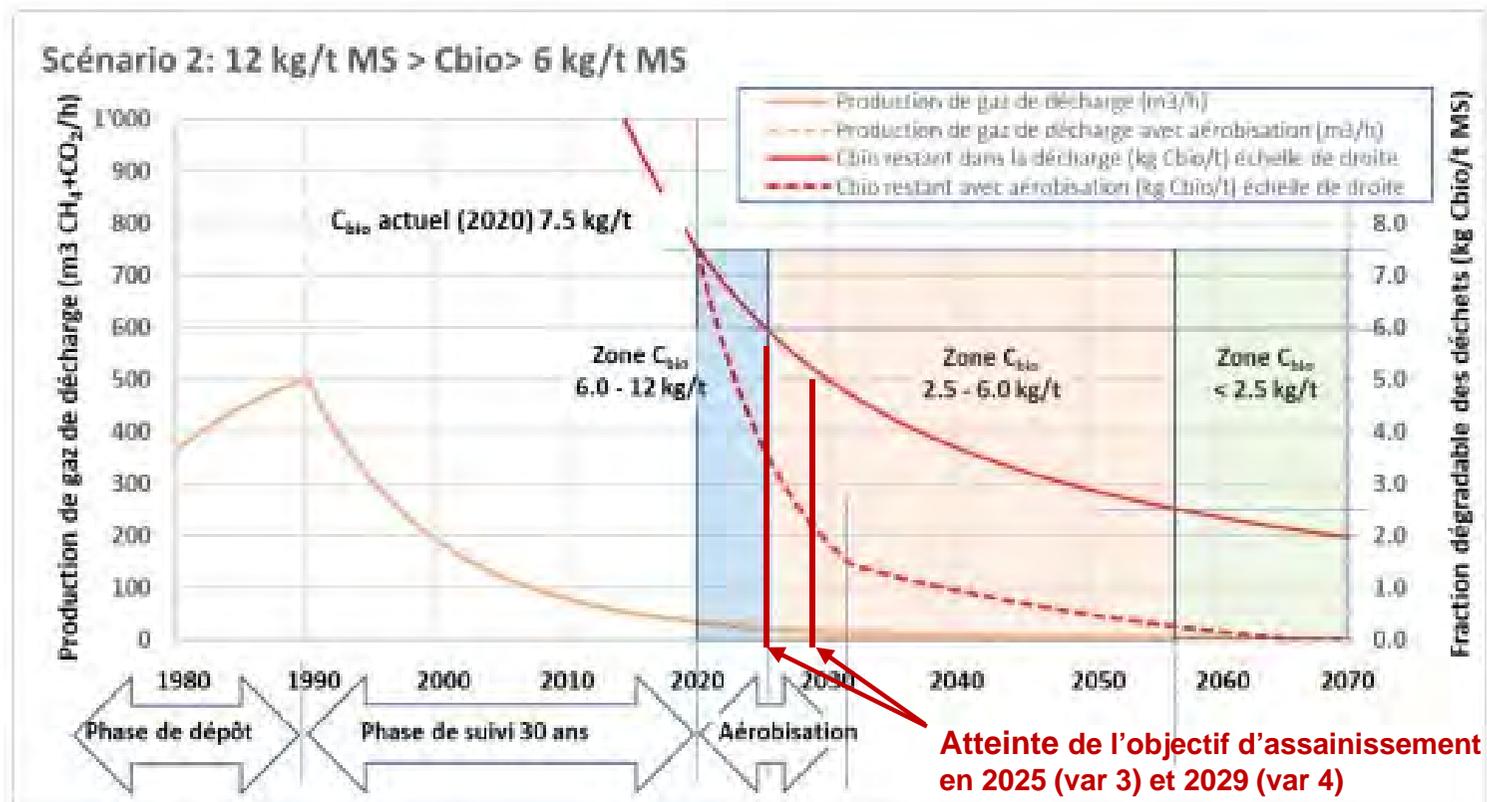
Soleure, 13.09.2023

Diapositive 45

## Scénario 2

$12 \text{ kg/t MS} > C_{\text{bio}} > 6 \text{ kg/t MS}$  :

- Dépôt 1970 – 1990
- $C_{\text{bio}} = 57.7 \text{ kg/t MS}$  en 1990 et  $7.5 \text{ kg/t MS}$  en 2020



# Efficacité des mesures à long terme

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

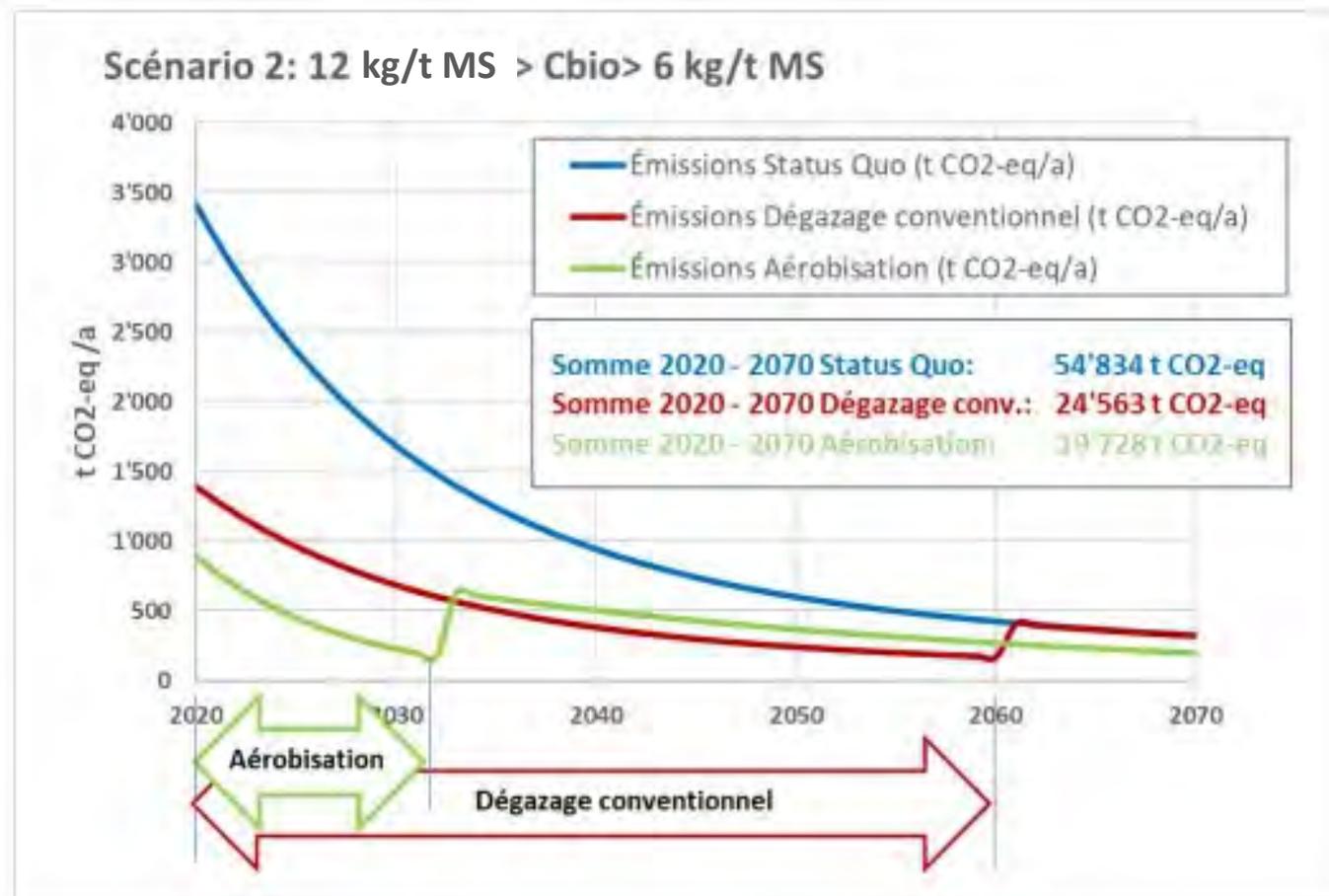
Impact sur le climat

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 46

Scénario 2

12 kg/t MS > C<sub>bio</sub> > 6 kg/t MS



# Efficacité des mesures à long terme

Aérobisation des décharges de déchets urbains

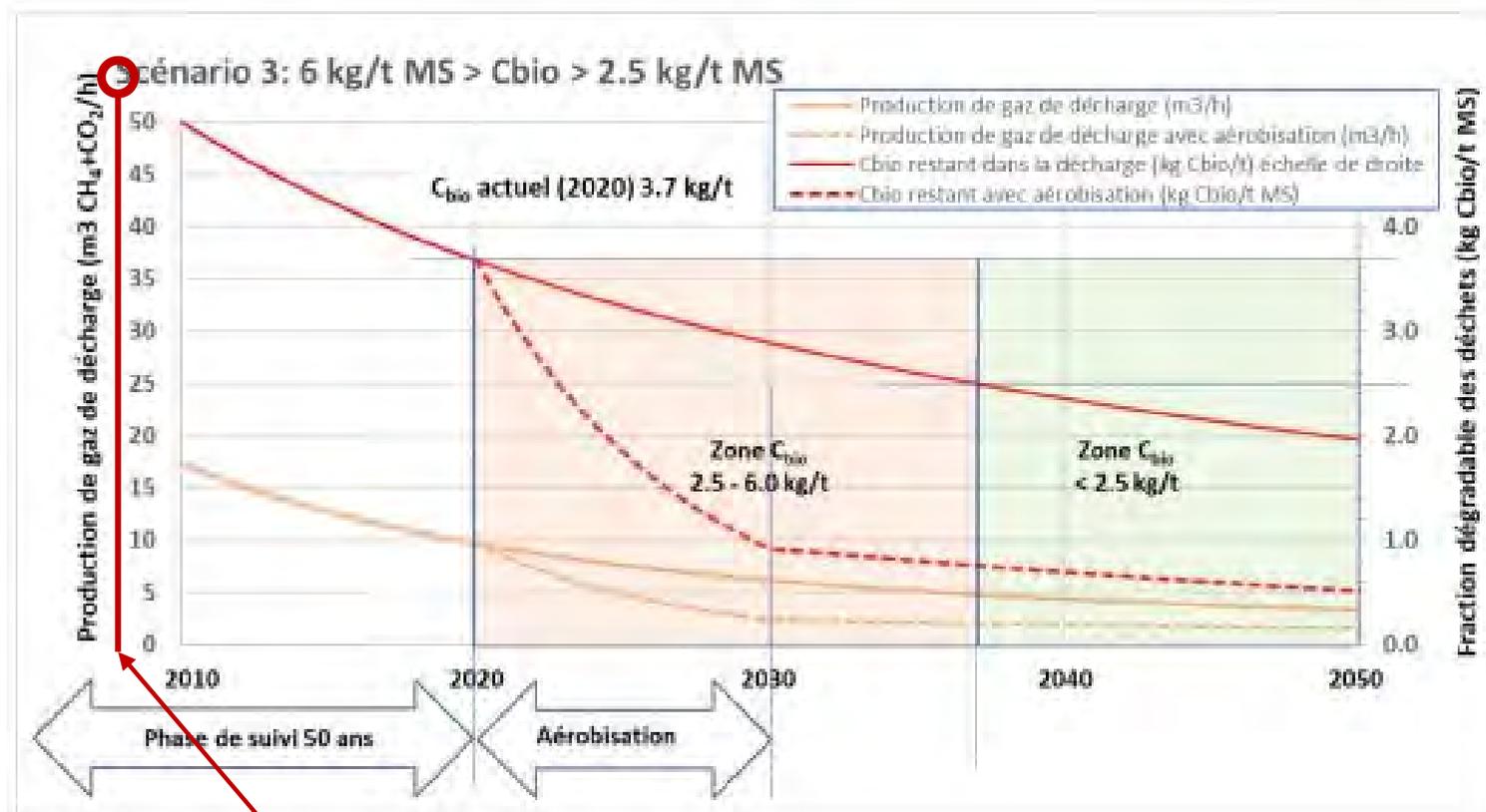
Efficacité à long terme

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 47

Scénario 3 :  $6 \text{ kg/t MS} > C_{\text{bio}} > 2.5 \text{ kg/t MS}$

- Dépôt 1950 – 1970
- $C_{\text{bio}} = 57.7 \text{ kg/t MS}$  en 1970 et  $3.7 \text{ kg/t MS}$  en 2020



Objectif d'assainissement déjà atteint en 2007



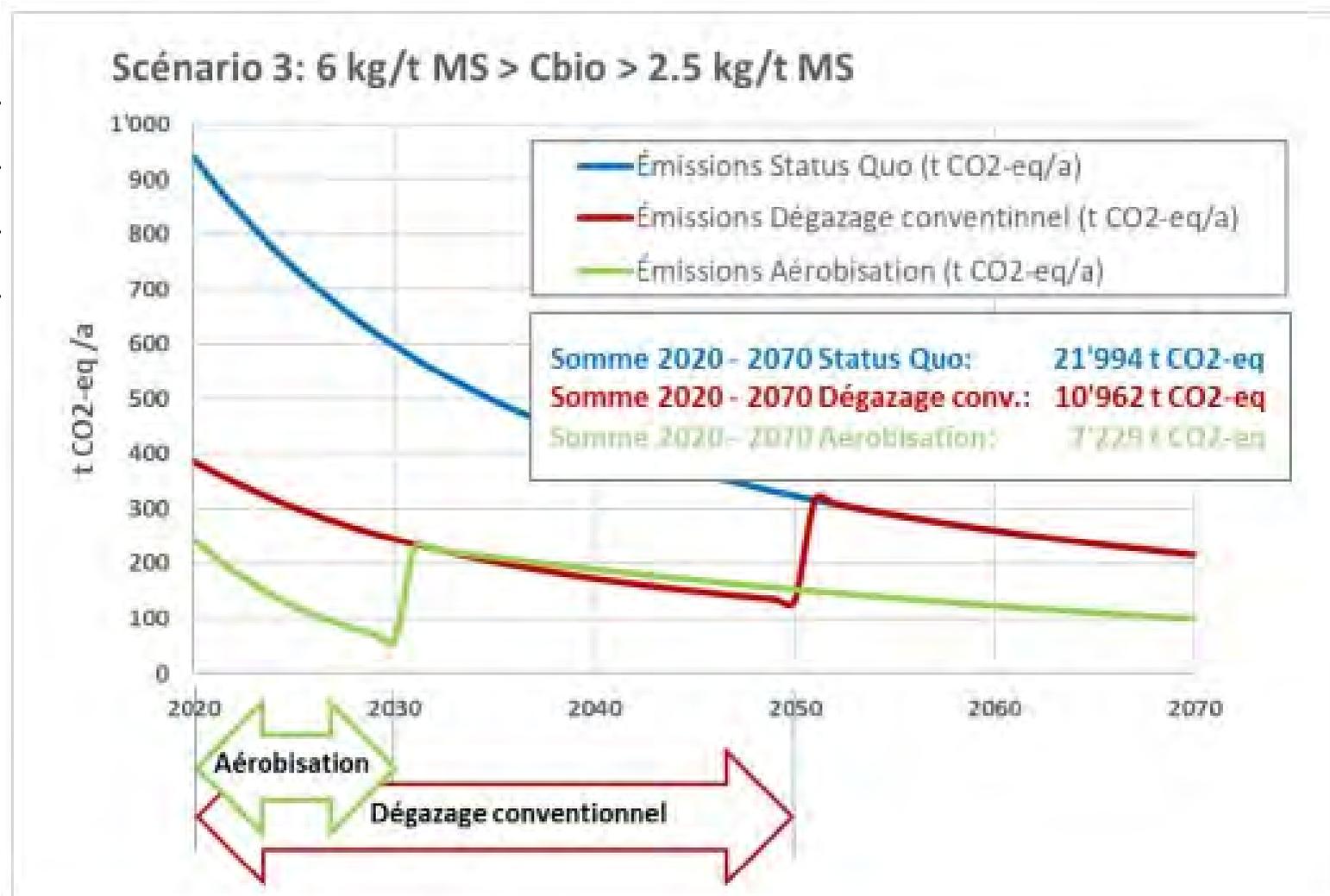
# Efficacité des mesures à long terme

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Efficacité à long terme

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 48



# Contenu

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Symposium Sites pollués

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 49

1. Méthodes ✓
  - Principes de base concernant les gaz de décharge
  - Techniques d'aérobisation utilisées
  - Déroulement de la planification
  - Critères attestant que l'objectif d'assainissement est atteint (émissions de gaz, lixiviats de décharge)
2. Expériences ✓
  - Facteurs influençant la stabilisation biologique
  - Expériences - effets sur les gaz et lixiviats de décharge
3. Expertise de l'aérobisation des décharges de déchets urbains ✓
  - Buts
  - Hypothèses de modélisation
  - Variantes et scénarios d'assainissement considérés
4. Coûts ✓
5. Impact sur le climat ✓
6. Écobilan



# Écobilan : but et conditions cadres

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Écobilan

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 50

## But :

L'écobilan a été réalisé pour quatre variantes d'assainissement :

- Variante 1 : Statu quo
- Variante 2 : décontamination totale
- Variante 3 : aérobisation
- Variante 4: dégazage actif sans aérobisation

Trois scénarios de décharges ont été considérés en fonction de leur teneur en  $C_{bio}$ .

## Unité fonctionnelle :

La base de comparaison (unité fonctionnelle) de l'écobilan est une décharge de déchets urbains exemple, sur une période de 50 ans à partir du début de l'assainissement.

## Limites du système :

Les limites du système comprennent tous les processus directs et indirects pertinents nécessaires à l'assainissement ainsi que leurs processus en amont et en aval : émissions des machines de chantier, transports, mise à disposition des carburants, fabrication des machines et des infrastructures, mise à disposition et élimination des matériaux nécessaires.



# Écobilan : inventaire

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Écobilan

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 51

## Données de premier plan :

- Les grandeurs du système sont appelées données de premier plan. Elles ont été mises à disposition par le mandant et par le partenaire de projet Sieber Cassina + Partner AG.

## Données de référence :

- Les données issues des bases de données d'ACV sont appelées données de référence. On a utilisé à cet effet la banque de données de référence DETEC:2018 car elle est soutenue et recommandée par l'OFEV.

## Hypothèses importantes :

- Comme la variante 2 (décontamination totale) implique une suppression de la décharge, elle ne génère pas d'autres nuisances environnementales spécifiques à la décharge pour les 50 années restantes.
- Pour l'élimination des déchets en UIOM, la récupération d'énergie a été prise en compte. Il a donc été tenu compte du fait que l'incinération des matériaux de décharge produit de l'énergie (électricité et chaleur), et que cette énergie remplace de l'énergie qui aurait été produite ailleurs.



# Écobilan : bilan des effets et évaluation

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

---

Écobilan

---

Soleure, 13.09.2023

---

Diapositive 52

---

## Bilan climatique selon le GIEC - Empreinte CO<sub>2</sub>

- Le bilan climatique selon le GIEC (2021) évalue uniquement les émissions ayant un impact sur le climat. Celles-ci sont converties en équivalents CO<sub>2</sub> en fonction de leur potentiel de gaz à effet de serre.

## Méthode de la saturation écologique (MSE) - Empreinte environnementale

- La méthode de la saturation écologique (2021) a été développée dans le but de regrouper les différents impacts environnementaux (notamment les émissions de CO<sub>2</sub>, les autres émissions atmosphériques, les émissions dues à l'acidification, la consommation de ressources non renouvelables, les émissions dans l'eau et le sol, etc.) en un seul paramètre (unités de charge environnementale [UCE]). Plus l'impact environnemental du système étudié est important, plus son évaluation génère d'unités de charge environnementale. Cette méthode a été développée sur mandat et avec la collaboration de l'Office fédéral de l'environnement et est bien établie en Suisse.



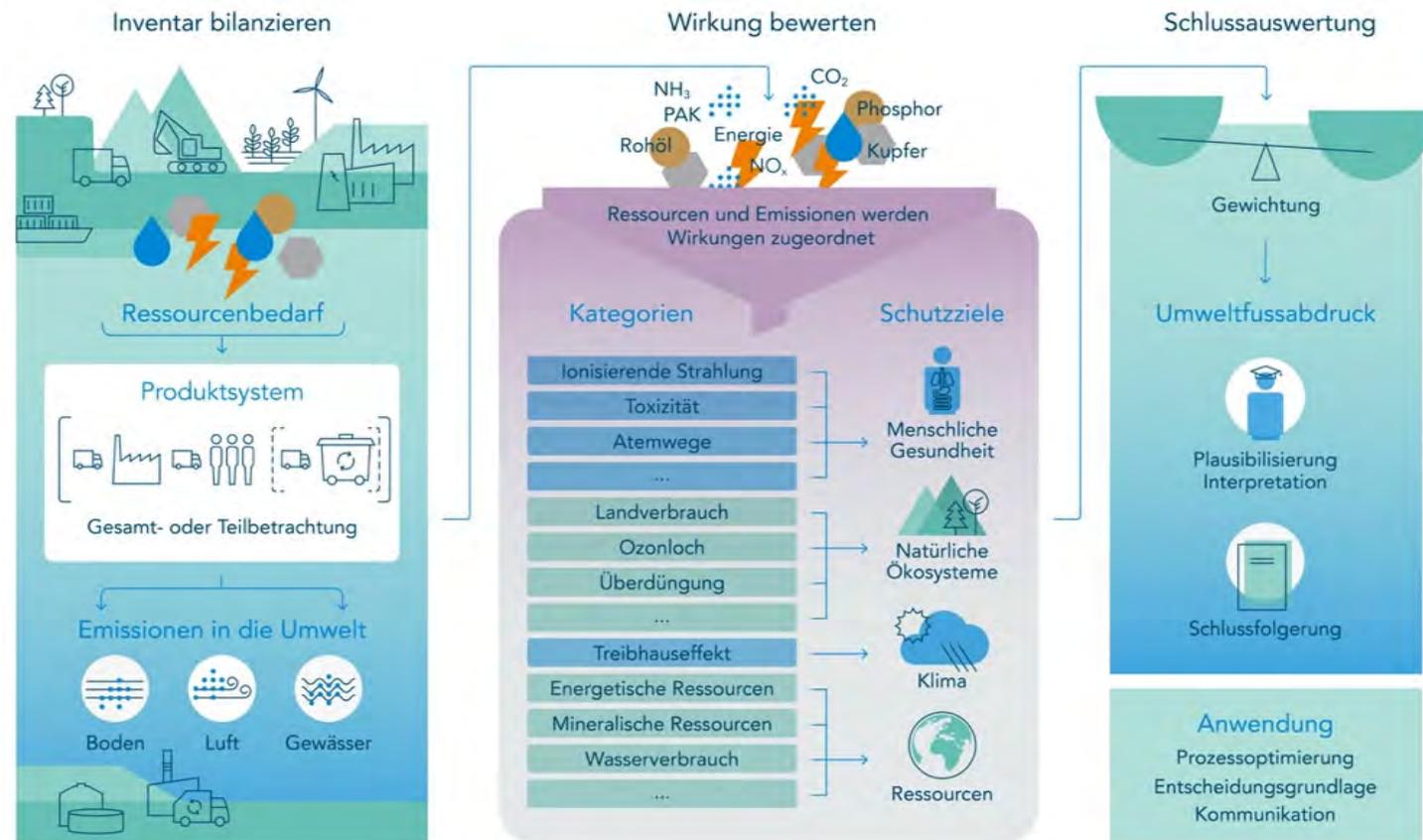
# Schéma du fonctionnement de l'ACV

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Écobilan

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 53



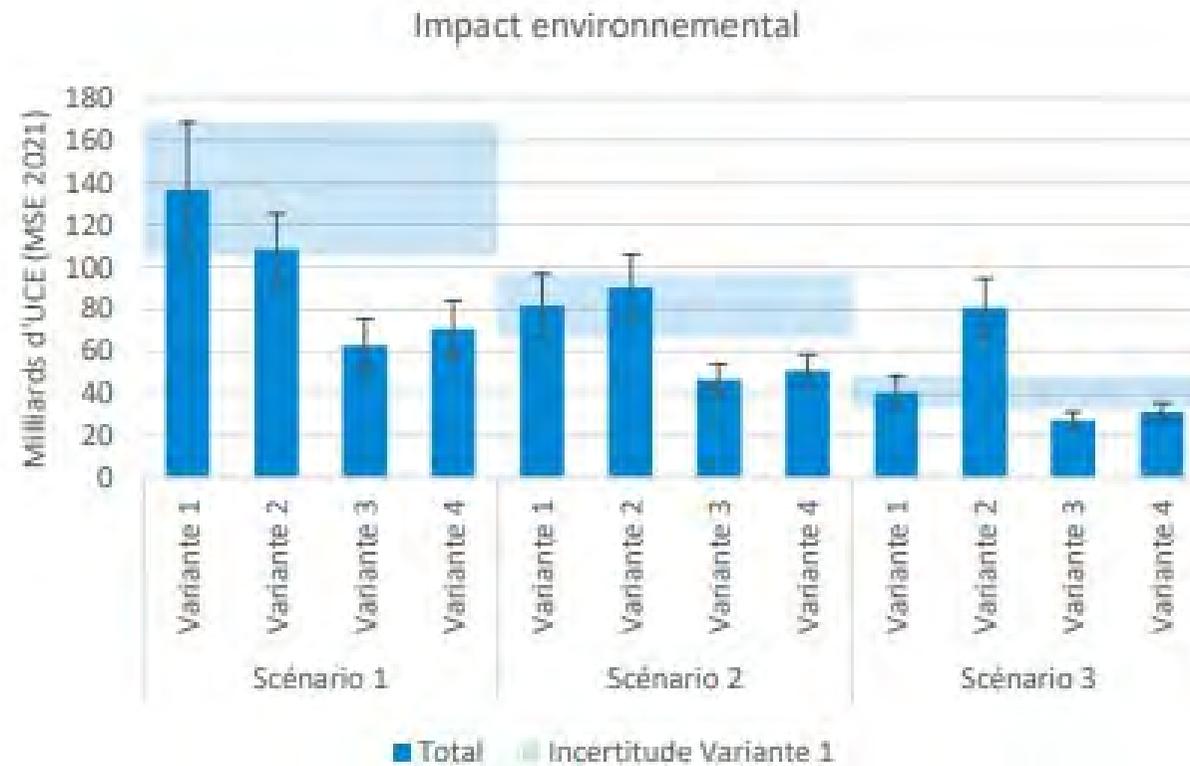
# Résultats

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Écobilan

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 54



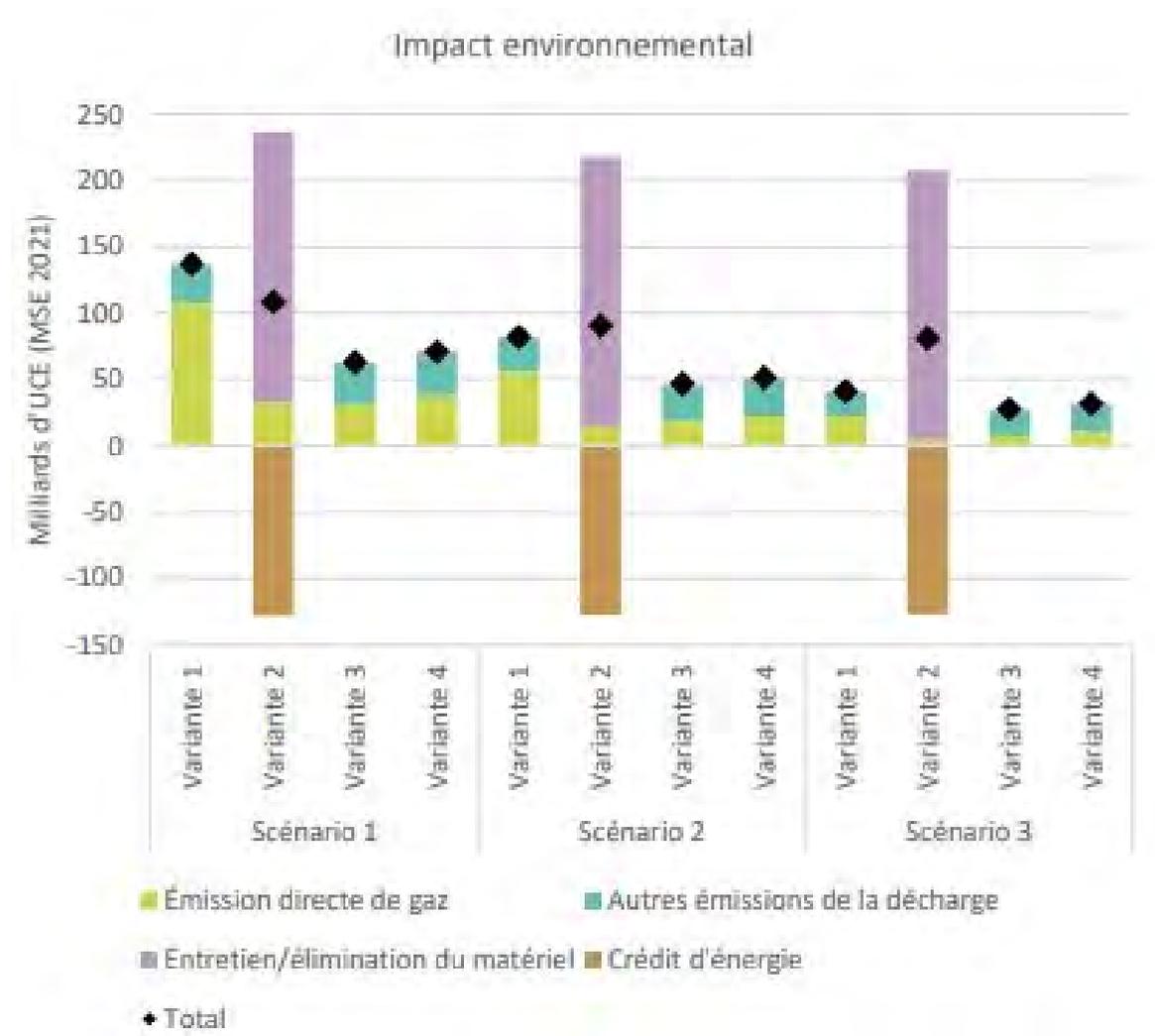
# Résultats

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Écobilan

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 55



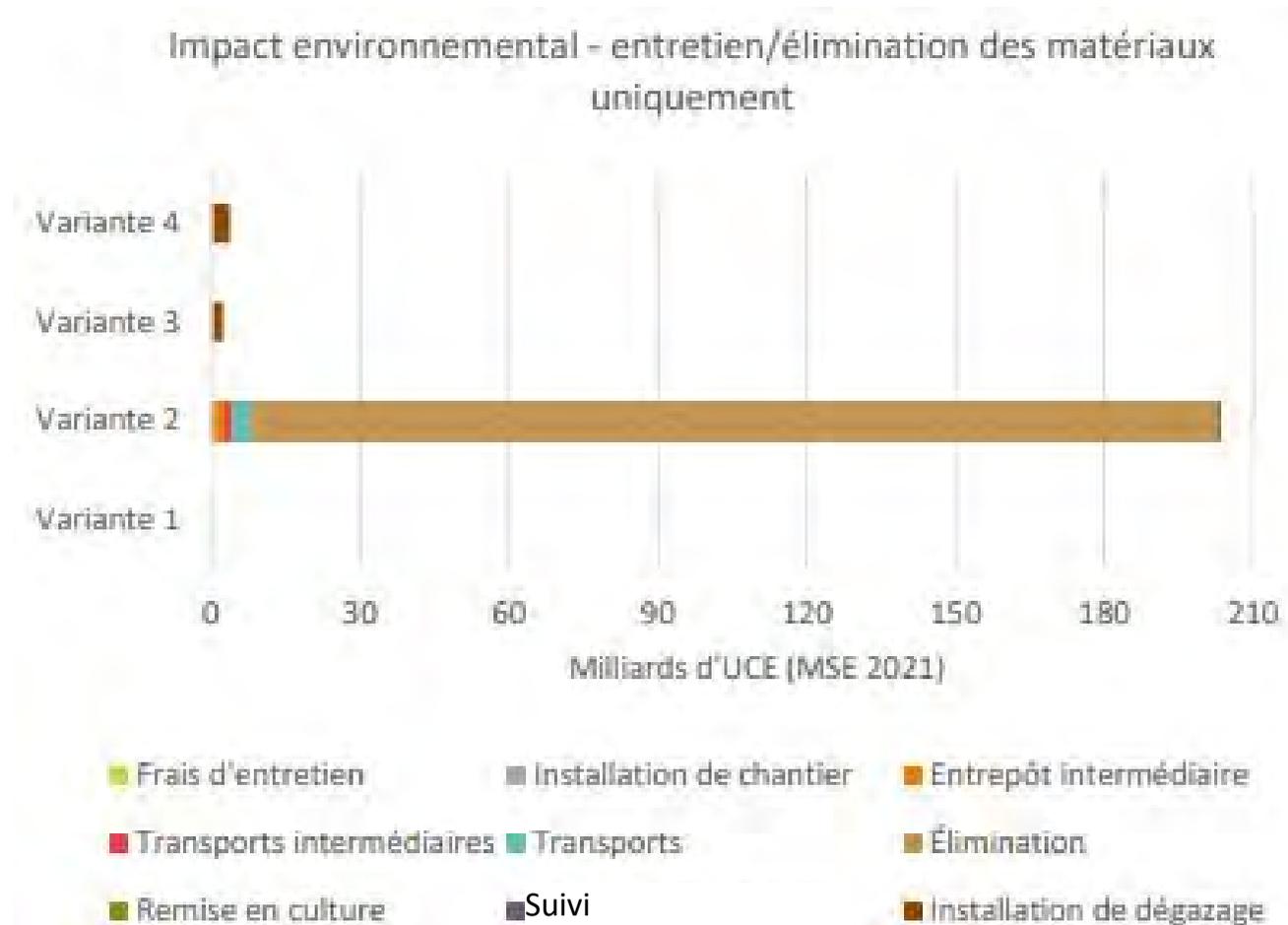
# Résultats

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Écobilan

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 56



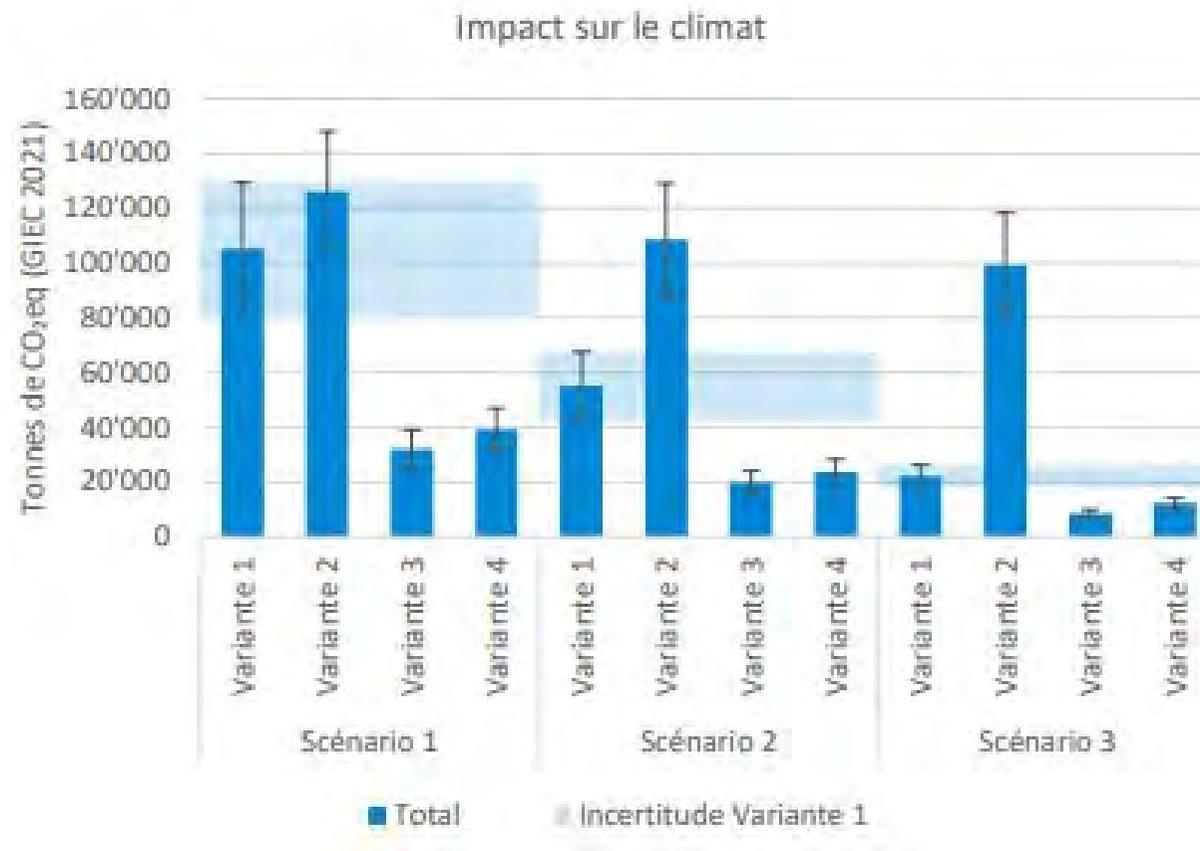
# Résultats

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Écobilan

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 57



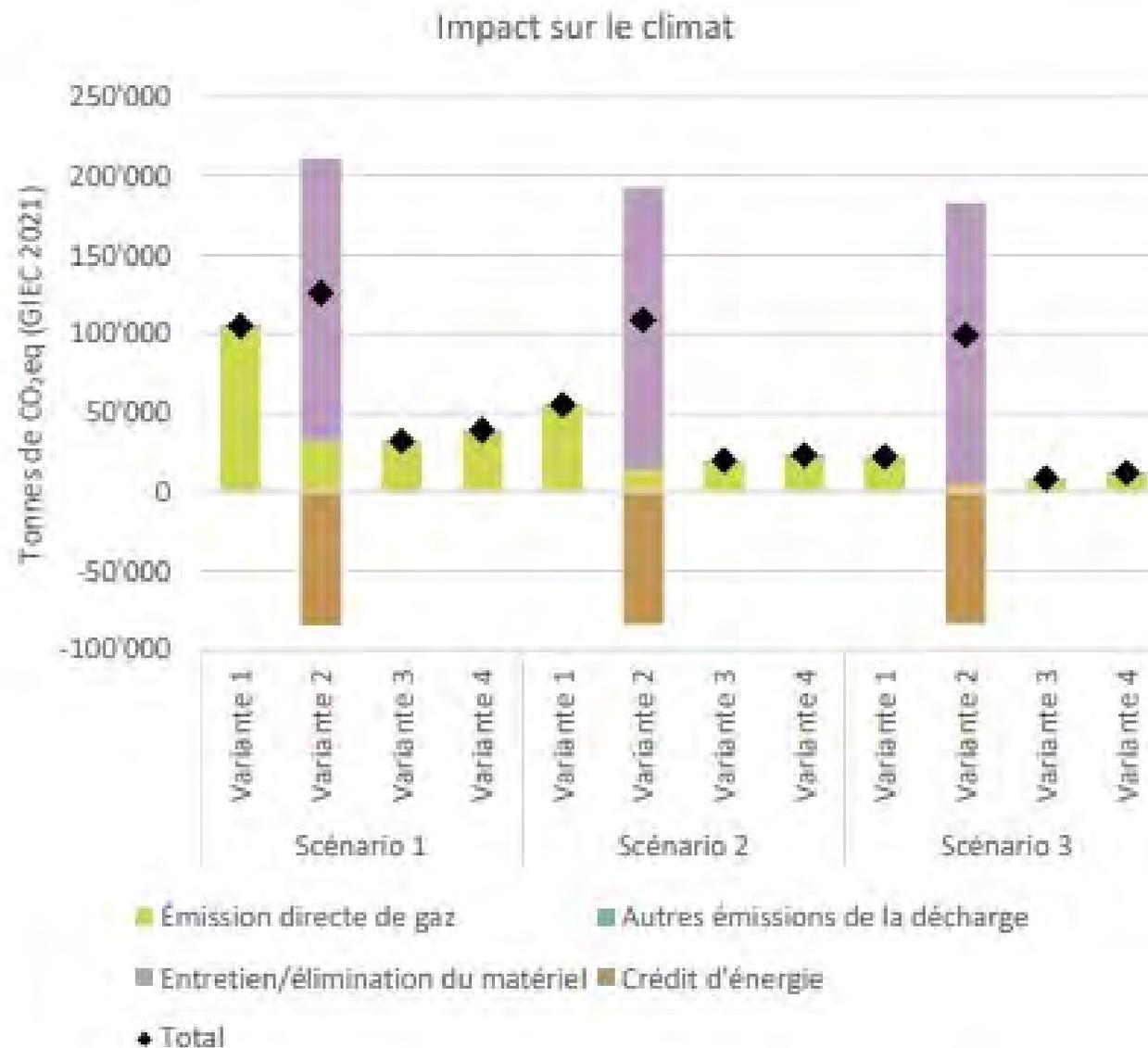
# Résultats

**Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains**

**Écobilan**

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 58



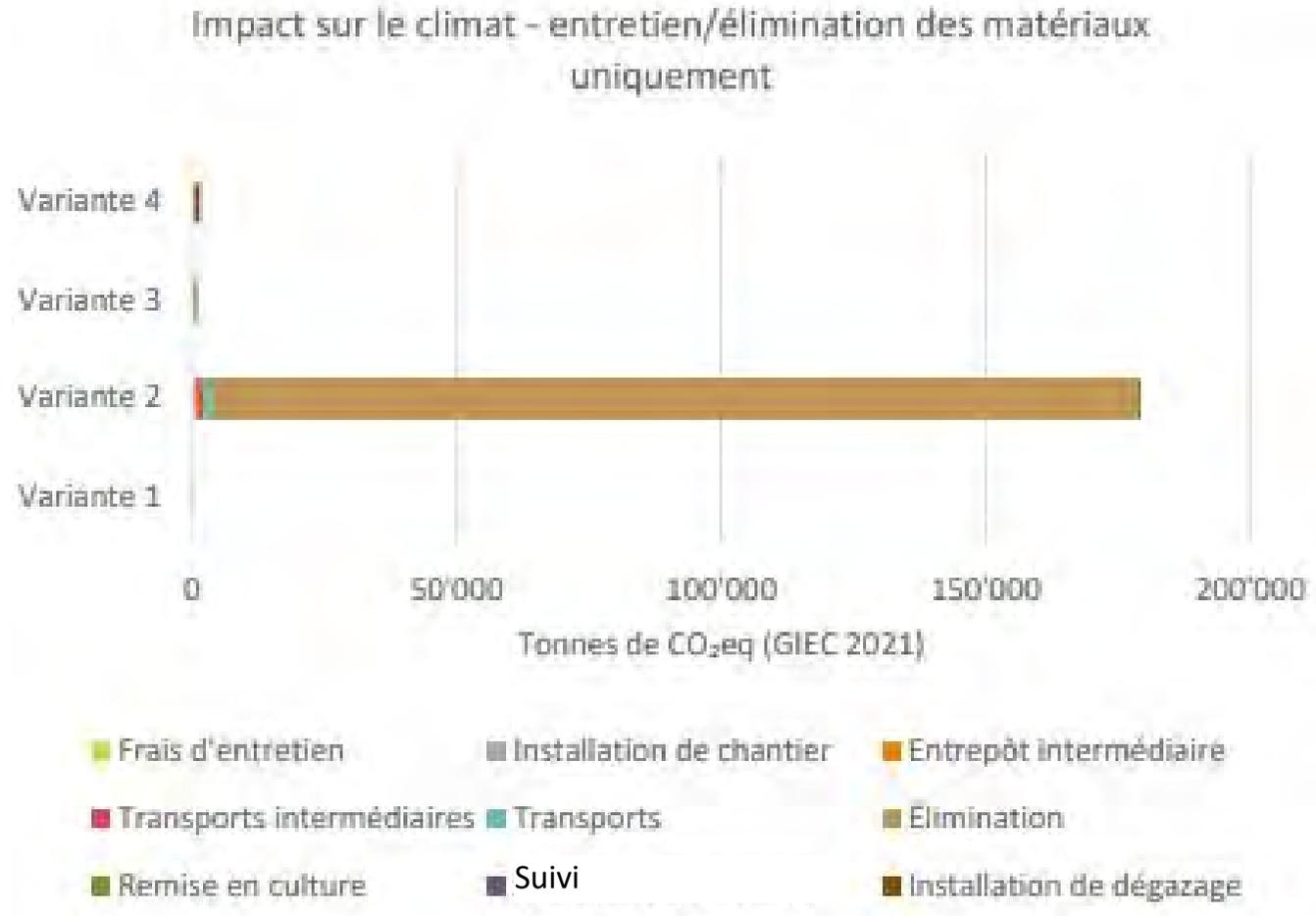
# Résultats

Aérobisation des décharges de déchets urbains

Écobilan

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 59



# Conclusions concernant l'écobilan

Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains

Conclusion

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 60

- Les analyses environnementales montrent que l'aérobisation de la décharge permet dans tous les cas de réduire l'impact environnemental par rapport au statu quo. Le dégazage actif permet aussi d'améliorer la situation. Les résultats sont d'autant plus efficaces que la décharge est récente. -> Aérobiser aussi tôt que possible !
- La décontamination totale n'est pas une alternative valable car son impact sur l'environnement est tout aussi important, voire plus important que le statu quo.
- Du point de vue climatique, l'assainissement permet d'économiser 69'400 t de CO<sub>2</sub>eq dans le meilleur des cas (aérobisation d'une décharge vieille de 20 ans, variante 1, scénario 3). Cela équivaut à :
  - Plus de 212 millions de kilomètres parcourus en voiture
  - Tour du monde par 5'300 voitures à essence
  - Impact environnemental de 12'800 personnes en Suisse en 2019



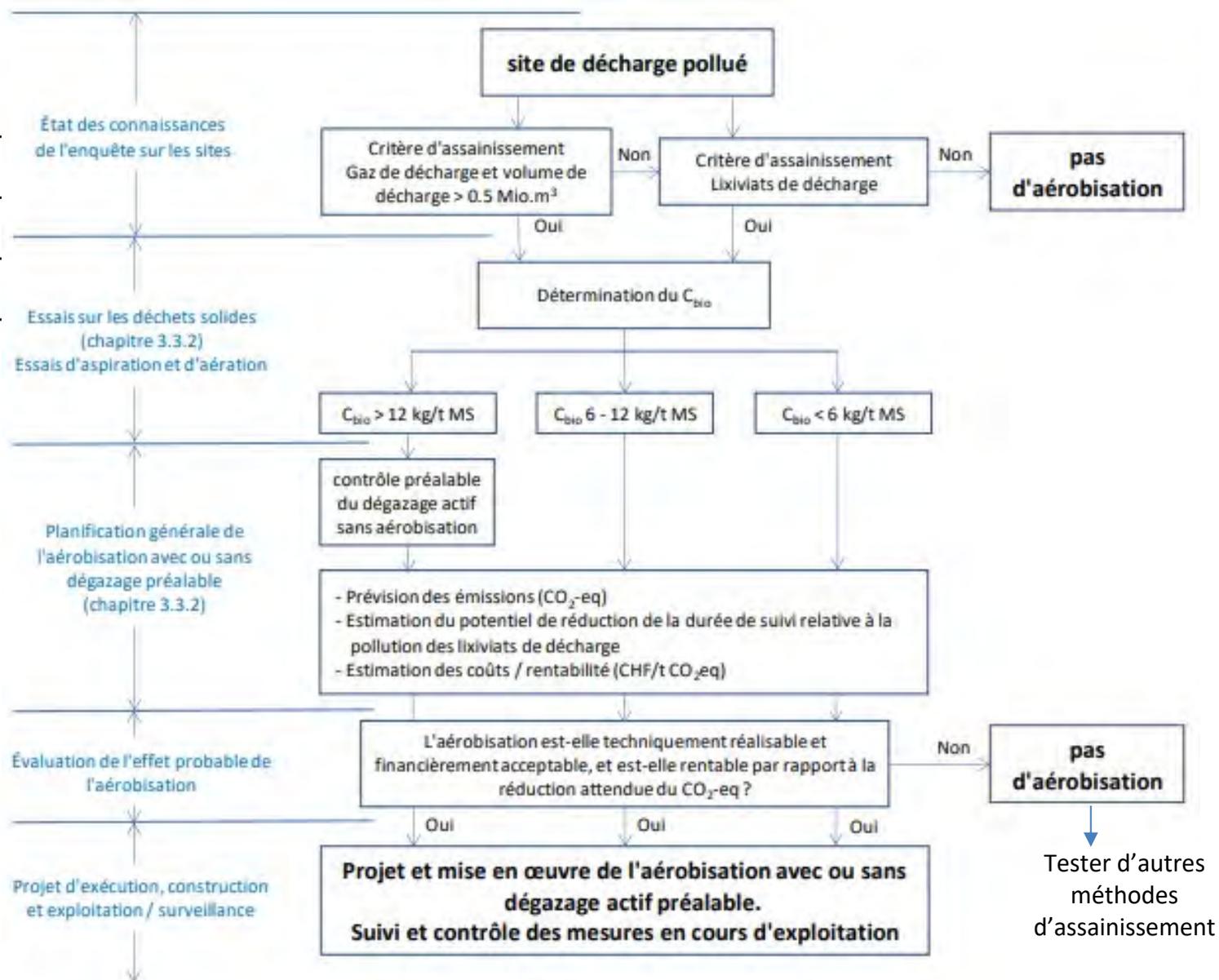
# Déroulement de la planification et arbre de décision

**Aérobisation des décharges de déchets urbains**

**Écobilan**

Soleure, 13.09.2023

Diapositive 61



SC + P



**Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains**

---

**Contenu**

---

Soleure, 13.09.2023

---

Diapositive 62

---



**Fin**

**Aérobisation des  
décharges de déchets  
urbains**

---

**Contenu**

---

Soleure, 13.09.2023

---

Diapositive 63

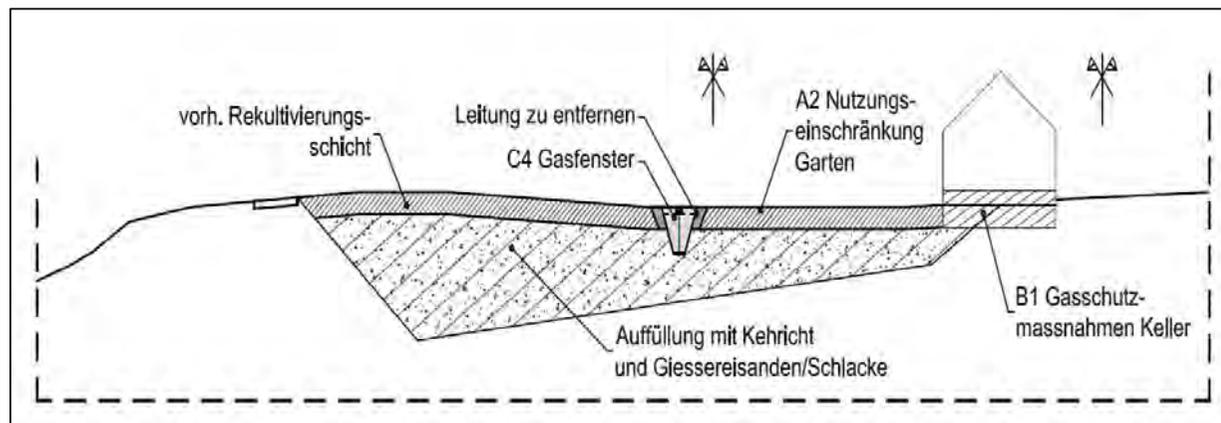
---



**Des questions ?**



# Fosses d'aération passive : variante optimale pour les décharges d'ordures ménagères nécessitant un assainissement ?



3<sup>e</sup> Symposium Sites pollués Suisse | OFEV

Dr. Martin Hoffmann et Dr. Bruno Schmid, FRIEDLIPARTNER AG

Soleure, 13 septembre 2023

# Contenu

- Introduction
- Description de l'essai pilote
- Résultats de l'essai pilote
- Conclusions

# Situation initiale

- Carrière d'argile de Dättneu (Winterthour)
- 1935-1960: dépôt de
  - 500'000 - 750'000 m<sup>3</sup> de déblais, gravats, sable de fonderie
  - 200'000 m<sup>3</sup> d'ordures ménagères
- Remise en culture

Photo aérienne du 7.5.1945



Source : LUBIS-Viewer

# Situation initiale

- Carrière d'argile de Dätt nau (Winterthour)
- 1935-1960 : dépôt de 500'000 - 750'000 m<sup>3</sup> de déblais, gravats, sable de fonderie et d'environ 200'000 m<sup>3</sup> d'ordures
- Remise en culture
- 1981 : construction de maisons jumelées en bordure de la décharge

Photo aérienne du 18.6.1984

Lotissement de Finkenrain

Périmètre des dépôts d'ordures ménagères

Source : LUBIS-Viewer

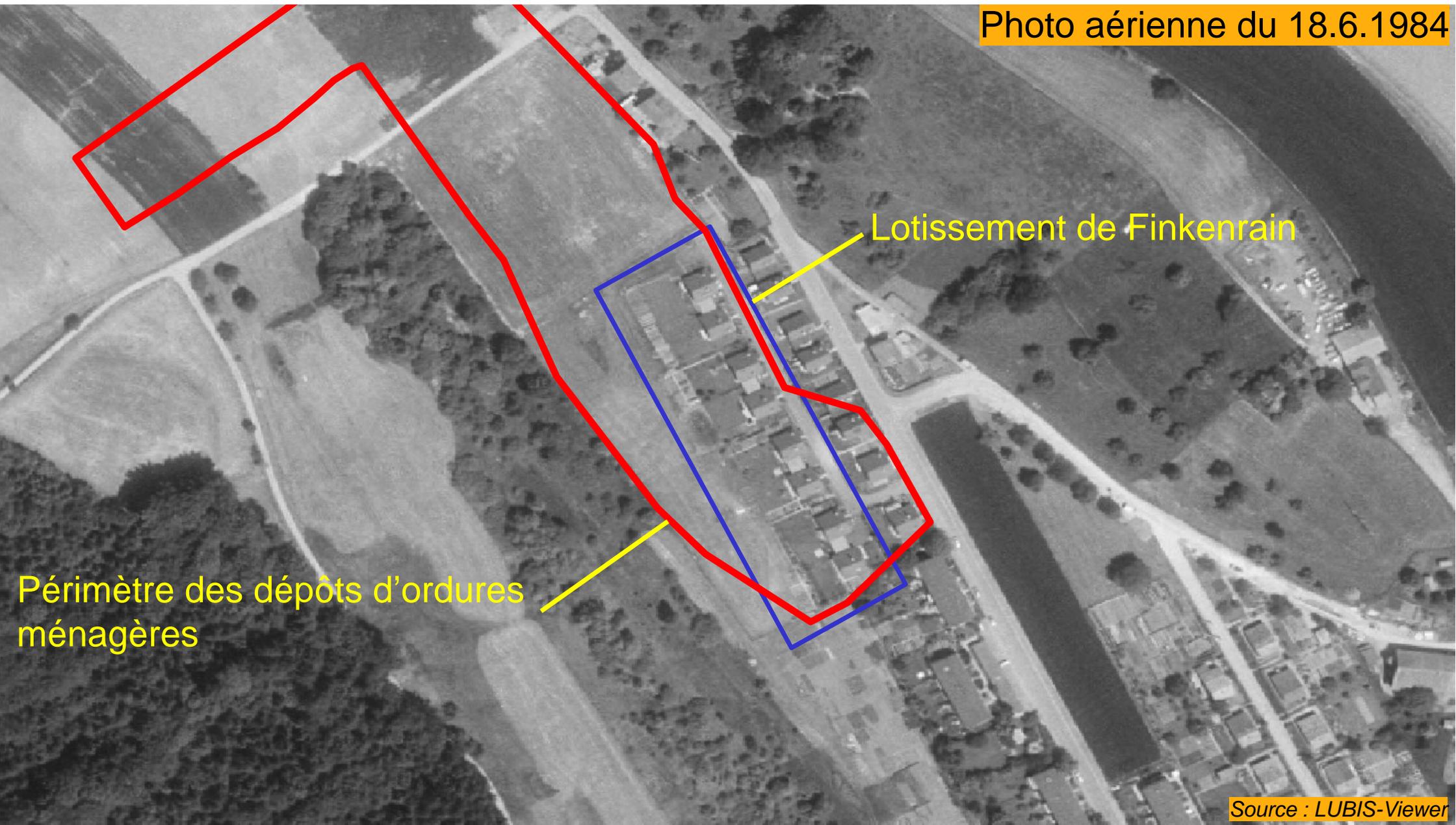
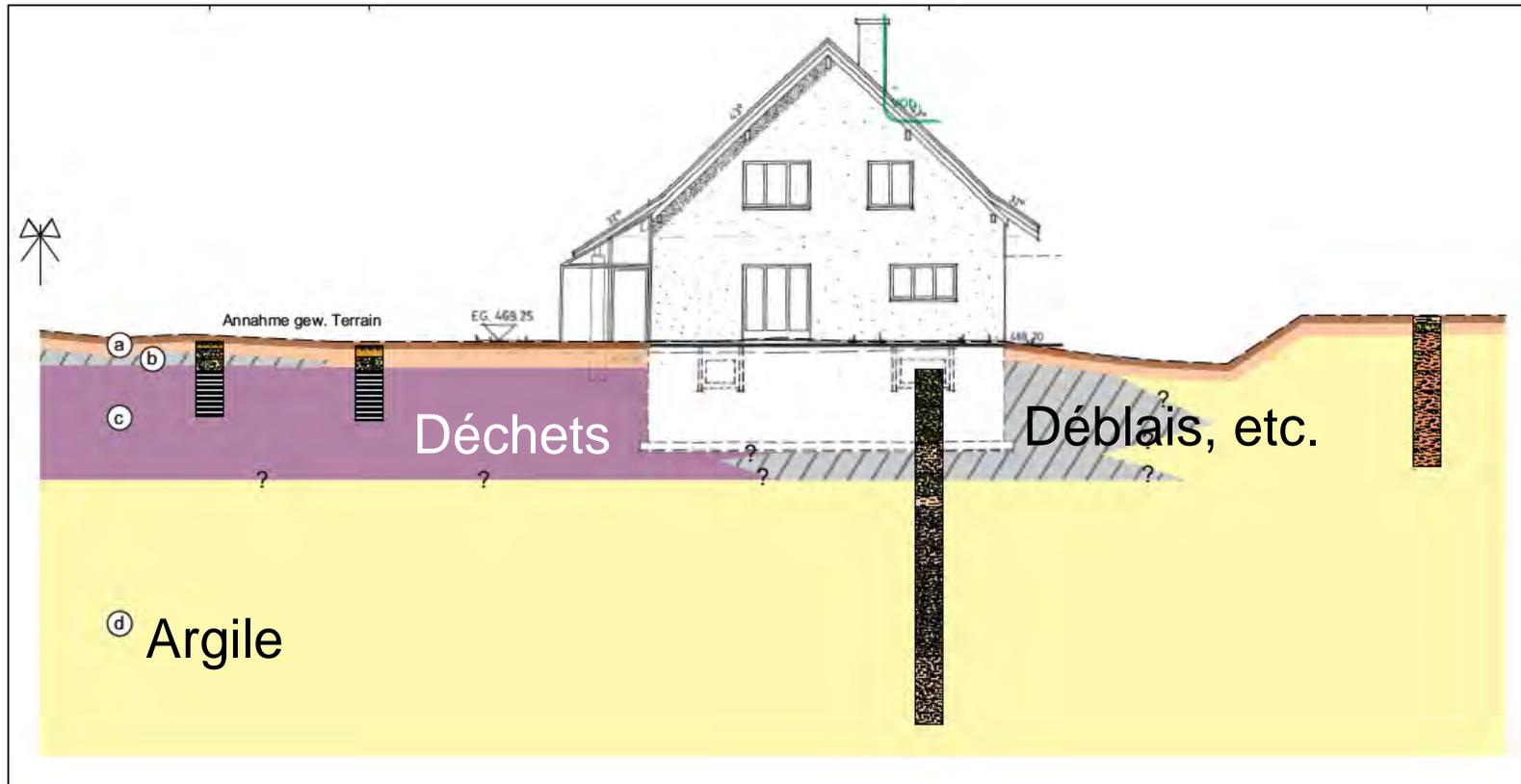


Photo état actuel



Introduction / Description de l'essai pilote / Résultats de l'essai pilote / Conclusions

# Schéma du site pollué



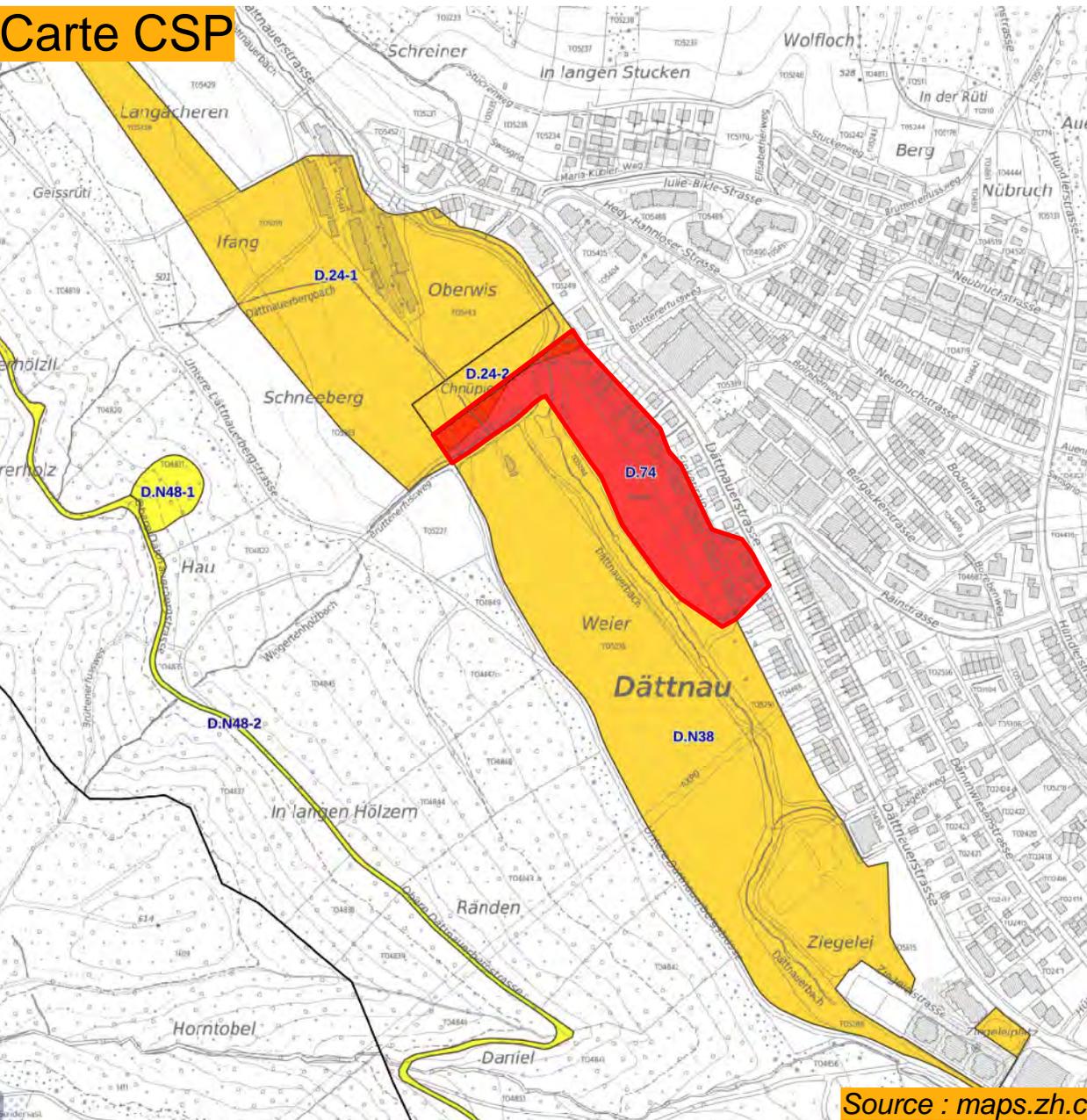
# Investigations du site contaminé

- Concentrations en polluants dans l'air interstitiel (2007):
  - Méthane : jusqu'à 57 % vol.  
Valeur de concentration selon l'annexe 2 OSites : 1 % vol.  
(10'000 ppm)
  - CO<sub>2</sub> : jusqu'à 11 % vol.  
Valeur de concentration selon l'annexe 2 OSites : 0,5 % vol.  
(5'000 ppm)

# Investigations du site contaminé

- Concentrations en polluants dans les **sous-sols** des maisons d'habitation (2011) :
  - Méthane : jusqu'à 80 ppm  
**Valeur de fond** dans l'air ambiant à l'époque : 1,9 ppm
  - CO<sub>2</sub> : max. 700 ppm  
**Valeur de fond** dans l'air ambiant à l'époque : 390 ppm
- L'AWEL estime que la zone de stockage des déchets **nécessite un assainissement** au sens de l'art. 11 OSites en ce qui concerne la protection des personnes contre les pollutions atmosphériques (CH<sub>4</sub>)

## Carte CSP



Source : maps.zh.ch

Propriétaires du site **D.74**  
(décharge de Finkenrain) :

- Ville de Winterthour
- Privés

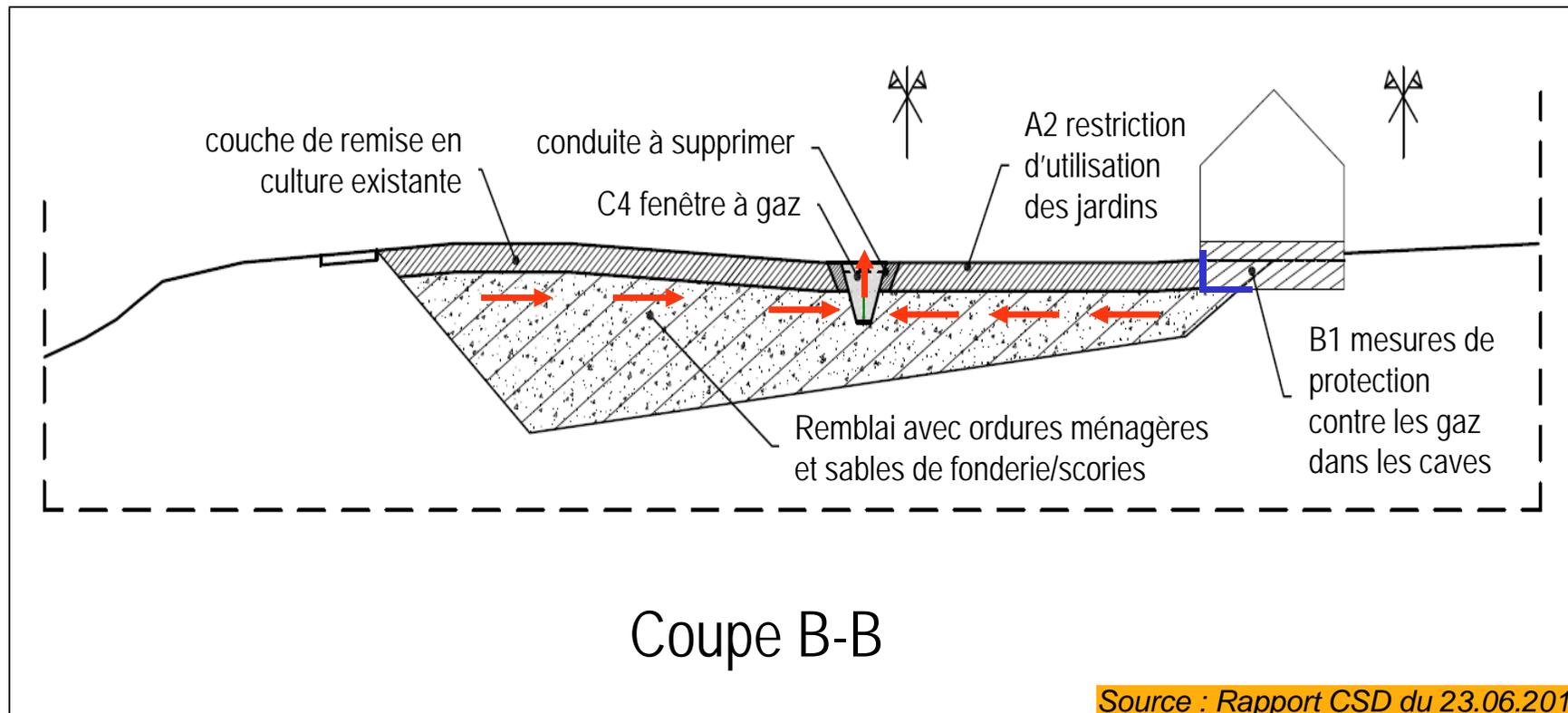
L'obligation d'assainir  
incombe à :

- Ville de Winterthour

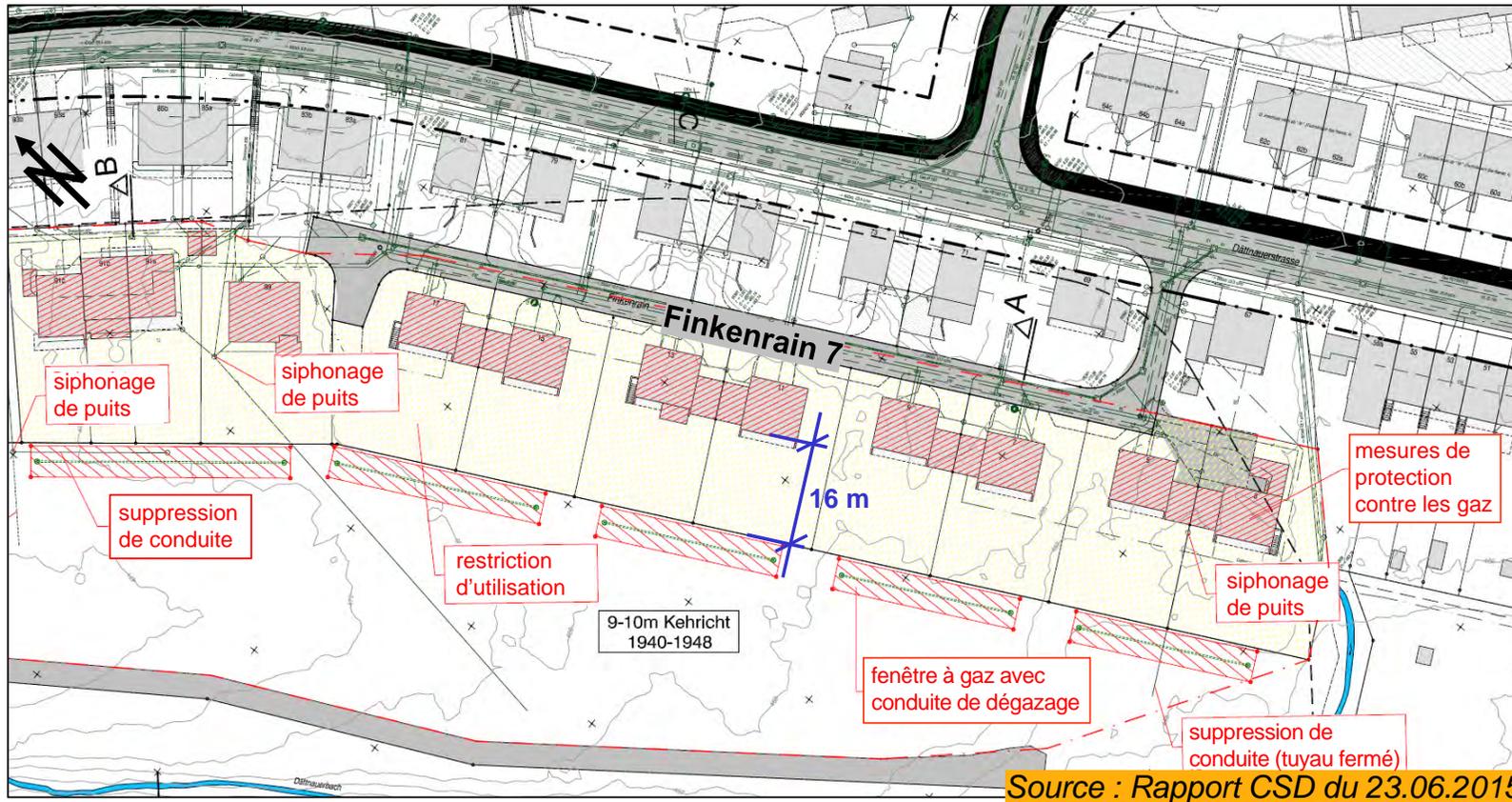
# Variante d'assainissement optimale

- 2012 (Vogler Consulting) : aérobisation
  - 2015 (CSD) : restrictions d'utilisation des jardins + fosses d'aération + étanchéification sous-sol
- Le service des ponts et chaussées de la ville de Winterthour mandate FRIEDLIPARTNER pour un projet d'assainissement cadre + essai pilote de fosse d'aération (exigence OFEV)

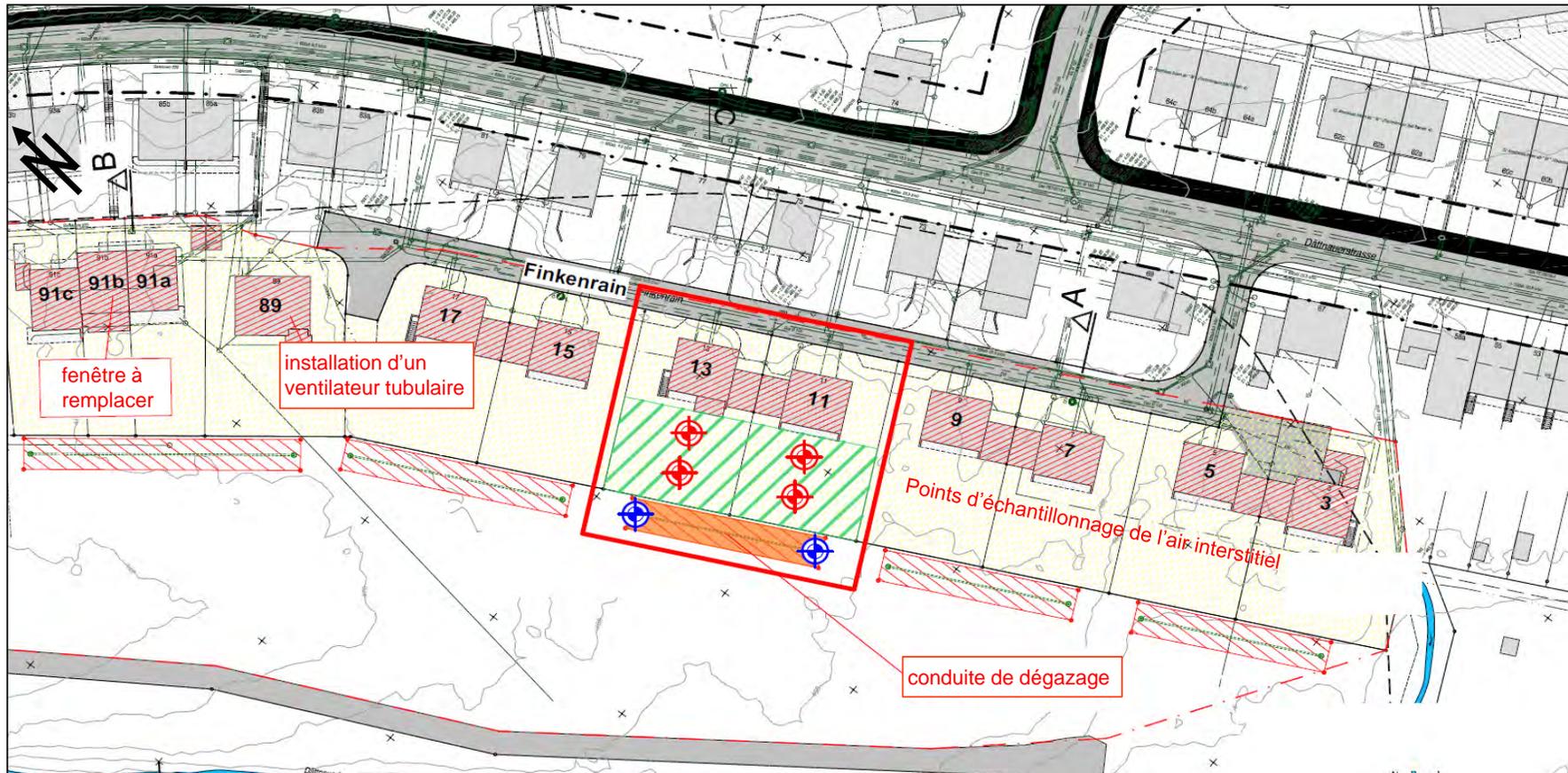
# Coupe de principe de la fosse d'aération



# Emplacement prévu pour les fosses d'aération



# Emplacement prévu pour la fosse d'aération pilote



# Emplacement de la fosse d'aération pilote



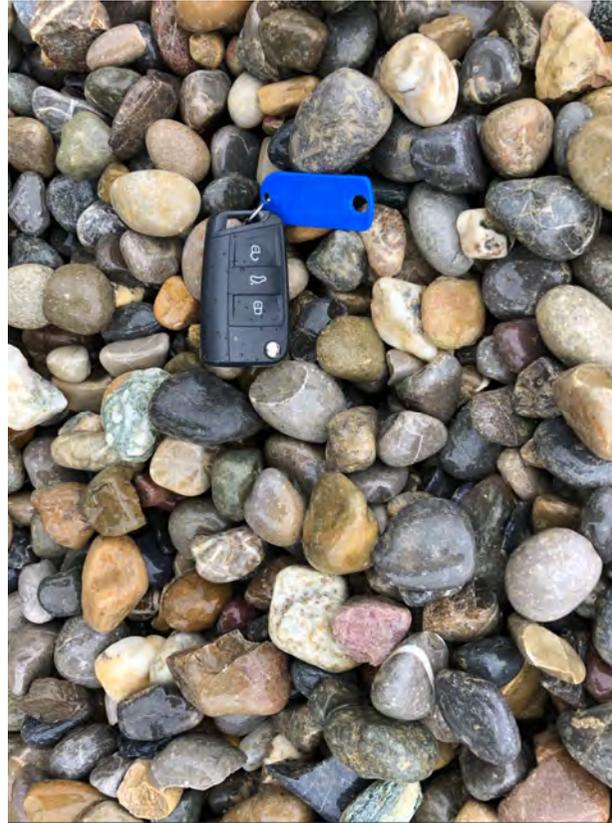
Introduction / [Description de l'essai pilote](#) / Résultats de l'essai pilote / Conclusions

# Construction de la fosse d'aération (avril 2020)



Introduction / [Description de l'essai pilote](#) / Résultats de l'essai pilote / Conclusions

# Construction de la fosse d'aération (avril 2020)

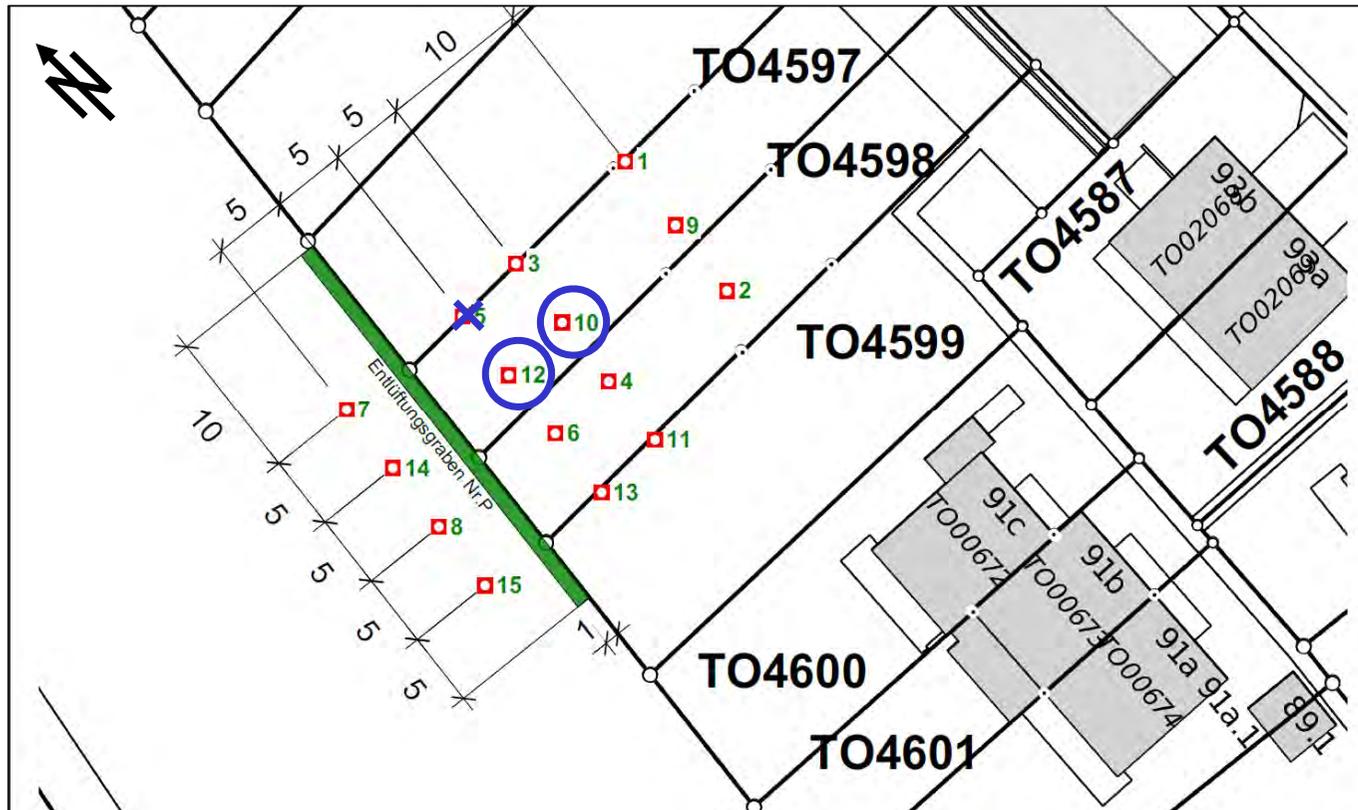


Introduction / [Description de l'essai pilote](#) / Résultats de l'essai pilote / Conclusions

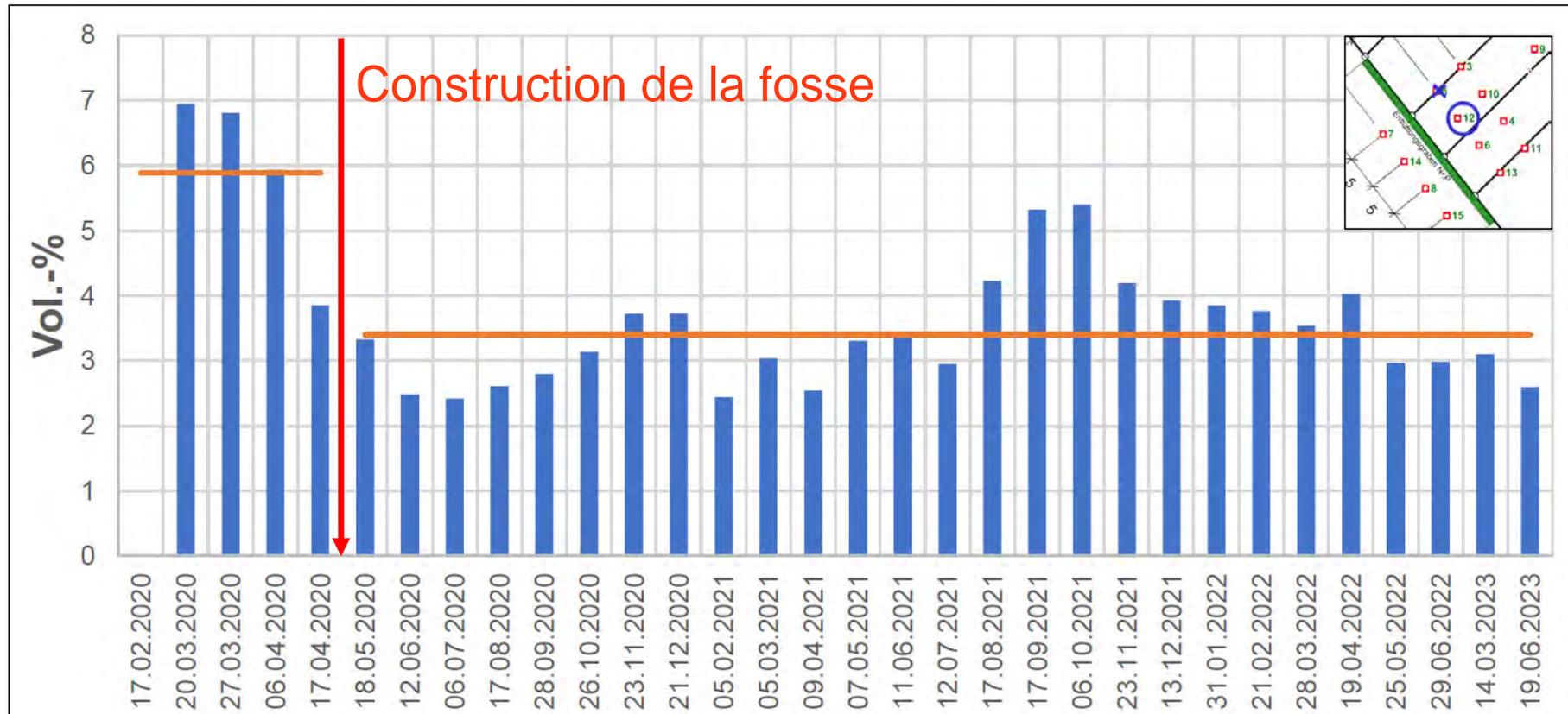
# Construction de la fosse d'aération (avril 2020)



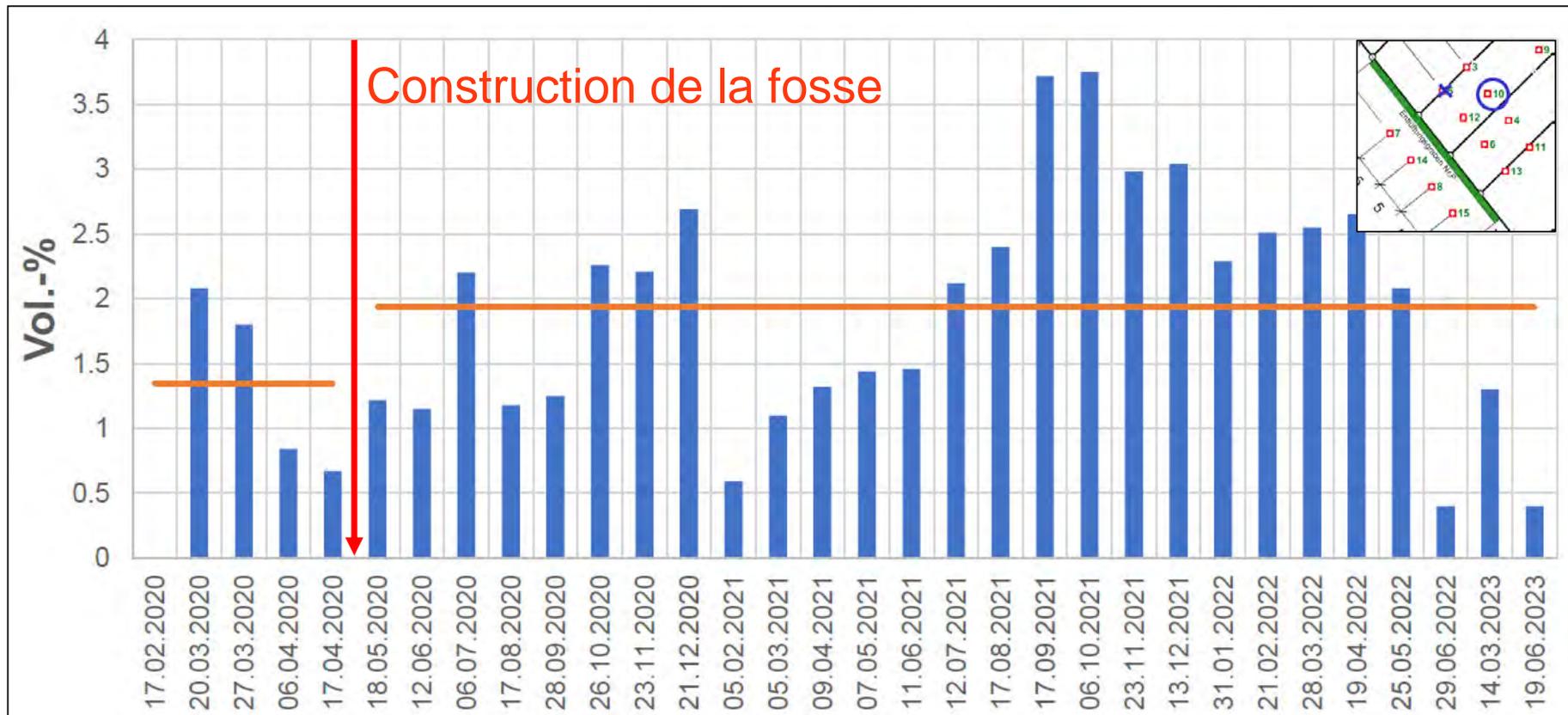
# Emplacement des points de mesure de l'air interstitiel



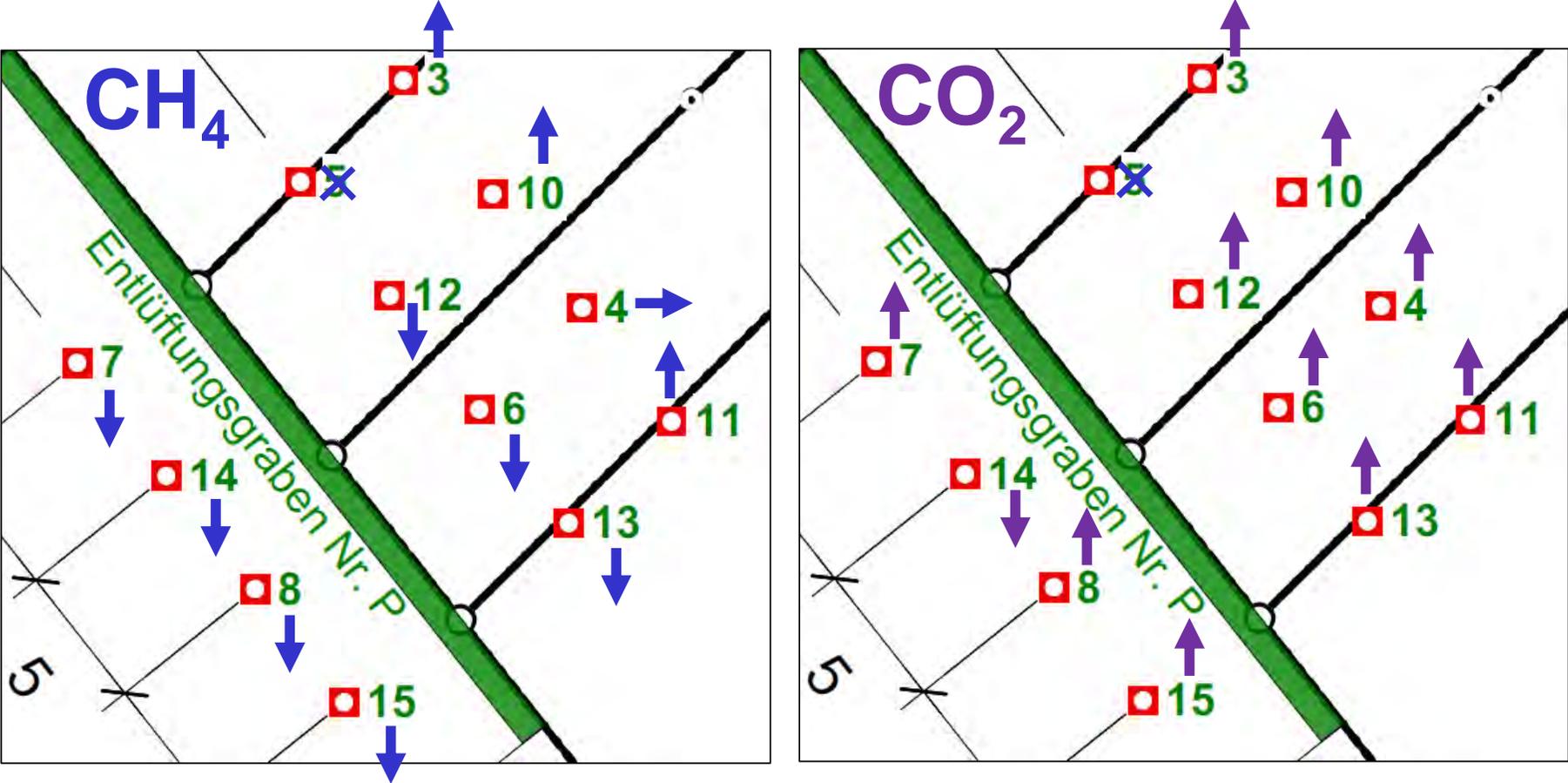
# Point de mesure du méthane n° 12 (distance : 5 m)



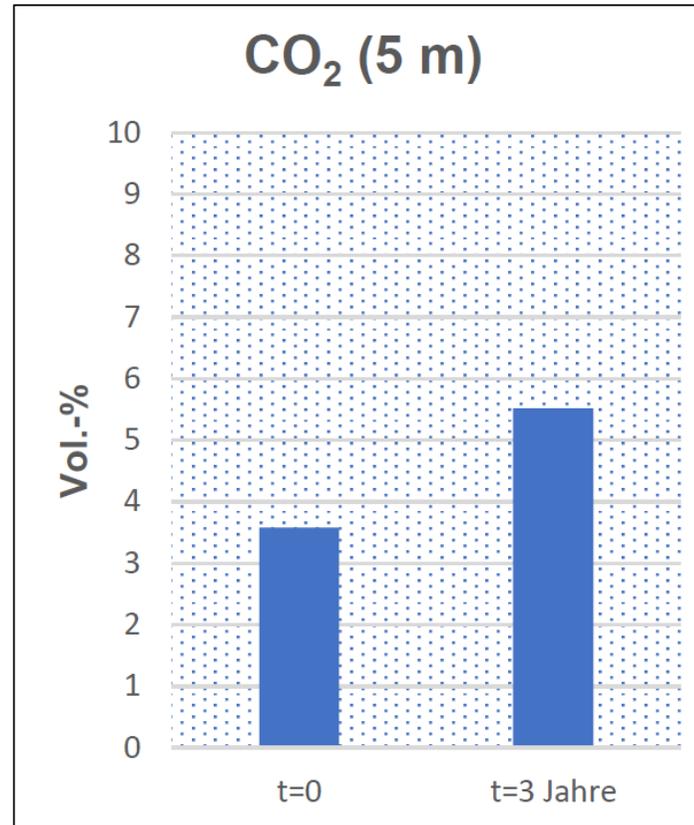
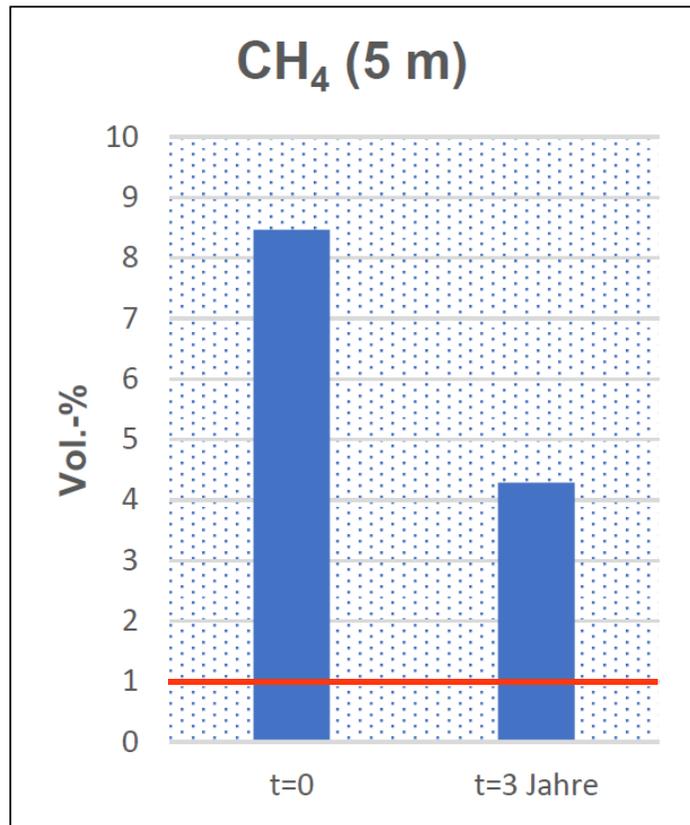
# Point de mesure du méthane n° 10 (distance : 10 m)



# Évolution des concentrations 2020-2023

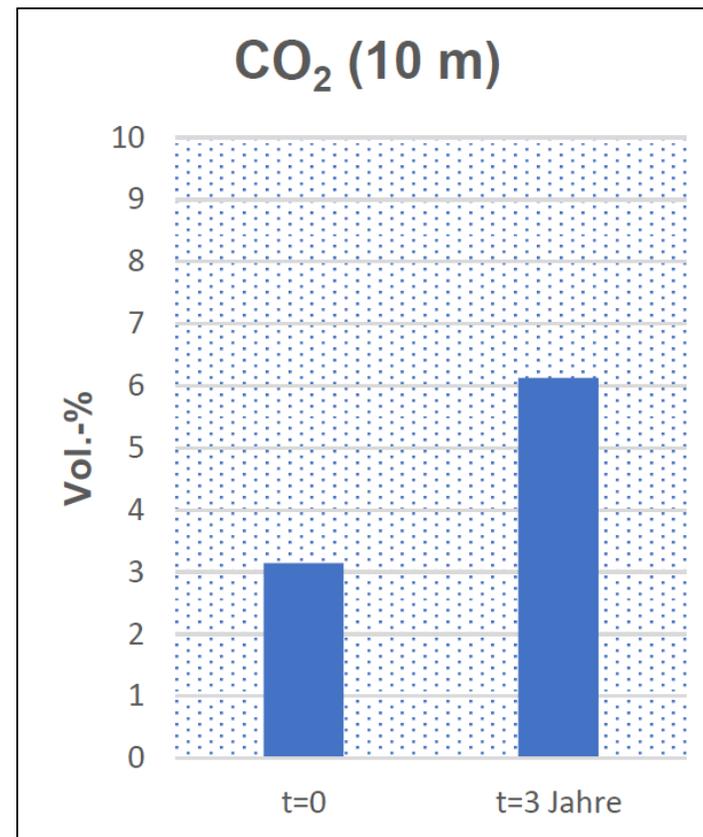
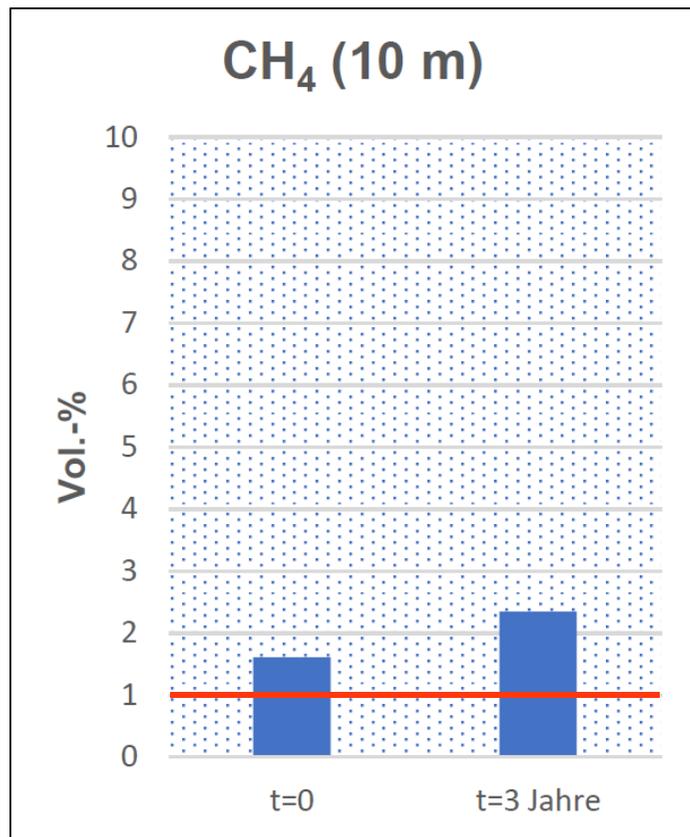


# Concentrations à proximité de la fosse



— Valeur cible d'assainissement pour l'air interstitiel (valeur de concentration selon annexe 2 OSites)

# Concentrations à distance de la fosse



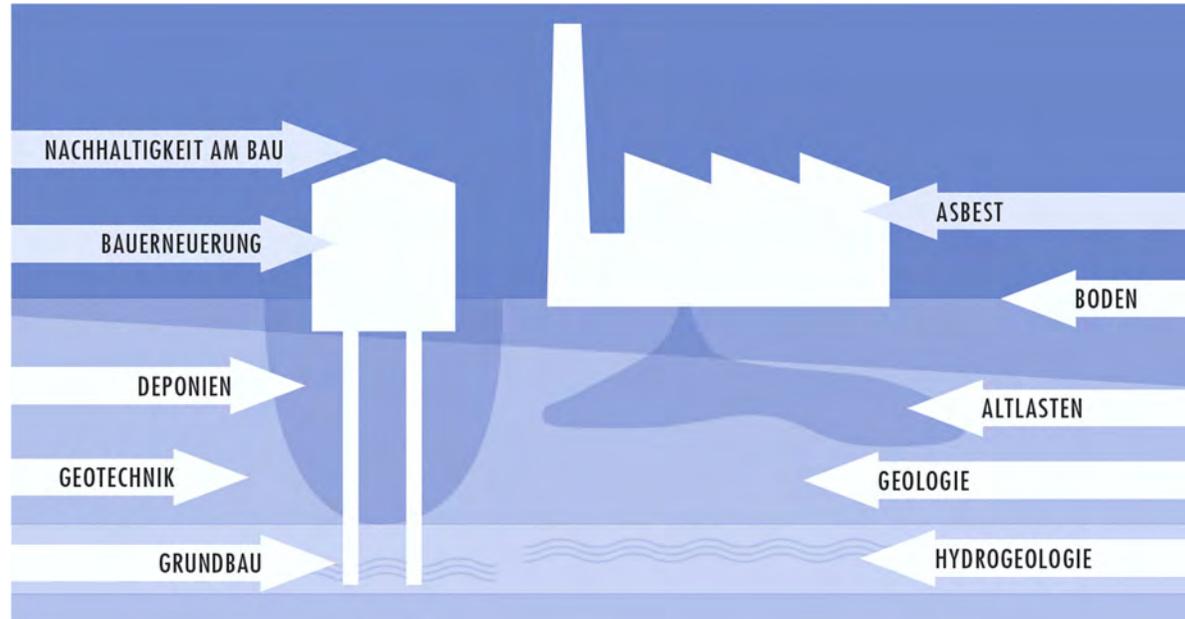
— Valeur cible d'assainissement pour l'air interstitiel (valeur de concentration selon annexe 2 OSites)

# Efficacité de la fosse d'aération

- Effet souhaité jusqu'à une distance de 5 m
- Effet non souhaité à une distance de 10 m

→ Fosses d'aération **passive** pour la **décharge** de Finkenrain : ~~variante d'assainissement optimale ?~~

→ Fosses d'aération **forcée** ?



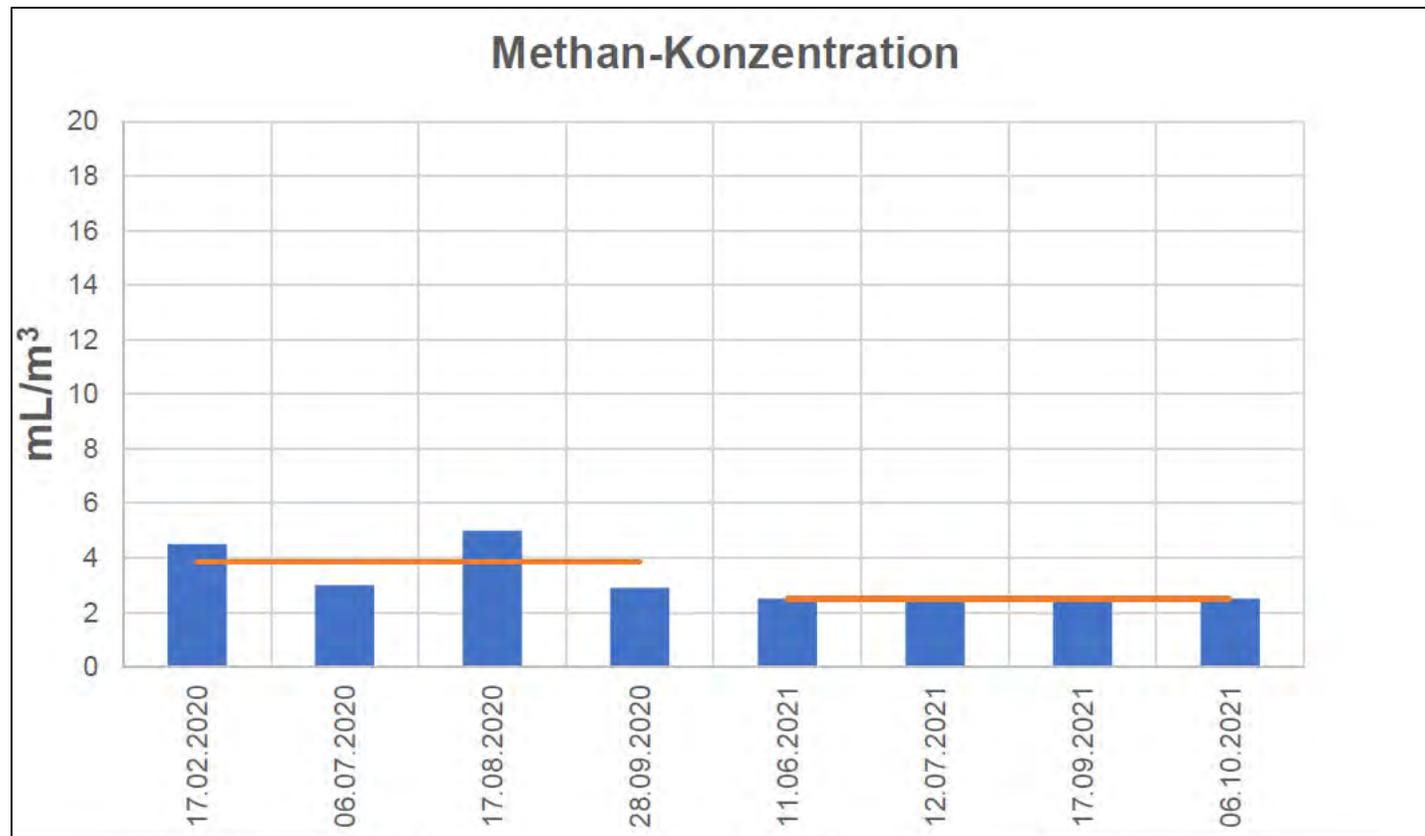
**FRIEDLPARTNER AG**

GEOTECHNIK ALTLASTEN UMWELT

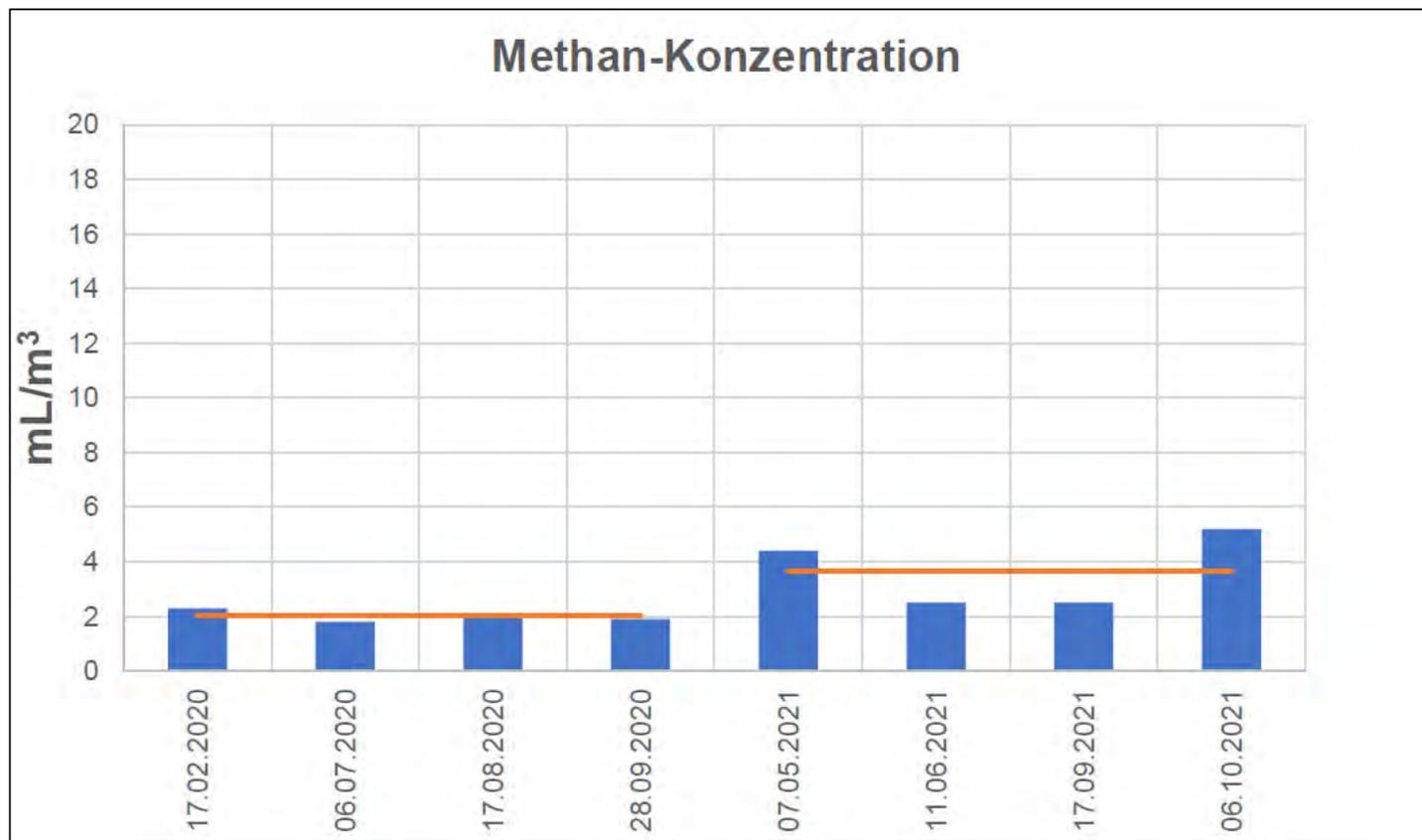
# Mesures d'étanchéification du sous-sol

- Scellage (mastic) des joints de dilatation
- Remplacement des fenêtres non étanches
- Étanchéification des entrées de conduites
- Rinçage des écoulements au sol
- Coûts : environ 30'000 francs

# Dättnauerstrasse 91a (local de stockage)



# Finkenrain 7 (buanderie)



# Contexte de l'étude

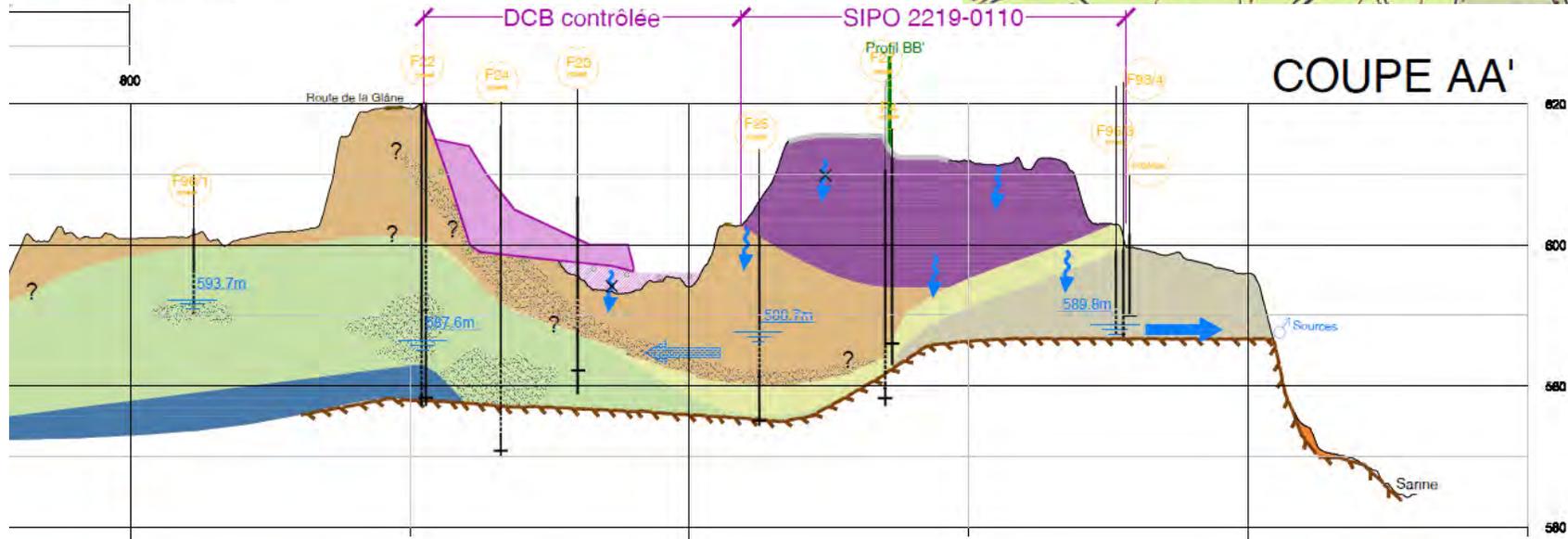
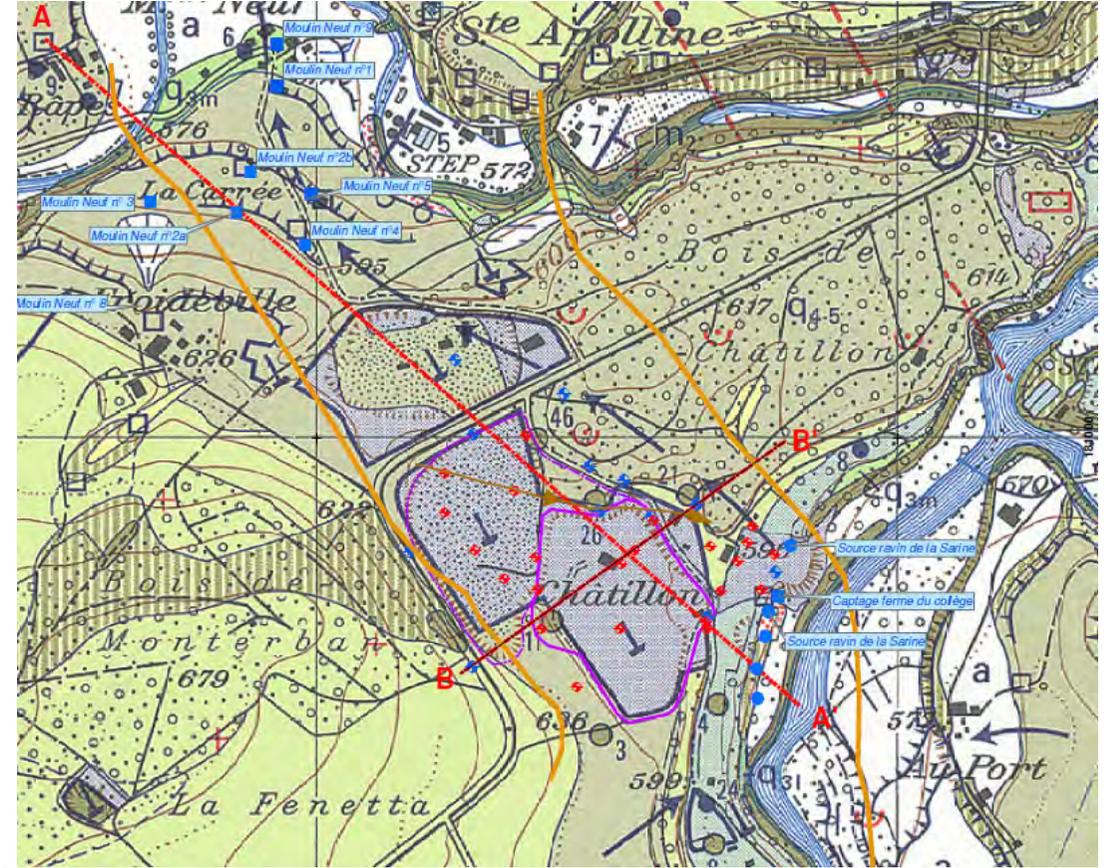
Gravière remblayée de 1974 à 1990 avec 1,2 mio de m<sup>3</sup> de déchets inertes et encombrants, d'ordures ménagères, de scories d'UIOM, de boues de STEP et de matériaux d'excavation.



# Contexte de l'étude

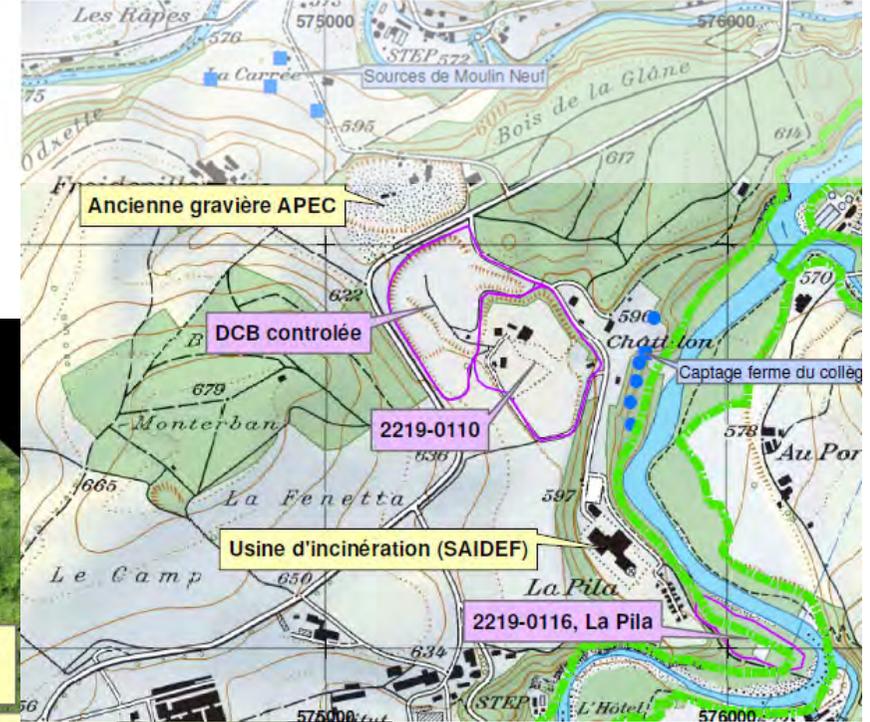
## IH CSD 2014

-  q4-5 Retrait Wurmien
-  q4m Moraine rhodanienne et sarinienne
-  q4T Dépôts sariniens de progression
-  q3m Moraine ancienne "Complexe Rissien ou plus vieux"
-  Gravier et sable "anté-Riss"
-  Zone plus sableuse
-  Niveau d'eau (mesuré le 22 septembre 2014)
-  Source

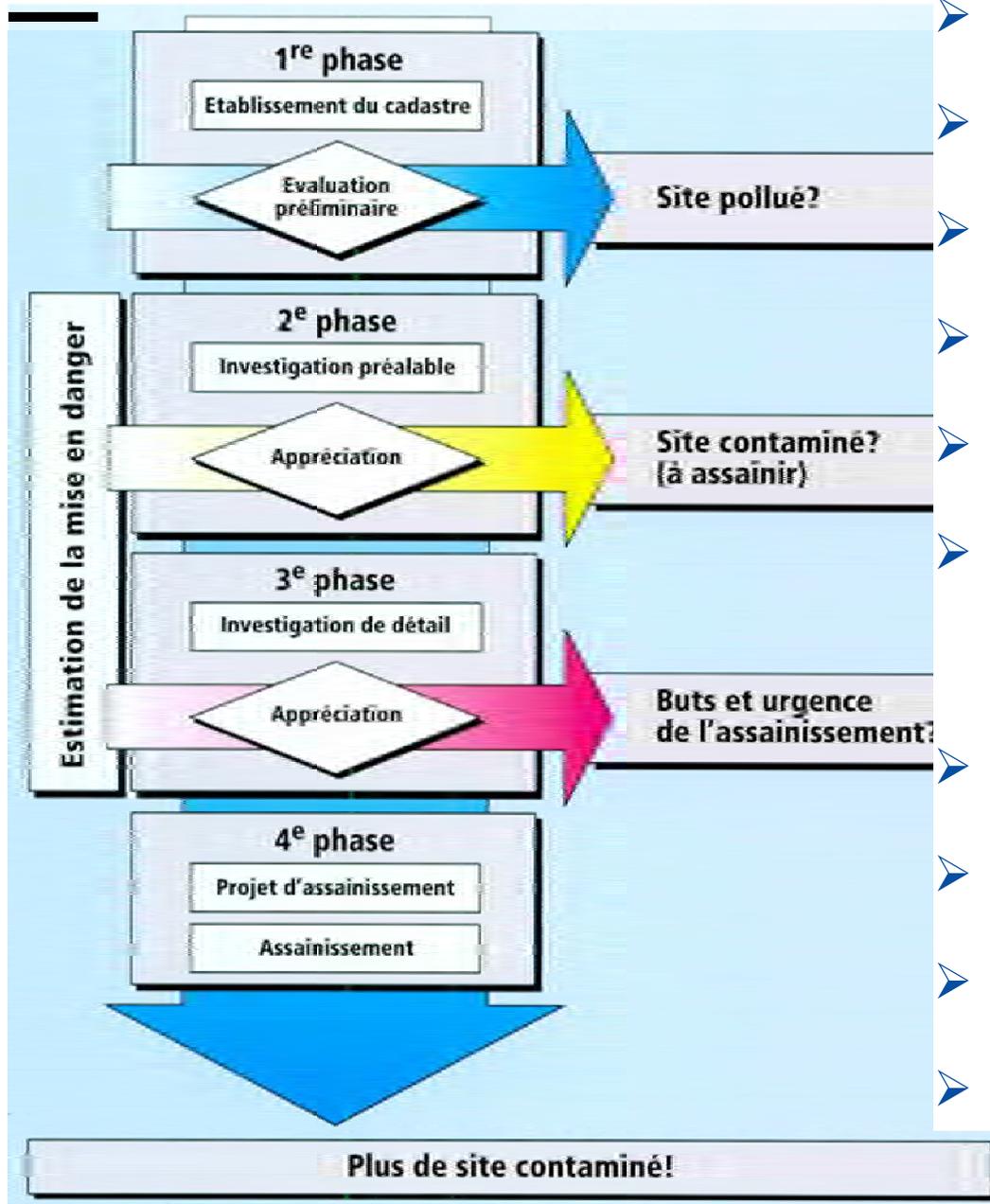


# Contexte de l'étude

— IH CSD 2014



# Contexte de l'étude

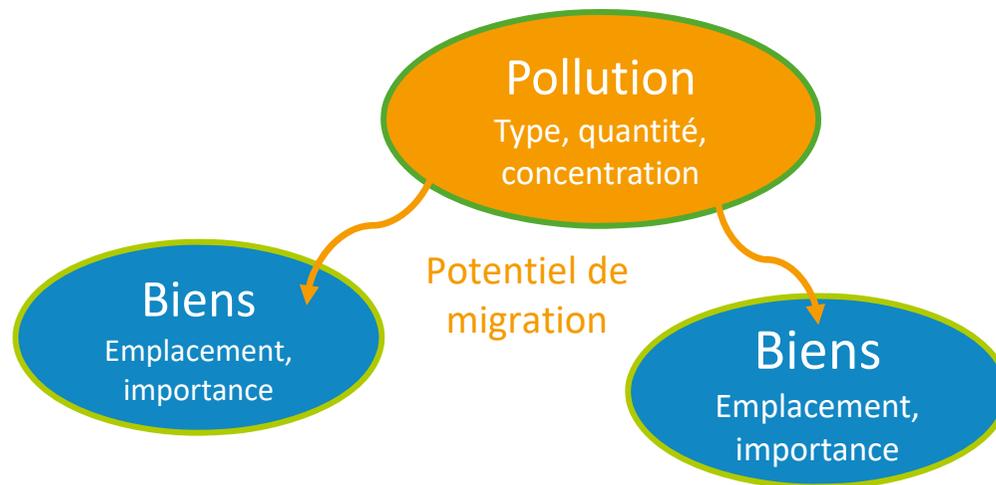


- 2008: Inscription au cadastre
- 2013: Ville de Fribourg, art. 20 al. 2 OSites
- 2014: Investigation historique
- 2015: Expertise hydrogéologique
- 2015: Demande investigation technique
- 2017: Rapport: besoin d'assainissement
- 2018: Demande investigation de détail
- **Contraintes art. 3 OSites!**
- 2018: 1<sup>ère</sup> proposition ID, 353'300.- TTC
- Appel d'offres : procédure sur invitation
- 4 bureaux invités, 3 Offres
- Adjudication : Prona Romandie SA



### 1. Confirmation du besoin d'assainissement

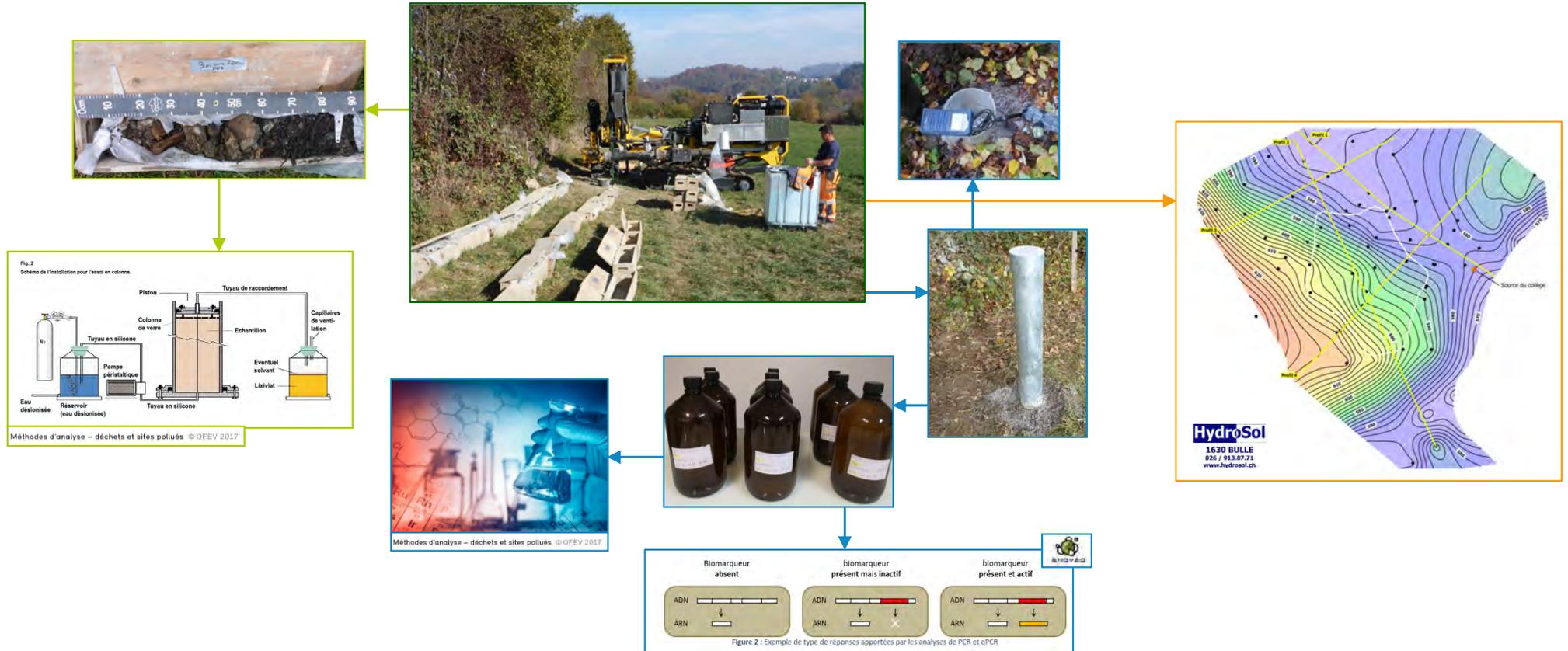
### 2. Art. 14 OSites



- Répartition de la pollution dans la décharge (spatiale et par phase)
- Modèle hydrogéologique conceptuel
- Atteinte sur les biens à protéger, aval à proximité et éloigné

### 3. Évaluation succincte des variantes d'assainissement

# Démarche Approche multiple



# Résultats Lithologies et déchets



PR1

PR2

PR3

PR4

**Remblai** : sable limoneux avec limon et gravier. Sol en surface selon les endroits

2 m

1 m

1 m

2 m

**Décharge** : sable limoneux avec gravier ou limon avec du sable. Présence de bois, brique, ferraille, plastique, scories, lino, tissus, cendres...

11 m

15 m

6 m

13 m

**Retrait würmien** : sables et graviers, plus ou moins argileux selon les endroits. Présence de galets

3 m

3 m

21 m

5 m

**Molasse altérée** : sable

11 m

15 m

6 m

13 m

**Molasse saine** : grès

11 m

15 m

6 m

13 m

# Résultats Lithologies et déchets



PR2

**Remblai**

0 à 1 m

**Décharge**

1 à 16 m

**Retrait würmien**

16 à 21 m

**Molasse altérée**

21 à 23 m

**Molasse saine**

23 à 24 m



# Résultats

## Solides et lixiviation – in situ

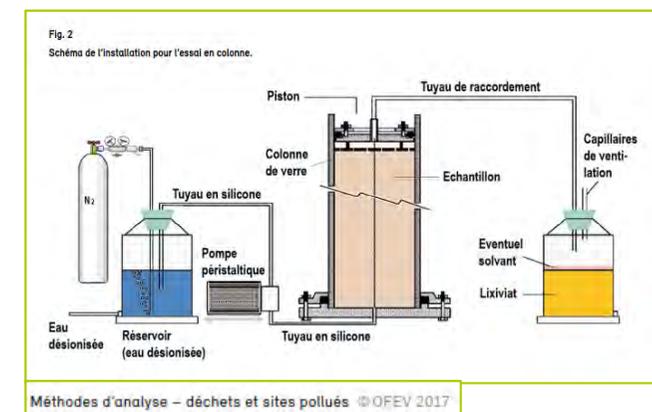


### HCC

- Présence de HCC dans les déchets
- Fort potentiel de libération

### Métaux lourds

- As -> retrouvé uniquement sous forme de trace
- Cr tot et Cr VI -> pas décelés lors des tests de lixiviation

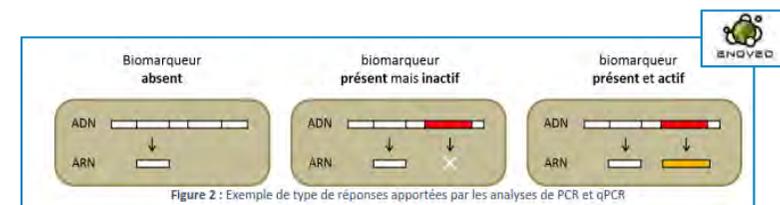


# Résultats

## Analyses microbiologiques – in situ



- Présence du cortège nécessaire à la déchlorination réductive des chaînes hautes des HCC
- Marqueurs bactériens pour dégradation CV absents
- Dégradation microbiologique des HCC dans le corps de la décharge.  
Production de CV



# Résultats

## Analyses chimiques – aval



### Polluants à l'origine du besoin d'assainissement du site

- CV et Cr VI: dépassements ponctuels  $VL_{ass}$  à l'aval à proximité, aucune trace à l'aval éloigné
- As : dépassements fréquents  $VL_{ass}$  à l'aval à proximité, aucune trace à l'aval éloigné
- Hg : détecté à une seule reprise sur les 12 prélèvements mensuels, à des valeurs  $< VL_{surv}$



Méthodes d'analyse – déchets et sites pollués © OFEV 2017

# Résultats

## Analyses chimiques – aval



### Autres substances

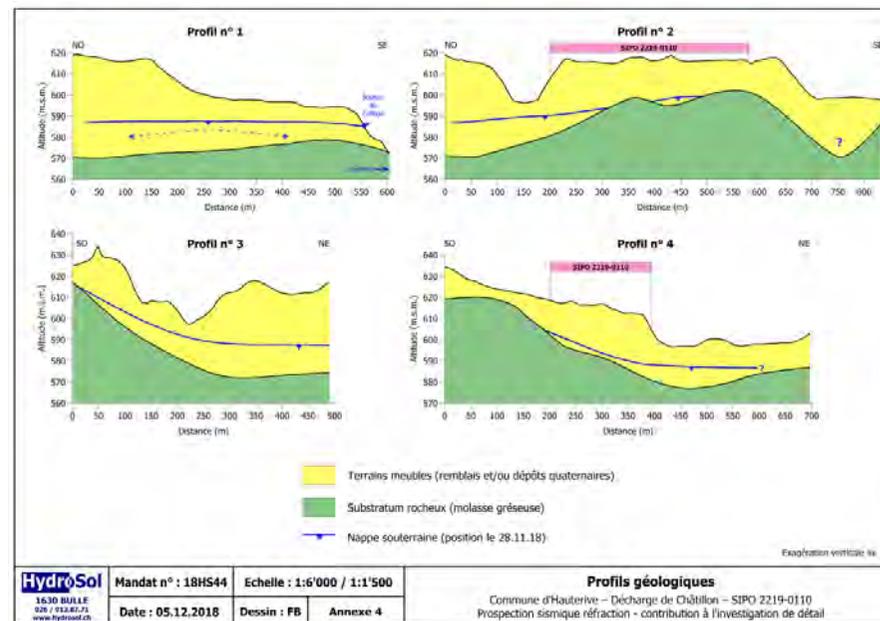
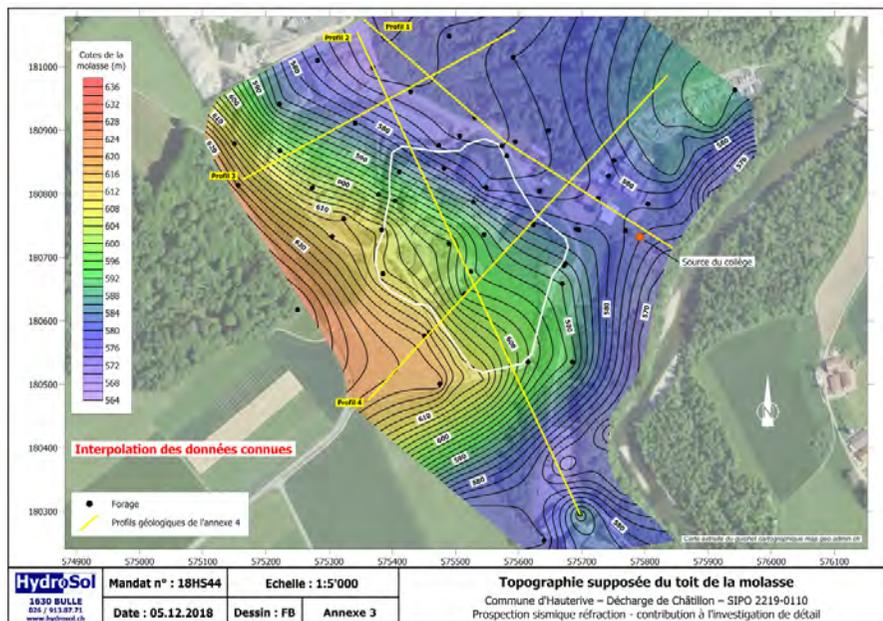
- Cis-DCE et cyanures libres : dépassements ponctuels  $VL_{surv}$  à l'aval à proximité, aucune trace à l'aval éloigné
- TCEP : dépassements constants  $VL_{surv}$  à l'aval à proximité, faibles traces à l'aval éloigné
- PER, TRI, MTBE : concentrations faibles mais constantes à l'aval à proximité et éloigné
- BTEX : rares traces à l'aval à proximité, aucun à l'aval éloigné



Méthodes d'analyse – déchets et sites pollués © OFEV 2017

# Résultats

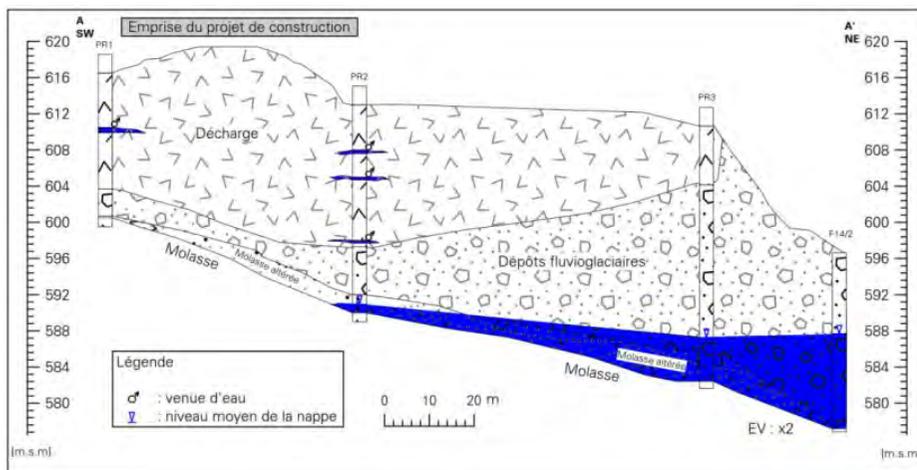
## Mesures géophysiques



- Toit de la molasse = plancher de l'aquifère
- Bombement au centre de la décharge
- Divergence des directions d'écoulement dans le paléochenal

# Synthèse

## Modèle hydrogéologique



**PR1** : Pas d'aquifère, uniquement lentilles gorgées d'eau

**PR2** : Lentilles, aquifère peu épais (~ 1 m), couche de déchets (~ 15 m). Pas de contact direct avec la nappe

**PR3** : Aquifère moyen (~ 3 m), éloigné des déchets (~16 m), couche de déchets moins importante (~ 7 m)

**PR4** : Nappe perchée déconnectée de l'aquifère principal en basses eaux. A priori pas de contact avec les déchets (~ 12 m)

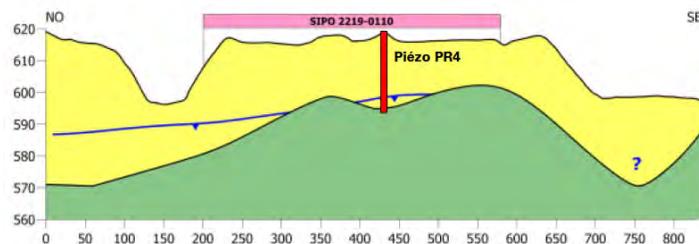
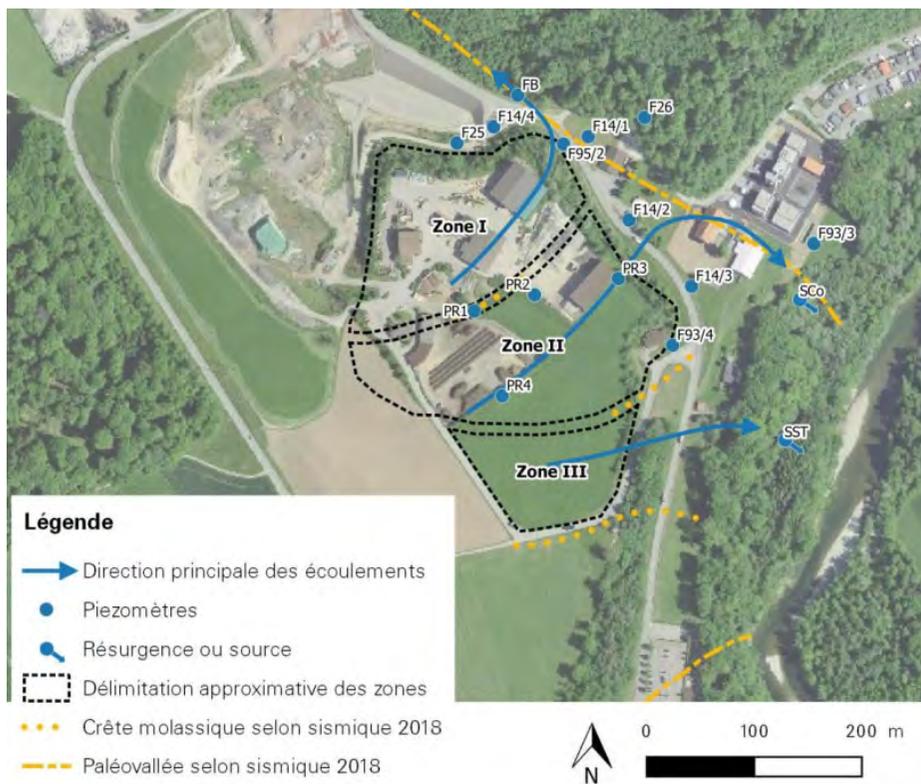


figure 5 Profil NW-SE passant par le PR4, adapté à partir de [26]

# Synthèse Modèle hydrogéologique



	Zone I	Zone II	Zone III
<b>Q. poll</b>	++	++	-
<b>Imp. surf.</b>	Totale	Partielle	Nulle
<b>Ex. princ.</b>	NE pal. Moulin Neuf ?	SE pal. Sco	SST
<b>Pot. poll.</b>	++	++	-
<b>Pot. mob.</b>	±	++	-
<b>Fiabilité</b>	++	++	-



### Dans la décharge

- Fort potentiel de libération provenant des déchets
- Conditions d'oxydoréduction et présence d'une communauté bactériologique favorables à la déchlorination réductive des chaînes hautes de HCC
- Dégradation des HCC jusqu'au CV présente mais incomplète

### Aval à proximité

- Concentrations CV  $> VL_{\text{ass}}$



### Dans la décharge

- As et Cr VI pas ou peu décelés dans les déchets
- Conditions favorables à la libération d'As et Cr VI
- Origine de la pollution en AS -> géogène (moraine)
- Origine de la pollution en Cr VI -> béton et transformation du Cr III

### Aval à proximité

- Concentrations As  $> VL_{ass}$
- Concentrations CrVI  $> VL_{ass}$



## Conclusion de l'étude

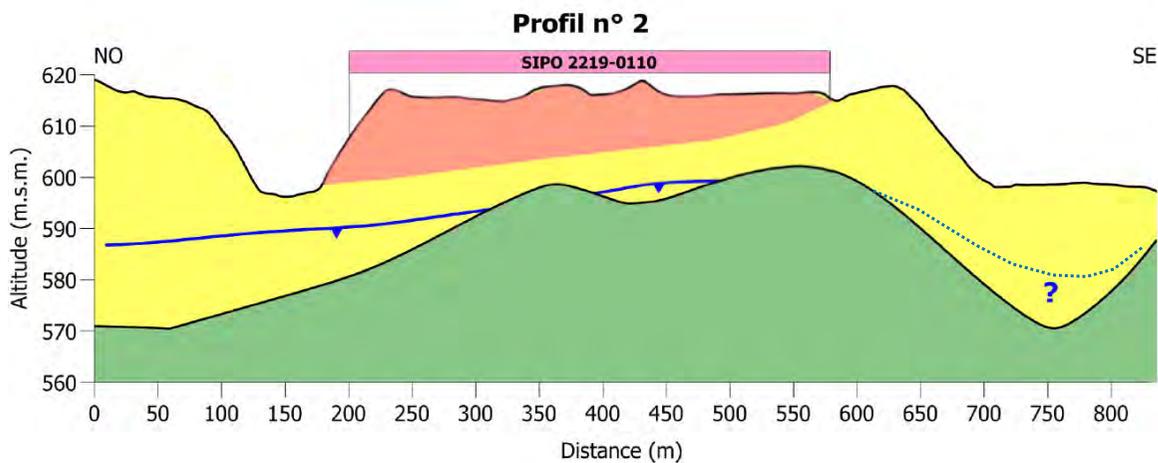
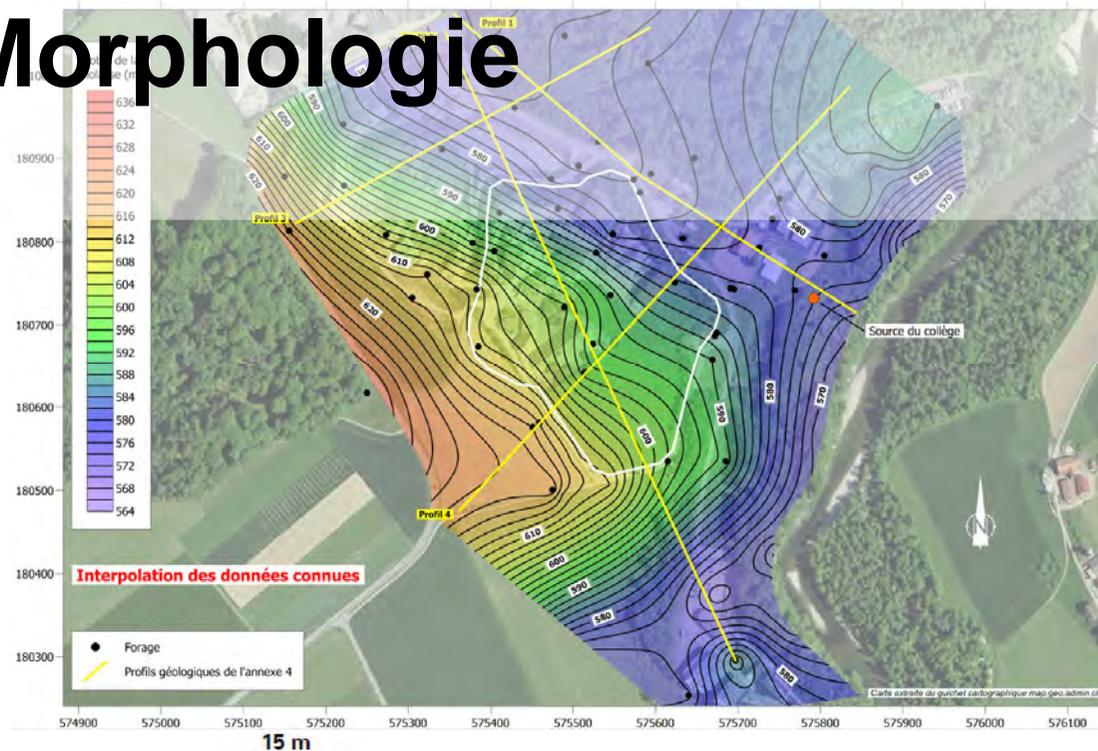
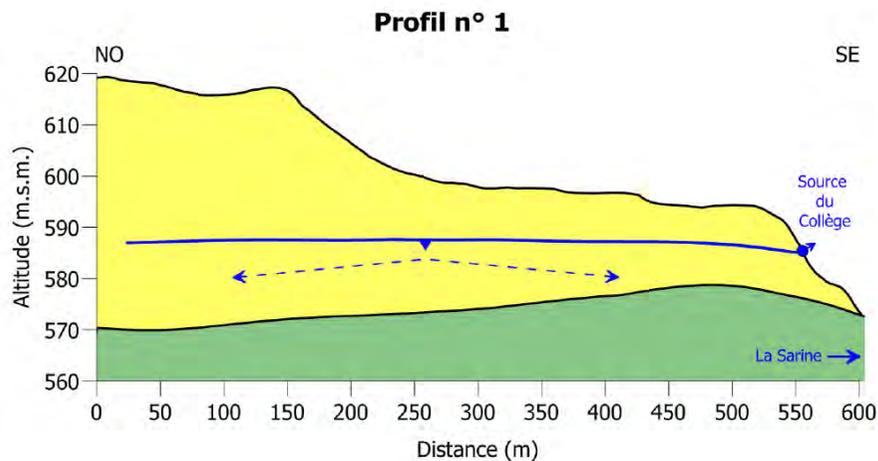
- Confirmation de la nécessité d'assainissement (CV, As, CrIV)
- Substances problématiques réparties dans toute la décharge
- Dégradation de ces substances entre l'aval à proximité et l'aval éloigné

## Avantages de l'approche multiple

- Compréhension des spécificités locales du site
- Appréciation de la répartition et de la dynamique de la pollution
- Évaluation des possibilités d'intervention

# Éléments marquant - Morphologie

— ID 2019



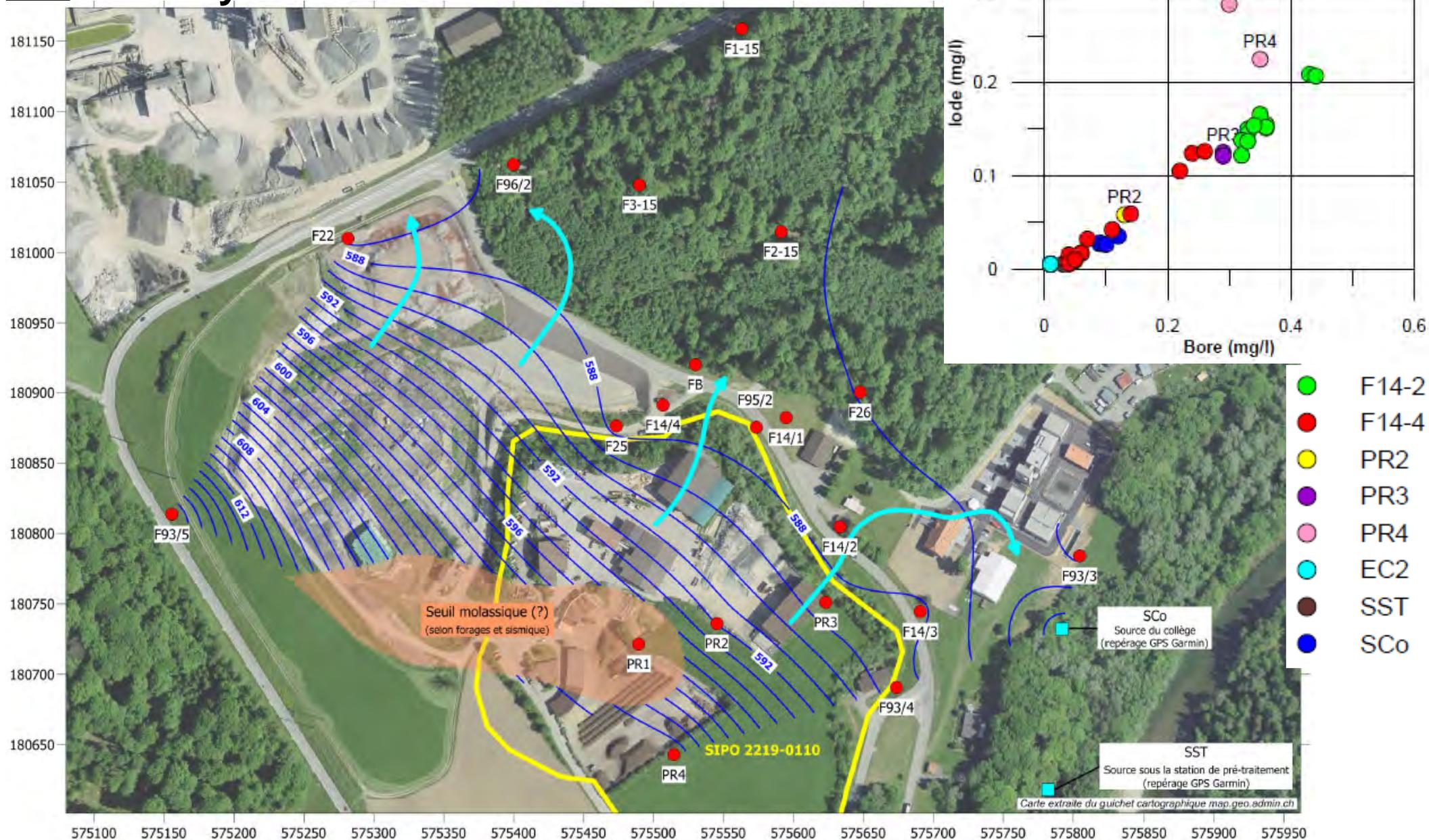
A l'image du PR2, les déchets humides, avec des venues d'eau, sont en contact direct avec les dépôts perméables



15.7 - 19.0 m : graviers, galets et blocs arrondis (1-12 cm) dans matrice sableuse, peu limoneux, gris

# E. marquant - Flux de polluants

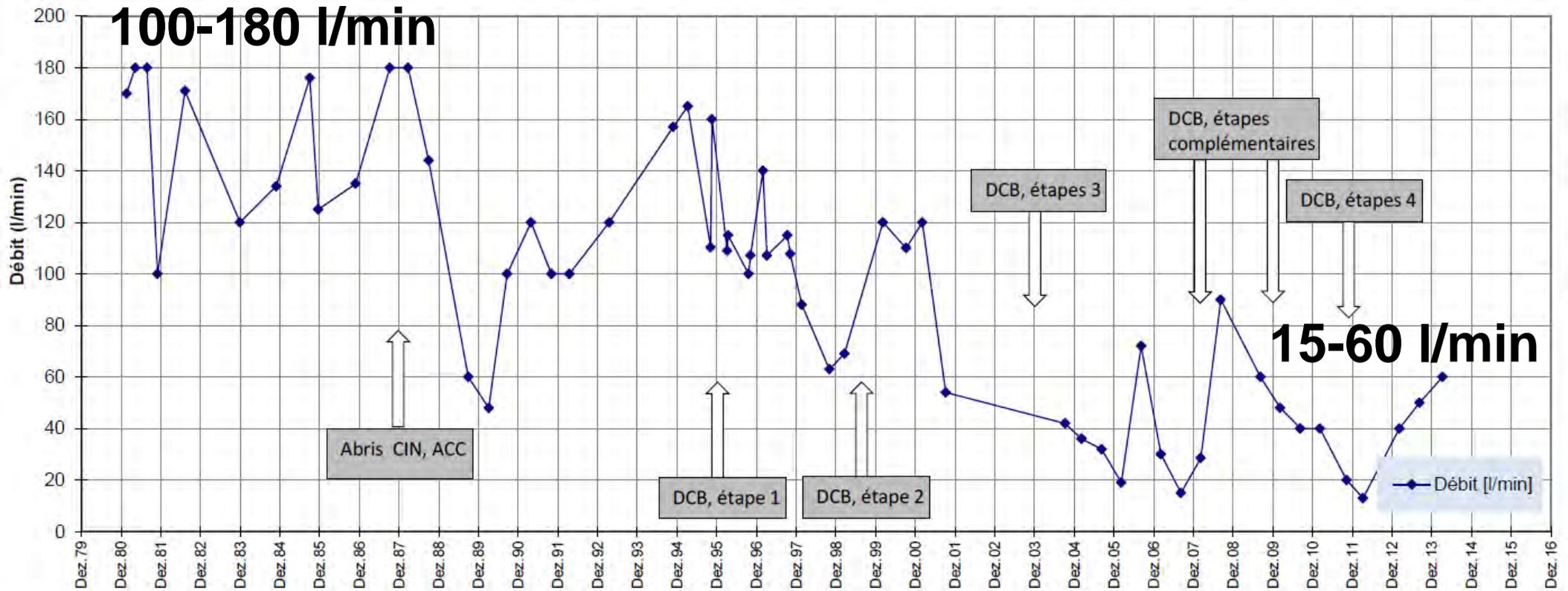
## Surv. HydroSol 2018 - 2019



# E. marquant - Effets des constructions

— IH CSD 2014

Source / captage	Origine de l'eau	Débit moyen [l/min]	Utilisation	Distance au site pollué [m]	Situation hydrogéologique rel. au site pollué
Ferme du Collège, source captée	q4T, q4-5 et év. q4m	1995 : 140 2014 : 40	Pas utilisé	120	Aval à proximité



# E, marquant - Atténuation naturelle (MNA)

— ID Prona Romandie 2019

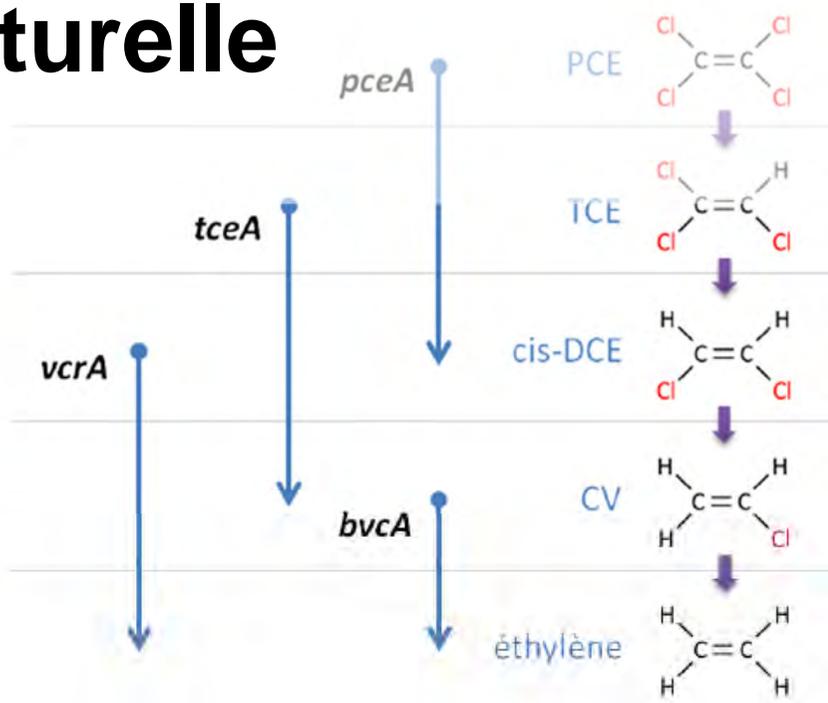
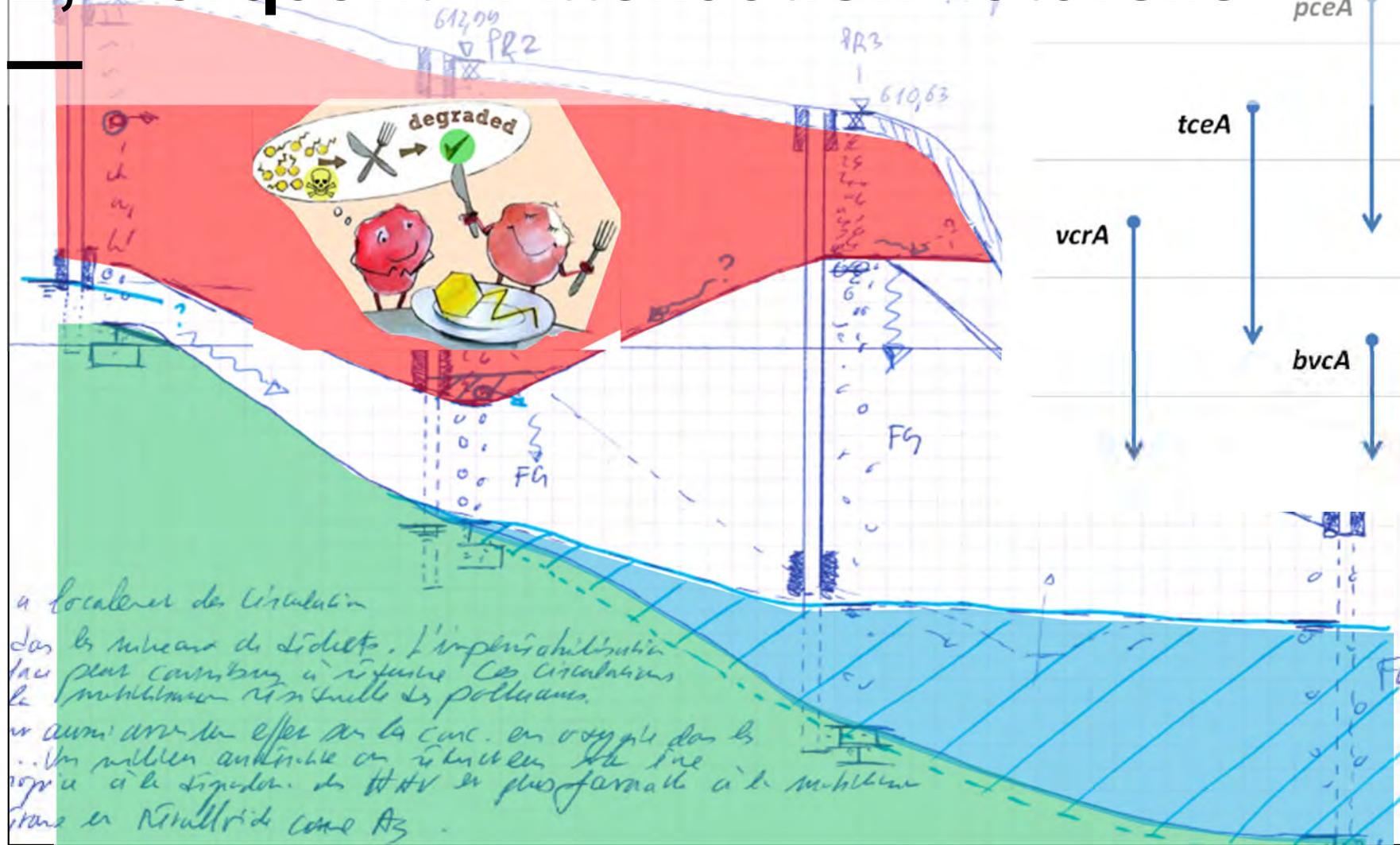


**PR4 = le plus réducteur**  
**PR2 = un peu réducteur**  
**PR3 = très peu réducteur**

**Apport de méthane dans la nappe -> phase méthanogène**

Paramètre	Unité	PR-2	PR-3	PR-4
pH		6,67	6,72	6,79
Oxygène	mg/l	4,01	3,73	1,78
Saturation en Oxygène	%	37	35	17
Carbone Organique Dissous COD	mg/l	16	5,7	12
Carbone Organique Total COT	mg/l	18	5,8	12
<b>Inorganiques</b>				
Ammonium	mg/l	35	26	40
Nitrates	mg/l	<0.1	<0.1	2,4
Nitrites	mg/l	0,049	<0.005	0,311
Sulfates	mg/l	7,6	13,9	193
Sulfides	mg/l	<0.01	0,01	<0.01
Fer dissous	mg/l	0,216	0,069	1,38
Fer total	mg/l	62,5	152	17,5
<b>Composés Organiques Halogénés Volatiles</b>				
Perchloroéthylène	µg/l	0,06	<0.05	<0.05
Trichloroéthylène	µg/l	0,1	0,16	<0.05
Cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	0,31	0,24	0,44
Trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	0,12	0,06	0,07
Chlorure de vinyl	µg/l	0,15	0,28	0,39
<b>Alcanes</b>				
Ethène	µg/l	<1,2	<1,2	<1,2
Méthane	µg/l	906,6	642,5	178,5
Ethane	µg/l	16,1	1,3	1,3

# E, marquant - Atténuation naturelle



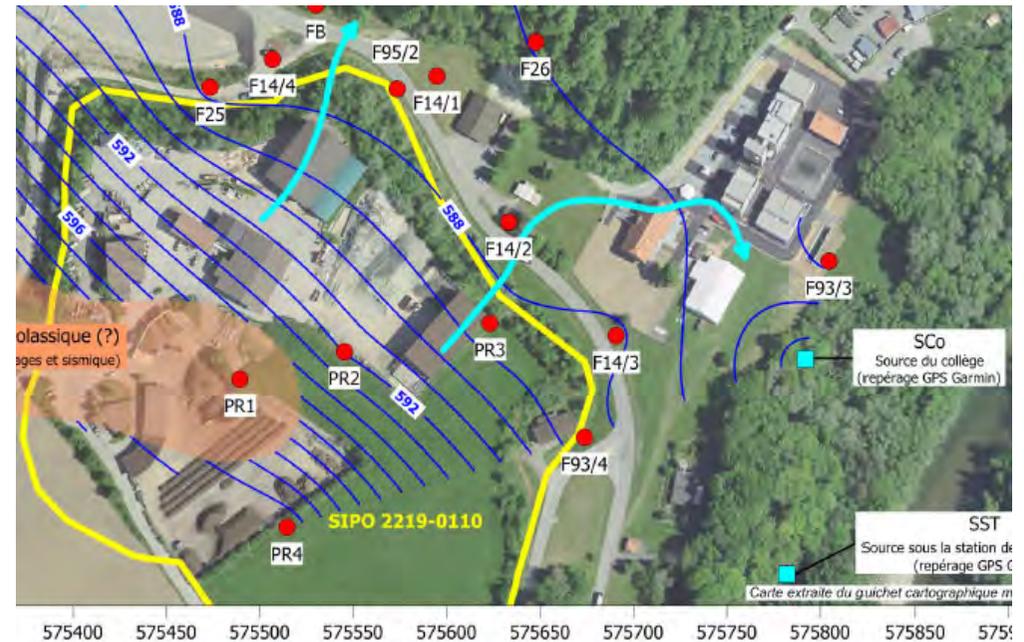
	pceA		tceA		vcrA		bvcA		16S Dhc	
	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN
PR-2	<LQ	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PR-3	nd	nd	<LQ	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PR-4	nd	nd	<LQ	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

< LQ : inférieur à la limite de quantification (5000 copies/l)

nd : non détecté

# Conclusions

—

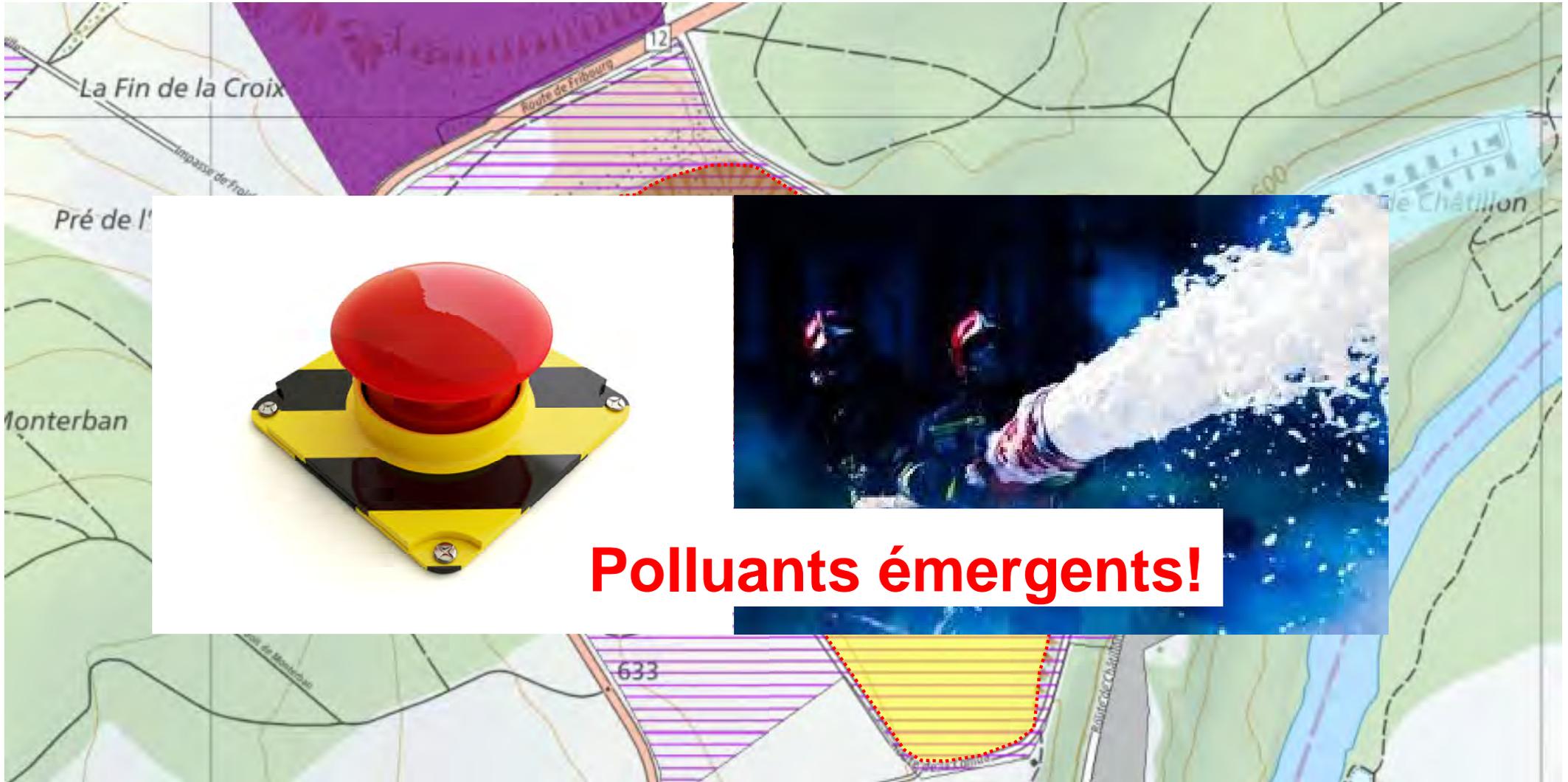


- Dispersion des HHV dans tout le corps de la décharge – pas de décontamination possible ni de traitement in-situ,
- MNA et chlorure de vinyle (dégradation aérobie, dilution, volatilisation)
- Nouvelles constructions - limiter les apports d'eau et d'O<sub>2</sub>
- Nappe exploitable - Traitement passif ou actif au front de la décharge envisageable

# Le SEn autorise la poursuite des constructions

Etat des connaissances + avis du bureau PRONA:

→ Nouvelles constructions ≠ Entrave considérable



Sites pollués Suisse – Symposium 2023

# Programme d'encouragement pour éviter les émissions de gaz de décharge

Darja Aepli, directrice Suisse

Soleure, 13 septembre 2023

**KLICK**

# Au programme



Fondation KliK

1

Activités

2

Mécanisme de compensation

3

Programme de gestion des gaz de décharge

4

Questions et contact

5



## Qui est la Fondation KliK ?

- ▶ Groupement de compensation qui agit pour satisfaire à l'obligation légale de compenser les émissions de gaz à effet de serre provenant des transports
- ▶ Financement de projets de protection climatique dans tous les secteurs jusqu'en 2030
- ▶ Base légale : ordonnance sur le CO<sub>2</sub> : taux de compensation d'au moins 15% en Suisse, soit env. 20 millions de tonnes de CO<sub>2e</sub> d'ici à 2030
- ▶ La loi sur le CO<sub>2</sub> est en discussion au Parlement et devrait entrer en vigueur dès 2025

# Programmes d'encouragement



Plateforme Transports	Plateforme Entreprises	Plateforme Bâtiments	Plateforme Agriculture
<p>Programme Biocarburants</p> <p>Bateaux électriques</p> <p>Engins de chantier électriques</p> <p>Programme Bus électriques et hybrides</p> <p>Programme Véhicules utilitaires lourds électriques</p> <p>Mobilité hydrogène</p> <p>Programme Transfert du transport de marchandises de la route vers le rail</p> <p>Programme d'optimisation de la pression des pneus</p>	<p>Chaleur industrielle</p> <p>Programme Froid écologique</p> <p>Programme de gestion des gaz de décharge</p> <p>Programme Réduction de méthane dans les STEP</p> <p>Programme de réduction d'émissions de N<sub>2</sub>O dans les STEP</p> <p>Programme Fonctionnement du bois suisse comme puits de carbone</p> <p>Prestations supplémentaires d'entreprises</p>	<p>Vue d'ensemble chaleur</p> <p>Programme Chauffage au bois</p> <p>Programme Pour chauffages aux pellets automatiques</p> <p>Pyrolyse / Gazéification du bois</p> <p>Programme pour pompes à chaleur, sans condition de puissance</p> <p>Programme pour pompes à chaleur 15-400 kW</p> <p>Programme pour réseaux de chaleur</p> <p>Programme Chauffages mobiles</p> <p>Programme ECCO2</p> <p>Programme d'optimisation énergétique des bâtiments locatifs</p> <p>Programme Économies d'eau chaude</p> <p>Douches murales fixes économes en eau en Suisse</p>	<p>Les chargeurs agricoles électriques</p> <p>Programme pour installations de biogaz agricole</p> <p>Programme de réduction des émissions de gaz hilarant issues de la fertilisation à l'azote</p> <p>Programme Chauffage de serres</p>

- ▶ Programmes en Suisse et à l'international
- ▶ En plus, > 100 projets individuels
- ▶ Réduction de 13,7 mio. tCO<sub>2</sub> à ce jour
- ▶ Besoin continu d'attestations

[www.klik.ch/activites](http://www.klik.ch/activites)

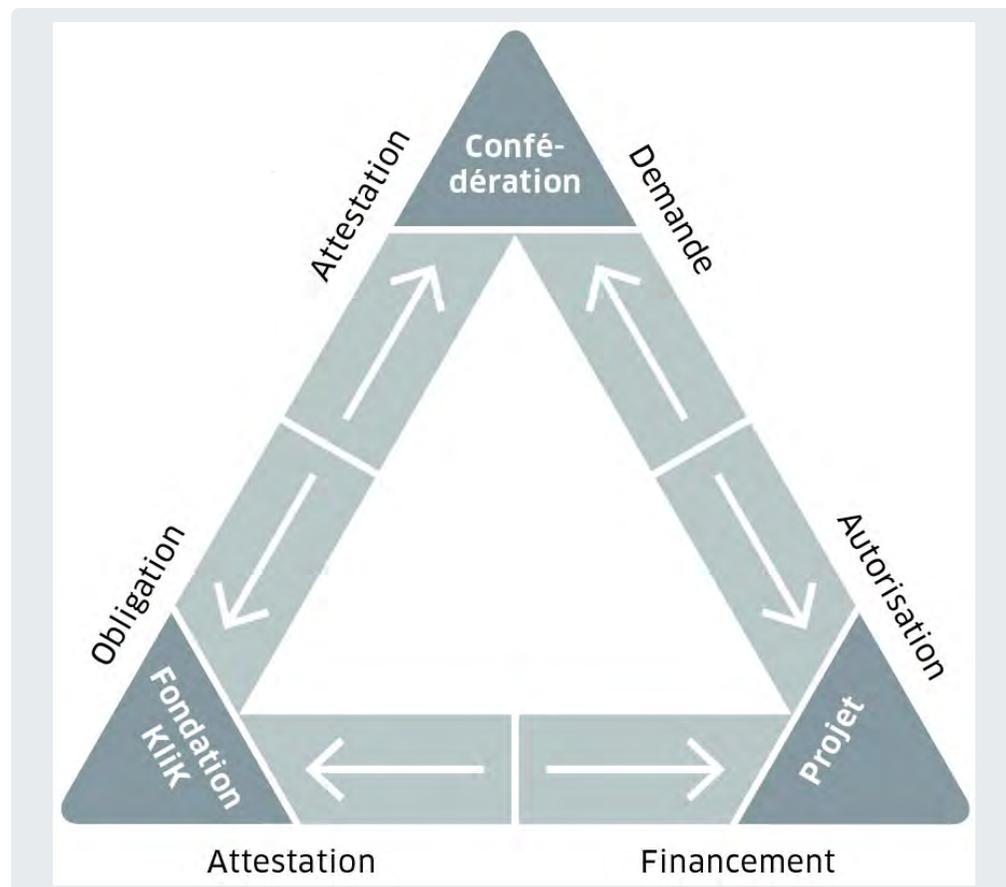
Mécanisme de compensation

## Le mécanisme de compensation expliqué en vidéo...



## Fonctionnement du mécanisme

- ▶ Accomplissement de l'obligation de compensation par le biais d'attestations
- ▶ Financement de projets par KliK via l'achat d'attestations
- ▶ Indemnités annuelles, basées sur les résultats
- ▶ Contrats d'encouragement jusqu'en 2030





# Programme d'encouragement pour éviter le méthane dans les gaz de décharge



## Quelles sont les technologies encouragées ?

Destruction ou prévention des émissions de méthane :

- ▶ Torchères haute température pour les concentrations en méthane >15%
- ▶ Torchères à gaz pauvre (technologie FLOX et autres) pour les concentrations en méthane >5%
- ▶ Oxydation thermique régénérative (VocsiBox) pour les concentrations en méthane <5%
- ▶ Torchère à gaz pauvre couplée à une turbine à gaz d'échappement pour la production d'électricité
- ▶ Prévention des rejets de méthane grâce à l'aérobisation par suraspiration



## Quelles sont les conditions pour obtenir une aide ?

- ▶ Pas de dégazage à ce jour
- ▶ Dégazage, mais sans traitement des gaz pour éliminer le méthane
- ▶ Dégazage avec torchère fonctionnant par intermittence
- ▶ Le projet n'est actuellement soumis à aucune prescription

### Qui peut participer au programme ?

- ▶ Les propriétaires d'installations de gaz de décharge situées en Suisse



## Quelles sont les autres conditions de participation ?

- ▶ La décharge émet actuellement du méthane
- ▶ Dépôt de la demande AVANT la décision d'investissement
- ▶ Respect OPair, OEaux et OLED
- ▶ Pas d'aides ou de subventions publiques (hors RPC ou garanties financières)



## Quel est le montant des subsides ?

- ▶ CHF 120 par tonne d'équivalent CO<sub>2</sub> réduite pour couvrir les coûts d'investissement (env. 5 ans)
- ▶ CHF 60 pour chaque tonne supplémentaire d'équivalent CO<sub>2</sub> réduite pour couvrir les frais d'exploitation
- ▶ Les réductions d'émissions imputables sont diminuées s'il existe une obligation cantonale d'éliminer le méthane
- ▶ Versement annuel en fin d'année suivante

## Procédure de participation



1. Soumission du formulaire de demande avant la décision d'investissement (à télécharger sur le site internet)
2. Vérification de la demande et détermination des réductions d'émissions attendues
3. Admission et conclusion du contrat
4. Mise en service et calibrage des appareils de mesure
5. Monitoring annuel
6. Versement annuel



## Sur quels paramètres porte le monitoring ?

- ▶ Concentrations de méthane et de CO<sub>2</sub> dans le gaz de décharge
- ▶ Pression, température et débit du gaz de décharge
- ▶ Paramètres opérationnels du système de dégazage (température de la torchère, durée de fonctionnement de la ventilation, ...)

Pour garantir les données du monitoring, l'exploitant de la décharge calibre les appareils de mesure et s'occupe de gérer les défaillances.

→ Exigences détaillées dans le manuel de suivi



## Plus d'infos et contact



[www.deponiegas.klik.ch/fr](http://www.deponiegas.klik.ch/fr)



[deponiegas@klik.ch](mailto:deponiegas@klik.ch)

Des questions ?

**Un grand merci pour votre attention !**



## **Expériences d'aérobisation des décharges de Sass Grand (Bever, GR) et Kehlhof (Berg, TG)**

Werner Meier, Ingenias AG Weinfelden / Saint-Gall

Exposé pour le 3e Symposium Sites pollués Suisse de l'OFEV, 13 septembre 2023



# Contenu

## Aperçu

- Décharges de Sass Grand et Kehlhof
- Procédé d'assainissement Dplus
- Compensation climatique avec la fondation KliK

## Décharge de Sass Grand, Bever (GR)

- Situation initiale
- Variantes et décision d'assainissement
- Déroulement de l'assainissement

## Évolution de la charge polluante

## Conclusions

- Résultats de l'assainissement
- Aspect financier
- Facteurs de réussite et obstacles



## Aperçu (1/2)

Décharge	Sass Grand, Bever (GR)	Kehlhof, Berg (TG)
Détenteur selon OLED	Region Maloja	Verband Kehrrechtverwertung Thurgau
Situation		
Type de décharge selon OLED	E	E
Quantité de déchets déposés jusqu'en 2021	900'000 t	900'000 t
3 Années d'exploitation	1967 – ...	1970 – (2031)



## Aperçu (2/2)

### Décharge

**Sass Grand, Bever (GR)**

**Kehlhof, Berg (TG)**

Zone soumise à l'aérobisation

« Étape 0 »

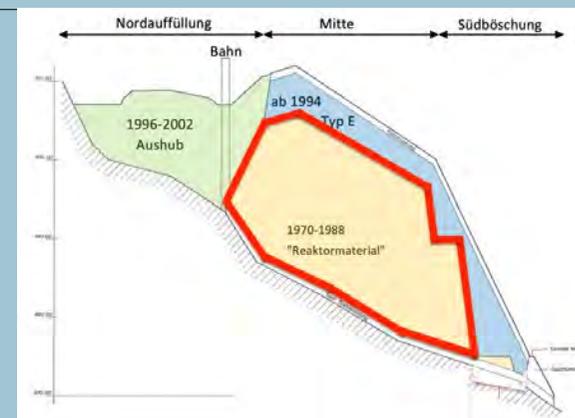
Matériau bioactif

Géométrie

Plan de situation



Coupe



Caractéristiques de la zone soumise à l'aérobisation

Période de mise en décharge 1967-1979; remblayage de pente ; déchets urbains, encombrants, déchets de bennes, boues d'épuration

Période de mise en décharge 1970-1988; comblement d'un ravin de ruisseau, mal compacté ; ordures ménagères, gravats, déchets encombrants, déchets industriels

Besoin d'assainissement selon OSites

oui (eaux souterraines, eaux de surface, air)

non



## Aperçu (2/2)

### Décharge

Zone soumise à l'aérobisation

Géométrie

Caractéristiques de la zone soumise à l'aérobisation

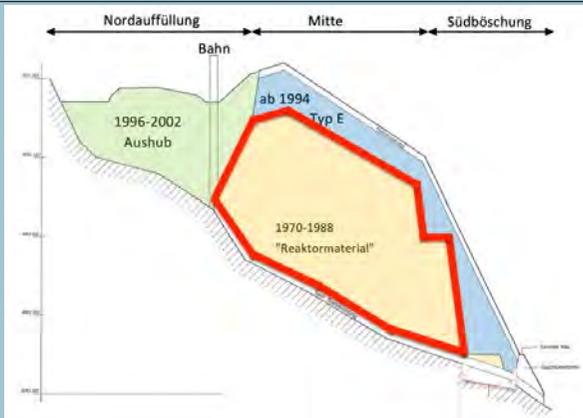
Besoin d'assainissement selon OSites



décharge 1970 – 1988;  
avin de ruisseau, mal  
s ménagères, gravats,  
nts, déchets industriels



## Aperçu (2/2)

Décharge	Sass Grand, Bever (GR)	Kehlhof, Berg (TG)
Zone soumise à l'aérobisation	« Étape 0 »	Matériau bioactif
Géométrie	Plan de situation 	Coupe 
Caractéristiques de la zone soumise à l'aérobisation	Période de mise en décharge 1967-1979 ; remblayage de pente ; déchets urbains, encombrants, déchets de bennes, boues d'épuration	Période de mise en décharge 1970-1988 ; comblement d'un ravin de ruisseau, mal compacté ; ordures ménagères, gravats, déchets encombrants, déchets industriels
Besoin d'assainissement selon OSites	oui (eaux souterraines, eaux de surface, air)	non



## Aperçu (2/2)

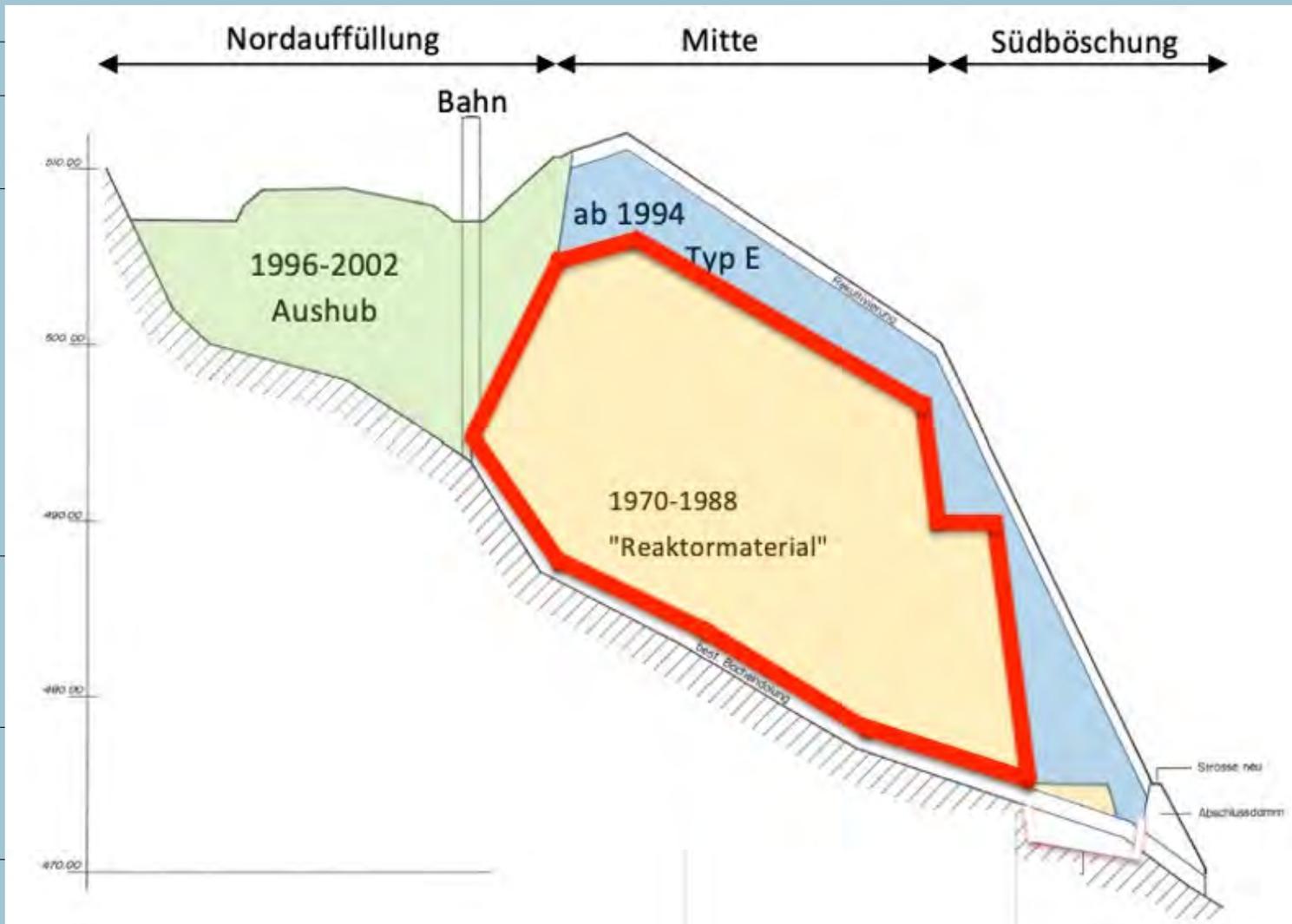
### Décharge

Zone soumise à l'aérobisation

Géométrie

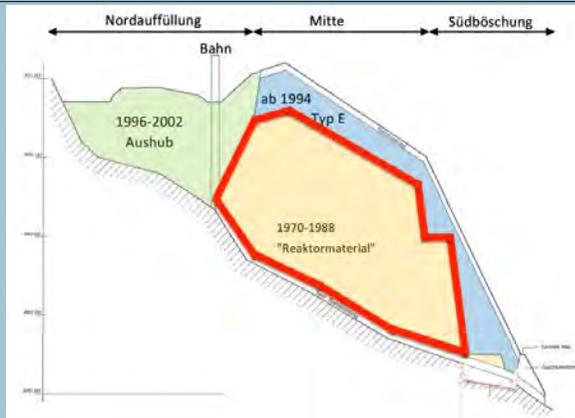
Caractéristiques de la zone soumise à l'aérobisation

Besoin d'assainissement selon OSites



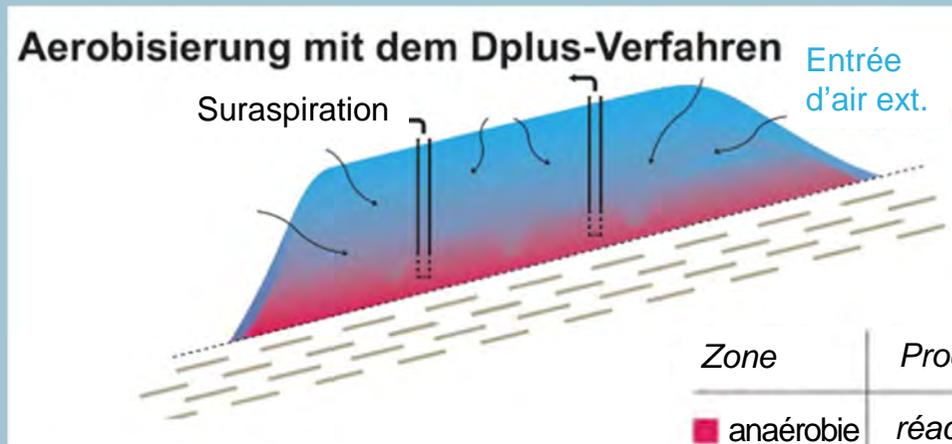


## Aperçu (2/2)

Décharge	Sass Grand, Bever (GR)	Kehlhof, Berg (TG)
Zone soumise à l'aérobisation	« Étape 0 »	Matériau bioactif
Géométrie	Plan de situation 	Coupe 
Caractéristiques de la zone soumise à l'aérobisation	Période de mise en décharge 1967-1979 ; remblayage de pente ; déchets urbains, encombrants, déchets de bennes, boues d'épuration	Période de mise en décharge 1970-1988; comblement d'un ravin de ruisseau, mal compacté ; ordures ménagères, gravats, déchets encombrants, déchets industriels
Besoin d'assainissement: selon OSites	oui (eaux souterraines, eaux de surface, air)	non



# Procédé d'assainissement Dplus



Zone	Processus, effet
■ anaérobie	<i>réactions lentes, production de méthane et d'ammonium principalement</i>
■ aérobie	<i>réactions rapides, production de CO<sub>2</sub> et de nitrate principalement. Le processus dégage beaucoup de chaleur.</i>

## Données actuelles 2022

		Sass Grand	Kehlhof
Dépression appliquée	mbar	130	125
Débit de gaz aspiré	m <sup>3</sup> /h	105	380



## Compensation climatique avec la fondation KliK

Décharge	Sass Grand, Bever (GR)	Kehlhof, Berg (TG)
Encouragement de l'aérobisation (pour prévenir la formation de méthane)	non (ordonné par les autorités)	oui (2016 – 2023)
Encouragement de la combustion / oxydation du méthane en dioxyde de carbone	oui	oui (planifié dès 2024)
Réductions réalisées jusqu'en 2022	16'286 t CO <sub>2eq</sub>	11'949 t CO <sub>2eq</sub>
Processus de participation au programme de gestion des gaz de décharge (exemple de l'installation RTO de Kehlhof)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dépôt du formulaire de demande KliK (février 2023)</li><li>• Contrôle par un organisme externe, demandes de précisions</li><li>• Contrat avec l'exploitant (mai 2023)</li><li>• Décision d'investissement</li></ul>	



# Décharge de Sass Grand (étape 0)

## Situation initiale

- Fond non étanchéifié ; le corps de la décharge baigne directement dans la nappe phréatique
- Pas de captage des lixiviats
- La surface de la décharge n'a pas été remise en culture / aménagée
- Besoin d'assainissement des eaux souterraines/eaux du ruisseau selon OSites/OEaux (ammonium, COD)

<b>Alternatives étudiées</b>	<b>Évaluation</b>
Parois étanches	Manque de durabilité, coûts
Déplacement des matériaux à l'intérieur de la décharge Étanchéification du fond	Problèmes d'espace, immissions, coûts
Assainissement intégral	Sécurité, immissions, coûts



# Sass Grand, étape 0 : déroulement de l'assainissement (1/2)

Année	Étapes
2005	Choix de la variante, essais préliminaires, projet d'assainissement
2006	Décision d'assainissement ANU *)
2008	Début de l'assainissement



Matériaux de forage à 30 m de profondeur

## \*) Buts d'assainissement

Eaux souterraines	<ul style="list-style-type: none"><li>• Respect de certaines valeurs de concentration de l'annexe 1 OSites en pied de décharge</li><li>• Respect des exigences relatives à la qualité de l'eau potable selon l'annexe 2 OEaux pour une station de mesure située à 250 m du pied de la décharge</li></ul>
Eaux superficielles (Isellasbach)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Respect des objectifs de qualité selon l'annexe 1, ch. 1, OSites</li></ul>

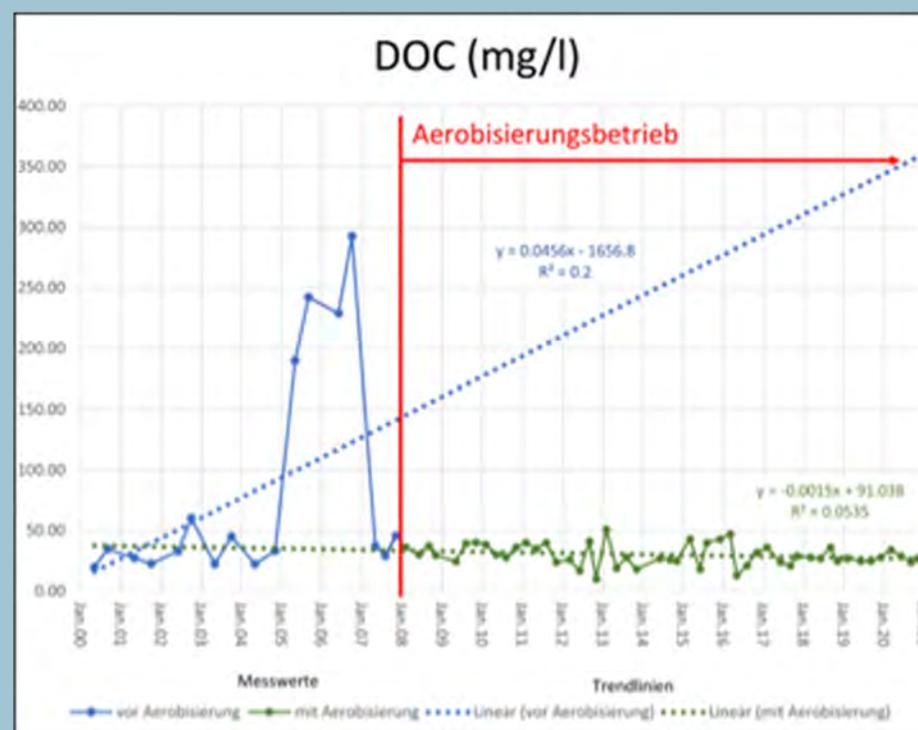
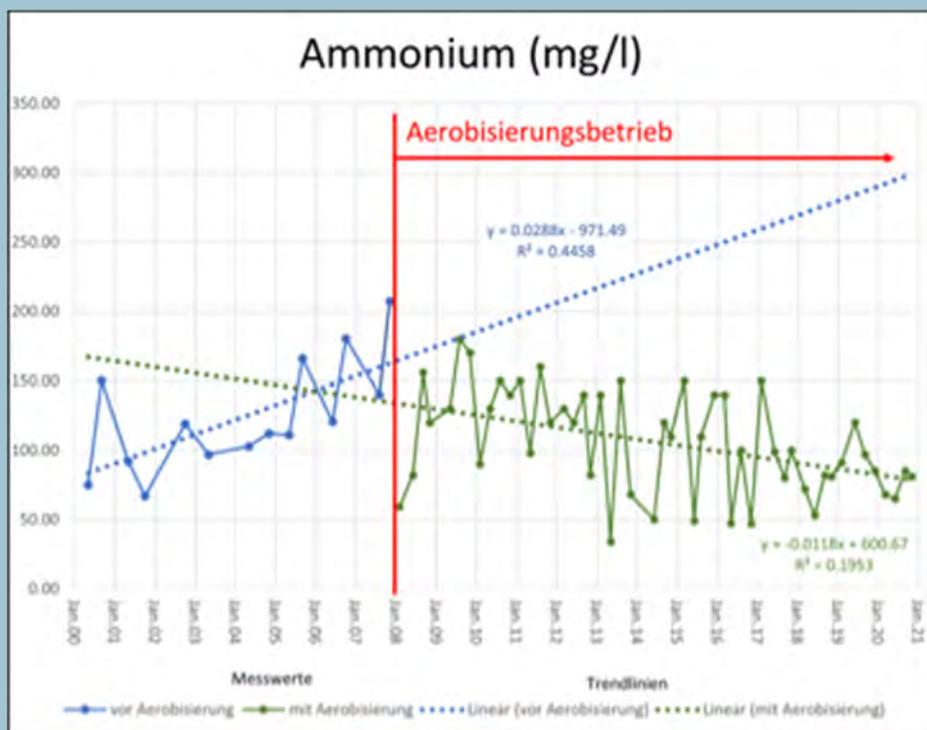


# Sass Grand, étape 0 : déroulement de l'assainissement (2/2)



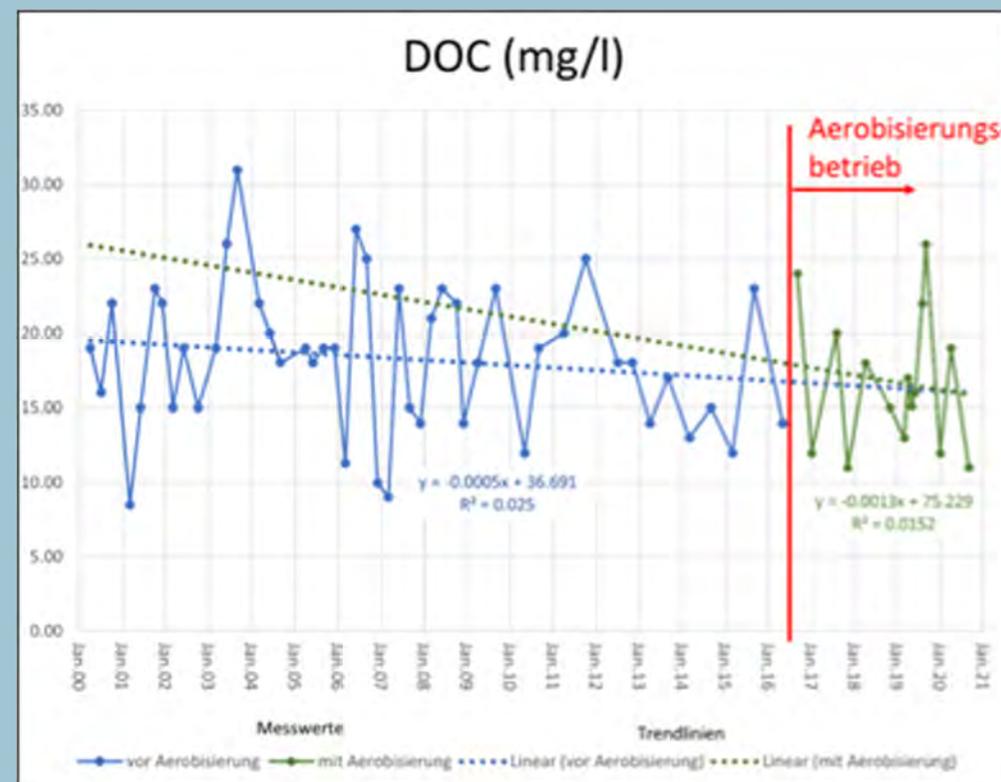
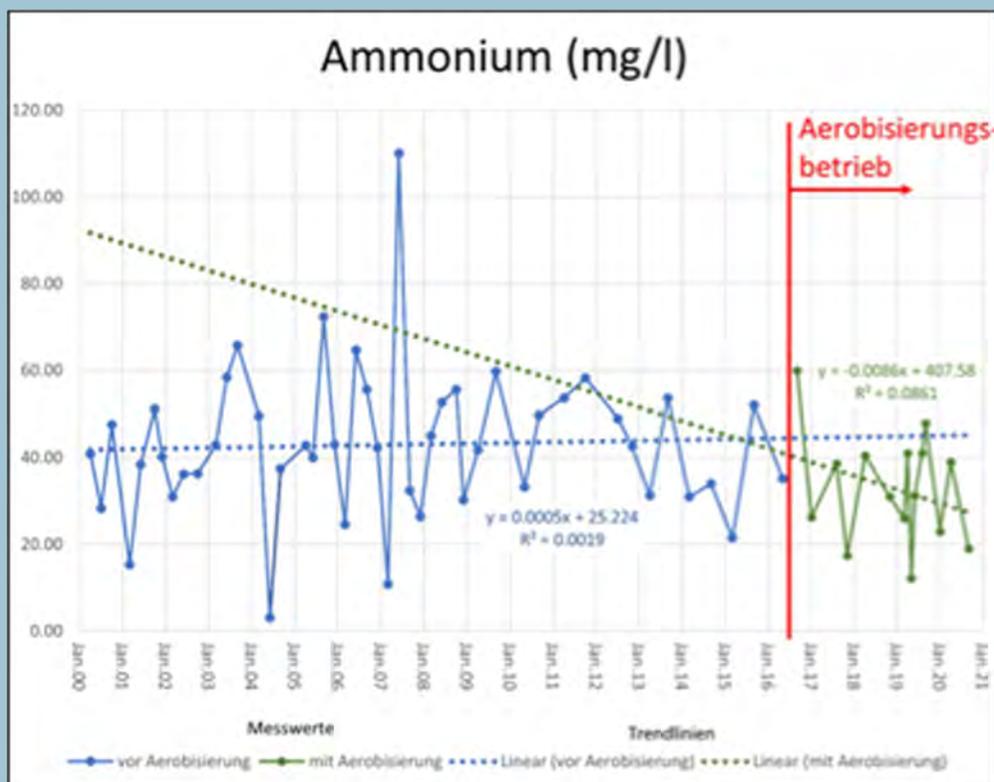


# Évolution de la charge polluante dans les eaux souterraines de la décharge de Sass Grand





# Évolution de la charge polluante dans les lixiviats de la décharge de Kehlhof





## Conclusions (1/2)

### Principales constatations

L'aérobisation est généralement (sous certaines conditions) une méthode appropriée pour l'assainissement des sites pollués, notamment pour réduire la charge polluante des eaux souterraines et superficielles.

### Durée de l'assainissement (Sass Grand)

Estimation selon le projet d'assainissement : 6 – 15 ans  
Prévisions actuelles basées sur les courbes de tendance : 20 – 40 ans

### Aspects financiers

		Sass Grand	Kehlhof
Assainissement	Investissements	700'000	
	Coûts annuels d'exploitation	85'000	
Projet climatique	Investissements	473'000	859'000
	Coûts annuels d'exploitation	26'800	61'000
	Recettes jusqu'en 2021	658'000	1'299'000



## Conclusions (2/2)

### Facteurs de réussite et obstacles

Matériau en décharge	La porosité du matériau en décharge a une influence importante sur le débit d'air et les effets de l'aérobisation.
Polluants	Un assainissement par aérobisation n'entre en ligne de compte que si les polluants concernés sont biodégradables.
Eau	La présence d'eau dans le corps de la décharge empêche le passage de l'air, donc l'aérobisation complète des matériaux. Si l'investigation préalable révèle la présence d'eau, il faut assurer un drainage, p. ex. à l'aide de pompes de forage.
Courts-circuits pneumatiques	Lors de l'investigation préalable, il faut clarifier le risque de courts-circuits pneumatiques (p. ex. sections de ruisseau sous tuyaux non étanches).
Tuyaux	Les tuyaux en plastique de plus de 10 m de long ne sont pas assez stables en raison des déplacements latéraux dans les zones de décharge soumises au processus d'aérobisation.
Tassements	Le processus d'aérobisation peut causer des tassements différentiels en surface de la décharge. Il convient d'en vérifier les conséquences sur l'utilisation de la surface.



## Informations détaillées ...

.... sur le site internet de l'OFEV :

The screenshot shows the website of the Office fédéral de l'environnement (OFEV). The header includes the OFEV logo and name in multiple languages, a search bar, and a 'Mots-clés A-Z' dropdown. A navigation menu below the header has tabs for 'Thèmes', 'Publications, médias', 'Données, indicateurs, cartes', and 'L'OFEV'. The breadcrumb trail reads: 'Page d'accueil > Thèmes > Thème Sites contaminés > Publications et études > Études'. The main heading is 'Sites contaminés: Études'. Below this, there is a section for 'Publications et études' with a sub-section 'Études'. A red arrow points from the 'Études' sub-section to a document titled 'Rapport d'expérience sur l'aérobisation (PDF, 9 MB, 14.11.2022) Sur mandat de l'OFEV'. The page also shows 'Résultats 1 - 10 de 20' and navigation controls for the results list.

## Assainissement des décharges de Stadtmist, Soleure

Martin Brehmer/Roger Dürrenmatt, Office de l'environnement du canton de Soleure



3<sup>e</sup> Symposium Sites pollués Suisse, 13 septembre 2023







## Quelques faits

### **Période de mise en décharge**

1925 à 1976

### **Surface**

160'000 m<sup>2</sup> (équivalent à 22 terrains de football standard)

### **Épaisseur de la couche de déchets**

env. 1 – 3.5 mètres

### **Volume/tonnes**

410'000 m<sup>3</sup> / 500'000 t

### **Propriétaire foncier**

Commune de Soleure 81 %

Canton de Soleure 19 %

# Étapes selon législation sur les sites contaminés

## Investigations préalables

1982 – 2010

## Investigations de détail

2011 – 2014

## Étude des variantes

2014 – 2015

## Projet d'assainissement

2016

## Décisions d'allocations OTAS par l'OFEV

Juin 2019 (UH) et août 2020 (SF et OE)

## Biens à protéger et polluants significatifs

### Sol

Surtout métaux lourds (Cu, Cd). En 2008, des interdictions et des restrictions d'utilisation ont été décrétées conformément à l'OSol.

### Eaux souterraines

HCC, HAP, métaux lourds, (ammonium)

### Eaux superficielles

Ammonium, métaux lourds, HCC, PCB, HAP

Le besoin d'assainir résulte d'une part de la pollution intrinsèque des eaux superficielles, et d'autre part de la charge polluante élevée des lixiviats de décharge, qui peuvent atteindre les eaux de surface en l'absence de mesures de rétention (art. 10, al. 2, let. b, OSites).

## Résultats des études de variantes

### Variantes étudiées et **proposées** pour chaque décharge

UH : Étanchéification, drainage des lixiviats, **solidification au verre soluble**, décontamination totale

SF : **Aérobisation/couverture**, décontamination totale

OE : Étanchéification de surface/aérobisation, **déviation du ruisseau**, décontamination totale

### Coûts estimés pour la décontamination totale de chaque décharge

UH : 32 mio. Fr.

SF : 190 mio. Fr.

OE : 53 mio. Fr.

### Coûts totaux estimés pour la décontamination totale

**275 mio. Fr.** (hors TVA)

# Soumission des entrepreneurs

## Procédure en deux étapes

Appel d'offres ouvert avec préqualification. Quatre ARGE ont été préqualifiées.

## Assainissement test

Les soumissionnaires ont eu la possibilité de réaliser des tests sur les matériaux de décharge (jusqu'à 500 m<sup>3</sup>).

## Quatre offres d'entreprises suisses renommées

ARGE Vision Solothurn, ARGE MT, ARGE Mistkratzerli, ARGE Speicher

## Projet de l'ARGE Vision

Décontamination totale avec installation de traitement sur place.

**Coût total global 92 mio. Fr.** (hors TVA)

# Avantages de la décontamination totale

## **Solution définitive**

Le potentiel de pollution est définitivement éliminé, y compris les nouvelles substances problématiques qui n'ont pas encore été identifiées (p. ex. PFAS, radioactivité).

## **Contrôlabilité**

Contrairement à un confinement, les résultats de l'assainissement sont en tout temps sous contrôle.

## **Méthodes**

Utilisation de méthodes simples, établies et contrôlables.

## **Utilisation ultérieure**

Les surfaces assainies sont réutilisables sans restriction.

## **Autres avantages de la décontamination totale**

### **Énergie**

L'incinération d'une partie des déchets permet de produire de l'énergie. Un confinement de longue durée consomme de l'énergie.

### **Sécurité en matière de coûts**

Contrairement à un confinement, les coûts de la mesure et le temps nécessaire peuvent être estimés très précisément.

### **Niveau d'acceptation**

La décontamination totale de la décharge Stadtmist de Soleure bénéficie d'un très large soutien de la part de tous les groupes de population.

L'autorisation d'assainissement a pu être accordée sans qu'une seule opposition ne soit formulée.

## Premier coup de pioche le 4 juillet 2022

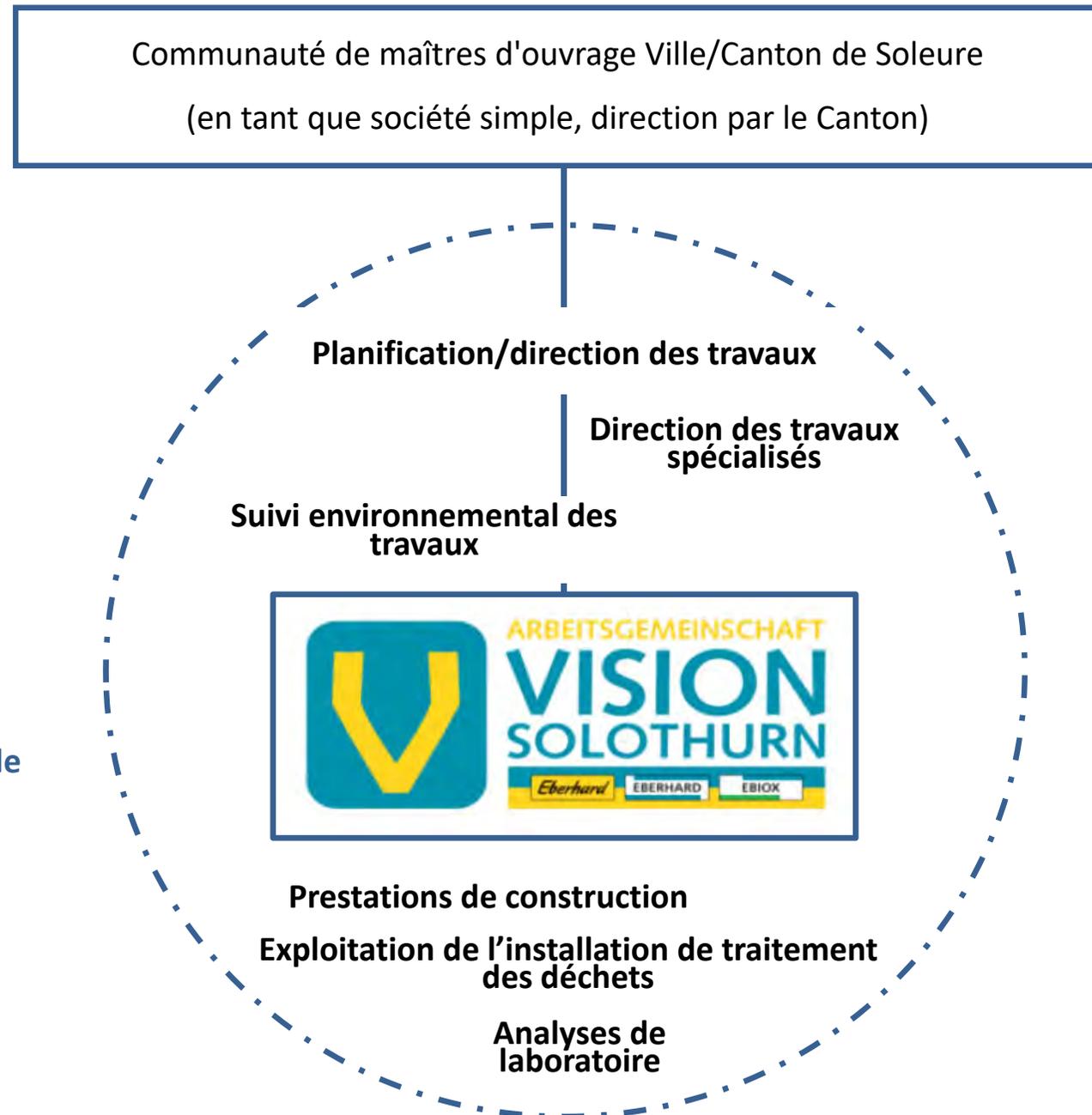


**Mandant**

Communauté de maîtres d'ouvrage Ville/Canton de Soleure  
(en tant que société simple, direction par le Canton)

**Mandataire**

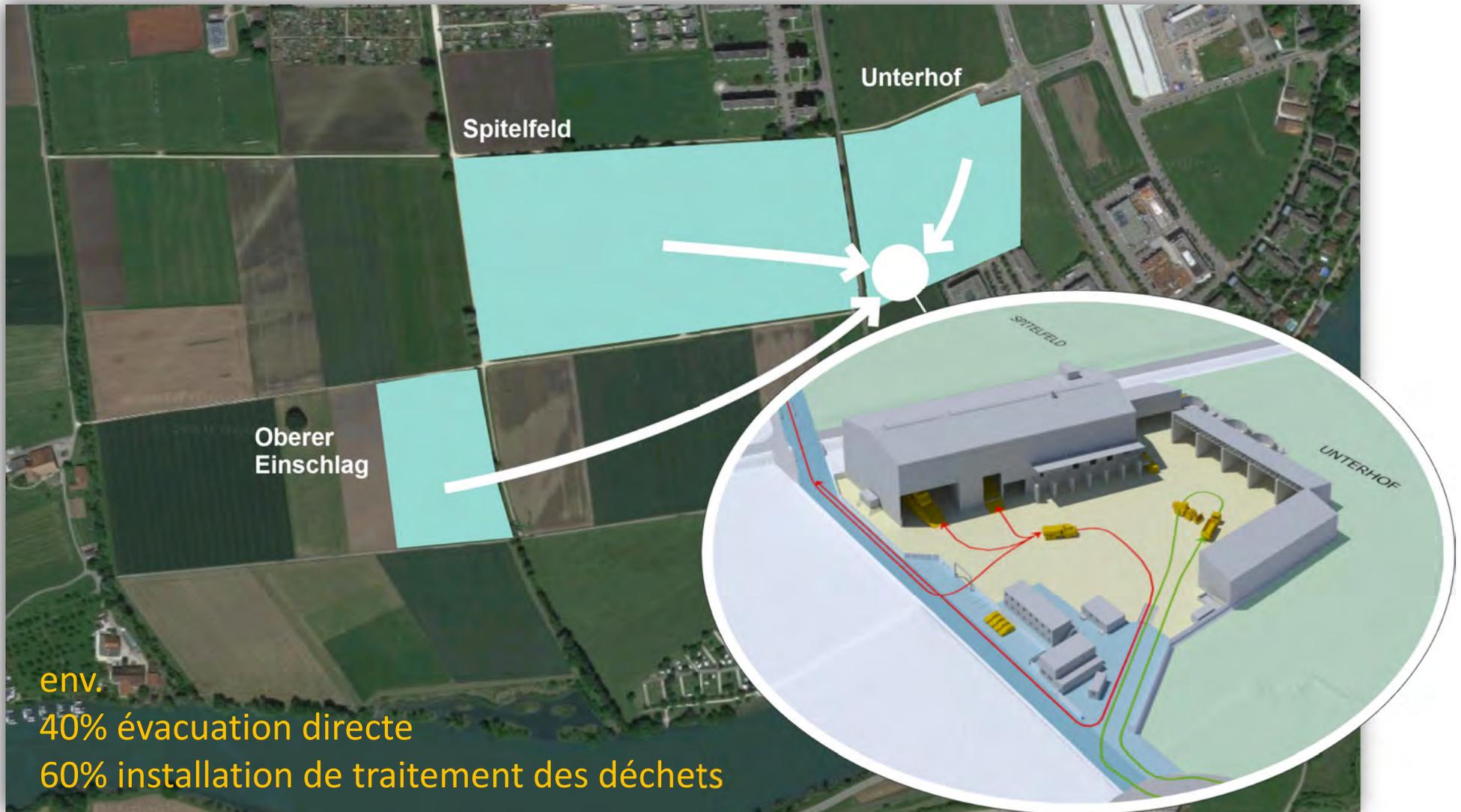
en tant qu'entreprise totale



## Chiffres clés du contrat d'entreprise totale

Coût de l'ouvrage	Montant en CHF (TVA incluse)	Prestation
<b>Global</b>	98'084'384.60	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Excavation de la couverture et du corps de la décharge dans le périmètre d'assainissement prédéfini</li>   <li>▪ Risque lié au volume pour l'IT</li> <li>▪ Risque lié à la « qualité » des produits issus de l'installation de traitement des déchets lors de l'IT</li> <li>▪ Risque lié à la valorisation/élimination finale lors de l'IT (selon OLED)</li> <li>▪ Traçabilité en tout temps exigée pour la valorisation/élimination finale</li> <li>▪ Facturation selon le plan de paiement</li> </ul>
<b>Selon le volume</b>	1'942'111.00	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Excavation du fond de la décharge (encaissant) jusqu'à atteinte de l'objectif d'assainissement</li> <li>▪ Facturation selon l'ampleur par m<sup>3</sup> solide</li> </ul>

## Aperçu des décharges et des installations de traitement



env.  
40% évacuation directe  
60% installation de traitement des déchets

500'000 t



Excavation /  
tri

Couverture de  
la décharge

Corps de la  
décharge

## Transfert en décharge de **type B**

Dans ces décharges, seuls peuvent être stockés des matériaux rocheux, peu polluants et qui ne dégagent pratiquement pas de substances nocives lorsqu'ils sont lessivés par l'eau, comme les gravats, la céramique, les briques, les morceaux de verre, etc.

env. 65% des déchets sont traités  
sur place. Catégories de tri

- Métal
- Bois
- Plastique
- Verre
- Matières minérales (gravier, sable)

Valorisation comme matériau recyclé

- Métaux
- Matériaux de construction

Traitement en UIOM.

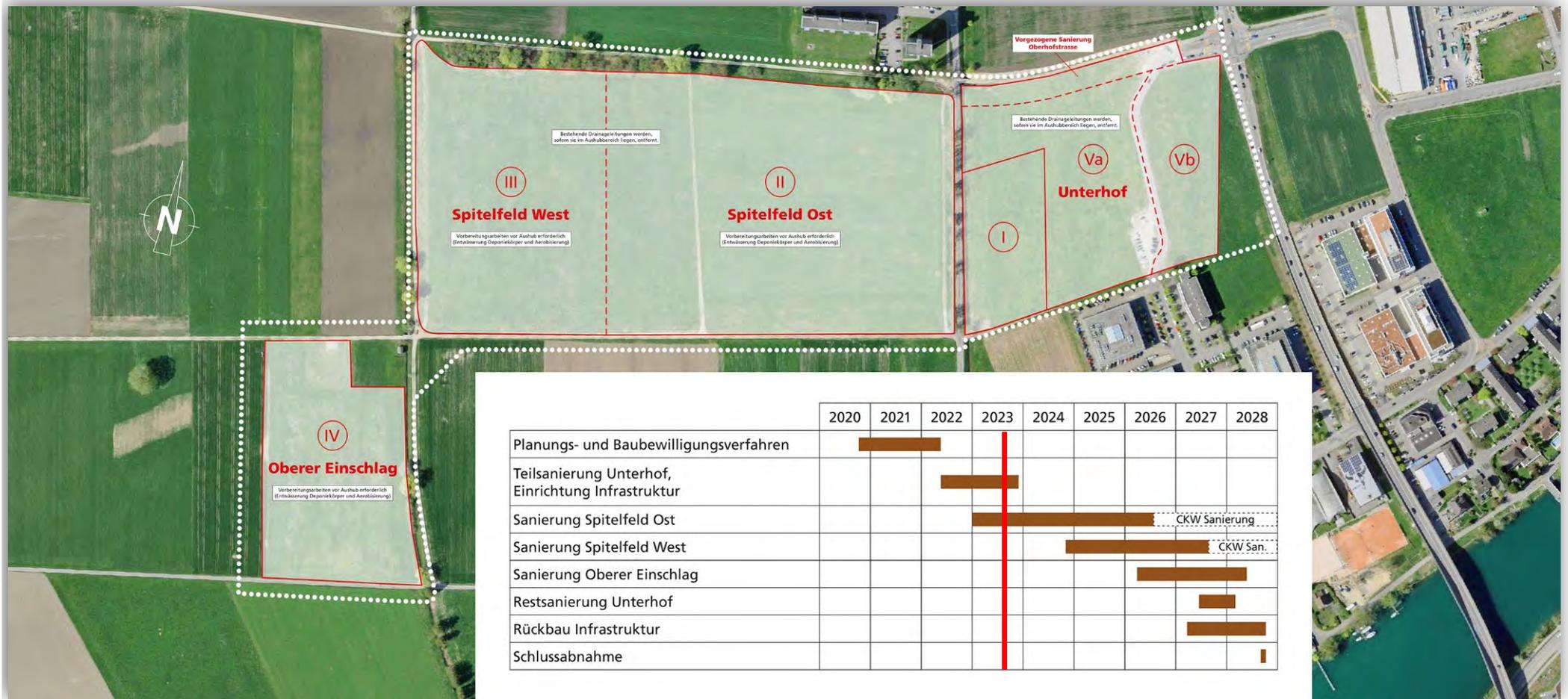
Production d'énergie et de scories.

Selon leur charge polluante, les matériaux triés non valorisables sont acheminés vers des filières d'élimination/valorisation comme les décharges de type B ou E, ou des cimenteries.

## Transfert en décharge de **type E**

Ces décharges peuvent être utilisées pour le stockage définitif des déchets contenant jusqu'à 5% de carbone organique, ce qui est trop pour les autres types de décharges, mais pas assez pour une valorisation thermique. Comme ces déchets sont encore susceptibles de subir des processus chimiques ou biologiques, les exigences pour ce type de décharge sont particulièrement strictes.

## Aperçu des étapes d'assainissement





État : août 2022

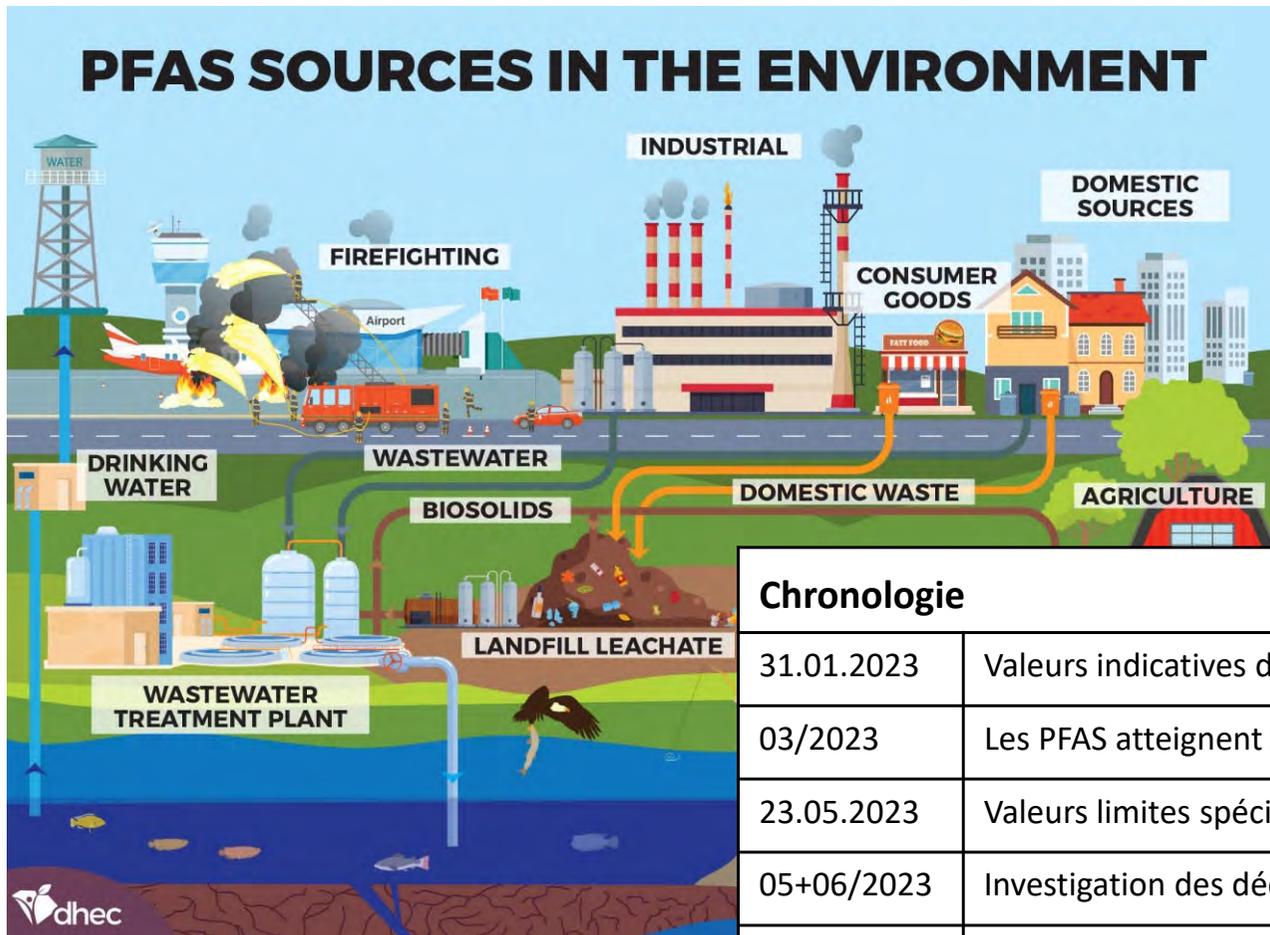


État : février 2023



État : juin 2023

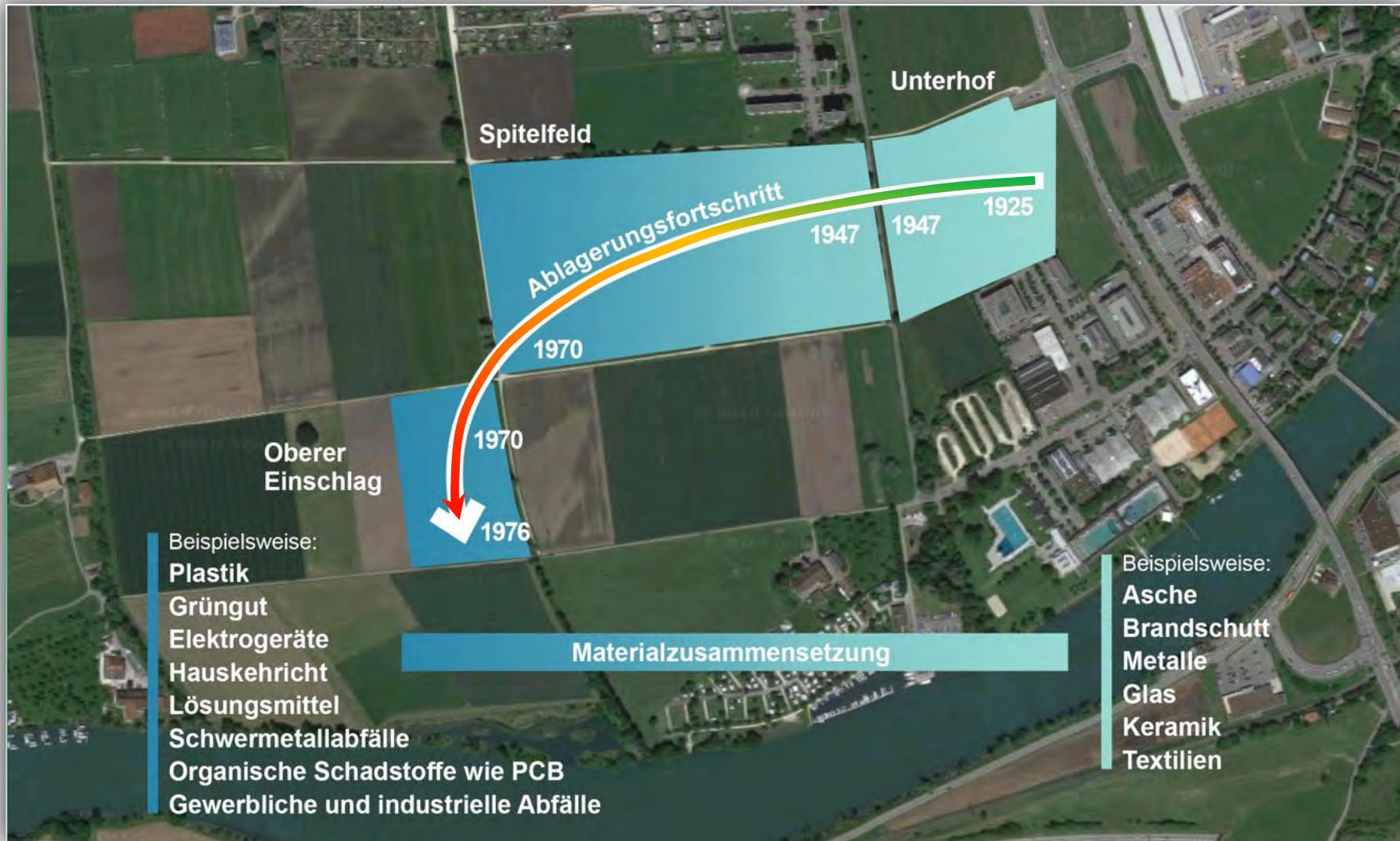
## Les PFAS - un nouveau défi



### Chronologie

31.01.2023	Valeurs indicatives de l'OFEV pour les PFAS (OLED/déchets)
03/2023	Les PFAS atteignent Stadtmist (couverture de la décharge)
23.05.2023	Valeurs limites spécifiques au site « résolues »
05+06/2023	Investigation des décharges, des lixiviats et des eaux souterraines
09.06.2023	PFAS détectés dans les gâteaux de filtration de l'installation (concentration)
30.06.2023	Note au dossier sur les analyses des eaux souterraines
06.07.2023	Rapport sur les analyses des décharges/lixiviats

Les PFAS - un nouveau défi



█ > 0,1 µg/kg = U

█ 0,1 à 5 µg/kg = T à E

█ > 5,0 µg/kg = E

## Diapositive présentée lors de la réunion du comité de pilotage du 29 juin 2023

- **Bilan 1** : Présence de PFAS sur le site de stockage, concentrations croissantes d'est en ouest
- **Bilan 2** : Les PFAS sont concentrés dans l'installation de traitement
- **Bilan 3** : Les données sur les apports (déchets) et les émissions (après l'installation) sont encore très limitées
- **Bilan 4** : Besoin de clarification (amélioration des données) et d'action
- **Bilan 5** : Personne ne sait où cette expérience mènera financièrement

### Défis à relever :

- Pratique légale « bancale » (valeurs limites spécifiques au projet, mais pas fixées dans l'OLED)
- Les exploitants des décharges refusent les matériaux contenant des PFAS (même en respectant les valeurs limites)
- Les technologies de traitement suscitent de nombreuses questions
- Donc nombreuses incertitudes pour le processus d'assainissement en cours, avec frais courants
- Les efforts à fournir par les entrepreneurs pour les PFAS sont difficilement séparables du travail à accomplir « de toute façon »

## Diapositive présentée lors de la réunion du comité de pilotage du 29 juin 2023

### Divers scénarios s'imposent (sans évaluation) :

- Scénario 1 : Interruption du chantier - attendre que des valeurs limites OLED soient fixées et que les technologies de traitement évoluent, durée inconnue
- Scénario 2 : Phase de test PFAS et, selon les résultats, « forfait supplémentaire PFAS » ou interruption du chantier
- Scénario 3 : « Coûtera ce que cela coûtera » - coûts supplémentaires inconnus pour le traitement et le stockage ; un processus itératif, probablement à tous les niveaux
- (Scénario 4 : Démantèlement du chantier – récupération des installations, indemnisation de l'ARGE et nouvel appel d'offres incluant les PFAS)

## Mesures de valorisation écologique



## Mesures de valorisation écologique



### Légende

-  Haie basse avec bordure herbacée
-  Petite structure
-  Bosquets
-  Bassin d'inondation
-  Poste d'observation et d'information

**Niveau de remplissage 33 %**

Niveau d'eau max. :

H = 428,35 m

## Mesures de valorisation écologique



### Légende

-  Haie basse avec bordure herbacée
-  Petite structure
-  Bosquets
-  Bassin d'inondation
-  Poste d'observation et d'information

### Niveau de remplissage 100%

Niveau d'eau max. :

H = 428,68 m

Déversoir d'urgence :

H = 428,78 m

**Un grand merci pour votre attention**

Plus d'infos sous : <https://stadtmist.so.ch>

**Des questions ?**



Kanton Zürich

Baudirektion

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)

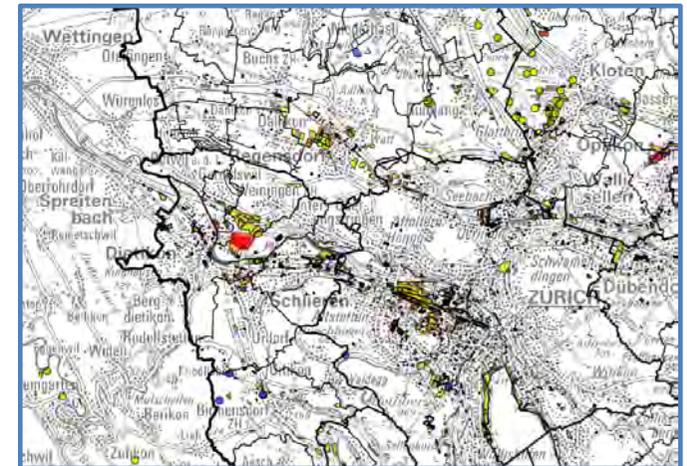
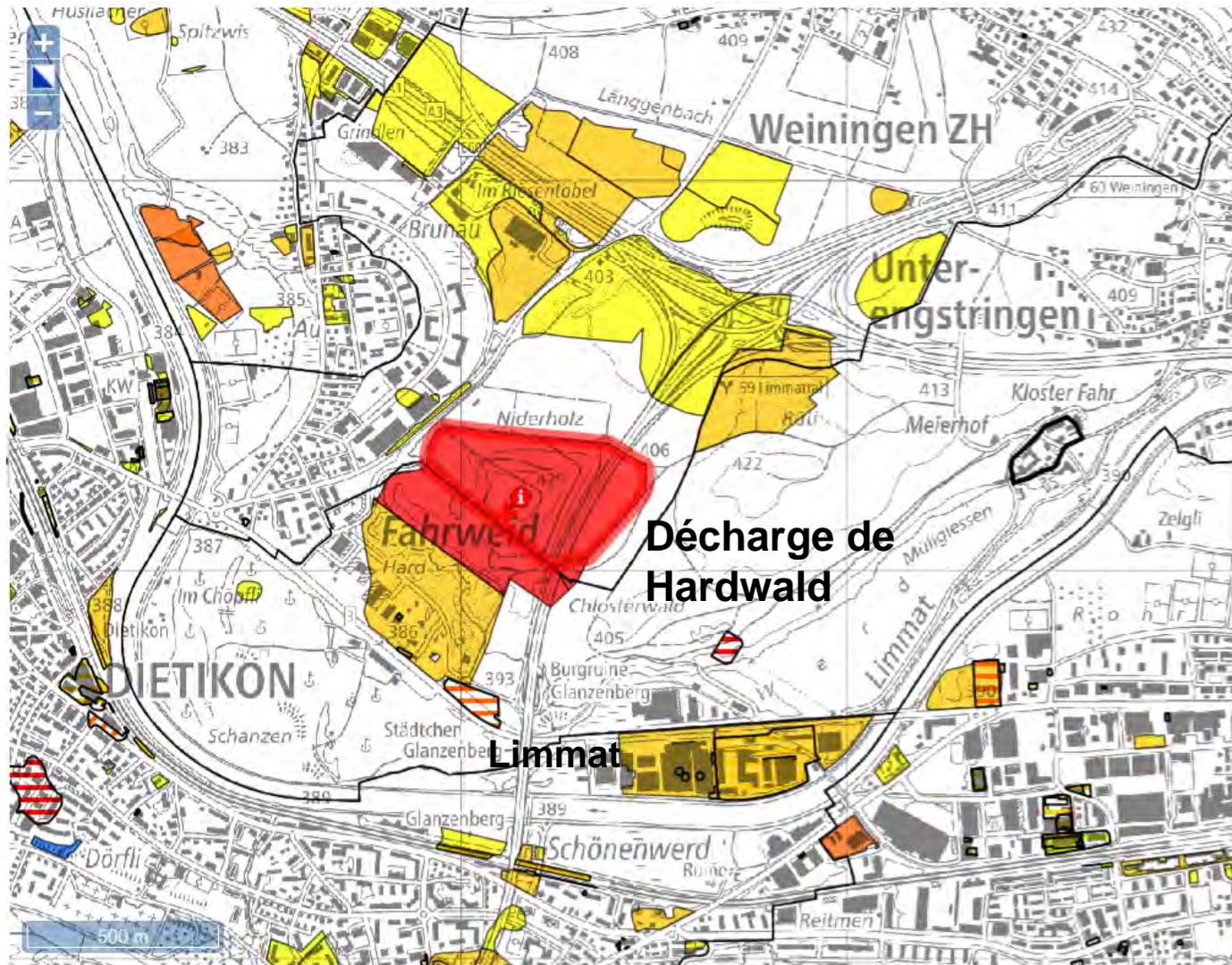
# Décharge de Hardwald

Variante d'assainissement par aérobisation, Jörg Eggestorff

Symposium Sites pollués Suisse

13 septembre 2023, Soleure

# Situation et extrait du CASIP



2674429 / 1251216

# Caractéristiques (I)



Couverture de surface :	couche de remise en culture forestière
Étanchéification du fond :	non
Surface de la décharge :	205 000 m <sup>2</sup> (20 ha)
Épaisseur :	max. 39 m, en moyenne 25 m
Volume de déchets stockés :	env. 3,3 mio. m <sup>3</sup>
Période de mise en décharge :	1949 – 1975
Types de déchets :	déchets urbains, scories d'UIOM, gravats, (décombres d'incendie), matériaux d'excavation (1,4 mio. m <sup>3</sup> ), boues d'épuration, déchets industriels
Forme de la décharge :	gravière remblayée

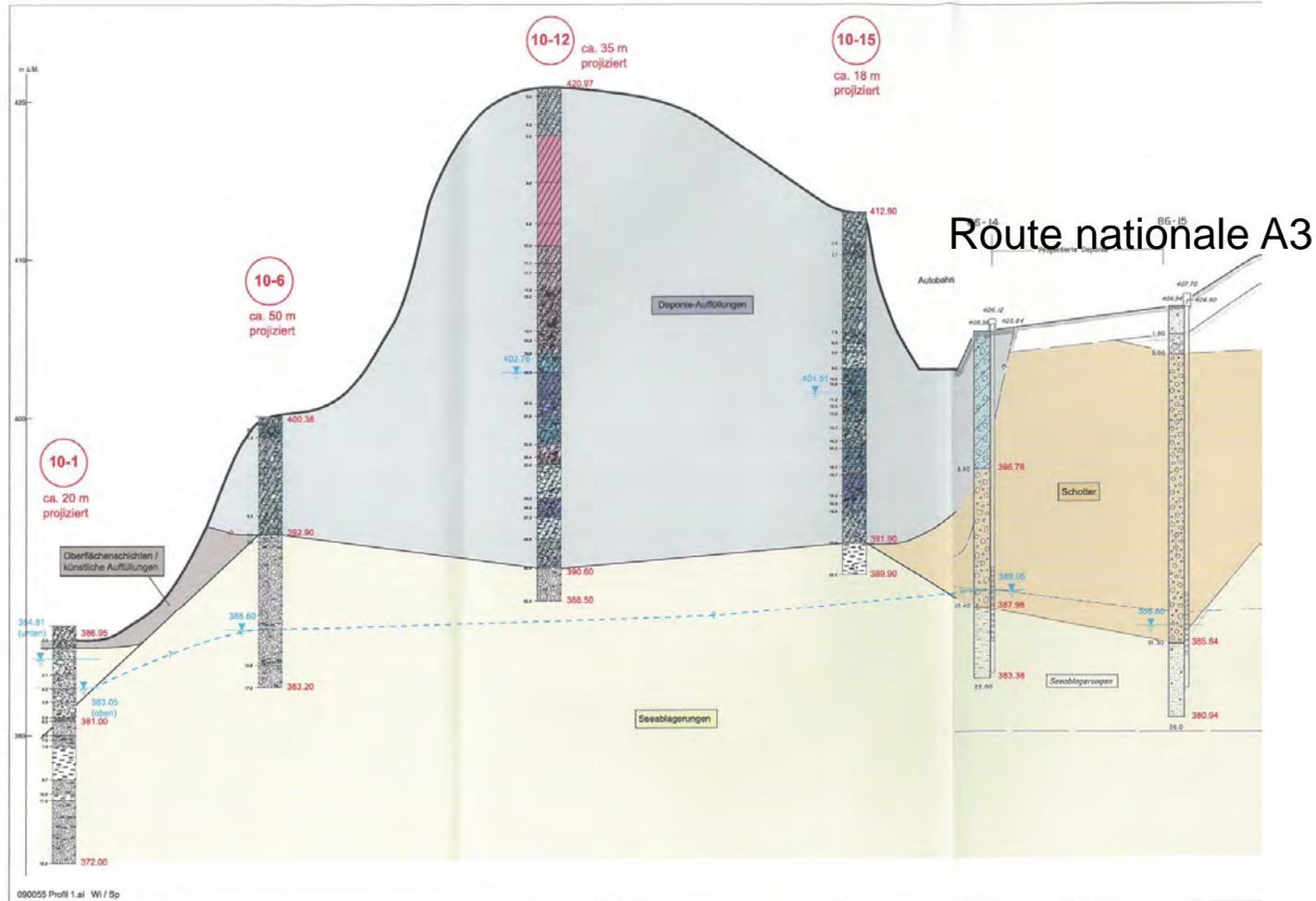
## Caractéristiques (II)



- Lixiviats : ne sont ni captés, ni traités
- Captage des gaz de décharge : depuis 1989. Petite torchère installée en 1994. Révision complète en 2000 (remplacement de la torchère et de l'unité d'analyse des gaz)
- Route nationale : A3, construite entre 1978 et 1980  
traverse la partie est de la décharge  
165 000 m<sup>3</sup> ont été excavés et stockés ailleurs (décharge de Nassmatt)  
sous-sol consolidé par compactage dynamique (5 à 7 m de déchets ont été laissés sous la route)
- Secteur de protection des eaux : A<sub>U</sub>
- Besoin d'assainissement eaux sout. : arsenic, chlorure de vinyle et PFAS



# Coupe NO - SE du corps de décharge



- Niveau variable des lixiviats dans le corps de la décharge (zones sèches à humides)
- Niveau des eaux souterraines plus bas que la base de la décharge

# Systeme de degazage



Plateau avec huit puits de degazage de 15 à 27 m de profondeur

Galerie avec onze puits de degazage de 15 à 28 m de profondeur le long de la route nationale

Station de collecte des gaz avec torchere

2005, vue direction A3

# Systeme de degazage



Station de collecte des gaz



Station de compression



Conduite de collecte des gaz



Puits de degazage

# Caractéristiques du système de dégazage

Phase de formation des gaz : phase d'oxydation du méthane ou phase dioxyde de carbone

Contrôles / mesures : contrôle et réglage annuels

État : révision nécessaire en raison de tassements

Débit d'aspiration : env. 33 m<sup>3</sup>/h,

1/3 puits de dégazage T2, 1/3 conduite circulaire et 1/3 galerie

Teneur en méthane : conduite principale : 29 % vol.

puits : 0.1 à 52 % vol.

Dioxyde de carbone : conduite principale : 22 % vol.

Charge en méthane : 60 tonnes/an, soit 1 500 équivalents CO<sub>2</sub> (estimation)

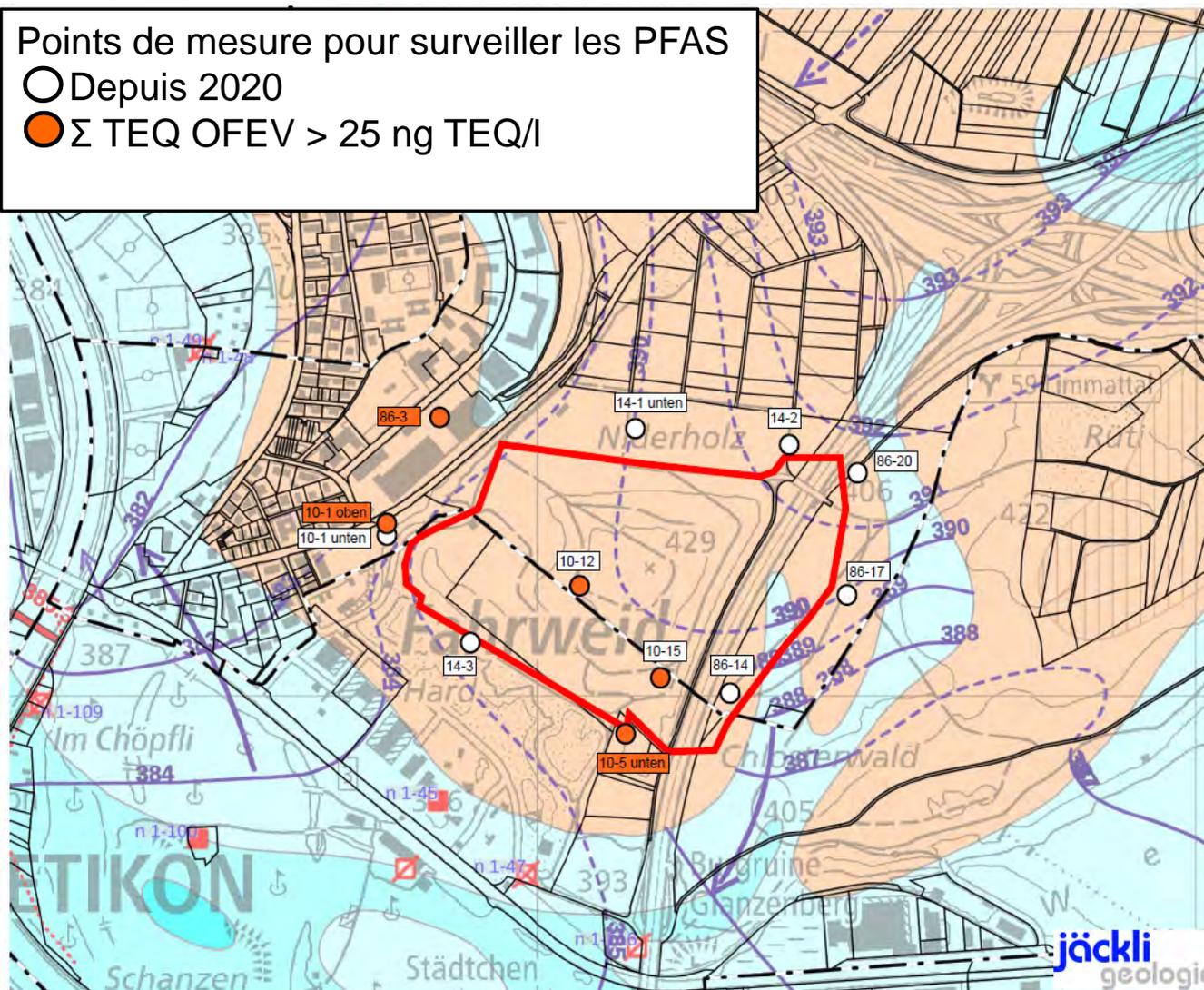
Éléments traces : 120 g de chlorure de vinyle et 290 g de benzène par année

# PFAS dans les eaux souterraines

Points de mesure pour surveiller les PFAS

○ Depuis 2020

●  $\Sigma$  TEQ OFEV > 25 ng TEQ/l



# Surveillance des eaux souterraines

Nom de la substance	Abr.	RPF	Ouest en aval du site		Sud en aval du site		Corps de décharge	
			KB 10-amont	KB 86-3	KB 10-5 aval	KB 10-3	10-12	10-15
<b>Acides sulfoniques</b>								
Acide perfluorobutane sulfonique	PFBS	0,001	3	< 1	2	< 1	4	2
Acide perfluorohexane sulfonique	PFHxS	0,6	2	2	2	< 1	4	1
Acide perfluoroheptane sulfonique	PFHpS	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acide perfluorooctane sulfonique	PFOS	2	3	13	2	< 1	18	2
Acide perfluorodécane sulfonique	PFDS	2						
<b>Acides carboxyliques</b>								
Acide perfluorobutanoïque	PFBA	0,05	150	38	69	4	200	49
Acide perfluoropentanoïque	PFPeA	0,05	< 1	< 1	3	< 1	3	2
Acide perfluorohexanoïque	PFHxA	0,01	8	1	7	< 1	13	6
Acide perfluoroheptanoïque	PFHpA	1	5	< 1	3	< 1	11	2
Acide perfluorooctanoïque	PFOA	1	45	6	18	< 1	170	17
Acide perfluorononanoïque	PFNA	10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
<b>Autres PFAS</b>								
1H,1H,2H,2H-Acide perfluorooctane sulfonique 6:2 FTS			< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Somme totale PFAS			216	60	106	4	423	81
Somme des PFAS, 9 subst. indiv.			65	35	30	0	230	26
Somme TEQ (9 mesures avec RPF)		ng TEQ/l	65	35	30	0	230	26
Besoin d'assainissement 25 ng TEQ/l			A	A	A			

# Application de la législation sur les sites contaminés État actuel

- Évaluation des variantes d'assainissement terminée et aérobisation définie comme mesure d'assainissement selon l'art. 18, al. 2, let. b, OSites
- Concept pilote d'aérobisation et évaluation de la situation relative aux PFAS soumis à l'AWEL par la personne tenue d'assainir

**jäckli**  
geologie

**Deponie Hardwald  
Weiningen und Unterengstringen / ZH**

**Pilotkonzept Aerobisierung, Optimierung  
Grundwasserüberwachung, Konzept Dichtwand**



Zürich, 30. September 2022

Auftraggeber: Stadt Zürich, ERZ Entsorgung + Recycling Zürich,  
Hagenholzstrasse 110, 8050 Zürich

Fachspezialist Gas: Oester Messtechnik AG, Schulhausstrasse 4, 3600 Thun

Ingenieur Dichtwand: ILU AG, Zentralstrasse 2a, 8610 Uster

Jäckli Geologie AG  
Albulastrasse 55, 8048 Zürich  
Telefon +41 44 344 55 66

Zürich · Baden · Winterthur · Goldau · Cham

www.jaeckli.ch

**jäckli**  
geologie

**Deponie Hardwald, (KbS-Nrn. 249/D1+D.4 und 251/D1+D4)  
Weiningen und Unterengstringen / ZH**

**Evaluation von Sanierungsvarianten bezüglich PFAS**



Zürich, 30. September 2022

Auftraggeber: Stadt Zürich  
ERZ Entsorgung + Recycling Zürich, Hagenholzstrasse 110, 8050 Zürich

Jäckli Geologie AG  
Albulastrasse 55, 8048 Zürich  
Telefon +41 44 344 55 66

Zürich · Baden · Winterthur · Goldau · Cham

www.jaeckli.ch

# Second avis sur le concept pilote par des experts externes

- Quelle est l'influence des PFAS sur les mesures ?
- Y a-t-il des suggestions / objections / compléments / corrections ?
- Quelles sont, selon vous, les étapes (itératives) et les mesures nécessaires ?
- Combien de temps devrait durer un essai pilote ?



Bundesamt für Umwelt BAFU  
Abteilung Boden und Biotechnologie  
Monbijoustrasse 40  
3011 Bern

SC-P  
HiCE

Beratungsmandat Aerobisierung SCP mit IFAS / HiCCE

Fragen zur Realisierbarkeit und Umsetzung der Sanierungsmethode «Aerobisierung» im Fall der Deponie Hardwald, Weiningen und Unterengstringen / ZH - Evaluation von Sanierungsvarianten bezüglich PFAS

**Bearbeitungsstand:** 06.03.2023

**Bearbeitung durch:**  
IFAS - Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft  
Prof. R. Stegmann und Partner  
Hamburg

HiCCE - Hamburg Institute for Innovation, Climate Protection and Circular Economy GmbH  
Hamburg

# Conclusions du groupe d'experts

## Influence des PFAS sur l'assainissement

Les PFAS ne sont actuellement pas pris en compte pour l'assainissement ; ils sont juste suivis dans le cadre de la surveillance des eaux souterraines, car

- les valeurs mesurées pour les PFAS ne dépassent que légèrement 25 ng TEQ/l et que l'assainissement est peu urgent
- la charge annuelle en PFAS est de l'ordre du gramme
- il n'existe pas de variante d'assainissement satisfaisante autre que l'excavation
- il faut attendre la motion Maret à Berne (pour fixer des valeurs de concentration pour les PFAS dans l'OSites)

# Conclusions du groupe d'experts

## Périmètre de l'essai pilote

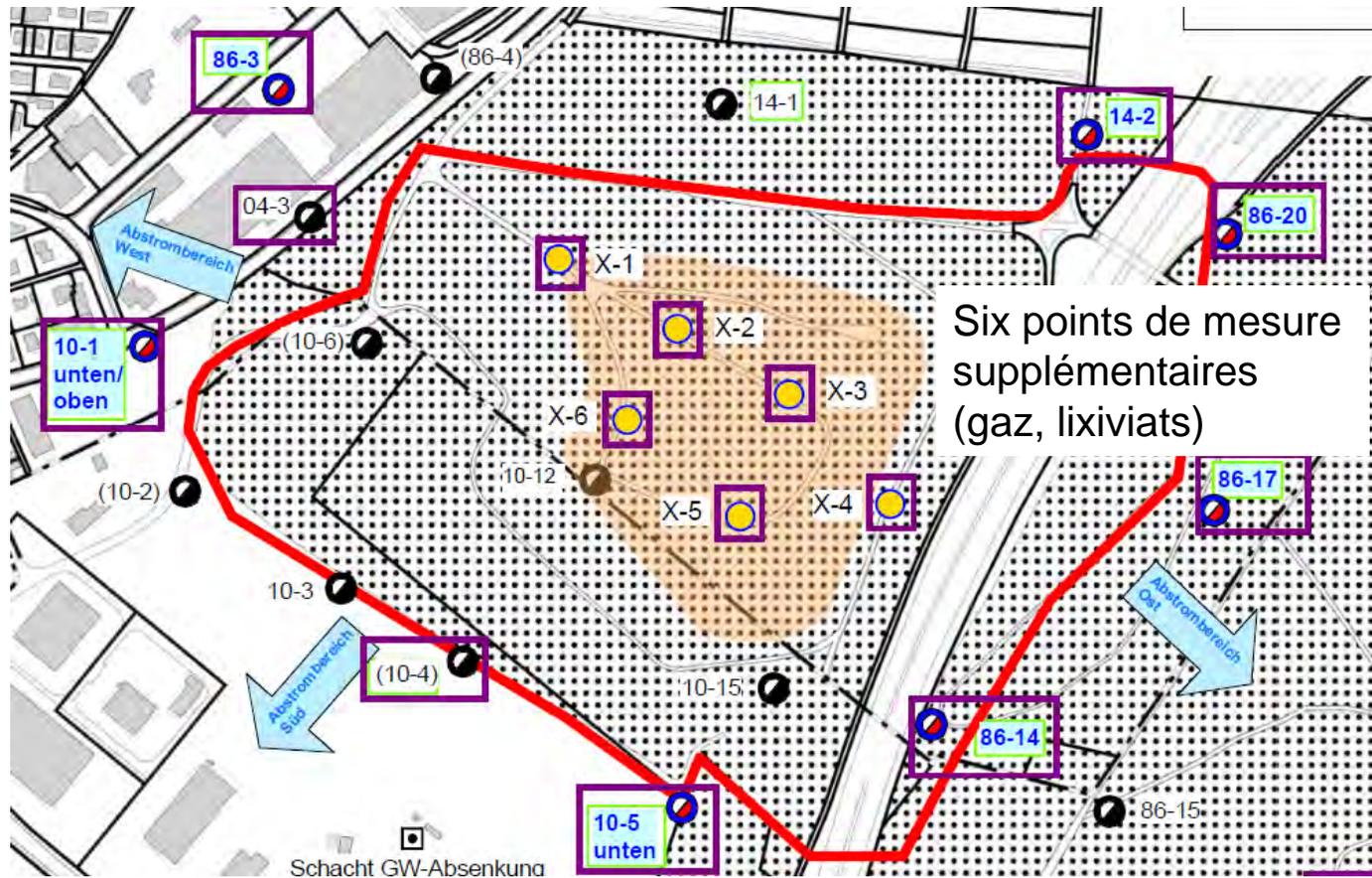


-  Périmètre de la décharge
-  Périmètre de l'essai pilote d'aérobisation
-  Type 4a (ordures ménagères mélangées à des matériaux excavés)
-  Type 1 (matériaux d'excavation avec > 10 % de substances étrangères (sans scories))

# Conclusions du groupe d'experts

## Mesures prévues

- Durée 2 à 3 ans
- Procédure itérative (évaluation et définition de la suite de la procédure à chaque étape)
- Pas d'essai pilote dans la zone de la route nationale
- Élargir les connaissances sur le corps de la décharge (combler les lacunes)
- Créer six nouveaux points de mesure dans le corps de la décharge
- Analyser les déchets quant à leur degré de décomposition et à la répartition des polluants, etc., év. essais en laboratoire
- Monitoring des gaz de décharge, des lixiviats, de la température, des tassements
- Vérifier la saturation de l'eau interstitielle dans la partie inférieure du corps de décharge
- Essais de pompage sur les lixiviats de décharge pour en déterminer la charge polluante



- Essais d'aspiration sur les puits de dégazage existants sur le plateau
- La création de nouveaux puits de dégazage jusqu'au fond de la décharge est en cours d'étude
- Tester la suraspiration avec apport d'air actif
- Tester le pompage des lixiviats à la base de la décharge (source)

# Solutions de secours



Si les valeurs mesurées dans les eaux souterraines se détériorent (mobilisation) et que le besoin d'assainir la décharge persiste :

- Paroi étanche (soit  $\frac{3}{4}$ , soit fermée). Vérifier également la possibilité de réaliser un rideau de palplanches
- Étanchéification de surface (vérifier la perméabilité aux gaz de décharge et aux eaux de ruissellement : imperméable à peu perméable)

# Perspectives



- L'essai pilote fournit-il suffisamment de connaissances et d'informations pour l'aérobisation prévue ?
- L'aérobisation permet-elle d'assainir la décharge à long terme (diminution des concentrations en arsenic et chlorure de vinyle dans les eaux souterraines) ?
- Quelle est l'efficacité des mesures ?
- Des mesures supplémentaires sont-elles nécessaires pour les PFAS ?
- Les solutions de secours sont-elles vraiment nécessaires, quelle serait la mesure la plus efficace et est-elle proportionnée ?
- Les connaissances acquises peuvent-elles être appliquées à d'autres décharges ?

# L'approche forensique au service de la santé des cours d'eau

- Symposium Sites pollués Suisse – OFEV
- *Avec la contribution de l'Etat du Valais – Service de la protection contre les crues du Rhône (SPCR) et du Service de l'Environnement (SEN)*

Anne-Laure Zufferey (PhD) - Riverexpertise



# L'approche forensique - processus



**Collecter des données** qui traitées vont permettre de produire de l'**information**.



Cette information, contextualisée va permettre de produire du **renseignement**.



L'utilisation du renseignement va permettre d'orienter les autorités ou organisations pour **prendre des mesures**.

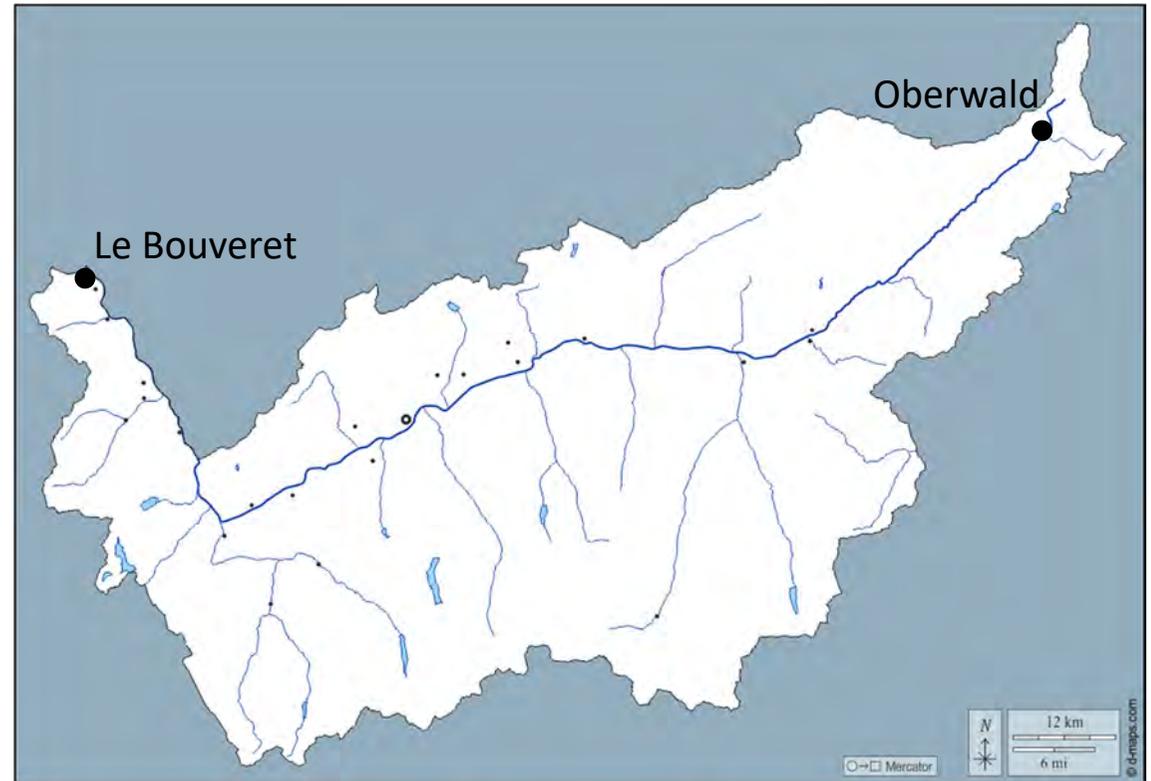
# Cas 1: le Rhône

## - Valais

**Géographie:** Oberwald – Le Bouveret

**Données:**

- Relevés de terrain:
  - Emplacement de débris, littering (plastiques dans les arbres) et zones d'accumulation
  - Type de pièce
  - Etat de dégradation
  - Mode de dépôt/apparition



# But de l'analyse

- Déterminer pourquoi et comment les détritrus se déposent/apparaissent
- Déterminer quelles actions d'assainissement seraient utiles
- Déterminer les mesures de prévention

# Collecte de données

- Coordonnée géographique
- Photo
- Nature des déchets
- Etat de dégradation
- Mode de dépôt
  - Jeté
  - Charrié puis déposé
  - Résurgence des sédiments
  - Accroché aux arbres /à une pièce de métal

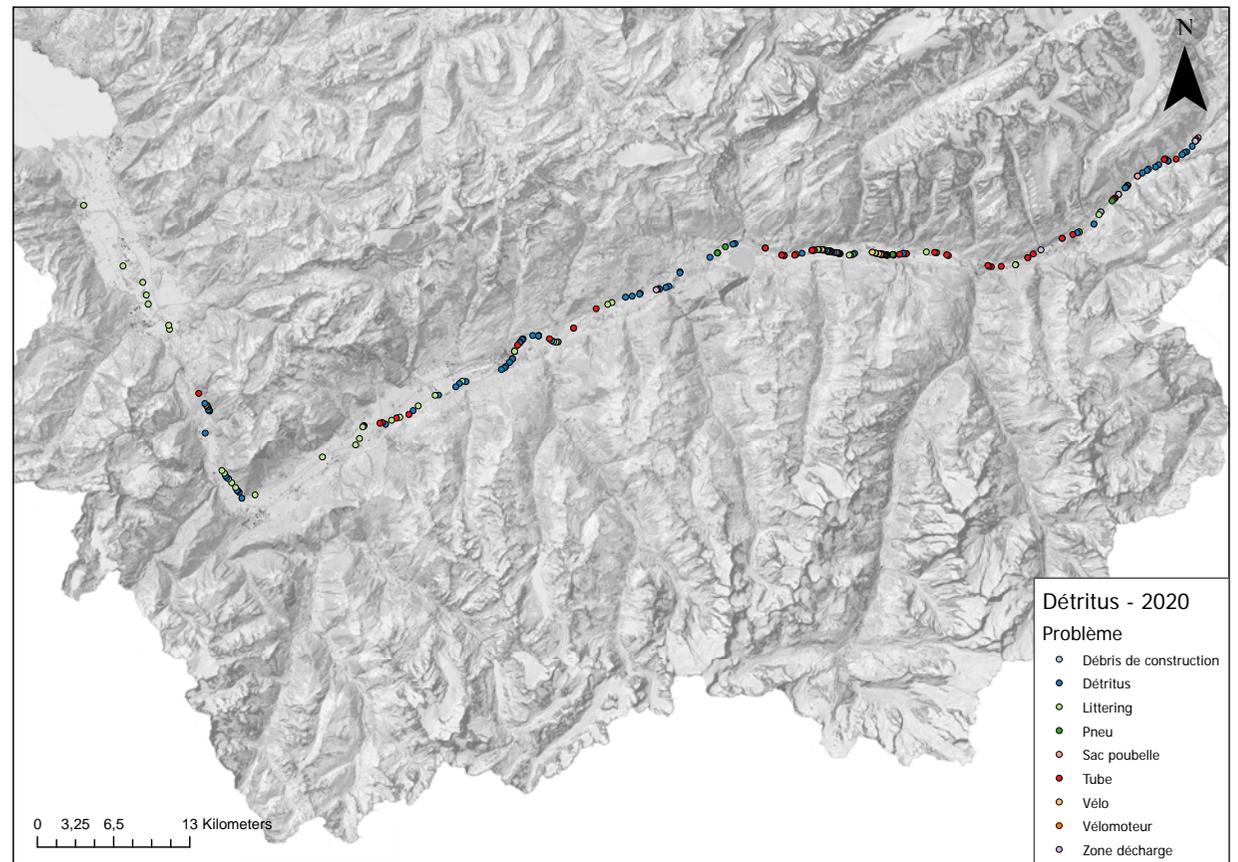


# Traitement des données: cartographie

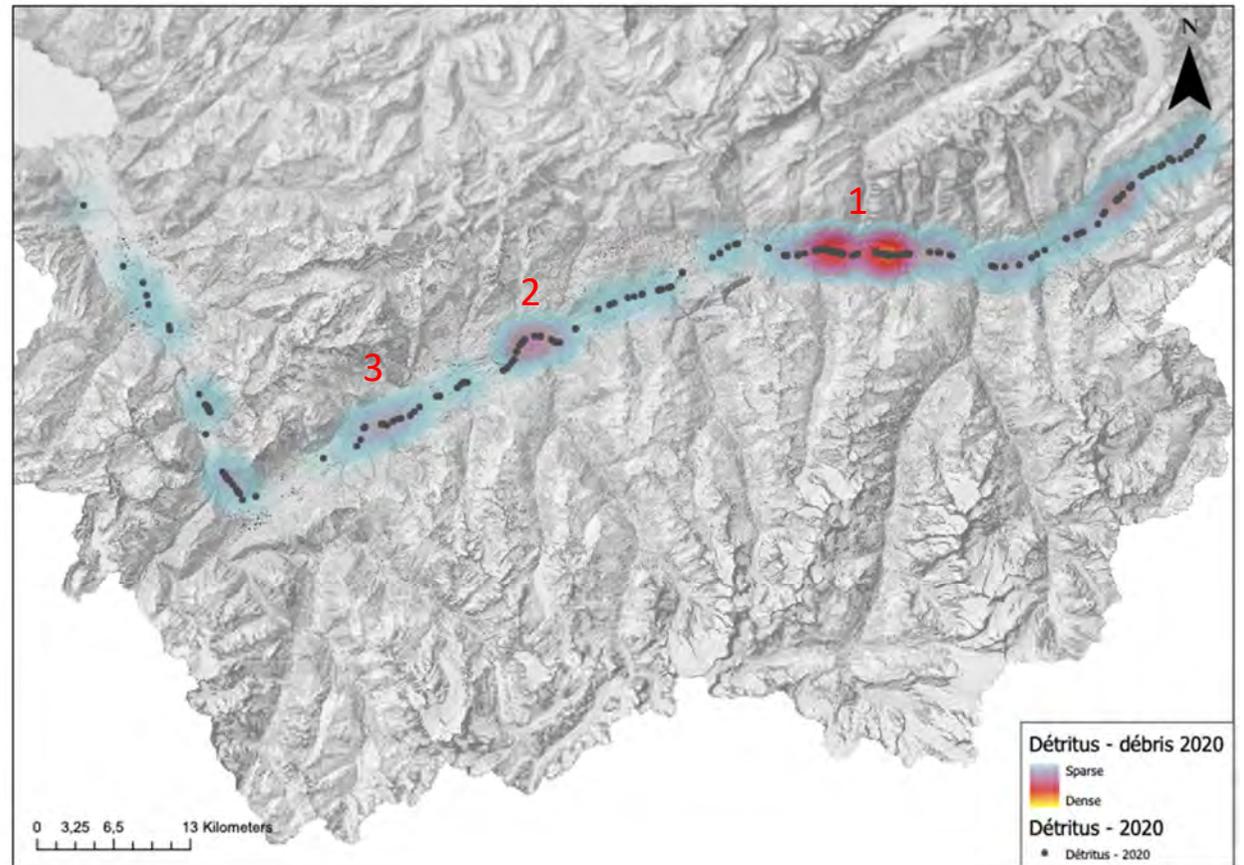
Représentation thématique

Analyse par « carte de chaleur »

Représentation  
thématique des  
dépôts (détritus)  
– année 2020



Zones de concentration de débris (carte de chaleur) – mise en évidence de 3 points chauds



# Point chaud 1

---

Détritus anciens à très anciens et dégradés

---

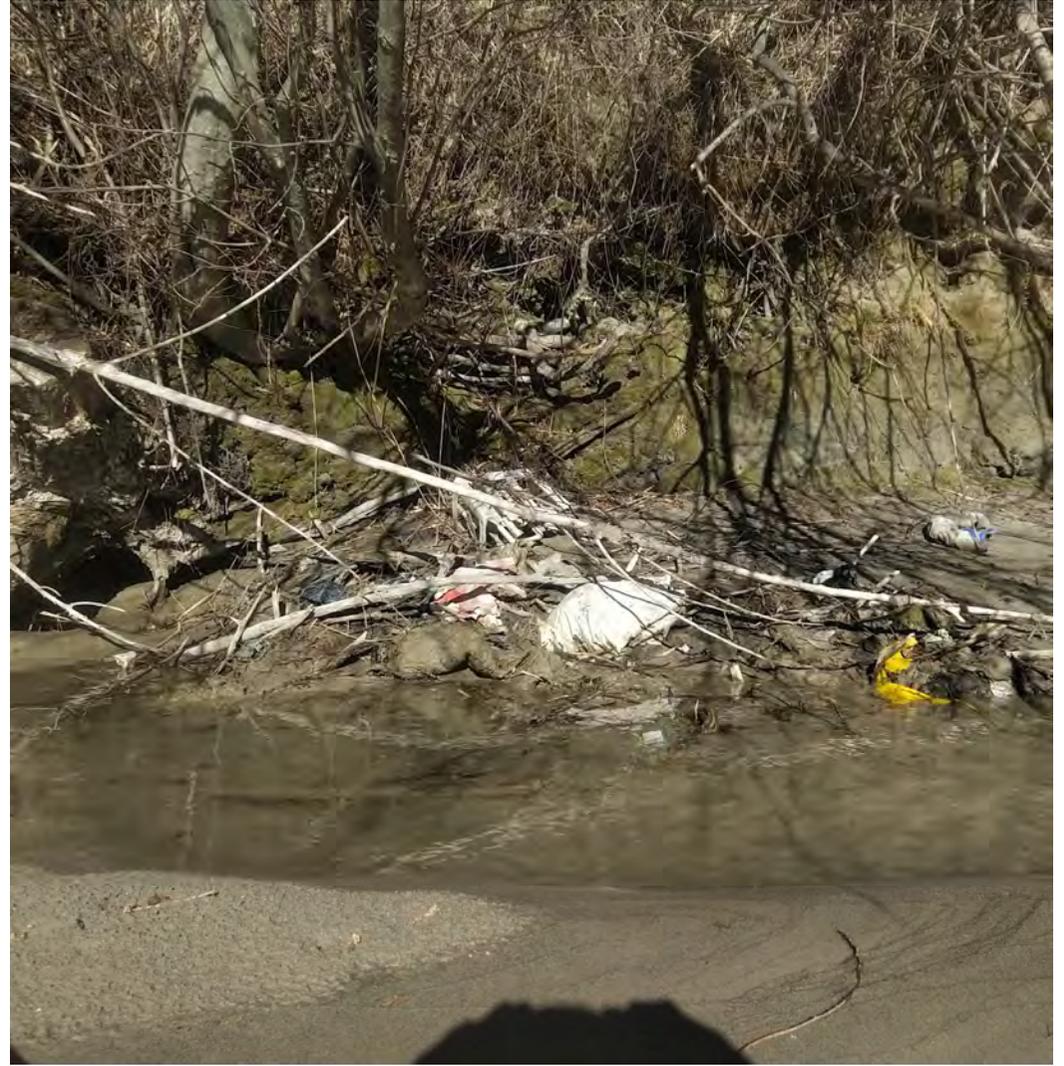
Initialement enfouis dans les sédiments et qui sortent au gré des mouvements d'eau

---

Littering dans les arbres

---

Localisation derrière les épis d'enrochement





## Point chaud 2



- Littering dans les arbustes
- Dépôts sur les berges

## Point chaud 3



- Littering dans les arbustes et racines
- Dépôt sur les berges

## Contextualisation de l'information pour produire du renseignement



- Analyse des vitesses du Rhône
- Analyse de la structure du lit

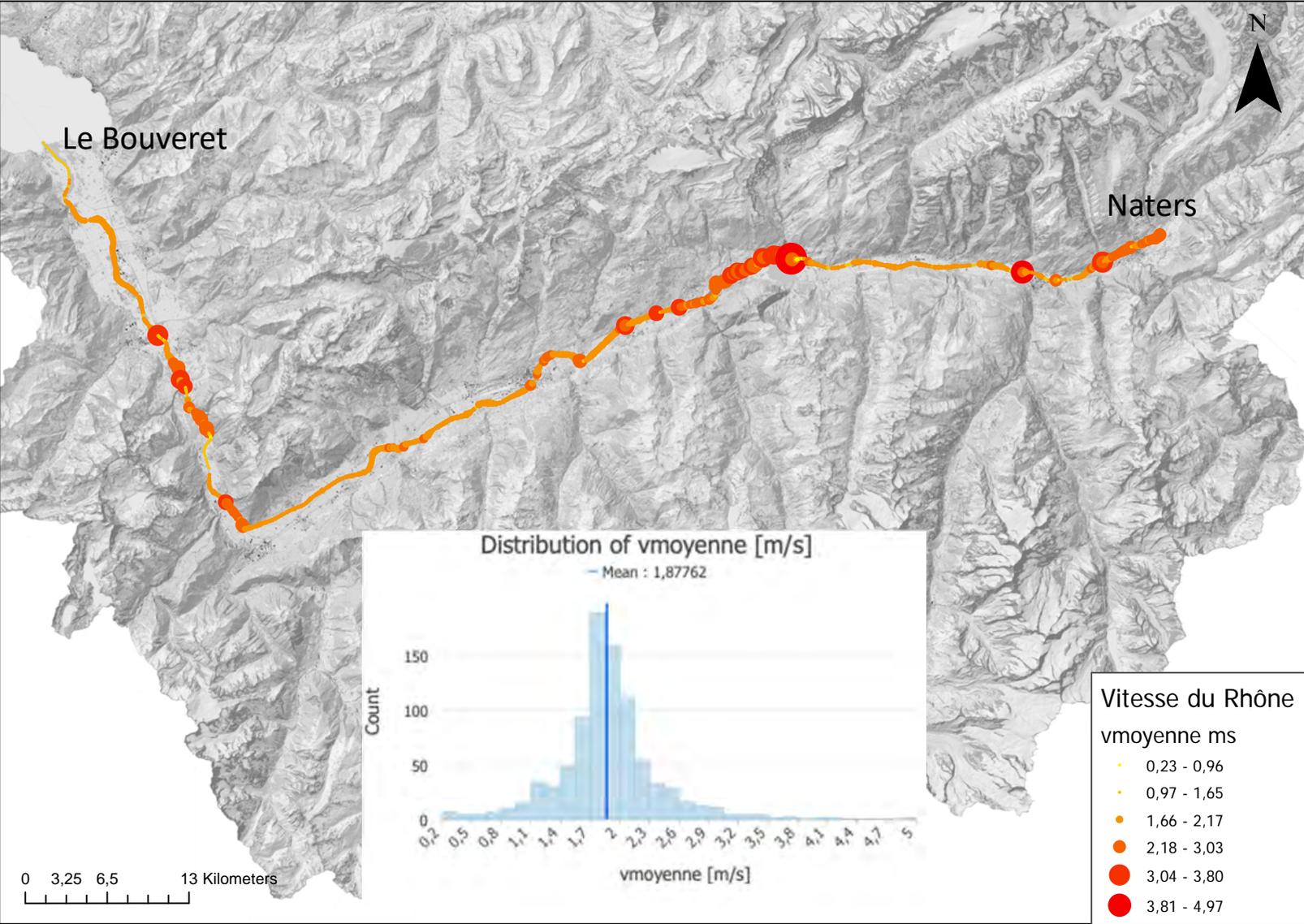
# Analyse de la variation de vitesses du Rhône

## Données à disposition:

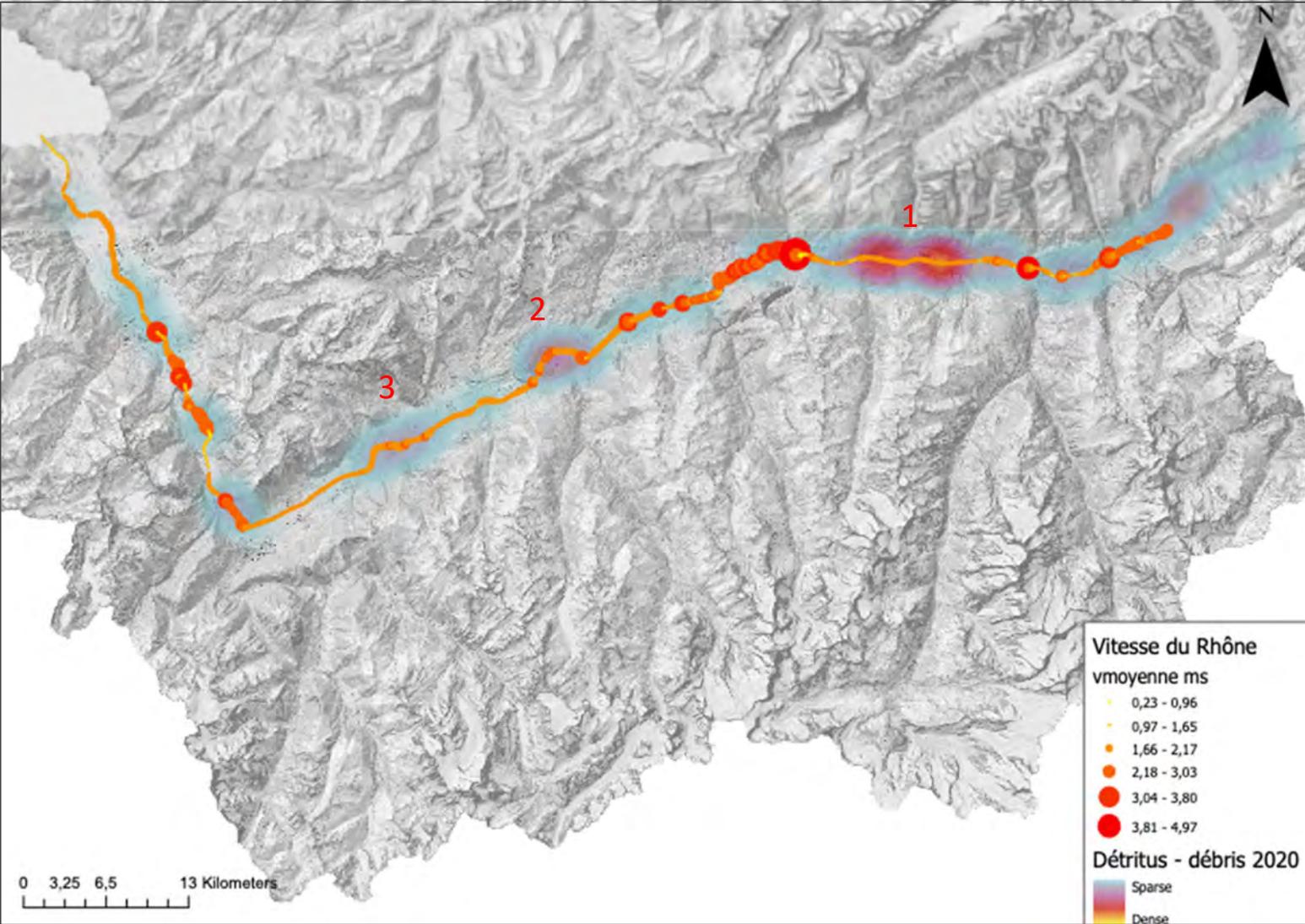
- Couche géographique du linéaire du Rhône
- Un fichier Excel des vitesses moyennes selon la distance en km du point 0 à l'embouchure du Rhône au Bouveret jusqu'au km 121 à Naters (Brig).

## Mise en forme des données par jointure de tables

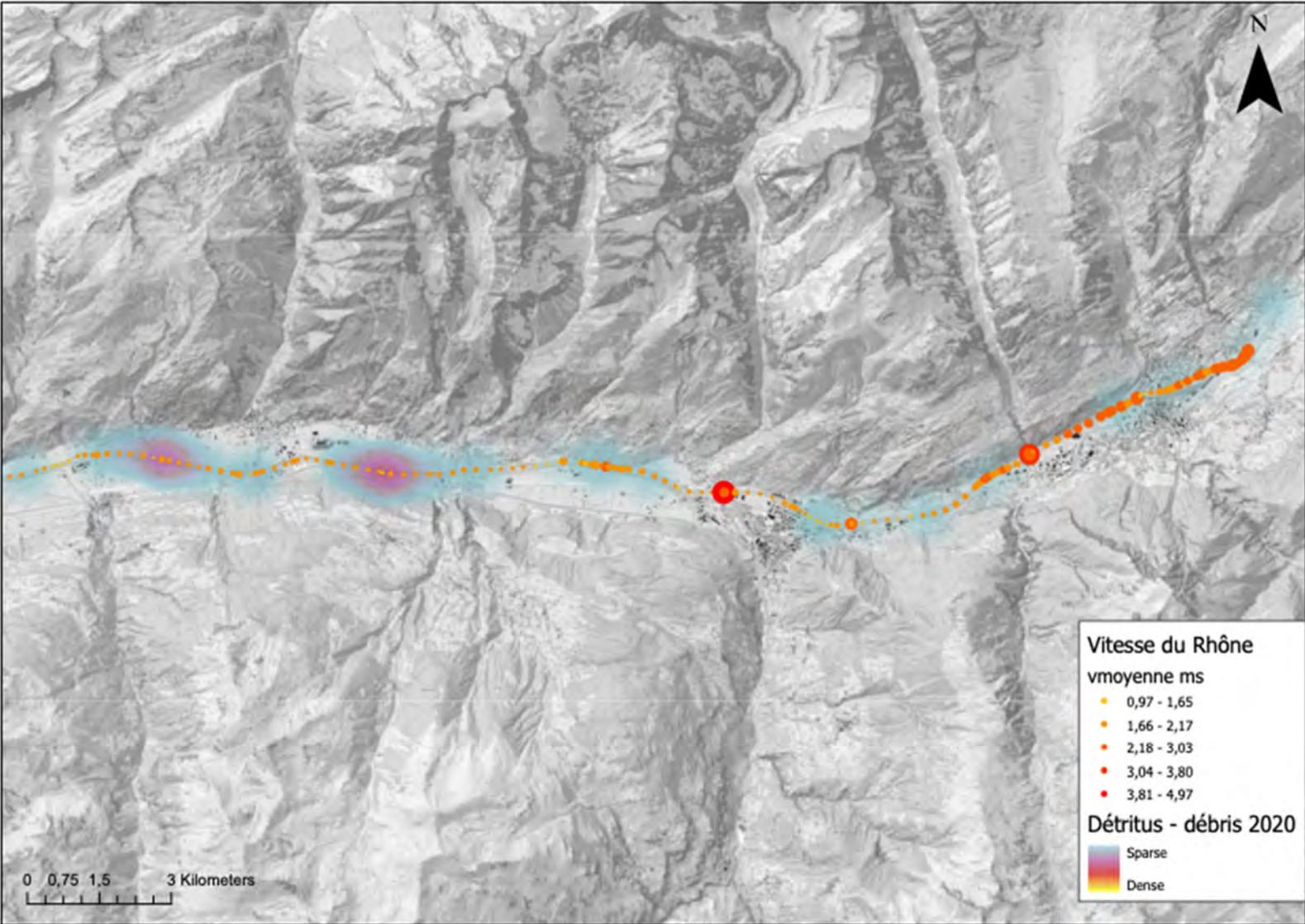
# Carte des vitesses du Rhône



# Superposition des vitesses avec les zones de débris en format carte de chaleur



# Zoom sur la zone avant le barrage de Susten



# Observations

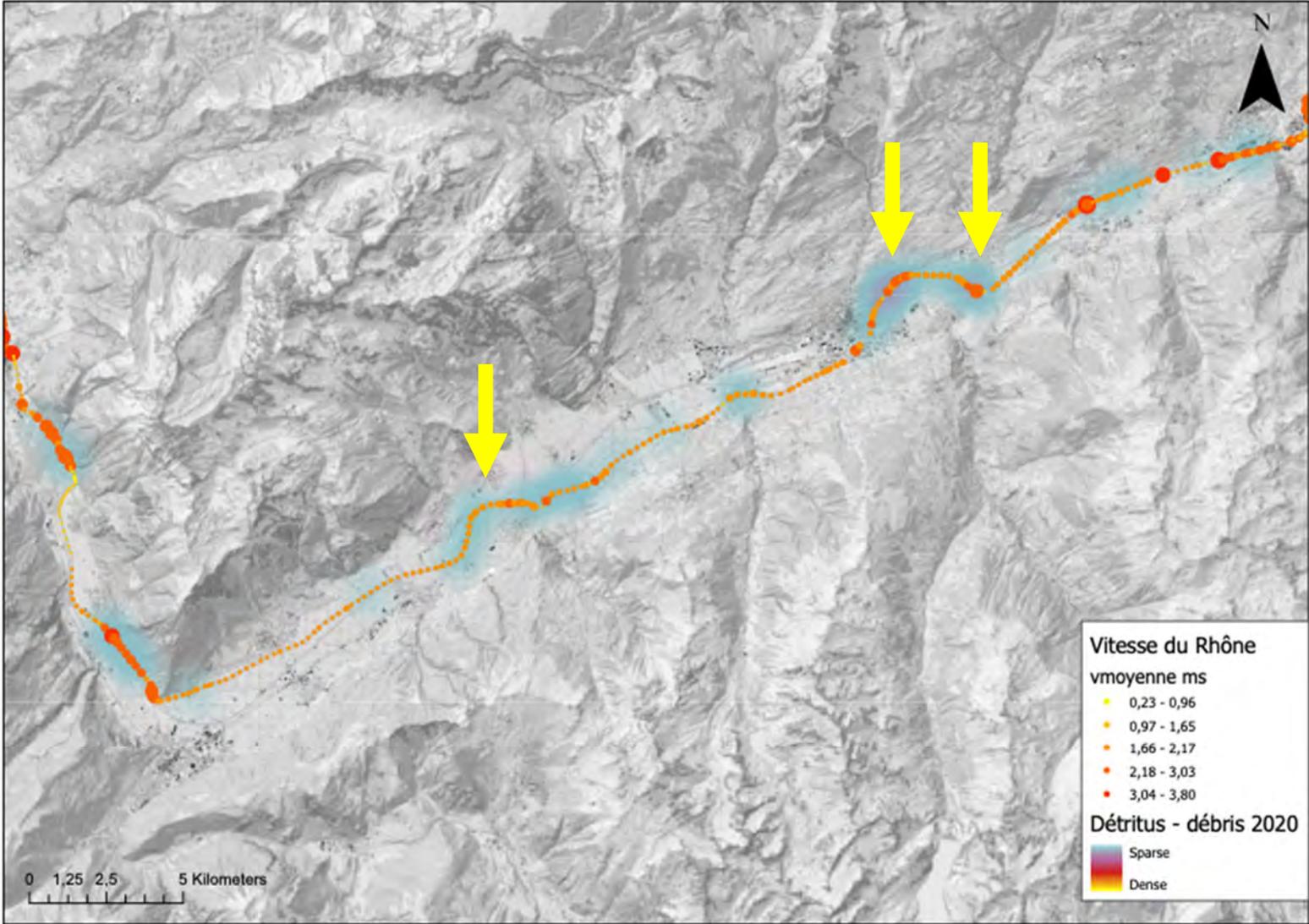
Le hotspot 1 correspond à une longue zone de freinage de l'eau due au barrage.

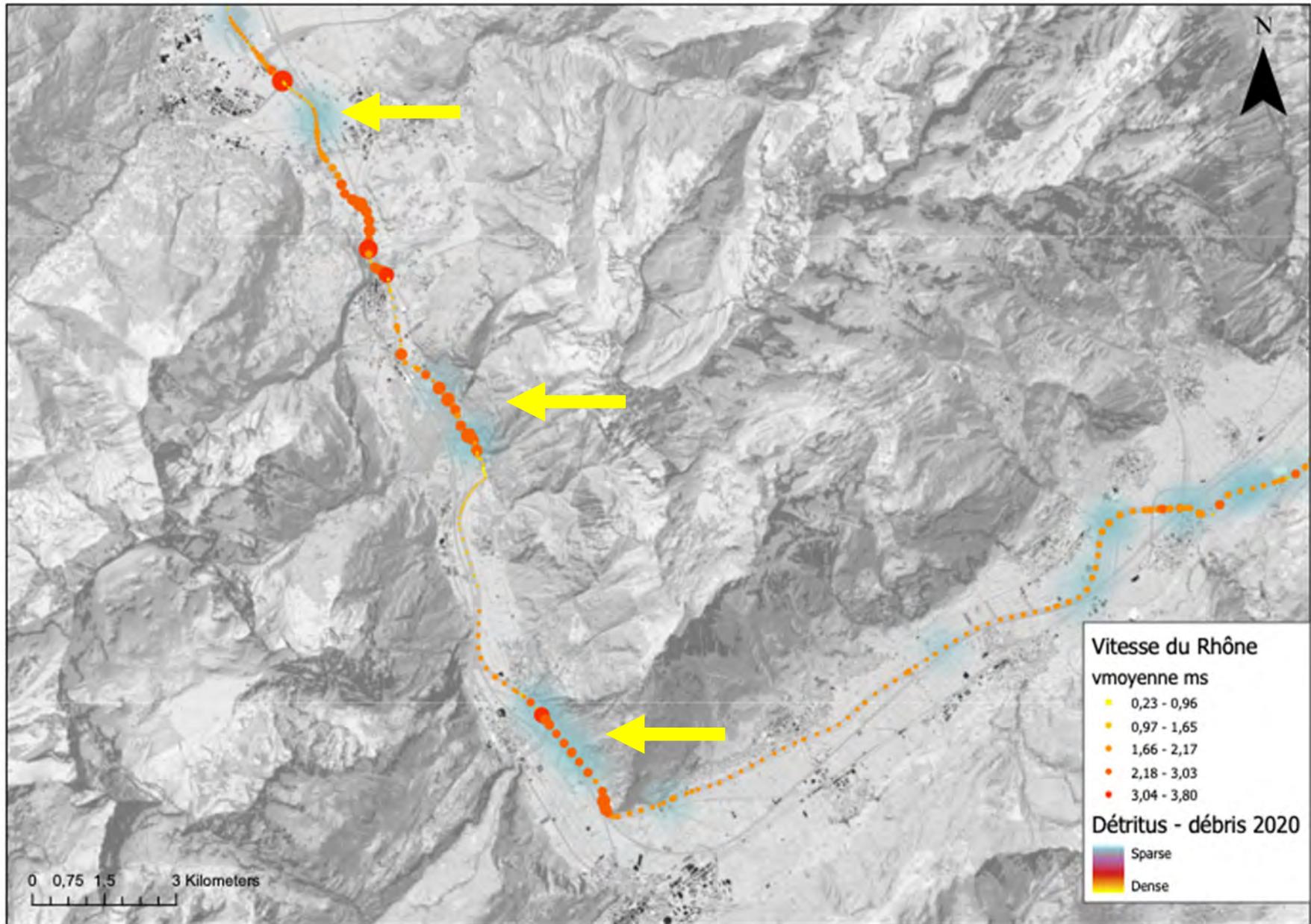
Les hotspots 2 et 3 sont placés après une zone d'accélération puis de décélération de l'eau.

L'eau accélère et décélère lorsque la morphologie du lit change:

- le lit de la rivière devient plus étroit
- il y a une rupture de pente

# Visualisation des zones d'accélération et dépôt



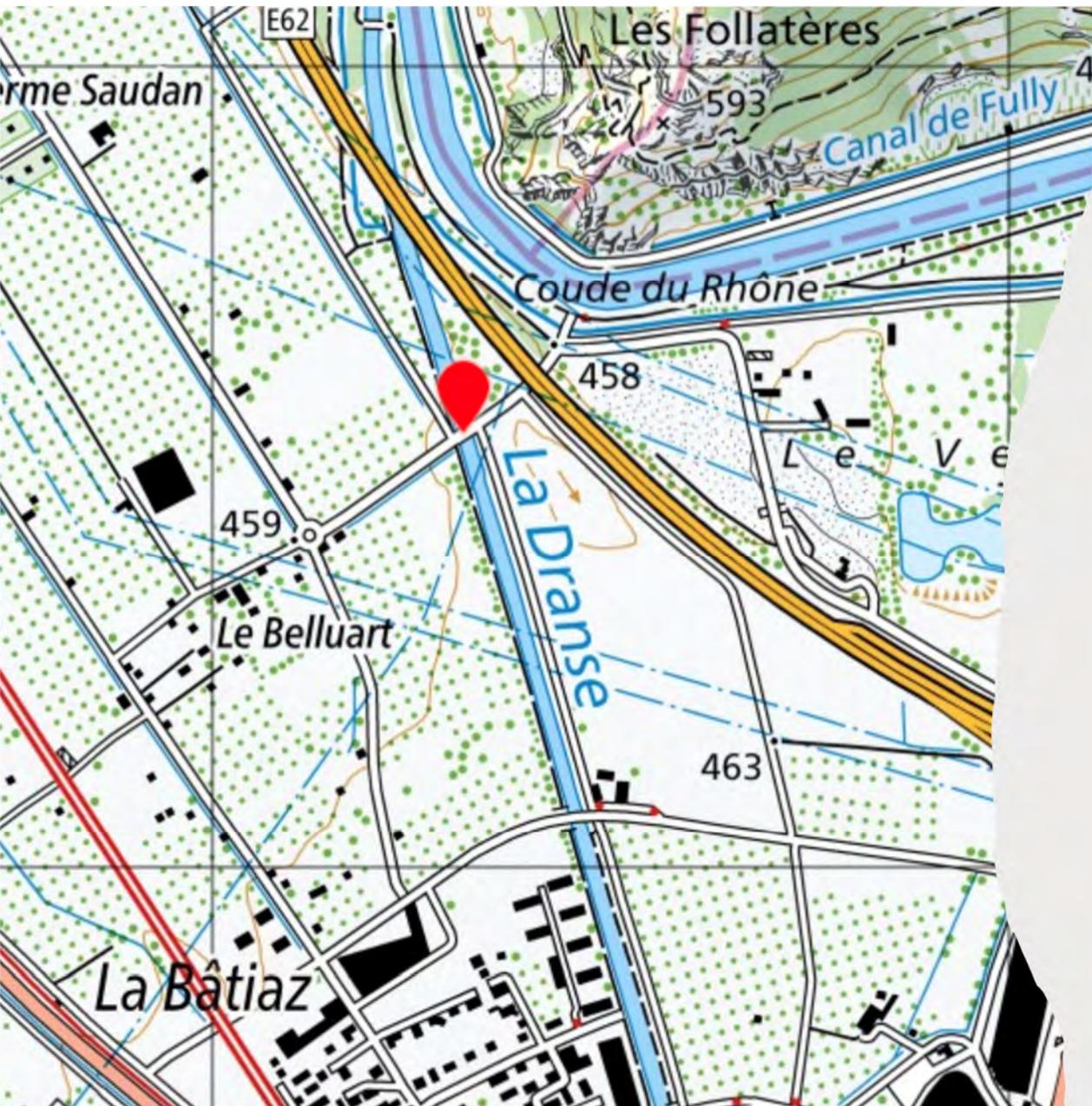


## Quel renseignement en tirer:

- Une accélération puis une décélération de l'eau favorise les dépôts de detritus.
- La présence du barrage et la dynamique de l'eau favorisent un dépôt à long terme des detritus qui sont piégés dans les sédiments.

## Quelles mesures proposer:

- Assainir les rives avant un barrage.
- Surveiller et nettoyer les zones de changement de vitesse de l'eau favorisant le dépôt des detritus.
- Lors d'un remaniement de lit d'un cours d'eau, intégrer des zones d'accélération et décélération de l'eau et un accès pour nettoyer les dépôts de detritus.



## Cas 2: la Dranse, commune de Martigny

- Géographie: point en aval de la ville de Martigny
- Données:
  - Relevé de terrain des détritits présents dans le cours d'eau

Relevé effectué: 2 chaises de bureau dans le cours d'eau



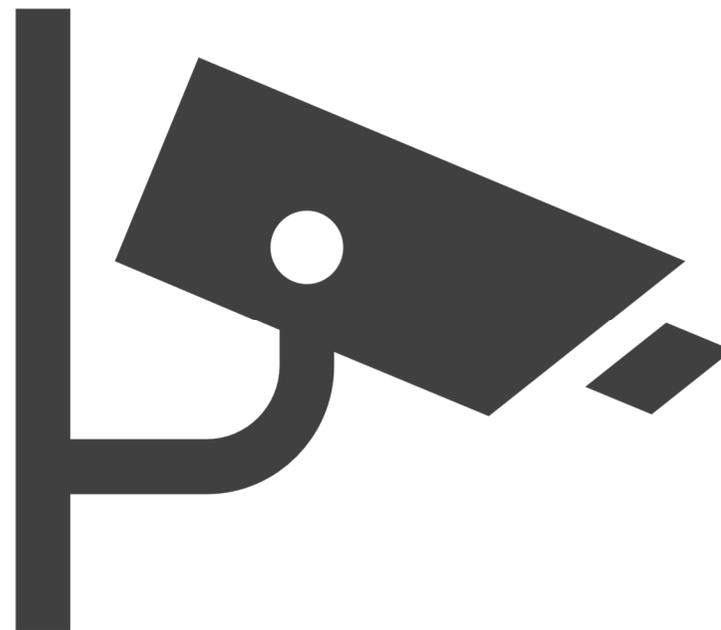
## Traitement des données : analyse de l'urbanisation et des infrastructures environnantes

- Les 2 chaises ont été trouvées dans le cours d'eau en bas d'un pont
- La route passant sur le pont mène à la déchetterie de Martigny



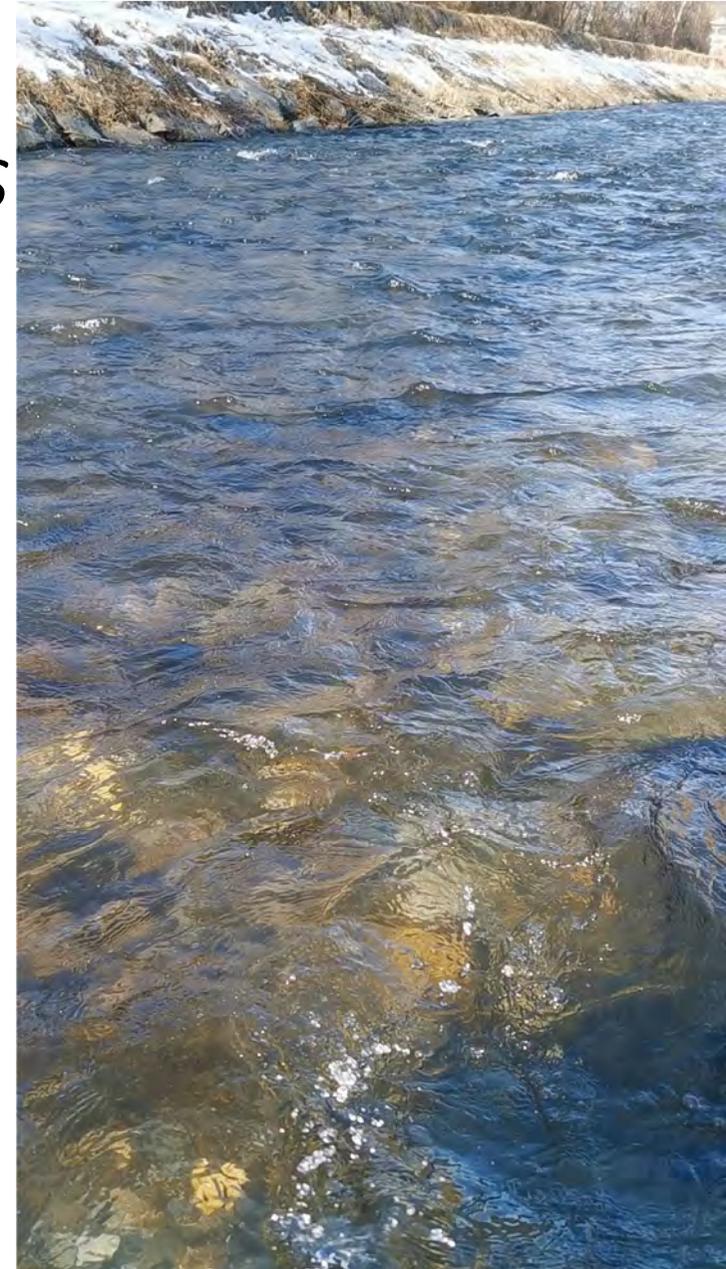
# Contextualisation et prévention

- Les chaises ont été jetées depuis le pont
- Recommandation de mettre une caméra de surveillance sur ce pont



# Suite des travaux - *projets d'études*

- Relevés et analyses des détritits présents dans l'Aar
- Application de l'approche forensique aux pollutions chimiques et biologiques de l'eau:
  - recherche de la source de pollution
    - analyses chimiques de l'eau
    - analyse spatiale
    - corrélation avec l'urbanisation
- Cartographie des zones de dépôts à long terme et analyse chimique des sédiments



Merci de votre attention

Je suis à disposition pour répondre à vos questions



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,  
de l'énergie et de la communication DETEC  
**Office fédéral de l'environnement OFEV**  
Division Sols et biotechnologie

**SITES POLLUÉS SUISSE**

— Symposium 2023 —

# Info-bloc de l'OFEV

Section Sites contaminés, OFEV



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Umwelt BAFU  
Sektion Altlasten

## SITES POLLUÉS SUISSE

— Symposium 2023 —



# PFAS: état d'avancement des travaux

Monika Schwab & Rolf Kettler, section Sites contaminés OFEV



# PFAS : état d'avancement des travaux

## Thèmes de la présentation

- 1) Projet "PFAS dans le domaine des sites pollués"
- 2) Valeurs PFAS (OSites et OLED)
- 3) Résultats / recommandations des groupes de travail (GT) (sélection)
  - a) Quels sont les branches concernées ?
  - b) Quels PFAS analyser ?
  - c) Quelles sont les investigations prioritaires sur les PFAS ?
- 4) Interventions politiques, en particulier Motion Maret
- 5) Divers & perspectives



# 1) Projet "PFAS dans le domaine des sites pollués".



Projet PFAS dans le domaine des sites pollués

2024  
Publication du rapport final du projet



div. travaux préparatoires



Groupe de travail PFAS «Sites pollués»

Groupe de travail PFAS "Déchets"

## 2) Valeurs PFAS : valeurs OSites

 Annexe 1 : Valeur K : eaux souterraines et eaux de surface

Annexe 3, chiffre 1 : sites à usage agricole ou horticole. Comme pour tous les autres polluants, la valeur de concentration pour les PFAS pour les sols agricoles sera réglementée dans l'OSol et reprise dans l'OSites.

 Annexe 3, chiffre 2 : Sites situés dans les jardins privés et familiaux, sur des places de jeux et d'autres lieux où les enfants jouent régulièrement.

### Annexe 1 : eaux

Pour la classification selon l'OSites par rapport aux biens à protéger « eaux souterraines » et « eaux de surface », on utilise **actuellement** la valeur totale pondérée en fonction de la toxicité (valeur totale TEQ) de 9 PFAS :

**Valeur de concentration : 50 ng TEQ / l**

(PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS)

### Annexe 3, chiffre 2 : ingestion directe de sol

Pour la classification selon l'OSites pour le bien à protéger « sol » en cas de risque par ingestion directe (surfaces où des enfants jouent régulièrement), on utilise **actuellement** une valeur total pondérée en fonction de la toxicité (valeur totale TEQ) de 9 PFAS :

**Valeur de concentration : 30 µg TEQ / kg**

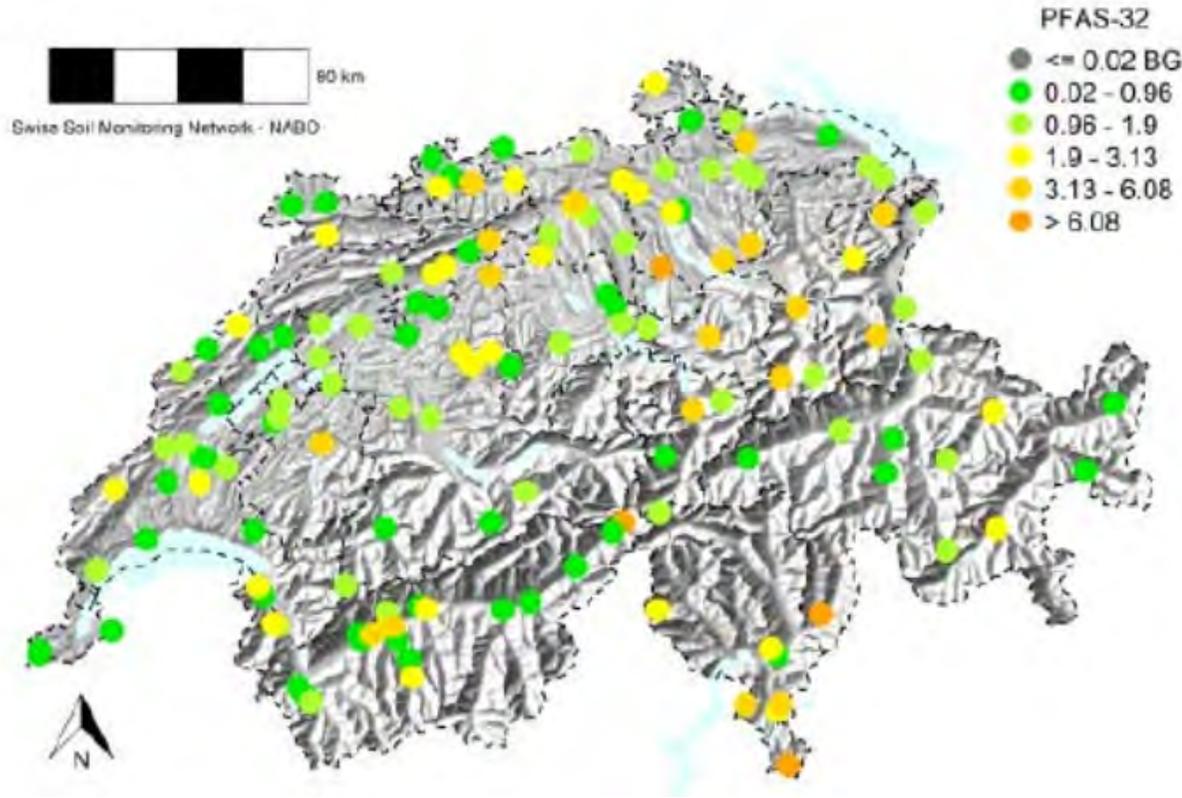
(PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS)

Approbation de l'OFEV requise pour ces valeurs au cas par cas.



## 2) Valeurs PFAS : valeurs OSites et OLED Pollution de fond des sols par les PFAS

Pollution de fond dans la couche supérieure des sols  
Publication de Basilius Thalmann (ZHAW) et al.



146 échantillons de sol  
(0-20 cm) :  
Médiane = 1,4 µg/kg  
&  
95 % < 5 µg/kg



## 2) Valeurs PFAS : valeurs OLED

**Actuellement**, les valeurs de concentration totales des matières solides pour 9 PFAS servent de base à l'évaluation des filières d'élimination lors d'assainissements :

<b>Valeur U</b>	<b>0,1 µg/kg*</b>
<b>Valeur T</b>	<b>2,5 µg/kg</b>
<b>Valeur B</b>	<b>5 µg/kg</b>
<b>Valeur E</b>	<b>5 µg/kg</b>

\*Limite de détermination par substance individuelle  
PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS

Approbation de l'OFEV requise pour les valeurs au cas par cas.



### 3a) Résultats / recommandations du GT : quelles branches?

#### Aires d'exploitation

Sapeurs-pompiers,  
protection civile,  
sapeurs-pompiers  
d'entreprise/d'usine

Terrain d'exercice des pompiers, centres de formation de la protection civile, corps de sapeurs-pompiers d'entreprises de

- Raffineries
- Pétrochimie
- Grands dépôts de carburant
- Industrie chimique
- Transformation des matières plastiques
- Fabrication de pneus
- Aéroports
- Aérodromes militaires.



### 3a) Résultats / recommandations du GT : quelles branches?

Aires d'exploitation	
Production commerciale / industrielle avec utilisation <u>fréquente</u> de PFAS	Fabrication/entretien d'extincteurs et de systèmes d'extinction d'incendie; métallurgie/galvanoplastie; textiles hydrofuges; industrie chimique (fabrication de mousses anti-incendie, de produits d'imprégnation, de cires de ski)
Production artisanale / industrielle avec utilisation <u>secondaire</u> de PFAS ou utilisation en <u>petites quantités</u>	Industrie chimique (produits phytosanitaires, polymères fluorés, produits de nettoyage et cosmétiques, vernis/peintures avec additifs PFAS, etc.); nettoyage à sec (imprégnation); papier/carton (revêtement); industrie des semi-conducteurs/fabrication de circuits imprimés; fabrication de produits imprimés, reproduction de supports de son, d'images et de données (industrie photographique); utilisation de fluides hydrauliques à haute performance (y compris l'aéronautique); installations automatiques d'extinction à mousse (stockage/transfert de marchandises ou de liquides présentant un risque d'incendie et/ou d'explosion).



### 3a) Résultats / recommandations du GT : quelles branches?

Sites de stockage définitifs	
Élimination des déchets contenant des PFAS ou lieux d'exercices pour les pompiers	<ul style="list-style-type: none"><li>• Décharges pour l'élimination de produits ou de déchets de production contenant des PFAS</li><li>• Terrains d'entraînement des pompiers sur d'anciennes décharges</li></ul>
Lieux d'accidents	
Lieux d'accidents	Lutte contre les incendies (incendies avec utilisation de mousses extinctrices)



## 3b) Résultats / recommandations du GT : quels PFAS ?

1	2	3
Programme minimal	Programmeminimal étendu	Programme complet
<p>PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS</p> <p>Au moins le <b>programme minimal</b> avec les 9 substances individuelles PFAS recommandées par l'OFEV (avec facteurs de toxicité connus).</p> <p><b>Valeur K = 50 ng TEQ / l</b></p>	<p>PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS, + ?, + ?, 1 ?</p> <p>Le <b>programme minimal</b> peut être <b>étendu</b> si l'étude historique indique la présence d'<b>autres PFAS pertinents</b>.</p> <p>Pour une évaluation au titre de la législation sur les sites contaminés, il convient <b>de déduire</b> les <b>facteurs d'équivalence toxique (TEF)</b> correspondants.</p>	<p><math>\Sigma</math> env. 30 PFAS = programme d'analyse des PFAS proposé par les laboratoires d'analyse &amp; selon l'expérience acquise jusqu'à présent : Capstone A/B, ADONA, 6:2-FTS, 8:2-FTS ainsi que GEN-X.</p> <p>Pour une <b>clarification complète</b> de la situation ou en cas d'incertitude quant à l'utilisation de PFAS, le <b>programme complet</b> est recommandé.</p>



## 3c) Résultats / recommandations du GT : quelle priorisation ?

Le groupe de travail recommande d'établir les priorités suivantes pour les investigations :

- 1) Places d'exercice des pompiers d'entreprise (corps de sapeurs-pompiers d'usine) et centres de formation des sapeurs-pompiers
- 2) Entreprises, sites d'accidents (y compris les incendies) et décharges nécessitant une investigation = traitement dans le cadre de la **mise en œuvre actuelle** \*
- 3) Places d'exercice des pompiers communaux (dont probablement quelques nouveaux sites) \*
- 4) Sites ne nécessitant pas encore d'investigation (classification selon l'art. 5 OSites) et sites déjà investigués ou assainis (classification selon l'art. 8 OSites) \*/\*\*

\*priorité supplémentaire tenant compte des biens à protéger (évaluation des risques, utilisation des surfaces, des cours d'eau, etc.)

\*\* utilisation préférentielle des sites d'échantillonnage déjà existants

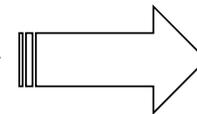
**La décision sur la marche à suivre appartient aux autorités cantonales.**



### 3) Résultats / recommandations du GT

Thèmes :

- Branches d'activité : arbres de décision cadastre
- Sortie du cadastre
- Stratégie d'investigation
- Ampleur du programme d'analyse
- Essai TOP
- Définition des priorités
- Délimitation du site
- Étude bibliographique sur les assainissements
- Assainissement (y compris sécurisation en tant qu'assainissement)
- Urgence
- Construction sur des sites pollués (art. 3 OSites)



2024  
Publication





## 4) Interventions politiques : Motion Maret 22.3929

<b>22.3929</b> MOTION	
Définition dans les ordonnances de valeurs spécifiques aux PFAS	
Déposé par:	 <b>MARET MARIANNE</b> Le Groupe du Centre, Le Centre, PEV, Parti démocrate-chrétien suisse
Rapporteur(s) :	<a href="#">BULLIARD-MARBACH CHRISTINE</a> , <a href="#">MUNZ MARTINA</a>
Date de dépôt:	15.09.2022
Déposé au:	Conseil des Etats
Etat des délibérations:	Transmis au Conseil fédéral

[22.3929 | Définition dans les ordonnances de valeurs spécifiques aux PFAS | Objet | Le Parlement suisse \(parlament.ch\)](#)

### ⊖ TEXTE DÉPOSÉ

Le Conseil fédéral est chargé de définir dans les ordonnances les valeurs suivantes spécifiques aux PFAS :

- valeurs limites et conditions pour l'élimination de matériaux (OLED)
- valeurs de concentration pour évaluer les pollutions présentes dans le sol et le sous-sol (OSites-Osol)
- exigences de rejet pour le déversement dans les eaux

**DOMAINE DU SUIVI !**



## 4) Interventions politiques

### Motion Maret 22.3929 : Valeurs dans l'OSites !

- Motion Maret acceptée au CE et au CN → Projet lancé à l'OFEV (direction de projet: Bettina Hitzfeld, division Sols et biotechnologie)
- Mandat : Nous devons vérifier que les valeurs utilisées actuellement pour les PFAS sont adaptées à la mise en œuvre.
- Pour pouvoir effectuer cette vérification, nous devons rassembler suffisamment de connaissances sur les sites pollués par des PFAS afin de pouvoir proposer des CF des valeurs avec suffisamment de certitude et de bonne  
→ MESUREZ, MESUREZ, MESUREZ !
- Enquête auprès des cantons (été 2024)
- Évaluation et discussion avec les cantons (2024/2025)
- Comparaison avec les données sur la pollution de fond (sol & NAQUA)





## 4) Interventions politiques

20.3593	Mo. Munz	Interdiction des produits chimiques fluorés toxiques, même dans le sport de masse.
20.4699	Ip. Pfister Gerhard	Des émissions de PFAS grâce à l'exportation de PFAS ?
21.3873	Ip. Schneider Schüttel	Quels produits chimiques sont autorisés en Suisse qui sont dégradés ?
21.4117	Mo. Wettstein	Emballages en plastique.
22.3790	Po. Schneider Schüttel	Le...
22.4228	Ip. Gugger	Q...
22.4233	Ip. Trede	Q...
22.4515	Ip. Schneider Schüttel	Conseil national zones de grande...
22.4585	Po. Moser	Plan d'action visant à réduire l'exposition de l'homme et de l'environnement aux substances chimiques persistantes.
23.3499	Mo Co DETEC	Limiter les produits contenant des PFAS à leur point d'origine.
23.7227	Fra. Moser	Produits chimiques éternels : quand le Conseil fédéral agit-il ?
23.7256	Fra. Fivaz Fabien	Interdiction des PFAS : quel calendrier ?

**22.4585** POSTULAT

**Plan d'action pour la réduction de l'exposition de l'homme et de l'environnement aux substances chimiques persistantes**

Déposé par:



**MOSER TIANA ANGELINA**  
Groupe vert 'libéral  
Parti vert 'libéral

Opposant/e:

Date de dépôt:

Déposé au:

**BÜHLER MANFRED**

Etat des délibérations:

16.12.2022  
Conseil national  
Transmis au Conseil fédéral



## 5) Divers & perspectives

- Thèse de doctorat au CHYN (Scattolini Francesco chez Daniel Hunkeler)
- Proposition de restriction, UE : la proposition a été préparée par les autorités du Danemark, de l'Allemagne, des Pays-Bas, de la Norvège et de la Suède et soumise à l'ECHA le 13 janvier 2023. [All news - ECHA \(europa.eu\)](#)
- OFEV, NAQUA : publication sur le site de l'OFEV en septembre/octobre 2023
- Autres offices fédéraux :
  - OSAV :
    - [Analyses des PFAS dans les cours d'eau, les poissons et les eaux usées. Jürg Wüthrich, canton de Saint-Gall.](#)  
→ Comparaison avec l'EFSA\* : parfois, seuls quelques grammes par semaine devraient être consommés.
    - Ordonnance sur les contaminants : nouvelles valeurs maximales pour les PFAS dans les denrées alimentaires à partir du 1.1.2024 pour le poisson, la viande, les œufs (valeur selon l'EFSA). Reprise des valeurs de l'UE.
    - Total Organic Fluorine (TOF) dans les matériaux en contact avec les aliments (carton, papier, bagasse)
  - OFSP : [Phase pilote de l'étude suisse sur la santé : Résultats du biomonitoring humain PFAS dans le sérum CH: Médiane: PFOA: 1.3ng/mL et PFOS: 6.1 ng/mL](#) → Les PFAS dans la population CH sont du même ordre de grandeur que dans les pays de l'UE.



## 5) Divers & perspectives

- Motion Maret :
  - Septembre 2023 : début des travaux
  - 2024/2025 : évaluation / discussion des valeurs PFAS
- Élimination des déchets
  - Essais cimenterie
  - Émissions de PFAS par les décharges en activité
- Communication / information :
  - Printemps 2024 : publication du rapport final du projet "PFAS dans le domaine des sites pollués"
  - 2024 : atelier PFAS ou symposium PFAS



Merci de votre attention !



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,  
de l'énergie et de la communication DETEC  
**Office fédéral de l'environnement OFEV**  
Division Sols et biotechnologie

# **SITES POLLUÉS SUISSE**

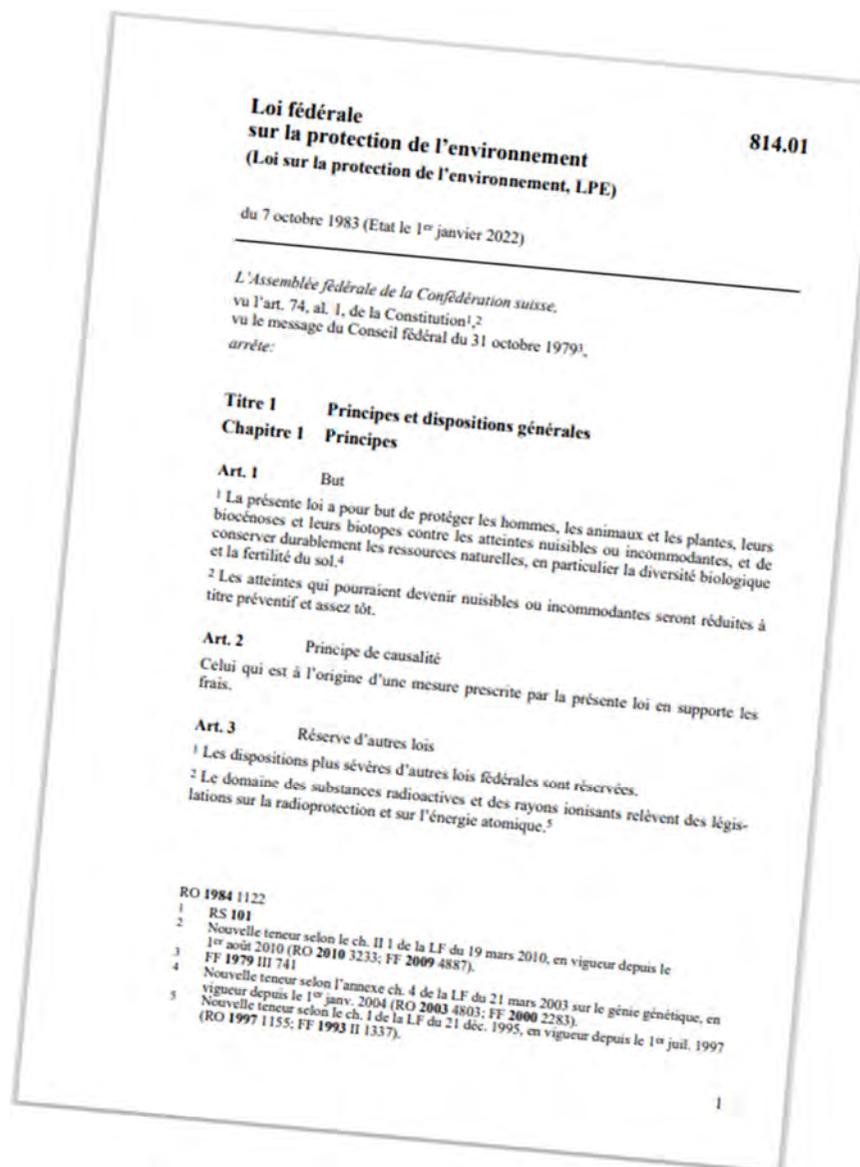
— Symposium 2023 —

# **Info-bloc de l'OFEV**

Section Sites contaminés, OFEV



# Révision de la LPE





# Sujets du projet de révision LPE

- Bruit
  - **Sites contaminés**
  - Taxes d'incitation
  - Financement des cours de formation et de formation continue
  - Systèmes d'information et de documentation
  - Droit pénal
- 
- Début de la consultation : 8 septembre 2021
  - Fin de la consultation : 30 décembre 2021
  - Processus parlementaire (commissions et plénum) : en cours depuis le 16.12.2022

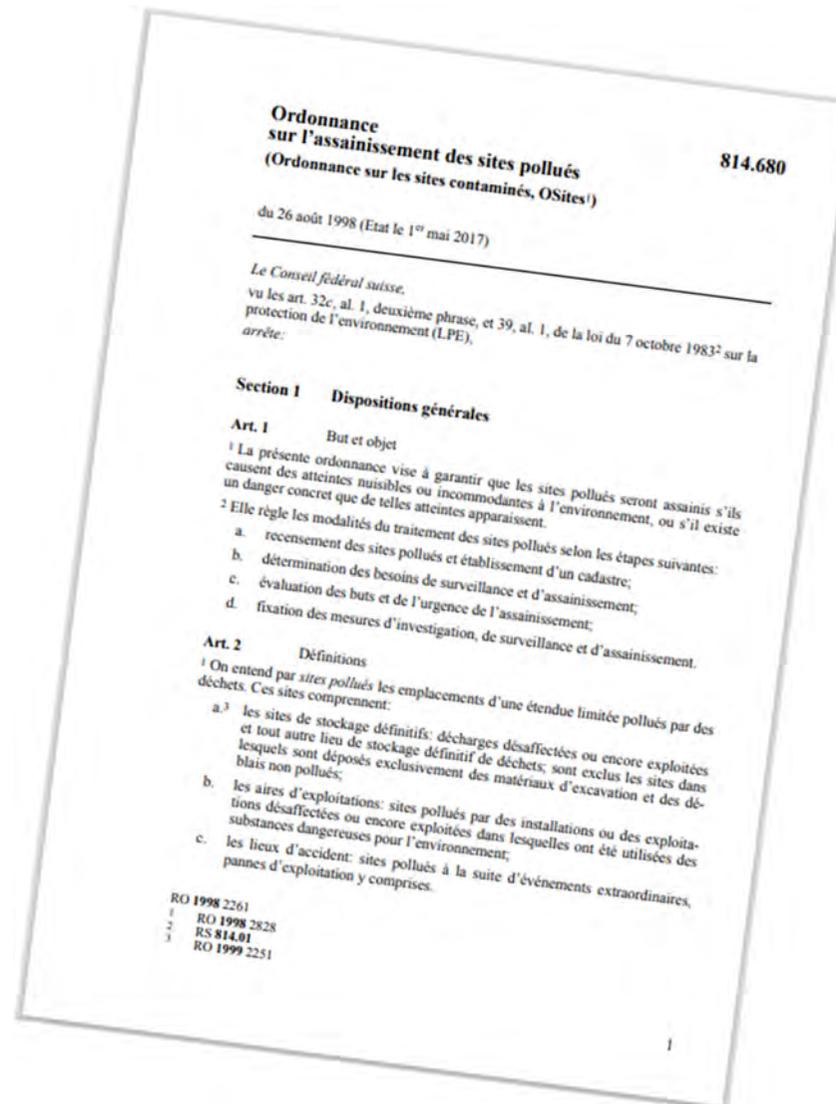


# Objets de la révision dans le domaine des sites contaminés

- Mise en œuvre Mo. Salzman : Retour à une indemnisation de 40% pour l'assainissement des stands de tir à 300m.
- Mise en œuvre Ip. Baume-Schneider : Augmentation de 40% à 60% de indemnisation OTAS pour les coûts de défaillance de l'assainissement des aires d'exploitation «orphelines».
- Introduction de dates limites pour l'indemnisation OTAS: ~~2028~~ 2032 pour les investigations et ~~2040~~ 2045 pour les assainissements.
- Introduction d'indemnisations forfaitaires supplémentaires et rétroactives pour l'investigation et l'assainissement des sites pollués : Fr. 3'000.- pour l'investigation préalable, Fr. 5'000.- pour l'assainissement des stands de tir et Fr. 10'000.- pour les autres assainissements.
- Assujettissement à l'OSites des places de jeux et surfaces comparables dont les sols sont contaminés: l'investigation et, si nécessaire, assainissement est obligatoire pour les surfaces publiques et volontaire pour les surfaces privées. Cofinancement par l'OTAS jusqu'en 2060.



# Révision de l'OSites – art. 18, al.3





# Situation initiale / art. 18, al. 3, OSites Art. 19, al. 3, OLED

## - Art. 19 Matériaux d'excavation et de percement

...

<sup>3</sup> Les matériaux d'excavation et de percement qui ne satisfont pas aux exigences de l'annexe 3, ch. 2, ne peuvent être valorisés. Sont exceptées la valorisation en cimenterie conformément à l'annexe 4, ch. 1, et la valorisation de matériaux d'excavation et de percement satisfaisant aux exigences de l'annexe 5, ch. 2.3:<sup>22</sup>

- a. comme matériaux de construction dans les décharges des types C à E, ou
- b. dans le cadre de l'assainissement du site contaminé d'où proviennent les matériaux; si un traitement des matériaux est nécessaire, il aura lieu sur le site même ou à proximité immédiate.



# Art. 18, al. 3, OSites

## Proposition du texte de l'ordonnance

### Art. 18 Détermination des mesures à prendre

...

3 Dans des cas exceptionnels, elle peut, avec l'accord de l'OFEV, approuver la remise en place de matériaux d'excavation pollués qui ne remplissent pas les exigences de valorisation visées à l'art. 19 de l'ordonnance du 4 décembre 2015 sur les déchets sur le site d'où proviennent ces matériaux :

- a. si, ce faisant, on réduit globalement la pollution de l'environnement, et
- b. s'il est prouvé que les matériaux d'excavation remis en place n'engendrent pas d'atteintes nuisibles ou incommodantes et qu'il n'existe pas de danger concret que de telles atteintes apparaissent.



# Art. 18, al., 3 OSites Calendrier du paquet d'ordonnances printemps 2024 (OFEV)

**Consultation :** 15.06.2023 - 6.10.2023

**Entrée en vigueur :** 01.05.2024





## Thème Sites contaminés (admin.ch)