



ETUDE DE CONSOLIDATION DU GISEMENT DE BOUES D'EPURATION DU CANTON DU VALAIS

RAPPORT FINAL

Genève, le 25 mai 2023

Modifications

Version	Date	Description des modifications	Diffusion
0	21.12.2022	Première diffusion rapport intermédiaire	SEN – Canton Valais
1	13.01.2023	Prise en compte des commentaires du SEN	SEN – Canton Valais
2	14.02.2023	Ajout chapitre « modèle d'incinération »	SEN – Canton Valais
3	03.03.2023	Prise en compte des commentaires du SEN	SEN – Canton Valais
4	25.05.2023	Prise en compte des commentaires de CIMO, KVO Gamsen et Satom	SEN – Canton Valais

Table des matières

Table des matières	3
Abréviations	4
1. Introduction	5
1.1 Contexte	5
1.2 Objectifs de l'étude	5
1.3 Données d'entrée	6
2. Gisement actuel	7
2.1 Premières considérations	7
2.2 Consolidation du gisement actuel	7
2.3 Caractéristiques des boues à incinérer	8
3. Projection du gisement futur	11
3.1 Changement de procédés	11
3.1.1 Mise en place d'une étape de digestion	11
3.1.2 Traitement des micropolluants	11
3.1.3 Récupération du phosphore	14
3.2 Projets de régionalisation	15
3.3 Evolution démographique	16
3.4 Evolution de la production des boues industrielles	18
3.5 Projection finale du gisement	18
4. Modèles d'incinération	21
4.1 Introduction	21
4.2 Définition des modèles d'incinération	21
4.2.1 Co-incinération des boues industrielles et des boues communales	21
4.2.2 Lieux potentiels pour la réalisation d'un incinérateur	22
4.2.3 Identification des modèles d'incinération	23
4.3 Etude des modèles d'incinération	24
4.3.1 Critères étudiés	24
4.3.2 Valorisation énergétique	26
4.3.3 Coûts d'investissement	27
4.3.4 Coûts d'exploitation	28
4.3.5 Risques / points d'attention	29
4.3.6 Comparaison des scénarios	30
5. Conclusions	31
Annexe 1 : Projection 2040 du gisement par STEP	32
Annexe 2 : Projection 2050 du gisement par STEP	33
Total des pages	33

Abréviations

CCF	Couple chaleur – force
CIMO	Compagnie Industrielle de Monthey
LEaux	Loi fédérale sur la protection des eaux
t _{MB}	Tonne de boues brutes
t _{MS}	Tonne de matière sèche
OEaux	Ordonnance sur la protection des eaux
OLED	Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets
PCI	Pouvoir calorifique inférieur
STEP	Station d'épuration
UTO	Usine de traitement des ordures

1. Introduction

1.1 Contexte

Suite à la décision de la société Lonza de ne plus incinérer les boues du Haut-Valais autres que celle de la STEP de Viège, l'usine d'incinération des boues d'Uvrier (ENEVI, anciennement UTO) a adapté ses capacités de production et a accepté de reprendre ces boues.

De plus, le domaine de la gestion et du traitement des eaux est en pleine mutation depuis plusieurs années avec notamment les projets de régionalisation des STEP, la récupération du phosphore et la mise en place de systèmes de traitement des micropolluants.

Selon l'article 18 de l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux), les cantons ont la responsabilité d'établir un plan d'élimination des boues d'épuration. Il définit au moins :

- Le mode d'élimination des boues de chaque STEP,
- Les mesures à prendre pour l'élimination envisagée, y compris la construction et la transformation des installations servant à l'élimination des boues, et le calendrier de ces mesures.

Dans ce cadre, le Canton du Valais souhaite faire un état des lieux du gisement actuel des boues de STEP sur le canton ainsi qu'une projection du gisement à long terme (25-30 ans).

Afin de garantir l'adéquation de la capacité des exutoires avec les quantités de boues produites sur le long terme, la réalisation d'une ou plusieurs usines d'incinération sera nécessaire. Au préalable, le modèle d'incinération le plus pertinent doit donc être établi.

1.2 Objectifs de l'étude

Cette étude a pour objectifs de :

- Faire un état des lieux du gisement actuel des boues d'épuration au niveau cantonal,
- Réaliser une projection à long terme de l'évolution de ce gisement,
- Evaluer les capacités d'exutoires actuellement prévus,
- Vérifier la bonne adéquation entre le gisement futur et les capacités d'incinération,
- Evaluer et comparer plusieurs modèles d'incinération et sélectionner le modèle le plus pertinent en prenant compte les contraintes du canton.

1.3 Données d'entrée

Les considérations contenues dans ce document sont basées sur les éléments suivants :

- Bilans de production des STEP du canton : fichier « VS20221115-Données Boues TBF-revB.xlsx »
- Evolution démographique du canton du Valais : Fichier « Projection_demographie-2030-2050.xlsx », reçu par mail de M. Mabillard le 13.12.2022
- Echanges avec les STEP principales étudiées, y compris les STEP mixtes traitant les effluents industriels

2. Gisement actuel

2.1 Premières considérations

Au niveau cantonal, les eaux usées sont traitées par 62 STEP de 200 équivalent-habitants (EH) ou plus.

La production valaisanne de boues est illustrée dans la Figure 1 (données brutes issues du fichier « VS20221115-Données Boues TBF-revB.xlsx »). La production semble en augmentation au cours des dernières années, mais semble rester stable par rapport aux données du début des années 2010. La moyenne annuelle de la production de boues de STEP (y compris les boues issues des STEP mixtes) pour les 5 dernières années est d'environ 12'000 t_{MS}.

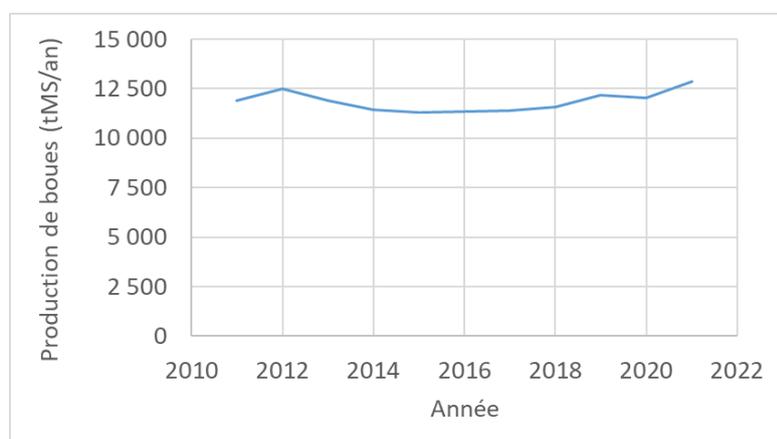


Figure 1 : Production annuelle de boues dans le canton du Valais

2.2 Consolidation du gisement actuel

Dans le cadre de la consolidation du gisement, les principales STEP du canton (voir Tableau 1) ont été consultées. Un des objectifs était de vérifier si certaines de ces STEP recevaient et traitaient des boues de STEP externes afin de ne pas les comptabiliser deux fois dans le bilan des boues.

A l'issue de la consultation, il est apparu les points suivants :

- La STEP de Monthey-CIMO traite occasionnellement les boues de la STEP de Troistorrents,
- La STEP de Vétroz-Conthey traite les boues de la STEP d'Erde.

Les STEP dont les boues ont été réceptionnées par une autre ont donc été retirées afin de ne pas les comptabiliser deux fois dans les estimations.

2.3 Caractéristiques des boues à incinérer

Afin de mieux appréhender le potentiel d'incinération des boues, il est nécessaire de connaître les caractéristiques de ces boues et plus particulièrement la siccité et le taux de matière organique. A partir de ces paramètres, le PCI (pouvoir calorifique inférieur) des boues peut par exemple être estimé.

Pour l'analyse des caractéristiques des boues, les principales STEP ayant une production de boues supérieure à 1% de la production totale au niveau cantonal ont été étudiées, soit toutes les STEP ayant une production supérieure à 120 t_{MS}/an. Au global, les 14 STEP retenues représentent plus de 90% de la production cantonale. Cet échantillon est donc considéré représentatif du gisement cantonal. Les données utilisées pour ces STEP ont été vérifiées auprès de l'exploitant.

La liste de STEP étudiées est résumée dans le Tableau 1. Les caractéristiques des boues produites sont aussi indiquées pour chaque STEP.

Le gisement actuel est donc estimé à :

- Quantité de boues à incinérer, y compris les petites STEP : 11'800 t_{MS}/an (46'700 t_{MB}/an)
- Siccité moyenne : 25.7%
- Taux de matière organique moyen : 48.0%

Cette estimation est basée sur des moyennes des 5 dernières années (2017 à 2021). Une moyenne permet de lisser les variations importantes de production qui peuvent apparaître d'une année à l'autre. Une période de 5 ans est considérée comme la période la plus représentative du gisement actuel. Au-delà, le risque est de prendre en compte des éléments (évolution démographique, suivi moins précis des données, ...) qui aboutiraient à une estimation moins précise du gisement actuel.

Il est cependant à noter que la STEP de Saxon a achevé en 2019 des travaux de rénovation. Suite à ces travaux, le taux de matière organique dans les boues a chuté de 70% à environ 55%. Afin d'obtenir une vision plus juste du gisement pour la STEP de Saxon, seules les années 2020 et 2021 ont été utilisés pour l'estimation du taux de matière organique.

STEP	Production boues (t _{MS})	Siccité (%)	Taux de matière organique (%MS)	Déshydratation sur site	Digestion sur site
Bagnes-Le Châble	221.0	30.8	49.9	oui	oui
Briglina-Brig	411.6	21.4	58.4	oui	oui
Leuk-Radet	226.6	22.6	52.8	oui	oui
Martigny	685.9	29.9	60.7	oui	oui
Monthey-CIMO	3 416.6	26.3	31.5	oui	non
Nendaz-Bieudron	227.9	23.6	50.7	oui	oui
Regionale ARA-Visp	2 954.9	21.9	49.1	oui	non
Saxon	150.5	24.7	54.0	oui	non
Sierre-Granges	182.3	33.1	56.7	oui	oui
Sierre-Noës	680.8	31.7	52.0	oui	oui
Sion-Chandoline	229.1	29.9	57.8	oui	oui
Sion-Châteauneuf	527.9	30.9	52.5	oui	oui
Vétroz-Conthey	224.1	23.0	65.7	oui	oui
Zermatt	467.1	26.0	73.7	oui	non
Autres STEP	1 221.6	25.7	57.4	-	-
Total / moyenne	11 828	25.7	47.9		

Tableau 1 : Caractéristiques des boues produites pour les STEP retenues

Il est globalement accepté que le taux de matière organique des boues après digestion est de 50% à 60%. Au global, le taux de matière organique au niveau du canton Valais est donc assez faible. Ceci est dû au fait que les 2 plus grandes STEP du canton, c'est-à-dire la STEP de Monthey-CIMO et la STEP de Viège (Lonza) sont des STEP mixtes qui produisent des boues très majoritairement industrielles avec un faible taux de matière organique en comparaison des boues de STEP communales.

En effet, selon les discussions avec CIMO et Lonza, les boues traitées sur ces sites sont réparties de la manière suivante :

- CIMO : 90% boues industrielles, 10% boues communales
- Lonza : 95% boues industrielles, 5% boues communales

Les quantités de boues de ces 2 STEP représentent près de 55% du gisement valaisan comme indiqué dans le Tableau 2. Sans la prise en compte de ces 2 STEP, les boues au niveau cantonal ont un taux de matière organique de 58%, ce qui est cohérent avec des boues de STEP communales (majoritairement digérées).

Type de boues	Production boues (t _{MS})	Siccité (%)	Taux de matière organique (%MS)
Boues STEP communales	5 456	27.5	57.6
Boues STEP mixtes (CIMO et Lonza)	6 372	24.2	39.6
Total / moyenne	11 828	25.7	47.9

Tableau 2 : Répartition boues STEP communales et boues STEP mixtes

3. Projection du gisement futur

L'objectif est d'estimer le gisement futur sur un horizon d'environ 25-30 ans, qui correspond approximativement à la durée de vie d'un nouveau four.

Différents paramètres peuvent avoir un effet sur le gisement :

- Les changements dans le procédé de traitement des eaux usées, tels que la mise en place d'une digestion, le traitement des micropolluants, la récupération du phosphore,
- La régionalisation des STEP, notamment aux frontières du canton où les STEP peuvent se regrouper avec des STEP de cantons voisins,
- L'évolution démographique au niveau cantonal,
- L'évolution de l'activité industrielle.

Afin d'effectuer la projection du gisement, l'impact de ces différentes évolutions possibles ont été étudiées. Lorsque nécessaire, une projection basse, moyenne et haute a été effectuée.

3.1 Changement de procédés

3.1.1 Mise en place d'une étape de digestion

L'étape de digestion permet de réduire la quantité de boues à traiter, mais aussi de produire du biogaz pouvant ensuite servir à faire de la chaleur, notamment pour les besoins internes de la STEP (par exemple pour le maintien en température des digesteurs, le chauffage des locaux, ...), de l'électricité via une installation CCF (couple chaleur force) ou à alimenter un réseau de distribution de gaz.

Sur les 14 STEP retenues et consultées dans le cadre de l'étude, la grande majorité des STEP est déjà équipée d'une étape de digestion. Seule la STEP de Vétroz-Conthey prévoit des travaux pour l'extension de sa digestion.

L'extension de la digestion a un impact, à la fois, sur la quantité de boues produites, mais aussi sur sa qualité. L'impact exact est difficile à quantifier car il dépendra de l'objectif souhaité, du procédé (rapport boues primaires et boues biologiques) et du mode de gestion. Mais, de manière générale, on peut estimer que la quantité de matière organique sera réduite d'environ 25 à 40%. Dans le cas de la STEP de Vétroz-Conthey, il a été estimé que le taux de matière organique pourrait baisser de 66% à environ 59% avec un impact sur la quantité de boues produites.

3.1.2 Traitement des micropolluants

Les micropolluants regroupent l'ensemble des substances synthétiques que l'on retrouve dans les produits d'usages quotidiens (cosmétiques, lessives, vaisselle, bricolage, ...). Alors que les microorganismes de la STEP sont efficaces pour dégrader les polluants d'origine naturelle, ils ne détériorent pratiquement pas ces produits chimiques qui se retrouvent alors dans les

cours d'eau et lacs. Une étape de traitement supplémentaire est alors nécessaire pour abattre les micropolluants.

Suite à la mise en place de la nouvelle loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) portant notamment sur le traitement des micropolluants, les principales STEP de Suisse vont ajouter cette étape supplémentaire de traitement dans un futur proche.

Selon le retour d'expérience de TBF, l'ajout d'une étape de traitement des micropolluants n'a qu'un faible impact sur le taux de matière sèche et sur le taux de matière organique. De plus, l'impact sur la quantité de boues produites varie en fonction du procédé envisagé :

- Traitement par charbon actif grain ou micrograin : +0 à 1%
- Traitement par ozonation : +4 à 6%
- Traitement par charbon actif en poudre : +8 à 10%

Le retour des consultations des STEP montre que les STEP de Briglina-Brig, Martigny, Monthey-CIMO, Sierre-Noës et Sion-Châteauneuf vont être à terme équipées d'une installation de traitement des micropolluants. Le planning de réalisation des installations n'est pas encore connu.

Seules les STEP de Briglina-Brig et Sierre-Noës ont indiqué le type de traitement envisagé (traitement par charbon actif en poudre pour le premier et traitement par ozonation pour le second). Pour les 3 autres STEP, le type est en cours d'étude.

Dans le cadre de l'estimation future du gisement, 3 projections ont été réalisées pour ces 3 STEP. Les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Projection basse : augmentation de 1% des boues produites (les 3 STEP utiliseront un traitement par charbon actif en grain),
- Projection moyenne : augmentation de 5% des boues produites (mix entre les 3 types de traitement)
- Projection haute : augmentation de 9% des boues produites (les 3 STEP utiliseront un traitement par charbon actif en poudre).

Une approche similaire a été utilisée pour les autres STEP. En effet, l'obligation de traiter les micropolluants pourrait très bien être généralisée à l'ensemble des STEP dans le futur. Ainsi, dans le cadre de l'estimation du gisement, les hypothèses ci-dessus ont été reprises pour l'ensemble des STEP.

Le Tableau 3 résume la projection de l'évolution de production de boues suite à la mise en place du traitement des micropolluants (les chiffres indiqués prennent aussi en compte la nouvelle digestion de la STEP de Vétroz-Conthey).

Selon cette estimation, la mise en place d'une étape supplémentaire de traitement des micropolluants sur l'ensemble des STEP du canton augmenterait la production de boues d'environ 570 t_{MS}/an (projection moyenne).

STEP	Projection production boues (t _{MS}) due à la mise en place d'un traitement de micropolluants			
	Actuel	Projection basse	Projection moyenne	Projection haute
Bagnes-Le Châble	221	223	232	241
Briglina-Brig	412	445	449	453
Leuk-Radet	227	229	238	247
Martigny	686	693	720	748
Monthey-CIMO	3 417	3 451	3 587	3 724
Nendaz-Bieudron	228	230	239	248
Regionale ARA-Visp	2 955	2 984	3 103	3 221
Saxon	151	152	158	164
Sierre-Granges	182	184	191	199
Sierre-Noës	681	708	715	722
Sion-Chandoline	229	231	241	250
Sion-Châteauneuf	528	533	554	575
Vétroz-Conthey	224	189	197	204
Zermatt	467	472	490	509
Autres STEP	1 222	1 234	1 283	1 332
Total	11 828	11 958	12 397	12 836

Tableau 3 : Evolution de la production de boues due à la mise en place de l'étape de traitement des micropolluants

3.1.3 Récupération du phosphore

Le phosphore est issu de réserves minières qui sont limitées et non renouvelables. Ainsi, en 2014, l'Union Européenne a ajouté le phosphate naturel issu d'extraction minière dans la liste des matières premières critiques et incite aujourd'hui à sa récupération.

C'est pourquoi l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) exige la récupération du phosphore contenu dans les boues de STEP à partir de 2026. Il existe aujourd'hui deux possibilités de récupération du phosphore dans les boues :

- Soit la récupération à partir des boues (brutes ou digérées),
- Soit la récupération à partir des cendres des boues d'épuration incinérées.

Dans le cas de la récupération du phosphore à partir des cendres des boues d'épuration, les boues doivent être incinérées dans une installation de mono-incinération afin de conserver une concentration minimale de phosphore dans les cendres (minimum 10-20% selon le procédé utilisé). Dans ce cadre, la co-incinération avec les ordures ménagères n'est donc plus possible.

Aujourd'hui, la récupération du phosphore depuis les boues est plus chère que la récupération du phosphore depuis les cendres. Les procédés de récupération du phosphore dans les boues ont aussi un rendement de récupération bien inférieur (environ 50%) alors que les procédés de récupération du phosphore dans les cendres peuvent atteindre un rendement de récupération de 90-95%.

Pour ces raisons et à cause du nombre important de STEP, le canton du Valais a choisi de s'orienter vers un traitement du phosphore depuis les cendres issues de l'incinération des boues.

Selon le Tableau 4, le gisement actuel de phosphore est d'environ 220 t/an en moyenne. La concentration moyenne de phosphore dans les boues de STEP communales est d'environ 29 g/kg_{MS} de boues. Cette concentration correspond à la moyenne suisse qui est de l'ordre de 25-30 g/kg_{MS}. Sur la base d'une récupération du phosphore dans les cendres, la quantité de phosphore valorisé pourrait s'élever à 200 t/an.

A noter que CIMO valorise et recycle déjà plus de 90% du phosphore reçu sous forme de tricalcium phosphate utilisé comme fertilisant dans l'agriculture, soit environ 5'000 t/an.

STEP	2017	2018	2019	2020	2021	Moyenne
Bagnes-Le Châble	5.9	5.8	6.8	7.4	9.5	7.1
Briglina-Brig	16.3	13.2	-	18.7	18.5	13.3
Leuk-Radet	8.1	7.1	6.7	8.9	9.7	8.1
Martigny	19.9	18.3	16.4	21.6	16.5	18.5
Monthey-CIMO	42.4	31.5	32.4	28.3	29.5	32.8
Nendaz-Bieudron	5.9	5.6	13.0	9.6	11.1	9.0
Regionale ARA-Visp	-	46.6	-	68.7	76.9	64.1
Saxon	2.6	2.8	2.6	2.8	3.0	2.7
Sierre-Granges	3.2	5.6	6.2	5.8	6.5	5.5
Sierre-Noës	17.1	20.8	19.9	17.5	27.8	20.7
Sion-Chandoline	6.6	6.0	6.5	7.0	7.3	6.7
Sion-Châteauneuf	12.4	14.5	13.3	17.4	18.4	15.2
Vétroz-Conthey	5.6	5.9	7.8	6.4	4.8	6.1
Zermatt	9.4	8.7	11.0	10.0	9.2	9.6
Autres STEP	-	-	-	-	-	-
Total	155.4	192.4	142.6	230.1	248.7	219.5

Tableau 4 : Estimation du gisement annuel de phosphore (en tonne)

La récupération du phosphore depuis les cendres n'a pas d'impact sur le gisement de boues à traiter puisque, dans ce cadre, le procédé de récupération du phosphore ne commence qu'une fois l'étape d'incinération des boues effectuée. Les cendres seraient alors traitées de manière centralisée.

3.2 Projets de régionalisation

Les projets de régionalisation, c'est-à-dire le regroupement de plusieurs STEP sur un unique site, n'ont pas réellement d'impact sur la quantité ou la qualité des boues produites. La quantité de boues produites dépend de la population et de l'activité industrielle et non du regroupement du traitement des eaux.

En revanche, certains projets de régionalisation effectués en collaboration avec les cantons voisins peuvent avoir un impact sur le gisement avec des STEP entrant ou sortant du périmètre de gestion du canton du Valais (STEP valaisannes rattachées à des STEP de cantons voisins ou STEP de cantons voisins rattachées à des STEP valaisannes).

A connaissance, uniquement le projet FuturoSTEP à la STEP de Monthey-CIMO entre dans ce cadre. Dans ce projet, en plus des communes déjà raccordées à la STEP (Monthey et Massongex), il est prévu d'ajouter les communes Bex, Champéry, Gryon, Lavey, St-Maurice, Troistorrents, Val d'Illeiez, et Vérossaz au site de Monthey-CIMO. Aujourd'hui, les boues d'épuration issues des STEP de Bex, Gryon et Lavey-St-Maurice sont comptabilisées sur le canton de Vaud et devront être prises en compte dans le gisement futur du Valais.

Le Tableau 5 résume les projections faites pour ces 3 STEP dans le cadre de l'étude du gisement du canton de Vaud.

STEP	Gisement de boues en t _{MS} /an (projection basse / projection moyenne / projection haute)			
	2021	2030	2040	2050
Bex	218	164 / 176 / 188	174 / 191 / 209	180 / 204 / 230
Gryon	16	18 / 19 / 19	19 / 20 / 22	20 / 22 / 24
Lavey-St-Maurice	83	93 / 96 / 99	98 / 104 / 111	102 / 111 / 121
Total	317.3	276 / 291 / 307	291 / 316 / 342	302 / 337 / 375

Tableau 5 : Estimation du gisement de boues des STEP sur territoire vaudois raccordées à la STEP de Monthey-CIMO dans le cadre du projet FuturoSTEP

3.3 Evolution démographique

Hormis des modifications majeures au niveau des industries (voir chapitre 3.4), l'impact le plus important sur la production de boues d'épuration est certainement celui de l'évolution démographique.

Afin de quantifier cet impact, le Service de statistique et de péréquation a été contacté afin d'obtenir les dernières informations disponibles en termes de perspectives démographiques pour le canton du Valais.

Sur la base de considérations économiques, politiques et sociales au niveau cantonal mais aussi du contexte national et international, le Service cantonal produit différents scénarios d'évolution démographiques possibles (voir Figure 2).

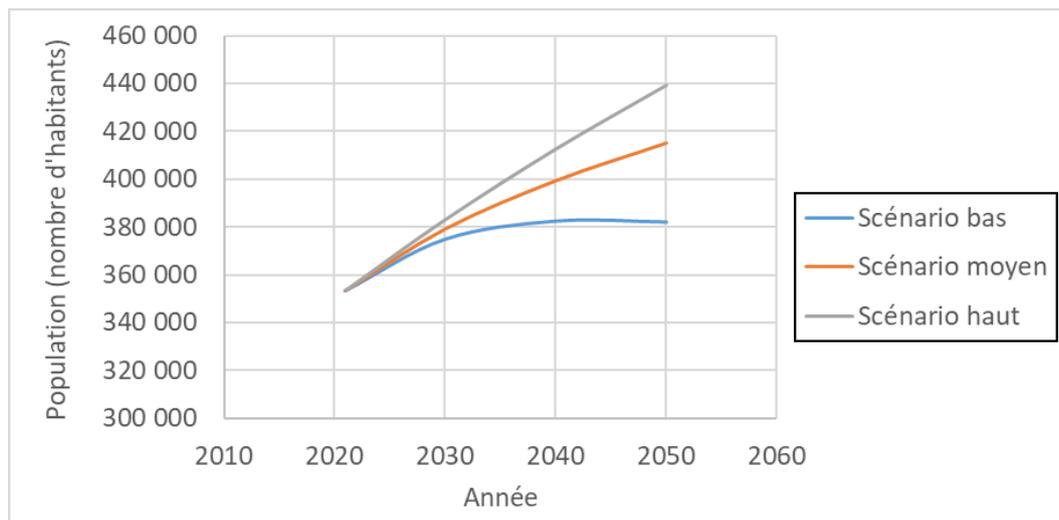


Figure 2 : Population valaisanne projetée jusqu'en 2050, selon 3 scénarios

D'après ces informations, il est anticipé que la population valaisanne pourrait augmenter d'environ 17% à l'horizon 2050 selon le scénario moyen avec une incertitude de +6% et -8%.

Dans le cadre de l'étude de gisement, il peut être raisonnablement supposé que la quantité de boues communales produites (mis à part les évolutions de procédés) soit directement proportionnelle à l'évolution de la population.

La figure ci-dessous représente l'évolution de la production de boues communales entre 2011 et 2021. L'augmentation de la production de boues au cours de ces 10 années a été d'environ 8%. En parallèle, l'augmentation de la population a été d'environ 13%. On voit donc une certaine proportionnalité entre l'évolution de la production de boues et de la population. L'augmentation de la production de boues a cependant été plus faible. Cette différence a été imputée au fait que le suivi des données dans le passé n'était pas aussi précis que maintenant. De plus, des changements de procédés tels que la mise en place d'une digestion sur certains sites ont pu impacter négativement la production de boues.

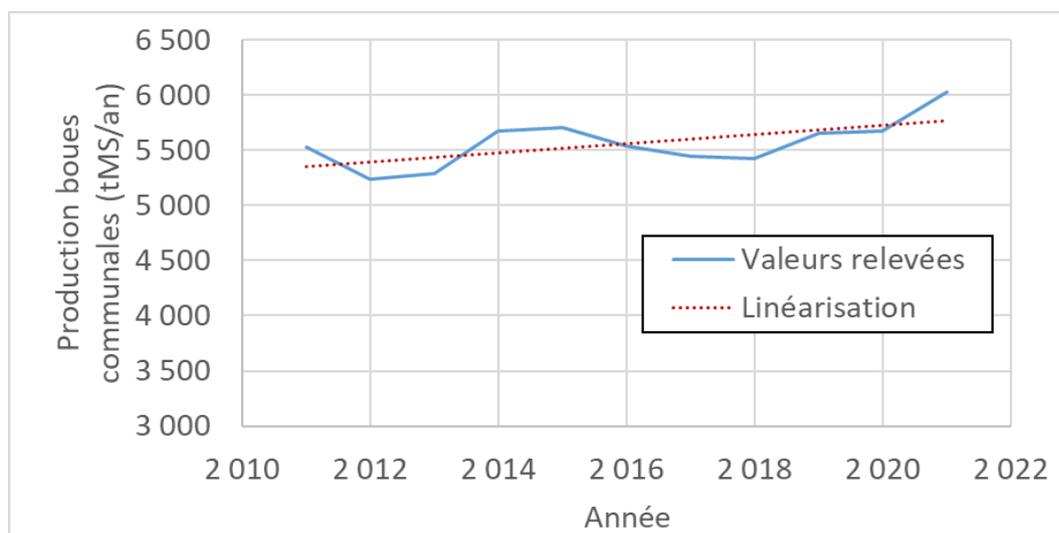


Figure 3 : Evolution de la production de boues communales au cours de 10 dernières années

3.4 Evolution de la production des boues industrielles

Selon les discussions avec CIMO et Lonza, les évolutions attendues en termes de production de boues industrielles sont les suivantes :

- CIMO : augmentation de 0 à 1'000t_{MS}/an d'ici 5 ans,
- Lonza ; augmentation d'environ 1'000t_{MS}/an d'ici 5 ans.

Les 2 sites n'ont pas de visibilité quant à l'évolution de la production de boues à plus long terme (> 5 ans). Ces 2 sites n'ont donc pas été pris en compte dans les estimations du gisement à long terme.

3.5 Projection finale du gisement

Sur la base de ce qui précède (changement de procédé, projet de régionalisation FuturoSTEP, évolution démographique), la projection quant au gisement de boues communales peut être produite et est présentée en Figure 4.

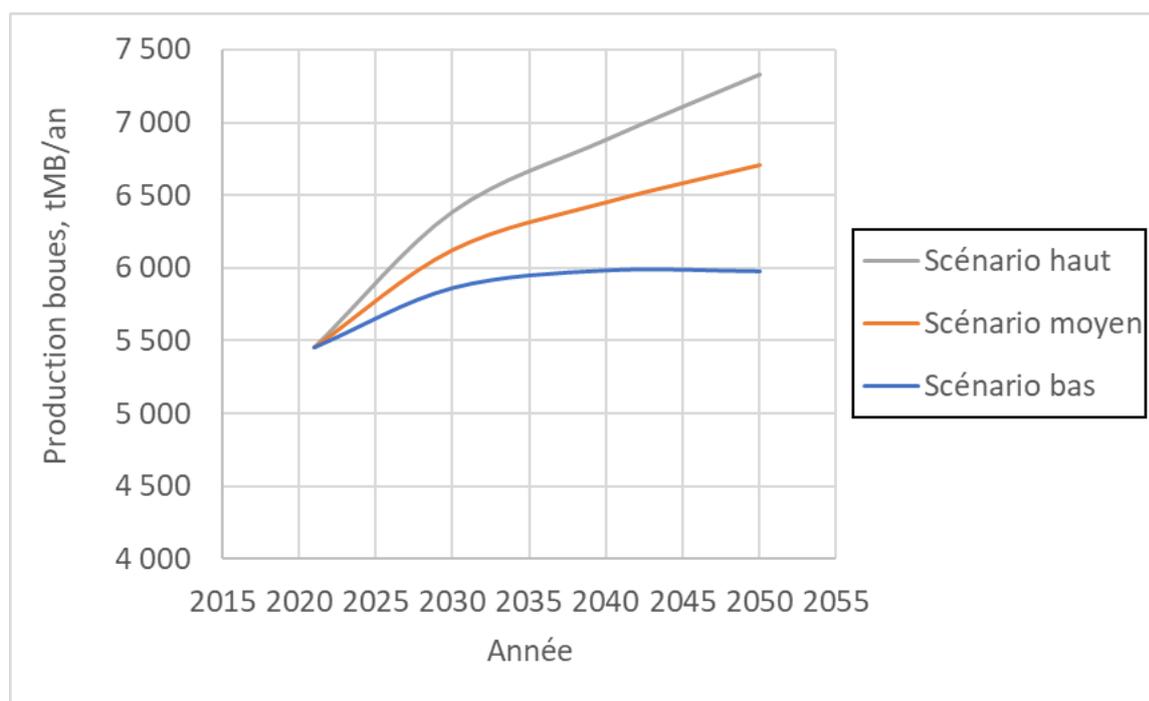


Figure 4 : Projection de la production de boues communales (matière sèche) au niveau du cantonal sur la période 2020 - 2050

Avec un gisement actuel de 5'450 t_{MS}/an, il est estimé que le gisement de boues communales atteindra (selon le scénario moyen) 6'400 t_{MS}/an en 2040 et 6'600 t_{MS}/an en 2050. Dans le détail, les évolutions sont les suivantes (pour le scénario moyen) :

- Changement de procédés (digestion, traitement micropolluants) : +5%
- Evolution démographique de 2021 à 2040 : +13.5%
- Evolution démographique de 2040 à 2050 : +4.5%

Cas		Gisement boues (t _{MS} /an)	Siccité (%)	Taux de matière organique (%MS)
Situation actuelle		5 450	27.5	57.6
Projection 2040	Scénario bas	6 000	27.5	57.3
	Scénario moyen	6 450	27.5	57.3
	Scénario haut	6 900	27.5	57.3
Projection 2050	Scénario bas	6 000	27.5	57.3
	Scénario moyen	6 700	27.5	57.3
	Scénario haut	7 350	27.5	57.3

Tableau 6 : Projection finale du gisement de boues communales

En ce qui concerne les STEP mixtes, seule une projection à court terme a été possible due au manque de visibilité à l'horizon 2040-2050.

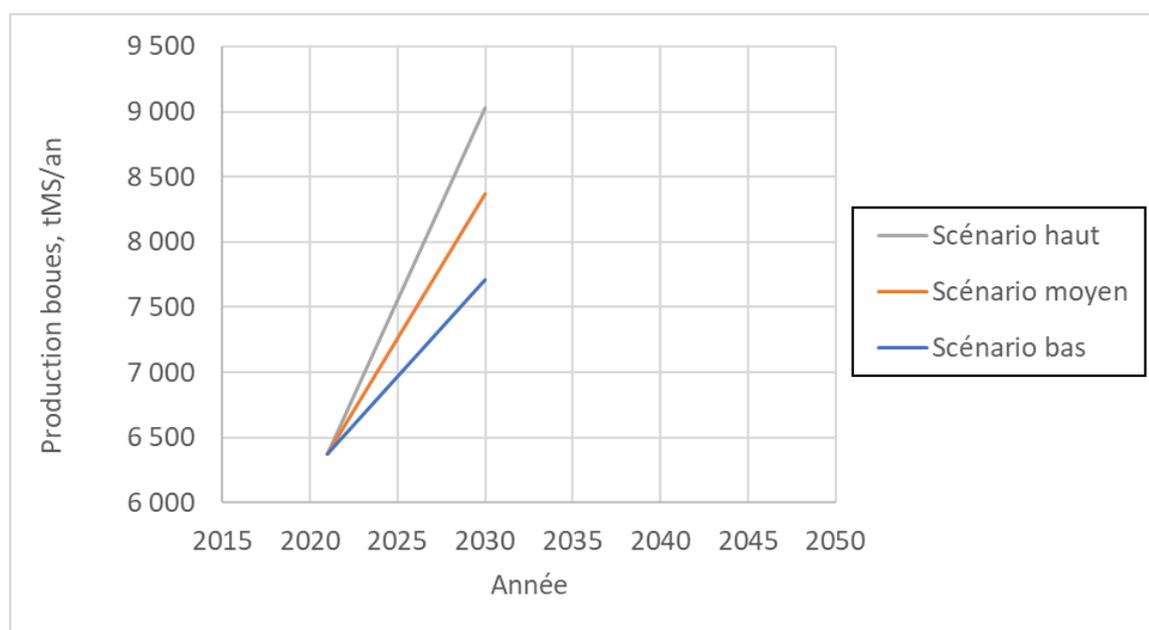


Figure 5 : Projection de la production de boues mixtes (matière sèche) au niveau cantonal sur la période 2020 – 2030 (pas de visibilité à plus long terme)

Le détail du gisement par STEP est fourni en annexes 1 et 2.

A titre d'information, la Figure 6 montre la localisation des principales productions de boues communales. Les quantités de boues produites sont indiquées pour la projection moyenne à 2050.

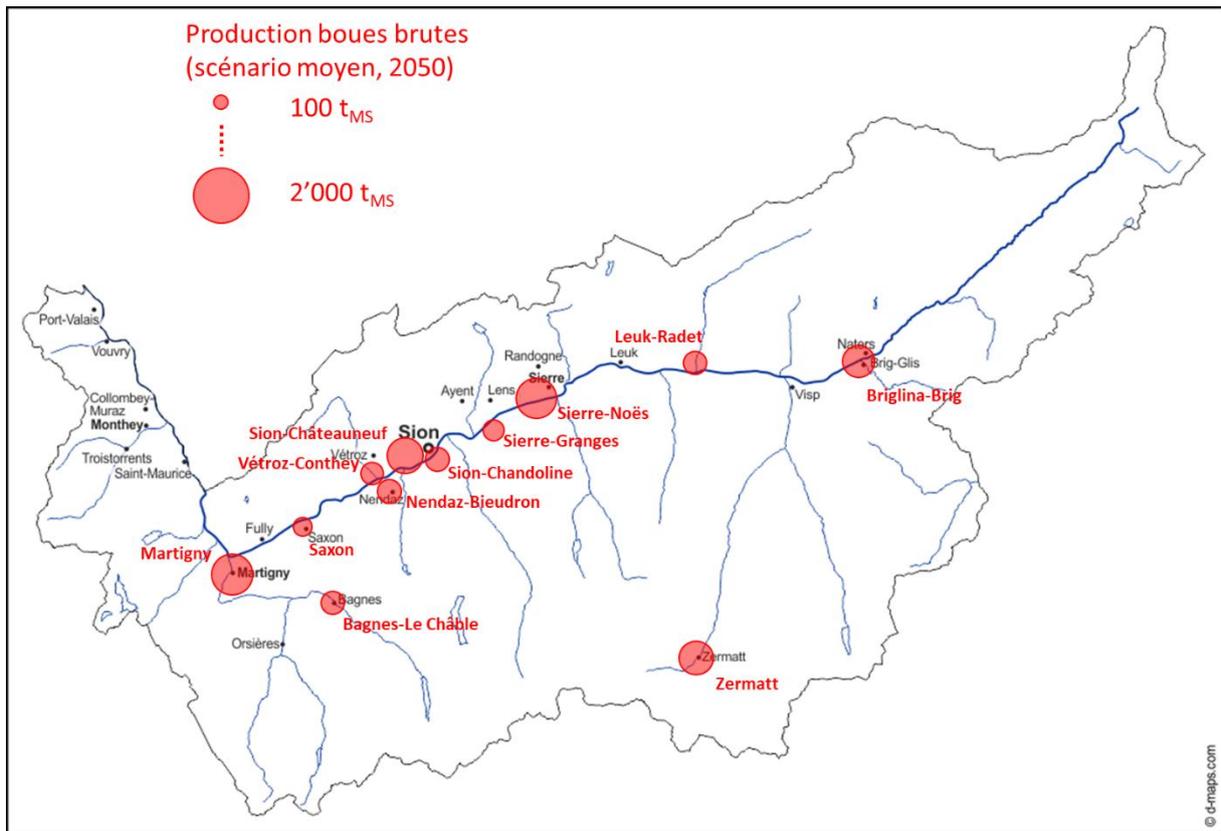


Figure 6 : Répartition géographique des principales sources de boues de STEP communales, par lieu de production

4. Modèles d'incinération

4.1 Introduction

Depuis 2006, l'épandage agricole ou la mise en décharge des boues d'épuration est interdite en Suisse.

Actuellement, il existe plusieurs sites au niveau cantonal permettant l'incinération des boues : ENEVI qui traite des boues communales, CIMO et Lonza qui traitent des boues mixtes et Satom qui co-incinère des boues communales avec des ordures ménagères.

Les fours de CIMO et Lonza ont atteint ponctuellement leur limite de capacité et ne peuvent pas prendre de capacité supplémentaire sans remplacer leur four actuel.

De plus, comme indiqué au chapitre 0, le canton du Valais a choisi de s'orienter vers une récupération du phosphore à partir des cendres issues de l'incinération de boues. Ainsi, la co-incinération des boues avec les ordures ménagères ne sera alors plus possible.

Afin de garantir les capacités de traitement des boues dans le futur au niveau cantonal, la réalisation d'une ou plusieurs usines d'incinération des boues sera donc nécessaire à terme sur le territoire du Valais.

Dans ce cadre, un des objectifs de cette étude est de proposer et d'étudier plusieurs modèles d'incinération, puis de les comparer afin de pouvoir proposer le modèle le plus pertinent.

4.2 Définition des modèles d'incinération

4.2.1 Co-incinération des boues industrielles et des boues communales

Suite aux discussions avec les entreprises CIMO et Lonza, les boues présentent une certaine charge de polluants, principalement des métaux lourds (notamment le chrome) qui se retrouveront dans les cendres issues de leur incinération qui devront alors être stockées dans des décharges spécialisées.

Or, ce n'est pas le cas des cendres issues de l'incinération des boues communales. Ainsi, la co-incinération des boues industrielles et des boues communales ne feraient donc qu'augmenter le volume de cendres devant être stockées en décharge souterraine et représenterait un coût supplémentaire d'évacuation ainsi qu'une pression supplémentaire sur la filière de stockage dont les capacités tendent à diminuer.

De plus, selon l'avis des industries, cette co-incinération aura un impact sur la possibilité de récupération du phosphore, avec tout d'abord une réduction de la concentration du phosphore dans les cendres (voir chapitre 0), mais aussi à cause de la présence de ces polluants.

Enfin, comme indiqué précédemment, l'évolution des quantités de boues industrielles produites manque de visibilité, ce qui rendra difficile la planification des exutoires à long terme.

Vu la position des industries et les éléments exposés ci-dessus, la présente étude ne poursuit pas la voie de la co-incinération des boues industrielles et communales.

A noter que, dans le cadre de l'étude, plusieurs scénarios prenant en compte une co-incinération des boues industrielles et des boues communales ont été réalisés. Ceci dit, sur la base de ce qui précède, seuls les scénarios considérant l'incinération des boues communales sont présentés dans ce rapport.

4.2.2 Lieux potentiels pour la réalisation d'un incinérateur

Deux lieux ont été identifiés pour la réalisation potentielle d'un incinérateur (illustrés dans la Figure 7) :

- Le site d'ENEVI qui traite déjà actuellement des boues,
- A Gamsen où une installation d'incinération des boues pourrait être installée sur le site de l'usine d'incinération et de valorisation des déchets.

Les sites de CIMO et Lonza n'ont pas été retenus comme site potentiel suite aux conclusions du chapitre 4.2.1. Le site de Satom n'a pas non plus été considéré car la co-incinération déchets et boues ne sera plus possible dans le cadre de la récupération du phosphore et Satom n'a pas exprimé le souhait de réaliser une installation indépendante d'incinération des boues.

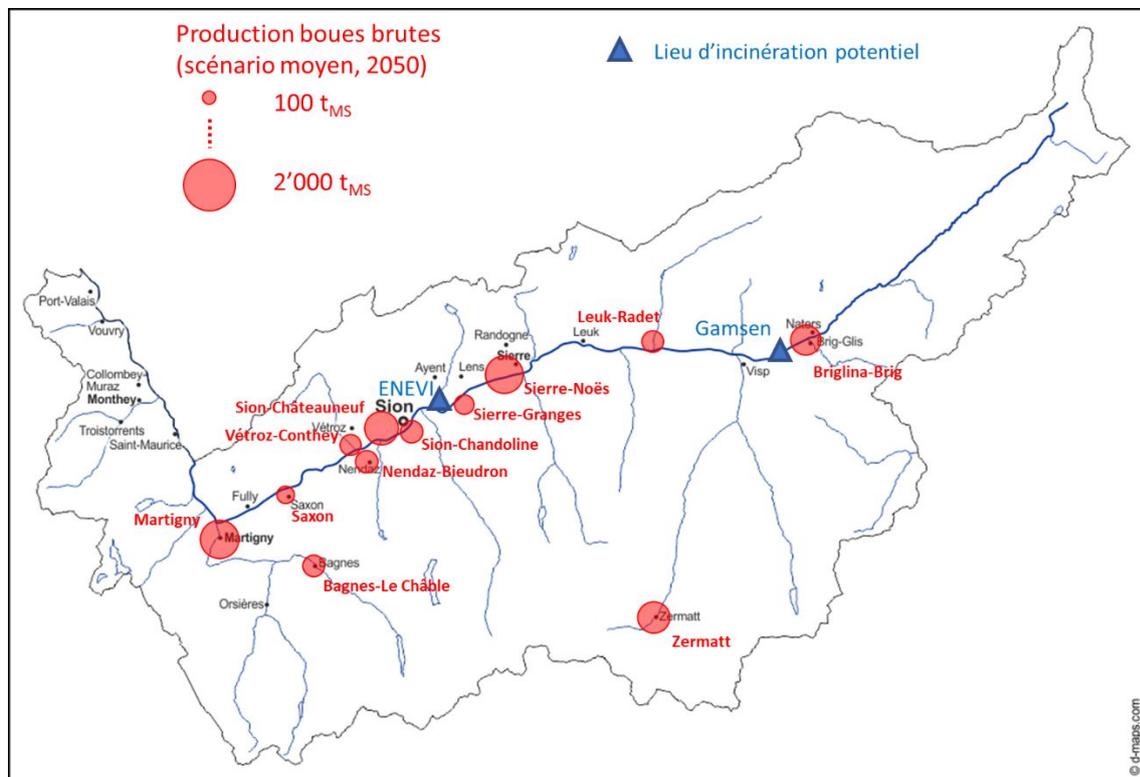


Figure 7 : Lieux potentiels pour la réalisation d'un incinérateur

4.2.3 Identification des modèles d'incinération

Dès lors, deux modèles d'incinération possibles ont été étudiés :

- Scénario A : un seul four d'incinération à ENEVI,
- Scénario B : deux fours d'incinération dont un à ENEVI et un à Gamsen.

Pour chaque scénario, il est considéré que les STEP envoient leurs boues produites vers l'exutoire le plus proche :

- Pour le scénario A, ENEVI traiterait les boues de l'ensemble des STEP communales du Valais,
- Pour le scénario B, Gamsen traiterait les boues des STEP de Leuk-Radet, Briglina-Brig et Zermatt. (voir Figure 8) et ENEVI traiterait les boues des autres STEP communales.

Concernant les petites STEP, elles ont été proportionnellement réparties vers les 2 exutoires en fonction de la quantité de boues traitées (pour le scénario B uniquement).

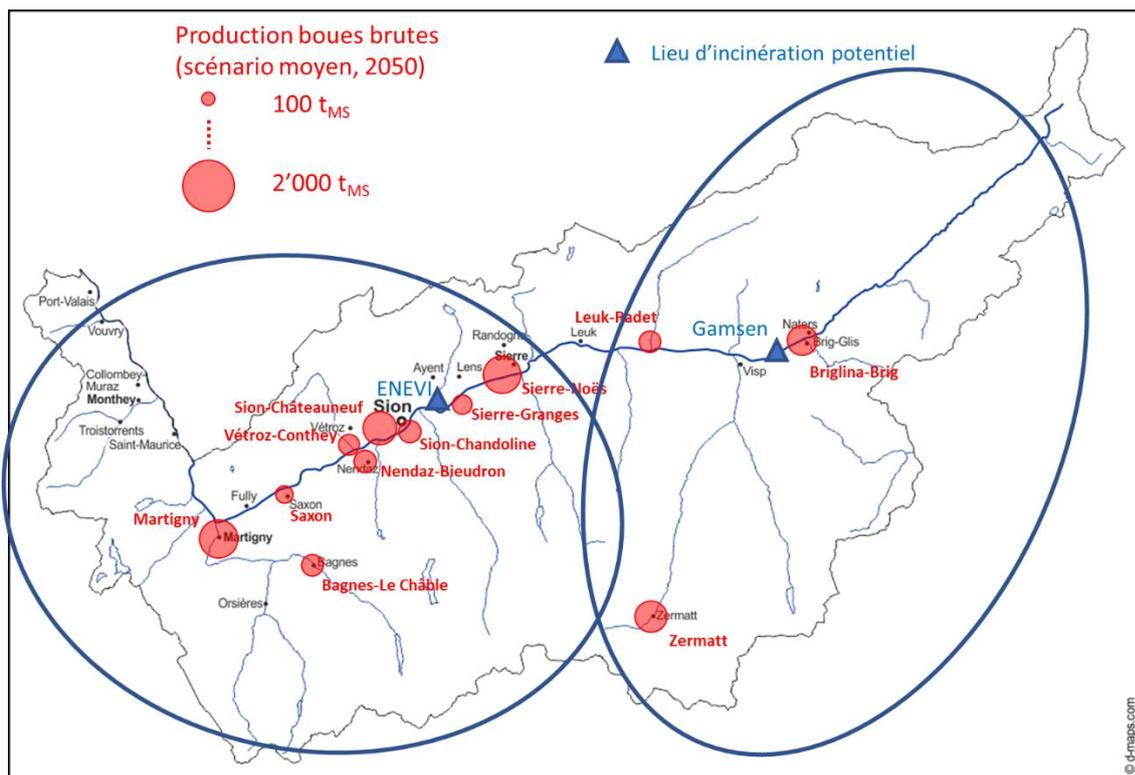


Figure 8 : Répartition du territoire vers les exutoires dans le cas du scénario B

Dans le cas du scénario B, Gamsen traiterait environ un tiers des boues du canton et ENEVI deux tiers comme illustré dans la Figure 9.

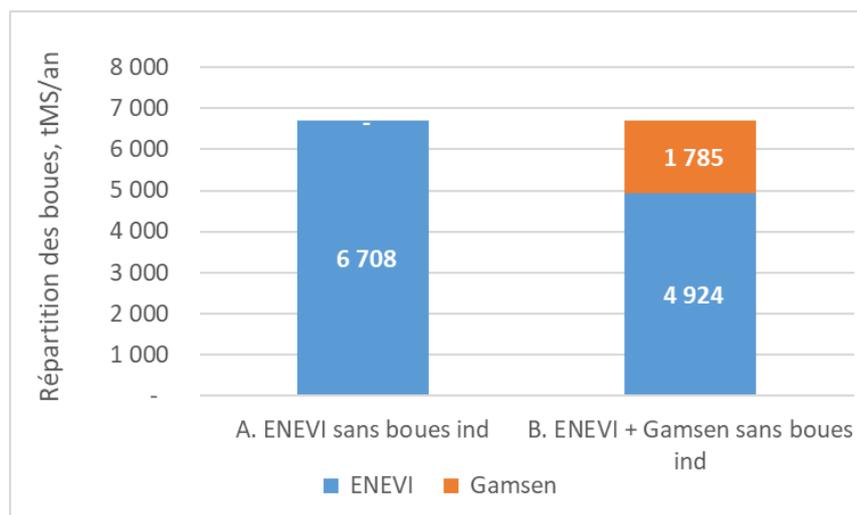


Figure 9 : Répartition des boues par exutoire et par scénario à l'horizon 2050

A noter que la prise en compte des boues du Chablais vaudois pourrait représenter un complément de gisement de l'ordre de 2'900t_{MS}/an à l'horizon 2050. Ces boues proviendraient principalement des STEP d'Aigle et de Roche (qui traite aussi les boues de Montreux et Vevey) ainsi que de plus petites STEP du Chablais vaudois.

4.3 Etude des modèles d'incinération

4.3.1 Critères étudiés

Les critères étudiés pour cette étude sont les suivants :

- La valorisation énergétique,
- Les coûts d'investissement,
- Les coûts d'exploitation,
- Les risques ou points d'attention pour chaque scénario.

Les émissions de CO₂ liées au transport des boues vers les exutoires ont aussi été étudiées, mais n'ont pas été retenues comme critère de comparaison car ses émissions sont négligeables par rapport aux émissions de CO₂ dues à l'incinération des boues. En effet, les émissions annuelles de CO₂ liées au transport des boues sont d'environ 70t pour le scénario A et de 45t pour le scénario B alors que l'incinération des boues du canton représente environ 7'000t de CO₂ par an. Le transport représente donc moins de 1% des émissions totales.

Il a été supposé que chaque installation d'incinération des boues était composée de la manière suivante :

- Un stockage en silos des boues déshydratées avec système de dépotage des boues externes,
- Un sécheur pour augmenter la siccité des boues et atteindre leur autothermicité,

- Un four à lit fluidisé avec préchauffage de l'air de fluidisation,
- Un traitement des fumées avec :
 - Une étape de dépoussiérage (récupération des cendres pour une valorisation future du phosphore),
 - Une étape de réduction des polluants par ajout de réactifs (charbon actif et bicarbonate de sodium) et captage par filtre à manche,
 - Une étape de lavage des fumées pour la réduction de l'ammoniac contenu dans les fumées.
- Une étape de valorisation énergétique (turbine et/ou chaleur),
- Un stockage des réactifs et des résidus (environ 2 semaines).

Pour chaque scénario, un dimensionnement préliminaire de chaque four a été réalisé avec un outil de modélisation développé par TBF (Figure 10).

Cette modélisation a permis d'obtenir les paramètres principaux servant de base à l'estimation des coûts d'investissement et d'exploitation (puissance four, puissance sécheur, débit fumées, consommation de réactifs, production de résidus, ...), mais aussi de quantifier l'énergie valorisable.

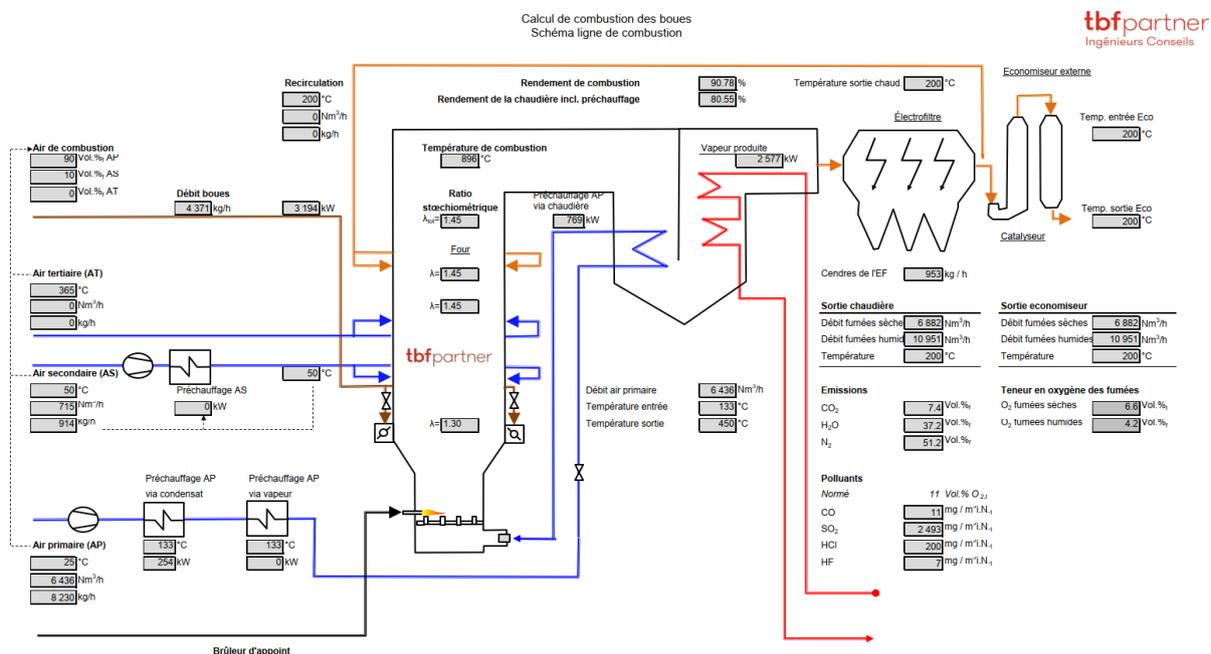


Figure 10 : Exemple de résultats issus de l'outil de modélisation TBF pour la combustion des boues

4.3.2 Valorisation énergétique

Pour ce critère, la possibilité de valoriser l'énergie issue de l'incinération des boues en électricité et/ou chaleur a été vérifiée.

Globalement, il apparaît que la puissance des fours était trop faible (voir Tableau 7) pour justifier financièrement la mise en place d'une turbine.

Scénario	ENEVI	Gamsen
A : un four, ENEVI	1.8MW	-
B : 2 fours, ENEVI et Gamsen	1.3MW	0.5MW

Tableau 7 : Puissance estimée des fours par site et par scénario

En effet, une étude effectuée récemment au sein de TBF a montré que la production électrique minimale devait être au moins de 700-800 kW_e pour éventuellement pouvoir justifier les investissements nécessaires à la réalisation d'une turbine à vapeur. Dans le cas du scénario A, l'éventuelle turbine pourrait produire environ 250-300 kW_e. La réalisation d'une nouvelle turbine ne serait à priori pas justifiée financièrement quel que soit le scénario. En revanche, les 2 sites possèdent déjà une turbine dans le cadre de la valorisation en électricité de la chaleur produite par l'incinération des ordures ménagères. Il serait donc envisageable, avec un investissement raisonnable sur l'existant, de valoriser la chaleur produite par le four d'incinération de boues en électricité via la turbine existante. L'adéquation du dimensionnement des turbines existantes reste à confirmer.

En ce qui concerne la valorisation en chaleur, le site d'ENEVI peut valoriser la chaleur produite dans le réseau de chauffage à distance existant. A noter que l'augmentation de la production de chaleur du site devra éventuellement s'accompagner d'une extension du réseau CAD afin de consommer cette énergie supplémentaire.

Sur le site de Gamsen, une valorisation de la chaleur est en place depuis 2011 sous forme de vapeur envoyée à Lonza. Dans le futur, le site prévoit aussi la fourniture de chaleur au réseau de chauffage à distance de Viège.

Le tableau ci-dessous résume par scénario les quantités de chaleur valorisable supplémentaire (en plus de l'énergie déjà valorisée actuellement, hors incinération des boues).

Scénario	ENEVI	Gamsen	Energie totale valorisable
A : un four, ENEVI	800kW	-	800kW
B : 2 fours, ENEVI et Gamsen	550kW	200kW	750kW

Tableau 8 : Energie valorisable estimée par site et par scénario

Au global, l'énergie valorisable est très similaire pour les 2 scénarios. Elle est légèrement plus faible dans le cas du scénario B dû au fait qu'il y aurait 2 installations distinctes et donc des pertes thermiques plus importantes.

Dans les 2 cas, une partie des boues pourraient être digérées ou redigérées pour permettre une production de biogaz. Cependant, cette possibilité de valorisation ne serait pas possible sans un investissement supplémentaire. Le fait d'avoir un autre moyen de valorisation pourrait éventuellement permettre d'adapter la production en fonction de la demande (plus de production de biogaz en été lorsque la demande en chaleur est faible et plus de production de chaleur en hiver avec une production de biogaz plus faible).

4.3.3 Coûts d'investissement

Dans le cadre de cette étude, les coûts d'investissement suivants ont été estimés :

- Le four avec le réchauffeur d'air de fluidisation,
- Le sécheur,
- Le traitement des fumées,
- Le stockage des boues déshydratées, des réactifs et des résidus,
- La valorisation énergétique,
- Le génie civil (nouveau bâtiment et fondations équipements),
- Le CVCS (Chauffage, Ventilation, Climatisation et Sanitaire),
- L'ECC (Electricité et Contrôle-Commande).

Comme illustré à la Figure 11, les coûts d'investissement s'élèveraient à environ CHF 19'000'000 pour le scénario A et CHF 23'000'000 pour le scénario B. Ces estimations se basent sur des offres de constructeurs reçus pour des projets d'envergure similaire effectués récemment par TBF. L'incertitude sur ces montants s'élève à environ +/-25%. L'écart entre les 2 scénarios est d'environ 20%. Bien que l'écart soit du même ordre de grandeur que l'incertitude, il est anticipé que cet écart entre les 2 scénarios soit maintenu puisqu'il est principalement dû au fait que la réalisation d'installations de plus petite taille coûte plus chère par MW que des installations plus grandes. Pour une même puissance globale, deux fours représenteront toujours un coût d'investissement plus important qu'un seul four.

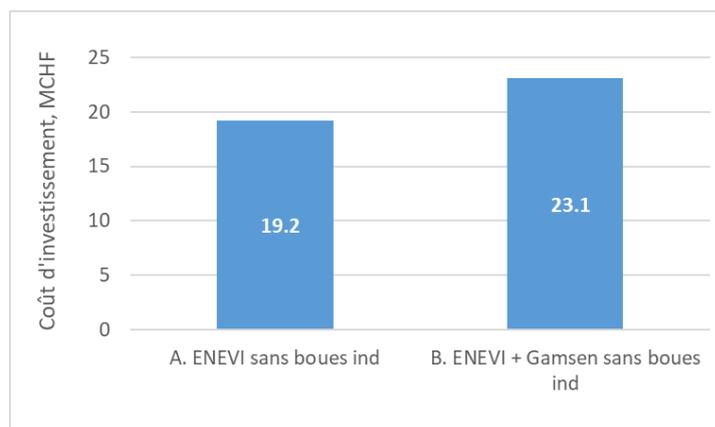


Figure 11 : Coûts d'investissement global par scénario pour le traitement thermique des boues

Il est à noter qu'ENEVI possède déjà une installation d'incinération des boues. Par conséquent, une partie des équipements pourrait éventuellement être réutilisée. De même, le site de Gamsen possède aussi des installations qui pourraient être communalisées (production d'utilité, stockage, pesée, bâtiment, ...). Cette réutilisation d'équipements pourrait permettre de réduire l'investissement. Ce point n'a cependant pas été pris en compte dans le cadre de cette étude puisqu'il nécessiterait une étude approfondie de dimensionnement et un audit des équipements pour estimer leur durée de vie résiduelle en fonction de l'âge et l'état des équipements. Cette étude pourrait être effectuée dans le cadre d'une étude d'avant-projet.

4.3.4 Coûts d'exploitation

De manière générale, les coûts d'exploitation incluent :

- Les coûts de maintenance et d'exploitation des équipements,
- L'amortissement des équipements,
- Les coûts de personnel,
- Les coûts d'achat des réactifs,
- Les coûts de production des utilités,
- Les coûts d'élimination des résidus.

Les coûts de maintenance des équipements ainsi que les coûts de personnel seront plus élevés dans le scénario B par rapport au scénario A puisqu'il peut être considéré qu'il y aura deux fois plus d'équipements à exploiter dans le scénario B et que deux équipes d'exploitation seront nécessaires (une sur chaque site).

En revanche, la consommation des réactifs et la production des résidus (et donc les coûts associés) seront globalement les mêmes pour les 2 scénarios puisqu'elles dépendent directement des boues incinérées et des polluants contenus dans les boues.

Dans cette analyse, les coûts liés à l'amortissement n'ont pas été inclus car le coût d'investissement est déjà un critère. Pour les mêmes raisons, les recettes liées à la valorisation énergétique n'ont pas été prises en compte dans ce critère.

Au global et sur la base de ce qui précède, il est estimé que les coûts d'exploitation seront 20 à 25% plus élevés dans le scénario B par rapport au scénario A.

4.3.5 Risques / points d'attention

Aucun risque rédhibitoire n'a été identifié dans cette analyse pour l'un ou l'autre scénario. En revanche, quelques points d'attention ont été notés.

Dans le cas du scénario A :

- La présence d'un seul exutoire au niveau cantonal nécessite un plan d'évacuation des boues intercantonal pour traiter les boues pendant les arrêts de maintenance du four. En effet, sauf quelques exceptions, les STEP ont une capacité d'une à deux semaines de stockage sur site. A noter aussi que la plupart des STEP stockent les boues déshydratées dans des bennes. Un stockage de bennes supplémentaires devrait pouvoir être possible. De plus, une collaboration intercantonale est déjà en place.

Dans le cas du scénario B :

- Un transfert intercantonal serait aussi à prévoir, mais dans une moindre mesure puisque le second four pourra reprendre au moins une partie des boues.
- La puissance du four à Gamsen serait relativement basse (0.5MW). Souvent, les fours inférieurs à 1MW ne fonctionnent pas en permanence pour garantir une exploitation à puissance supérieure. Ainsi, un stockage de boues plus important est nécessaire. La gestion du personnel est alors aussi plus difficile (gestion du personnel pendant les phases d'arrêt).

4.3.6 Comparaison des scénarios

Le tableau ci-dessous compare les 2 scénarios étudiés.

Critère	Scénario A : ENEVI	Scénario B : ENEVI + Gamsen
Emissions CO ₂ (transport + incinération)	-	-0.3%
Valorisation énergétique	800kW	750kW
Coût d'investissement	-	+20%
Coût d'exploitation	-	+20 à +25%
Risques / points d'attention	- Collaboration intercantonale nécessaire pendant arrêt du four	- Taille du four à Gamsen - Collaboration intercantonale (moindre)

Tableau 9 : Comparaison des scénarios

Par rapport au scénario B, le scénario A propose des coûts d'investissement et d'exploitation plus faibles d'environ 20%.

Les 2 scénarios offrent un niveau de valorisation énergétique très comparable. La quantité d'énergie valorisable n'est que marginalement plus élevée dans le cadre du scénario A.

Pour les 2 scénarios, les risques identifiés sont considérés plutôt comme modérés et en aucun cas rédhibitoires. Le niveau de risque de chaque scénario est relativement comparable.

Sur la base de cette analyse, il est recommandé de considérer le scénario A c'est-à-dire le scénario avec un seul four à ENEVI pour traiter l'ensemble des boues du Valais.

5. Conclusions

Le gisement actuel de boues d'épuration est estimé à presque 12'000 t_{MS}/an , soit près de 47'000 t_{MB}/an . La part de boues mixtes a été estimée à 54% du gisement total. Sur la base des changements de procédés anticipés et sur l'évolution démographique, il est estimé que le gisement de boues communales s'élèvera à 6'400 t_{MS}/an en 2040 et 6'600 t_{MS}/an en 2050. Il n'y a pas de visibilité quant à l'évolution des boues industrielles à cette échelle de temps.

Ce rapport a étudié deux modèles d'incinération des boues communales du canton. Suite aux échanges avec les industries, la co-incinération des boues industrielles et des boues communales n'a pas été retenue notamment à cause des polluants contenus dans les boues industrielles nécessitant alors un stockage spécifique des cendres d'incinération et impactant la possibilité de récupérer le phosphore.

Les 2 modèles d'incinération étudiés sont A - un four à ENEVI et B - deux fours, à ENEVI et Gamsen. Le scénario A propose des coûts d'investissement et d'exploitation plus faible principalement dû au fait qu'il n'y aurait qu'un seul four à réaliser et à exploiter. La quantité d'énergie valorisable dans les 2 scénarios est très similaire. Sur cette base, le scénario A, avec un seul four à ENEVI est donc recommandé dans le cadre de la planification de la gestion des boues du territoire valaisan.

Annexe 1 : Projection 2040 du gisement par STEP

STEP	Scénario bas (t_{MS}/an)	Scénario moyen (t_{MS}/an)	Scénario haut (t_{MS}/an)
Bagnes-Le Châble	242	262	281
Briglina-Brig	481	507	529
Leuk-Radet	248	269	288
Martigny	750	814	873
Monthey-CIMO	Pas de projection à long terme		
Nendaz-Bieudron	249	271	290
Regionale ARA-Visp	Pas de projection à long terme		
Saxon	165	179	192
Sierre-Granges	199	216	232
Sierre-Noës	767	808	843
Sion-Chandoline	251	272	292
Sion-Châteauneuf	578	627	672
Vétroz-Conthey	205	222	238
Zermatt	511	555	595
Autres STEP	1 336	1 450	1 556
Total	5 982	6 453	6 882

Annexe 2 : Projection 2050 du gisement par STEP

STEP	Scénario bas (t_{MS}/an)	Scénario moyen (t_{MS}/an)	Scénario haut (t_{MS}/an)
Bagnes-Le Châble	241	273	300
Briglina-Brig	481	527	563
Leuk-Radet	248	280	307
Martigny	750	847	930
Monthey-CIMO	Pas de projection à long terme		
Nendaz-Bieudron	249	281	309
Regionale ARA-Visp	Pas de projection à long terme		
Saxon	164	186	204
Sierre-Granges	199	225	247
Sierre-Noës	766	840	898
Sion-Chandoline	250	283	311
Sion-Châteauneuf	577	652	716
Vétroz-Conthey	205	231	254
Zermatt	510	576	633
Autres STEP	1 335	1 508	1 657
Total	5 976	6 708	7 329