



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'énergie OFEN
Secrétariat Exemplarité énergétique de la Confédération

18 novembre 2016

Analyse consolidée des potentiels d'énergies renouvelables et d'exploitation des rejets de chaleur

Des acteurs du projet Exemplarité énergétique de la Confédération

Rapport de l'Office fédéral de l'énergie à l'intention du Conseil fédéral



Impressum

Direction de projet : Secrétariat Exemplarité énergétique de la Confédération

Olivier Meile, Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Stefanie Steiner et Thomas Weisskopf, Weisskopf Partner GmbH

Membres du groupe de travail Analyse des potentiels du groupe Exemplarité énergétique de la Confédération

Caroline Adam, armasuisse Immobilier

Christoph Affentranger, Conseil des EPF

Markus Bernath, La Poste suisse

Dominik Brem, ETH Zürich

Andreas Puder, Office fédéral des constructions et de la logistique (OFCL)

Markus Ruch, Chemins de fer fédéraux (CFF)

Pascal Salina, Swisscom SA

Daniel Vauthey, Skyguide

En cas de différence avec la version allemande: la version allemande fait foi.



Table des matières

Résumé	4
1. Situation initiale	8
2. Méthodologie	10
2.1. Procédure appliquée lors de la consolidation	10
2.1.1. <i>Les notions de potentiels</i>	10
2.1.2. <i>Variantes</i>	11
2.1.3. <i>Choix des agents énergétiques</i>	12
2.2. Évolution de la consommation énergétique	12
2.3. Coûts	12
3. Consommation énergétique et production d'énergies renouvelables des acteurs VBE	13
4. Potentiels de chaleur par acteur	14
4.1. Solaire thermique	14
4.2. Bois	16
4.3. Approvisionnement en biogaz depuis le réseau	19
4.4. Energies de l'environnement (pompes à chaleur)	19
4.5. Raccordements aux réseaux de chaleur de proximité / à distance	23
4.6. Exploitation des rejets de chaleur	24
4.7. Production de chaleur et d'électricité à partir de la biomasse grâce au couplage chaleur-force	26
5. Potentiels d'électricité par acteur	30
5.1. Photovoltaïque (PV)	30
5.2. Énergie hydraulique	32
5.3. Énergie éolienne	34
6. Potentiels énergétiques de tous les acteurs	36
6.1. Chaleur	36
6.2. Électricité	39
7. Coûts d'investissement	41
7.1. Coûts d'investissement pour l'exploitation des potentiels de chaleur	41
7.1.1. <i>Solaire thermique</i>	41
7.1.2. <i>Bois</i>	41
7.1.3. <i>Energies de l'environnement</i>	41
7.1.4. <i>Raccordements aux réseaux de chaleur de proximité / à distance</i>	42
7.1.5. <i>Exploitation des rejets de chaleur</i>	42
7.1.6. <i>Chaleur et électricité issue de la biomasse (CCF)</i>	42
7.2. Coûts d'investissement pour l'exploitation des potentiels réalistes d'électricité	43
7.2.1. <i>Photovoltaïque</i>	43
7.2.2. <i>Énergie hydraulique</i>	43
7.2.3. <i>Énergie éolienne</i>	43
7.3. Résumé et interprétation des coûts d'investissement	44
7.3.1. <i>Chaleur</i>	44
7.3.2. <i>Électricité</i>	46
8. Mise en œuvre et obstacles	47
9. Prochaines étapes	48
Références bibliographiques	49
Annexe: Aperçu de l'ensemble des potentiels en MWh/an	50



Résumé

Se basant sur la Stratégie énergétique 2050, le Conseil fédéral a mandaté, le 30 novembre 2011, l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) de mettre sur pied un secrétariat « Exemplarité énergétique de la Confédération (VBE) ». Un groupe de coordination a été établi pour assurer le pilotage et la coordination de ce projet. Celui-ci comprend l'administration fédérale civile, le Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports DPPS, l'ensemble du Domaine des EPF ainsi que les entreprises proches de la Confédération que sont les CFF, La Poste, Skyguide et Swisscom.

En rapport avec l'exploitation du potentiel d'énergies renouvelables dans les bâtiments, le Conseil fédéral a invité chaque acteur de VBE à réaliser une analyse individuelle du potentiel d'exploitation d'énergies renouvelables. En raison de contextes très variés et des potentiels déjà déterminés en fonction de différents agents énergétiques, les acteurs concernés ont réalisé leurs analyses de potentiels de manière individuelle et selon diverses méthodes. Les résultats de ces analyses ont été consolidés dans le présent rapport.

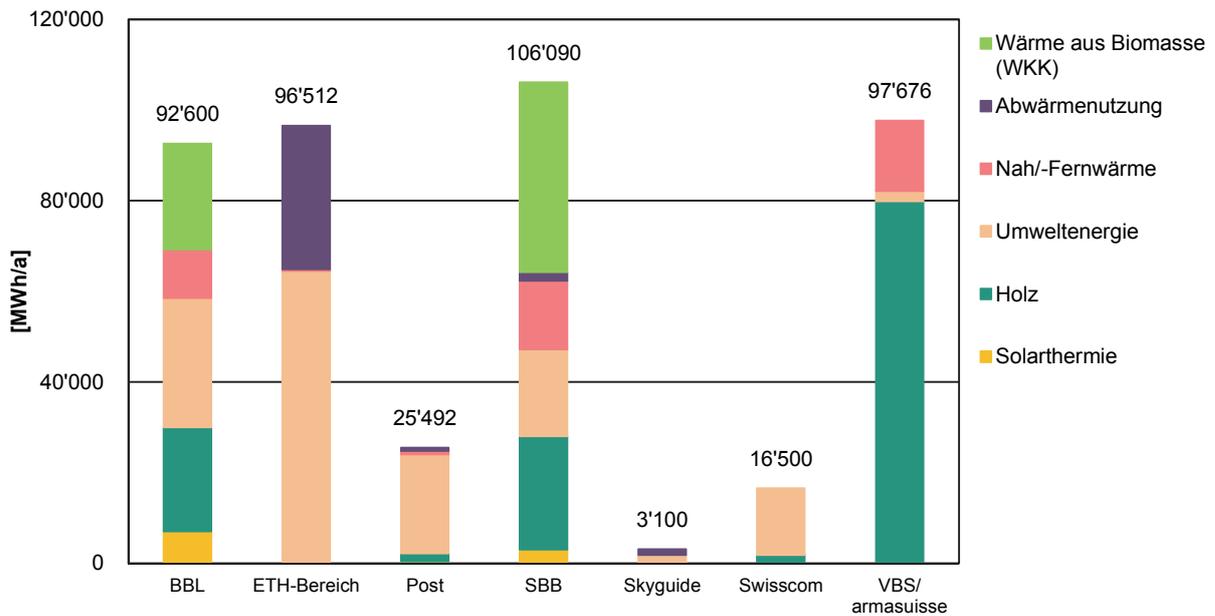
Situation initiale

Le mix énergétique actuel constitue le point de départ pour déterminer une utilisation supplémentaire d'énergies renouvelables. Chez les acteurs participant au projet « Exemplarité énergétique de la Confédération », il s'avère que l'électricité consommée provient déjà de sources renouvelables à 88%, dont 10% sont issus de leur propre production de courant. En ce qui concerne la production de chaleur provenant de sources renouvelables, le taux de 40% est bien inférieur à celui de la production d'électricité, dont 71% issue de production propre. Les potentiels identifiés représentent la production annuelle possible si l'entier du potentiel disponible était exploité.

Potentiel de production de chaleur et de froid renouvelables

Les différentes analyses effectuées par les acteurs participant au projet « Exemplarité énergétique de la Confédération » indiquent un potentiel technique global de 438 GWh/an pour la chaleur (et le froid pour le Domaine des EPF) produite à partir des énergies renouvelables. Le plus grand potentiel technique se situe au niveau de l'exploitation d'énergie de l'environnement (35%), suivi du bois (30%). Moins d'un tiers du potentiel technique est économiquement rentable, car la rentabilité d'installations de production de chaleur dépend significativement du contexte de l'installation. Par exemple, le niveau de température de la distribution de chaleur est prépondérant pour la rentabilité d'une pompe à chaleur. Ce type de considérations locales n'a pas pu être pris en compte dans le cadre de cette analyse pour un parc immobilier de plusieurs centaines à un millier d'unités.

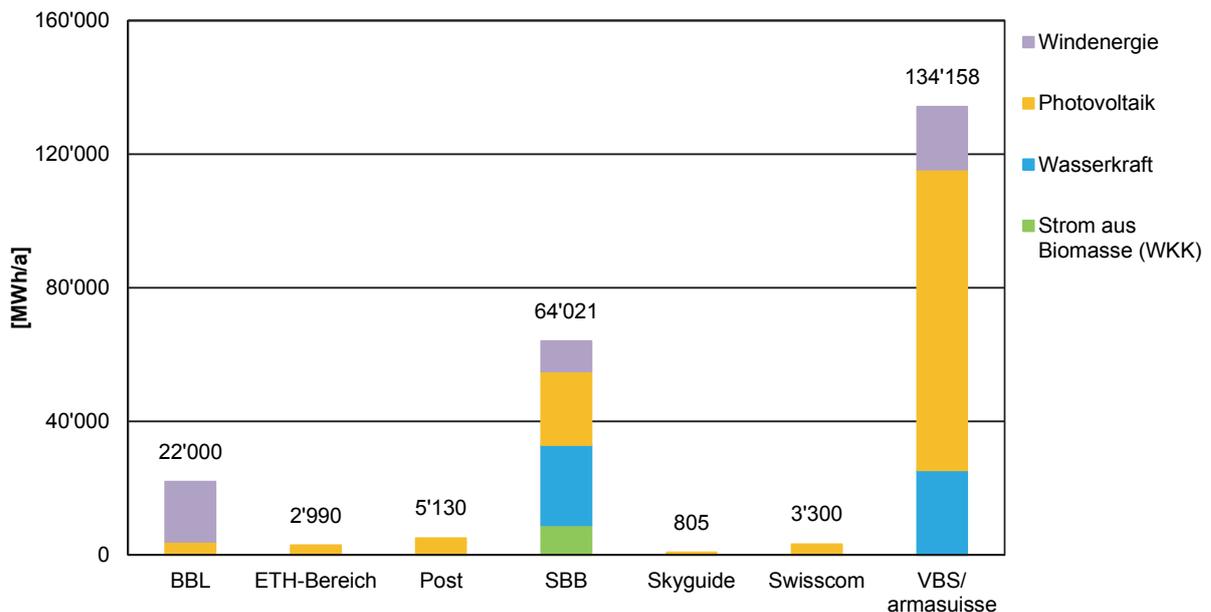
Les potentiels techniques des différents acteurs sont présentés dans le graphique 1. Le graphique révèle que les plus grands potentiels techniques ont été définis chez les acteurs CFF, DDPS/armasuisse, OFCL et Domaine des EPF.



Graphique 1: Potentiels techniques en matière de production de chaleur/froid

Potentiel de production d'électricité issue de sources renouvelables

Dans le domaine de l'électricité, la notion de « potentiel réaliste » fait son apparition. Il s'agit du potentiel qui aurait le plus de chances d'être vraisemblablement réalisé en raison d'une situation technique favorable et de facteurs déterminants en matière de coûts (cf. chapitre 2.1.1 pour en obtenir la définition détaillée). Il ressort, des analyses effectuées par les acteurs concernés, un potentiel réaliste de 232,4 GWh/an pour la production d'électricité issue de sources renouvelables. Le potentiel le plus important réside dans l'exploitation de l'énergie solaire, suivi des énergies hydraulique et éolienne. Plus de 50% de ce potentiel se trouve chez l'acteur DDPS (cf. graphique 2). En considérant le potentiel réaliste, le taux actuel de 10% d'autoproduction d'électricité des acteurs concernés, rapporté à l'ensemble de leur consommation électrique, pourrait augmenter jusqu'à 26% (sans le courant de traction, qui est actuellement déjà issu à 90% de sources renouvelables).



Graphique 2: Potentiels réalistes d'électricité



Coûts d'investissement

L'estimation des coûts d'investissement se base sur le potentiel technique uniquement, en raison de données manquantes quant au potentiel économique. En estimant que 50% du potentiel technique pourra être réalisé et que les installations devront être remplacées dans les 20 à 30 prochaines années, il faut compter des investissements supplémentaires de l'ordre de CHF 59 millions. D'autres investissements, qui sont usuellement réalisés en même temps que le remplacement du chauffage, ne sont pas pris en compte.

	Potentiel technique [GWh/an]	Coûts d'investissement supplémentaires par rapport au remplacement d'appareils fonctionnant aux énergies fossiles pour un taux de mise en œuvre de 50% [en mio. CHF]
Solaire thermique	11	8
Bois	131	30
Énergies de l'environnement (sans le Domaine des EPF)	88	27
Réseaux de chaleur de proximité/à distance	42	-6
Total	272	59

Tableau 1: Estimation approximative des coûts d'investissement supplémentaires par rapport au remplacement des énergies d'origine fossile pour une exploitation de 50% du potentiel technique de chaleur.

Les coûts d'investissement pour l'exploitation des rejets thermiques, de la chaleur issue de la biomasse (CCF) et de l'utilisation des énergies de l'environnement sont estimés, pour le Domaine des EPF, à des montants compris entre CHF 215 mio. et CHF 230 mio. (à noter toutefois que les coûts relatifs à l'exploitation des rejets thermiques et à l'utilisation des énergies de l'environnement dans le Domaine des EPF ne sont que partiellement disponibles). Ces coûts doivent être considérés en grande partie comme des investissements supplémentaires.

Les coûts d'investissement relatifs à l'exploitation de l'intégralité du potentiel réaliste d'électricité sont estimés à environ CHF 371 mio. La majeure partie de ces coûts d'investissement sont attribués aux installations photovoltaïques étant donné qu'elles renferment le plus grand potentiel.

	Potentiel réaliste [GWh/an]	Coûts d'investissement [mio. CHF]
Photovoltaïque	128	202
Énergie hydraulique	49	85
Énergie éolienne	46	69
Électricité issue de la biomasse (CCF)	9	15
Total	232	371

Tableau 2: Potentiels réalistes d'électricité et estimation approximative des coûts d'investissement



Mise en œuvre et obstacles

Pour les acteurs de VBE, il est prévu que les énergies fossiles ne soient utilisées qu'exceptionnellement, que ce soit pour le remplacement du chauffage ou dans le neuf. Si cette mesure est mise en œuvre de manière conséquente, les acteurs de VBE couvriront leurs besoins de chaleur de manière renouvelable d'ici à 30 ans (soit grâce aux énergies renouvelables, soit grâce à l'achat de biogaz). En même temps les émissions de CO₂ des acteurs de VBE seront drastiquement diminuées contribuant ainsi à atteindre les objectifs climatiques de la Confédération.

Pour tous les acteurs, l'obstacle majeur à la mise en œuvre des potentiels d'exploitation des énergies renouvelables réside dans la mise à disposition des fonds d'investissement nécessaires. Cela concerne également les solutions considérées comme économiques par rapport à la durée de vie des installations. En effet, les premiers investissements sont la plupart du temps plus élevés que ceux consentis pour des variantes conventionnelles. Pour les grandes installations, qui produisent en principe également de l'énergie destinée à être vendue à des externes, le fait de consentir des engagements financiers hors du domaine opérationnel ou de l'activité principale de l'acteur concerné, apparaît comme un obstacle financier supplémentaire. Par ailleurs, alors que certains sites sont parfaitement adaptés à la production d'électricité, les acteurs concernés n'en ont pas forcément besoin. Etant donné que l'OFCL, le Domaine des EPF et le DDPS/armasuisse ne disposent d'aucun mandat législatif pour produire et vendre de l'énergie, les potentiels présents sur de tels sites ne peuvent pas y être exploités en l'état.

Prochaines étapes

Après avoir identifié les potentiels et les obstacles à leurs mises en œuvre, les acteurs participant au projet « Exemplarité énergétique de la Confédération » ont élaboré les prochaines étapes pour exploiter le potentiel des énergies renouvelables:

1. Les acteurs remplacent les chauffages fonctionnant aux énergies fossiles qui doivent être remplacés (p.ex. si l'appareil arrive en fin de vie ou s'il est endommagé) par des systèmes de production de chaleur fonctionnant aux énergies renouvelables. Les nouvelles installations doivent également utiliser des agents énergétiques renouvelables. Exception faite de cas particuliers, comme les groupes électriques de secours tels qu'ils sont définis dans le catalogue de mesures VBE. Cette stratégie permettra aux acteurs concernés de produire leur chaleur majoritairement à partir d'énergies renouvelables d'ici une trentaine d'années.
2. D'ici fin 2017, les acteurs élaborent des plans d'action individuels afin de gérer au mieux les potentiels des énergies renouvelables et l'exploitation des rejets de chaleur. La rentabilité économique est prise en compte. Ces plans d'action sont élaborés à partir des résultats de l'analyse des potentiels, puis coordonnés avec les stratégies énergétiques et de développement durable ainsi qu'avec les fonds d'investissement mis à disposition.



1. Situation initiale

Se basant sur la Stratégie énergétique 2050, le Conseil fédéral a mandaté, le 30 novembre 2011, l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) de mettre sur pied un secrétariat « Exemplarité énergétique de la Confédération (VBE) ». Un groupe de coordination a été établi pour assurer le pilotage et la coordination de ce projet. Celui-ci comprend l'administration fédérale civile (représentée par l'Office fédéral des constructions et de la logistique OFCL, le programme RUMBA de gestion des ressources et de management environnemental et le Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports DPPS), l'ensemble du Domaine des EPF ainsi que les entreprises proches de la Confédération que sont les CFF, La Poste, Skyguide et Swisscom.

Le 16 septembre 2011, en lien avec le rapport environnemental 2011 de l'administration fédérale, le Conseil fédéral a notamment confié le mandat suivant à l'Office fédéral des constructions et de la logistique (OFCL) : « *L'OFCL a pour mission d'analyser les possibilités de renforcer la production et l'utilisation des énergies renouvelables dans les bâtiments existants de l'administration fédérale.* » Dans ce but, une analyse externe a été commanditée. En août 2013, le Conseil fédéral a pris connaissance du rapport correspondant de l'OFCL « Analyse des potentiels relative aux énergies renouvelables ». Dans le cadre de la séance du Conseil fédéral du 14 août 2013, aucun accord n'a pu être trouvé en raison de questions en suspens concernant le financement et la mise en œuvre des mesures; le traitement de la note de discussion « Analyse des potentiels relative aux énergies renouvelables » a donc été ajourné. Par la suite, les différents offices fédéraux se sont entendus sur le fait qu'une vue d'ensemble de tous les immeubles de la Confédération était nécessaire pour élaborer des bases de décision en ce qui concerne la mise en œuvre et le financement de mesures. Par conséquent, le Conseil fédéral a défini la procédure suivante le 13 août 2014:

- a. le DDPS (armasuisse) a pour mission, d'ici mi-2015, d'analyser les possibilités de renforcer la production et l'utilisation des énergies renouvelables sur ses sites et dans ses bâtiments. L'analyse des potentiels doit fournir une estimation des coûts et démontrer les avantages à entreprendre de telles mesures.
- b. Le Domaine des EPF et les entreprises intéressées comme La Poste, les CFF, Skyguide et Swisscom sont invités, dans le cadre du groupe de coordination « Exemplarité énergétique de la Confédération », à élaborer leur propre analyse des potentiels d'ici mi-2015. Ils sont informés de la présente décision par le DETEC (OFEN).
- c. Le DETEC (OFEN) est chargé de consolider ces analyses de potentiels, d'établir d'ici mi-2016 le plan d'action « Nouvelles énergies renouvelables à la Confédération et dans les entreprises intéressées », et de soumettre la motion correspondante auprès du Conseil fédéral au nom du Groupe de coordination « Exemplarité énergétique de la Confédération ».

Dans ce contexte, le groupe « Exemplarité énergétique de la Confédération » a repris la mesure 02 « Rejets de chaleur et énergies renouvelables : analyse des potentiels » dans le catalogue de mesures communes. Tous les acteurs du projet VBE ont sélectionné cette mesure et ont déclaré leur intention d'élaborer une analyse des potentiels. En conséquence, le Groupe de coordination « Exemplarité énergétique de la Confédération » a formé un groupe de travail avec des représentants de tous les acteurs, lequel a déterminé la marche à suivre pour élaborer et consolider ces analyses de potentiels (voir à ce sujet le chapitre 2).



En mars 2015, le Conseil fédéral a été informé du fait que les analyses de potentiels de l'ensemble des acteurs participant au projet ne seraient disponibles que fin 2016 après une compilation consolidée des données. Les conclusions de ce travail sont synthétisées dans le présent rapport.



2. Méthodologie

Avant ce mandat, la majeure partie des acteurs participant au projet « Exemplarité énergétique de la Confédération » avaient déjà déterminé les potentiels d'un ou de plusieurs agents énergétiques, dont ils avaient regroupé les résultats dans des études parfois volumineuses. Le groupe de travail VBE a décidé d'intégrer ces travaux aux analyses de potentiels sans en modifier le caractère, afin que les ressources déjà investies une première fois puissent être pleinement réutilisées pour le projet. Le groupe de travail a par ailleurs décidé de déterminer les potentiels à l'étude de manière individuelle pour chaque acteur. Cette procédure a été retenue au vu des contextes très différents dans lesquels évolue chaque acteur. On peut entre autres évoquer le nombre de sites (de deux à plusieurs centaines) ou les potentiels eux-mêmes (p.ex. la chaleur issue de tunnels ou la chaleur/l'électricité provenant des traverses de chemin de fer ou du lisier).

Pour tous les acteurs (hormis Skyguide) le potentiel économique n'a été relevé que de manière partielle. En effet, la rentabilité d'installations de production de chaleur dépend significativement du contexte de l'installation. Ceci est particulièrement vrai pour les installations de production de chaleur. A titre d'exemple, le niveau de température de la distribution de chaleur est prépondérant pour la rentabilité d'une pompe à chaleur. Pour les installations à copeaux de bois, c'est la nécessité d'installer un filtre et la facilité de mise à disposition d'une place de stockage des copeaux qui est prépondérante. Ce type de considérations locales n'a pas pu être pris en compte dans le cadre de cette analyse pour un parc immobilier de plusieurs centaines à un millier d'unités¹. Quand cela était possible, les acteurs ont déduit le potentiel économique du potentiel technique. Par exemple, pour les CFF, la part de chauffages au bois rentables selon les conventions d'objectifs a été rapportée à l'ensemble du portefeuille.

2.1. Procédure appliquée lors de la consolidation

Chaque analyse des potentiels a été mise à l'étude et, si nécessaire, des compléments d'informations ont été apportés. Les potentiels des différents acteurs ont ensuite été compilés sous forme de tableaux, tandis que les procédures employées et les résultats ont été résumés. Pour consulter les procédures employées en détail, il faut se référer aux analyses de potentiels de chaque acteur concerné.

Les principes adoptés dans le cadre de la présente compilation consolidée sont décrits dans les chapitres suivants.

2.1.1. Les notions de potentiels

Chaque analyse est basée sur des notions différentes de potentiels. Les principales notions employées dans la plupart des études sont les suivantes:

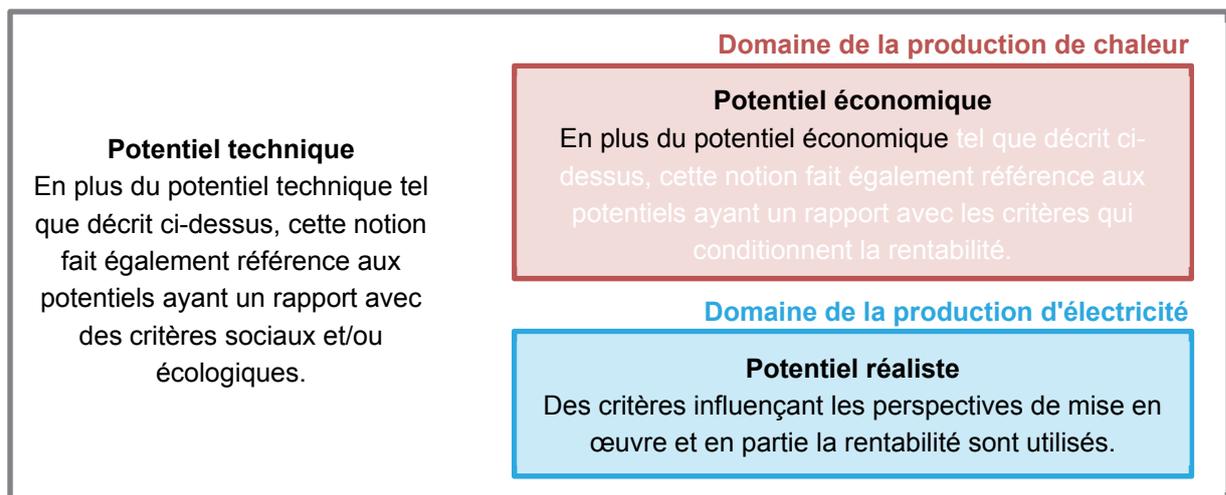
- Potentiel théorique: Le potentiel théorique se rapporte à l'offre physique théorique d'un agent énergétique dans un périmètre donné et dans un intervalle de temps déterminé.
- Potentiel technique: Le potentiel technique est la part du potentiel théorique utilisable compte tenu des restrictions techniques données.
- Potentiel économique: Le potentiel économique est la part du potentiel technique obtenu, si les coûts de revient se situent dans la même fourchette que les coûts globaux de systèmes concurrents. Les coûts externes (c.-à-d. les coûts générés par l'impact sur l'environnement) et les éventuels coûts de compensation des émissions de CO₂ des chauffages fonctionnant aux énergies fossiles par le biais des certificats CO₂ n'ont pas été pris en considération.

¹ Exception faite de Skyguide, car cette entreprise n'est exploitée que sur deux sites ; dans ce cas, le potentiel économique a été calculé.



Au sein même des notions de potentiels, différents critères ont été impliqués en fonction des agents énergétiques et de l'acteur concerné (p.ex. la taille des surfaces de toitures techniquement utilisables pour des installations photovoltaïques a été déterminée par l'acteur lui-même). Certaines études utilisent d'autres critères qui tiennent compte des aspects sociaux (p.ex. raisons d'esthétique du paysage pour une installation éolienne). Les potentiels ne sont pas toujours exprimés en fonction de ces notions, mais selon différentes catégories d'utilisation. Pour tenir compte de ces différents aspects, on travaille, au niveau de la compilation consolidée, avec les notions de potentiels technique, économique et réaliste; ces définitions ont été élargies de la manière suivante (cf. également le Graphique 3):

- Potentiel technique (chaleur et électricité) :
La notion de potentiel technique est élargie, de sorte que l'on puisse également faire référence aux potentiels qui prennent en compte les aspects écologiques et sociaux.
- Potentiel économique (chaleur) :
Sur le plan des agents énergétiques dans le domaine de la chaleur, il est fait référence au potentiel économique lorsque ce dernier est disponible. Il comprend les potentiels pour lesquels une étude de rentabilité a été réalisée, de même que les potentiels pour lesquels des installations intéressantes sur le plan financier ont été sélectionnées au moyen de critères définis.
- Potentiel réaliste (électricité) :
Pour ce qui est de l'électricité abordée dans les études de chaque acteur, la majeure partie des réflexions portent sur le potentiel qui aurait vraisemblablement le plus de chance d'être réalisé. Par exemple, il n'est pas réaliste d'imaginer que la moindre petite surface de toit soit équipée de panneaux solaires photovoltaïques, même si cela est économiquement supportable. La rentabilité a également partiellement été prise en considération selon des critères adaptés et, dès lors, intégrée dans le potentiel réaliste.



Graphique 3: Notions de potentiels utilisées et significations

2.1.2. Variantes

Plusieurs variantes ont généralement été prises en compte, notamment dans les études de faisabilité détaillées. Le présent rapport mentionne chaque fois la variante la plus économique.



2.1.3. Choix des agents énergétiques

Dans certaines analyses de potentiels, lorsque plusieurs agents énergétiques étaient disponibles, certains ont été choisis en priorité suite au calcul de chaque potentiel individuel. Le présent rapport mentionne les potentiels qui ont été indiqués dans chaque analyse pour chaque agent énergétique (avant l'établissement des priorités). Il se peut donc que le potentiel d'un acteur soit plus important que la consommation effective.

2.2. Évolution de la consommation énergétique

Les potentiels totaux calculés pour la chaleur et l'électricité renouvelables sont mis en relation avec la consommation d'énergie effective (voir le chapitre 6). Les calculs se basent sur la consommation actuelle; des extrapolations sont ensuite effectuées pour estimer l'évolution de la consommation à l'avenir.

2.3. Coûts

Des estimations relatives aux coûts d'investissement sont formulées sur une base consolidée pour l'ensemble des acteurs (voir chapitre 7). Le potentiel réaliste (en kW) est utilisé comme base de calcul dans le domaine de la production d'électricité, puis une estimation des coûts totaux est effectuée au moyen des coûts d'investissement spécifiques (CHF/kW).

Dans le domaine de la production de chaleur, une estimation est réalisée pour le solaire thermique, le bois, les énergies de l'environnement et les réseaux de chaleur de proximité/à distance pour savoir ce que coûterait une mise en œuvre de 50% du potentiel technique. Cette procédure est privilégiée étant donné que le potentiel économique n'est qu'en partie disponible. Pour le calcul des coûts, la puissance nécessaire est ensuite estimée sur la base des quantités d'énergie. A cet effet, on convertit en puissance (en kW) 2 000 heures de fonctionnement à plein régime pour les quantités d'énergie. Comme pour le potentiel d'électricité, les coûts d'investissement totaux sont ensuite estimés au moyen de coûts d'investissement spécifiques (CHF/kW). Pour l'exploitation des rejets thermiques et les installations CCF, les coûts indiqués dans les analyses de potentiels des différents acteurs ont été compilés. Les hypothèses spécifiques à chaque agent énergétique figurent au chapitre 7.



3. Consommation énergétique et production d'énergies renouvelables des acteurs VBE

La consommation actuelle d'électricité et de chaleur des acteurs de VBE constitue le point de départ pour augmenter la part des énergies renouvelables. La consommation énergétique et la production existante d'énergie à partir de sources renouvelables sont consignées dans le rapport annuel de VBE. Le Tableau 3 ci-dessous illustre la consommation énergétique et la production d'énergie à partir de sources renouvelables conformément au rapport de 2015.

Chez les acteurs participant au projet « Exemplarité énergétique de la Confédération », l'électricité provient déjà de sources renouvelables à 88%, dont 10% sont issus de leur propre production de courant. En ce qui concerne la production de chaleur provenant de sources renouvelables, le taux de 40% est bien inférieur à celui de la production d'électricité (les énergies de l'environnement ont également été comprises dans la consommation de chaleur; voir à ce sujet la note de bas-de-page b) sous le Tableau 3).

Le courant de traction, qui ne fait pas partie de l'analyse des potentiels, est produit à plus de 90% à partir d'énergies renouvelables. Les CFF prévoient d'augmenter encore ce taux.

	OFCL ^{a)}	Domaine des EPF	La Poste ^{b)}	CFF	Skyguide	Swiss com	DDPS	Total
Consommation énergétique [GWh/an]								
- Chaleur/froid (renouvelable) ^{c)}	18,5	210,0	23,3	22,8	0,1	14,1	81,4	370,3
- Chaleur (non renouvelable)	65,5	47,4	58,3	178,9 ^{d)}	1,9	41,5	153,7	547,2
Total Chaleur/froid	84,0	257,4	81,6	201,7	2,0	55,6	235,1	917,4
- Électricité (non renouvelable)	1,1	82,2	0,0	83,2	0,3	0,0	0,0	166,8
- Électricité (renouvelable)	104,0	283,7	110,1	160,1	12,1	434,0	173,2	1 277,2
Total Électricité (sans le courant de traction)	105,1	365,9	110,1	243,3 ^{e)}	12,4	434,0	173,2	1 444,0
Production d'énergie à partir de sources renouvelables [kWh/an]								
Chaleur/froid ^{f)}	10,8	190,3	13,1	9,9	0,0	14,9	22,5	261,5
Électricité	0,7	2,5	8,7	123,0	0,0	1,0	3,5	139,4

Tableau 3: Consommation énergétique et production d'énergie à partir de sources renouvelables en 2015 [GWh/an]

Légende:

^{a)} Consommation selon l'analyse des potentiels, sachant que le périmètre est plus large que celui défini dans le rapport VBE (provenant de données existantes de l'ESTAT et aussi en grande partie d'hypothèses théoriques).

^{b)} Consommation selon l'analyse des potentiels, sachant que seuls les bâtiments dont La Poste est la seule propriétaire ont été évalués (le rapport VBE inclut tous les bâtiments).

^{c)} La chaleur et le froid issus des énergies de l'environnement ont également été inclus dans la consommation de chaleur. En ce qui concerne les valeurs de consommation énergétique, le rapport annuel VBE de 2015 ne fournit aucune précision au sujet de la production de chaleur et de froid issus des énergies de l'environnement (inclut seulement l'électricité pour l'exploitation des énergies de l'environnement). Ceci explique pourquoi les valeurs de consommation de chaleur sont plus élevées dans le présent rapport que dans le rapport annuel.

^{d)} Exclusion faite de la consommation de gaz naturel pour le chauffage des aiguilles.

^{e)} Exclusion faite du courant de traction qui ne fait pas partie de l'analyse des potentiels.

^{f)} Comprend la production d'énergie thermique totale issue du bois, de la biomasse, du thermique solaire et des rejets de chaleur fournie à des tiers.



4. Potentiels de chaleur par acteur

Les chapitres suivants contiennent la compilation des données relatives aux potentiels d'utilisation et de production de chaleur et de rejets de chaleur, structurées par agents énergétiques et par acteurs concernés.

4.1. Solaire thermique

En ce qui concerne l'énergie solaire thermique destinée à la production d'eau chaude sanitaire, il est primordial de déterminer s'il existe des acteurs présentant des besoins relativement élevés en matière de consommation d'eau chaude pendant toute l'année. Le potentiel pour le solaire thermique est par conséquent analysé uniquement pour les gros consommateurs d'eau chaude comme les cantines, les casernes et les complexes sportifs. On renonce à intégrer dans cette étude un complément au chauffage d'origine solaire (à l'exception de l'analyse des potentiels de La Poste qui indique un taux de 20% pour le complément au chauffage à partir du solaire thermique).

Le potentiel technique mentionné prend en considération ces critères chez l'ensemble des acteurs concernés. La rentabilité a été évaluée uniquement chez les acteurs Skyguide et CFF. Par conséquent, le potentiel économique n'est pas mentionné pour les autres acteurs.

Le Tableau 4 ci-après présente les potentiels déterminés pour l'énergie solaire thermique auprès des différents acteurs concernés.

	Description des potentiels	Technique Economique	
		[MWh/an]	[MWh/an]
OFCL	Le potentiel est déterminé en rassemblant des données relatives à des bâtiments dont les besoins en eau chaude sont considérés comme les plus constants possible tout au long de l'année (incluant les bâtiments et constructions pourvues de cantines/restaurants). Ont été exclues de l'analyse les centrales thermiques avec plusieurs constructions différentes. L'analyse révèle 17 objets sélectionnés pour un potentiel technique de 7,0 GWh/an.	7 000	n.a.
Domaine des EPF	Le potentiel pour le solaire thermique n'a pas été déterminé pour le Domaine des EPF. Rapportés aux besoins énergétiques globaux, les besoins en eau chaude sont très faibles, alors que le potentiel en termes d'exploitation de la chaleur puisée dans l'environnement et des rejets thermiques est immense, notamment grâce à la concentration des sites. Cette situation ne concerne toutefois pas la totalité des sites. L'optimisation de l'exploitation des surfaces de façade et de toit dans le but de produire de l'électricité d'origine solaire, au sens d'une énergie en cascade, demeure par conséquent l'objectif prioritaire.	0	0



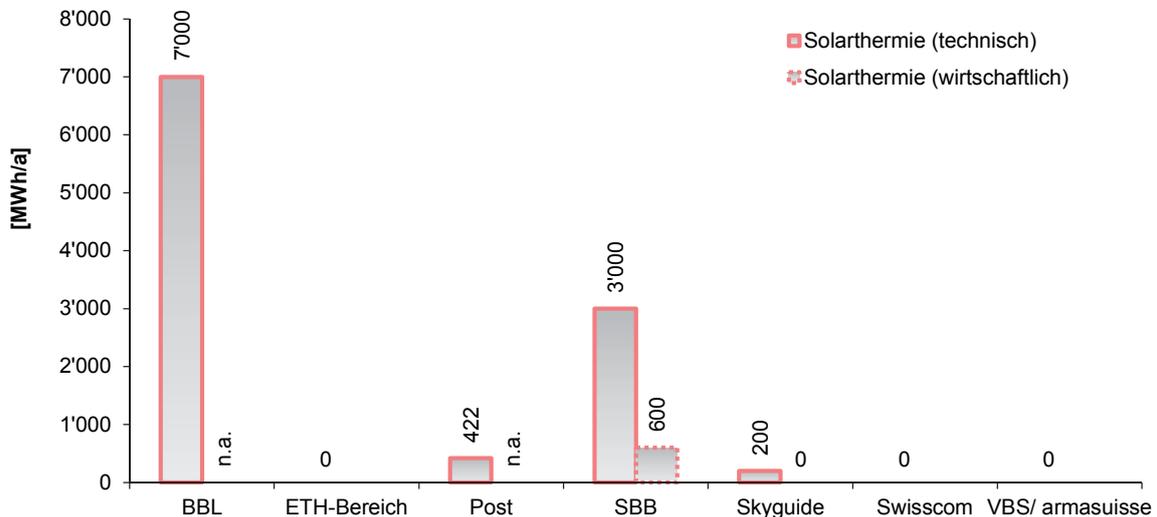
	Description des potentiels	Technique Economique	
		[MWh/an]	[MWh/an]
La Poste	<p>Pour déterminer le potentiel solaire thermique, les bâtiments ayant rempli les critères suivants ont été sélectionnés :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Besoins en eau spécifiques > 50 litres/m²/an – Chauffage au mazout existant (qui peut être complété par du solaire thermique) <p>Pour le calcul du potentiel, on part du principe que l'eau chaude sanitaire consommée dans ces bâtiments peut être produite à 80% par le biais du solaire thermique. Par ailleurs, un taux de 20% est intégré au calcul pour le complément au chauffage. Il ressort de cette analyse un total de 14 bâtiments présentant un potentiel pour le solaire thermique.</p>	422	n.a.
CFF	Les CFF ont déterminé le potentiel pour le solaire thermique selon une approche ascendante, sur la base de listes de mesures extraites des conventions d'objectifs existantes (modèle Energie et modèle PME) ainsi que sur la base de concepts de durabilité.	3 000	600
Skyguide	Skyguide a évalué, pour ses deux sites, si les besoins de chaleur pouvaient être couverts par le biais du solaire thermique en période de pointe. L'analyse révèle que cela est théoriquement possible pour le site de Genève. Le potentiel lié à la consommation d'eau chaude doit être calculé pour ce site. Etant donné que le solaire thermique n'est pas rentable, à l'heure actuelle, sur le plan économique par rapport aux réseaux de chaleur à distance, la valeur du potentiel économique indiquée est 0 MWh/an.	200	0
Swiss com	En ce qui concerne l'acteur Swisscom, aucune cantine ni complexes sportifs ne peuvent être pris en compte qui permettraient d'exploiter le potentiel solaire thermique.	0	0
DDPS/arma suisse	Dans les locaux du DDPS, les besoins en eau chaude varient de manière très irrégulière en fonction de l'occupation fluctuante des militaires. Par conséquent, il n'existe aucun potentiel solaire thermique pour le DDPS/armasuisse.	0	0
		10 622	600*

Tableau 4: Description et potentiel solaire thermique

*Le potentiel indiqué se présente sous la forme de la somme des différents potentiels. Il faut toutefois préciser que le potentiel ne figure pas toujours chez l'ensemble des acteurs concernés.



Pour le solaire thermique, les analyses révèlent un potentiel technique total de 10,6 GWh/an, dont la majeure partie est présente chez l'acteur OFCL. Le Graphique 4 ci-dessous illustre la répartition des différents potentiels en fonction des acteurs concernés.



Graphique 4: Potentiel solaire thermique par acteur [MWh/an]

4.2. Bois

Le site représente un facteur déterminant dans l'étude des chauffages au bois destinés à chauffer des bâtiments et à produire la chaleur exploitée au sein des processus industriels. La pertinence de ce facteur s'exprime au niveau de la chaîne d'approvisionnement et de la nécessité de disposer d'un espace suffisant, ainsi qu'en fonction de certaines exigences en matière d'hygiène de l'air. Pour que les chauffages au bois puissent être exploités de manière durable, les voies d'approvisionnement doivent être les plus courtes possibles et l'accès au site doit être exempt de tout danger pour les riverains (en particulier si des écoles sont présentes dans les environs). La densité élevée des zones résidentielles ne permet pas d'offrir des conditions réellement satisfaisantes pour de tels sites en ville; par conséquent, les sites en périphérie des villes ont été privilégiés. Tous les acteurs ont appliqué ces principes de base dans le cadre de l'analyse des potentiels.

Le tableau ci-après présente les potentiels pour le chauffage au bois des différents acteurs concernés.

Description des potentiels	Tech.	Eco.
	[MWh/an]	[MWh/an]
OFCL Le potentiel pour le bois est calculé sur la base du remplacement des chauffages existants fonctionnant au gaz/mazout. Pour ce faire, les centrales thermiques ont été divisées en deux catégories: « en dehors des zones urbaines » et « à l'intérieur des zones urbaines ». Dans la catégorie « en dehors des zones urbaines », 88 sites ont été répertoriés en périphérie des villes. Seule cette catégorie est représentée dans l'analyse du potentiel technique, étant donné que l'utilisation du bois « à l'intérieur des zones urbaines » n'est pas réellement appropriée.	23 000	n.a.



Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Eco. [MWh/an]
Domaine des EPF	Le potentiel pour le bois n'a pas été déterminé pour le Domaine des EPF. En effet, le Domaine des EPF ne dispose d'aucune forêt présentant un potentiel intéressant pour le bois; de plus, les ressources disponibles qui permettraient de rendre utilisable les énergies de l'environnement ou les rejets de chaleur méritent d'être concentrées.	n.a.	n.a.
La Poste	Le potentiel pour le bois est calculé sur la base du remplacement des chauffages existants fonctionnant au gaz/mazout. Le potentiel pour le chauffage au bois a été estimé sur la base de la consommation en chaleur de tels chauffages, à laquelle un facteur de 0,5% a été appliqué. Ce facteur a été établi d'après des études de variantes effectuées par les services spécialisés Energie et Environnement de Poste Immobilier SA.	1 718	n.a.
CFF	Les CFF ont déterminé le potentiel pour le chauffage au bois dans une première étape selon une approche ascendante, sur la base de mesures issues des conventions d'objectifs existantes (modèle Energie et modèle PME) ainsi que sur la base de concepts de durabilité. Une extrapolation à l'ensemble du potentiel du parc immobilier des CFF a ensuite été réalisée à partir de ces potentiels et de la consommation énergétique couverte dans le cadre des conventions d'objectifs et des concepts de durabilité.	25 000	21 300
Skyguide	Skyguide a évalué le remplacement des chauffages existants sur ses deux sites. En raison de leur localisation en zone urbaine et des fluctuations de charge importantes, les deux sites évalués ne révèlent aucun potentiel pour le chauffage au bois.	0	0
Swisscom	Le potentiel pour l'exploitation des sources renouvelables de chauffage est estimé selon une approche ascendante pour les 5 bâtiments d'exploitation stratégique de Swisscom. L'analyse révèle qu'il n'existe aucun potentiel pour une utilisation supplémentaire de sources renouvelables pour le chauffage. Cette situation s'explique soit par le fait qu'aucun chauffage n'est nécessaire, soit par le fait qu'un système de récupération de chaleur a déjà été installé. De plus, le potentiel de sources renouvelables pour le chauffage des 754 centraux téléphoniques et des 10 bâtiments administratifs a été calculé selon une approche descendante sur la base du remplacement des chauffages existants fonctionnant au gaz/mazout. Il est à noter que Swisscom utilisera 60% de chaleur en moins en raison de la réduction du nombre de ses sites et de leur compression au cours des prochaines années. C'est donc pour cette raison qu'un facteur de réduction est appliqué au potentiel déterminé. En se basant sur son expérience, Swisscom estime que 10% des installations peuvent être équipées de chauffage au bois et 80% des installations peuvent être équipées de pompes à chaleur. Il en résulte un potentiel technique de 1,8 GWh/an pour le bois.	1 800	n.a.

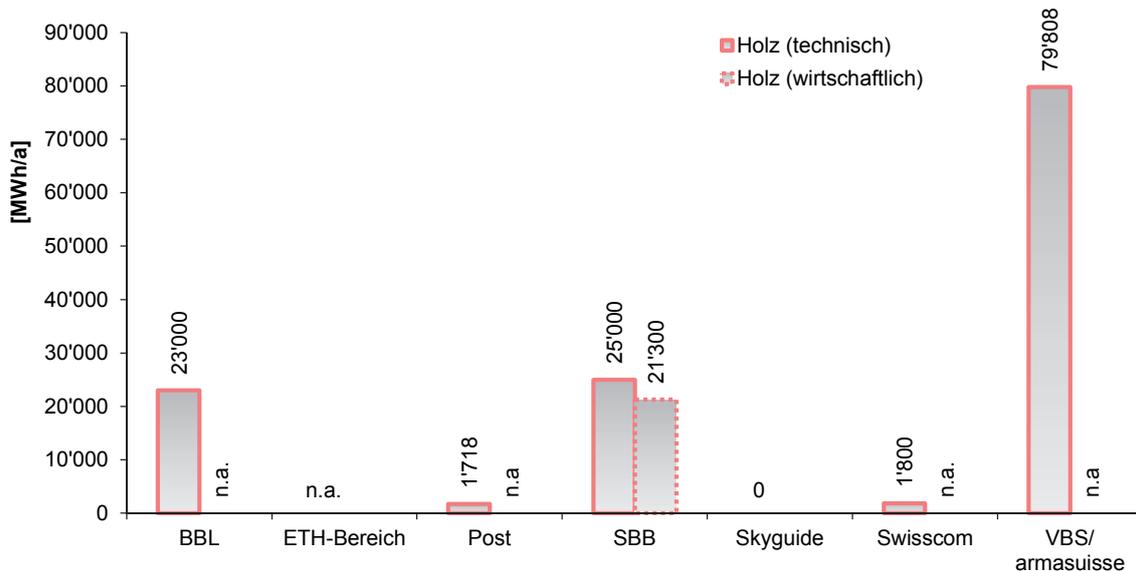


Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Eco. [MWh/an]
DDPS/armasuisse	Le potentiel pour le bois est calculé sur la base du remplacement des chauffages existants fonctionnant au gaz/mazout. En cas d'assainissement, les chauffages fonctionnant aux énergies fossiles sont systématiquement remplacés par des systèmes de production de chaleur fonctionnant aux énergies renouvelables. Font mesure d'exception les sites présentant des activités particulières (p.ex. bâtiments de défense) qui continuent d'être chauffés aux énergies fossiles (une réduction du potentiel de 7% est admise). En se basant sur une durée de vie moyenne des chauffages de 35 ans, près de la moitié de la consommation actuelle des énergies fossiles s'inscrit, selon la période considérée jusqu'en 2035, comme potentiel de remplacement. En se basant sur son expérience, le DDPS/armasuisse estime qu'environ 30% des installations (installations uniques) peuvent être équipées de pompes à chaleur et 70% des installations restantes (centrales) peuvent être équipées de chauffage au bois. Il en résulte un potentiel technique de 79,8 GWh/an pour le bois.	79 808	n.a.
		131 326	n.a.*

Tableau 5: Description et potentiel pour le bois

*Le potentiel n'est pas indiqué sous la forme de la somme des différents potentiels, étant donné que la majeure partie des acteurs n'en ont pas indiqué.

Il en résulte un potentiel technique total de 131,3 GWh/an auprès des acteurs de VBE, dont la majeure partie se situe chez les acteurs OFCL, CFF et DDPS. Le Graphique 5 ci-dessous illustre la répartition des différents potentiels en fonction des acteurs concernés.



Graphique 5: Potentiel pour le bois par acteur [MWh/an]



4.3. Approvisionnement en biogaz depuis le réseau

En théorie, tous les chauffages au gaz peuvent fonctionner avec du biogaz, à partir du moment où l'on se procure du biogaz auprès d'un fournisseur. En pratique, on reçoit certes le mix de gaz naturel et de biogaz mis à disposition par le fournisseur, mais ce dernier peut également acheter des certificats de biogaz² et augmenter ainsi la part de biogaz dans l'ensemble du réseau et/ou l'augmenter jusqu'à un taux de 100% en fonction de la demande de l'acheteur. Cette solution étant immédiatement possible pour tous les chauffages fonctionnant au gaz naturel, le potentiel technique pour le biogaz issu du réseau correspond à la consommation actuelle de gaz naturel (253,9 GWh)³.

En comparaison d'un chauffage exploité au gaz naturel, le biogaz issu du réseau n'est pas économique. En effet, les coûts d'investissement pour une installation de chauffage fonctionnant avec ces deux agents énergétiques sont identiques, tandis que les coûts énergétiques générés pour l'achat de biogaz sont plus élevés. En conséquence, le potentiel économique pour l'achat de biogaz issu du réseau est quasi nul. D'un point de vue écologique, il est toutefois judicieux de commander du biogaz auprès d'un fournisseur, notamment pour les chauffages qui, pour certaines raisons, ne peuvent pas être convertis à d'autres agents énergétiques renouvelables. Ceci correspond également à la mesure 03 du secteur Bâtiments « Aucun nouveau chauffage alimenté aux énergies fossiles », définie par les acteurs participant au projet. S'il n'est pas possible d'utiliser d'autres agents énergétiques renouvelables, il est préférable d'acheter du biogaz.

4.4. Energies de l'environnement (pompes à chaleur)

Les énergies de l'environnement comprennent l'exploitation de la chaleur et du froid présents dans l'air, la terre et les eaux souterraines/de surface. Pour se chauffer, les énergies de l'environnement sont portées à la température voulue au moyen de pompes à chaleur. Elles peuvent aussi être exploitées directement pour assurer le refroidissement (free cooling). Les analyses de potentiels des différents acteurs se concentrent sur l'exploitation de la chaleur puisée dans l'environnement dans un but de chauffage. Pour sa part, le Domaine des EPF a pris en considération l'utilisation des énergies de l'environnement dans un but de production de froid.

Il est possible d'exploiter l'air en tant que sources de chaleur de manière illimitée. Des températures extérieures basses durant la période chaude rendent toutefois les pompes à chaleur air/air moins efficaces que les pompes à chaleur géothermiques ou les pompes à chaleur eau/eau. Les analyses de potentiel des différents acteurs ont par conséquent surtout mis l'accent sur les pompes à chaleur géothermiques et les pompes à chaleur eau/eau. Pour de petites installations ou si d'autres sources de chaleur ne sont pas disponibles, l'installation de pompes à chaleur air/eau peut toutefois s'avérer judicieuse; cette solution a été prise en considération dans les analyses de La Poste, des CFF, de Swisscom et du DDPS/armasuisse selon une approche descendante.

Le tableau 6 ci-après présente les potentiels déterminés pour les énergies de l'environnement des différents acteurs concernés. Le tableau fait état des quantités d'énergie thermique utilisables (Q_{th}); il contient par ailleurs également la part d'électricité qui doit être utilisée pour rendre exploitable la production de chaleur/froid. La part d'électricité dépend pour l'essentiel de la source énergétique (voir à

² Centre de l'Association suisse de l'industrie gazière (ASIG). L'industrie gazière surveille l'achat des certificats de biogaz par les fournisseurs.

³ Consommation selon la collecte des données énergétiques dans le cadre du projet « Exemplarité énergétique de la Confédération », année de référence 2015, respectivement selon les analyses de potentiels de l'OFCL et de La Poste. Les CFF ont déduit la part de consommation de chauffage des aiguilles comprise dans la consommation du gaz naturel (12,1 GWh/an). Swisscom a pris en compte dans son étude la réduction du nombre de ses sites (-58%).



ce sujet les informations du paragraphe précédent sur les sources de chaleur de l'air) et de l'utilisation que l'on en fait (production de chaleur ou de froid).

Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Eco. [MWh/an]
OFCL	<p>Le potentiel pour les rejets de chaleur est calculé sur la base du remplacement des chauffages existants fonctionnant au gaz/mazout. Les centrales thermiques qui remplissent les critères suivants sont prises en compte dans le calcul du potentiel:</p> <ul style="list-style-type: none">a) distribution de chaleur avec des températures de départ basses (< 45°C)b) autorisation des sondes géothermiquesc) surfaces de forage à disposition <p>Les objets sont ensuite répartis en 3 catégories. La première catégorie regroupe les objets pour lesquels tous les critères ci-dessus sont remplis. Le potentiel de la première catégorie s'inscrit alors sous le potentiel économique. Sous le potentiel technique vient en outre s'inscrire le potentiel des objets qui ne remplissent pas le critère a), étant donné que cela génère un impact négatif sur la rentabilité. L'analyse révèle que 34 centrales thermiques remplissent tous les critères cités ci-dessus et 20 centrales thermiques remplissent les critères b) et c).</p>	28 500	14 000
Domaine des EPF	<p>Le Domaine des EPF utilise pratiquement toutes les formes qui existent pour exploiter les énergies de l'environnement. L'analyse, effectuée selon une approche ascendante, évalue dans quelle mesure les systèmes existants peuvent être étendus et la manière dont il est possible de réaliser de nouveaux projets (pour la production de chaleur et de froid). Aucune différence n'est établie entre le potentiel technique et le potentiel économique, mais il s'agit de projets réalisables. En font notamment partie l'extension du réseau d'anergie, l'exploitation des eaux de lacs à l'ETHZ ainsi que les pompes à chaleur pour WSL et à l'EMPA/EAWAG. Sur le site de l'EPFL, l'exploitation des eaux du lac permettent une conversion intégrale de la production de chaleur en sources d'énergie renouvelable. Le potentiel du Domaine des EPF s'inscrit en tant que potentiel technique et économique, étant donné qu'il en résulte pour une majeure partie (réseau d'anergie) des coûts de revient intéressants d'un point de vue économique.</p>	64 504	64 504
La Poste	<p>Le potentiel technique pour l'exploitation de la chaleur puisée dans l'environnement est calculé sur la base du remplacement des chauffages existants fonctionnant au gaz/mazout. En se basant sur des valeurs empiriques, on estime à 95% le taux potentiel de remplacement des petites installations de chauffage (< 50 kW). Plus l'installation de chauffage est importante, plus son remplacement est difficile au vu de l'espace nécessaire. Dans ce contexte, il faut prendre en compte une certaine réduction du potentiel de remplacement (p.ex. pour des installations > 100 kW, seules 20% des installations de chauffage peuvent être remplacées). Selon les estimations, le potentiel s'élève à 21,9 GWh/an.</p>	21 854	n.a.



Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Eco. [MWh/an]
CFF	Les CFF ont déterminé le potentiel pour l'exploitation de l'énergie puisée dans l'environnement, dans une première étape selon une approche ascendante, sur la base de mesures issues des conventions d'objectifs existantes (modèle Energie et modèle PME) ainsi que sur la base de concepts de durabilité. Une extrapolation à l'ensemble du potentiel du parc immobilier des CFF a ensuite été réalisée à partir de ces potentiels et de la consommation énergétique couverte dans le cadre des conventions d'objectifs et des concepts de durabilité.	<u>Bâtiments</u>	
		15 600	10 300
CFF	Les CFF examinent plus en détail, dans le cadre d'une étude, l'exploitation de la chaleur provenant des tunnels, qui s'inscrivent sous une forme d'eau de drainage, de chaleur de la roche et d'air dans les tunnels. Cette étude porte sur les tunnels de plus de 500 m dont l'exploitation des rejets de chaleur pourrait être effectuée sur la période 2015-2020. Le potentiel n'est pris en compte que pour les portails situés non loin des consommateurs de chaleur potentiels (quartiers, zones industrielles, complexes administratifs). L'analyse révèle qu'il serait possible d'utiliser les rejets de chaleur des tunnels suivants: tunnel de base du Ceneri, tunnel du Simplon et le CEVA / tunnel de Pinchat. Seuls le CEVA / tunnel de Pinchat s'inscrivent sous le potentiel économique étant donné que les coûts de revient pour la production de chaleur sont déjà connus. Pour les deux autres tunnels, aucun potentiel économique ne peut être indiqué.	<u>Tunnel</u>	
		3 600	2 400
Skyguide	Skyguide a évalué le remplacement des chauffages existants sur ses deux sites. L'analyse révèle que les périodes de pointe ne pourraient pas être couvertes par une pompe à chaleur sur le site de Dübendorf. Sur le site de Genève, il est certes possible d'installer une pompe à chaleur sur le plan technique (cf. potentiel technique), mais des températures de départ trop élevées rendent un tel projet non viable sur le plan économique.	1 650	0
Swisscom	Le potentiel pour l'exploitation des sources renouvelables de chauffage est estimé selon une approche ascendante pour les 5 bâtiments d'exploitation stratégique de Swisscom. L'analyse révèle qu'il n'existe aucun potentiel pour une utilisation supplémentaire de sources renouvelables pour le chauffage. Cette situation s'explique soit par le fait qu'aucun chauffage n'est nécessaire, soit par le fait qu'un système de récupération de chaleur a déjà été installé. De plus, le potentiel de sources renouvelables pour le chauffage des 754 centraux téléphoniques et des 10 bâtiments administratifs a été calculé selon une approche descendante pour le remplacement des chauffages existants fonctionnant au gaz/mazout. Il est à noter que Swisscom utilisera 60% de chaleur en moins en raison de la réduction du nombre de ses sites et de leur compression au cours des prochaines années. C'est donc pour cette raison qu'un facteur de réduction est appliqué au potentiel déterminé. En se basant sur son expérience, Swisscom estime que 10% des installations peuvent être équipées de chauffage au bois et 80% des installations peuvent être équipées de pompes à chaleur. Il en résulte un potentiel technique de 14,7 GWh/an pour les énergies de l'environnement.	14 700	n.a.

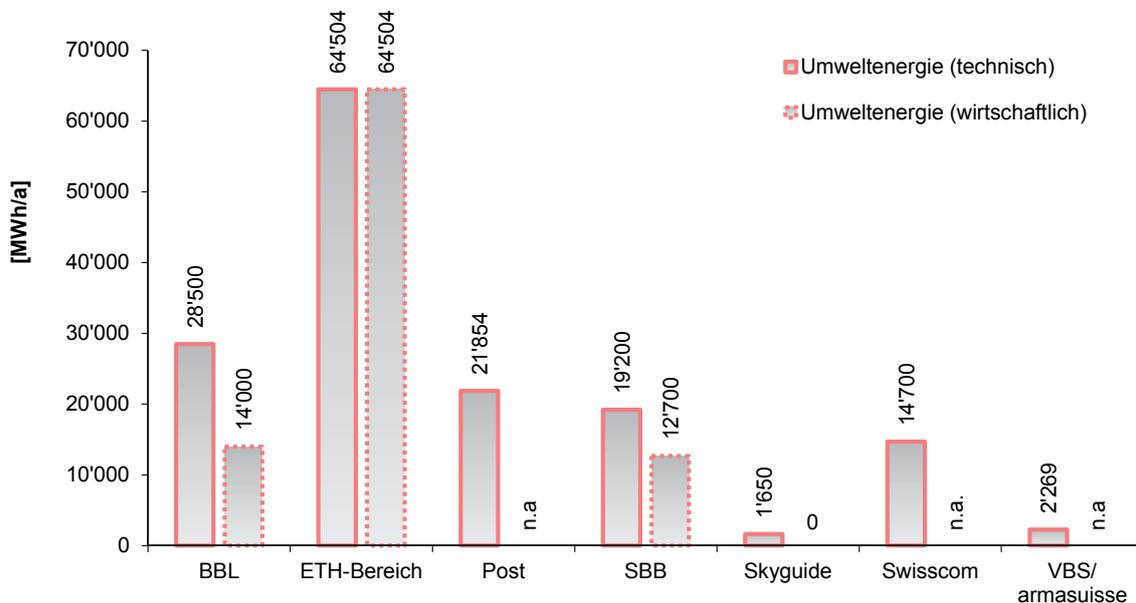


Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Eco. [MWh/an]
DDPS/armasuisse	Le potentiel pour les énergies de l'environnement est calculé sur la base du remplacement des chauffages existants fonctionnant au gaz/mazout. En cas d'assainissement, les chauffages fonctionnant aux énergies fossiles sont systématiquement remplacés par des systèmes de production de chaleur fonctionnant aux énergies renouvelables, à l'exception des sites présentant des activités particulières (p.ex. bâtiments de défense) qui continuent d'être chauffés aux énergies fossiles. En se basant sur une durée de vie moyenne des chauffages de 35 ans, près de la moitié de la consommation actuelle des énergies fossiles s'inscrit, selon la période considérée jusqu'en 2035, comme potentiel de remplacement. En se basant sur son expérience, le DDPS/armasuisse estime qu'environ 30% des installations (installations uniques) peuvent être équipées de pompes à chaleur et 70% des installations restantes (centrales) peuvent être équipées de chauffage au bois. Il en résulte un potentiel technique de 2,3 GWh/an pour les énergies de l'environnement.	2 269	n.a.
		152 677	91 204*

Tableau 6: Description et potentiel pour les énergies de l'environnement

*Le potentiel indiqué se présente sous la forme de la somme des différents potentiels. Il faut toutefois préciser que le potentiel ne figure pas toujours chez l'ensemble des acteurs concernés.

Pour l'ensemble des acteurs du groupe VBE, les analyses révèlent un potentiel technique global de 152,7 GWh/an. Avec un taux de 42%, le Domaine des EPF affiche le plus grand potentiel. Le Graphique 6 ci-dessous illustre la répartition des différents potentiels en fonction des acteurs concernés.



Graphique 6: Potentiel des énergies de l'environnement par acteur [MWh/an]



4.5. Raccordements aux réseaux de chaleur de proximité / à distance

Les raccordements aux réseaux de chaleur de proximité / à distance comprennent le raccordement de sites à des complexes existants. Pour les réseaux de chaleur à distance, il faut veiller à ce que les agents énergétiques renouvelables soient si possible composés en grande partie par un mix énergétique. Il s'agit là d'un critère dont il faut impérativement tenir compte lors de la mise en œuvre, mais qui ne peut pas être évalué dans le cadre de l'analyse des potentiels.

Pour mettre en lumière le potentiel, chaque site est considéré de manière individuelle (approche ascendante) étant donné que le potentiel dépend de l'existence ou non sur chaque site d'un réseau de chaleur de proximité/à distance. Le Tableau 7 ci-après présente les potentiels déterminés pour les raccordements aux réseaux de chaleur de proximité/à distance des différents acteurs concernés.

Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Eco. [MWh/an]
OFCL	Le potentiel pour le raccordement aux réseaux de chaleur à distance est analysé en recherchant les réseaux de chaleur à distance à proximité des sites pourvus d'installations de production de chaleur fonctionnant aux énergies fossiles. Il ressort de cette analyse un total de 13 centrales thermiques qui pourraient potentiellement être raccordées à des réseaux de chaleur à distance existants.	10 700	n.a.
Domaine des EPF	Le potentiel pour le raccordement aux réseaux de chaleur à distance est analysé sur la base d'une compilation des potentiels issus d'études de faisabilité existantes. Sur le site de l'Institut Paul Scherrer, le potentiel s'élève à 320 MWh. L'exploitation de la chaleur à distance ne s'avère toutefois pas satisfaisante sur le plan de la rentabilité, étant donné que les coûts (exprimés en CHF/kWh) doubleraient par rapport à la situation actuelle.	320	0
La Poste	Le potentiel pour le raccordement aux réseaux de chaleur à distance est identifié sur la base des projets en cours de planification ou des projets actuellement à l'étude. Il ressort de cette analyse un total de 6 immeubles qui pourraient potentiellement être raccordés à un réseau de chaleur à distance.	757	n.a.
CFF	Les CFF ont déterminé le potentiel pour le raccordement aux réseaux de chaleur à distance selon une approche ascendante sur la base des listes de mesures issues des conventions d'objectifs existantes (modèle Energie et modèle PME) et sur la base de concepts de durabilité.	15 100	5 700
Skyguide	Chez l'acteur Skyguide, l'analyse ne démontre aucun potentiel pour le raccordement aux réseaux de chaleur à distance. En effet, le site de Dübendorf ne dispose d'aucune possibilité de raccordement à un réseau de chaleur à distance, tandis que le site de Genève est déjà raccordé à un tel réseau.	0	0
Swisscom	L'entreprise a déjà procédé aux raccordements de ses bâtiments d'exploitation stratégique à un réseau de chaleur à distance lorsque la situation le permettait. Pour les autres bâtiments, pour autant que des projets d'assainissement soient prévus, une étude de faisabilité sera réalisée avant de traiter ce dossier en priorité. Il n'est toutefois pas possible de chiffrer ce potentiel en MWh.	n.a.	n.a.
DDPS/arma suisse	Le potentiel pour le raccordement aux réseaux de chaleur à distance est identifié sur la base des projets en cours de planification. Il ressort de cette analyse un total de 6 sites qui pourraient potentiellement être raccordés à un réseau de chaleur à distance.	15 600	n.a.

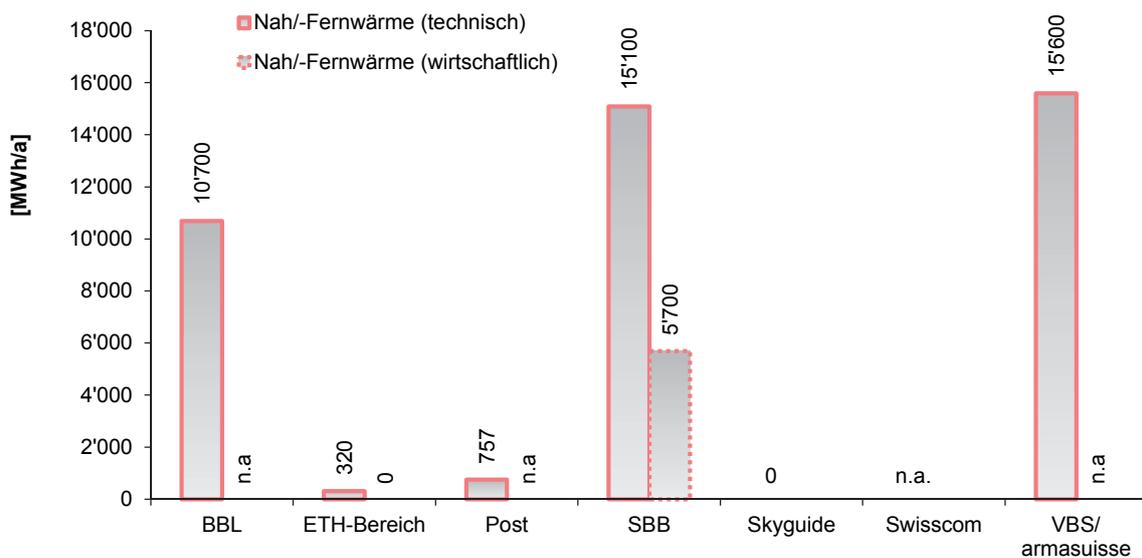


Description des potentiels	Tech.	Eco.
	[MWh/an]	[MWh/an]
	42 477	n.a.*

Tableau 7: Description et potentiel pour les raccordements à un réseau de chaleur de proximité/à distance

*Le potentiel n'est pas indiqué sous la forme de la somme des différents potentiels, étant donné que la majeure partie des acteurs n'en ont pas indiqué.

Il en résulte un potentiel technique total de 42,5 GWh/an, qui se situe à 97% chez l'OFCL, les CFF et le DDPS (cf. Graphique 7).



Graphique 7: Potentiel des raccordements à un réseau de chaleur de proximité/à distance par acteur [MWh/an]

4.6. Exploitation des rejets de chaleur

Le potentiel en matière d'exploitation des rejets de chaleur est aussi grand que la thématique est complexe. Pour pouvoir se prononcer sur l'exploitation des rejets thermiques, il faut non seulement disposer de sources de chaleur, mais également des consommateurs correspondants (si possible en parallèle). Ceci nécessite des analyses en profondeur qui ne sont possibles que de manière limitée dans le cadre des analyses de potentiel. Par conséquent, les potentiels suivants résultent dans la majeure partie des cas de projets connus; aucune extrapolation n'a été réalisée.



Le Tableau 8 ci-après présente les potentiels pour l'exploitation des rejets de chaleur des différents acteurs concernés.

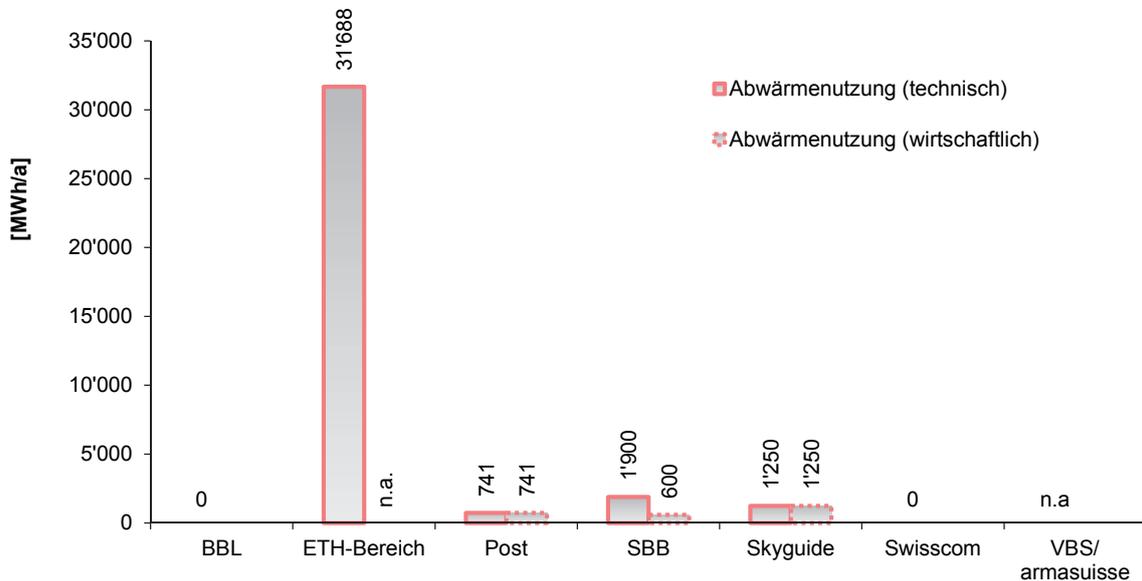
Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Eco. [MWh/an]
OFCL	Le parc immobilier de l'OFCL ne présente aucun potentiel viable en matière d'exploitation des rejets de chaleur. Par le passé, les sites présentant des rejets de chaleur excédentaires ont été adaptés, dans le cadre de l'assainissement ou de la transformation d'un bâtiment, en vue de rendre ces rejets de chaleur exploitables.	0	0
Domaine des EPF	Les potentiels non utilisés en matière d'exploitation des rejets de chaleur sont analysés sous l'angle de l'extension des systèmes existants. Il en résulte un potentiel exploitable sur les sites de l'ETHZ, l'EPFL, l'Institut Paul Scherrer et l'EMPA. Aucune différence n'est établie entre le potentiel technique et le potentiel économique, mais il s'agit de projets réalisables. Les coûts de revient n'étant pas indiqués pour la grande majorité du potentiel (exploitation des rejets de chaleur sur le Campus de Hönggerberg de l'EPFZ), ce dernier s'inscrit uniquement sous le potentiel technique.	31 688	n.a.
La Poste	Le potentiel en matière d'exploitation des rejets thermiques est analysé sur la base d'un examen des mesures provenant des listes de mesures des gros consommateurs qui ont signé une convention d'objectifs avec la Confédération / le canton. Il en résulte 6 projets potentiels d'exploitation des rejets de chaleur qui présentent tous des valeurs satisfaisantes en matière de rentabilité.	741	741
CFF	Les CFF ont déterminé le potentiel pour l'exploitation des rejets de chaleur, selon une approche ascendante, sur la base de listes de mesures issues des conventions d'objectifs existantes (modèle Energie et modèle PME) et de concepts de durabilité.	1 900	600
Skyguide	Skyguide a réalisé une analyse technique détaillée sur ses deux sites pour rechercher d'éventuelles sources de chaleur et de dissipateurs thermiques. Le site de Genève révèle un potentiel économique pour l'exploitation des rejets de chaleur au moyen de pompes à chaleur.	1 250	1 250
Swisscom	Chez l'acteur Swisscom, il n'existe aucun potentiel supplémentaire pour l'exploitation des rejets de chaleur. En effet, les bâtiments d'exploitation stratégiques de l'entreprise produisent des rejets de chaleur qui sont déjà exploités et il n'existe aucun autre potentiel dans les centraux téléphoniques.	0	0
DDPS/armasuisse	Chez l'acteur DDPS, les sources de chaleur pertinentes se situent pour l'essentiel au sein des centres de calcul actuellement en construction. Une exploitation des rejets thermiques est prévue sur l'ensemble des sites. Les dispositions relatives au secret d'affaires ne permettent pas de divulguer de données détaillées à ce sujet.	n.a.	n.a.
		35 579	2 591*

Tableau 8: Description et potentiel pour l'exploitation des rejets de chaleur

*Le potentiel indiqué se présente sous la forme de la somme des différents potentiels. Il faut toutefois préciser que le potentiel ne figure pas toujours chez l'ensemble des acteurs concernés.



Le Domaine des EPF présente le plus grand potentiel technique en matière d'exploitation des rejets de chaleur (cf. Graphique 8). Avec un taux de 89%, cet acteur affiche un potentiel total de 35,6 GWh/an.



Graphique 8: Potentiel de l'exploitation des rejets de chaleur par acteur [MWh/an]

4.7. Production de chaleur et d'électricité à partir de la biomasse grâce au couplage chaleur-force

La transformation de la biomasse en électricité passe inévitablement par la mise à disposition d'une quantité suffisante de matières organiques appropriée et, dans la mesure du possible, par la centralisation de ces moyens. Les matières organiques en question sont par exemple constituées de lisier, de fumier, de résidus de culture, de déchets issus de l'industrie agroalimentaire et du domaine de la gastronomie ainsi que des eaux usées (boues d'épuration). Pour qu'une installation de couplage chaleur-force (CCF) puisse être gérée de manière efficace, l'exploitation de la chaleur est indispensable et obligatoire.

Le Tableau 9 ci-après présente le potentiel déterminé pour la chaleur et l'électricité produites à partir de la biomasse au moyen du couplage chaleur-force des différents acteurs.



Description des potentiels		Tech.	Eco.
		[MWh/an]	[MWh/an]
OFCL	Le potentiel pour l'électricité produite à partir de la biomasse est déterminé en compilant toutes les exploitations de la Confédération disposant d'au moins 100 unités de gros bétails produisant de la biomasse. L'analyse révèle un site adéquat de 230 unités de gros bétails (agroscope Liebefeld-Posieux) qui dispose d'engrais de ferme. Une installation de biogaz avait été planifiée sur ce site pour produire 11,2 GWh d'électricité par an. Toutefois, le projet a dû être arrêté en raison d'un grand nombre d'autres installations qui ont été mises en service dans la région (la concurrence serait trop forte pour obtenir le substrat). Il existe d'autres sites plus petits dont le potentiel total s'élève à 0,5 GWh/an, mais les coûts de revient élevés de l'électricité rendent ces projets inintéressants sur le plan économique (40-70 ct./kWh).	<u>Chaleur</u> 23 400	0
		<u>Électricité</u> 11 700	0
Domaine des EPF	Pour sa part, le Domaine des EPF ne génère des biodéchets que de manière ponctuelle. Ils sont soit recyclés, soit dirigés vers les voies d'élimination traditionnelles. Il n'existe par conséquent aucun potentiel en matière d'installation CCF.	0	0
La Poste	La Poste ne dispose d'aucun potentiel pour produire du biogaz de manière autonome.	0	0
CFF	<p>Il existe deux grandes sources de biomasse qui pourraient s'avérer intéressantes pour l'exploitation d'installations de couplage chaleur-force: les anciennes traverses de chemin de fer et les déchets verts provenant de l'élagage et du débroussaillage le long des voies de chemin de fer. Ces potentiels ont été étudiés au moyen d'études de faisabilité.</p> <p><u>Traverses de chemin de fer</u>: la mise en œuvre technique d'une centrale de chauffage à bois permettant d'exploiter les 15 000 à 18 000 tonnes d'anciennes traverses de chemins de fer récoltées chaque année a été évaluée selon deux variantes d'installations possibles, dont la rentabilité a été comparée.</p> <p>L'évaluation montre que la variante comportant un processus de turbines à vapeur présente peu de risques techniques et se révèle intéressante du point de vue économique. Les coûts de revient liés à la production de chaleur sont estimés à un montant compris entre 18 et 20 ct./kWh, tandis que les coûts d'investissement sont évalués à CHF 45 mio. pour l'installation de couplage chaleur-force et à CHF 30-45 mio. pour le réseau de chaleur à distance.</p> <p>L'installation permettrait chaque année de générer environ 9 GWh d'électricité et 35-45 GWh de chaleur. La construction et l'exploitation d'une installation CCF avec la vente de la chaleur à des prestataires externes ne font pas parties des activités principales des CFF (la chaleur produite ne peut servir à couvrir les propres besoins en chaleur de l'entreprise, en raison notamment d'une problématique liée à la localisation). Par conséquent, les CFF ne peuvent pas investir de fonds de l'ordre des montants cités dans une telle installation et considèrent ce potentiel avéré comme non rentable sur le plan économique.</p>	<u>Chaleur</u> 40 000	40 000
		<u>Électricité</u> 9 000	9 000

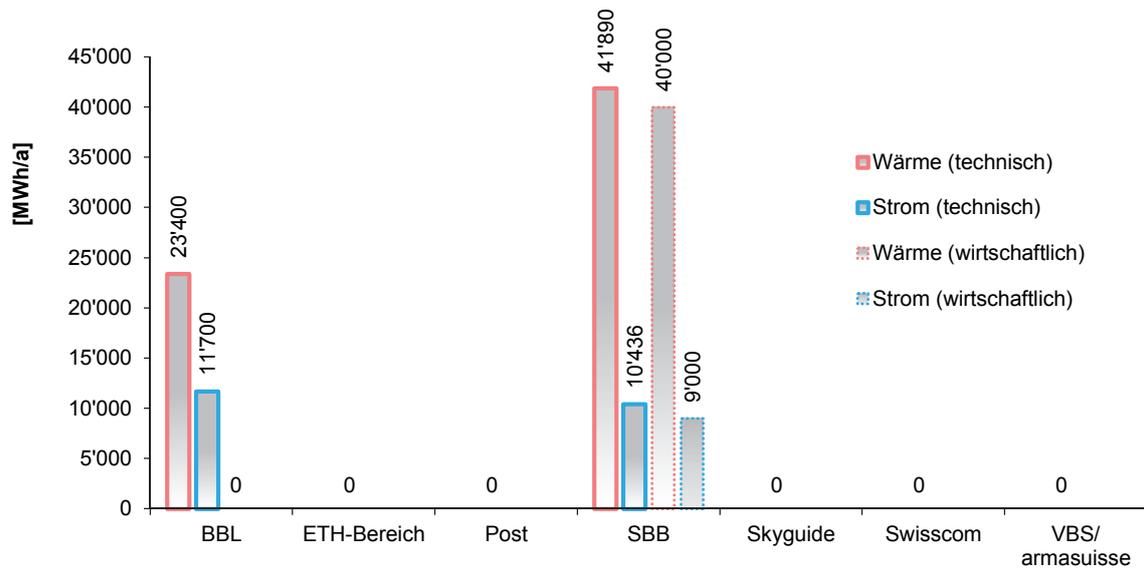


Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Eco. [MWh/an]
	<p><u>Déchets verts</u>: l'utilisation des déchets verts générés grâce à l'élagage et au débroussaillage des voies de chemin de fer a été mis à l'étude. La possibilité d'exploiter 17 000 tonnes de déchets verts générés chaque année pour produire de l'énergie a été évaluée selon plusieurs variantes (injection dans le réseau de biogaz, propre CETE et vente aux exploitations agricoles pour co-fermentation). Il résulte de l'étude que le transport et le recyclage génèrent d'importants coûts supplémentaires par rapport à l'élimination traditionnelle des déchets. Le biogaz qui serait produit couvrirait à peine la moitié de ces coûts et n'est par conséquent pas rentable.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Chaleur</u></p> <p>1 890</p> <p style="text-align: center;"><u>Électricité</u></p> <p>1 436</p>	<p style="text-align: center;">0</p> <p style="text-align: center;">0</p>
Skyguide	Il n'existe aucun potentiel pour une éventuelle installation CCF chez l'acteur Skyguide étant donné qu'aucune biomasse n'est générée, ni ne pourrait être valorisée sur les deux sites concernés.	0	0
Swisscom	Il n'existe aucun potentiel pour une éventuelle installation CCF chez l'acteur Swisscom, étant donné qu'aucun site ne centralise de grandes quantités de biomasse.	0	0
DDPS/ armasuisse	Chez l'acteur DDPS/armasuisse, aucun site n'offre de rapport favorable entre l'éventuelle exploitation des déchets verts et les besoins en chaleur qui pourrait justifier une valorisation des propres déchets de l'organisme. Quand la situation le permet, il existe déjà des collaborations avec des prestataires privés; p.ex. à Bure (vente de déchets - achat de chaleur).	0	0
		Chaleur:	65 290 40 000
		Electricité:	22 136 9 000

Tableau 9: Description et potentiel pour la production de chaleur et d'électricité issue de la biomasse par acteur



Pour la production d'électricité et de chaleur issue de la biomasse, les analyses révèlent un potentiel technique total de 65,3 GWh de chaleur et 22,1 GWh d'électricité par année, uniquement chez les acteurs OFCL et CFF. Avec une production d'électricité annuelle de 9 GWh et une production de chaleur de 40 GWh, seule l'exploitation des anciennes traverses de chemin de fer des CFF s'avère intéressante d'un point de vue économique (cf. Graphique 9).



Graphique 9: Potentiel de chaleur et d'électricité produites à partir de la biomasse grâce au couplage chaleur-force par acteur [MWh/an]



5. Potentiels d'électricité par acteur

Les chapitres suivants contiennent la compilation des données relatives aux potentiels d'utilisation et de production d'électricité par type d'installation de production et par acteurs concernés. L'analyse des potentiels se limite à la production de courant renouvelable. L'achat de certificats d'électricité verte n'est pas pris en considération, étant donné que cette solution permettrait théoriquement de caractériser la totalité du courant électrique « d'électricité produite à partir d'énergies renouvelables ».

5.1. Photovoltaïque (PV)

En ce qui concerne la production d'électricité au moyen d'installations photovoltaïques, l'analyse se concentre sur le potentiel des surfaces de toits. Certains acteurs ont toutefois également évalué les potentiels de production d'électricité sur les façades. Pour le photovoltaïque, il est fait référence au potentiel réaliste et non au potentiel économique. Ceci s'explique par le fait que la plupart des acteurs n'ont pas réalisé de calculs de rentabilité concernant les installations photovoltaïques, mais ont simplement pris en compte les projets réalistes. Les critères individuels pour le calcul du potentiel réaliste et les valeurs qui en résultent sont compilés dans le Tableau 10.

Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Réaliste [MWh/an]
OFCL	A l'aide de l'outil SIG, toutes les surfaces de toit localisées dans le périmètre sous étude ont été évaluées. Il a été défini comme critère que l'orientation du toit doit permettre un rendement minimal de 80% du rendement maximal. Pour le potentiel technique, l'analyse révèle: <ul style="list-style-type: none">– 4 objets pourvus d'installations > 100 kW– 32 objets pourvus d'installations > 30 kW– 79 objets pourvus d'installations < 30 kW ou dont le rendement est établi à 80-90% Les grandes installations (> 30 kW) et 50% des petites installations ont été incluses dans le potentiel réaliste.	4 900	4 000
Domaine des EPP	Le potentiel technique est déterminé sur la base d'une compilation des surfaces de toits adaptées et non utilisées ainsi que des façades d'au moins 50 m ² . Il en résulte le potentiel réaliste, qui peut contenir des installations de panneaux photovoltaïques sans délai et sans présenter aucun autre inconvénient (p.ex. le potentiel réaliste exclut les parcelles de l'ETHZ qui ont été cédées pour la construction).	7 703	2 990
La Poste	Un total de 14 centres postaux pouvant accueillir des installations photovoltaïques ont été identifiés et ont fait l'objet d'études de faisabilité pour chaque site. Le rendement potentiel est évalué de manière individuelle. Le potentiel technique correspond ici au potentiel réaliste.	5 130	5 130

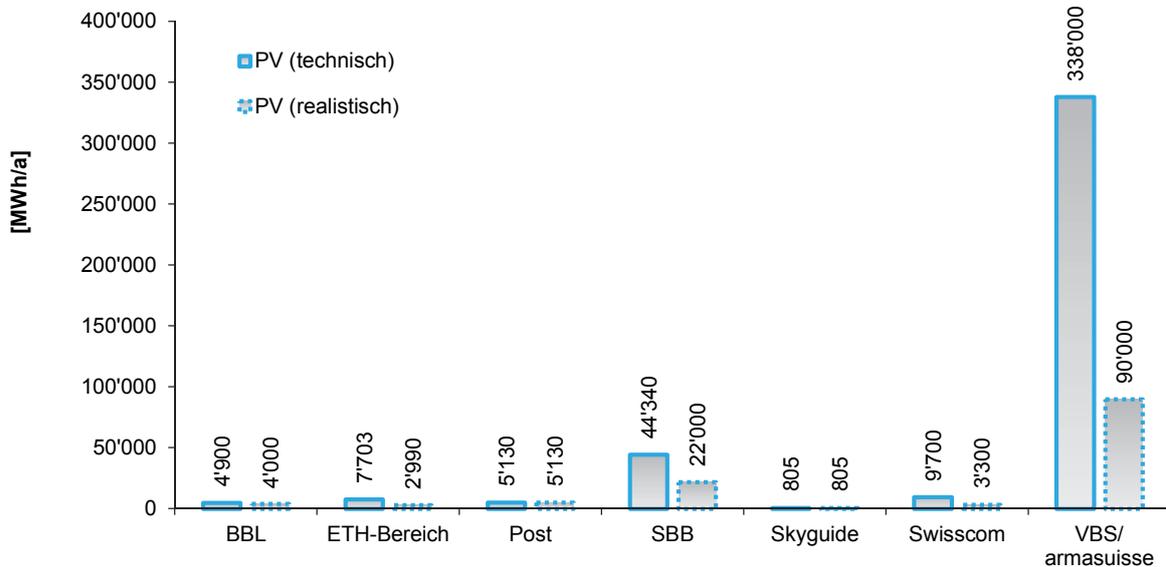


Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Réaliste [MWh/an]
CFF	<p>Le potentiel pour l'installation de panneaux photovoltaïques a été évalué pour les bâtiments, les toitures au-dessus des quais et les toits des gares. Les surfaces de toits utiles ont été calculées au moyen d'images satellites. Pour les installations photovoltaïques sur les bâtiments, un critère de 30 kWp a été défini comme taille minimale pour les installations et 20 kWp pour les toitures de quai. Les gares sont évaluées dans le cadre d'une analyse individuelle. Le potentiel réaliste est déduit du potentiel technique à l'aide d'un facteur qui a été déterminé (en fonction du type de bâtiment 30-50%). Il en résulte un potentiel réaliste de 22 GWh sur les bâtiments suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 78 bâtiments industriels (ateliers, entrepôts de marchandises, etc.) - 210 toitures de quai - 7 gares 	44 340	22 000
Skyguide	<p>Le potentiel pour le photovoltaïque sur les surfaces de toits et les façades a été calculé au moyen d'un programme de simulation. Pour les deux sites, l'analyse révèle un potentiel économique pour la production d'électricité à l'aide d'installations photovoltaïques.</p>	805	805
Swisscom	<p>Le potentiel pour le photovoltaïque est déterminé selon une approche descendante. En partant du nombre actuel de sites, une réduction de la surface des bâtiments d'environ 60% est intégrée au calcul, en raison de la future réduction du nombre de sites et de leur compression. En se basant sur son expérience, Swisscom estime une puissance moyenne par site de l'ordre de 30 kWp. Il en résulte un potentiel technique de 9,7 GWh/an. D'expérience, Swisscom estime à deux tiers le nombre d'installations qui ne peuvent pas être exploitées pour diverses raisons (absence de besoins, situation défavorable, problèmes d'ensoleillement, difficultés d'ordre technique ou surfaces en toiture déjà utilisées par des circuits de refroidissement). Il en résulte un potentiel réaliste de 3,3 GWh/an.</p>	9 700	3 300
DDPS/amasuisse	<p>Le potentiel est calculé selon une approche descendante au moyen d'une carte d'ensoleillement pour une surface bâtie totale de 3 030 000 m². Sont pris en considération pour le calcul des surfaces utiles, l'indice d'utilisation admissible, les monuments historiques, etc. Il en résulte un potentiel technique de 338 GWh/an. En parallèle, une analyse détaillée du potentiel pour le photovoltaïque est réalisée; elle porte sur les 65 plus grands sites, avant d'être extrapolée à l'ensemble des bâtiments. Les deux analyses révèlent un potentiel durable de 90 GWh/an qui s'inscrit sous le potentiel réaliste. En raison des immenses surfaces de toiture disponibles (plus de 3 millions de m²), le potentiel est sans commune mesure avec les autres acteurs du projet.</p>	338 000	90 000
		410 578	128 225

Tableau 10: Description et potentiel pour l'électricité produite au moyen de l'énergie photovoltaïque



Le potentiel technique pour les installations photovoltaïques s'élève à 410,6 GWh/an, dont 30% ou 128,2 GWh/an peuvent être mis en œuvre de manière réaliste. Avec 90 GWh/an, l'OFCL renferme le plus vaste potentiel réaliste (cf. Graphique 10).



Graphique 10: Potentiel pour le photovoltaïque par acteur [MWh/an]

5.2. Énergie hydraulique

Dans le cadre de l'analyse de potentiel du groupe VBE, seules les petites centrales hydrauliques ont été prises en considération⁴. Par ailleurs, la collecte des données se limite aux acteurs CFF, DDPS/armasuisse et OFCL. Les autres acteurs ne laissent en effet présager aucun potentiel pour la production d'électricité à partir de centrales hydrauliques.

L'énergie hydraulique révèle tant le potentiel technique que le potentiel réaliste. Dans les analyses individuelles, le potentiel réaliste exploitable est déduit du potentiel technique au moyen de facteurs tels que « l'accessibilité » et « les rapports de propriété ». Il reste à savoir si les petites centrales hydrauliques sont des projets intéressants d'un point de vue économique et opérationnel pour les acteurs concernés. Ces considérations sortent toutefois du cadre de l'analyse des potentiels.

⁴ Le potentiel en rapport avec la grande hydraulique a déjà été déterminé au niveau national par l'OFEN.



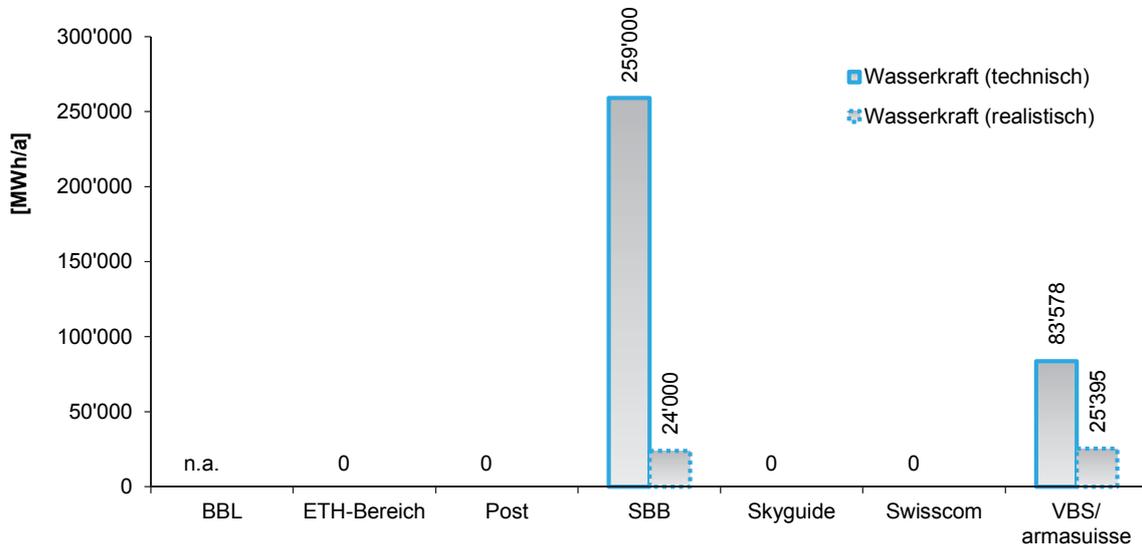
Le Tableau 11 ci-après présente les potentiels pour l'électricité produite à partir de l'énergie hydraulique des différents acteurs concernés.

Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Réaliste [MWh/an]
OFCL	Le potentiel est analysé sur la base d'une plateforme de géoinformation et de certains documents. Par ailleurs, les personnes responsables des bâtiments ont été interrogées au sujet d'installations potentiellement intéressantes. Il en résulte un site adapté (complexe sportif de Magglingen) qui pourrait accueillir un système de turbinage des eaux. En l'absence de données, il n'est pas possible d'en évaluer plus précisément le potentiel.	n.a.	n.a.
CFF	L'analyse des potentiels pour la petite hydraulique est réalisée dans les zones de chalandise des concessions existantes CFF et sur les parcelles en possession des CFF. Elle est menée selon une approche descendante grâce à l'outil SIG et à certains modèles et selon une approche ascendante se basant sur des documents existants et des entretiens avec des experts. Il ressort de l'analyse un potentiel technique de 259 GWh/an disponible à 80% sur les parcelles dont les CFF sont certes propriétaires, mais sur lesquelles l'entreprise ne dispose d'aucun droit des eaux. Les nombreux facteurs d'influence rendent très difficiles l'estimation du potentiel réaliste utile. L'étude évoque 24 GWh/an (projets concrets sans obstacles à la mise en œuvre et potentiel dans les zones de chalandise des concessions existantes avec première priorité de mise en œuvre). Il n'est pas possible de se prononcer avec plus de précision sur la question de la rentabilité.	259 000	24 000
DDPS/armsuisse	Le potentiel a été calculé sur la base d'une analyse des quantités relatives au débit des eaux. Chaque tronçon fluvial qui recèle un potentiel de plus de 100 kW a été examiné plus en détail. Les tronçons fluviaux qui ne sont pas déjà au bénéfice d'une concession et qui ne se situent pas dans une zone protégée ont été sélectionnés. Il en résulte 9 cours d'eau qui pourraient s'avérer intéressants pour une éventuelle exploitation (potentiel technique de 83,6 GWh/an). Si l'on prend en considération le fait que le tronçon fluvial doit être desservi par une route et relié par une ligne électrique, deux cours d'eau offrent le potentiel nécessaire à une exploitation de l'hydraulique.	83 578	25 395
		342 578	49 395

Tableau 11: Description et potentiel pour l'énergie hydraulique



Le graphique ci-après illustre le potentiel réaliste pour la production d'électricité à partir de petites centrales hydrauliques (total 49,4 GWh/an). Toutefois, pour savoir si ce potentiel pourrait réellement être utilisé, il faudrait réaliser des analyses et des études préliminaires plus approfondies.



Graphique 11: Potentiel pour l'énergie hydraulique par acteur [MWh/an]

5.3. Énergie éolienne

Dans le cadre de l'analyse des potentiels, seuls les grandes installations (> 50 kW) ont été étudiées chez les acteurs CFF, DDPS/armasuisse et OFCL. Les autres acteurs ne laissent en effet présager aucun potentiel pour l'énergie éolienne, voire une éventuelle exploitation semble impossible⁵.

Le potentiel réaliste mentionné concerne des sites qui, en raison à la fois de leur situation et de la vitesse de leurs vents, sont recommandés dans les analyses pour l'exploitation de l'énergie éolienne. Pour en estimer la rentabilité, des études de faisabilité ainsi que des mesures du vent devraient être réalisées.

Le tableau 12 ci-après présente les potentiels pour l'électricité produite à partir de l'énergie éolienne chez les différents acteurs concernés.

Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Réaliste [MWh/an]
OFCL	Le potentiel est déterminé au moyen d'une analyse SIG. Le critère propice à l'installation d'une centrale éolienne sur les parcelles de l'OFCL a été fixé à une vitesse minimale de 4,5 m/s pour une hauteur de 70 mètres. Parmi les objets étudiés, seuls deux sites présentent ces caractéristiques. Le premier site (Le Peu Claude : un bâtiment entre Les Bois et Le Noirmont dans le canton du Jura) offre un potentiel de 12 MW de puissance pour une production annuelle de 18 GWh. Aucune prévision ne figure dans l'analyse de l'OFCL pour le second site.	n.a.	18 000

⁵ Chez l'acteur Swisscom, une réglementation de l'OFCOM interdit la construction de parcs éoliens dans un rayon de 700 m autour d'un émetteur. Par conséquent, il n'est pas possible de développer l'énergie éolienne sur les parcelles appartenant à Swisscom.

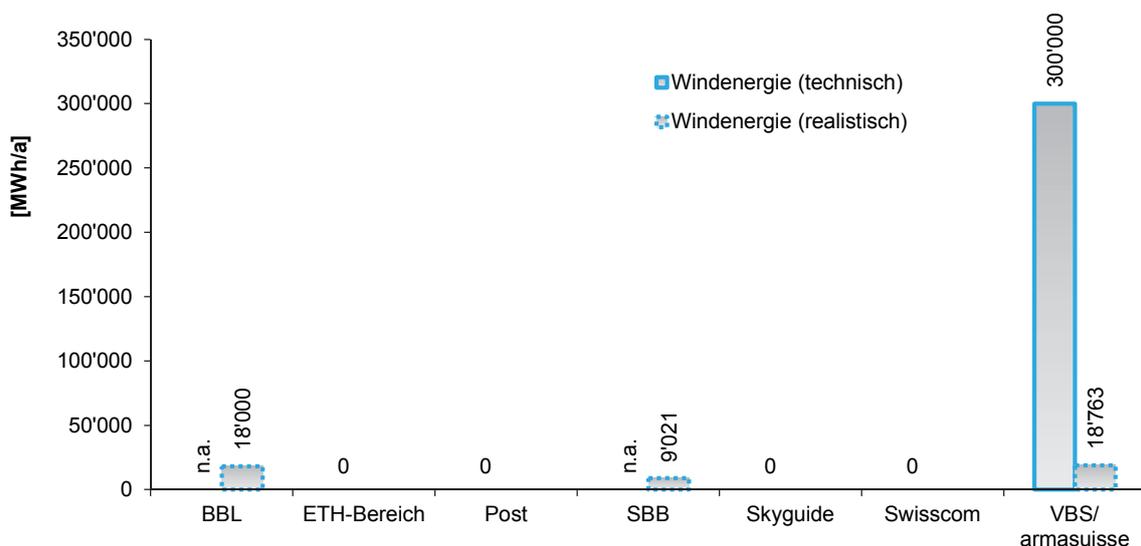


Description des potentiels		Tech. [MWh/an]	Réaliste [MWh/an]
CFF	Les surfaces exploitables par l'énergie éolienne sont déterminées au moyen d'une analyse SIG. Dans une seconde étape, ces surfaces sont évaluées pour savoir si elles sont propices à l'installation de centrales éoliennes. Les sites ayant obtenu la meilleure évaluation sont ensuite analysés de manière individuelle avant d'en calculer le rendement énergétique potentiel. Il ressort de cette analyse un nombre de huit sites dont l'énergie éolienne devrait être exploitée en priorité. Une analyse détaillée révèle que quatre des huit sites sont particulièrement recommandés en raison de leur rendement économique potentiellement intéressant. Les coûts d'investissement pour ces quatre sites sont estimés à environ CHF 11 mio.	n.a.	9 021
DDPS/ armasuisse	Le potentiel technique est calculé sur la base d'une carte des vents suisse pour l'ensemble des sites d'armasuisse Immobilier (300 GWh/an). Des critères d'acceptabilité et d'admissibilité sont pris en considération pour pouvoir évaluer chaque site au moyen d'une analyse détaillée. L'analyse révèle trois sites recommandés pour l'exploitation de l'énergie éolienne (18,8 GWh/an).	300 000	18 763
		n.a.*	45 784

Tableau 12: Description et potentiel pour l'énergie éolienne

*Le potentiel n'est pas indiqué sous forme de total des différents potentiels, étant donné que seul l'acteur DDPS/armasuisse a fourni une indication à ce sujet.

Sur les 8 sites recommandés pour l'exploitation de l'énergie éolienne chez les acteurs OFCL, CFF et DDPS/armasuisse, il en résulte un potentiel réaliste total de 45,8 GWh/an. Le Graphique 12 illustre le potentiel pour l'exploitation de l'énergie éolienne par acteur.



Graphique 12: Potentiel pour l'énergie éolienne par acteur [MWh/an]

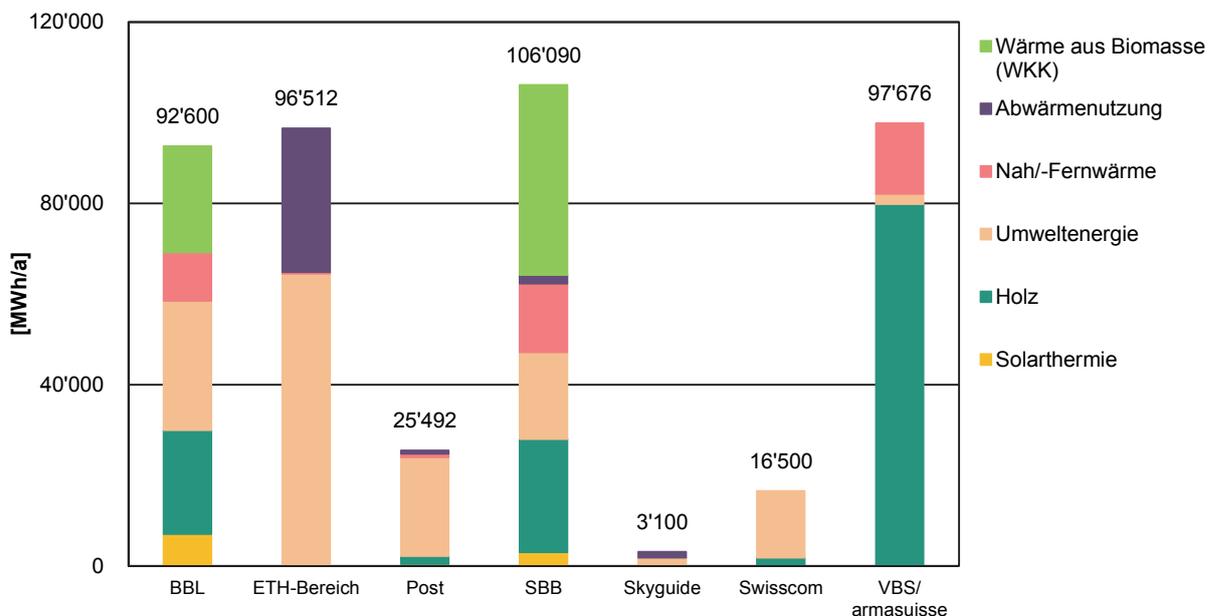


6. Potentiels énergétiques de tous les acteurs

6.1. Chaleur

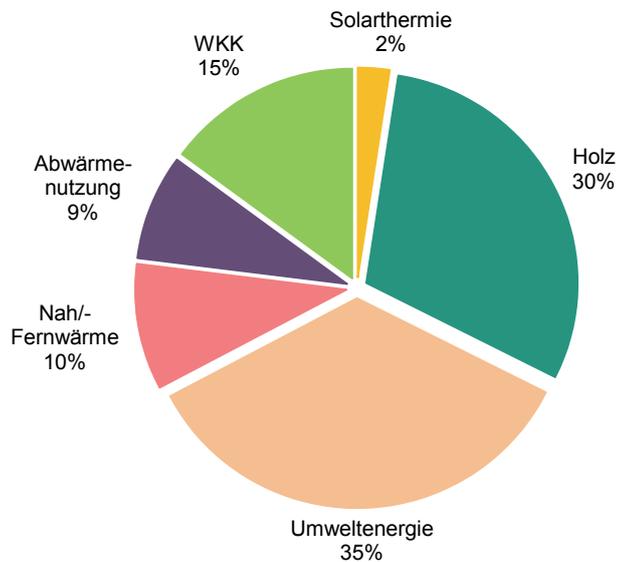
Les différentes analyses de potentiels effectuées par les acteurs participant au projet « Exemplarité énergétique de la Confédération » indiquent un potentiel technique global de 438 GWh/an pour la chaleur produite à partir des énergies renouvelables (et pour la production de froid pour le Domaine des EPF). L'achat de biogaz depuis le réseau n'a pas été pris en considération, étant donné que ce potentiel représenterait un doublon avec les autres agents énergétiques et que tous les chauffages pourraient théoriquement être convertis immédiatement au biogaz. Par conséquent, seuls 134,4 GWh/an serait véritablement rentables. Il faut toutefois préciser à ce sujet que le potentiel économique ne pourrait être déterminé dans la réalité que de manière partielle. C'est pourquoi les potentiels économiques n'ont pas été abordés dans les considérations ci-après.

Les analyses révèlent que les plus grands potentiels techniques résident chez les acteurs CFF, DDPS/armasuisse, OFCL et Domaine des EPF (cf. Graphique 13 ci-après).



Graphique 13: Potentiels techniques pour la production de chaleur/froid selon les acteurs concernés

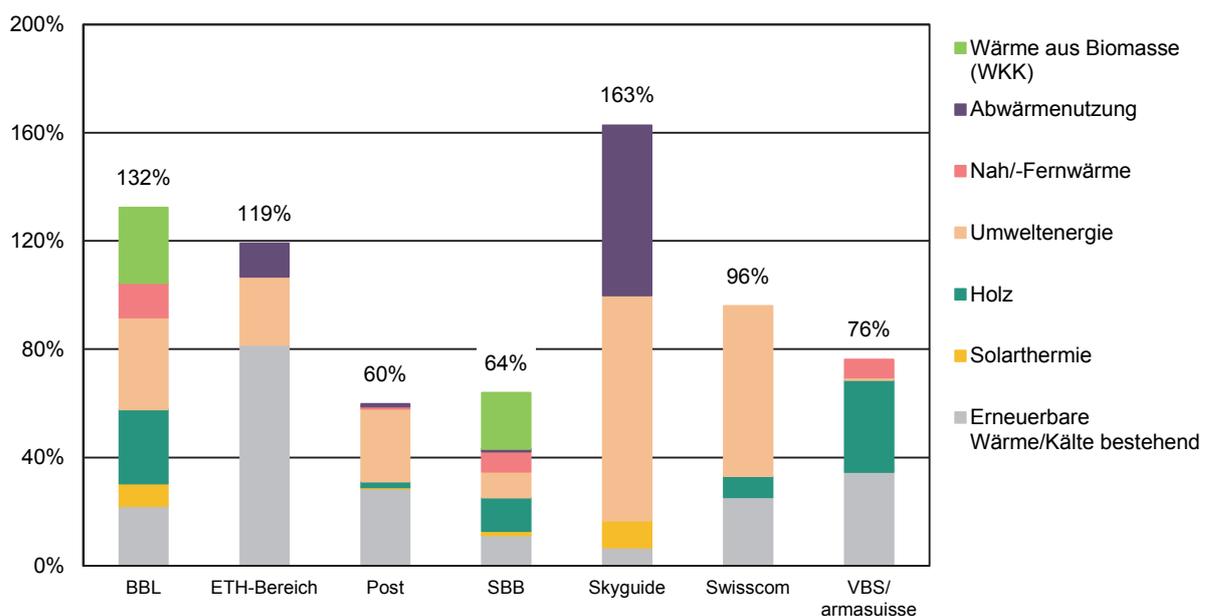
La répartition selon les agents énergétiques est illustrée dans le Graphique 14. Les plus vastes potentiels se situent au niveau de l'utilisation des énergies de l'environnement et du bois, suivie de l'exploitation de la biomasse au moyen d'installation de couplage chaleur-force et de réseaux de chaleur à distance.



Graphique 14: Répartition du potentiel technique de chaleur en fonction des agents énergétiques

Dans ce contexte, la question se pose de savoir si les acteurs peuvent couvrir leur propre consommation de chaleur avec ces potentiels. A cet effet, les potentiels techniques sont mis en rapport avec la consommation de chaleur actuelle (cf. chapitre 3, Tableau 3) et représentés dans le Graphique 15 ci-dessous. Au vu des différentes méthodes utilisées par les acteurs pour déterminer les potentiels techniques de chaleur (concernant le niveau de détail des analyses, les hypothèses quant à la faisabilité technique, la période considérée, etc.), ce graphique sert uniquement de repère visuel pour comprendre les différents ordres de grandeur des potentiels.

Sur l'ensemble des acteurs participant au projet, le taux de chaleur issue des énergies renouvelables – actuellement à 40% – peut être augmenté à 76% grâce aux potentiels techniques déterminés.



Graphique 15: Pourcentages des potentiels techniques pour la production de chaleur/froid en fonction de la consommation actuelle chaleur/froid



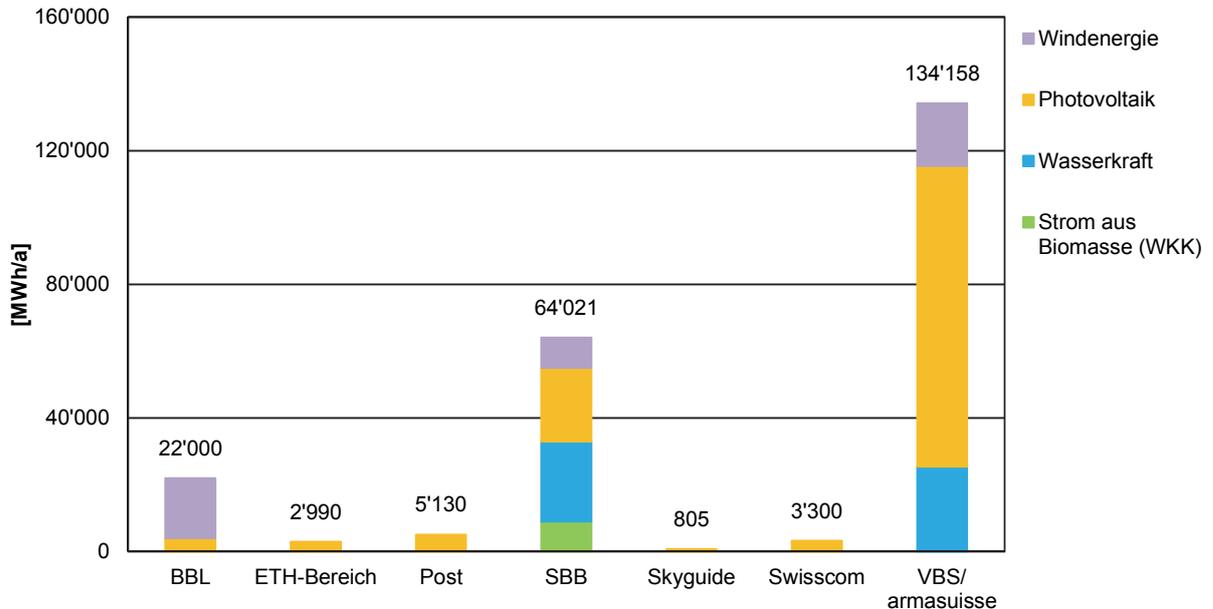
Remarques relatives au graphique:

- En ce qui concerne les acteurs CFF et La Poste, si l'achat de biogaz depuis le réseau était pris en considération, ces acteurs pourraient également produire leur chaleur à partir de sources renouvelables à hauteur de 100% pour le premier et de 81% pour le second.
- L'acteur DDPS/armasuisse a fixé l'horizon 2035 pour son analyse de potentiels. Si cette période s'étendait jusqu'en 2050, cet acteur pourrait également se convertir presque intégralement aux énergies renouvelables grâce à la stratégie de remplacement qu'il a mise en place.
- Etant donné que les potentiels techniques indiqués ne sont pas classés par ordre de priorité au sein des analyses des potentiels de chaque acteur (cf. chapitre 2.1.3), il se peut que le potentiel soit plus important que les besoins en chaleur effectifs (chez les acteurs Skyguide, OFCL et Domaine des EPF).
- Il est à noter que certains potentiels indiqués ne sont pas appropriés pour la couverture des propres besoins de l'acteur concerné. Cette situation vaut tout particulièrement pour les acteurs OFCL, CFF (chaleur issue des installations de couplage chaleur-force et exploitation de la chaleur des tunnels pour les CFF) et Domaine des EPF (dans ce cas, les sources de chaleur et les besoins en chaleur ne sont pas toujours situés aux mêmes endroits et ne peuvent de ce fait pas être reliés).
- A l'avenir, la consommation de chaleur doit être réduite grâce à l'accent mis sur l'amélioration de l'efficacité énergétique (cf. notamment la mesure 01 « Efficacité énergétique des bâtiments neufs ou transformés » conformément au rapport annuel du groupe « Exemplarité énergétique de la Confédération »). L'étude de l'OFCL estime que la rénovation des bâtiments entraînera une réduction de la consommation d'énergie finale en matière de chaleur de l'ordre de 24% au moins d'ici à 2035; l'étude du DDPS relate quant à elle une baisse moins spectaculaire de l'ordre de 7% d'ici à 2050. Si l'on prend en considération la réduction des besoins de chaleur, les taux relatifs à la production d'énergie issue de sources renouvelables s'en trouvent automatiquement augmentés.
- Swisscom, pour sa part, estime que la diminution du nombre de ses sites entraînera une baisse du pourcentage de sa consommation énergétique de l'ordre de 58% par rapport aux chiffres indiqués dans le Tableau 3.



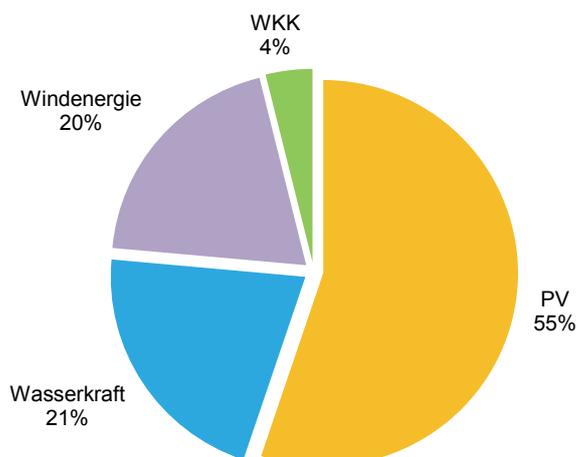
6.2. Électricité

En ce qui concerne l'électricité d'origine renouvelable, les analyses de potentiels révèlent qu'il est possible de mettre en œuvre une production réaliste totale de 232,4 GWh/an. Plus de 50% du potentiel se situe chez l'acteur DDPS/arnasuisse, suivi des CFF et de l'OFCL.



Graphique 16: Potentiels réalistes d'électricité par acteur

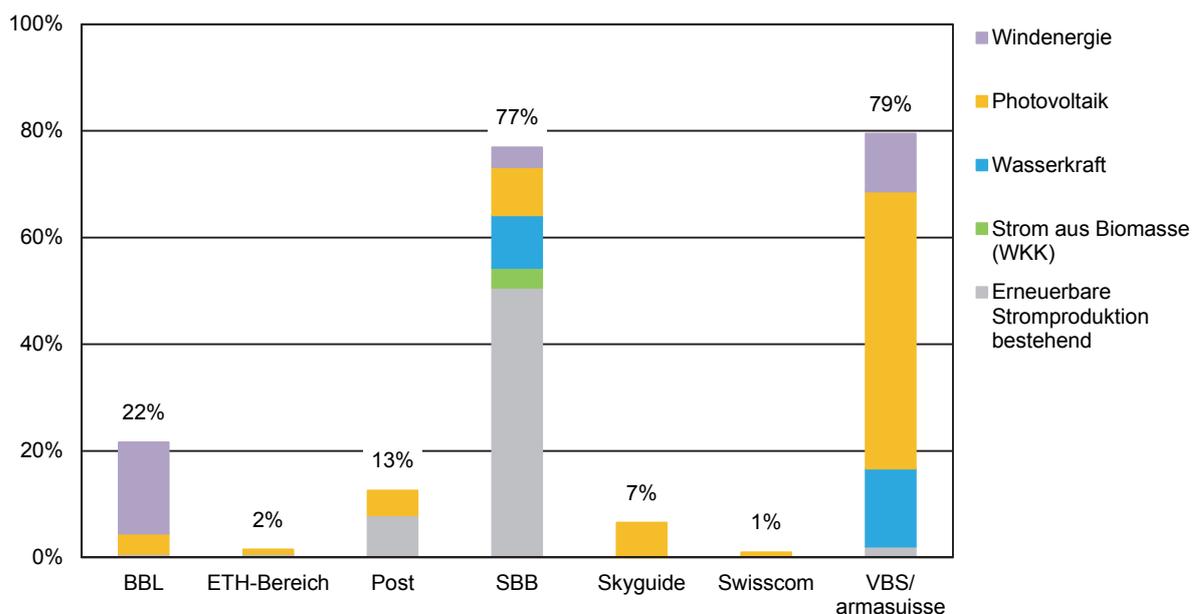
Plus de la moitié du potentiel réaliste se situe dans la production d'électricité au moyen d'installations photovoltaïques. L'électricité produite à partir de l'énergie éolienne et hydraulique représente respectivement 20% et 21%. Une plus petite part pourrait être produite au moyen de la biomasse grâce aux installations de couplage chaleur-force.



Graphique 17: Pourcentages des potentiels d'électricité (potentiel réaliste) en fonction des agents énergétiques



Etant donné que l'électricité provient déjà en grande partie de sources renouvelables (cf. chapitre 3), il est intéressant de découvrir les taux potentiels en matière d'autoproduction de l'électricité pour chaque acteur. A cet effet, les potentiels ont été mis en rapport avec la consommation d'électricité actuelle. Selon le potentiel réaliste, l'autoproduction d'électricité à partir de sources renouvelables peut être augmentée de 10% actuellement à 26% (cf. Graphique 18). Ce faisant, l'écart compris entre 1% et 79% indique que les différences sont très importantes entre les acteurs concernés.



Graphique 18: Part de la production d'électricité potentielle (potentiels réalistes) par rapport à la consommation actuelle



7. Coûts d'investissement

7.1. Coûts d'investissement pour l'exploitation des potentiels de chaleur

Les points suivants s'intéressent aux coûts d'investissement pour l'exploitation des potentiels de chaleur. Etant donné que les potentiels économiques n'ont été déterminés que de manière très fragmentaire, les investissements sont déduits des potentiels techniques pour le solaire thermique, le bois, les énergies de l'environnement et les réseaux de chaleur de proximité/à distance. On estime ce que coûterait la mise en œuvre de 50% du potentiel technique. Pour l'exploitation des rejets thermiques et de la chaleur issue de la biomasse (CCF), les coûts indiqués dans les analyses de chaque acteur ont été repris, étant donné que l'utilisation de ces sources d'énergie est trop complexe/unique pour permettre d'obtenir des résultats significatifs en appliquant la méthode susmentionnée.

Les considérations relatives aux investissements se limitent aux installations de chauffage. Parallèlement au cycle de remplacement du chauffage, certaines autres rénovations nécessaires sur le bâtiment engendrent souvent des coûts supplémentaires. Ces coûts d'investissement doivent être planifiés en sus.

7.1.1. Solaire thermique

L'analyse des potentiels de l'OFCL mentionne des coûts d'investissement spécifiques compris entre CHF 1 000 et CHF 2 500/m². Pour les grandes installations, Weisskopf Partner GmbH estime que les coûts se situent davantage dans la fourchette basse et estime par conséquent ces coûts à CHF 1 000.– par m². Avec une production de chaleur annuelle moyenne de 500 kWh/m² (seulement l'eau chaude sanitaire) et un potentiel technique de 11 GWh/an, on estime à CHF 11 mio. la mise en œuvre de la moitié de ce potentiel.

7.1.2. Bois

Les coûts d'investissement spécifiques pour le chauffage au bois sont déduits des études de variantes existantes de Weisskopf Partner GmbH (2014-2015). En moyenne, ils s'élèvent à CHF 2 100 pour les installations comprises entre 250 kW et 300 kW. Pour la mise en œuvre de 50% du potentiel technique relatif au bois qui s'élève à 131 GWh/an (66 MW⁶), les coûts d'investissement sont ainsi estimés à CHF 69 mio.

7.1.3. Energies de l'environnement

En ce qui concerne les énergies de l'environnement, les coûts d'investissement ne peuvent être estimés que de manière très rudimentaire, étant donné que ni les domaines d'activités, ni la répartition sur les différentes sources énergétiques (terre/eau) ne sont connues. Pour la mise en œuvre du potentiel de 4,3 GWh/an sur le site de l'EPFL (Domaine des EPF), les coûts d'investissement de CHF 25 mio.⁷ sont connus et inclus dans le calcul (comme il y a de fortes chances pour que ce projet soit mis en œuvre, ces coûts sont inclus à 100%). Pour le projet relatif à l'utilisation des eaux du lac sur le site de l'ETHZ – lequel représente le plus grand potentiel dans le Domaine des EPF – on attend des coûts de l'ordre de CHF 100 mio. Ce projet sera mis en œuvre soit totalement soit pas du tout; par conséquent, les coûts sont inclus à 100%. Il est à noter qu'il s'agit d'estimations approximatives et que les coûts ne couvrent qu'une partie du projet (p.ex. les coûts d'investissement pour les pompes à chaleur ne sont pas comptabilisés pour les sites EAWAG/EMPA.)

⁶ Estimation de la puissance potentielle installée: puissance [kW] = potentiel [kWh/an] / heures de fonctionnement à plein régime [h/an]. Cf. également chapitre 2.3.

⁷ Les coûts totaux pour le renouvellement des centrales thermiques, de l'ordre de CHF 54 mio., sont répartis, en fonction de la puissance, entre les énergies de l'environnement et les rejets de chaleur.



Pour le potentiel des acteurs restants, une estimation des coûts est effectuée : selon quatre études de variantes de l'année 2015 de Poste Immobilier, les coûts sont estimés à CHF 2 400 pour les installations dont la puissance est comprise entre 40 kW et 500 kW et qui sont alimentées par différentes sources de chaleur (géothermie, eaux souterraines et air). Il est ainsi possible d'estimer à CHF 53 mio. les moyens financiers nécessaires à la mise en œuvre de 50% du potentiel de 88,2 GWh/an (44 MW) des acteurs – sans le Domaine des EPF.

7.1.4. Raccordements aux réseaux de chaleur de proximité / à distance

Les coûts d'investissement pour les raccordements aux réseaux de chaleur à distance sont estimés à CHF 700 par kW (valeur moyenne pour les raccordements entre 50 kW et 100 kW selon les données communiquées en 2015 par le groupement d'intérêt pour les réseaux de chaleur à distance IGF (Interessengemeinschaft Fernwärme). Il en résulte des coûts d'investissement de l'ordre de CHF 7 mio. pour la mise en œuvre de 50% du potentiel technique relatif aux réseaux de chaleur à distance.

7.1.5. Exploitation des rejets de chaleur

Les éventuelles exploitations de rejets thermiques sont trop différentes pour que l'on puisse calculer les coûts d'investissement spécifiques. Pour les acteurs La Poste, CFF et Skyguide, les coûts relatifs à la mise en œuvre du potentiel économique sont présentés ci-dessous. Dans le Domaine des EPF, seuls sont disponibles les coûts d'investissement concernant l'exploitation des rejets de chaleur à l'EPFL (cf. Tableau 13). Les investissements déterminés s'élèvent à CHF 31 mio.

Coûts d'investissement en CHF	
OFCL	0
Domaine des EPF	29,5
La Poste	0,2
CFF	0,6
Skyguide	0,6
Swisscom	0
DDPS/armasuisse	n.a.
Total	30,9

Tableau 13: Coûts d'investissement déterminés pour l'exploitation des rejets de chaleur

7.1.6. Chaleur et électricité issue de la biomasse (CCF)

Pour les installations CCF, on compte sur le potentiel économique étant donné que des informations très détaillées sont fournies au sujet de la rentabilité et des coûts de ces agents énergétiques. Les coûts d'investissement pour le potentiel économique unique (CCF avec les anciennes traverses de chemin de fer) s'élèvent à un montant compris entre CHF 75 mio et CHF 90 mio. Si les coûts d'investissement sont proportionnels à la quantité d'énergie répartie entre l'électricité et la chaleur, ils sont estimés, pour la partie chaleur, à une fourchette comprise entre CHF 61 mio. et CHF 73 mio. et, pour la partie électricité, à une fourchette comprise entre CHF 14 mio. et CHF 17 mio. Il faut toutefois signaler que, du point de vue des CFF, l'installation de couplage chaleur-force ne comprend pas de potentiel économique, étant donné que la construction et l'exploitation d'une telle installation dont la production



de chaleur est destinée à la revente vers un prestataire externe ne font pas partie de l'activité principale des CFF.

7.2. Coûts d'investissement pour l'exploitation des potentiels réalistes d'électricité

Les chapitres suivants contiennent l'estimation des coûts pour la mise en œuvre des potentiels réalistes d'électricité.

7.2.1. Photovoltaïque

Les coûts spécifiques (CHF/kWp) mentionnés dans les analyses de potentiels des différents acteurs s'avèrent parfois très différents d'une étude à l'autre. Cela s'explique notamment par le fait que certaines études ont été réalisées depuis un certain nombre d'années déjà et que les prix ont par conséquent subi de fortes variations. Pour le présent rapport, les coûts d'investissement sont donc estimés à l'aide des prix unitaires de la puissance installée réaliste. Selon l'OFEN (2016), les coûts d'investissement s'élèvent à CHF 1 815/kWp pour les petites installations photovoltaïques (30 kWp) et à CHF 1 350 pour les grandes installations (> 1 000 kWp). Les données relatives aux différentes tailles des installations n'étant pas connues, les coûts d'investissement sont calculés à partir de valeurs médianes pour pouvoir établir une estimation approximative. Il en résulte un investissement global de CHF 202 mio. pour l'exploitation du potentiel réaliste (128 MWp).

7.2.2. Énergie hydraulique

Les potentiels réalistes mentionnés dans le chapitre 7.2.2 comprennent les petites centrales hydroélectriques potentielles d'une puissance globale de 12,9 MW, soit 1 800 kW en moyenne par installation. Selon l'OFEN (2016), les coûts d'investissement pour les petites centrales hydroélectriques dont la puissance est comprise entre 1 000 kW et 3 000 kW s'élèvent en moyenne à CHF 6 600/kW. Les coûts d'investissement peuvent donc être estimés, de manière très approximative, à environ CHF 85 mio.

7.2.3. Énergie éolienne

Pour la mise en œuvre des sites CFF intéressants d'un point de vue économique, une estimation à env. CHF 11 mio. est avancée. Les études des acteurs OFCL et DDPS ne mentionnent aucun coût pour les potentiels présents sur leurs sites et seule une estimation approximative est avancée. Selon l'OFEN (2016), les coûts d'investissement pour les installations éoliennes dont la puissance est supérieure à 2MW s'élèvent en moyenne à CHF 2 606/kW. Avec une puissance totale de 22,3 MW, il en résulte un volume d'investissements de l'ordre de CHF 58 mio. Les coûts d'investissement du potentiel réaliste total peuvent donc être estimés très approximativement à environ CHF 69 mio. pour les acteurs CFF, OFCL et DDPS.



7.3. Résumé et interprétation des coûts d'investissement

7.3.1. Chaleur

Les coûts d'investissement pour l'exploitation de 50% du potentiel technique de chaleur issu du solaire thermique, du bois, des énergies de l'environnement (sans le Domaine des EPF) et des réseaux de chaleur de proximité/à distance sont estimés à CHF 140 mio. La répartition des coûts en fonction des différents agents énergétiques est illustrée dans le tableau 14 ci-dessous.

	Potentiel technique [GWh/an]	Coûts d'investissement pour un taux de mise en œuvre de 50% [en mio. CHF]	Coûts d'investissement supplémentaires par rapport au remplacement d'appareils fonctionnant aux énergies fossiles pour un taux de mise en œuvre de 50% [en mio. CHF]
Solaire thermique	11	11	8
Bois	131	69	30
Énergies de l'environnement (sans le Domaine des EPF)	88	53	27
Réseaux de chaleur de proximité/à distance	42	7	-6
Total	272	140	59

Tableau 14: Estimation approximative des coûts d'investissement pour une exploitation de 50% du potentiel technique de chaleur. Les coûts d'investissement spécifiques engendrés dans le cadre de réseaux de chaleur de proximité/à distance sont plus faibles qu'avec les agents énergétiques d'origine fossile. C'est la raison pour laquelle il en résulte une valeur négative dans le cadre des coûts supplémentaires.

En ce qui concerne les potentiels de chaleur, il est à noter qu'une grande partie des chauffages existants devront être remplacés au cours des 20 à 30 prochaines années en raison de leur ancienneté. Il est par conséquent essentiel de connaître le montant des coûts d'investissement supplémentaires par rapport au remplacement par des chauffages fonctionnant à partir d'énergies fossiles. Selon l'OFEN (2005) et les différentes variantes de comparaison de Weisskopf Partner GmbH, il est possible d'estimer les coûts d'investissement spécifiques à environ CHF 1 200/kW pour les chauffages fonctionnant aux énergies fossiles. Cela signifierait des coûts d'investissement supplémentaires de CHF 59 mio. par rapport au remplacement des chauffages fonctionnant aux énergies fossiles. Les investissements complémentaires relatifs à des mesures de rénovation des bâtiments, qui doivent généralement être réalisés parallèlement au cycle de remplacement du chauffage, n'ont pas été pris en compte dans la présente analyse.

Pour les agents énergétiques restants (énergies de l'environnement dans le Domaine des EPF, exploitation des rejets de chaleur et couplage chaleur-force), les coûts sont estimés selon une fourchette minimale comprise entre CHF 217 mio. et CHF 229 mio., en sachant que seule une partie des estimations a été fournie pour l'exploitation des énergies de l'environnement et des rejets de chaleur dans le Domaine des EPF (cf. Tableau 15). Ces coûts ne peuvent pas être comparés avec le remplacement des énergies d'origine fossile, mais doivent être considérés en grande partie comme des investissements supplémentaires.



	Potentiel [GWh/an]	Coûts d'investissement déterminés [en mio. CHF]		Remarque quant au calcul des coûts
Énergies de l'environnement dans le Domaine des EPF	65 (écon.)	> 125		Estimation approximative pour une partie du potentiel dans le Domaine des EPF
Exploitation des rejets de chaleur	36 (techn.)	31		Coûts d'investissement disponibles pour les potentiels techniques de l'EPFL, La Poste, les CFF et Skyguide
Chaleur issue de la biomasse (CCF)	40 (écon.)	61	- 73	Fourchette des prix pour la mise en œuvre du potentiel économique (CCF avec les anciennes traverses de voies de chemin de fer)
Total	141	217	- 229	

Tableau 15: Coûts d'investissement déterminés pour les énergies de l'environnement dans le Domaine des EPF, les rejets thermiques et la chaleur issue de la biomasse

L'aspect plus économique de l'exploitation des agents énergétiques renouvelables par rapport à l'utilisation du gaz ou du mazout n'a pas été pris en compte au niveau des considérations en matière d'investissements. Ramenés sur la durée de vie des chauffages, il en ressort naturellement des coûts similaires pour les agents énergétiques renouvelables et fossiles.

Il faut par ailleurs prendre en considération le fait que les acteurs du groupe VBE ont défini la mesure 03 « Aucun nouveau chauffage alimenté aux énergies fossiles ». Si tant est que cette mesure soit mise en œuvre de manière cohérente, le recours aux agents énergétiques fossiles, dans les cas de remplacement du chauffage ou pour l'installation d'un chauffage dans un nouveau bâtiment, n'aura lieu qu'à titre exceptionnel uniquement (chauffages de très petite taille ou pour des sites spéciaux, groupes électrogènes de secours, chauffages de secours, couverture des pics de charge ou projets de recherches). Conformément à la description qui en est faite dans la mesure 03, il convient d'étudier la possibilité de recourir à des énergies de remplacement renouvelables (par ex. le biogaz). Par conséquent, si les acteurs appliquent cette mesure de manière systématique dans le cadre des rénovations à venir, ils couvriront entièrement leurs besoins en chaleur par le biais des énergies renouvelables d'ici une trentaine d'années, respectivement convertiront leurs systèmes de chauffage au biogaz.



7.3.2. Électricité

Les coûts d'investissement relatifs à l'exploitation de l'intégralité du potentiel réaliste d'électricité sont estimés à environ CHF 371 mio. La répartition des coûts en fonction des différents agents énergétiques est illustrée dans le tableau ci-dessous.

	Potentiel réaliste [GWh/an]	Coûts d'investissement [mio. CHF]	Coûts d'investissement spécifiques [CHF/kW] ⁸
Photovoltaïque	128	202	1 583
Énergie hydraulique	49	85	6 600
Énergie éolienne	46	69	2 339
Électricité issue de la biomasse (CCF)	9	15*	8 191*
Total	232	371	

Tableau 16: Estimation approximative des coûts d'investissement pour une exploitation du potentiel réaliste d'électricité

* Les coûts d'investissement moyens (incluant le réseau de distribution pour la chaleur) sont proportionnels à la quantité d'énergie répartie entre l'électricité et la production de chaleur.

En ce qui concerne l'électricité, il s'agit d'investissements supplémentaires effectifs. En effet, les acteurs – à l'exception des CFF – ont jusqu'à présent acheté leur électricité principalement sur le marché de l'électricité et n'ont produit eux-mêmes leur propre électricité (c.-à-d. ont investi dans les installations) que dans une moindre mesure. Ramenés sur la durée de vie des installations, cela permet toutefois d'économiser certains coûts étant donné que l'électricité autoproduite n'a pas besoin d'être achetée.

⁸ N.-B: toutes les installations ne présentant pas le même nombre d'heures d'exploitation, ni la même durée de vie, il n'est pas possible de déduire directement les coûts d'investissement (en CHF) à partir des coûts d'investissement spécifiques (en CHF/kW) et du potentiel (en GWh/an). Les bases de calcul détaillées relatives aux coûts d'investissement figurent au chapitre 7.2



8. Mise en œuvre et obstacles

Pour tous les acteurs, l'obstacle majeur à la mise en œuvre des potentiels d'exploitation des énergies renouvelables réside dans la mise à disposition des fonds d'investissement nécessaires. Cela concerne également les solutions considérées comme économiques par rapport à la durée de vie des installations, étant donné que les premiers investissements sont la plupart du temps plus élevés que ceux consentis pour des variantes conventionnelles.

Pour ce qui est des grandes installations, qui produisent en principe également de l'énergie destinée à être vendue à des externes, le fait que les moyens financiers ne relèvent pas du domaine opérationnel de l'activité principale de l'acteur concerné apparaît comme un obstacle financier supplémentaire.

Par ailleurs, alors que certains sites sont parfaitement adaptés à la production d'électricité, les acteurs concernés n'ont pas forcément besoin d'y produire leur propre électricité. Dans certains cas, il est possible de sous-traiter à un tiers la possibilité d'aménager de tels sites pour qu'ils accueillent des installations de production d'électricité; dans d'autres cas, ce n'est tout simplement pas possible (p.ex. pour des raisons de sécurité). Etant donné que les acteurs OFCL, Domaine des EPF et DDPS/armasuisse ne disposent d'aucun mandat législatif pour produire et vendre de l'énergie (à des fins lucratives), les potentiels présents sur de tels sites ne peuvent pas y être exploités⁹.

Pour contourner l'obstacle des importants investissements initiaux dans le domaine de la chaleur, il existe la possibilité de réaliser une installation sous forme de contracting. Un prestataire prend en charge la construction et l'exploitation d'une installation et se charge de revendre la production de chaleur/froid aux usagers concernés. Des questions en lien avec la sécurité ou la charge de travail que représente la collaboration avec le tiers concerné ainsi que certains aspects d'ordre opérationnel limitent les possibilités de mises en œuvre d'un tel modèle.

Dans le domaine de l'électricité, la question se pose de savoir dans quelle mesure les acteurs doivent produire eux-mêmes l'électricité. Au lieu d'investir dans leurs propres installations de production d'électricité, les acteurs pourraient continuer de miser sur l'achat d'électricité renouvelable (ils achètent déjà 78% de courant vert issu du réseau). Il en va de même dans le secteur du chauffage, où l'énergie renouvelable pourrait être achetée - au moins partiellement lorsque cela est possible - sous forme de biogaz provenant du réseau. Pour justifier la plus-value écologique, il conviendrait d'acheter dans un tel cas des produits certifiés tel que le naturemade star (cf. également la mesure 10 « Achat de courant vert et de courant d'origine hydraulique » du rapport VBE). Il faut toutefois prendre note du fait que les coûts d'une telle solution peuvent s'avérer plus onéreux sur le long terme qu'avec sa propre production d'énergies renouvelables.

⁹ Un excédent d'électricité ou les rejets de chaleur issus des installations qui sont nécessaires pour le mandat législatif (p.ex. l'électricité produite durant les week-ends à partir des installations photovoltaïques ou les rejets de chaleur qui ne sont pas exploités pour les propres activités de l'entreprise) peuvent toutefois être destinés à la revente.



9. Prochaines étapes

Ayant identifié les potentiels et les obstacles à leurs mises en œuvre, les acteurs participant au projet « Exemplarité énergétique de la Confédération » ont élaboré les prochaines étapes pour exploiter le potentiel des énergies renouvelables :

1. Les acteurs remplacent les chauffages à énergies fossiles qui doivent être remplacés (si l'appareil arrive en fin de vie ou s'il est endommagé par exemple) par des systèmes de production de chaleur fonctionnant aux énergies renouvelables. Les nouvelles installations sont également construites sur la base d'agents énergétiques renouvelables. Exception faite de cas particuliers comme les groupes électriques de secours tels qu'ils sont définis dans le catalogue de mesures VBE. Cette stratégie permettra aux acteurs concernés de produire leur chaleur majoritairement à partir d'énergies renouvelables d'ici une trentaine d'années.
2. D'ici fin 2017, les acteurs élaborent des plans d'action individuels afin de gérer au mieux les potentiels des énergies renouvelables et l'exploitation des rejets de chaleur. La rentabilité économique est prise en compte. Ces plans d'action sont élaborés à partir des résultats de l'analyse des potentiels, puis coordonnés avec les stratégies énergétiques et de développement durable ainsi qu'avec les fonds d'investissement mis à disposition.



Références bibliographiques

OFEN (2005): Erneuerbar in die Zukunft heizen. 10 Fragen – 10 Antworten zum Umstieg von Öl auf erneuerbare Heizenergie, article spécialisé paru dans le cadre de la campagne Bâtiments "bauschlau.ch", <http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen> (en allemand)

OFEN (2016): Vérification des coûts de production et des taux de rétribution des installations RPC, Berne, mai 2016, https://www.admin.ch/ch/f/gg/pc/documents/2777/Bericht_Tarif_2017_f.pdf

IFG (2015): Vergleich Wärmeerzeugungssysteme, Interessensgemeinschaft Fernwärme, Kirchberg/Will, www.ig-fernwaerme.ch/files/documents/vergleich_waermeerzeugungssysteme.pdf (en allemand)



Annexe: Aperçu de l'ensemble des potentiels en MWh/an

Potentiels d'électricité [MWh/an]	OFCL	Domaine des EPF	La Poste	CFE	Skyguide	Swisscom	DDPS/armasuisse	Total
Photovoltaïque (technique)	4 900	7 703	5 130	44 340	805	9 700	338 000	410 578
Photovoltaïque (réaliste)	4 000	2 990	5 130	22 000	805	3 300	90 000	128 225
Hydraulique (technique)	n.a.			259 000			83 578	342 578
Hydraulique (réaliste)	n.a.	non étudié		24 000	non étudié		25 395	49 395
Energie éolienne (technique)	n.a.			n.a.			300 000	n.a.
Energie éolienne (réaliste)	18 000			9 021			18 763	45 784
Électricité issue de la biomasse (CCF) (technique)	11 700	0	0	10 436	0	0	0	22 136
Électricité issue de la biomasse (CCF) (économique)	0	0	0	9 000	0	0	0	9 000



Potentiels de chaleur [MWh/an]	OFCL	Domaine des EPF	La Poste	CFF	Skyguide	Swisscom	DPS/armasuisse	Total
Solaire thermique (technique)	7 000	0	422	3 000	200	0	0	10 622
Solaire thermique (économique)	n.a.	0	n.a.	600	0	0	0	600
Bois (technique)	23 000	n.a.	1 718	25 000	0	1 800	79 808	131 326
Bois (économique)	n.a.	n.a.	n.a.	21 300	0	n.a.	n.a.	n.a.
Remplacement du gaz naturel par le biogaz (technique)	32 200	50 450	17 662	79 105	0	2 570	71 910	253 897
Energies de l'environnement (technique)	28 500	64 504	21 854	19 200	1 650	14 700	2 269	152 677
Energies de l'environnement (économique)	14 000	64 504	n.a.	12 700	0	n.a.	n.a.	91 204
Réseaux de chaleur de proximité/à distance (technique)	10 700	320	757	15 100	0	n.a.	15 600	42 477
Réseaux de chaleur de proximité/à distance (économique)	n.a.	0	n.a.	5 700	0	n.a.	n.a.	n.a.
Exploitation des rejets de chaleur (technique)	0	31 688	741	1 900	1 250	0	n.a.	35 579
Exploitation des rejets de chaleur (économique)	0	n.a.	741	600	1 250	0	n.a.	2 591
Chaleur issue de la biomasse (CCF) (technique)	23 400	0	0	41 890	0	0	0	65 290
Chaleur issue de la biomasse (CCF) (économique)	0	0	0	40 000	0	0	0	40 000