

Syndicat Mixte Métropole Savoie

Planification énergétique à l'échelle du SCoT  
Métropole Savoie



Rapport phase 2 : Etat des  
lieux du potentiel énergé-  
tique



Syndicat Mixte Métropole Savoie

Planification énergétique à l'échelle du SCoT Métropole Savoie

Rapport phase 2 : Etat des lieux du potentiel énergétique

Version		a	b
Document	7840.01 PEET Métropole Savoie		
Date	10 avril 2014		
Elaboration	Céline Llamas Pierre-Benoit Marmoux		
Visa	Loic Lepage		
Collaboration			
Distribution	Syndicat Mixte Métropole Savoie BG		

© BG

BG Ingénieurs Conseils SAS

Le Zénith - 6 rue des Prés Riants - BP 233 - F-73102 Aix-les-Bains Cedex  
Siège social: Immeuble METROSUD, 1, bd Hippolyte Marques - 94200 Ivry sur Seine - SAS au capital de 216 800 €  
R.C.S Créteil 2007B04453 - SIRET 303 559 249 00170 - Code APE 7112B

T +33 4 79 35 05 36 F +33 4 79 61 49 90 E [aixlesbains@bg-21.com](mailto:aixlesbains@bg-21.com) W [www.bg-21.com](http://www.bg-21.com) TVA FR 493 035 592 49



Table des matières		Page
1.	Gisements en économies d'énergie	3
1.1	Secteur résidentiel	9
1.2	Secteur du transport local de personnes	10
1.3	Secteur du transport local de marchandises	11
1.4	Secteur du transport de transit (personnes et marchandises)	12
1.5	Secteur tertiaire	13
1.6	Secteur agricole	14
1.7	Secteur industriel	15
1.8	Synthèse - Gisement en économies d'énergie global	16
2.	Potentiel de développement des énergies renouvelables	18
2.1	Présentation des ressources renouvelables considérées	18
2.2	La ressource solaire	20
2.2.1	Les technologies de valorisation	20
2.2.2	Caractéristiques locales	22
2.2.3	Gisement brut	22
2.2.3.1	Méthodologie	22
2.2.3.2	Cartographie	23
2.2.3.3	Quantification	24
2.2.4	Gisement net	25
2.2.4.1	Opportunités / Orientations	25
2.2.4.2	Quantification du gisement mobilisable	26
2.3	La ressource air	30
2.3.1	L'éolien	30
2.3.1.1	Technologies de valorisation	30
2.3.1.2	Gisement brut	31
2.3.1.3	Gisement net	32



2.3.2	L'aérothermie	40
2.3.2.1	Contraintes	40
2.3.2.2	Opportunités	41
2.3.2.3	Quantification	41
2.4	La ressource biomasse	42
2.4.1	Technologies de valorisation	42
2.4.2	Gisement du bois énergie en Rhône-Alpes	43
2.4.2.1	Gisements brut et net	43
2.4.2.2	Capacité de production	46
2.4.3	Gisement local	50
2.4.3.1	Gisement brut	52
2.4.3.2	Gisement net	53
2.4.3.3	Coût de mobilisation de la plaquette forestière	58
2.4.4	Contraintes	60
2.4.5	Opportunités / Orientation	63
2.5	La ressource biogaz	64
2.5.1	Technologies de valorisation	64
2.5.2	Gisements brut et net	66
2.6	La ressource eau	68
2.6.1	L'hydroélectricité	68
2.6.1.1	Technologies de valorisation	68
2.6.1.2	Gisement brut	69
2.6.1.3	Gisement net	70
2.6.2	Valorisation hydrothermique des eaux de surfaces	72
2.6.2.1	Technologies de valorisation	72
2.6.2.2	Caractéristiques locales	74
2.6.2.3	Gisement brut	75
2.6.2.4	Gisement net	76
2.6.3	Valorisation géothermiques des eaux usées	80
2.6.3.1	Technologies de valorisation	80



2.6.3.2	Gisement brut	81
2.6.3.3	Gisement net	83
2.6.3.4	Opportunités / Orientations	85
2.7	Géothermie	86
2.7.1	La ressource sous-sol	86
2.7.1.1	Géothermie basse enthalpie : sondes et capteurs	86
2.7.1.2	Géothermie moyenne enthalpie	96
2.7.1.3	Géothermie haute enthalpie (grande profondeur)	104
2.7.2	Géostructures	107
2.7.2.1	Les infrastructures souterraines : les tunnels	107
2.7.2.2	Les pieux énergétiques	111
2.8	Valorisation des rejets thermiques	113
2.8.1	Technologies de valorisation	113
2.8.2	Contraintes	113
2.8.3	Opportunités / orientations	113
2.9	Synthèse du gisement d'énergie renouvelable local	115
2.10	Combinaison des gisements en économies d'énergie et en production renouvelable	117
3.	Cas particulier : gaz de schiste (énergie locale non renouvelable)	118
3.1	Technologie de valorisation	118
3.2	Gisement brut	119
3.3	Gisement net	119
4.	Conclusion	120



## 1. Gisements en économies d'énergie

Les gisements en économies d'énergie sont les consommations énergétiques qui pourraient être évitées par rapport aux consommations 2013 du territoire. On considèrera que le **gisement brut** correspond aux économies maximales atteignables tandis que le **gisement net** représente les économies d'énergie qui sont raisonnablement réalisables.

Les différents secteurs d'activité (résidentiel, tertiaire, industrie, transport et agriculture) ont été étudiés séparément. Le secteur du transport a été divisé entre transport de personnes, transport de marchandises et transit (personnes et marchandises) sur le territoire. La distinction entre consommations énergétiques liées au transit et consommations internes au territoire a été extrapolée à partir de données issues de l'étude "Les pratiques de déplacements sur Métropole Savoie et l'Avant Pays Savoyard, synthèse de l'enquête ménages déplacements grand territoire 2007" et de l'enquête cordon Chambéry 2007 (cf. rapport phase 1)

Nous avons considéré des hypothèses afin de quantifier les gains énergétiques réalisables par la mise en place de différentes actions de réduction de la consommation. Ces hypothèses, principalement basées sur des données du SRCAE de la Région Rhône-Alpes et de l'ADEME, sont détaillées dans les tableaux suivants.

Hypothèses gisement d'économies d'énergie (GAINS SUR L'ETAT ACTUEL)

RESIDENTIEL			Gisement Brut	Gisement Net
<b>Sobriété :</b>	modification du comportement des usagers	réduction de la consommation d'électricité spécifique	-15% de consommation d'électricité spécifique (retours d'expérience Famille à Energie Positive – maximum atteignable)	-10% de consommation d'électricité spécifique (retours d'expérience Famille à Energie Positive + Energo en Suisse – moyenne atteignable)
<b>Efficacité :</b>	rénovation énergétique des bâtiments	rénovation du parc bâti du secteur résidentiel	rénovation de l'ensemble des bâtiments du parc bâti du secteur résidentiel	rénovation de 90% du parc de résidences principales (données Négawatt – 10% bâtiments impropres à la rénovation)
	changement d'équipements	amélioration du rendement thermique moyen	rendement thermique moyen de 100% (contre 88% actuellement)	rendement thermique moyen de 95% (contre 88% actuellement)

Tableau 1 : Hypothèses de gisement en économies d'énergie du secteur résidentiel



TRANSPORT LOCAL DE PERSONNES			Gisement Brut	Gisement Net
Sobriété :	modification du comportement des usagers	covoiturage, augmentation du nombre de personnes par voiture pour les trajets domicile-travail (1/4 des transports)	augmentation du nombre de personnes par voiture pour les trajets domicile-travail de 1 à 2 et de 1.3 à 2.5 pour les autres déplacements	covoiturage, augmentation du nombre de personnes par voiture pour les trajets domicile-travail (1/4 des transports) de 1 à 1.5 et de 1.3 à 1.75 pour les autres déplacements
	choix d'aménagement	développement de centres de télétravail	35% des actifs peuvent télétravailler (source : étude sur la solvabilité des ménages Métropole Savoie)	35% des actifs peuvent télétravailler 2 jours par semaine (source : étude sur la solvabilité des ménages Métropole Savoie)
	diminution de la part modale de la voiture	rabattement vers les gares	15% du flux majoritaire (21.4% des actifs) peut être rabattu vers les gares	
Efficacité :	changement d'équipements	remplacement des véhicules anciens par des véhicules neufs (ADEME - consommation de 5.1L au 100 km au lieu de 6.7L/100 avec les vieux véhicules)	remplacement de l'ensemble des véhicules du parc	

Tableau 2 : Hypothèses de gisement en économies d'énergie du secteur du transport local de personnes



TRANSPORT LOCAL DE MARCHANDISES			Gisement Brut	Gisement Net
<b>Sobriété :</b>	choix d'aménagement	création de plateformes logistiques (relais véhicules électriques)	réduction de la consommation d'énergie finale de 25% (hypothèse validée par Métropole Savoie)	réduction de la consommation d'énergie finale de 20% (hypothèse validée par Métropole Savoie)
<b>Efficacité :</b>	changement d'équipement	renouvellement des véhicules		

Tableau 3 : Hypothèses de gisement en économies d'énergie du secteur du transport local de marchandises

TRANSPORT DE TRANSIT (PERSONNES ET MARCHANDISES)			Gisement Brut	Gisement Net
<b>Sobriété :</b>	choix d'aménagement	création de plateformes logistiques (relais véhicules électriques)	réduction de la consommation d'énergie finale de <b>40%</b> (potentiel de réduction maximal défini dans le SRCAE)	
	modification du comportement des usagers	covoiturage, augmentation du nombre de personnes par voiture		
<b>Efficacité :</b>	changement d'équipement	renouvellement des véhicules		

Tableau 4 : Hypothèses de gisement en économies d'énergie du secteur du transport de transit



TERTIAIRE			Gisement Brut	Gisement Net
Sobriété :	modification du comportement des usagers	-10% de consommation d'électricité spécifique en sensibilisant les employés à éteindre les appareils électrique le soir et les weekends (qui représente environ 32% de la consommation du secteur tertiaire - ADEME)	-10% de consommation d'électricité spécifique pour l'ensemble du parc tertiaire	
		utilisation de thermostat pour contrôler la température de chauffage dans les bureaux (19°C au lieu de 20°C), gain de 7 % de la consommation de chauffage (ADEME)		
Efficacité :	rénovation énergétique des bâtiments	rénovation du parc bâti du secteur tertiaire	rénovation de l'ensemble du parc bâti du secteur tertiaire	rénovation de 90% du parc bâti du secteur tertiaire pondéré (Données Négawatt – 10% bâtiments impropres à la rénovation)  <i>La pondération du parc considéré est réalisée selon les sous-secteurs de bâtiments tertiaires (Données I Care)</i>
	changement d'équipements	remplacement de l'éclairage par des équipements plus performants basse consommation équipés de capteurs de présence et de capteurs de lumière naturelle (l'éclairage représente 15% de la consommation du tertiaire - ADEME) – économie de 50% de consommation	remplacement de l'éclairage pour l'ensemble du parc bâti du secteur tertiaire	
		amélioration du rendement thermique moyen	rendement thermique moyen de 100% (contre 88% actuellement)	rendement thermique moyen de 95% (contre 86% actuellement)

Tableau 5 : Hypothèses de gisement en économies d'énergie du secteur tertiaire



AGRICULTURE			Gisement Brut	Gisement Net
Efficacité :	rénovation énergétique des bâtiments	rénovation et amélioration de l'isolation des bâtiments, des serres, ...	réduction de la consommation d'énergie finale de 27% (potentiel de réduction maximal défini dans le SRCAE)	
	changement d'équipements	réduction de la consommation d'électricité en améliorant les équipements de traite et tank à lait		

Tableau 6 : Hypothèses de gisement en économies d'énergie du secteur agricole

INDUSTRIE			Gisement Brut	Gisement Net
Sobriété :	meilleure gestion de l'énergie	régulation et supervision énergétique	réduction de la consommation d'énergie finale de 22,4% (potentiel de réduction maximal défini dans le SRCAE)	
Efficacité :	amélioration de l'existant et investissement dans du matériel performant	réduction des pertes, amélioration des rendements des process, récupération de chaleur		

Tableau 7 : Hypothèses de gisement en économies d'énergie du secteur industriel

## 1.1 Secteur résidentiel

Selon les hypothèses présentées dans le tableau 1, le **gisement brut** en économies d'énergie du secteur résidentiel correspond à une réduction de consommation de **846 GWh** (consommation annuelle de 1 170 GWh) et le **gisement net** à une réduction de consommation de **720 GWh** (consommation annuelle de 1 296 GWh). Cela représente un potentiel d'économie de respectivement 42% et 36% par rapport à la consommation 2013 de ce secteur (2 016 GWh).

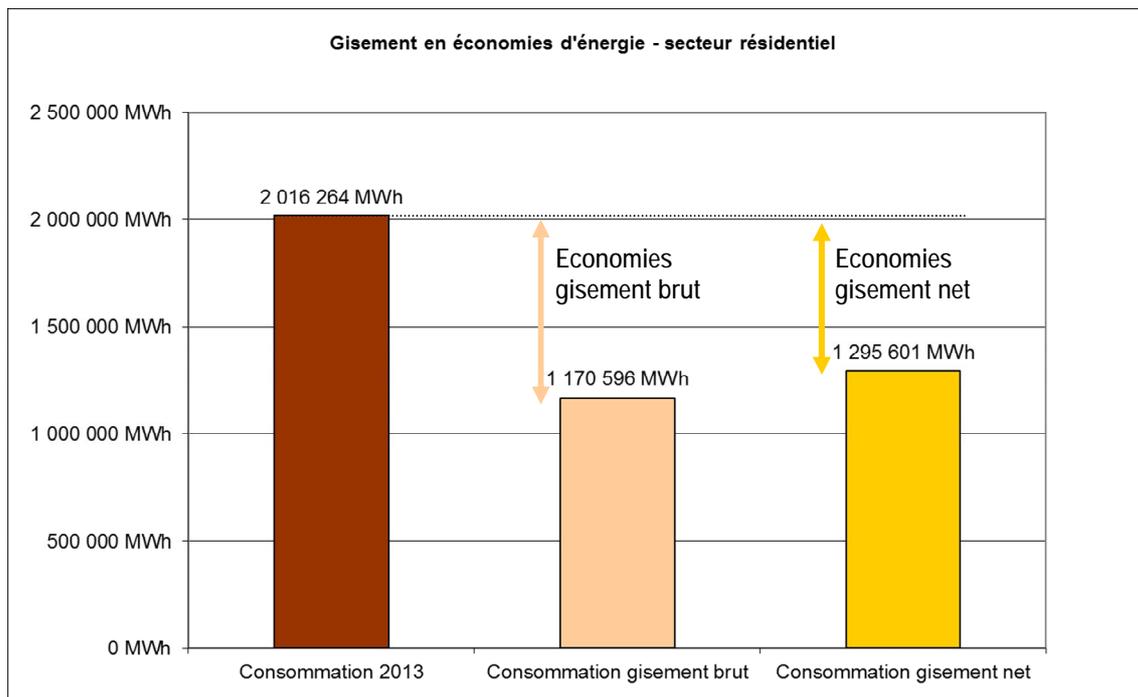


Figure 1 : Gisements en économies d'énergie du secteur résidentiel

## 1.2 Secteur du transport local de personnes

Selon les hypothèses présentées dans le tableau 2, le **gisement brut** en économies d'énergie du secteur du transport local de personnes correspond à une réduction de consommation de **623 GWh** (consommation annuelle de 284 GWh) et le **gisement net** à une réduction de consommation de **523 GWh** (consommation annuelle de 384 GWh). Cela représente un potentiel d'économie de respectivement 69% et 58% par rapport à la consommation 2013 de ce secteur (907 GWh).

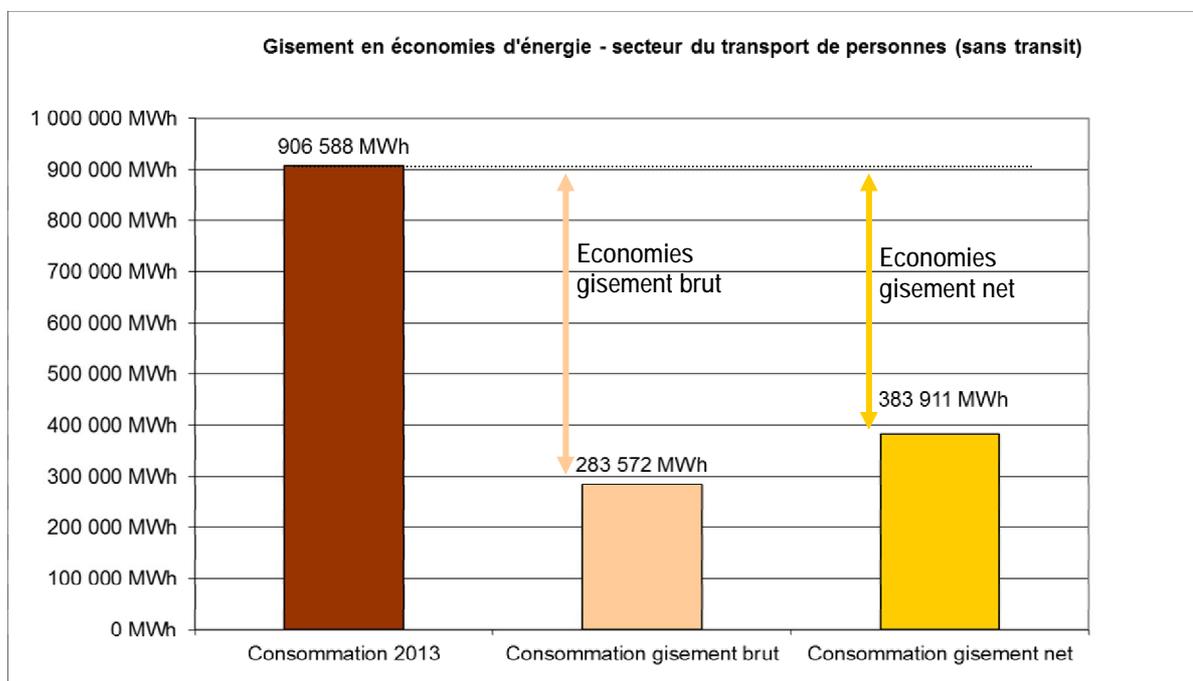


Figure 2 : Gisements en économies d'énergie du secteur du transport local de personnes

### 1.3 Secteur du transport local de marchandises

Selon les hypothèses présentées dans le tableau 3, le gisement brut en économies d'énergie du secteur du transport local de marchandises correspond à une réduction de consommation de 112 GWh (consommation annuelle de 334 GWh) et le gisement net à une réduction de consommation de 90 GWh (consommation annuelle de 356 GWh). Cela représente un potentiel d'économie de respectivement 25% et 20% par rapport à la consommation 2013 de ce secteur (446 GWh).

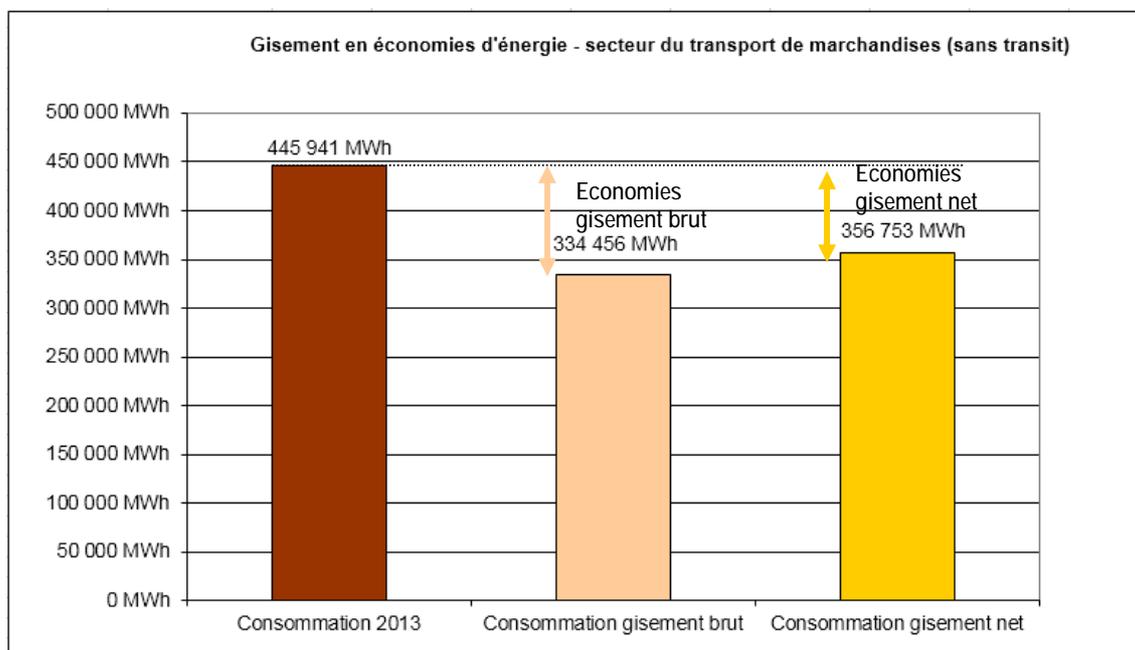


Figure 3 : Gisements en économies d'énergie du secteur du transport local de marchandises

#### 1.4 Secteur du transport de transit (personnes et marchandises)

Selon les hypothèses présentées dans le tableau 4, les gisements brut et net en économies d'énergie du secteur du transport de transit correspondent à une réduction de consommation de 349 GWh (consommation annuelle de 523 GWh). Cela représente un potentiel d'économie de 40 % par rapport à la consommation 2013 de ce secteur (872 GWh).

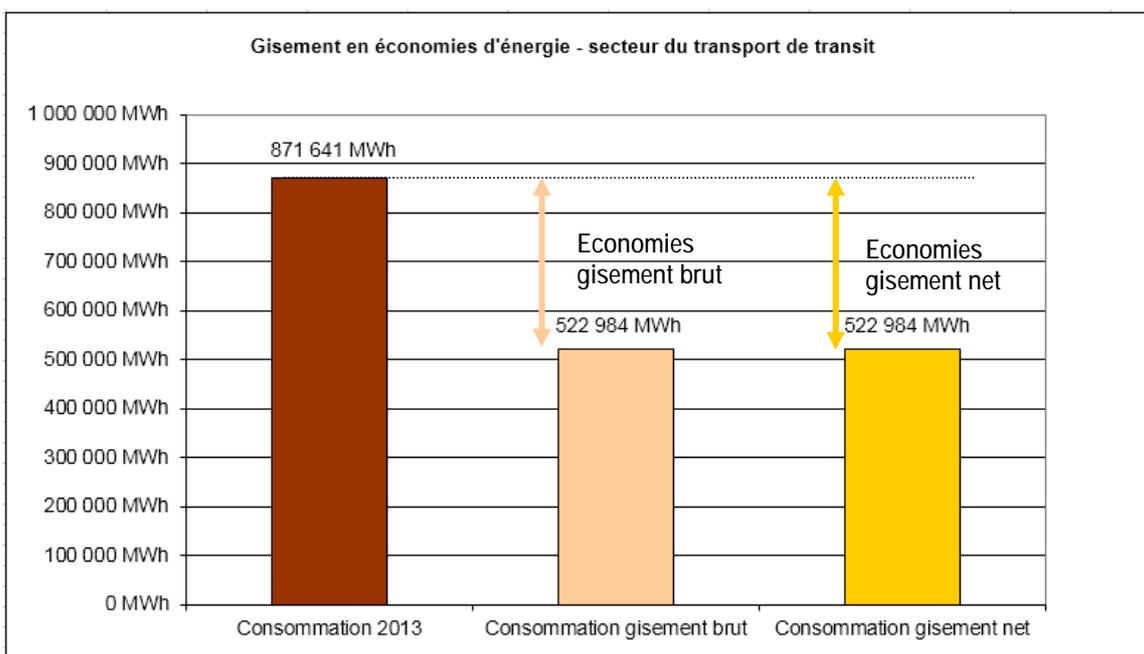


Figure 4 : Gisements en économies d'énergie du secteur du transport de transit

### 1.5 Secteur tertiaire

Selon les hypothèses présentées dans le tableau 5, le **gisement brut** en économies d'énergie du secteur tertiaire correspond à une réduction de consommation de **754 GWh** (consommation annuelle de 270 GWh) et le **gisement net** à une réduction de consommation de **282 GWh** (consommation annuelle de 742 GWh). Cela représente un potentiel d'économie de respectivement 74% et 28% par rapport à la consommation 2013 de ce secteur (1 024 GWh).

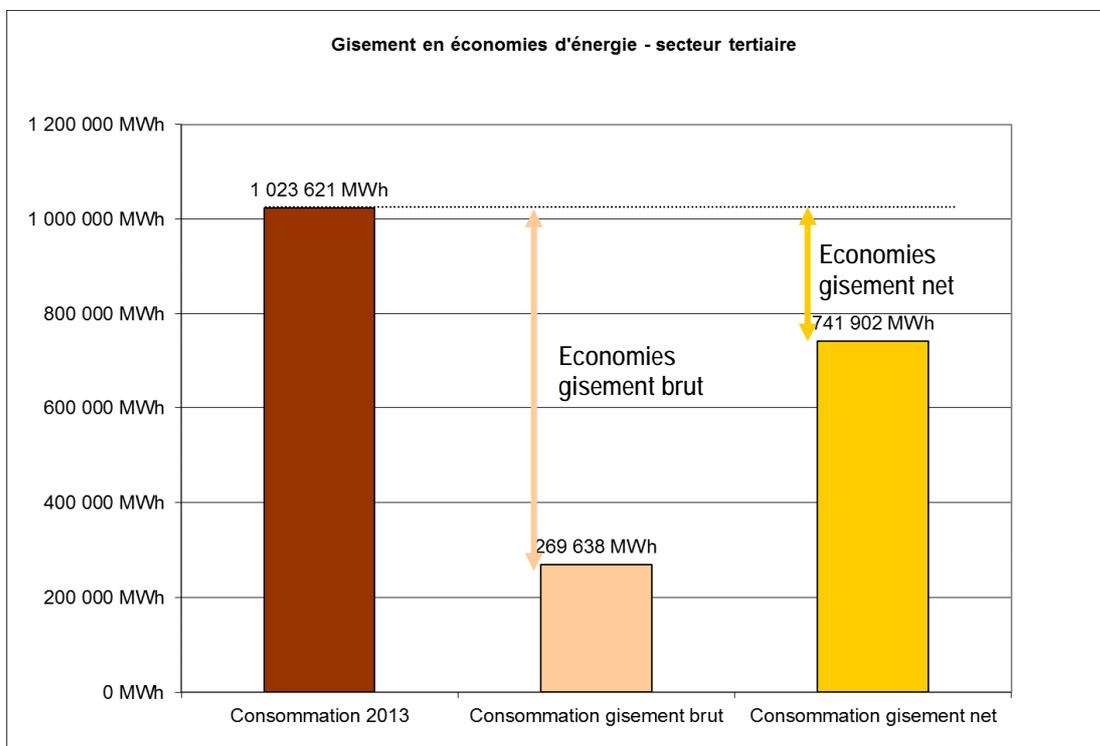


Figure 5 : Gisements en économies d'énergie du secteur tertiaire

## 1.6 Secteur agricole

Selon les hypothèses présentées dans le tableau 6, les gisements brut et net en économies d'énergie du secteur agricole correspondent à une réduction de consommation de 18 GWh (consommation annuelle de 49 GWh). Cela représente un potentiel d'économie de 27 % par rapport à la consommation 2013 de ce secteur (67 GWh).

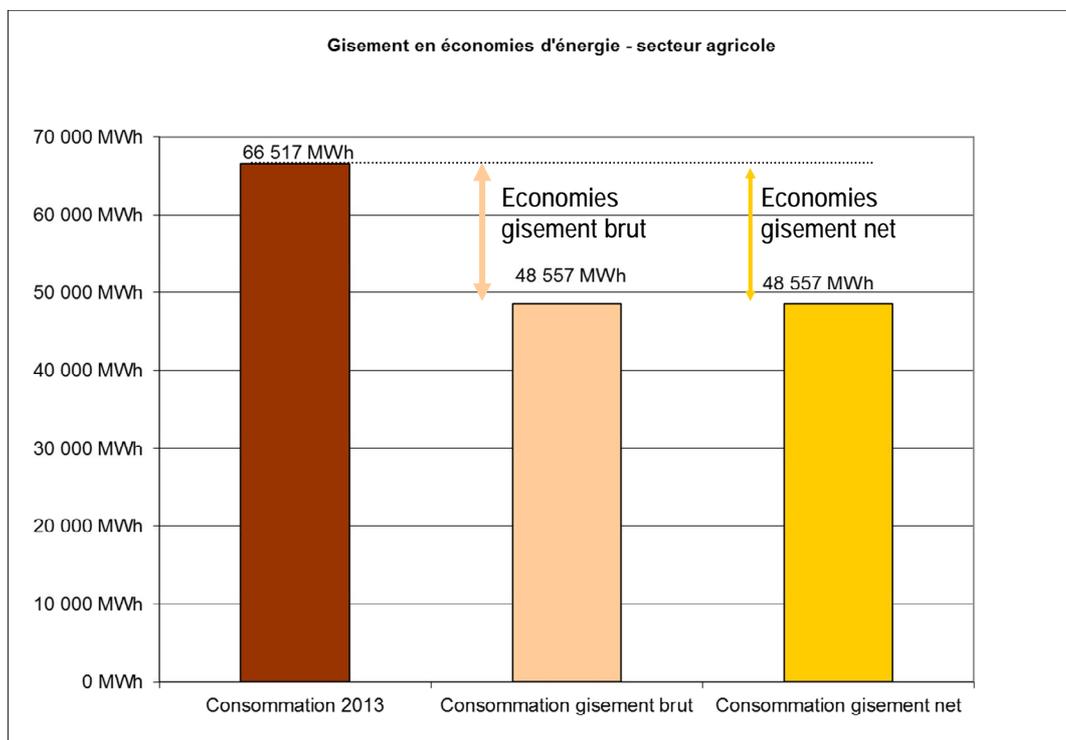


Figure 6 : Gisements en économies d'énergie du secteur agricole

### 1.7 Secteur industriel

Selon les hypothèses présentées dans le tableau 7, les gisements brut et net en économies d'énergie du secteur industriel correspondent à une réduction de consommation de 173 GWh (consommation annuelle de 597 GWh). Cela représente un potentiel d'économie de 22.4 % par rapport à la consommation 2013 de ce secteur (770 GWh).

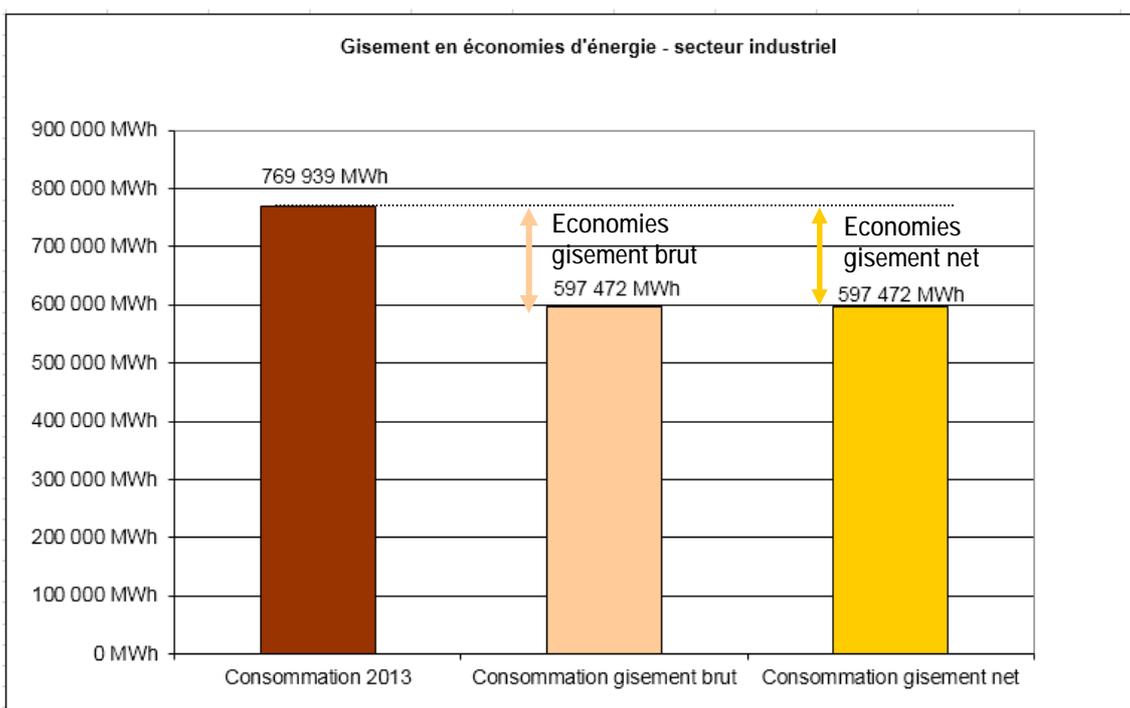


Figure 7 : Gisements en économies d'énergie du secteur industriel

### 1.8 Synthèse - Gisement en économies d'énergie global

Le gisement brut en économies d'énergie tous secteurs correspond à une réduction de consommation de 2 873 GWh (consommation annuelle de 3 227 GWh), soit un potentiel maximal de réduction de 47% par rapport à la consommation 2013 du SCoT Métropole Savoie (6 101 GWh). Le gisement net représente une économie de 2 153 GWh, soit une consommation annuelle de 3 947 GWh (35.3% de la consommation 2013 du SCoT).

Des mesures de sobriété et d'amélioration de l'efficacité énergétique pourraient mener à une économie de 2 153 GWh sur le territoire du SCoT Métropole Savoie. Cela représente 35.3% de la consommation en énergie finale 2013.

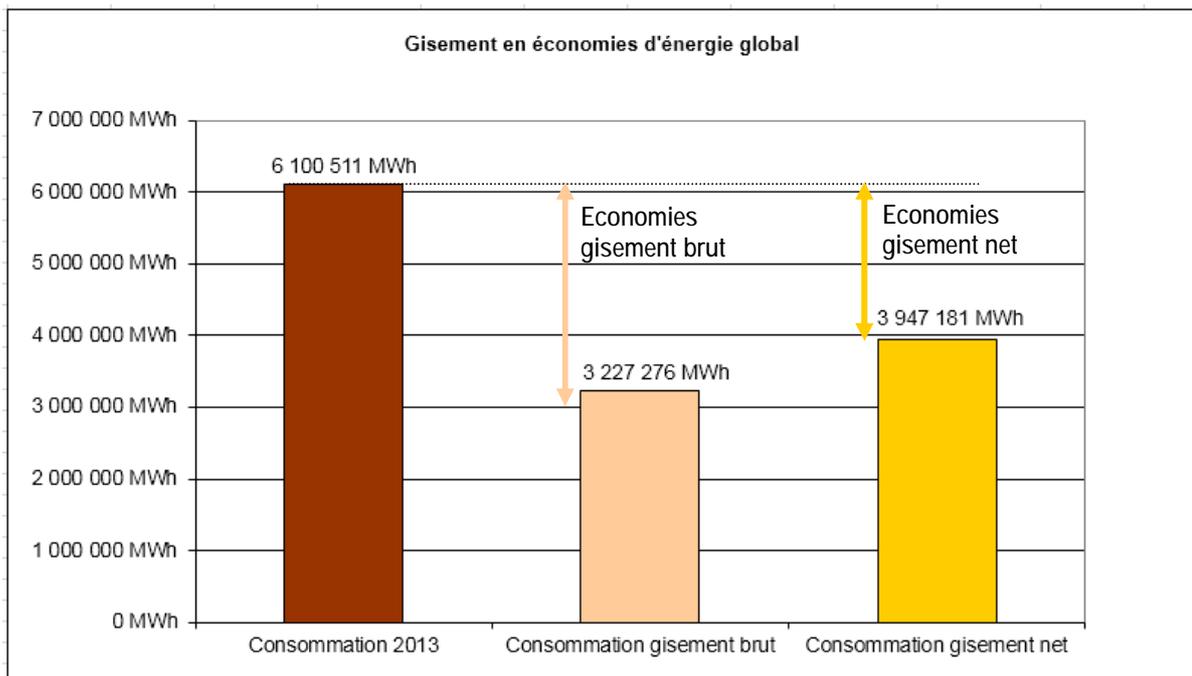


Figure 8 : Gisements en économies d'énergie tous secteurs

Le tableau suivant présente les résultats détaillés des économies d'énergie réalisables par action.



	Consommation totale		Economies d'énergie		% d'économies d'énergie	
	Consommation gisement brut	Consommation gisement net	Gisement brut	Gisement net	Gisement brut	Gisement net
<b>Secteur tertiaire</b>	<b>Consommation 2013 : 1 023 621 MWh</b>					
Action 1 : réduction de la consommation électricité spécifique	1 001 278 MWh	1 001 278 MWh	22 342 MWh	22 342 MWh	2.18%	2.18%
Action 2 : utilisation de thermostats	967 607 MWh	967 607 MWh	56 014 MWh	56 014 MWh	5.47%	5.47%
Action 3 : rénovation énergétique des bâtiments	331 304 MWh	678 361 MWh	692 317 MWh	345 260 MWh	67.63%	33.73%
Action 4 : remplacement de l'éclairage	946 849 MWh	946 849 MWh	76 772 MWh	76 772 MWh	7.50%	7.50%
Action 5 : amélioration du rendement thermique	927 295 MWh	958 664 MWh	96 326 MWh	64 957 MWh	9.41%	6.35%
<b>Toutes les actions combinées</b>	<b>269 638 MWh</b>	<b>741 902 MWh</b>	<b>753 983 MWh</b>	<b>281 719 MWh</b>	<b>73.66%</b>	<b>27.52%</b>
<b>Secteur résidentiel</b>	<b>Consommation 2013 : 2 016 264 MWh</b>					
Action 1 : rénovation énergétique	1 937 195 MWh	1 963 551 MWh	79 070 MWh	52 713 MWh	3.92%	2.61%
Action 2 : réduction de la consommation d'électricité spécifique	1 329 556 MWh	1 402 157 MWh	686 708 MWh	614 107 MWh	34.06%	59.99%
Action 3 : amélioration du rendement thermique	1 868 004 MWh	1 924 722 MWh	148 261 MWh	91 543 MWh	7.35%	8.94%
<b>Toutes les actions combinées</b>	<b>1 170 596 MWh</b>	<b>1 295 601 MWh</b>	<b>845 669 MWh</b>	<b>720 664 MWh</b>	<b>41.94%</b>	<b>35.74%</b>
<b>Secteur des transports de personnes (sans transit)</b>	<b>Consommation 2013 : 906 588 MWh</b>					
Action 1 : télétravail	828 932 MWh	875 526 MWh	77 657 MWh	31 063 MWh	8.57%	3.43%
Action 2 : covoiturage	511 212 MWh	681 435 MWh	395 377 MWh	225 153 MWh	43.61%	24.84%
Action 3 : remplacement des véhicules anciens	517 234 MWh	517 234 MWh	389 354 MWh	389 354 MWh	42.95%	42.95%
Action 4 : report de la part modale de la voiture	900 046 MWh	900 046 MWh	6 542 MWh	6 542 MWh	0.72%	0.72%
<b>Toutes les actions combinées</b>	<b>283 572 MWh</b>	<b>383 911 MWh</b>	<b>623 016 MWh</b>	<b>522 677 MWh</b>	<b>68.72%</b>	<b>57.65%</b>
<b>Secteur des transports de marchandises (sans transit)</b>	<b>Consommation 2013 : 445 941 MWh</b>					
<b>Toutes les actions combinées</b>	<b>334 456 MWh</b>	<b>356 753 MWh</b>	<b>111 485 MWh</b>	<b>89 188 MWh</b>	<b>25.00%</b>	<b>20.00%</b>
<b>Secteur du transport de transit</b>	<b>Consommation 2013 : 871 641 MWh</b>					
<b>Toutes les actions combinées</b>	<b>522 984 MWh</b>	<b>522 984 MWh</b>	<b>348 656 MWh</b>	<b>348 656 MWh</b>	<b>40.00%</b>	<b>40.00%</b>
<b>Secteur agricole</b>	<b>Consommation 2013 : 66 517 MWh</b>					
<b>Toutes les actions combinées</b>	<b>48 557 MWh</b>	<b>48 557 MWh</b>	<b>17 960 MWh</b>	<b>17 960 MWh</b>	<b>27.00%</b>	<b>27.00%</b>
<b>Secteur industriel</b>	<b>Consommation 2013 : 769 939 MWh</b>					
<b>Toutes les actions combinées</b>	<b>597 472 MWh</b>	<b>597 472 MWh</b>	<b>172 466 MWh</b>	<b>172 466 MWh</b>	<b>22.40%</b>	<b>22.40%</b>
<b>TOUS SECTEURS</b>	<b>Consommation 2013 : 6 100 511 MWh</b>					
	<b>3 227 276 MWh</b>	<b>3 947 181 MWh</b>	<b>2 873 235 MWh</b>	<b>2 153 330 MWh</b>	<b>47.10%</b>	<b>35.30%</b>

Figure 9 : Résultats détaillés des gisements en économies d'énergie



## 2. Potentiel de développement des énergies renouvelables

### 2.1 Présentation des ressources renouvelables considérées

Le tableau ci-dessous présente les ressources et les technologies considérées par BG pour l'évaluation des gisements sur le territoire, après échanges et validation avec le Maître d'Ouvrage.

Technologies considérées	
<b>Ressource solaire</b>	
	Solaire thermique
	Solaire photovoltaïque
<b>Ressource air</b>	
	Eolien
	Aérothermie
<b>Ressource biomasse</b>	
	Biomasse forestière
	Biomasse industrielle
<b>Ressource biogaz</b>	
<b>Ressource eau</b>	
	Hydroélectricité
	Hydrothermie sur lac et eaux de surface
	Hydrothermie sur eaux usées
<b>Géothermie</b>	
	Ressource sous-sol
	Géothermie basse enthalpie : sondes et capteurs
	Géothermie moyenne enthalpie : géothermie sur nappes / eaux thermales
	Géothermie haute enthalpie : failles / anciens forages pétroliers
	Géostructures
	Géothermie des tunnels
	Pieux énergétiques
<b>Valorisation des rejets thermiques</b>	

Figure 10 : Liste des ressources et technologies renouvelables considérées  
Source: BG

Dans la suite de ce rapport sont présentés les résultats de l'analyse BG sur les gisements bruts et les gisements nets de ces filières, ainsi que sur les orientations énergétiques (enR) territoriales, qui pourront aider à la mise en œuvre de projets permettant d'aller vers la transition énergétique. Ces résultats sont présentés ressource par ressource.

Le schéma, ci-dessous, présente succinctement la méthodologie suivie par BG pour l'élaboration des gisements bruts et des gisements nets de chaque filière.

Dans un premier temps, nous recenserons les technologies de valorisation de chaque filière et leurs caractéristiques locales afin d'établir le gisement brut. Le gisement net est ensuite déduit du gisement brut par soustraction des contraintes immuables locales propres à chaque filière, comme par exemple les zones à fortes ombres portées (solaire), les revêtements durs (géothermie), les arrêtés de protection de biotopes (éolien et géothermie), protection du patrimoine (toutes les filières),...

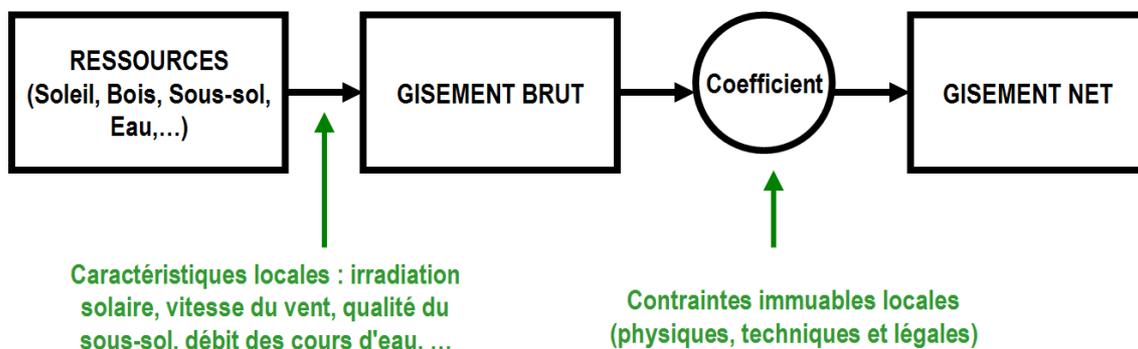


Figure 11 : Schéma de la méthodologie utilisée par BG pour l'élaboration des gisements bruts et nets  
Source: BG

## 2.2 La ressource solaire

### 2.2.1 Les technologies de valorisation

#### Solaire thermique

L'énergie solaire thermique est la transformation du rayonnement solaire en énergie thermique. Les rayonnements sont captés par des capteurs vitrés qui transmettent l'énergie solaire à des absorbeurs métalliques, capteurs plans ou capteurs à tube sous vide, lesquels réchauffent un réseau de tuyaux de cuivre dans lequel circule un fluide caloporteur. Un échangeur chauffe à son tour l'eau stockée dans un réservoir d'eau qui est ensuite injectée dans le réseau de chauffage. Les capteurs solaires thermiques peuvent produire de l'eau chaude pour l'eau chaude sanitaire (ECS) et/ou le chauffage (Système solaire combiné - SSC). Ils peuvent également servir au séchage solaire des fourrages et au chauffage des piscines. La quantité d'énergie fournie par les capteurs va dépendre, entre autres, de la région (météo), de la surface de capteurs ou encore de la technologie employée.



Figure 12 : Schéma de principe du fonctionnement de capteurs solaires thermiques  
Source: ADEME

#### Solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs, comme le silicium ou les couches minces métalliques, qui libèrent des électrons sous l'action des rayonnements solaires. Un courant électrique est généré par la rencontre des photons (composants de la lumière) et des électrons (libérés par les semi-conducteurs). Ce courant continu, calculé en watt crête (Wc), peut être transformé en courant alternatif grâce à un onduleur. L'électricité produite est disponible sous forme d'électricité directe qui peut être consommée, stockée en batterie ou injectée dans le réseau électrique. A noter que les performances d'une installation photovoltaïque dépendent de l'orientation des panneaux solaires et l'ensoleillement de la zone dans laquelle elle se trouve.

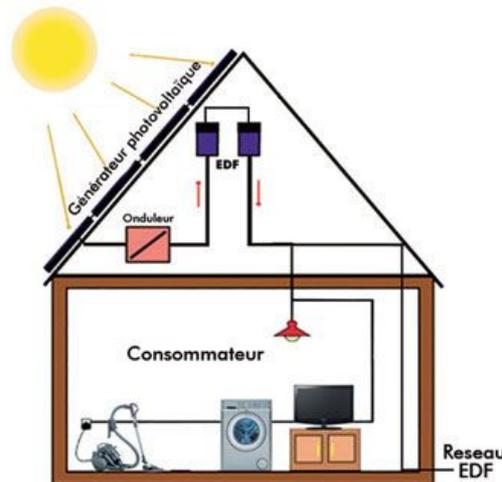


Figure 13: Schéma de principe du fonctionnement de panneaux solaires photovoltaïques  
Source: ADEME

## Froid Solaire

L'énergie solaire peut aussi être utilisée pour le rafraîchissement. Les systèmes de rafraîchissement solaire apparaissent comme une alternative prometteuse aux systèmes de refroidissement traditionnels par compression de vapeur, avec certains avantages : réduction de la consommation d'électricité, utilisation de fluides frigorigènes non néfastes pour l'atmosphère et faible niveau sonore.

Les techniques employées pour le froid solaire sont les machines à sorption (absorption ou adsorption) ou bien les systèmes à refroidissement évaporatif basé sur le procédé de « dessicant cooling ». Les capteurs solaires fournissent de la chaleur à un fluide réfrigérant circulant dans le système d'absorption. Par ébullition, le dispositif à absorption dissocie le couple adsorbant (solide) - adsorbat (liquide faisant office de fluide frigorigène). Puis c'est lorsque ces deux éléments se recombinent que le froid est généré (Source: <http://www.econologie.com>).

De plus, l'intérêt d'une telle valorisation est que les besoins en froid coïncident la plupart du temps avec la disponibilité du rayonnement solaire (localisation géographique et horaires d'ensoleillement quotidien).

On dénombre près de 80 installations en Europe, dont plus d'une cinquantaine destinées à des bâtiments tertiaires. Ces installations ont le plus souvent le statut de pilotes, voire de prototypes et seulement quelques-unes sont des installations purement commerciales. Notons que de tels systèmes pilotes sont actuellement installés en Midi-Pyrénées pour rafraîchir des caves à vin.

## 2.2.2 Caractéristiques locales

L'irradiation annuelle correspond à la quantité d'énergie solaire moyenne reçue par une surface en un an. Elle varie considérablement en fonction du lieu d'implantation, de son orientation et de la présence d'éventuels masques.

Les deux cartes suivantes montrent les caractéristiques de l'irradiation et des heures d'ensoleillement sur le territoire de la France.

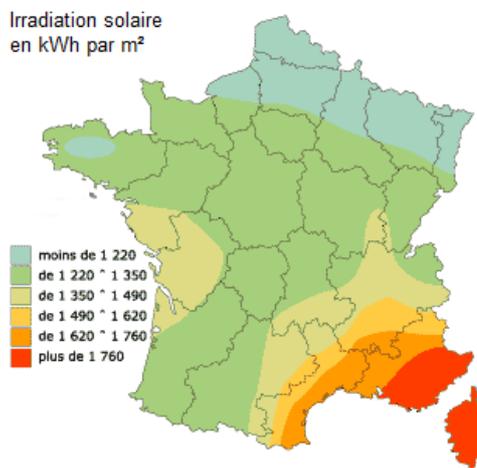


Figure 14 : Carte de l'irradiation solaire  
Source: ADEME

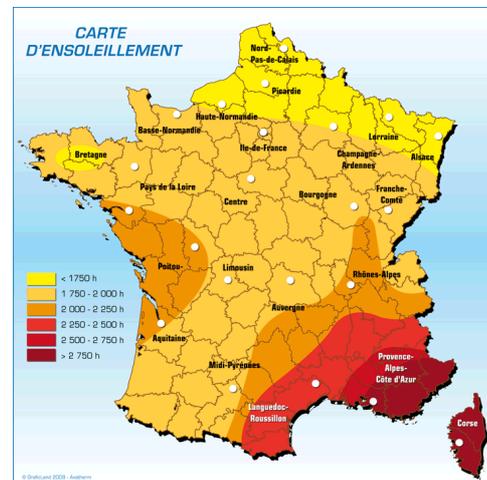


Figure 15 : Carte des heures d'ensoleillement  
Source: ADEME

En raison de sa localisation dans l'est de la France, le territoire de Métropole Savoie se situe dans une zone relativement favorable à la filière solaire avec un ensoleillement annuel supérieur à 1750h et une irradiation solaire annuelle moyenne de 1 000 kWh/m<sup>2</sup> (d'après la carte d'irradiation du territoire - Figure 16).

## 2.2.3 Gisement brut

### 2.2.3.1 Méthodologie

Pour réaliser la carte du gisement brut solaire, nous avons cherché à évaluer l'exposition solaire moyenne sur le territoire en fonction du relief et de l'inclinaison du soleil au cours d'une journée.

L'irradiation solaire au niveau du territoire de Métropole Savoie a été obtenue par simulation via le module solaire du logiciel ArcGIS, qui analyse les ombres portées sur le territoire au cours d'une année (année 2012 utilisée comme année de référence) et leur influence sur l'exposition du territoire au rayon du soleil.

### 2.2.3.2 Cartographie

La carte ci-dessous présente l'irradiation solaire du territoire de Métropole Savoie du plus au moins favorable :

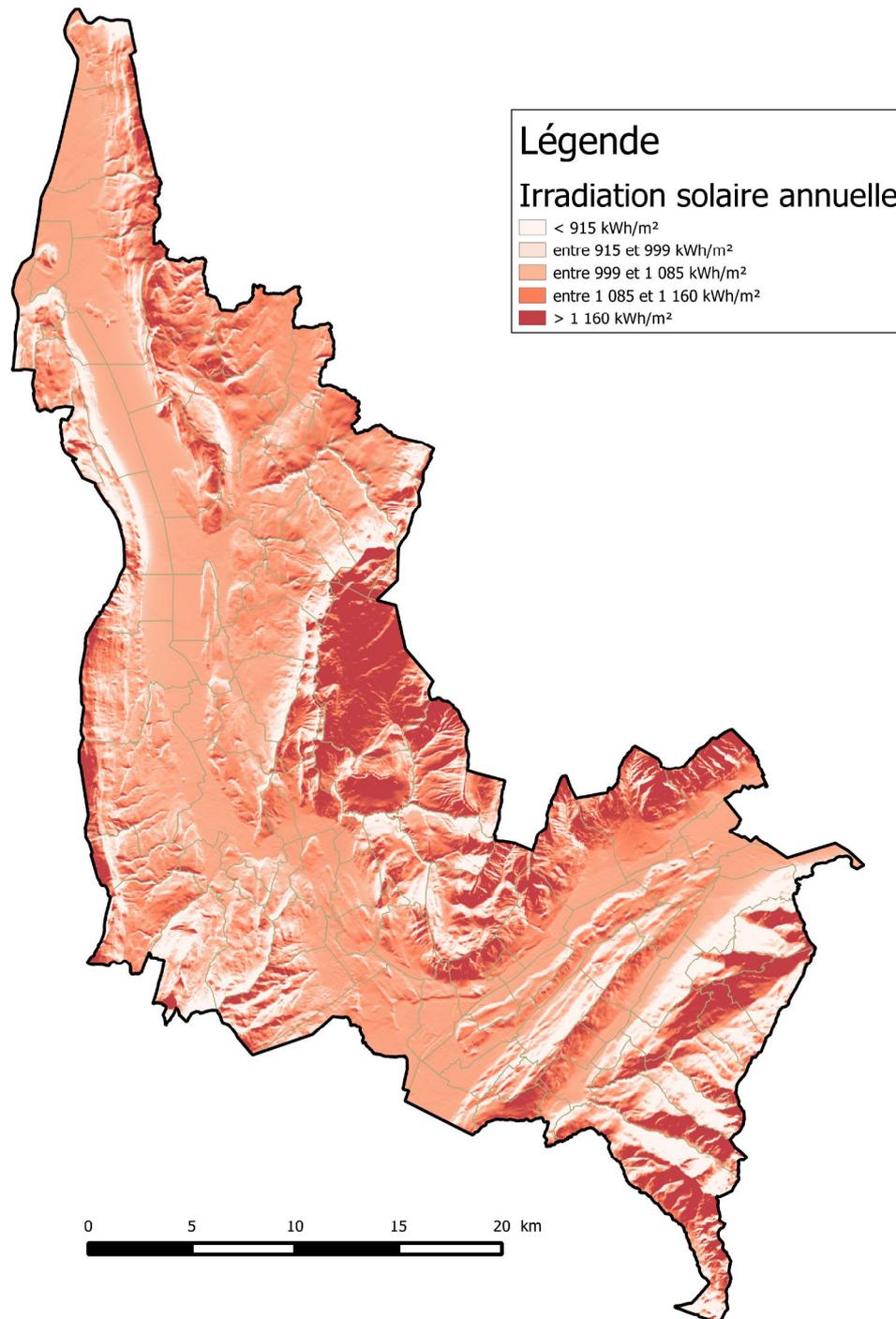


Figure 16 : Carte de l'exposition solaire sur le territoire de Métropole Savoie  
Source: BG

### 2.2.3.3 Quantification

L'estimation du potentiel de développement de la ressource solaire pour le territoire a été réalisée à partir d'une étude de la Direction Départementale des Territoires de Savoie en 2011<sup>1</sup>. La possibilité de mettre en place des installations sur toiture a été étudié à l'échelle intercommunale. Les résultats ici présentés en sont une extraction, ils permettent de fixer les ordres de grandeurs des gisements bruts, c'est-à-dire potentiellement exploitables.

Intercommunalités	Maison	Immeuble	Bâtiment industriel	Bâtiment commercial	Bâtiment agricole.	Bâtiment sportif	Total
CC Chautagne	299 634 m <sup>2</sup>	18 938 m <sup>2</sup>	62 277 m <sup>2</sup>	0	519 m <sup>2</sup>	0	381 368 m <sup>2</sup>
CC du Canton d'Albens	462 879 m <sup>2</sup>	17 300 m <sup>2</sup>	172 198 m <sup>2</sup>	0	10 621 m <sup>2</sup>	2 377 m <sup>2</sup>	665 375 m <sup>2</sup>
CA Lac du Bourget	1 161 991 m <sup>2</sup>	161 895 m <sup>2</sup>	397 700 m <sup>2</sup>	23 914 m <sup>2</sup>	2 820 m <sup>2</sup>	7 136 m <sup>2</sup>	1 755 456 m <sup>2</sup>
CA Chambéry métropole	2 451 633 m <sup>2</sup>	543 098 m <sup>2</sup>	1 515 753 m <sup>2</sup>	56 823 m <sup>2</sup>	5 062 m <sup>2</sup>	31 548 m <sup>2</sup>	4 603 917 m <sup>2</sup>
CC Combe Savoie	427 238 m <sup>2</sup>	37 852 m <sup>2</sup>	102 700 m <sup>2</sup>	0	329 m <sup>2</sup>	2 083 m <sup>2</sup>	570 202 m <sup>2</sup>

Table 1: Evaluation des surfaces de toitures exploitables pour le solaire sur le territoire de Métropole Savoie  
Source : DDT Savoie / Axenne (2011)

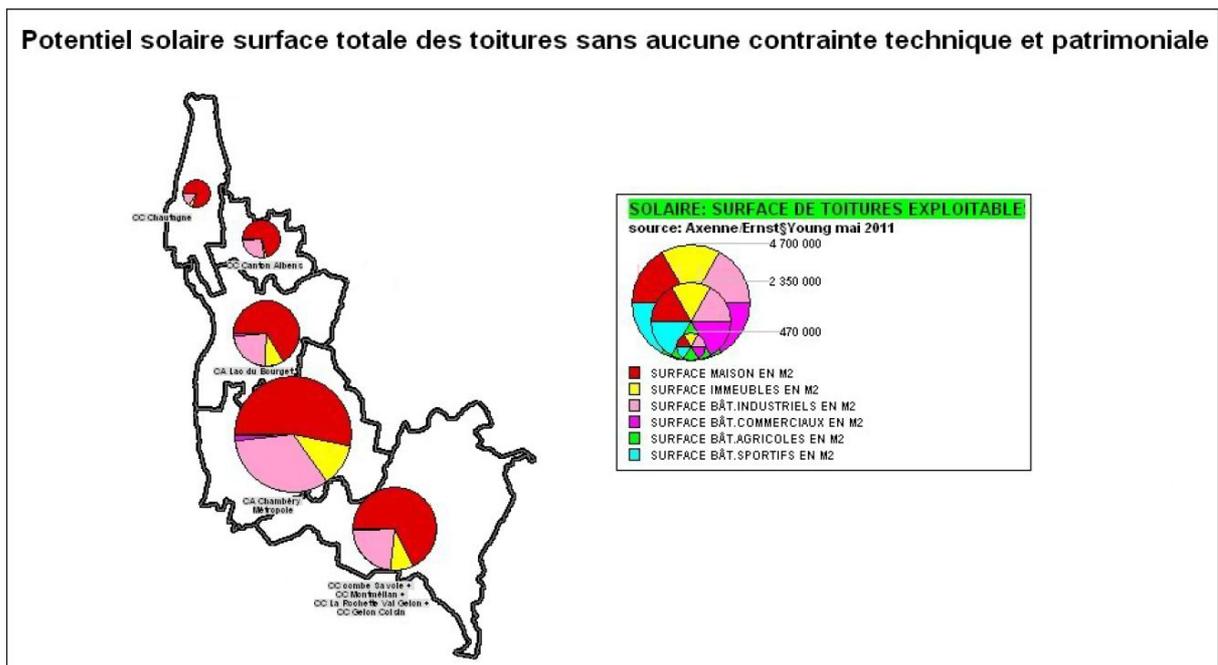


Figure 17: Carte des surface de toitures exploitables sur le territoire pour le solaire  
Source: DDT Savoie / Axenne (2011)

<sup>1</sup> Potentiel de développement de l'énergie solaire thermique et de l'énergie solaire photovoltaïque, DDT Savoie / Axenne, mai 2011



Ainsi, sur l'ensemble du territoire, la surface de toiture mobilisable pour valoriser l'énergie solaire a été évaluée à environ 7 976 000 m<sup>2</sup>. Cette surface correspond au gisement brut, c'est-à-dire à la surface de toiture maximale potentiellement mobilisable.

## 2.2.4 Gisement net

Selon la Figure 16, la majeure partie du territoire de Métropole Savoie est exposée de façon relativement favorable pour la valorisation de la ressource solaire et l'utilisation de capteurs solaires thermiques et de panneaux photovoltaïques.

### 2.2.4.1 Opportunités / Orientations

#### Solaire thermique

Sur le territoire de Métropole Savoie, le solaire thermique sera privilégié pour la couverture d'ECS des logements existants, et pour la couverture du chauffage et de l'ECS pour les logements neufs performants (chauffage basse température). Il pourra également être utilisé pour les installations publiques telles que les piscines.

Le solaire thermique peut aussi être utilisé en complément d'un système de sondes géothermiques verticales pour gérer la charge du sous-sol en été.

La zone favorable au solaire thermique est la zone hors relief et hors ombres portées solstice d'été.

#### Solaire photovoltaïque

Concernant le solaire photovoltaïque sur le territoire de Métropole Savoie, quelques sites ont été identifiés comme favorables pour la mise en œuvre d'une centrale au sol. Ceux-ci se situent dans la partie sud du territoire au niveau des communes de Francin, les Marches, Les Mollettes, Chamousset et Châteauneuf. Cependant aucune quantification de la production n'a été réalisée (source : rapport [1]).

Le solaire photovoltaïque est alors à privilégier sur le bâti et en particulier dans les zones d'activités, lieux où les surfaces de toiture sont plus importantes et où les besoins thermiques, notamment en ECS, sont faibles.

La zone favorable au développement du solaire photovoltaïque est la zone hors relief et hors ombres portées solstice d'hiver pour bénéficier d'une exposition directe aux rayons du soleil le plus longtemps possible.

#### Froid solaire

Dans le cas de notre étude, nous n'aborderons pas la technologie de froid solaire étant donné les utilisations très ciblées et ponctuelles auxquelles elle peut se prêter.



Ainsi de manière globale, le choix et la mise en œuvre de capteurs solaires thermiques et de panneaux solaires photovoltaïques devront se faire au cas par cas selon les dispositions du bâti (orientation toiture, inclinaison, ombre portée locale, couverture des besoins) et les caractéristiques d'usage des bâtiments: le solaire thermique sera privilégié pour les bâtiments résidentiels alors que le solaire photovoltaïque sera privilégié pour les bâtiments tertiaires et industriels.

#### 2.2.4.2 Quantification du gisement mobilisable

Afin de quantifier le potentiel d'énergie solaire réellement mobilisable sur le territoire, nous nous sommes rapporté au rapport de la DDT 73 / Axenne précédemment cité (rapport [1]). Les contraintes prise en compte pour ce calcul sont:

- § Les contraintes liées à la disponibilité des toitures (réserves techniques, ombres portées, orientation des bâtiments, ...) et à l'équipement des toitures (adaptabilité technique),
- § Les affiliations des bâtiments et leurs statuts d'occupation,
- § Les données socio-économiques de l'INSEE, afin d'évaluer la capacité économique des propriétaires (par exemple, 30% des propriétaires de maisons ont été considéré comme potentiels investisseurs)

Les résultats de cette étude et la quantification du gisement solaire thermique et photovoltaïque sont ainsi présentés ci-dessous:

#### Solaire thermique

Le gisement net de la filière solaire thermique sur le bâti existant a été estimé à 47 000 MWh/an. Le détail de cette estimation est présenté par EPCI dans le tableau ci-dessous

Intercommunalités	Maison Chauffe- eau solaire individuel	Maison Systèmes solaires combinés	Logement collectif Chauffe- eau solaire collectif	Immeuble tertiaire Chauffe- eau solaire collectif	Piscines Solaire thermique	Bâtiments industriels Solaire thermique	Total
CC Chautagne	877	298	38	271	0	17	1 501 MWh/an
CC du Canton d'Albens	1 642	634	66	322	0	28	2 692 MWh/an
CA Lac du Bourget	4 910	1 256	1 071	1 849	98	149	9 333 MWh/an
CA Chambéry métropole	9 755	2 495	6 271	4 000	166	398	23 085 MWh/an
CC Cœur de Savoie	6 125	2 032	746	1 279	127	138	10 447 MWh/an

Table 2 : Evaluation du gisement solaire thermique net sur bâti existant (MWh/an)  
Source : rapport [1]



Le gisement net de la filière solaire thermique sur le bâti neuf a été estimé à 1 300 MWh/an. Le détail de cette estimation est présenté par EPCI dans le tableau ci-dessous

Intercommunalités	Maison Chauffe-eau solaire individuel	Maison Systèmes solaires combinés	Logement collectif Chauffe-eau solaire collectif	Immeuble tertiaire Chauffe-eau solaire collectif	Total
CC Chautagne	11	19	0	11	41 MWh/an
CC du Canton d'Albens	27	45	0	23	95 MWh/an
CA Lac du Bourget	85	142	53	14	294 MWh/an
CA Chambéry métropole	104	173	138	32	447 MWh/an
CC Cœur de Savoie	129	216	9	86	440 MWh/an

Table 3 : Evaluation du gisement solaire thermique net sur bâti neuf (MWh/an)  
Source : DDT Savoie / Axenne

Notons que ce gisement va avoir tendance à s'accroître pour les années à venir en raison de l'augmentation des surfaces de toiture (constructions nouvelles), de l'augmentation de la production par surface de capteurs (amélioration de la technologie) et de la diminution du coût de la technologie qui la rendra accessible à un plus grand nombre de foyers.

à Ainsi le gisement solaire thermique net a été évalué à **48,3 GWh/an**, soit une couverture de toiture par des capteurs solaires thermiques de **117 600 m<sup>2</sup>**.



### Solaire photovoltaïque (en toiture)

Le gisement net de la filière solaire photovoltaïque sur le bâti existant a été estimé à 140 700 MWh/an. Le détail de cette estimation est présenté par EPCI dans le tableau ci-dessous:

Intercommunalités	Maison	Immeuble	Bâtiment industriel	Bâtiment commercial	Bâtiment agricole.	Bâtiment sportif	Ombrières de parking	Total
CC Chautagne	723	1 000	1 370		55	0	0	3 148 MWh
CC du Canton d'Albens	1 354	913	3 788		1 122	188	304	7 669 MWh
CA Lac du Bourget	4 050	8 548	9 276		298	565	0	22 737 MWh
CA Chambéry métropole	8 065	28 676	34 597		535	2 499		74 372 MWh
CC Cœur de Savoie	5 052	12 151	12 947		727	554	1 409	32 840 MWh

Table 4 : Evaluation du gisement solaire PV net sur bâti existant (MWh/an)  
Source : DDT Savoie / Axenne

Le gisement net de la filière solaire photovoltaïque sur le bâti neuf a été estimé à 1 100 MWh/an. Le détail de cette estimation est présenté par EPCI dans le tableau ci-dessous

Intercommunalités	Maison	Immeuble	Bâtiment industriel	Bâtiment commercial	Bâtiment agricole.	Bâtiment sportif et d'enseignement	Total
CC Chautagne	9	2	17		69	0	97 MWh
CC du Canton d'Albens	22	6	18		43	1	90 MWh
CA Lac du Bourget	70	32	22		117	4	245 MWh
CA Chambéry métropole	85	76	73		57	13	304 MWh
CC Cœur de Savoie	107	24	61		191	12	395 MWh

Table 5 : Evaluation du gisement solaire PV net sur bâti neuf (MWh/an) en 2011  
Source : DDT Savoie / Axenne

Tout comme le solaire thermique, le gisement photovoltaïque va avoir tendance à s'accroître dans les années à venir.

à Ainsi le gisement solaire photovoltaïque net a été évalué à **141,8 GWh/an**, soit une couverture de toiture par des modules solaires photovoltaïques de **1 592 400 m<sup>2</sup>**.

L'irradiation solaire annuelle moyenne de chaque toiture peut également être cartographiée. La cartographie suivante présente, par exemple, un focus sur le centre-ville d'Aix-les-Bains.

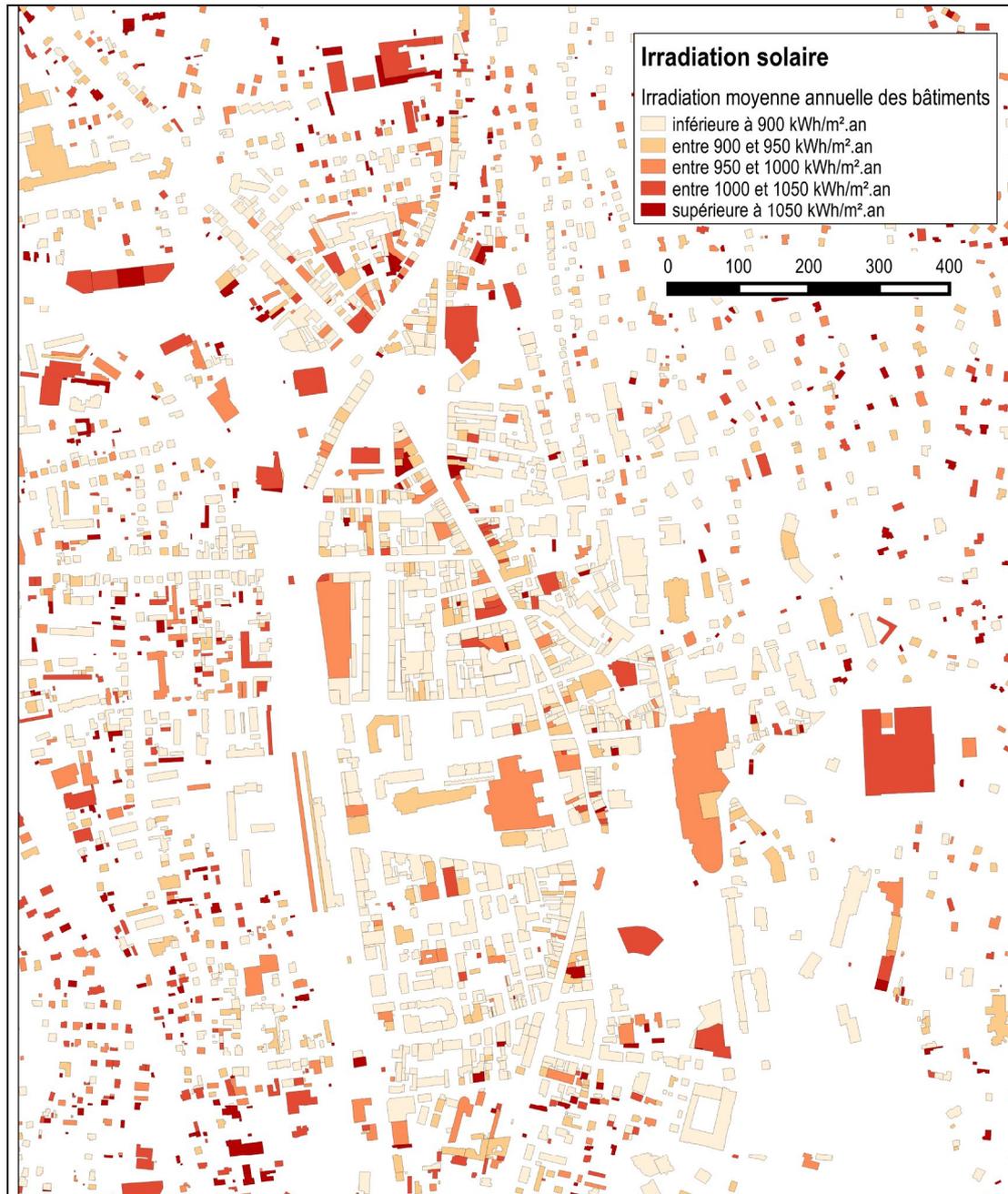


Figure 18 : Irradiation solaire annuelle par toiture sur le centre-ville d'Aix-les-Bains  
Source : ARCGIS module solaire

## 2.3 La ressource air

### 2.3.1 L'éolien

#### 2.3.1.1 Technologies de valorisation

La valorisation de l'énergie éolienne consiste à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie cinétique de rotation, exploitable principalement pour produire de l'électricité ou pour le pompage de l'eau sur sites isolés.

Les éoliennes sont ainsi constituées :

- d'un mât qui permet de placer le rotor à une hauteur lui permettant d'être entraîné par un vent plus fort et régulier qu'au sol. Le mât abrite une partie des composants électriques
- d'une nacelle située au sommet du mât ; la nacelle contient l'ensemble des éléments de la conversion d'énergie pour le grand éolien,
- d'un moyen de conversion mécanique via les pales qui utilisent un principe d'aérodynamisme similaire à celui des ailes d'avion,
- d'une conversion mécanique-électrique, grâce à un alternateur (plus généralement appelé générateur)

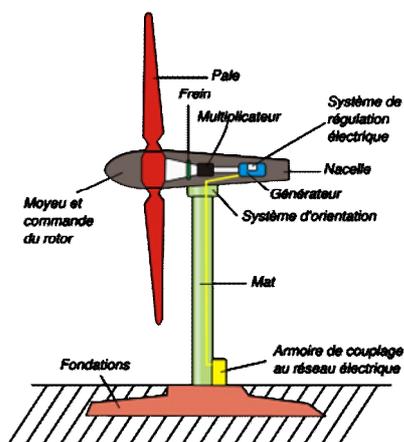


Figure 19 : Exemple d'une grande éolienne

Source: [www.sciences.comonthey.ch](http://www.sciences.comonthey.ch)

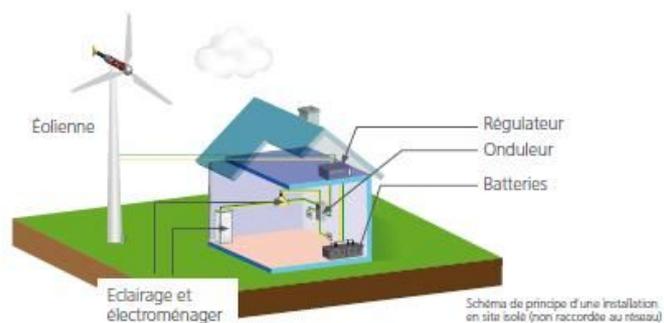


Figure 20 : Exemple d'une petite éolienne isolée

Source: ADEME

En France, la quasi-totalité de la production des éoliennes actuelles est injectée sur le réseau électrique, même si l'électricité peut être consommée localement dans le cas de sites isolés (non connectés au réseau électrique).

Il existe deux grandes familles d'éoliennes : les machines à axe vertical et les machines à axe horizontal qui se déclinent en trois gammes de puissance :

- le "petit éolien", pour les machines de puissance inférieure à 36 kW
- le "moyen éolien", pour les machines entre 36 kW et 350 kW
- le "grand éolien" (puissance supérieure à 350 kW), pour lequel on utilise des machines à axe horizontal munies, dans la plupart des applications, d'un rotor tripale. Le développement de ces éoliennes peut être soit terrestre (éoliennes on-shore), soit maritime (éoliennes off-shore).



Figure 21 : Exemples d'éoliennes urbaines à axe horizontale et verticale

### 2.3.1.2 Gisement brut

La caractérisation du gisement éolien brut a été réalisée à partir du cadastre des vents dans le Schéma Régional Eolien de la région Rhône-Alpes (vitesse du vent à différentes hauteurs et densités de puissances). Selon la circulaire du 19 juin 2006, le potentiel de vent est considéré comme intéressant au développement de l'énergie éolienne au-delà d'une vitesse de vent de 4 m/s à 50 m au-dessus du terrain naturel.

La carte suivante présente ces zones à fort potentiel éolien sur le territoire du SCoT Métropole Savoie.

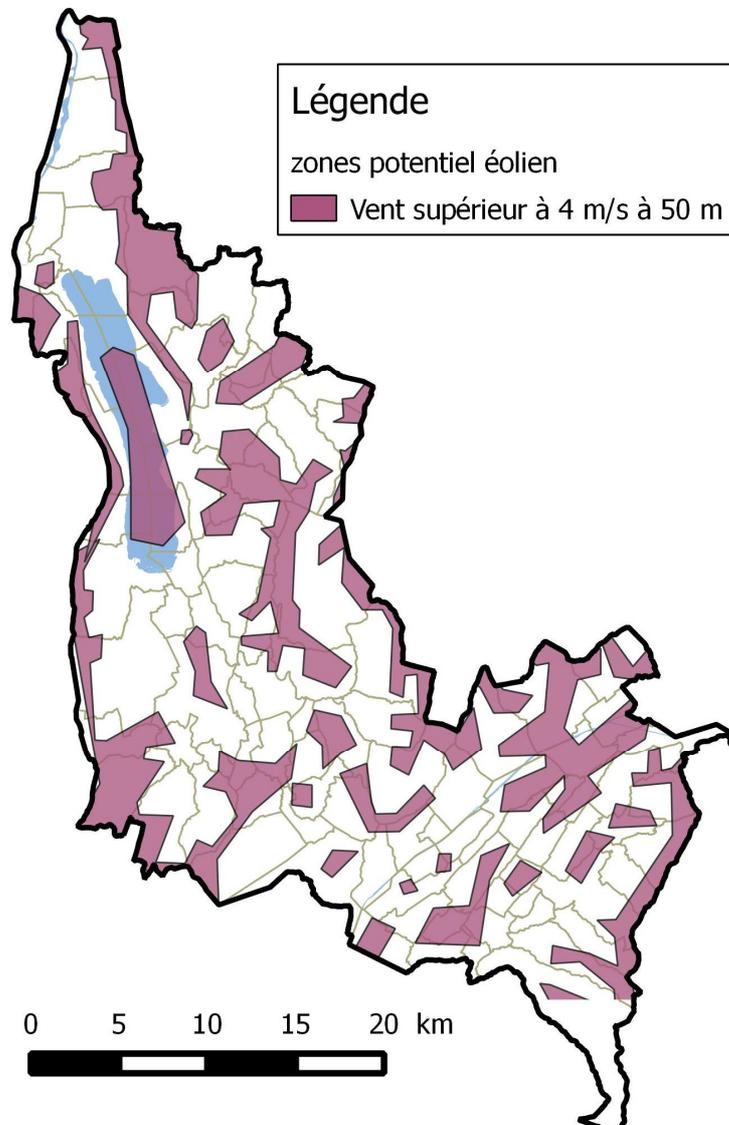


Figure 22 : Cartographie du gisement éolien brut (vents supérieurs à 4m/s à 50 m de hauteur)

### 2.3.1.3 Gisement net

- Contraintes

Malgré un potentiel révélé, le développement de projets éoliens est conditionné à certaines contraintes techniques et environnementales, et certains enjeux paysagers et patrimoniaux. La présence de ces contraintes n'interdit pas systématiquement la construction d'éoliennes, cependant une attention particulière devra être apportée lors de l'aménagement.

Les cartographies de ces différentes contraintes sur le territoire du SCoT Métropole Savoie sont présentes en annexe 3.



## 1. Contraintes techniques:

Servitudes Météo-France: L'article 4 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations d'aérogénérateurs impose une consultation de Météo France pour tout projet compris dans un rayon de 30 km d'un radar à bande S et 10 km d'un radar à Bande X (radars Rythme). L'impact des éoliennes sur le radar concerné sera alors étudié précisément afin d'aboutir à une autorisation ou non.

→ *Aucun radar de Météo France ne se situe sur le territoire du SCoT Métropole Savoie, cette contrainte n'est pas à prendre en compte.*

Servitudes militaire : L'article 4 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations d'aérogénérateurs précise que les éoliennes situées dans un rayon de 30km d'un radar civil et militaire doit faire l'objet d'une consultation attestant que l'installation ne gêne pas de manière significative le fonctionnement des équipements militaires.

→ *Notons la présence d'un terrain militaire et d'une zone de coordination (en Chautagne) sur le territoire du SCoT Métropole Savoie.*

Servitudes aéronautiques : installations situées à proximité des aérodromes, ou en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques, peuvent constituer des obstacles à la navigation aérienne suivant leur situation géographique, leur hauteur et l'activité aérienne de la zone considérée. L'arrêté du 25 juillet 1990 indique que les installations d'aérogénérateurs à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement, est soumis à autorisation du ministre chargé de l'Aviation Civile et du ministre de la Défense (contraintes d'implantation et de balisage - articles R. 244-1 et D. 244-1 du code de l'Aviation Civile).

→ *Deux zones de servitudes aéronautiques sont présentes sur le territoire : l'aéroport de Chambéry-Savoie sur les communes du Bourget-du-Lac et de Voglans ainsi que l'aérodrome de Challes-les-Eaux.*

## 2. Contraintes environnementales

Réserves naturelles : D'après les articles L 332-3 et L 332-9, du code de l'environnement, repris dans les chartes des Réserves Naturelles, tous travaux, constructions publiques ou privées sont interdites. Les projets éoliens concernés par cette disposition seront par conséquence exclus de ces zones.

→ *Des réserves naturelles sont présentes sur le territoire du SCoT Métropole Savoie*

Espace naturels sensibles (ENS) : D'après l'article L142-10 du Code de l'Urbanisme – Chapitre II : Espaces naturels sensibles des départements les aménagements sur des ENS doivent être compatibles avec la sauvegarde des sites, des paysages et des milieux naturels du site. Seuls des équipements légers d'accueil du public ou nécessaires à la gestion courante des ter-



rains ou à leur mise en valeur à des fins culturelles ou scientifiques sont généralement admis sur les terrains acquis en ENS.

→ *Aucun ENS n'est présent sur le territoire du SCoT Métropole Savoie.*

Natura 2000 : Natura 2000 est un réseau de sites représentatifs de la biodiversité à l'échelle européenne. Il doit garantir la conservation d'espèces et d'habitats naturels reconnus pour leur intérêt patrimonial, en impliquant l'ensemble des acteurs à l'échelle locale.

→ *Il existe plusieurs zones NATURA 2000 sur le territoire du SCoT Métropole Savoie.*

Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) : L'inventaire des ZNIEFF permet une première approche de la biodiversité. Son objectif est d'identifier, de localiser et de décrire le patrimoine naturel, pour faciliter sa prise en compte dans les projets et la gestion du territoire.

- ZNIEFF de type 1 : secteur d'une superficie en générale limitée, caractérisé par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables, ou caractéristiques du patrimoine ;

- ZNIEFF de type 2 : grands ensembles naturels riches et peu modifiés ou qui offrent des potentialités biologiques importantes.

Ces zones indiquent la présence d'enjeux environnementaux importants qui requièrent une attention particulière lors d'aménagements ou constructions.

→ *Plusieurs zones ZNIEFF 2 sont présentes sur le territoire du SCoT Métropole Savoie.*

Zones RAMSAR : L'objectif de la Convention de Ramsar (ratifiée en 1971 à Ramsar en Iran) est d'enrayer la tendance à la disparition des zones humides, de favoriser leur conservation, ainsi que celle de leur flore et de leur faune et de promouvoir et favoriser leur utilisation rationnelle.

→ *Le lac du Bourget a été classé en zone RAMSAR.*

### 3. Enjeux paysagers et patrimoniaux

Sites inscrits ou classés : Les sites inscrits ou classés n'ont pas naturellement vocation à accueillir des éoliennes et ne pourront exceptionnellement le faire qu'après avis de la commission départementale de la nature, des paysages et des sites (CDNPS).

→ *Le périmètre du lac du Bourget est un site classé et il existe de nombreux périmètres de protection autour de monuments historiques sur le territoire du SCoT Métropole Savoie qui seront à prendre en compte au cas par cas lors de montages de projets éoliens.*



De plus, la proximité des zones d'habitation doit être contrôlée et maîtrisée. En effet, selon l'arrêté du 26 août 2011 concernant les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) distingue 2 catégories d'éloignements suivant la nature de l'installation :

- pour les installations d'aérogénérateurs soumis à autorisation (hauteur de mâts supérieure à 50 mètres), l'article 3 précise que « l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 ».
  - pour les installations d'aérogénérateurs soumis à déclaration (hauteur de mâts comprise entre 12 et 50 mètres), l'article 2 de l'annexe I, détermine une distance L minimale de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010. Cette distance est déterminée en fonction de la hauteur du mât et est détaillée dans l'article référencé. Elle est comprise entre 40 et 500 mètres.
- Opportunités / Orientations

Le gisement éolien net et mobilisable a été évalué à partir des zones à potentiel éolien et des contraintes citées précédemment.

La cartographie suivante synthétise les principaux résultats de l'étude des enjeux environnementaux, patrimoniaux, paysagers et des contraintes techniques et réglementaires. Seules les zones potentiellement supérieures à 4 m/s à 50 m de hauteur y sont représentées car compte tenu des tarifs d'achats actuels, seuls les sites présentant un très bon gisement de vent sont viables économiquement et donc susceptibles d'être équipés.

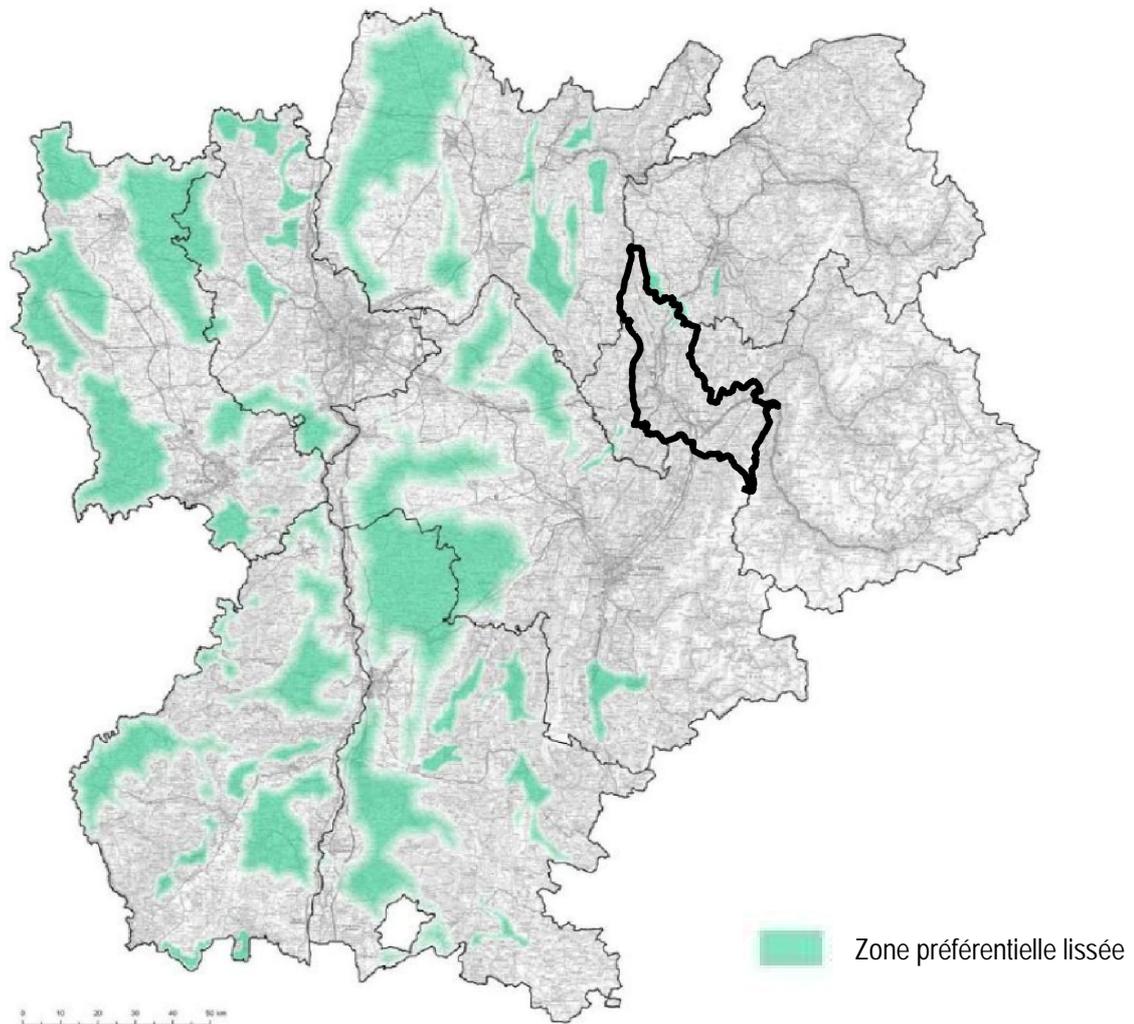


Figure 23 : Localisation des zones mobilisables à l'implantation d'éoliennes industrielles  
 Source : Schéma Régional Eolien région Rhône-Alpes

Treize communes du périmètre du SCoT sont donc considérées comme favorables au développement de l'énergie éolienne selon le Schéma Régional Eolien de la région Rhône-Alpes.

Cette liste a été établie en considérant les communes dont la totalité ou une partie du territoire était située en zone favorable sur la carte précédente. Cependant, le classement d'une commune en zone favorable n'induit pas que la totalité de son territoire soit propice à l'accueil d'éoliennes. Les projets doivent en effet tenir compte des contraintes et servitudes citées précédemment.

Nom de la commune
Albens
La Biolle
Cessens
Chindrieux
Epersy
Grésy-sur-Aix
Mognard
Motz
Ruffieux
Saint-Germain-la-Chambotte
Saint-Girod
Saint-Ours
Serrières-en-Chautagne

Tableau 8 : Communes su SCoT Métropole Savoie classées en zone favorable au développement éolien  
 Source : Schéma Régional Eolien région Rhône-Alpes

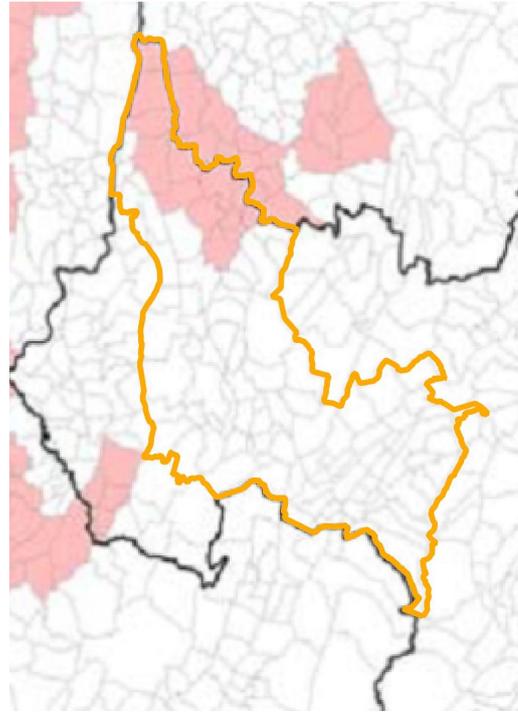


Figure 24 : Carte des communes situées en zones favorables  
 Source : Schéma Régional Eolien région Rhône-Alpes

La configuration du réseau électrique en moyenne et basse tension, ainsi que la localisation des postes de livraison RTE<sup>2</sup> est déterminante pour la réalisation de projets éoliens. En effet, les parcs éoliens sont généralement raccordés à des postes RTE de 63 à 225 kV. L'étude sur le potentiel régional a identifié des zones de 20 km centrées autour de ces postes, sauf en zone vallonnée ou de montagne où un rayon de 15 km à vol d'oiseau a été retenu.

<sup>2</sup> Réseau de Transport de l'Electricité

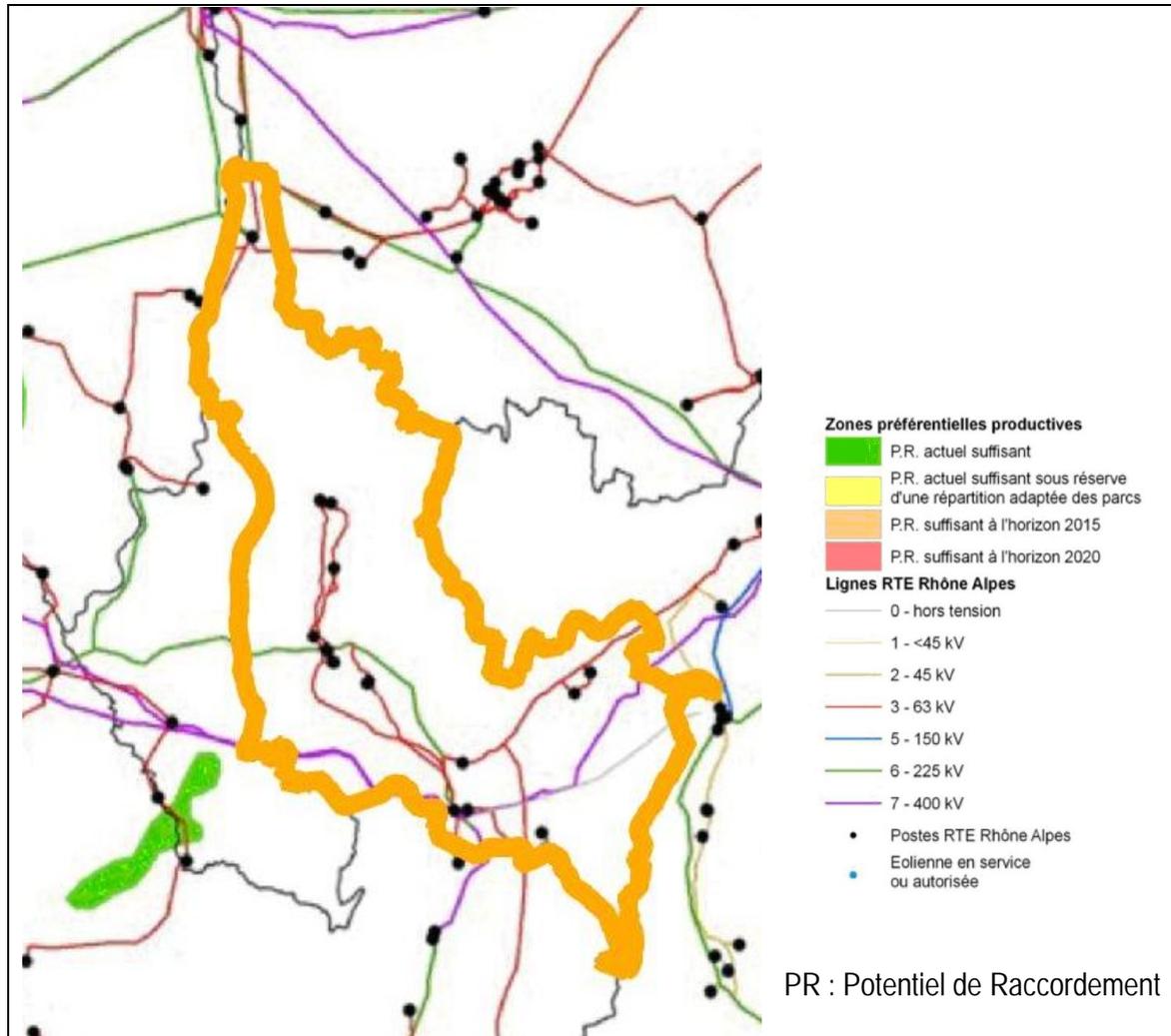


Figure 25 : Croisement des zones préférentielles productives supérieures à 5 MW et des possibilités de raccordement  
Source : RTE

Le potentiel éolien pour la région Rhône-Alpes a ainsi été évalué entre 900 MW et 1 200 MW à l'horizon 2020. La région s'est donc fixé un objectif de 1 200 MW qui a été réparti entre différentes zones préférentielles productives (1 100 MW pour l'ensemble des zones préférentielles productives et de 100 MW pour le reste du territoire). Ce zonage n'a qu'une valeur indicative et vise à limiter le mitage éolien mais n'est en rien opposable aux futurs projets.

Les zones préférentielles productives de la région Rhône-Alpes et leur objectif de production associé sont présentés sur la figure suivante.

Aucune zone préférentielle productive n'a été définie sur le périmètre du SCoT Métropole Savoie. En effet, le secteur nord-est du territoire du SCoT Métropole Savoie, favorable au développement de l'éolien, reste faiblement raccordé au réseau électrique.

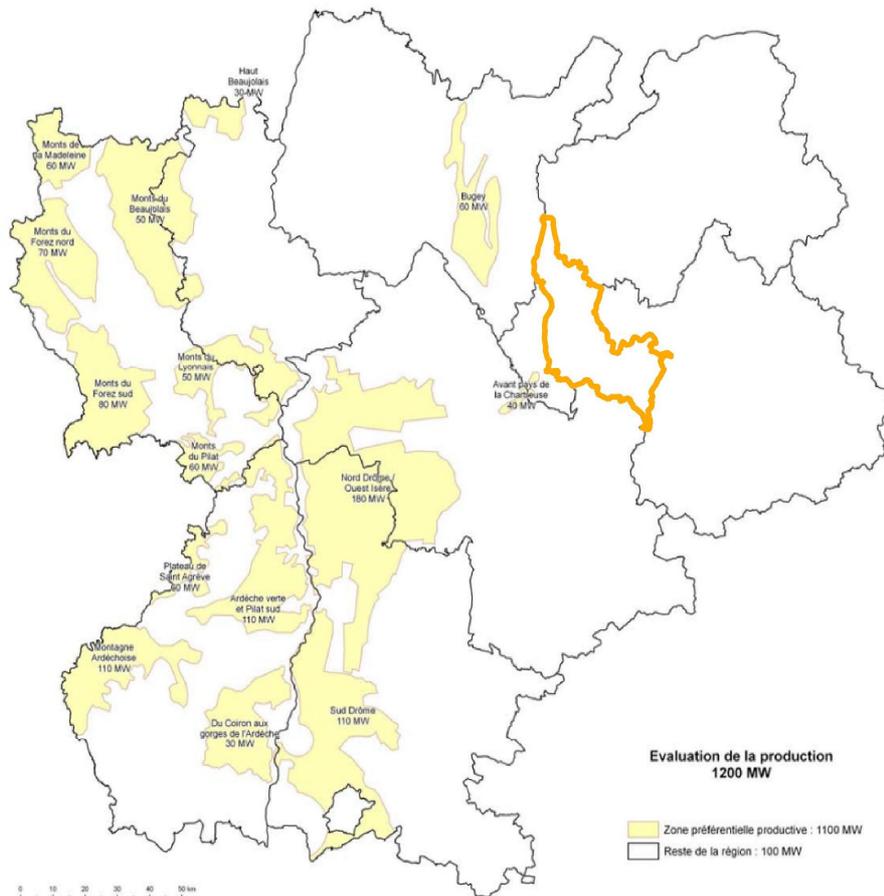


Figure 26 : Localisation et potentiel gisement productif pour les zones préférentielles productives en région Rhône-Alpes

Source : Schéma Régional Eolien de la région Rhône-Alpes

Le gisement éolien va avoir tendance à s'accroître en raison du développement du réseau électrique, des améliorations technologiques ainsi que de la diminution du coût d'installation.

Le territoire du SCoT Métropole Savoie présente un potentiel de développement éolien non négligeable et notamment pour sa partie nord-est (Communautés de Communes de Chautagne et du canton d'Albens). En revanche, ce gisement est actuellement limité par un réseau électrique pas suffisamment développé pour accueillir de nouvelles sources de production. La principale piste d'action pour la mobilisation de cette ressource est alors de renforcer le réseau électrique pour la partie nord-est du territoire.

En ce qui concerne le micro-éolien, l'implantation d'éoliennes à l'échelle d'un bâtiment individuel dépend de paramètres locaux et devra donc être étudiée au cas par cas.

## 2.3.2 L'aérothermie

Pour le gisement en aérothermie, l'approche a été légèrement différente, puisque le gisement potentiel de cette ressource est illimité sur l'ensemble du territoire du SCoT Métropole Savoie (valorisation de l'air extérieur). Ainsi, nous avons simplement identifié les techniques de valorisation, en tenant compte des contraintes et opportunités pouvant s'appliquer.

### 2.3.2.1 Contraintes

L'utilisation de l'air extérieur comme source chaude pour des pompes à chaleur air-eau ou air-air (aérothermie) est générateur de bruit et l'emplacement en milieu urbain doit respecter les exigences légales en la matière.

La principale limite à ce dispositif est la dégradation de son coefficient de performance en cas de froid extrême. L'installation de tels systèmes est donc possible sur le territoire du SCoT Métropole Savoie en dehors des zones où une température de  $-5^{\circ}\text{C}$  sur plus de 5 jours consécutifs a été constatée lors des 30 dernières années.

A titre informatif, la figure suivante présente les températures moyennes mensuelles de la station météorologique de Chambéry qui témoignent d'un climat assez rigoureux en hiver.

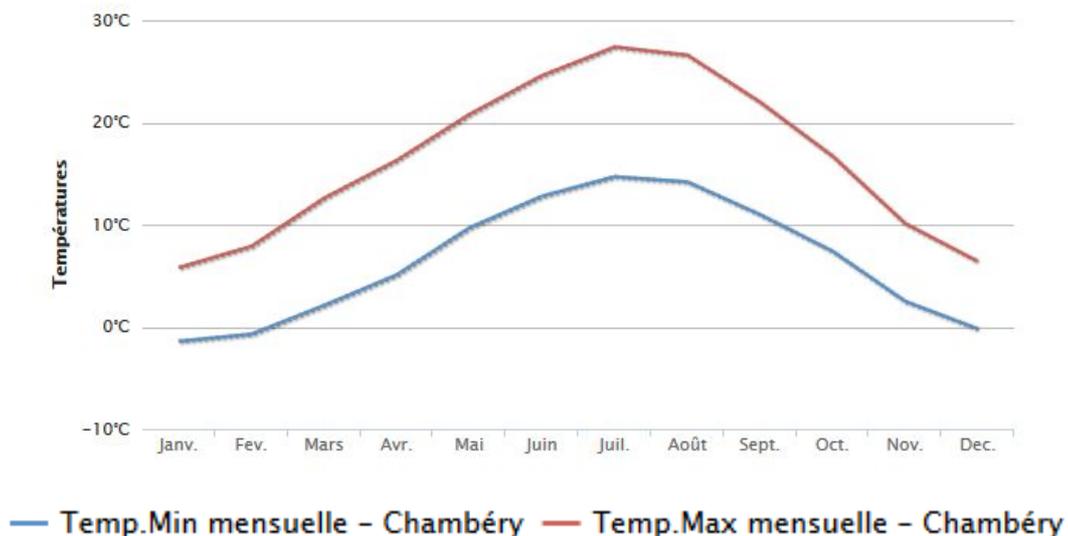


Figure 27 : Températures moyennes mensuelles de Chambéry  
Source : Météo France



### 2.3.2.2 Opportunités

Mis à part cette contrainte, l'utilisation de cette ressource est illimitée mais entre en concurrence avec des offres plus performantes (coefficients de performance annuels) telles que la géothermie sur sondes ou nappes.

Plutôt que d'utiliser l'air extérieur il est plus judicieux d'exploiter la chaleur provenant des parkings ou de garages souterrains. En effet la chaleur dégagée par les véhicules dans les parkings réchauffe la température de l'air plus élevée que celle de l'air extérieur puisque située en sous-sol. Cet air "chaud" peut être acheminé vers un échangeur et une pompe à chaleur aérothermique qui rehaussera la température pour couvrir des besoins de chauffage basse température. L'eau chaude sanitaire peut également être produite de cette manière avec des pompes à chaleur hautes températures. On peut également améliorer l'efficacité du système en envisageant un préchauffage de l'air des parkings par des puits canadiens lors de projets neufs. Ce type de projet nécessite des simulations thermiques dynamiques.

Une autre valorisation est possible et performante en utilisant l'air extrait des systèmes de ventilation. En effet, l'air vicié extrait est chauffé dans le bâtiment et permet donc de limiter les consommations d'électricité de la pompe à chaleur qui l'utilise comme source froide.

### 2.3.2.3 Quantification

A titre indicatif, nous avons cherché à évaluer le potentiel de développement de cette technologie.

Le SRCAE de la région Rhône-Alpes fixe l'objectif d'un effort de développement pour la géothermie de 55 ktep (640 GWh) pour les maisons individuelles et de 50 ktep pour les logements collectifs entre 2010 et 2020 (580 GWh). A partir de ces ordres de grandeur, on peut supposer un développement de l'aérothermie de l'ordre de 320 GWh pour les maisons individuelles et de 290 GWh pour les logements collectifs à l'échelle régionale pour 2020.

En considérant 50 459 maisons individuelles sur le territoire Métropole Savoie contre 1 493 187 en Rhône-Alpes et 63 585 logements collectifs (1 703 643 en région Rhône-Alpes), nous avons pu estimer la production via des pompes à chaleur aérothermiques pour 2020 à 21,7 GWh.

**à** La valorisation de la ressource Air par l'aérothermie ne se fera qu'à l'échelle d'un particulier, d'un bâtiment, ou d'un parking, et sera étudié au cas par cas. Aucune carte spécifique n'a ainsi été établie à l'échelle du territoire du SCoT Métropole Savoie. Cependant, un potentiel d'environ 21,7 GWh de production annuelle en 2020 semble atteignable.



## 2.4 La ressource biomasse

Concernant la ressource en bois-énergie, l'analyse des gisements est différente. En effet, la quantification de la ressource mobilisable se fait à une échelle supérieure à celle du périmètre du SCoT Métropole Savoie, c'est-à-dire au niveau du département, voire de la région.

Pour présenter la ressource en bois-énergie, nous nous appuyerons donc sur plusieurs études ayant été réalisées :

- Contribution du comité "bois-énergie" dans le cadre des travaux préparatoires à l'élaboration du SRCAE Rhône-Alpes, février 2011
- Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de Chambéry métropole, PNR du massif des Bauges, PNR de Chartreuse, juillet 2010
- Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de la Communauté de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin, juin 2011

### 2.4.1 Technologies de valorisation

La ressource bois-énergie est considérée comme ressource renouvelable si le bois utilisé est produit localement dans le cadre d'une gestion durable des forêts. La biomasse forestière est un combustible efficace pour produire du chaud à disposition des particuliers, des collectivités ou même des industries. Le gisement de biomasse forestière à valorisation énergétique se présente sous trois formes :

- Le bois exploitable en forêt: bois bûche et le bois d'industrie résineux (bois déchiqueté)
- le bois issu de la transformation: il s'agit des sous-produits des entreprises de la première transformation du bois (les dosses, les plaquettes issues du broyage des dosses, les sciures, les écorces et les granulés).
- Le bois issu des déchets industriels : il s'agit de chutes d'usines, de palettes, de caquettes,...

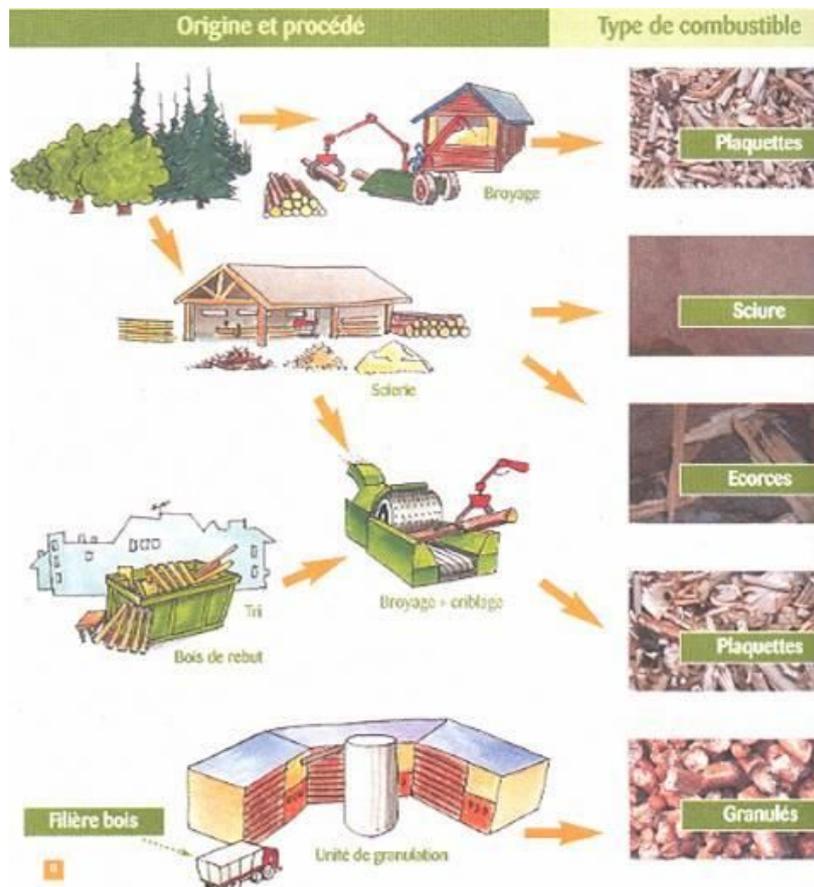


Figure 28 : Types de valorisation de la ressource biomasse forestière  
Source : ADEME

## 2.4.2 Gisement du bois énergie en Rhône-Alpes<sup>3</sup>

### 2.4.2.1 Gisements brut et net

Le gisement de bois-énergie se présente sous 5 formes :

- Gisement en biomasse forestière : petits bois provenant de l'entretien et de la coupe des forêts ou bois de faible qualité ne pouvant être valorisé en bois d'œuvre.
- Ressources d'origine agricole ou urbaines (arbres d'alignement et d'ornement)
- Cultures énergétiques
- Produits connexes de l'industrie du bois : bois issu de la transformation du bois d'œuvre, chutes d'usines
- Bois de rebut, Déchets Industriels Banals (DIB) : objets en bois en fin de vie

<sup>3</sup> Contribution du comité "bois-énergie" dans le cadre des travaux préparatoires à l'élaboration du SRCAE Rhône-Alpes, février 2011

Pour chacune de ces ressources, les disponibilités brutes et nettes (ou technico-économiques) sont étudiées, puis comparées avec la production actuelle afin de quantifier la disponibilité supplémentaire.

Les critères ayant été pris en compte pour le passage de la disponibilité brute à nette sont :

- Techniques : pertes, zones non exploitables
- Economiques
- Environnementaux : maintien de la fertilité des sols, gestion durable de la forêt

La disponibilité supplémentaire correspond à la disponibilité nette à laquelle on a retranché la consommation actuelle de bois.

La méthodologie de calcul des différents gisements est détaillée dans le schéma suivant :

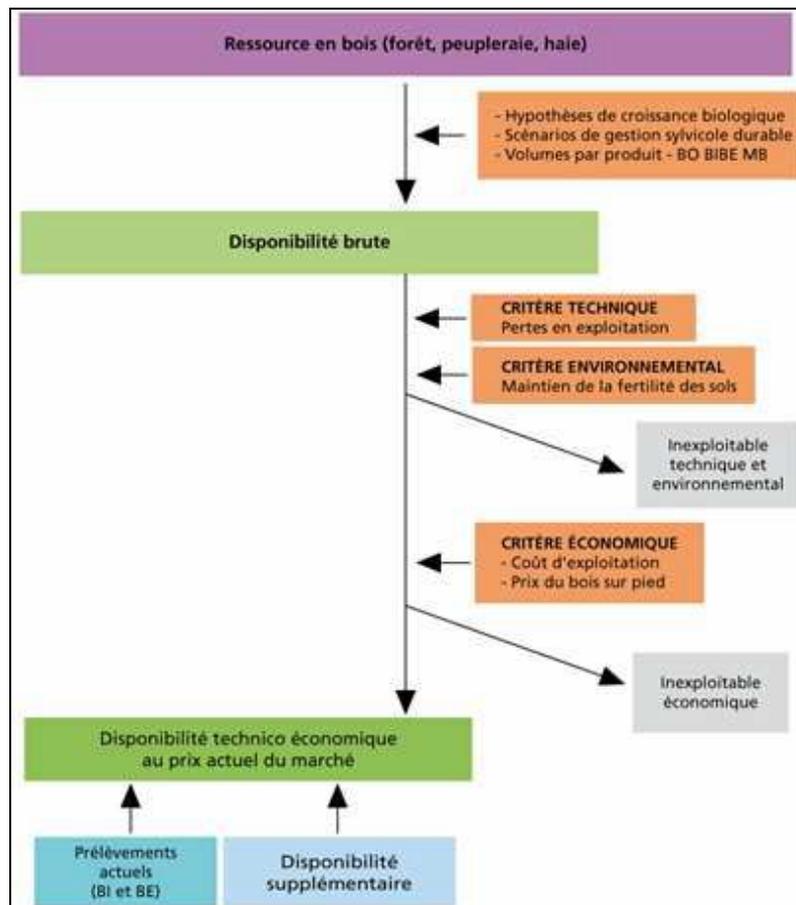


Figure 29 : Méthodologie d'évaluation des disponibilités du bois-énergie

Source : Contribution du comité "bois-énergie" dans le cadre des travaux préparatoires à l'élaboration du SRCAE Rhône-Alpes, février 2011



- Biomasse forestière :

Les gisements potentiels des peuplements forestiers en Rhône-Alpes ont été estimés pour le SRCAE Rhône-Alpes à partir d'une étude de l'ADEME<sup>4</sup> et du site internet <http://www.dispo-boisenergie.fr>. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	Quantité (milliers de m <sup>3</sup> /an)
Disponibilité brute	9 382
Disponibilité nette	2 750
Disponibilité supplémentaire	607
Disponibilité supplémentaire (ktep/an)	117
Disponibilité supplémentaire (GWh/an)	1 287

Tableau 9 : Gisements biomasse forestière à l'échelle de la région Rhône-Alpes  
Source : Contribution du comité "bois-énergie" dans le cadre des travaux préparatoires à l'élaboration du SRCAE Rhône-Alpes, février 2011

Notons le faible taux d'exploitabilité (disponibilité nette/brute) dû aux difficultés d'exploitation en zone de montagne.

- Ressource ligneuse d'origine agricole, arbres d'alignement et d'ornement :

Les gisements bruts sont estimés à 146 ktep/an, soit environ 1 700 GWh/an. La quantification de la disponibilité nette, cette ressource a été négligée lors de l'étude du gisement biomasse de la région Rhône-Alpes.

- Cultures énergétiques :

Les cultures énergétiques sont très peu développées en Rhône-Alpes et ne présentent pas un potentiel de développement en raison de la compétition avec l'agriculture.

- Produits connexes de l'industrie du bois :

Si l'on suppose que la part actuelle de rejets de l'industrie du bois-œuvre reste inchangée jusqu'à 2020, le gisement supplémentaire de connexes en Rhône-Alpes est de 9 000 tonnes par an, soit 2,16 ktep ou 26 GWh/an.

---

<sup>4</sup> Biomasse forestière, populeuse et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020-rapport final, Novembre 2009, ADEME



- Bois de rebut :

A l'échelle de la région rhône-alpine, les gisements nets en bois de rebut sont de l'ordre de 150 000 tonnes par an, soit un gisement supplémentaire de 20 000 tonnes par an (6 ktep/an, soit environ 70 GWh/an).

- Synthèse de la ressource nette en bois-énergie pour la région Rhône-Alpes

Les disponibilités supplémentaires nettes pour l'ensemble de la ressource bois-énergie à l'échelle de la région Rhône-Alpes sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	Gisement bois-énergie net supplémentaire disponible (ktep)	Gisement bois-énergie net supplémentaire disponible (GWh/an)
Biomasse forestière	117	1 287
Ressources agricoles ou urbaines	Négligeable	
Cultures énergétiques	Négligeable	
Produits connexes de l'industrie du bois	2,2	26
Bois de rebut	6	70
<b>TOTAL</b>	<b>125 ktep/an</b>	<b>1 383 GWh/an</b>

Tableau 10 : Disponibilités supplémentaires en bois-énergie à l'échelle de la région Rhône-Alpes  
Source : Contribution du comité "bois-énergie" dans le cadre des travaux préparatoires à l'élaboration du SRCAE Rhône-Alpes, février 2011

#### 2.4.2.2 Capacité de production

Indépendamment de la ressource première en bois, la capacité de production en bois-énergie (plaquettes, granulés, ...) est un élément important pour le développement de la filière. Cette capacité va être analysée ci-après à l'échelle de la région Rhône-Alpes.

- Plaquettes forestières / plaquettes DIB (Déchet Industriel Banal) / plaquettes de scieries

La cartographie suivante présente les entreprises productrices de bois-énergie de la région Rhône-Alpes en 2008. Les entreprises implantées sur le territoire savoyard sont ensuite répertoriées.

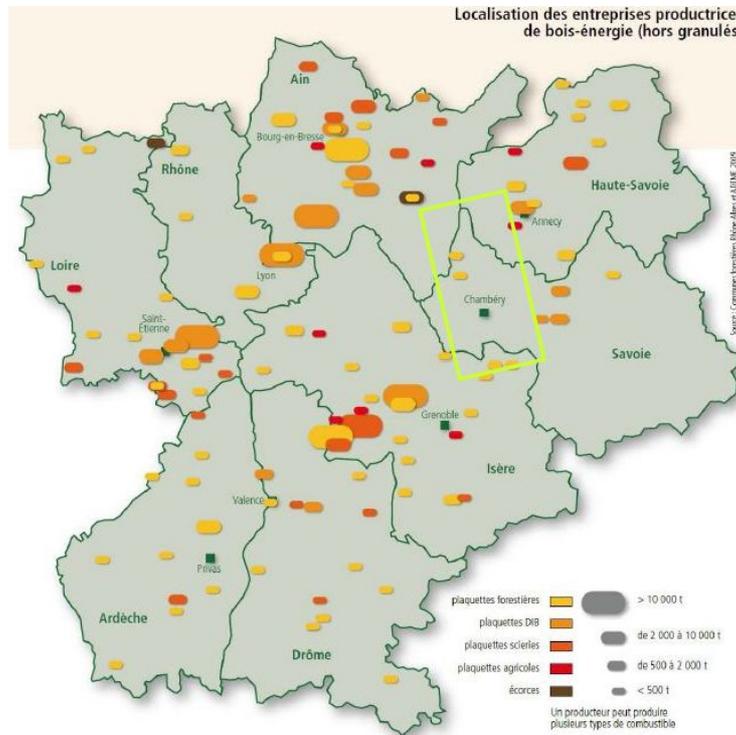


Figure 30 : Localisation des entreprises productrices de bois-énergie (hors granulés) sur la région Rhône-Alpes en 2008

Source : Atlas des filières d'approvisionnement en bois-énergie en Rhône-Alpes, ADEME

Nom	Commune	Type de Combustible
Nancet Locabennes	Aiguebelle	Plaquettes DIB
AGBB – M. Gachet	Beaufort	Plaquettes forestières
André Besson	Beaufort	Plaquettes forestières
Sibuet Environnement	Chamoux-sur-Gelon	Plaquettes DIB
Savoie PAN	Frontenex	Plaquettes DIB
GAEC des Cordiers	Saint-Jean-de-Chevelu	Plaquettes forestières
GAEC de Crêne	Saint-Pierre-de-Curtille	Plaquettes forestières
CUMA du Signal		Plaquettes forestières

Tableau 11 : Producteurs de plaquettes en Savoie en 2008

Source : Atlas des filières d'approvisionnement en bois-énergie en Rhône-Alpes, ADEME



Le rapport préparatoire au SRCAE Rhône-Alpes sur le bois-énergie estime les capacités de production de plaquettes forestières à l'horizon 2020 pour la région Rhône-Alpes et par département selon des scénarios tendanciels et volontaristes.

Le tableau ci-dessous présente ces résultats.

	Production actuelle (tonne/an)	Scénario tendanciel 2020 (tonne/an)	Scénario volontariste 2020 (tonne/an)
Savoie	2 325	22 300	62 300
Rhône-Alpes	78 730	307 700	702 800
Rhône-Alpes (ktep/an)	26	100	232
Production supplémentaire Rhône-Alpes (ktep/an)	0	74	206

Tableau 12 : Capacités de production en plaquettes forestières à l'horizon 2020

Source : Contribution du comité "bois-énergie" dans le cadre des travaux préparatoires à l'élaboration du SRCAE Rhône-Alpes, février 2011

La ressource disponible en forêt est suffisante pour atteindre le scénario tendanciel. En revanche, les politiques en faveur du bois énergie doivent être renforcées pour atteindre le scénario volontariste.

La capacité de stockage de plaquettes forestières en Rhône-Alpes est évaluée à 150 000 t/an. Celle-ci doit être augmentée pour atteindre les deux scénarios envisagés plus haut.

La capacité de broyage, estimée à 680 000 t/an en Rhône-Alpes, est suffisante pour répondre aux besoins futurs.

- Plaquettes de scieries

La production actuelle de plaquettes à partir de produits connexes de scieries est de 44 500 t/an, soit 11 ktep/an (environ 128 GWh/an) et pourrait s'élever à 13 ktep/an (environ 128 GWh/an) dans un scénario volontariste.

- Plaquettes DIB

La production actuelle de plaquettes DIB à partir de bois de rebut est de 120 000 t/an, soit 40 ktep/an (environ 465 GWh/an) et pourrait s'élever à 46 ktep/an (environ 535 GWh/an) dans un scénario volontariste.

- Granulés

La capacité de production actuelle en granulés de la région Rhône-Alpes est de 139 000 t/an. Or, la production de granulés n'est que de 66 000 t/an. Cette filière présente donc un potentiel de développement intéressant.

Selon un scénario tendanciel, la capacité de production pourrait s'élever à 26 ktep/an (environ 302 GWh/an), pour 113 ktep/an (environ 1 314 GWh/an) dans un scénario volontariste.

Le granulé est fabriqué à partir des sciures issues de l'exploitation du bois d'œuvre. Les capacités de production envisagées ci-dessus ne seront possibles qu'avec une augmentation de la ressource en produits connexes des scieries.

La cartographie suivante présente les producteurs de granulés en 2008 sur la région Rhône-Alpes. Sur le territoire de la Savoie, l'unique producteur est Savoie Pan, localisé à Frontenex.

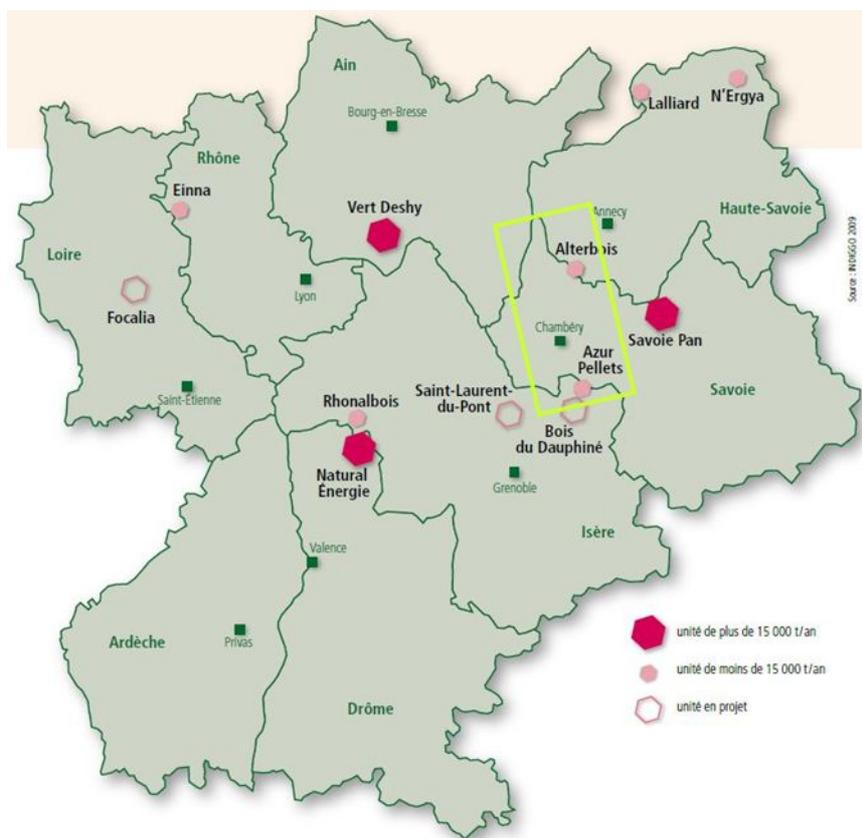


Figure 31 : Localisation des entreprises productrices de granulés sur la région Rhône-Alpes en 2008  
 Source : Atlas des filières d'approvisionnement en bois-énergie en Rhône-Alpes, ADEME



- Synthèse de la capacité de production en bois-énergie en Rhône-Alpes

Le tableau suivant synthétise les capacités de production de la région Rhône-Alpes à l'horizon 2020 pour les différents combustibles (hors bois-bûche) de la filière bois énergie.

	Scénario tendanciel		Scénario volontariste	
Plaquettes forestières	100 ktep/an	1 163 GWh/an	232 ktep/an	2 698 GWh/an
Granulés	26 ktep/an	302 GWh/an	113 ktep/an	1 314 GWh/an
Plaquettes de scieries	11 ktep/an	128 GWh/an	13 ktep/an	151 GWh/an
Plaquettes DIB	40 ktep/an	465 GWh/an	46 ktep/an	535 GWh/an
Production totale de bois-énergie	177 ktep/an	2 059 GWh/an	404 ktep/an	4 699 GWh/an
Production supplémentaire de bois-énergie	74 ktep/an	861 GWh/an	301 ktep/an	3 501 GWh/an

Tableau 13 : Capacités de production de la filière bois-énergie en Rhône-Alpes à l'horizon 2020  
Source : Contribution du comité "bois-énergie" dans le cadre des travaux préparatoires à l'élaboration du SRCAE Rhône-Alpes, février 2011

### 2.4.3 Gisement local

Deux études ont été menées pour évaluer le gisement en bois-énergie sur le territoire du SCoT Métropole Savoie : les Plans d'Approvisionnement Territoriaux (PAT) de Chambéry métropole, du Parc Naturel Régional du massif des Bauges et du Parc Naturel Régional de la Chartreuse<sup>5</sup> et celui de la Communauté de communes de La Rochette Val Gelon-Coisin<sup>6</sup>. Ces documents nous ont été fournis par l'association Communes Forestières.

Notons, cependant, que le gisement bois-énergie ne se limite pas aux périmètres de ces deux PAT. Ainsi, la ressource forestière du massif de l'Épine, n'a pas fait l'objet d'une étude quantifiée mais représente un gisement bois-énergie important.

- Territoire du PAT de Chambéry métropole, du Parc Naturel Régional du massif des Bauges et du Parc Naturel Régional de la Chartreuse

<sup>5</sup> Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de Chambéry métropole, PNR du massif des Bauges, PNR de Chartreuse, juillet 2010

<sup>6</sup> Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de la Communauté de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin, juin 2011

Le territoire concerné par ce plan d'approvisionnement en bois-énergie s'étend sur la Communauté d'Agglomération de Chambéry métropole et les Parcs Naturels Régionaux du massif des Bauges et de la Chartreuse. 39 communes du SCoT Métropole Savoie sont concernées par cette étude.

Ce territoire est couvert par 100 400 hectares de forêts, soit un taux de boisement de 54%.

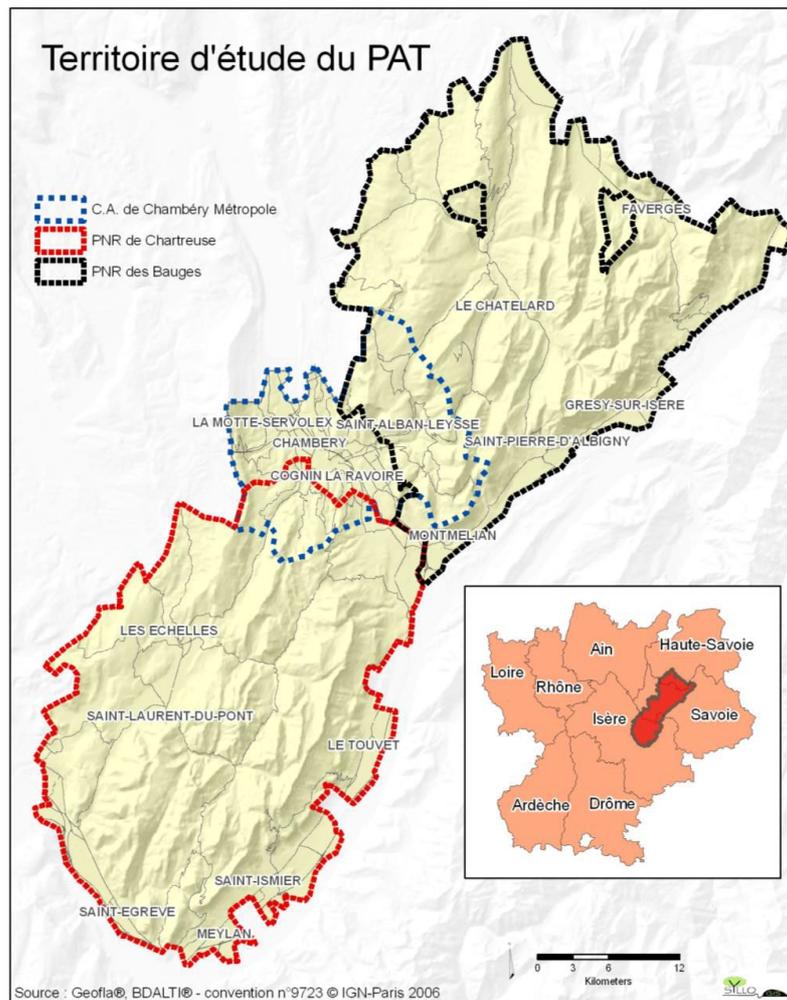


Figure 32 : Périmètre du Plan d'Approvisionnement Territorial en bois-énergie de Chambéry métropole et des Parcs Naturels Régionaux du massif des Bauges et de la Chartreuse  
 Source : Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de Chambéry métropole, PNR du massif des Bauges, PNR de Chartreuse, juillet 2010

- Territoire du PAT de la Communauté de communes de La Rochette-Val Gelon-Coisin

Le territoire concerné par ce plan d'approvisionnement en bois-énergie comprend 32 communes de l'EPCI Cœur de Savoie ainsi que celle d'Aiton qui est en dehors du périmètre du SCoT.

Ce territoire est couvert par 10 480 hectares de forêts, soit un taux de boisement de 45%.

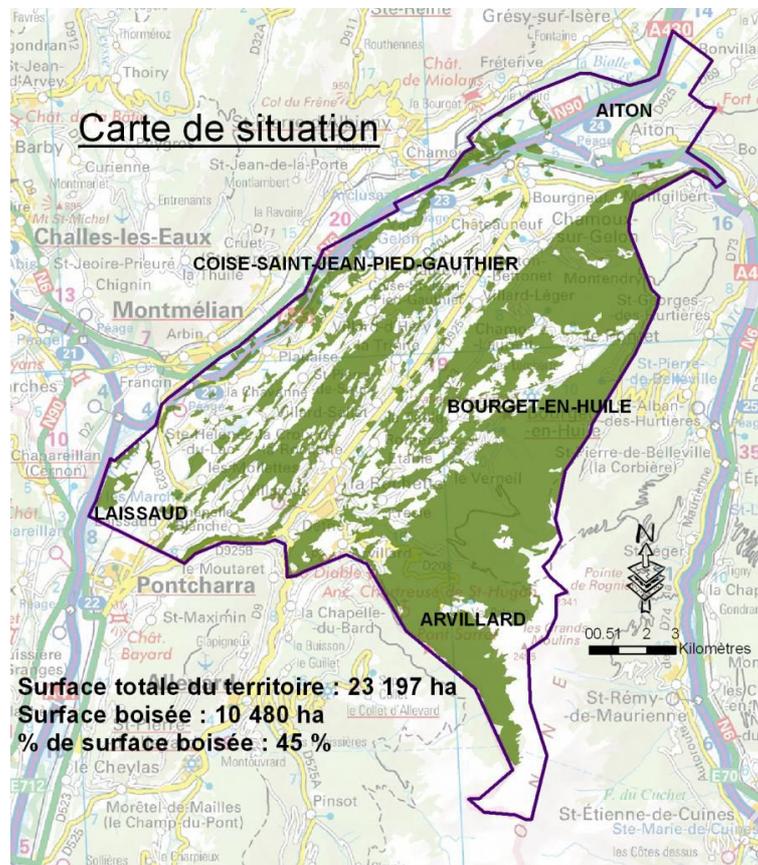


Figure 33 : Périmètre du Plan d'Approvisionnement Territorial en bois-énergie de territoire de la Communauté de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin

Source : Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de la Communauté de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin, juin 2011

#### 2.4.3.1 Gisement brut

- Ressource forestière

Les données dendrométriques issues des aménagements forestiers de l'Office National des Forêts, des Plans Simples de Gestion (PSG) et des placettes réalisées dans les forêts privées non soumises à PSG ont permis d'estimer le gisement brut en bois-énergie issu de ressources forestières :



	PAT de Chambéry métropole, PNR du massif des Bauges et de la Chartreuse	PAT de la Communauté de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin
Gisement brut ressources forestières, dont :	165 000 t/an	19 000 t/an
Bois bûche	88 000 t/an	
Bois d'industrie	600 t/an	
Pour les chaufferies bois	76 400 t/an	

Tableau 14 : Ressources forestières brutes pour le bois-énergie

- Ressource industrielle

La ressource en produits connexes des 23 scieries du territoire du PAT Chambéry métropole, du Parc Naturel Régional du massif des Bauges et du Parc Naturel Régional de la Chartreuse est de **18 000 tonnes par an**.

Parmi ces 23 scieries, 4 sont installées sur le territoire du SCoT Métropole Savoie :

- Regairaz Cyrille, Les Déserts
- Pajeau Michel, Saint-Pierre-d'Albigny : environ 10 tonnes par an de doses et délignures
- Frison S.A., Saint-Cassin : environ 4 400 tonnes par an de plaquettes
- Arbet et fils Scierie Mobile (AFSM), Challes-les-Eaux

La ressource industrielle du territoire du PAT de la Communauté de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin représente de **4 200 tonnes par an**.

Pour ces deux territoires, cette ressource est en revanche déjà **valorisée dans sa quasi-totalité aujourd'hui**.

#### 2.4.3.2 Gisement net

- Ressource forestière

La part de ressource forestière actuellement accessible représente 57% du gisement maximal sur le territoire de Chambéry métropole, du Parc Naturel Régional du massif des Bauges et du Parc Naturel Régional de la Chartreuse. Le **gisement net** en ressources forestières pour le bois-énergie représente donc **94 400 tonnes par an**.

Pour la Communauté de Communes de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin, 70% de la ressource forestière est accessible. Le gisement net en ressource forestière sur ce territoire est donc de **13 300 tonnes par an**.

• Synthèse du gisement net

	PAT de Chambéry métropole, PNR du massif des Bauges et de la Chartreuse	PAT de la Communauté de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin
Ressource forestière nette	94 400 t/an	13 300 t/an
Ressource industrielle	18 000 t/an	4 200 t/an
Gisement net total	112 400 t/an	17 500 t/an

Tableau 15 : Synthèse du gisement net en bois-énergie pour les deux territoires concernés par des PAT

Les caractéristiques de ce gisement pour le territoire du PAT de Chambéry métropole et des PNR du massif des Bauges et de la Chartreuse sont présentées sur le graphe ci-dessous.

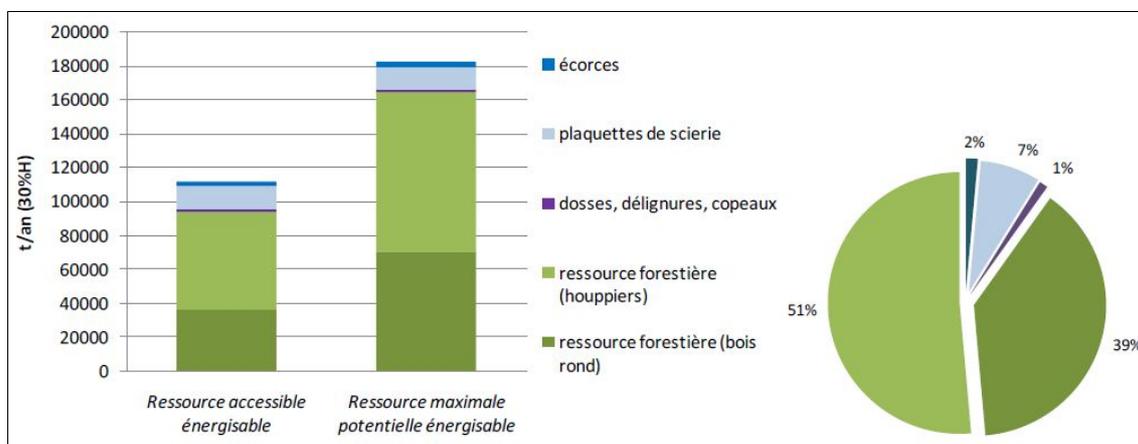


Figure 34 : Composition de la ressource en bois-énergie sur le territoire du PAT de Chambéry métropole et des PNR du massif des Bauges et de la Chartreuse

Source : Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de Chambéry métropole, PNR du massif des Bauges, PNR de Chartreuse, juillet 2010



Afin d'évaluer la ressource réellement disponible pour le territoire du SCoT, nous avons supposé que le gisement de chacun des deux PAT était réparti entre sa consommation propre et les grandes agglomérations voisines selon le nombre d'habitants.

- PAT de Chambéry métropole, du Parc Naturel Régional du massif des Bauges et du Parc Naturel Régional de la Chartreuse

Ce territoire représente 300 000 habitants, dont 152 000 également habitants du SCoT Métropole Savoie. Les aires urbaines voisines du PAT de Chambéry métropole et des Parcs Naturels Régionaux du massif des Bauges et de la Chartreuse sont :

	Nombre d'habitants <sup>7</sup>	Part de la ressource disponible
PAT	300 000	26 174 t/an
<i>Dont partie commune au PAT et au SCoT</i>	<i>152 000</i>	<i>13 262 t/an</i>
Bassin de vie de Grenoble	675 000	58 892 t/an
Bassin de vie d'Annecy	219 500	19 151 t/an
Bassin de vie d'Aix-les-Bains	53 500	4 668 t/an
Bassin de vie d'Albertville	40 300	3 516 t/an
<b>Total pour le SCoT Métropole Savoie</b>	<b>205 500</b>	<b>17 930 t/an</b>

Tableau 16 : Répartition de la ressource en bois-énergie du territoire du PAT de Chambéry métropole et des PNR du massif des Bauges et de la Chartreuse

<sup>7</sup> Source : INSEE 2011

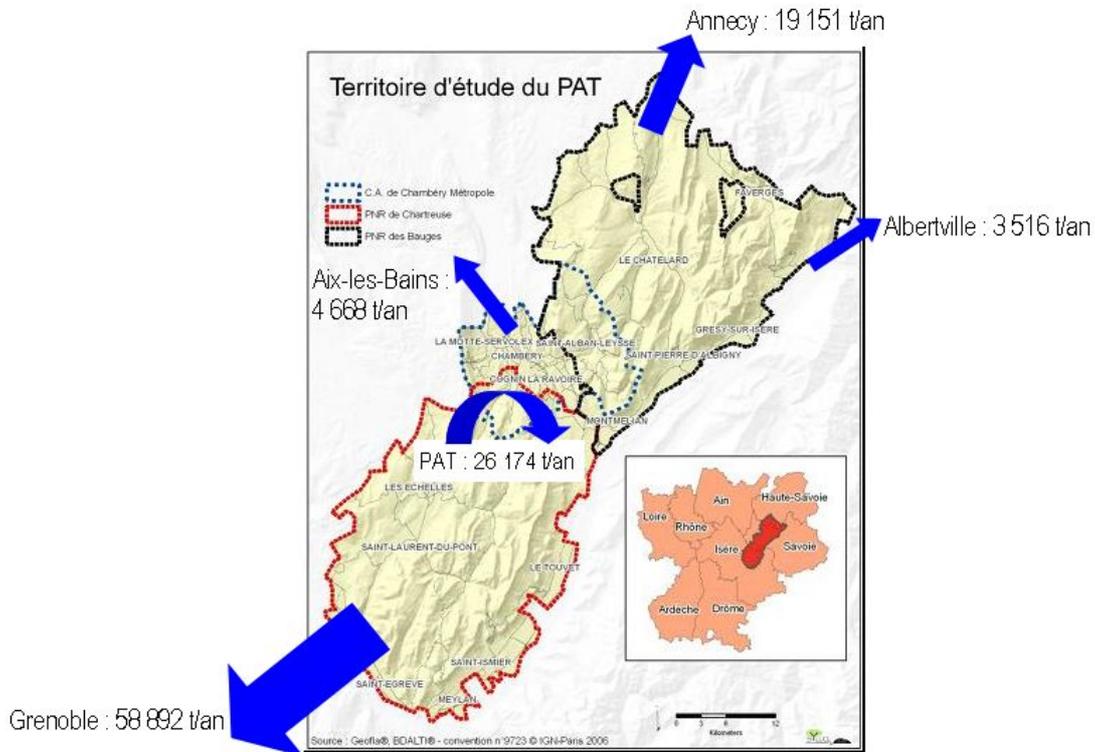


Figure 35 : Répartition de la ressource en bois-énergie du territoire du PAT de Chambéry métropole et des PNR du massif des Bauges et de la Chartreuse

Parmi la ressource disponible sur le territoire du PAT de Chambéry métropole, du Parc Naturel Régional du massif des Bauges et du Parc Naturel Régional de la Chartreuse, environ 17 930 t/an sont disponibles pour le SCoT Métropole Savoie.

- Territoire du PAT de la Communauté de communes de La Rochette-Val Gelon-Coisin

Nous avons utilisé la même méthodologie pour le PAT de la Communauté de Communes de La Rochette-Val Gelon-Coisin.

	Nombre d'habitants <sup>8</sup>	Part de la ressource disponible
PAT	14 800	950 t/an
<i>Dont partie commune au PAT et au SCoT</i>	<i>13 680</i>	<i>880 t/an</i>
Bassin de vie de Chambéry / Aix-les-Bains	216 500	13 950 t/an
Bassin de vie d'Albertville	40 300	2 600 t/an
<b>Total pour le SCoT Métropole Savoie</b>	<b>230 180</b>	<b>14 830 t/an</b>

Tableau 17 : Répartition de la ressource bois-énergie disponible sur le PAT de la Communauté de Communes de La Rochette-Val Gelon-Coisin

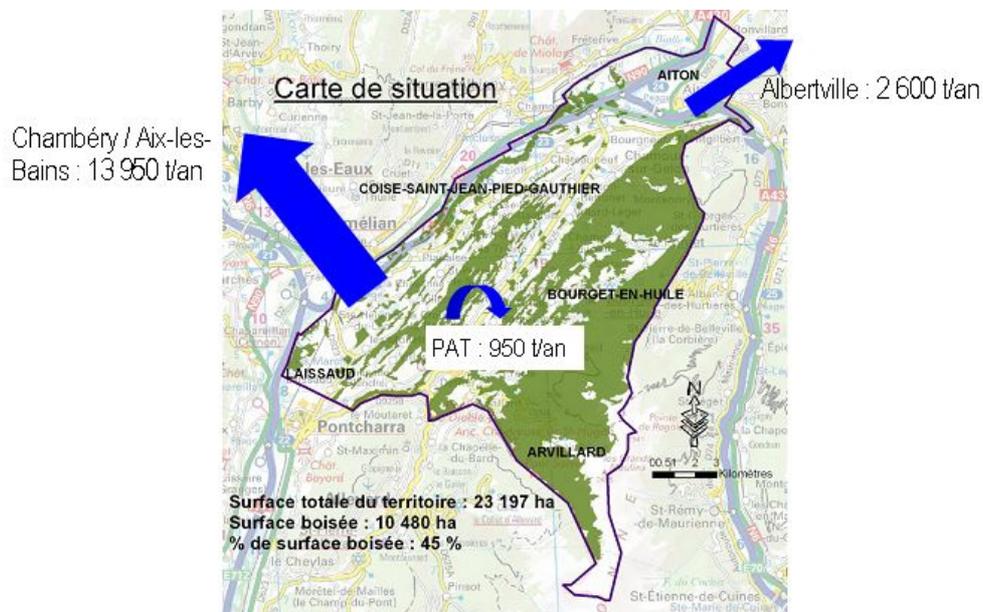


Figure 36 : Répartition de la ressource bois-énergie disponible sur le PAT de la Communauté de Communes de La Rochette-Val Gelon-Coisin

<sup>8</sup> Source : INSEE 2011



Parmi la ressource disponible sur le territoire du PAT de la Communauté de Communes du Val-Gelon-Coisin, environ 14 830 t/an sont disponibles pour le SCoT Métropole Savoie.

La ressource en bois disponible pour le SCoT Métropole Savoie sur les deux territoires concernés par des Plans d'Approvisionnement Territoriaux est estimée à 32 760 t/an.

Sur le territoire du PAT de Chambéry métropole et des Parcs Naturels Régionaux du massif des Bauges et de la Chartreuse, la répartition de la consommation en bois-énergie est la suivante : 58% de bois-bûche / 20% de plaquettes forestières / 22% de granulés. En tenant compte de ce mix, et des différents pouvoirs calorifiques des formes de bois, cette ressource en bois énergie représente 103 GWh/an.

Si ce chiffre correspond à la ressource forestière quantifiée dans le cadre d'un PAT, d'autres ressources sont présentes sur le territoire, comme le massif de l'Épine.

#### 2.4.3.3 Coût de mobilisation de la plaquette forestière

Si l'on considère un scénario avec un stockage sous hangar le coût de production moyen de la plaquette forestière sur les territoires des PAT a pu être calculé :

	PAT de Chambéry métropole, PNR du massif des Bauges et de la Chartreuse	PAT de la Communauté de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin
Coût de la plaquette forestière	90 €/t	83 €/t
	26,5 €/MWh	24,5 €/MWh

Tableau 18 : Coût de la plaquette forestière sur les territoires concernés par les PAT

Ce coût de production dépend fortement des conditions d'exploitation de la ressource forestière.

Les cartographies ci-après présentent la répartition géographique du coût de la plaquette forestière.

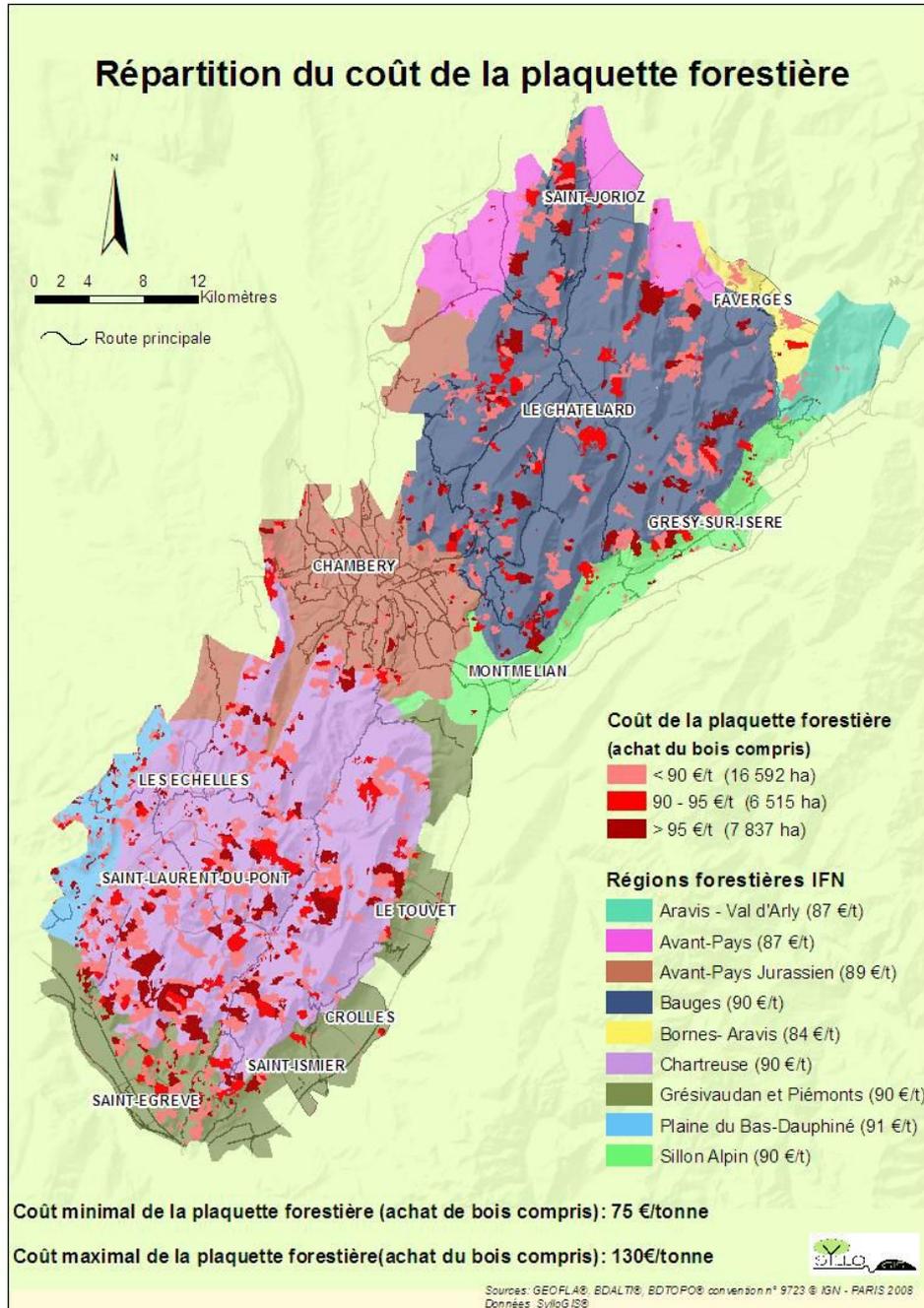


Figure 37 : Répartition du coût de production de la plaquette forestière  
Source : Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de Cham-  
béry métropole, PNR du massif des Bauges, PNR de Chartreuse, juillet 2010

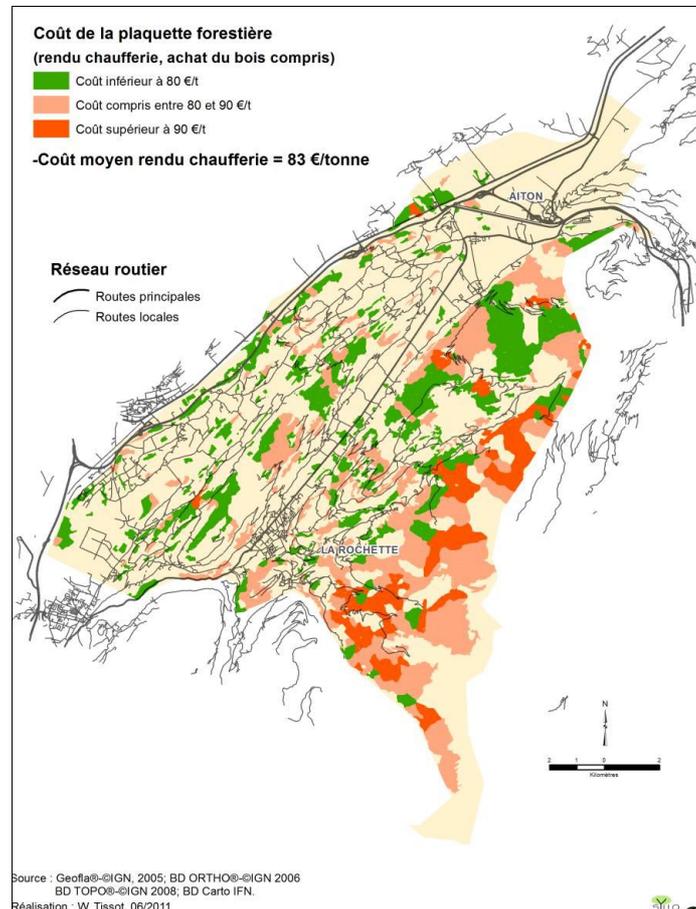


Figure 38 : Répartition géographique du coût de la plaque forestière  
 Source : Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de la Communauté de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin, juin 2011

#### 2.4.4 Contraintes

Il existe certains points de vigilance liés au développement du bois énergie :

- Pollution atmosphérique

La problématique de la qualité de l'air doit être traitée, et il est important de tenir compte des émissions de particules fines (PM10, PM2,5), d'oxydes d'azote (NOx) ou de Composés Organiques Volatils (COV) liées à la combustion du bois.

Les cartographies suivantes présentent les concentrations moyennes en 2012 en NO2 (un des composants des NOx) et PM10 (particules fines) pour les communes du territoire du SCoT. Ces données nous ont été transmises par l'organisme Air Rhône-Alpes. Les secteurs les plus sensibles à la pollution atmosphérique sont l'agglomération chambérienne et la vallée de l'Isère. Les niveaux de concentrations en polluants restent, toutefois, assez éloignés des valeurs cri-

tiques : moyenne annuelle de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $\text{PM}_{10}$  (23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour Chambéry et Aix-les-Bains) et 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $\text{NO}_2$  (22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour Chambéry).

Cependant, comme le souligne l'ASDER<sup>9</sup>, c'est la mauvaise combustion du bois et sa qualité qui sont les facteurs principaux de ces émissions pour la filière. Il est donc important d'avoir des appareils performants équipés de filtres. Notons que le brûlage des déchets verts à l'extérieur est le plus nocif.

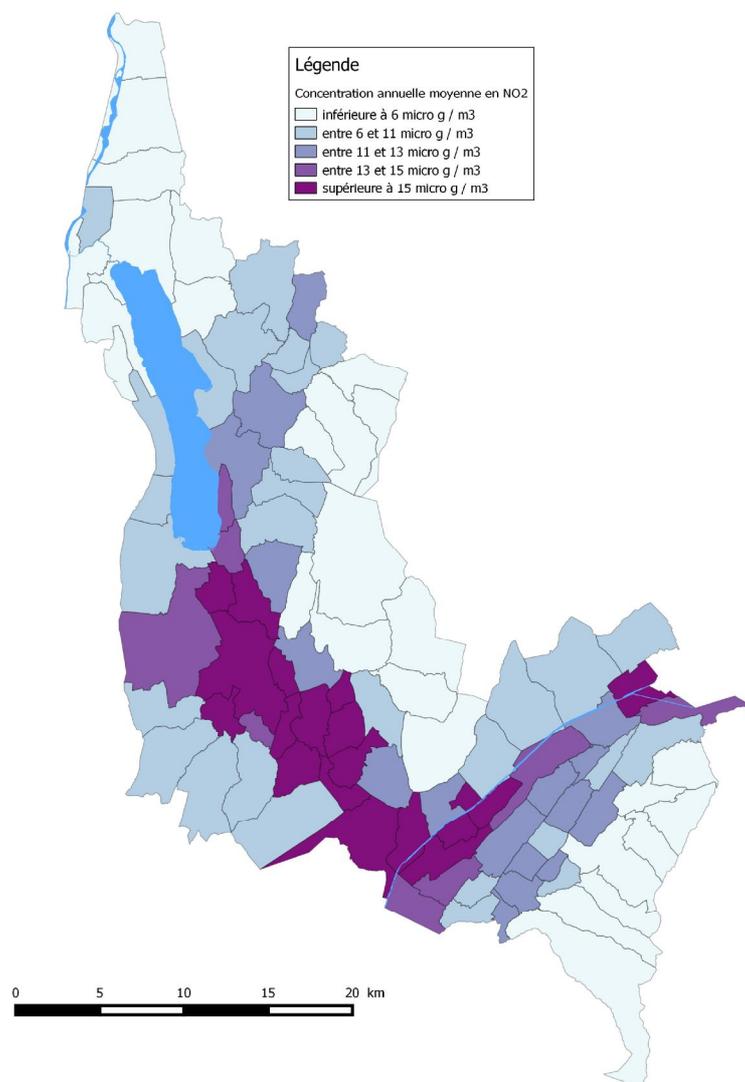


Figure 39 : Concentrations annuelles moyennes 2012 en  $\text{NO}_2$  pour les communes du SCoT Métropole Savoie  
Données : Air Rhône-Alpes

<sup>9</sup> Présentation pdf du 26 novembre 2012 sur la combustion du bois et la qualité de l'air, 2012, ASDER.

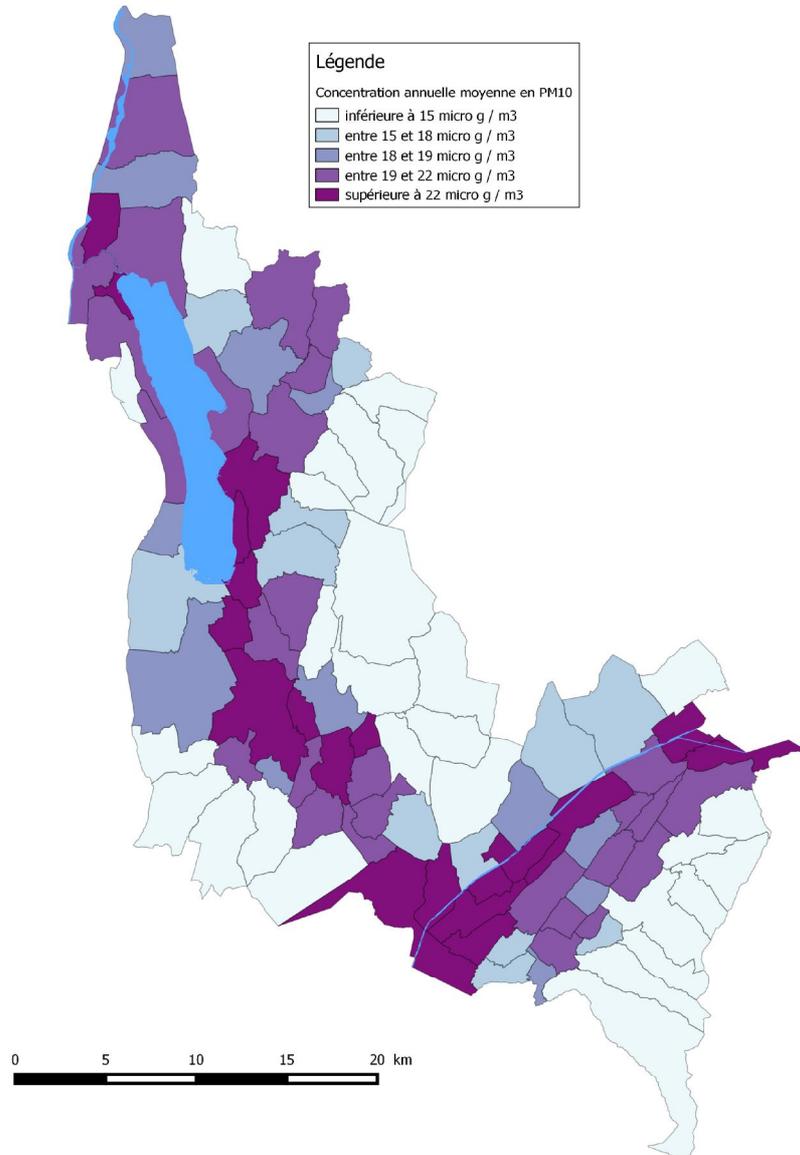


Figure 40 : Concentrations annuelles moyennes 2012 en PM<sub>10</sub> pour les communes du SCoT Métropole Savoie  
Données : Air Rhône-Alpes

- **Maintien de la biodiversité**

La mobilisation des ressources forestières dans un but énergétique se doit de garantir la gestion durable des forêts et notamment la conservation des sites remarquables. Ces sites sensibles et à protéger sont les suivants :

- Réserve biologique intégrale : exploitation totalement interdite : aucune sur le territoire de Métropole Savoie
- Série d'Intérêt Ecologique Général (SIEG) Forêts publiques
- Zone Natura 2000, arrêté de protection de biotope, Parc National ou Réserve Naturelle



- Série d'Intérêt Ecologique Particulier (SIEP) Forêts publiques
- Forêts de protection

#### 2.4.5 Opportunités / Orientation

La ressource en bois-énergie n'est pas négligeable sur le territoire du SCoT Métropole Savoie. Rappelons ici les principaux résultats quant à ce gisement :

##### A l'échelle régionale :

- Gisement net supplémentaire mobilisable pour la filière bois-énergie : 1 383 GWh/an
- Capacité de production supplémentaire : de 861 GWh/an (scénario tendanciel) à 3 501 GWh/an (scénario volontariste)

##### A l'échelle locale :

- Gisement net mobilisable pour la filière bois-énergie :
  - Les gisements des deux PAT locaux représentent environ 32 760 t/an pour le territoire du SCoT Métropole Savoie, soit 103 GWh/an.
- Coût de la plaquette forestière :
  - Sur le territoire de Chambéry métropole et des Parcs Naturels Régionaux du massif des Bauges et de la Chartreuse : 26,5 €/MWh
  - Sur le territoire de la Communauté de Communes de Communes de La Rochette Val Geilon-Coisin : 24,5 €/MWh

Notons, par ailleurs que la tendance est à la décroissance sur du long terme pour ce gisement. En effet, selon le Livre blanc du climat en Savoie, le réchauffement climatique entraîne une hausse de la productivité forestière mais qui sera annulée à partir d'un certain seuil d'élévation de la température (dès le milieu du XXIème siècle).

## 2.5 La ressource biogaz

### 2.5.1 Technologies de valorisation

Le biogaz est un gaz produit par fermentation de matière organique en l'absence d'oxygène. Cette réaction, appelée méthanisation, a lieu dans un réacteur confiné : le digesteur. Le biogaz est composé en grande partie de méthane (de 50 à 70%). La matière non digérée par le digesteur est appelée digestat. Elle peut être utilisée comme engrais agricole.



Figure 41 : Digesteur  
Source : ASDER

L'énergie (chaleur simple ou chaleur avec production d'électricité dans le cas d'une cogénération) est produite par combustion du biogaz. Une fois épuré, celui-ci peut être injecté au réseau gazier français ou utilisé en tant que biocarburant pour les véhicules fonctionnant au Gaz Naturel Véhicule.

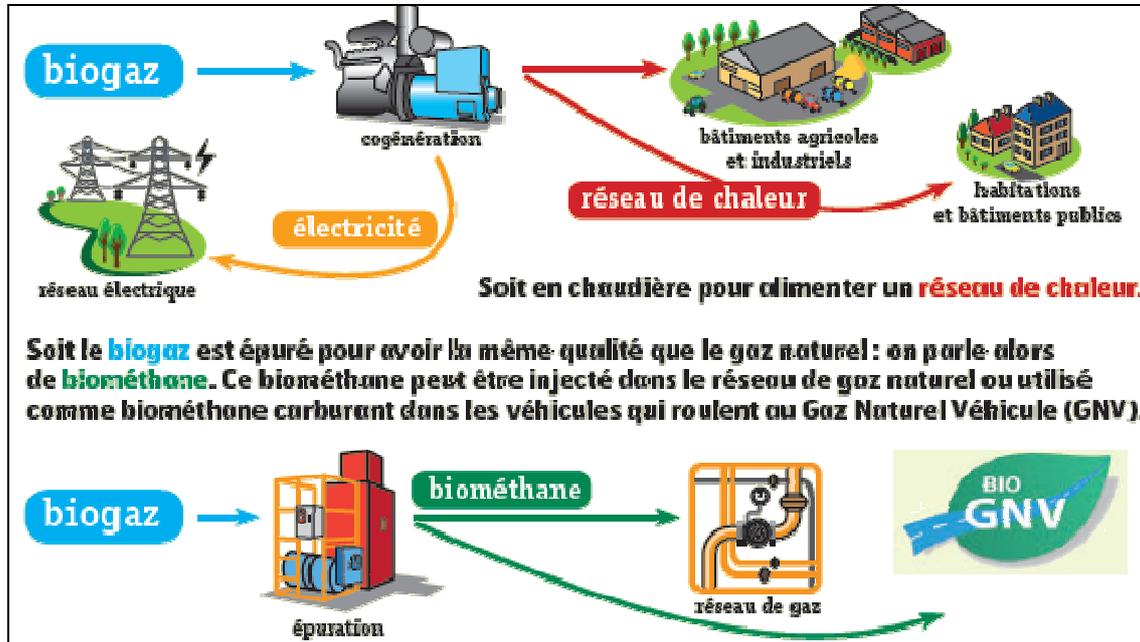


Figure 42 : Utilisation du biogaz

Source : Vers l'autonomie énergétique des territoires – méthanisation et biogaz, une filière d'avenir – ATEE Biogaz

Les matières que l'on peut méthaniser (déchets fermentescibles) sont :

- Les résidus agricoles,
- Les déchets de restauration des grandes et moyennes surfaces,
- Le fumier, le lisier et les sous-produits animaux,
- Les bio-déchets ménagers,
- Les déchets d'industries alimentaires,
- Les boues d'épuration d'eaux urbaines.

La production de biogaz présente, de plus, l'intérêt d'être une véritable filière de traitement des déchets.



## 2.5.2 Gisements brut et net

L'étude de ce gisement est basée sur un rapport de préparation au SRCAE de la région Rhône-Alpes réalisé en 2011<sup>10</sup>

Ce rapport évalue le potentiel de production à l'échelle de la région Rhône-Alpes pour plusieurs catégories de déchets :

- Fraction fermentescible des ordures ménagères, il s'agit de la part biodégradable des déchets constituée de matières organiques,
- Boues de stations d'épuration urbaines et industrielles (agroalimentaires, papetières, chimiques, cosmétiques, textiles, pharmaceutiques),
- Huiles et graisses issues des cultures (tourteaux) et de la restauration (produits usagés),
- Déchets organiques de l'industrie agroalimentaire,
- Déchets de l'agriculture (sur-production, production déclassée, déchets verts) et de l'élevage (fientes, lisier, fumier...).

Plusieurs potentiels de production sont également étudiés dans le rapport préparatoire au SRCAE :

- Le potentiel total correspondant à la totalité du gisement de déchets fermentescibles produits, sans tenir compte des filières de valorisation actuelles - gisement brut,
- Le potentiel hors valorisation matière, il exclue les déchets recyclés pour une valorisation matière. Le postulat serait dans un premier temps de réduire la production de déchets, puis de valoriser énergétiquement les déchets non recyclés.
- Le potentiel hors valorisation prenant en compte la part de déchets déjà orienté vers une filière de valorisation ou disponible pour y être orienté (surplus de pailles, gaz de décharge torché, déchets incinérés sans production d'énergie etc.) - gisement net.

---

<sup>10</sup> Le biogaz : Etat des lieux et perspectives de développement en Rhône-Alpes, Projet SRCAE Rhône-Alpes, Février 2011 : <http://srcae.rhonealpes.fr/phase-elaboration/travaux-preparatoires/>



Déchets	Potentiel total – GISEMENT BRUT		Potentiel hors valorisation matière		Potentiel hors valorisation – GISEMENT NET	
Fraction fermentescible des ordures ménagères	86,21 ktep	1 002 GWh	65,68 ktep	763 GWh	49,26 ktep	572 GWh
Boues d'épuration	15,09 ktep	175 GWh	15,09 ktep	175 GWh	15,09 ktep	175 GWh
Huiles et graisses	344,83 ktep	4 009 GWh	35,67 ktep	414 GWh	35,67 ktep	414 GWh
Agroalimentaire	3,45 ktep	40 GWh	2,59 ktep	30 GWh	1,94 ktep	22 GWh
Déchets agricoles	205,17 ktep	2 385 GWh h	<205 ktep	2 383 GWh	155,32 ktep	1 806 GWh
<b>TOTAL</b>	<b>655 ktep</b>	<b>7 598 GWh</b>	<b>324 ktep</b>	<b>3 758 GWh</b>	<b>257 ktep</b>	<b>2 981 GWh</b>

Tableau 19 : Gisements brut et net pour la filière biogaz à l'échelle de la région Rhône-Alpes  
 Source : Le biogaz : Etat des lieux et perspectives de développement en Rhône-Alpes, Projet SRCAE Rhône-Alpes, Février 2011

Notons qu'une étude visant à évaluer le gisement de la filière biogaz à l'échelle de la Savoie est actuellement en cours. Les résultats de cette étude permettront sûrement d'affiner les gisements de la filière biogaz.

De plus, la Communauté d'Agglomération du Lac du Bourget réalise également une étude dans le cadre du projet d'une nouvelle station d'épuration à l'horizon 2030.

Le gisement brut de la filière biogaz en Rhône-Alpes s'élève à 7 598 GWh/an, tandis que le gisement net représente 2 981 GWh/an. Ces données seront à affiner avec les résultats de l'évaluation du gisement de la filière à l'échelle de la Savoie.

En supposant que les activités sont liées avec le nombre d'habitants du territoire, on peut cependant territorialiser ce gisement à l'échelle du SCoT Métropole Savoie en fonction du nombre d'habitants. Le gisement brut de la filière biogaz représente donc **280 GWh** pour le territoire Métropole Savoie et le gisement net **110 GWh**.

## 2.6 La ressource eau

### 2.6.1 L'hydroélectricité

#### 2.6.1.1 Technologies de valorisation

Une centrale hydraulique transforme l'énergie potentielle de l'eau en travail mécanique, puis la transforme en électricité. Généralement l'eau d'une source, d'un cours d'eau, ou encore d'un lac est utilisée pour actionner l'appareil qui transforme l'énergie potentielle de l'eau en travail mécanique. Cet appareil peut être une roue, une turbine (il en existe de nombreuses sortes), ou une vis sans fin. Le potentiel énergétique d'un tel système dépend de la hauteur de chute du cours d'eau ou de la conduite forcée qui dérive une partie du cours d'eau jusqu'à la turbine. L'électricité est ensuite produite à partir de la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique via un générateur. L'énergie électrique ainsi produite peut alimenter des sites isolés pourvus d'une capacité de stockage ou être revendue à un réseau public de distribution.

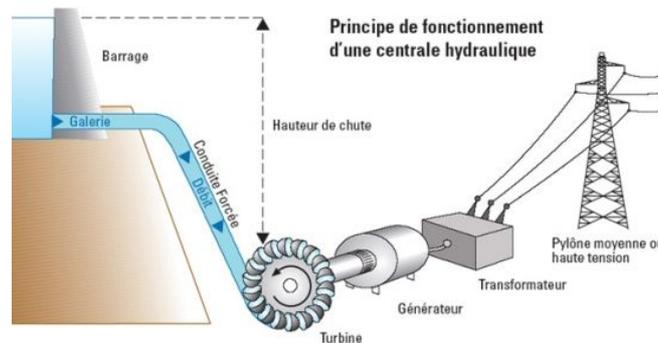


Figure 43 : Description des différentes dénominations de l'hydroélectricité  
Source: Info Energie

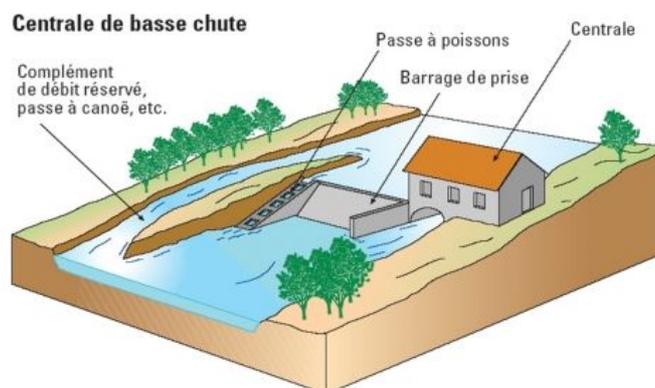


Figure 44 : Exemple d'installation hydroélectrique  
Source: Info Energie

La petite hydraulique, correspondant à des installations dont la puissance est inférieure à 500 kW. Pour des puissances inférieures à 20 kW, on parle même de pico-hydraulique.

Au-delà du seuil de 500 kW, il s'agit de la grande hydraulique.

### 2.6.1.2 Gisement brut

La cartographie suivante présente l'ensemble des cours d'eau du territoire du SCoT Métropole Savoie.

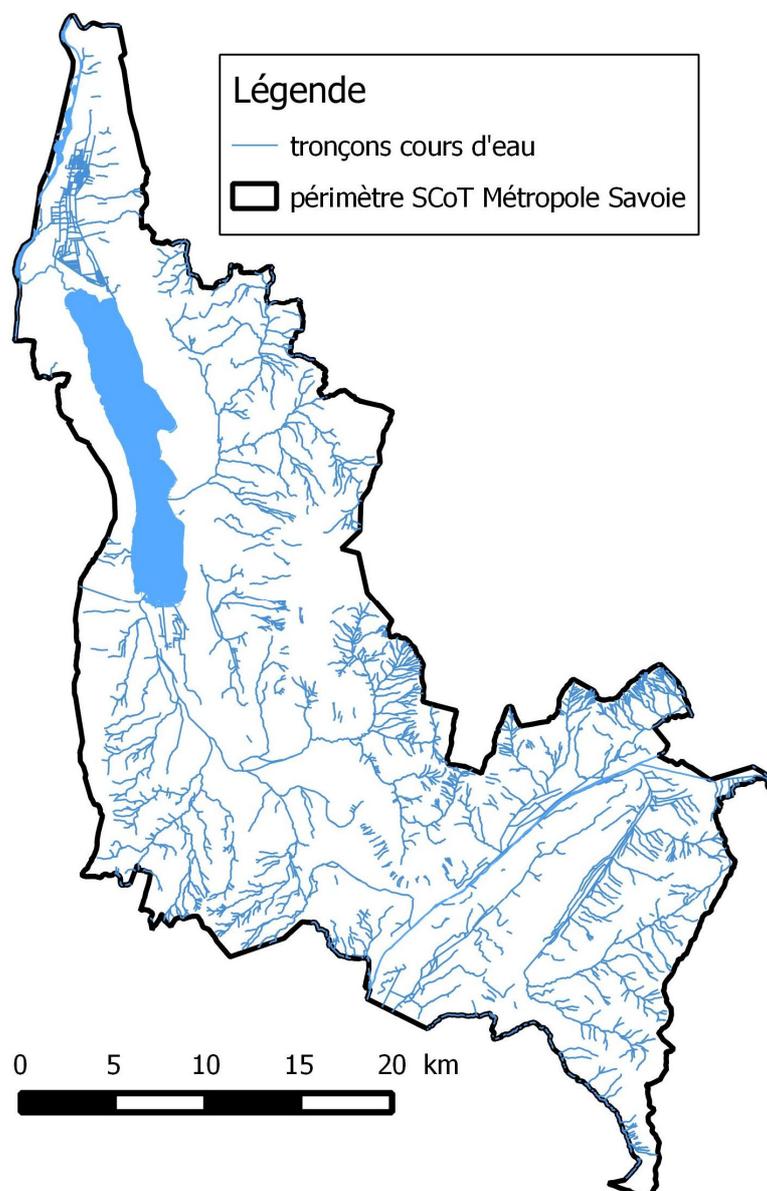


Figure 45 : Réseau hydrique du territoire du SCoT Métropole Savoie



### 2.6.1.3 Gisement net

En 2011, une étude sur l'identification du potentiel hydroélectrique résiduel mobilisable a été réalisée par le CETE de Lyon pour l'ensemble des cours d'eau de la Région Rhône-Alpes<sup>11</sup>. Les cours d'eau ont été découpés en tronçons et caractérisés en fonction de leur débit et de la présence ou non d'aménagement hydraulique. Ainsi, ont été exclus du périmètre de l'étude :

- les tronçons caractérisés par un débit moyen interannuel inférieur à 30 L/s, ne présentant pas d'intérêt pour l'hydroélectricité.
- les tronçons court-circuités déjà équipés d'installations hydroélectriques.

Le fait que certains cours d'eau soient classés dans les catégories "ressources mobilisables sous condition" ou "ressources très difficilement mobilisables" ne constitue pas un motif de rejet d'une demande d'autorisation d'installation. Il s'agit de l'application des critères propres à l'étude qui considère les enjeux environnementaux liés aux impératifs de la Directive Cadre Européenne sur l'eau et les outils de protection de l'environnement en vigueur. Pour la suite de l'étude, nous considérerons uniquement les tronçons dits "mobilisables".

L'analyse cartographique des tronçons mobilisables sur le territoire du SCoT Métropole Savoie fait apparaître un potentiel hydroélectrique supplémentaire de 15,1 MW, soit une production potentielle de 60,4 GWh/an (hypothèse de 4000 heures de production par an). En effet, le territoire présente un linéaire de 30,17 km à 50 kW pour 100 mètres linéaires de puissance potentielle.

Notons que ce potentiel concerne la grande hydraulique. La mise en place de petites centrales ne se fera ainsi qu'à plus petite échelle et ne pourra donc être étudiée qu'au cas par cas.

Le réchauffement climatique va entraîner une réduction des débits des cours d'eau (environ -20% pour un gain de 1°C supplémentaire). En tenant compte de ce phénomène, le gisement présenté ci-dessus devrait être revu à la baisse dans les années à venir.

---

<sup>11</sup> Potentiel Hydroélectrique de la région Rhône-Alpes, Centre d'Etudes Techniques de Lyon, Mars 2011  
<http://srcae.rhonealpes.fr/phase-elaboration/travaux-preparatoires/>

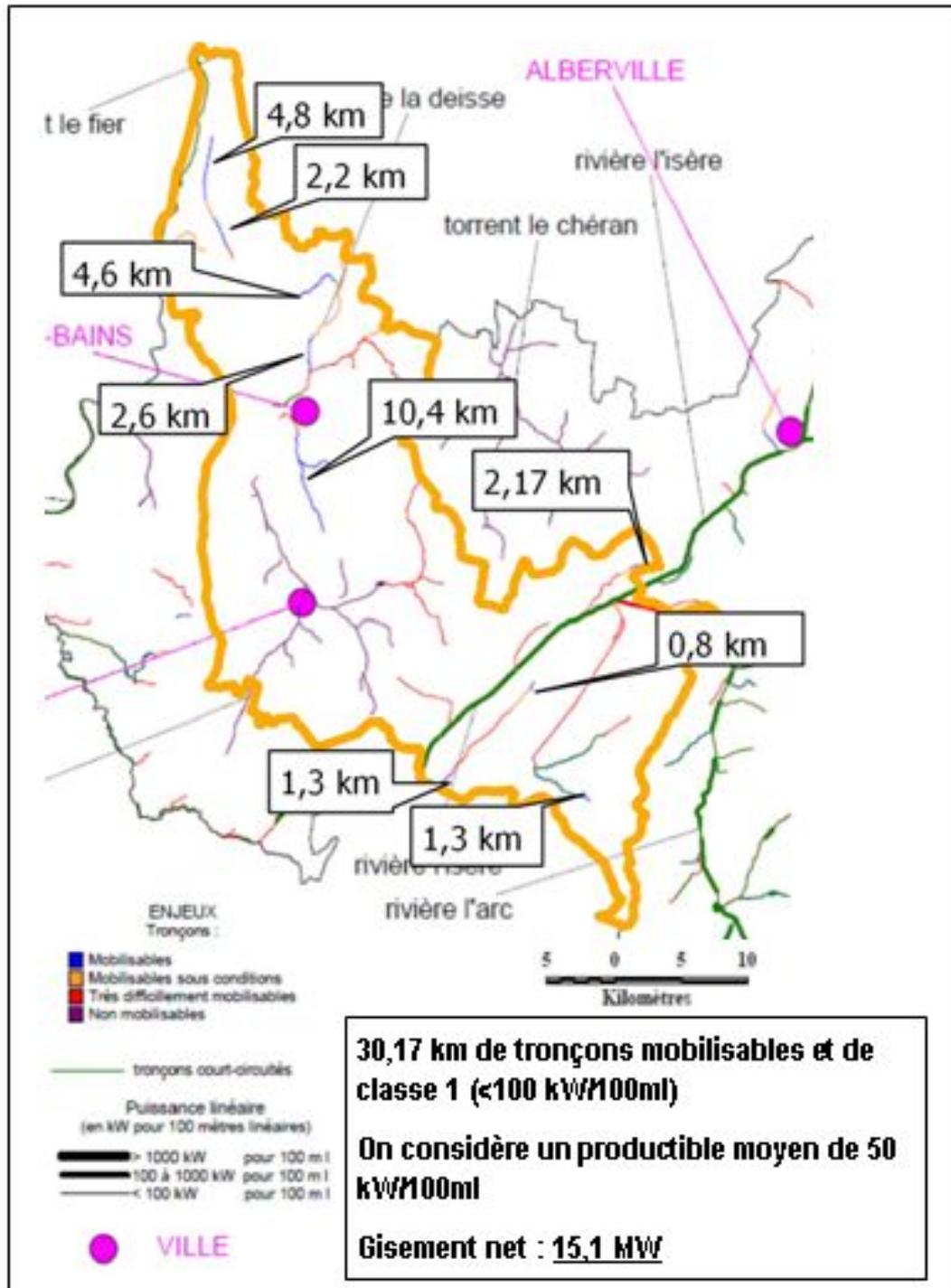


Figure 46 : Potentiel hydroélectrique de la Savoie  
Source : CETE Lyon

## 2.6.2 Valorisation hydrothermique des eaux de surfaces

### 2.6.2.1 Technologies de valorisation

Les eaux de surface, et en particulier les lacs, constituent des sources de chaleur intéressantes pour une valorisation énergétique parce qu'à partir d'une certaine profondeur (thermocline) la température de l'eau est quasiment stable tout au long de l'année.

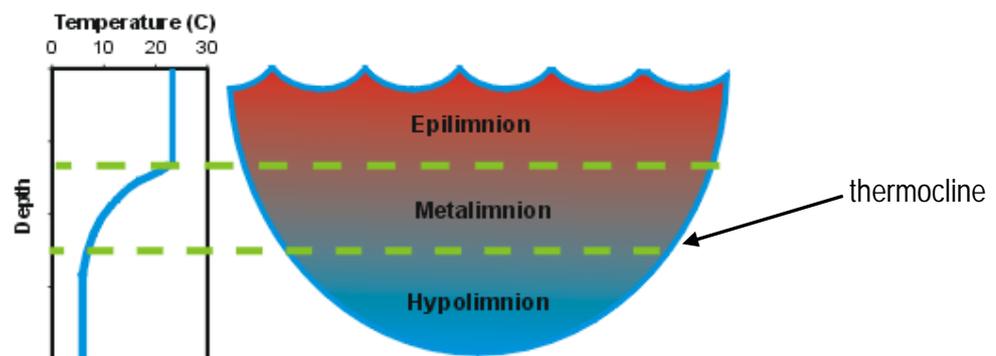


Figure 47 : Evolution de la température de l'eau d'un lac en fonction de la profondeur

L'eau du lac est utilisable pour couvrir principalement des besoins de refroidissement mais aussi de chauffage. L'objectif d'une telle infrastructure est de contribuer au confort des bâtiments avec une consommation d'énergie réduite et un moindre impact environnemental par rapport à des solutions traditionnelles.

La technologie d'exploitation la plus utilisée aujourd'hui correspond à un système en boucle ouverte.

L'eau du lac est pompée et acheminée jusqu'au bâtiment où la valorisation énergétique est réalisée via un échangeur de chaleur (récupération ou rejet de calories), puis l'eau est ensuite rejetée dans le lac à une distance relativement importante du point de puisage afin de ne pas impacter l'eau prélevée. Généralement les points de pompage et de rejet sont à des profondeurs différentes. Aucun prélèvement de masse d'eau n'intervient durant le processus, l'eau est entièrement rejetée dans le lac et diffusée à faible profondeur.

Les applications de rafraîchissement peuvent être directes ou indirectes. Dans le cas d'applications directes, la température au secondaire de l'échangeur est utilisée sans machine frigorifique, et donc sans consommation électrique supplémentaire. Dans le cas d'applications indirectes, la température nominale d'utilisation des terminaux est plus basse que la température au secondaire de l'échangeur, cette dernière doit donc être abaissée artificiellement grâce à une machine frigorifique.

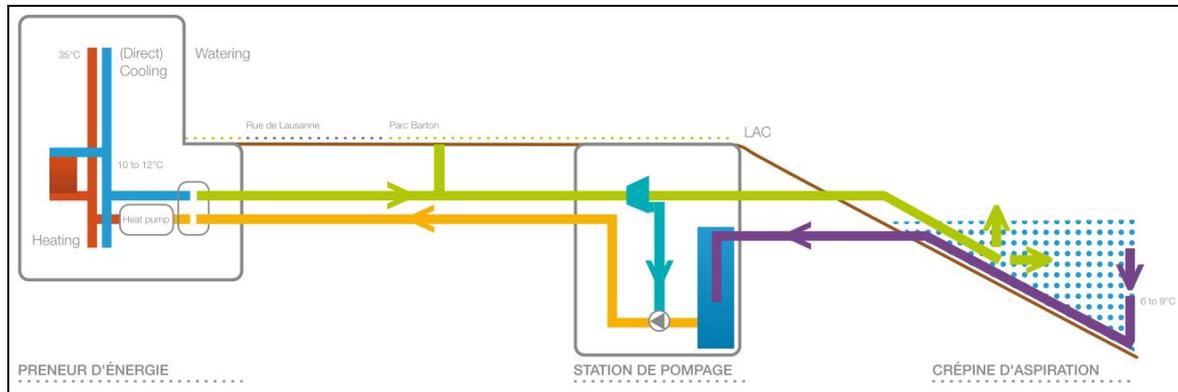


Figure 48 : Principe de fonctionnement d'une boucle d'eau du lac

Deux autres modes de fonctionnement existent également : un fonctionnement en boucle fermée et la valorisation de l'eau du lac via un réseau de chaleur ou de froid.

Pour une boucle fermée, l'échangeur de chaleur est directement placé dans le lac, aucun système de pompage n'est nécessaire. Ce dispositif est intéressant pour de petites, ou encore pour des eaux susceptibles d'encrasser le réseau. Mais il demande 2 conduites d'eau industrielle jusqu'à l'échangeur, alors qu'avec un circuit d'eau de Lac, une conduite suffit avec un rejet en surface.

Si les systèmes en boucle ouverte sont préférables pour une utilisation à grande échelle en raison de leurs coûts élevés, les systèmes en boucle fermés sont davantage utilisés pour les bâtiments de taille moyenne (puissances et coûts moindres).

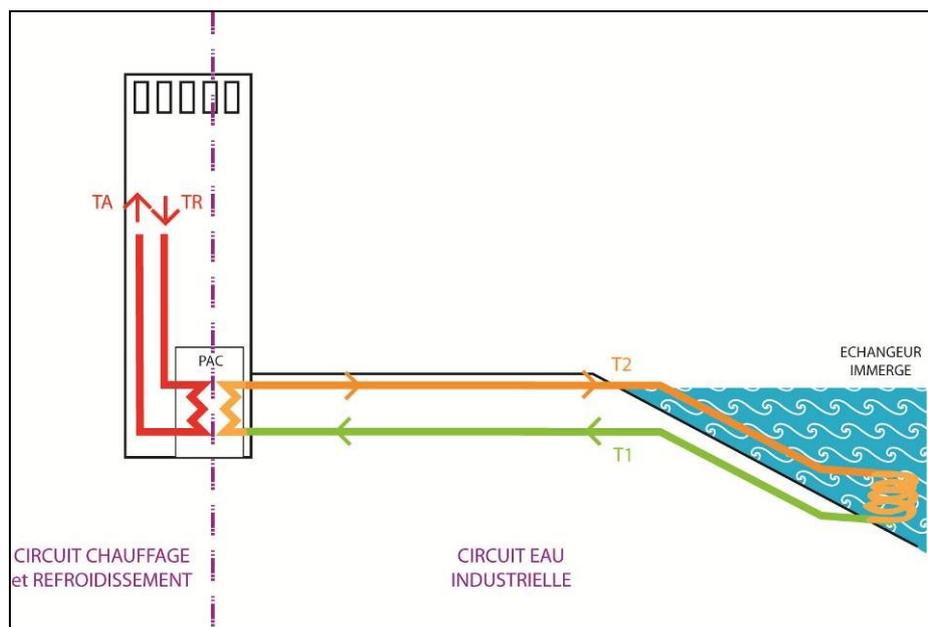


Figure 49 : Principe de fonctionnement d'un réseau avec échangeur immergé

Enfin, une alternative envisageable est de distribuer directement l'énergie utile en hiver et en été à une température directement utilisable via un réseau de chaleur ou de froid et une production centralisée à l'aide de pompes à chaleur ou machines frigorifiques. Dans ce cas, l'utilisateur ne possède pas d'installation de production énergétique propre, mais s'alimente directement sur le réseau grâce à un échangeur.

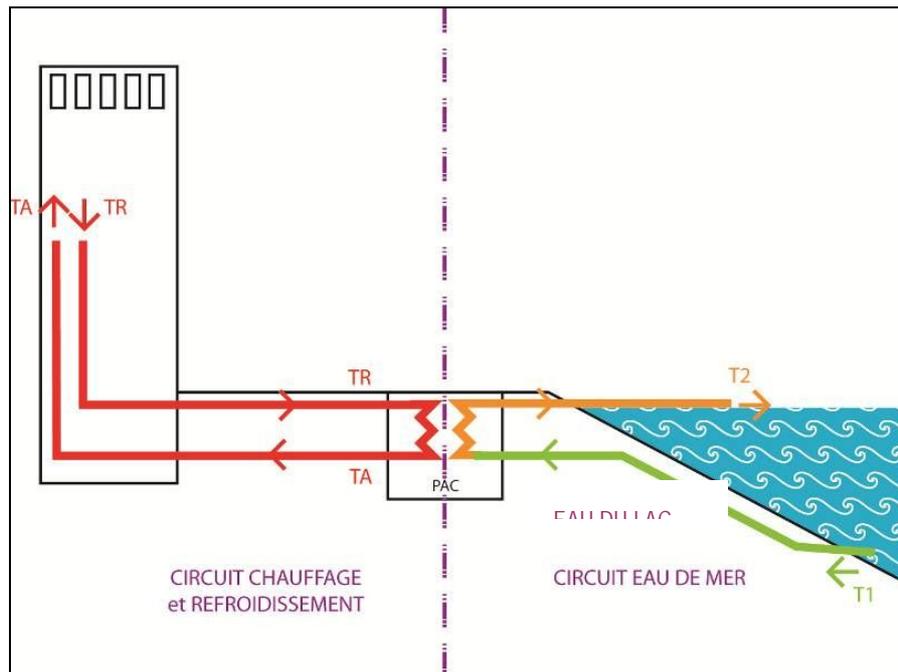


Figure 50 : Principe de fonctionnement d'un réseau de chaleur ou de froid

### 2.6.2.2 Caractéristiques locales

Plusieurs lacs sont présents sur le territoire du SCoT Métropole Savoie. Les principaux sont les suivants :

- Lac du Bourget : superficie de 4 462 ha, profondeur maximale de 147 m
- Lac de Saint-André : superficie de 7 ha, commune des Marches
- Lac de La Thuile : superficie de 7 ha, commune de La Thuile
- Lac de Saint-Hélène : superficie de 25 ha, commune de Sainte-Hélène-du-Lac
- Lac de Carouge : superficie de 10 ha, commune de Saint-Pierre-d'Albigny
- Lac de Barouchat : superficie de 7 ha, commune de Bourgneuf
- Lacs de Chamousset : deux lacs sur la commune de Chamousset
- Lac de Laissaud : commune de Laissaud
- Lac de Sainte-Clair : commune de Détrier

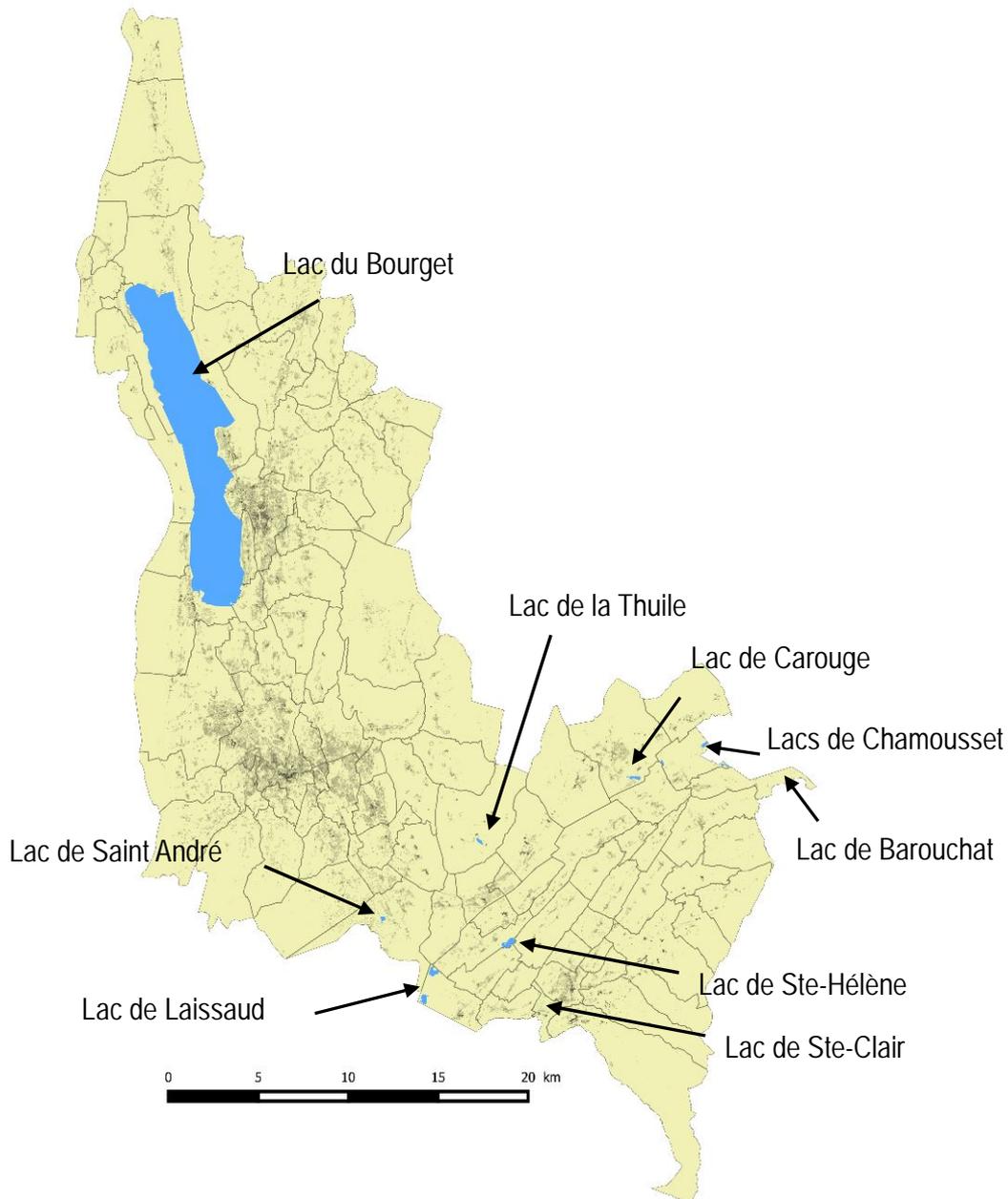


Figure 51 : Cartographie des principaux lacs du territoire du SCoT Métropole Savoie

### 2.6.2.3 Gisement brut

Parmi les lacs présentés ci-dessus, celui ayant la superficie la plus importante et donc le potentiel le plus intéressant est le lac du Bourget. Il s'agit d'un lac de type alpin. De part ces caractéristiques, l'énergie du lac peut être utilisée préférentiellement à des fins de refroidissement/climatisation. Il reste toutefois toujours possible de produire du chaud en utilisant une Pompe à Chaleur.

La représentation cartographique ci-dessous présente la bathymétrie du lac du Bourget.

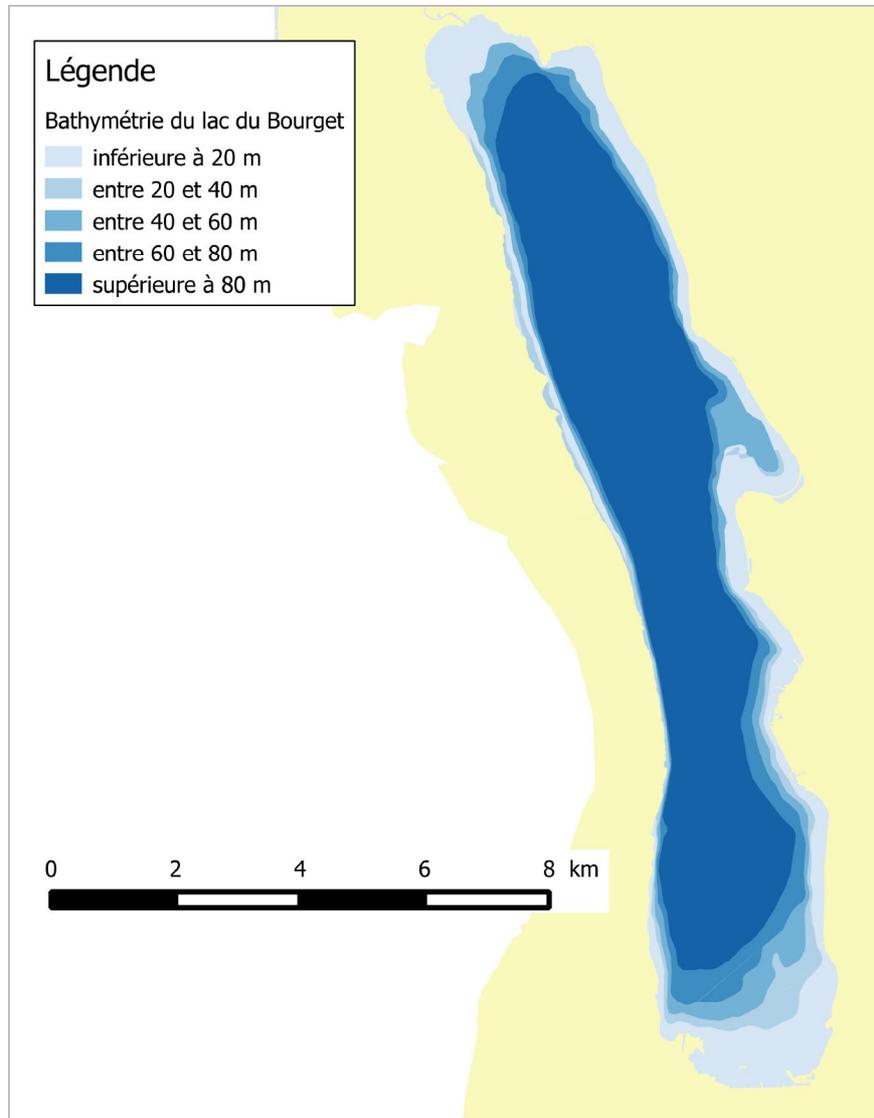


Figure 52 : Bathymétrie du lac du Bourget  
Source : CISALB (couche bathymétrie)

#### 2.6.2.4 Gisement net

##### Contraintes

Contrairement aux sondes géothermiques verticales, la valorisation énergétique du lac ne présente pas de contraintes de recharge au vue de la superficie de celui. Cependant, dans le cas d'un lac de faible superficie et pour une exploitation massive d'un seul mode de fonctionnement (chauffage ou refroidissement), il pourrait y avoir un risque de réchauffement ou de refroidissement du lac.



Pour les systèmes en boucle ouverte, l'ensemble de l'eau prélevée au lac lui est restitué. Il n'y a donc pas de limite hydraulique pour l'exploitation de l'énergie thermique des lacs. Néanmoins une limite de température de rejet peut être fixée selon les caractéristiques du lac (zones de protection).

La difficulté à transporter les calories rend cependant nécessaire la présence d'activités avec des besoins de froid à proximité.

### Opportunités / Orientations

Deux zones d'activités apparaissent comme particulièrement propices à l'utilisation des ressources thermiques des lacs. Il s'agit de Savoie Technolac et du secteur lac d'Aix-les-Bains (casino Poker Bowl, cinéma Les toiles du lac, ...). Le potentiel thermique des autres lacs du territoire est actuellement difficilement exploitable, faute de demande à proximité.

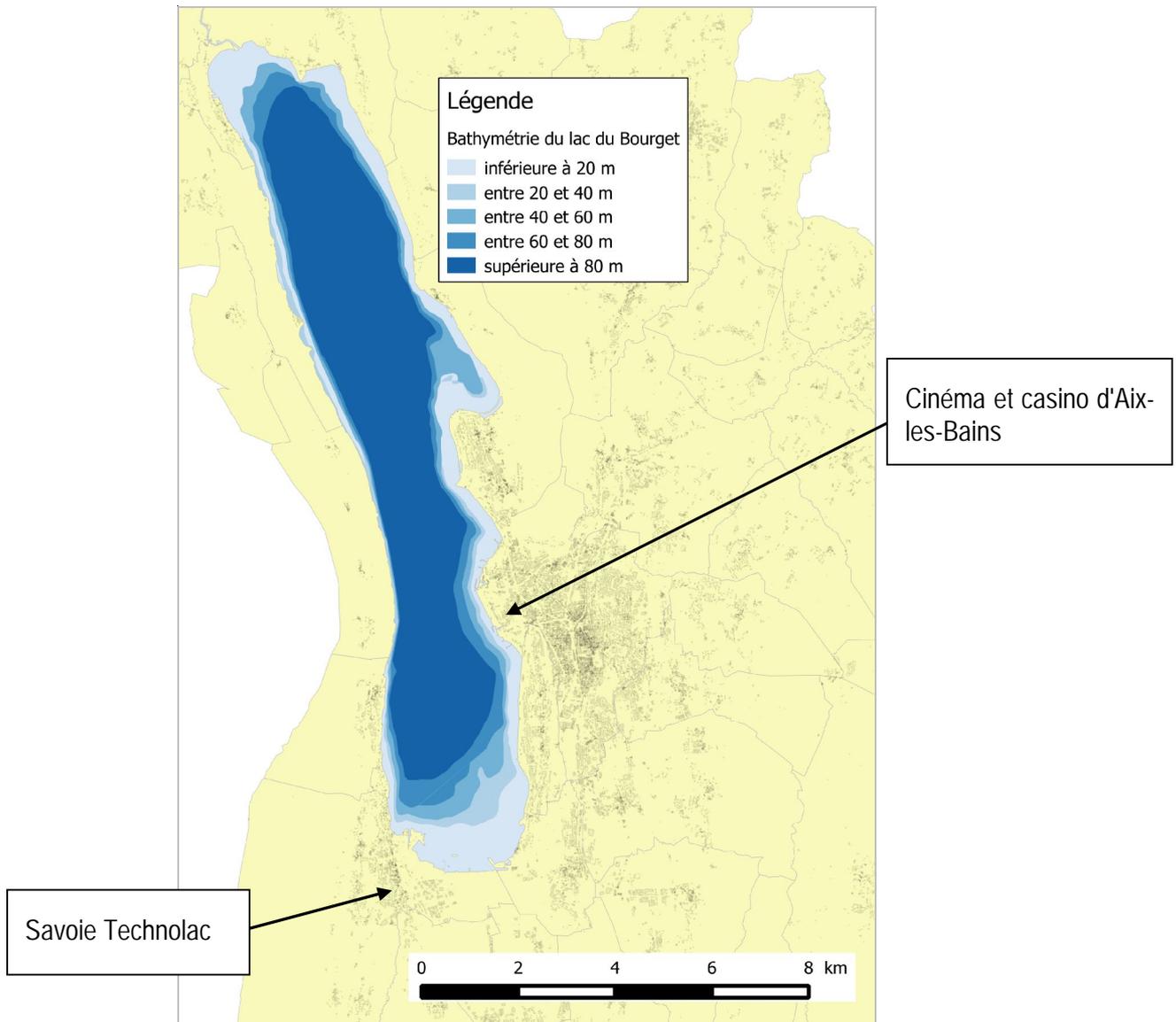


Figure 53 : Bathymétrie du lac du Bourget et zones d'activités proches  
 Source : CISALB (couche bathymétrie)

Des données relatives à la valorisation des eaux du lac du Bourget sont présentées dans une étude du BRGM sur le potentiel géothermique en Rhône-Alpes. Ces éléments sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

DONNES MORPHOLOGIQUES				DONNES HYDRAULIQUES			DONNES THERMIQUES	
Superficie	Volume	Profondeur		Origine du lac	Temps de séjour	Variation de niveau	Profondeur thermocline	Température des eaux pompées
		Max	Moy					
4 462 ha	3 600 hm <sup>3</sup>	147 m	85 m	Glacier	9 ans	1 m	10-30 m	4,5-7

Tableau 20 : Caractéristiques du lac du Bourget en vue d'une valorisation thermique  
 Source : Inventaire du potentiel géothermique en région Rhône-Alpes-état des lieux du potentiel, Rapport final, BRGM/RP – 60684 – FR, mars 2012



Notons que la température de l'eau du lac permet une utilisation directe, sans pompe à chaleur, pour la production de froid.

Nous avons ainsi pu mettre en évidence l'existence d'un potentiel énergétique pour le lac du Bourget qui permettrait notamment de couvrir une partie des besoins en froid de Savoie Techno-lac et des activités tertiaires du secteur lac d'Aix-les-Bains. Si la quantification de l'énergie disponible grâce à cette ressource nécessiterait une étude complémentaire, celle-ci est considérable et suffisante pour subvenir aux besoins des deux pôles identifiés.

Notons que ce système de valorisation énergétique peut aussi s'appliquer au niveau des fleuves et des rivières. A partir des données en notre possession nous n'avons pas pu définir en détail les rivières potentiellement valorisables.

## 2.6.3 Valorisation géothermique des eaux usées

### 2.6.3.1 Technologies de valorisation

L'énergie thermique contenue dans les eaux usées peut être récupérée via un échangeur thermique à différents endroits :

- Au niveau des collecteurs du réseau d'assainissement (ouvrages assurant la collecte et le transport des eaux usées : canalisations, conduites, ...),
- Au niveau des rejets des stations d'épuration, après filtration des eaux,
- Ou directement au niveau des bâtiments, lorsque ceux-ci ont une forte consommation d'eau quotidienne

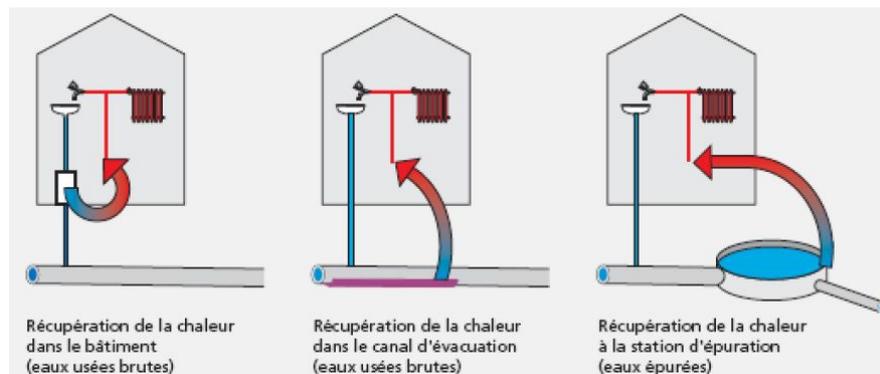


Figure 54 : Exemple de lieux possibles d'implantation des échangeurs de chaleur dans le cadre d'un projet de valorisation énergétique des EU  
Source Suisse Energie

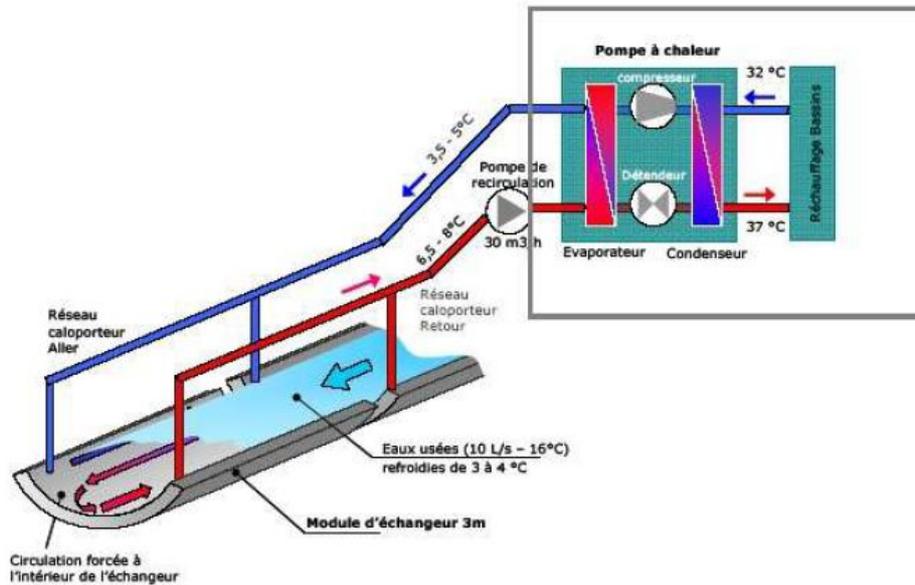


Figure 55 : Schéma détaillé d'un système de récupération de chaleur sur eaux usées sur une conduite d'assainissement  
Source: ADEME

### 2.6.3.2 Gisement brut

Nous n'avons pu obtenir les tracés des réseaux d'eaux usées uniquement pour les périmètres des Communautés d'Agglomérations du Lac du Bourget et de Chambéry métropole.

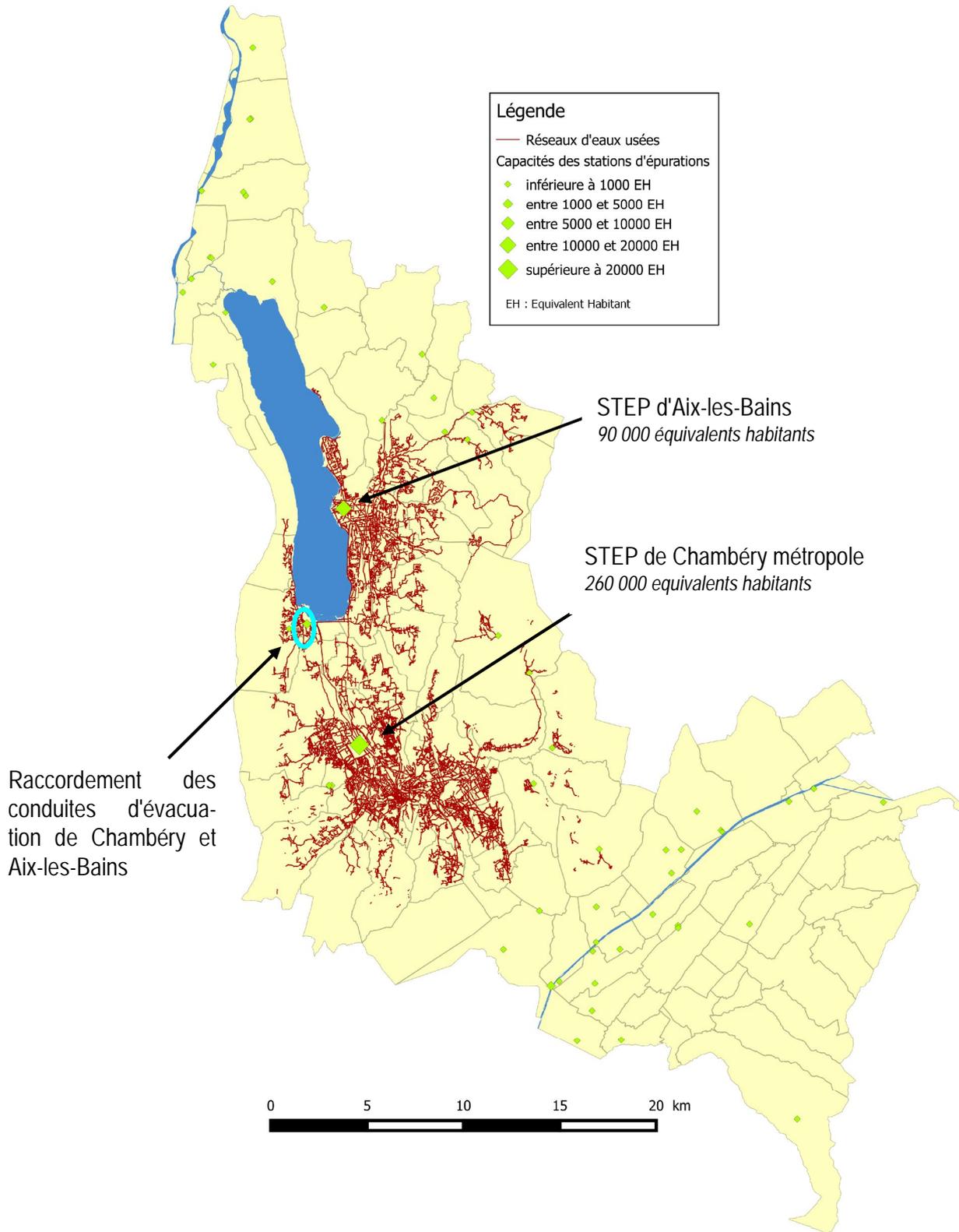


Figure 56 : Réseaux d'eaux usées et stations d'épurations sur le territoire du SCoT Métropole Savoie  
Sources : SIG Métropole Savoie, Observatoire des territoires de la Savoie (stations d'épuration)



Les deux principales stations d'épurations du territoire sont celles de Chambéry métropole et de la CALB, situées respectivement dans la zone de Bissy à Chambéry et à Aix-les-Bains.

Notons, de plus, le raccordement des conduites d'évacuation des eaux épurées de ces deux stations d'épuration au niveau du Bourget-du-Lac. Ces eaux sont ensuite rejetées dans le Rhône via une conduite gravitaire et une galerie percée sous le Mont du Chat. La commune du Bourget-du-Lac et le pôle tertiaire de Savoie Technolac sont donc situés près d'un nœud où l'on va trouver les débits les plus élevés. Il s'agit là d'une ressource importante.

### 2.6.3.3 Gisement net

Une étude réalisée par Antea Group<sup>12</sup> calcule le potentiel de récupération d'énergie thermique dans les réseaux d'assainissement d'eau pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Selon cette étude, la rentabilité des projets n'est assurée qu'à partir d'une capacité de 20 000 équivalents habitants (EH). Les deux seules installations valorisables énergétiquement sont celles de Chambéry et d'Aix-les-Bains.

Le potentiel thermique de la station d'épuration d'Aix-les-Bains étant déjà en grande partie utilisé pour le centre nautique, nous nous sommes donc limités à l'étude de la station de Chambéry.

Nous avons utilisé la méthodologie présentée dans le rapport précédemment cité afin d'évaluer le gisement énergétique en sortie de cette station d'épuration. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Le potentiel d'extraction de chaleur est calculé à partir du débit minimal par temps sec en sortie de station. Un entretien téléphonique avec les gestionnaires de l'Usine de Dépollution des eaux de Chambéry métropole nous a renseigné sur la valeur de ce débit : 20 000 m<sup>3</sup>/jour.

La chaleur produite est ensuite calculée en faisant l'hypothèse d'un Coefficient de Performance de 3,5 et de 1 400 h de chauffe par an.

---

<sup>12</sup> Evaluation du potentiel de récupération d'énergie thermique dans les réseaux d'assainissement de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Antea Group, avril 2011



	Capacité de traitement STEP (EH)	Débit minimum temps sec hivernal d'eaux usées à la STEP (m <sup>3</sup> /jour)	Potentiel d'extraction de chaleur sur les eaux usées de l'échangeur (kW)	Puissance de production de chaleur en sortie de l'échangeur (kW)	Potentiel de production de chaud annuel (MWh/an)	Remarques
STEP de Chambéry métropole	260 000	20 000	4 845	6 782	9 496	Une partie du potentiel est déjà utilisée pour chauffer les locaux et une utilisation est envisagée par Savoie Technolac.

Tableau 21 : Quantification du potentiel de récupération d'énergie au niveau des deux principales stations d'épuration du territoire



#### 2.6.3.4 Opportunités / Orientations

Très peu de données (débit, températures, ...) sont actuellement disponibles. La quantification de ce potentiel et notamment au niveau des conduites nécessiterait des études complémentaires plus spécifiques.

Nous avons pu mettre en évidence un potentiel de production de 9 496 MWh/an au niveau de la station d'épuration de Chambéry. Cette ressource est déjà utilisée en partie et des projets de valorisation de ce gisement par Savoie Technolac sont en cours.

De plus, Savoie Technolac se trouve également à proximité du raccordement des conduites des eaux épurées de Chambéry et d'Aix-les-Bains. Il s'agit là d'une ressource importante pour ce pôle tertiaire.

La quantification du gisement énergétique de l'eau circulant dans les conduites n'a pas été possible faute de données. Il s'agit là d'un potentiel qui sera à étudier plus précisément au cas par cas.



## 2.7 Géothermie

### 2.7.1 La ressource sous-sol

Pour évaluer le gisement géothermique sur le territoire de Métropole Savoie, BG a travaillé avec des données du BRGM et à travers une analyse cartographique du territoire à l'échelle macro. Cette double approche a permis d'évaluer la capacité du sous-sol à fournir ou évacuer de l'énergie ainsi que son exploitabilité par rapport aux aménagements en surface.

De plus, une étude du potentiel géothermique de la région Rhône-Alpes a été réalisée par le BRGM en 2012 dans le cadre de l'élaboration du SRCAE (source : rapport [7]). Cette étude a permis de dresser un inventaire des ressources géothermiques mobilisables à l'échelle de la région.

Trois types de valorisation géothermales ont été envisagés :

- **Géothermie basse enthalpie** (température inférieure à 30°C) : sondes et capteurs. Ces technologies ne permettent pas une utilisation directe de la chaleur par simple échange. La mise en œuvre de pompes à chaleur est nécessaire pour le chauffage. Elles correspondent à l'exploitation de forages de faibles profondeurs (moins de 300 m).
- **Géothermie moyenne enthalpie** : nappes souterraines et eaux thermales. L'exploitation de cette ressource peut se faire de manière directe ou via des pompes à chaleur selon la ressource et le type de besoins.
- **Géothermie haute enthalpie** (température supérieure à 100°C) : failles et forages pétroliers. La chaleur est exploitée de manière directe et l'alimentation de centrales électriques peut être envisagée (production de vapeur pour le turbinage).

#### 2.7.1.1 Géothermie basse enthalpie : sondes et capteurs

- Les technologies de valorisation

##### Les capteurs verticaux ou sondes géothermiques (basse enthalpie)

Les sondes géothermiques permettent d'exploiter la chaleur des terrains superficiels sans mobiliser l'eau souterraine. Ce sont des échangeurs thermiques verticaux installés dans des forages de plusieurs dizaines de mètres. Ce dispositif présente des avantages comme son installation qui est possible dans n'importe quel milieu géologique, une faible emprise au sol, une absence de variation climatique de la température des terrains traversés et une faible proportion à l'enracinement de la végétation arborée. La longueur des sondes géothermiques utilisées actuellement est en général inférieure à 100 mètres pour des raisons de contraintes administratives (Code Minier sur la déclaration ou l'autorisation de forages). Le sous-sol peut cependant perdre

de son pouvoir calorifique s'il est utilisé de façon trop importante sans recharge thermique (par refroidissement, utilisation de capteurs solaires thermiques, réseau de chaleur, etc...). Notons que ce cas de figure ne se présente pas dans une situation où les sondes traversent une nappe d'eau superficielle car l'écoulement assure alors le renouvellement du sous-sol.

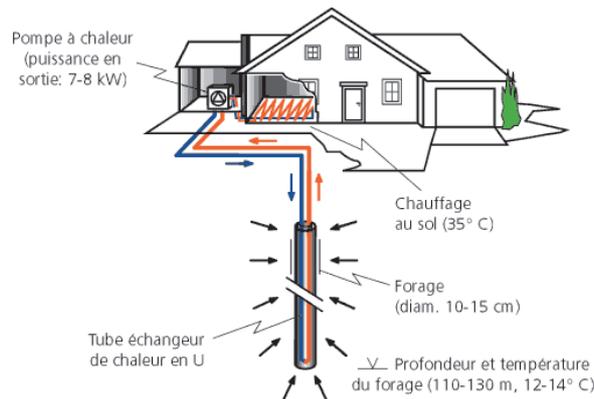


Figure 57: Exemple de l'utilisation combinée d'une sonde géothermique verticale basse enthalpie et d'une PAC pour subvenir au besoin de chauffage d'une habitation en hiver  
Source: Info Géothermie

Les capteurs horizontaux (basse enthalpie)

Les capteurs enterrés horizontaux permettent d'exploiter la chaleur de la Terre du proche sous-sol. Ils sont constitués de tubes installés en boucles enterrées horizontalement à faible profondeur (0,60 à 1,20 m) qui vont permettre le prélèvement de l'énergie contenue dans le sous-sol proche. Dans ces tubes, de l'eau additionnée d'antigel ou le fluide frigorigène de la pompe à chaleur (détente directe) circule en circuit fermé. La surface du capteur enfouie est théoriquement de 1,5 à 2 fois la surface à chauffer, ainsi sa longueur peut dépasser plusieurs centaines de mètres.

Ces installations sont de moins en moins courantes car moins efficaces que les sondes verticales (COP) et la détente directe est à proscrire.

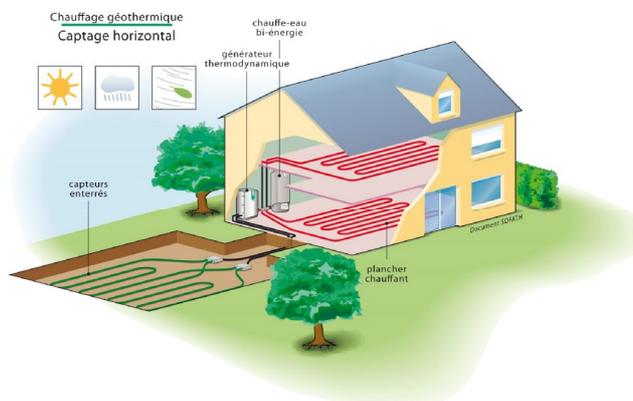


Figure 58: Exemple de l'utilisation combinée des capteurs géothermiques horizontaux basse enthalpie et d'une PAC pour subvenir au besoin de chauffage d'une habitation en hiver  
Source: Info Ecotermic

- Caractéristiques locales

L'étude détaillée du sous-sol, menée par le BRGM, a permis de faire un relevé géologique de la région afin de connaître les différentes formations géologiques présentes en Rhône-Alpes. La carte ci-dessous présente la lithologie du territoire de Métropole Savoie:

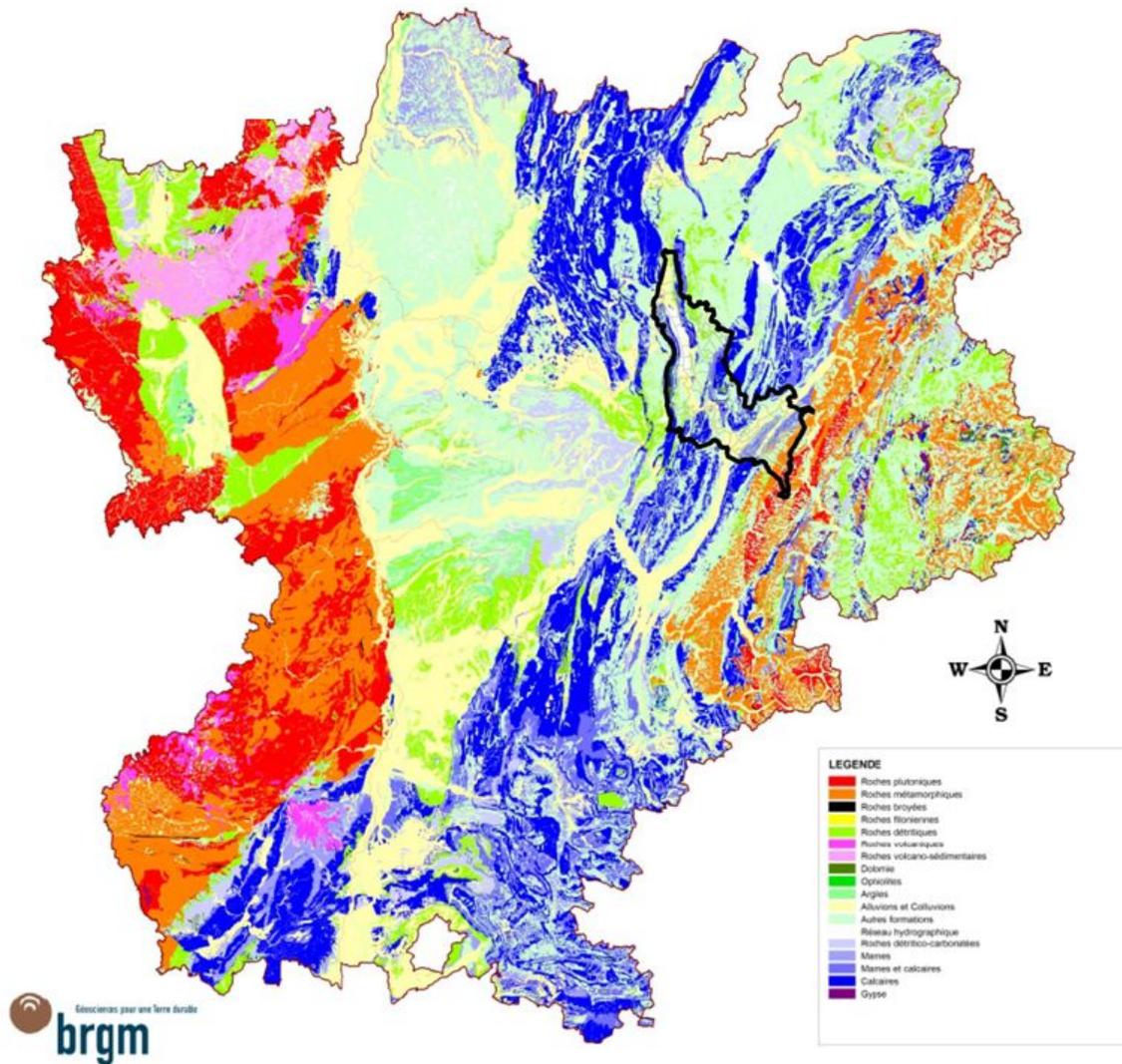


Figure 59: Carte lithologique du territoire de Métropole Savoie  
Source: BRGM / Extraction: BG

Le tableau ci-dessous est un complément de la carte précédente (figure 59) et présente le caractère favorable ou défavorable à la valorisation énergétique des différentes formations géologiques via sondes verticales.

Lithologies	Conditions SGV	Codage SIG	
		Code_Favorabil	Code_LithoGTH
Roches filoniennes	Zone a priori favorable	2	2
Roches métamorphiques	Zone a priori favorable	2	3
Roches plutoniques et arènes granitiques	Zone a priori favorable	2	4
Roches détritiques (conglomérats, grès, silts, grauwackes, diatomites)	Zone a priori favorable	2	5
Roches volcaniques	Zone a priori favorable	2	6
Roches volcano-sédimentaires	Zone a priori favorable	2	7
Dolomies (dolomies, cargneules associées aux dolomies, calcaires dolomitiques, encroutements dolomitiques)	Zone a priori favorable	2	9
Ophiolites et complexes ophiolitiques associés	Zone a priori favorable	2	11
Argiles (argiles dominantes, formations argilo-carbonatées, argiles sableuses, argilites)	Zone a priori favorable	2	14
Roches détritico-carbonatées (Calcaire gréseux, calcaire argileux)	Zone a priori favorable	2	15
Alluvions et colluvions (anciennes et récentes, Fluvio-glaciaire)	Zone a priori favorable	2	16
Autres formations (loëss, limons, éboulis, moraines, formations superficielles indéterminées, tourbes, dépôts anthropiques, paléosols ferrugineux, silicifications massives, altérites, cargneules, neiges et glaces, névés, cônes de déjection, dunes)	Zone a priori favorable	2	17
Roches broyées (cataclasites, mylonites) (*)	Zone incertaine	3	1
Alternances marnes et calcaires	Zone incertaine	3	12
Marnes	Zone incertaine	3	13
Calcaires (Calcaire, calcaire marneux, travertins)	Zone a priori défavorable	1	8
Gypse	Zone a priori défavorable	1	10
Zones sujettes à mouvements de terrains (lithologies variables)	Zone a priori défavorable	1	18
Eaux surfaciques, glaciers et névés	Non concernée	4	999

(\*) : Conditions soit défavorables (circulations importantes d'eau "froide"/ perte de performances), soit favorable (eaux de T° plus élevées, thermales), soit neutre (zones broyées recristallisées)

Table 6: Lithologies prises en compte et conditions pour des sondes géothermiques verticales (SGV)  
Source: BRGM

Ces résultats ont ensuite été cartographiés, afin de pouvoir identifier plus clairement les zones géographiques favorables au développement de la géothermie. Ces zones sont présentées sur les cartes ci-dessous:

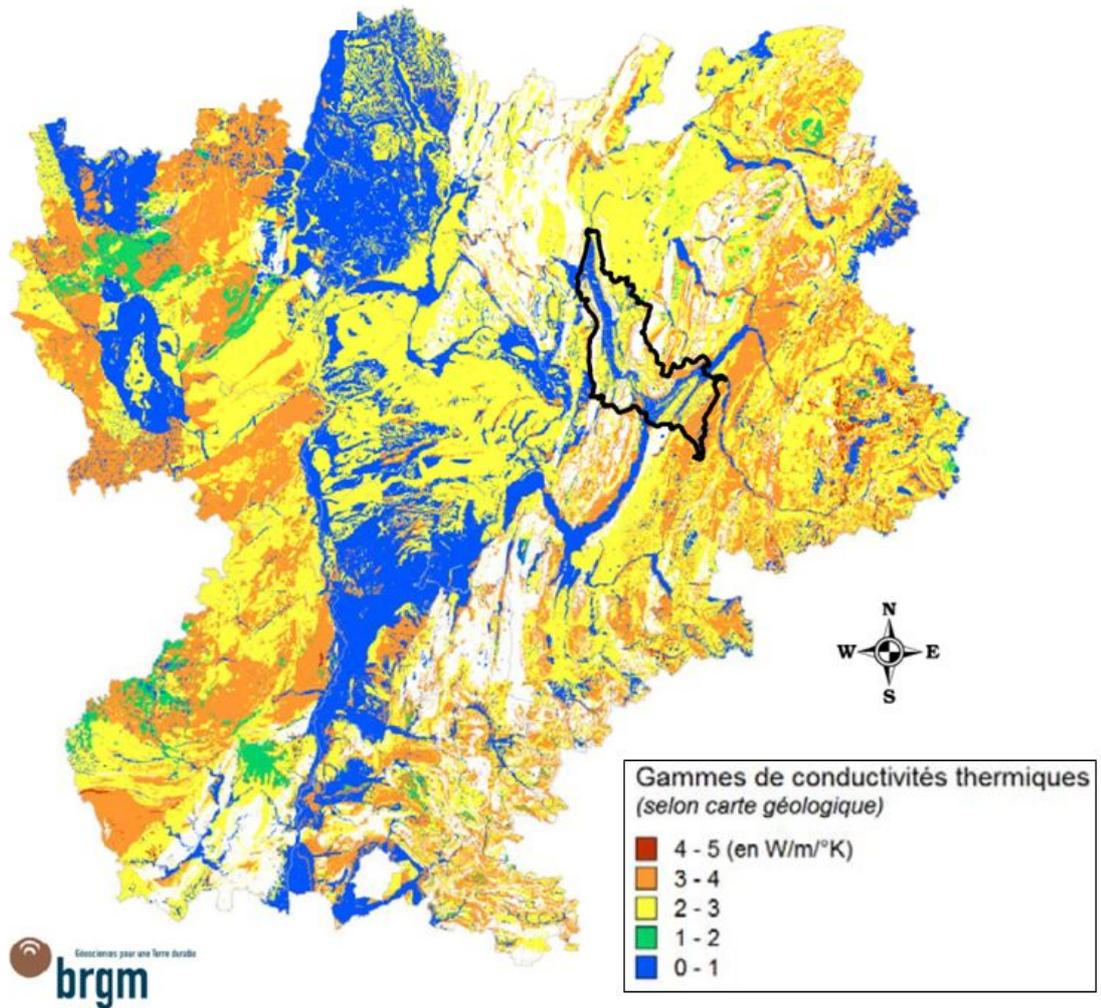


Figure 60: Carte indicative des conductivités thermiques moyennes du sous-sol  
Source: BRGM / Extraction: BG

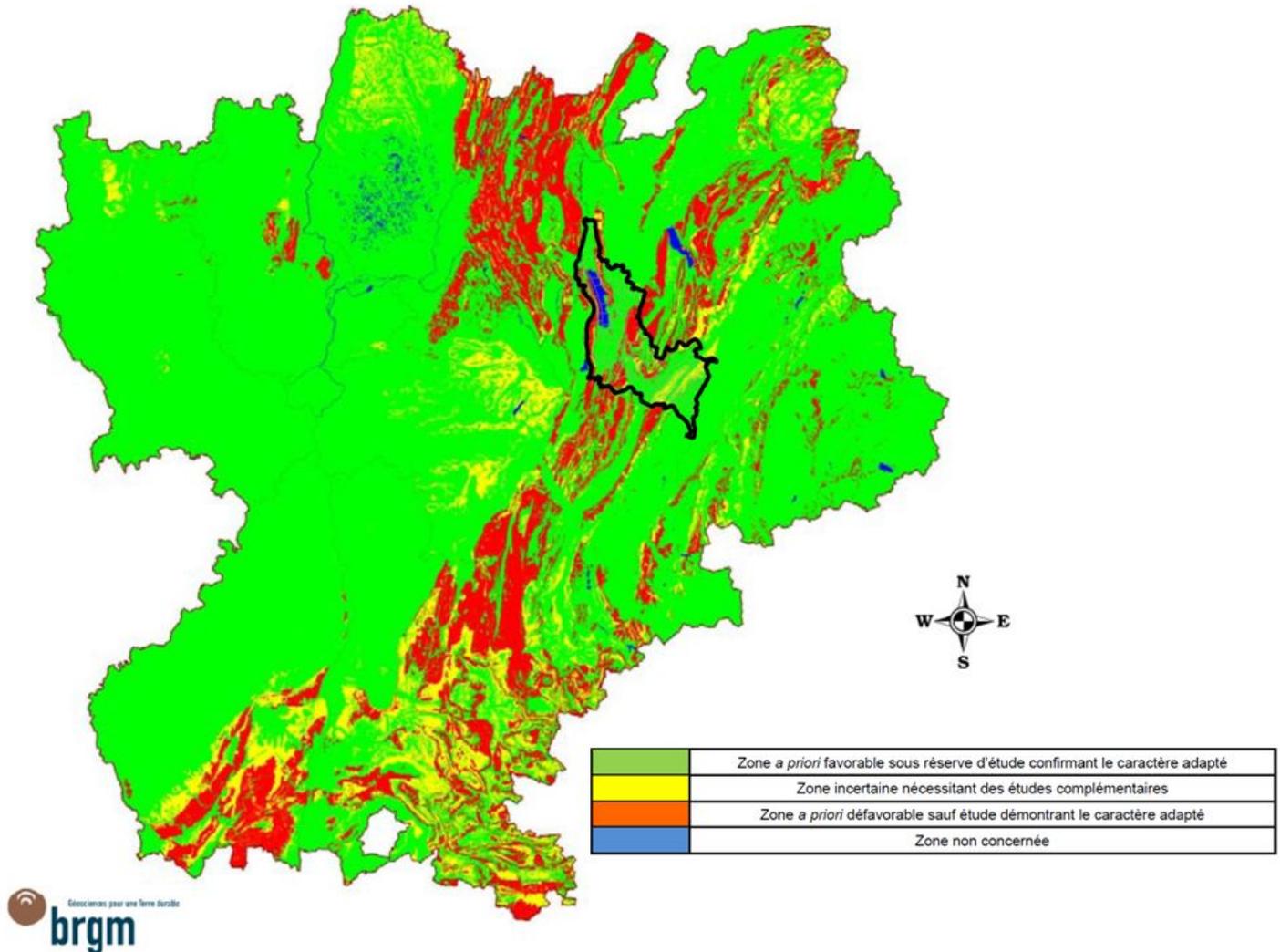


Figure 61: identification des zones favorables ou défavorables à la valorisation énergétique du sous-sol  
 Source: BRGM / Extraction: BG

Au travers de cette carte, nous pouvons voir qu'une majeure partie du territoire de Métropole Savoie est positionné en zone favorable à la valorisation énergétique du sous-sol via sondes géothermiques verticales. Les paragraphes suivants présentent une analyse cartographique du territoire de Métropole Savoie plus détaillée, intégrant les caractéristiques du territoire présentées ci-dessus et sur le portail [www.geothermie-perspectives.fr](http://www.geothermie-perspectives.fr), ainsi que les caractéristiques de disponibilité en surface à l'échelle du territoire.

- Gisement brut

### Méthodologie

Pour réaliser la carte du gisement brut de la géothermie, nous avons considéré uniquement le gisement potentiel de géothermie basse enthalpie.



Les données concernant les zones à potentiel basse enthalpie ont été extraites par exclusion sur la carte globale de toutes les zones construites ou non équipables telles que les zones de revêtements durs. Un contour de sécurité est également réservé autour de ces zones pour garantir la possibilité de mise en œuvre de forages (contraintes de distance réglementaire). Les infrastructures concernées sont le bâti, les réseaux d'eau (potables et d'assainissement), les réseaux énergétiques (postes de transformation, oléoducs, gazoducs, ...), les infrastructures de transport.

### Cartographie

La carte ci-après présente les gisements bruts de géothermie du territoire du SCoT Métropole Savoie :

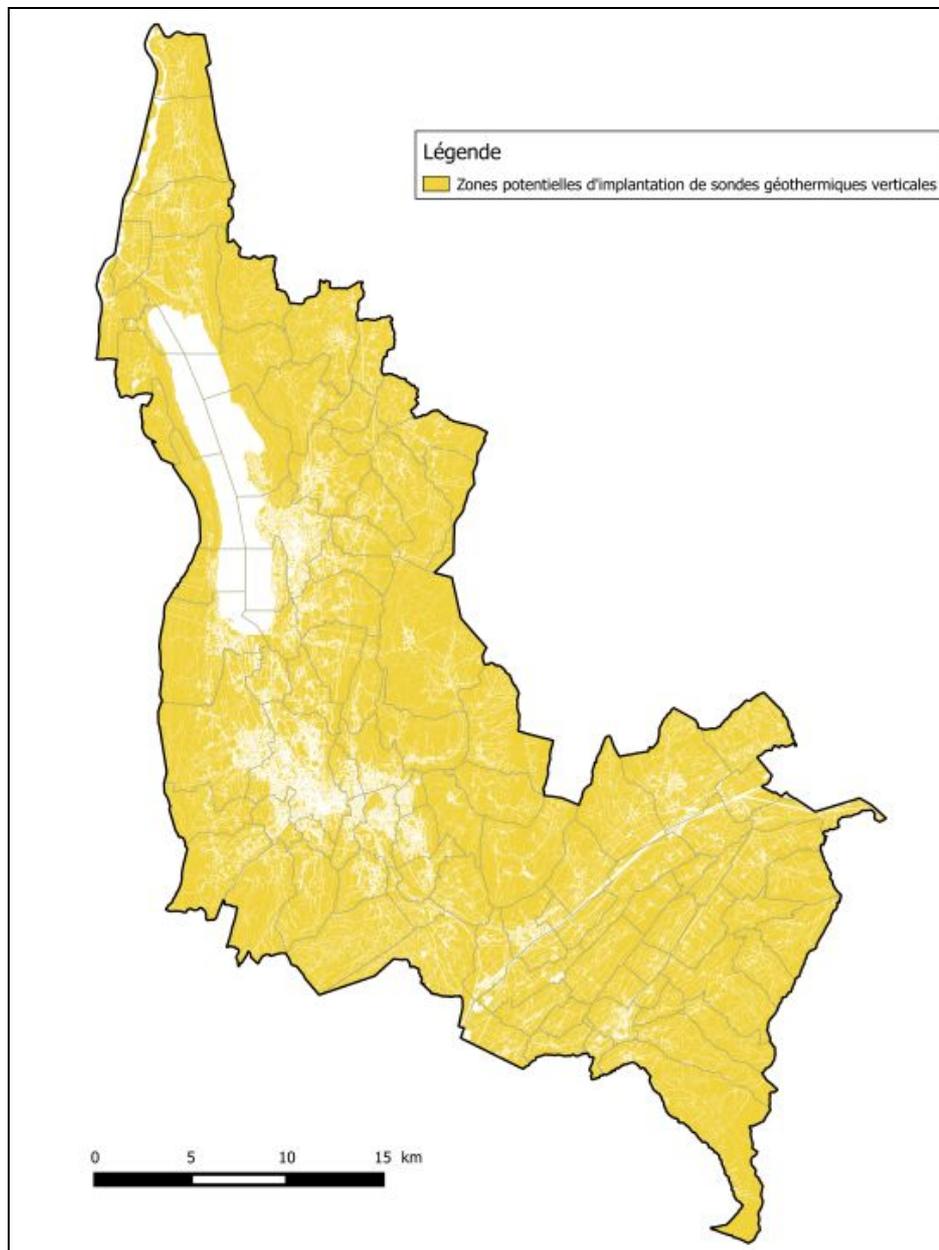


Figure 62 : Carte du gisement brut de la géothermie basse enthalpie  
Source: BG

- Gisement net

### Contraintes

Les contraintes pratiques concernant le gisement basse enthalpie sont liées à l'exploitation du sous-sol. En effet, la mise en œuvre de sondes est difficile dans les zones humides ou à fort relief. Les secteurs dont l'altitude est supérieure à 800 m ou étant classés en zone humide ont donc été extraits du gisement brut. Les zones à proximité d'ICPE ont également été retirées.

De plus, des contraintes environnementales sont à prendre en compte : zones NATURA 2000, Arrêtés de Protection Biotope. Tout forage est alors interdit dans ces secteurs.

Les secteurs interdits au forage selon le code minier et les périmètres de protection immédiate (PPI) et de protection rapprochée (PPR) pour le captage d'eau potable ont aussi été retranchés au gisement brut géothermique.

Enfin, certains secteurs doivent faire l'objet d'une attention particulière : zones ZNIEFF 1 et 2 et les périmètres de protection éloignés (PPE) pour le captage d'eau potable.

Le gisement net pour l'exploitation géothermique du sous-sol est présenté sur la cartographie suivante.

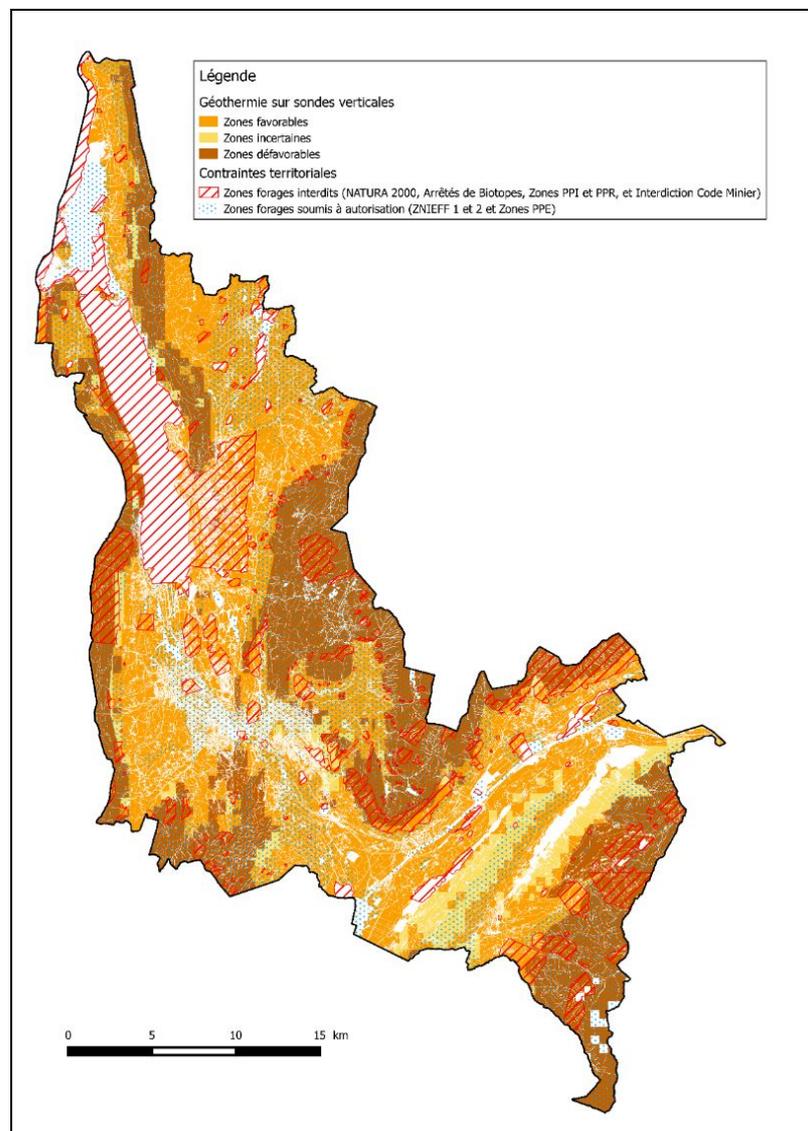


Figure 63 : Carte du gisement net de la géothermie basse enthalpie  
Source: BG



## Opportunités

Pour les secteurs qui apparaissent comme favorables à la valorisation géothermique du sous-sol et non soumis à des contraintes environnementales ou territoriales, la quantification de l'énergie récupérable dépend de caractéristiques plus locales et devra être étudiée au cas par cas.

- Quantification

À titre indicatif, nous avons cherché à évaluer le potentiel de développement de cette technologie.

Le SRCAE de la région Rhône-Alpes fixe l'objectif d'un effort de développement de 55 ktep (640 GWh/an) pour les maisons individuelles et de 50 ktep/an (580 GWh/an) pour les logements collectifs entre 2010 et 2020. À partir de ces données, nous avons pu territorialiser cet objectif de production pour le territoire de Métropole Savoie.

à La valorisation de la ressource géothermique du sous-sol devra être étudiée au cas par cas et ne se fera qu'à l'échelle de bâtiments. Le potentiel de production géothermique d'ici à 2020 est de 43,3 GWh.

### 2.7.1.2 Géothermie moyenne enthalpie

- Valorisation géothermique des nappes

- Technologies de valorisation

L'accès à ce type de gisement nécessite le plus souvent la réalisation de forages plus ou moins profonds. Il s'agit de prélever ou d'extraire les calories stockées dans les nappes et dans les aquifères pour les amener à la surface.

Les aquifères se situent généralement dans des ensembles de roches perméables, conduisant suffisamment l'eau pour permettre l'écoulement significatif de nappes souterraines et le captage de quantité d'eau appréciable. Si l'eau de l'aquifère exploité est chargée en sels minéraux et que son rejet en surface n'est pas compatible avec les normes environnementales, il y a nécessité de réinjecter le fluide dans sa nappe d'origine. Son exploitation nécessite alors deux forages, un forage de production et un forage de réinjection ; c'est la technique du **doublet** ou de la **boucle géothermique**.

Si la ressource géothermique est de très basse énergie c'est-à-dire inférieure à 30°C (nappes superficielles ou nappes phréatiques peu profondes), son exploitation nécessitera alors l'emploi d'une pompe à chaleur. Dans le cas où la ressource est à environ 40°C (aquifères ou nappes profondes), son exploitation pourra se faire en direct.

A noter que la réglementation en vigueur soumet ces ouvrages à déclaration et autorisation selon le débit d'eau prélevée.

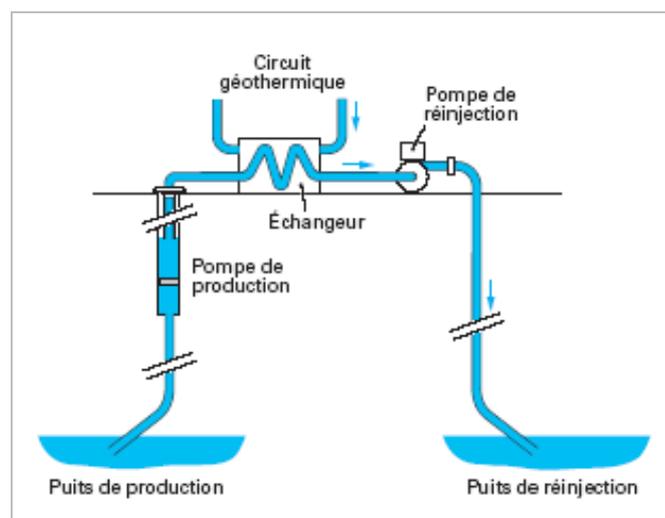


Figure 64 : PAC sur nappe ou boucle géothermique  
Source ADEME



- Gisement brut

La carte suivante présente les principaux aquifères présents sur le territoire du SCoT Métropole Savoie ainsi que leur potentiel géothermique estimé.

Quatre nappes principales sont présentes sur le territoire du SCoT Métropole Savoie. Il s'agit de la nappe de Chambéry, de la nappe du Tillet-Sierroz (Aix-les-Bains), de la nappe de l'Isère et de la nappe de Chautagne. Ces deux dernières présentent notamment un potentiel géothermique fort.

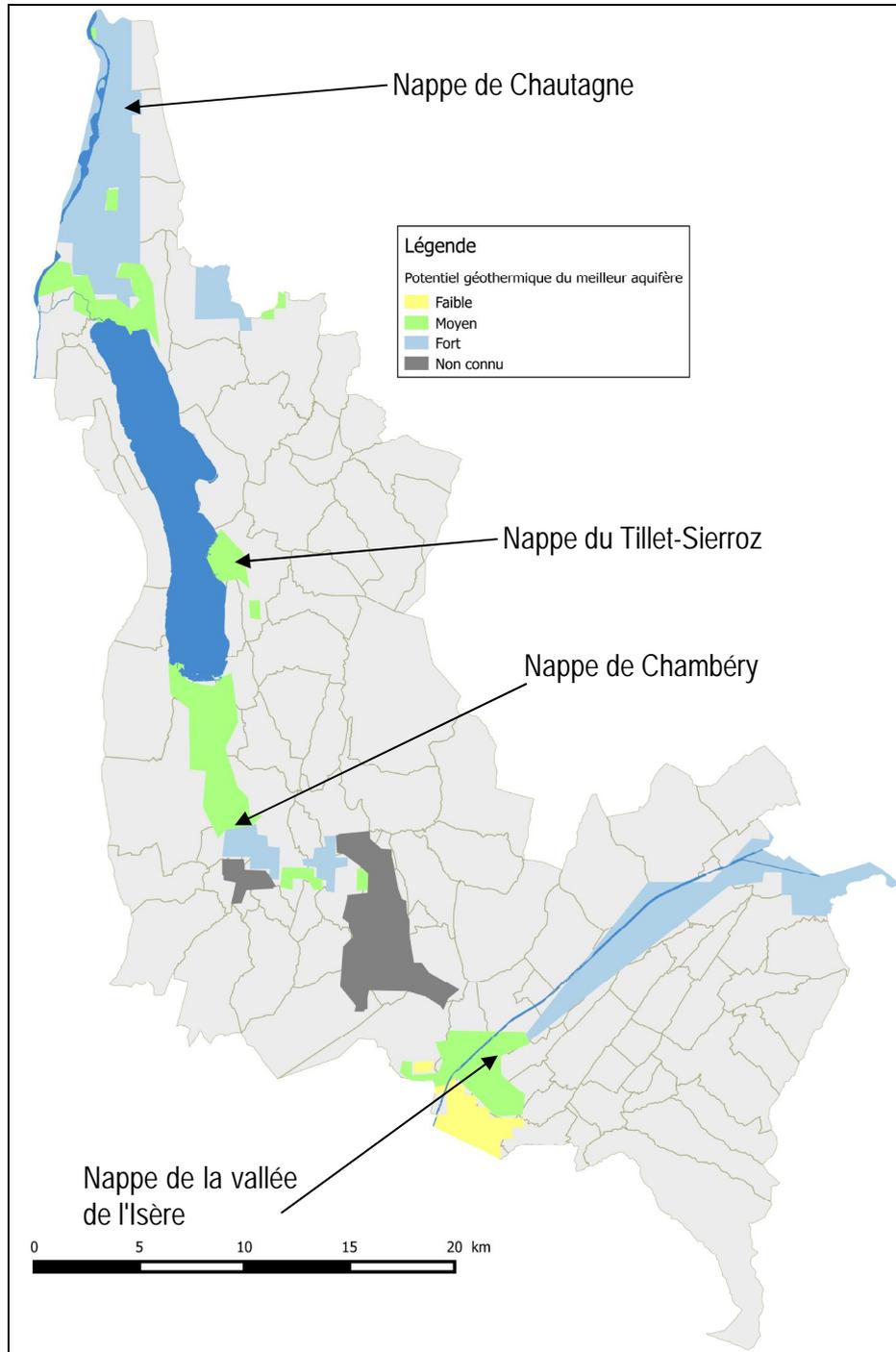


Figure 65 : Principales nappes phréatiques présentes sur le territoire Métropole Savoie  
 Source des données : Géothermie perspectives



- *Gisement net*

Des contraintes environnementales interdisent le forage. Ces contraintes sont présentées sur la carte suivante. Il s'agit de :

- Zones Natura 2000 : une zone Natura 2000 est présente sur la nappe de Chautagne ainsi qu'une autre sur l'Isère,
- Zones humides de RAMSAR : la partie sud de la nappe de Chautagne est classée en zone de RAMSAR,
- Secteurs soumis à un Arrêté Préfectoral de Protection Biotope : nappe de Chautagne et quelques secteurs sur l'axe de l'Isère,
- Interdictions de forage du code minier : une partie de la nappe de Chambéry est concernée par une interdiction de forage selon le code minier.

**Points de vigilance :**

Les zones ZNIEFF (Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique) n'interdisent pas le forage. Il s'agit de sites répertoriés en raison d'un patrimoine naturel remarquable. Une attention soutenue devra cependant être portée lors de forages éventuels afin de préserver la biodiversité de ces sites.

Les quatre principales nappes du territoire sont utilisées également pour l'eau potable. Étant donné la masse d'eau importante de ces nappes, l'utilisation de doublets géothermique n'est pas interdite. En revanche, une attention particulière devra être portée à la qualité du dispositif et le forage devra être déclaré en mairie ou auprès des réseaux d'eau. En effet, si le forage est abandonné par la suite, il pourrait devenir une source de pollution éventuelle.

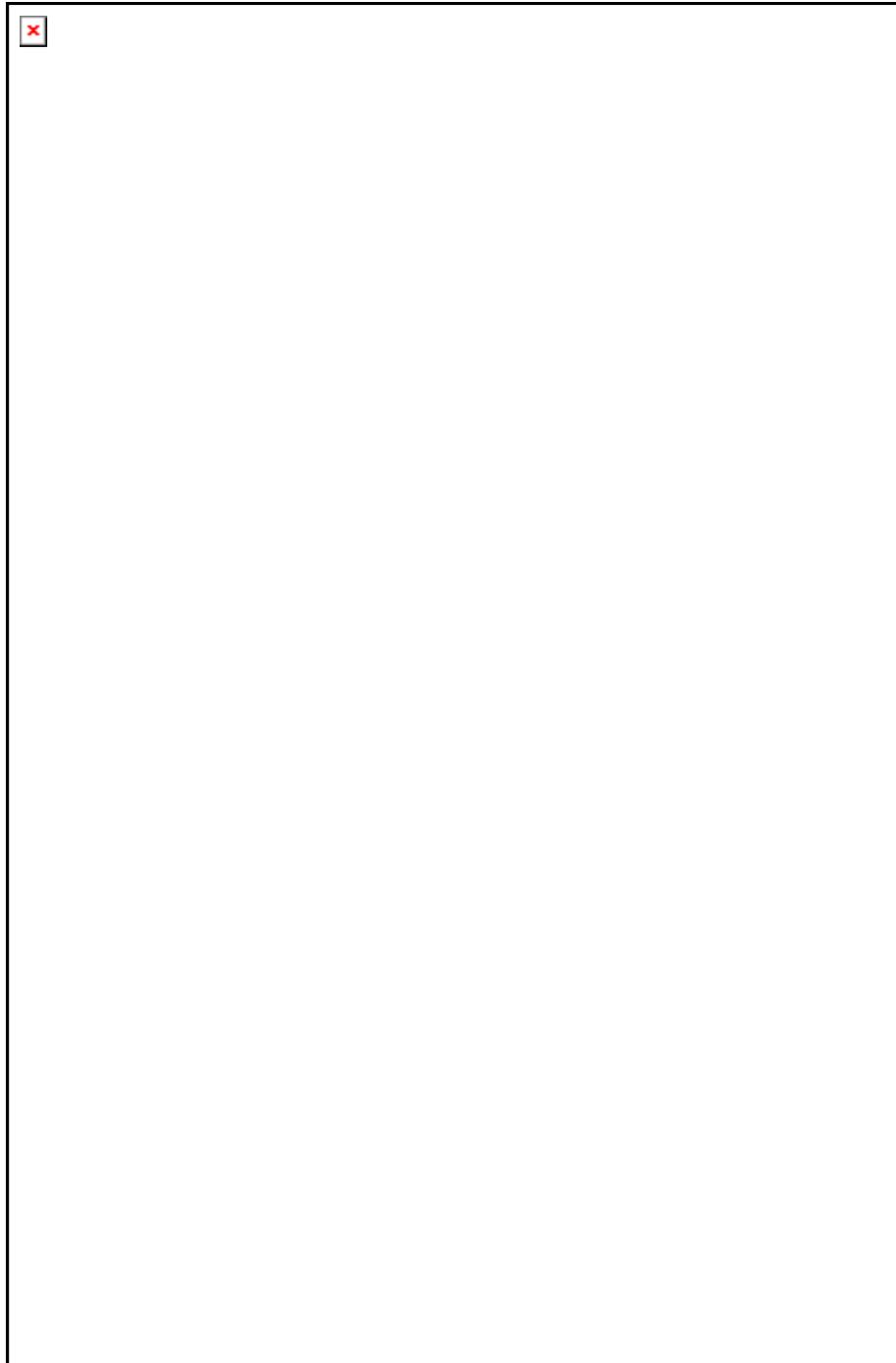


Figure 66 : Contraintes environnementales à prendre en compte pour l'installation de forages géothermiques sur nappes

Sources : Géothermie perspectives, SIG Métropole Savoie

Les aquifères du territoire Métropole Savoie n'ont pas encore fait l'objet d'études plus abouties concernant leur profondeur, température ou débit. Une quantification plus précise de cette ressource n'a donc pas été possible. Dans l'éventualité d'un forage sur l'une des quatre nappes principales du territoire, des mesures complémentaires devront être réalisées.

- Valorisation géothermique des eaux thermo-minérales
  - Technologies de valorisation

La plupart des établissements thermaux utilisent des sources chaudes. La valorisation de cette ressource peut se faire à deux niveaux, soit en amont lorsque l'eau est prélevée, soit en aval lorsque celle-ci est rejetée par les établissements.

Notons qu'il est préférable de valoriser les eaux thermales après leur usage dans les établissements afin de ne pas perturber leurs activités. En revanche une source pourra être utilisée directement si celle-ci a été abandonnée ou si elle n'est pas utilisée par un établissement.

De plus, les établissements thermaux disposent généralement de logements et par conséquent d'une demande en chaud de proximité.

Selon le niveau de température de l'eau de la source et des besoins énergétiques, la valorisation peut avoir lieu directement par un échangeur ou via une pompe à chaleur.

- Caractéristiques locales

La carte suivante présente les établissements thermaux et les sites de production d'eau minérale en région Rhône-Alpes.

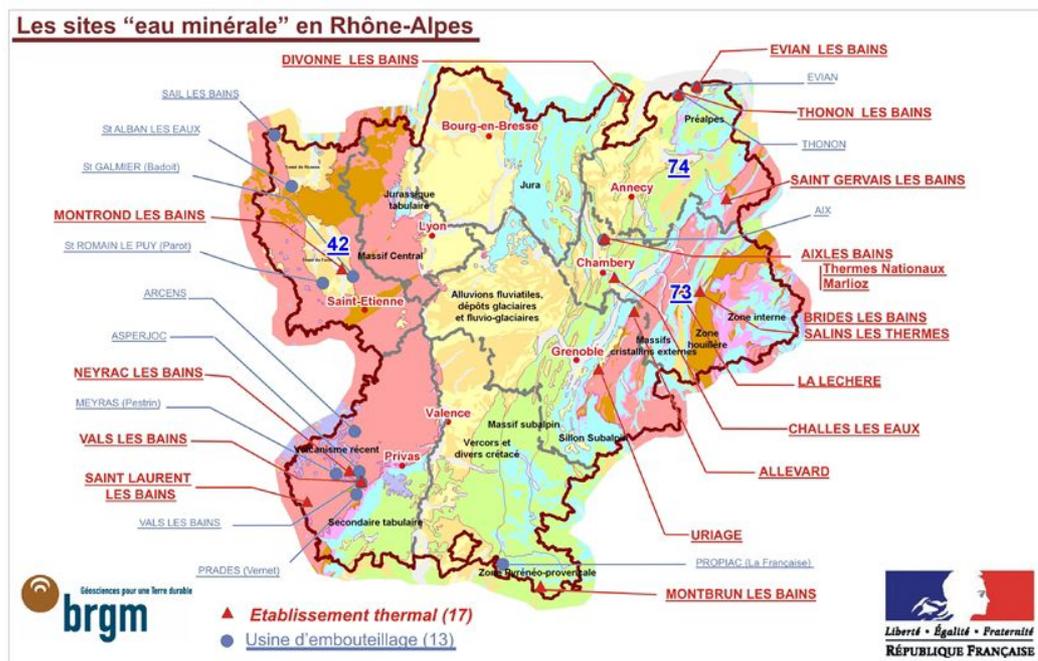


Figure 67 : Villes thermales et d'eaux minérales en Rhône-Alpes

Source : Inventaire du potentiel géothermique en région Rhône-Alpes-état des lieux du potentiel, Rapport final, BRGM/RP – 60684 – FR, mars 2012

Notons que la plupart des établissements thermaux a déjà entrepris des opérations de valorisation de leurs rejets.



- *Gisement net*

Comme évoqué dans le rapport de la phase 1, il existe deux villes thermales sur le territoire du SCoT Métropole Savoie : Aix-les-Bains et Challes-les-Eaux.

Les ressources en eau thermale des thermes Chevalley d'Aix-les-Bains proviennent des forages Chevalley (profondeur : 2 200 m, température : 70°C) et Reine-Hortense (profondeur : 1 100 m, température : environ 37,9°C).

Les thermes Marlioz d'Aix-les-Bains sont approvisionnés via le forage Ariana (profondeur : 231 m, température : 18,4°C, débit maximal autorisé : 20 L/h selon l'arrêté ministériel du 20 mars 1933).<sup>1314</sup>

L'établissement thermal de Challes-les-Eaux exploite le forage Cent Sept (profondeur 145 m, température : 15,7°C, débit d'exploitation maximal : 0,9 m<sup>3</sup>/h<sup>15</sup>).

L'étude du BRGM précédemment citée<sup>16</sup> a cherché à estimer l'énergie récupérable depuis les rejets thermiques des établissements thermaux ainsi qu'à connaître la présence éventuelle de dispositifs de récupération de chaleur.

Le tableau suivant présente les résultats des deux villes thermales du territoire. Notons ainsi, la présence d'un échangeur de chaleur dans les thermes Chevalley d'Aix-les-Bains.

Commune	Débit des rejets	Température des rejets	Potentiel thermique (kW)	Energie annuelle récupérable (MWh/an)	Valorisation des rejets
Aix-les-Bains Chevalley		30-40°C	1 594	6 980	Echangeur thermique
Aix-les-Bains Marlioz	faible	Environ 30°C	30	131	Non
Challes-les-Eaux		30-40°C	3	12	Non renseigné

Tableau 22 : Caractéristiques des rejets des établissements thermaux du territoire du SCoT Métropole Savoie

Source : Inventaire du potentiel géothermique en région Rhône-Alpes-état des lieux du potentiel, Rapport final, BRGM/RP – 60684 – FR, mars 2012

De plus, une instrumentation est en cours au niveau de la Communauté d'Agglomération du Lac du Bourget (établissements thermaux d'Aix-les-Bains) pour connaître le potentiel de valorisation

<sup>13</sup> Ressource en eau thermale de la station d'Aix-les-Bains, BRGM, mai 2004

<sup>14</sup> Base de données Infoterre du BRGM : <http://infoterre.brgm.fr/search/pagine.htm>

<sup>15</sup> Ressource en eau thermale de la station de Challes-les-Eaux, BRGM, septembre 2003

<sup>16</sup> Inventaire du potentiel géothermique en région Rhône-Alpes-état des lieux du potentiel, Rapport final, BRGM/RP – 60684 – FR, mars 2012



103

des eaux thermales non utilisées. D'après les premières mesures, le potentiel de valorisation serait de l'ordre de 12 MW.

Trois établissements thermaux du territoire présentent un potentiel en valorisation thermiques des rejets d'eaux thermales. Des études plus spécifiques sont en cours pour quantifier l'énergie qui peut être exploitée au niveau des établissements thermaux d'Aix-les-Bains.



### 2.7.1.3 Géothermie haute enthalpie (grande profondeur)

- Technologies de valorisation

La géothermie haute enthalpie correspond à l'exploitation de forages très profonds (par exemple: exploitation des failles – 500 à 5000 m) afin de récupérer de la chaleur très haute température (généralement supérieure à 150°C).

La technologie de la fracturation hydraulique est actuellement interdite en France. La valorisation de la géothermie haute enthalpie n'est donc possible que via des failles ou des forages déjà existants.

Il n'y a pas de faille géothermique sur le territoire. Nous nous sommes donc focalisés sur l'exploitation éventuelle d'anciens forages miniers.

Ces forages sont généralement profonds, la récupération de chaleur se fera donc grâce à des sondes verticales profondes (sondes en U ou en double U jusqu'à 800 m et puis sondes coaxiales jusqu'à 3 000 m). Une fois ré-ouverts, ces anciens forages peuvent ensuite être exploités en mode direct (sans pompe à chaleur) ou en mode indirect (avec pompe à chaleur), selon les niveaux de température des besoins et de l'énergie récupérée.

- Caractéristiques locales

Une étude réalisée par le BRGM en mars 2012<sup>17</sup> dresse l'inventaire des installations de prospection pétrolières à l'échelle de la région Rhône-Alpes, puis étudie leur intérêt énergétique. L'intérêt énergétique d'un ancien forage s'évalue selon sa profondeur (m), sa température (°C) et sa conductivité thermique (W/m/°K).

Il est préférable de privilégier cette forme de valorisation géothermique au niveau des anciens forages situés à proximité de centres urbains, là où la concentration des besoins énergétiques est la plus importante.

- Gisement brut

Il existe 168 anciens forages pétroliers en Rhône-Alpes, dont un sur le territoire du SCoT Métropole Savoie.

---

<sup>17</sup> Inventaire du potentiel géothermique en région Rhône-Alpes-état des lieux du potentiel, Rapport final, BRGM/RP – 60684 – FR, mars 2012

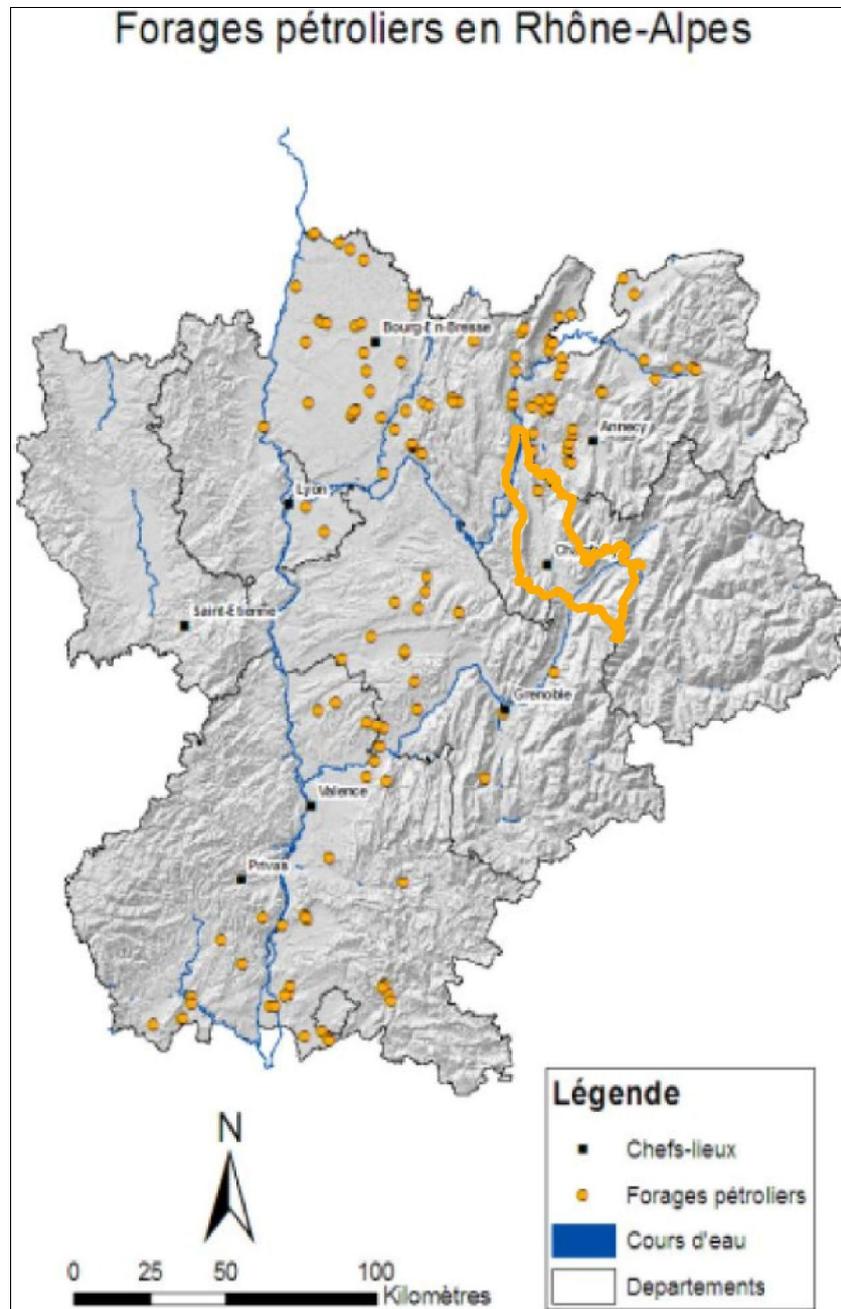


Figure 68 : Anciens forages de prospection pétrolière en Rhône-Alpes  
 Source : Inventaire du potentiel géothermique en région Rhône-Alpes-état des lieux du potentiel, Rapport final, BRGM/RP – 60684 – FR, mars 2012

- **Gisement net**

Après inventaire des anciens forages pétroliers, le rapport du BRGM cité précédemment évalue le potentiel énergétique de ces ouvrages selon leur profondeur, leur température et leur gradient. Une hiérarchisation a alors été effectuée et 20 forages se démarquent par la qualité de leur ressource énergétique.



106

Aucun forage n'apparaît comme ayant un potentiel intéressant sur le territoire du SCoT Métropole Savoie.

La géothermie profonde via des anciens forages ne semble pas une ressource valorisable sur le territoire Métropole Savoie. En effet, en dehors de l'utilisation de forages existants, la géothermie haute enthalpie n'est pas exploitable puisque la technologie de la fracturation est actuellement interdite en France.

## 2.7.2 Géostructures

### 2.7.2.1 Les infrastructures souterraines : les tunnels

- Technologies de valorisation

Lors de la construction de tunnels, les cours d'eau souterrains rencontrés sont généralement drainés vers les sorties des tunnels. Or, selon la température et le débit des eaux interceptées (qui peut atteindre 20 à 40°C voire plus), une valorisation énergétique peut s'avérer très intéressante pour les consommateurs situés à proximité

Afin de limiter les arrivés d'eau, un système de drainage est conçu lors de la construction d'un tunnel. Celui participe à l'étanchéité de l'ouvrage en acheminant les eaux souterraines vers l'extérieur par des canaux. Les calories de ces eaux peuvent être alors valorisées avant leur rejet dans les cours d'eau.

L'utilisation de pompes à chaleur est indispensable pour atteindre des températures correspondant aux besoins en chauffage ou eau chaude sanitaire. En effet, il s'agit d'une ressource géothermique de basse enthalpie, un usage direct n'est donc pas possible.



Tableau 23 : Système de drainage des eaux souterraines d'un tunnel

Source : Concept de drainage des tunnels en vue d'une optimisation de l'utilisation géothermique, rapport final, septembre 2006, Office Fédéral de l'Energie



Des pistes d'amélioration sont de plus en cours de développement. Elles concernent notamment l'aménagement des conduites de drainage en vue de réduire les pertes de température le long du tunnel (isolation des conduites), la gestion des débits soutirés au massif et le captage sélectif des eaux de températures différentes le long du tunnel (collecteur séparé pour les eaux les plus froides).<sup>18</sup>

De plus, il est également possible de valoriser l'air chaud des tunnels. En effet, pour les tunnels les plus longs la température au milieu de la galerie est quasiment constante. Un exemple de réalisation est le tunnel du Grand-Saint-Bernard entre l'Italie et la Suisse.

- Caractéristiques locales

La présence des Alpes et le relief montagneux ont favorisé le développement de tunnels routiers et ferroviaires sur le territoire.

---

<sup>18</sup> Concept de drainage des tunnels en vue d'une optimisation de l'utilisation géothermique, rapport final, septembre 2006, Office Fédéral de l'Énergie

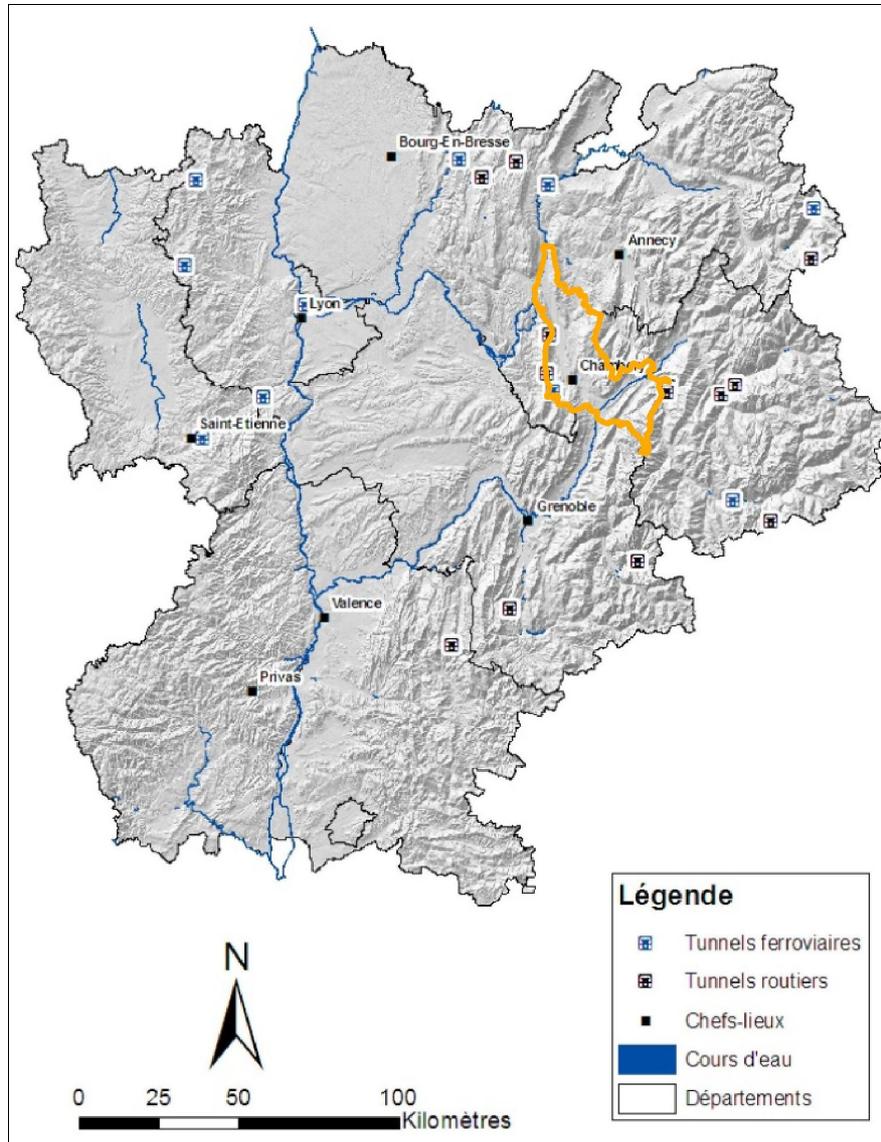


Figure 69 : Carte des tunnels routiers et ferroviaires présentant un potentiel pour la valorisation énergétique des eaux de drainage

Source : Inventaire du potentiel géothermique en région Rhône-Alpes-état des lieux du potentiel, Rapport final, BRGM/RP – 60684 – FR, mars 2012

- Gisement net

### Contraintes

De même que pour les autres technologies de valorisation géothermiques, la difficulté à transporter la chaleur rend nécessaire la proximité de besoins de chaud et donc de centres urbains.



### Opportunités / Orientations

Une étude du BRGM<sup>19</sup> présente l'inventaire des tunnels routiers et ferroviaires possédant un potentiel géothermique intéressant à l'échelle de la région Rhône-Alpes. A l'échelle du SCoT Métropole Savoie, deux tunnels routiers et un tunnel ferroviaire ont été identifiés :

TUNNELS ROUTIERS					
Nom de l'ouvrage	Route	Longueur	Ville	Distance	Exploitant
CHAT	RD 1504	1488 m	Bourdeau	0,3 km	CG Savoie
EPINE	A 43	3 200 m	La Motte Servo-lex	1,7 km	AREA - Nances
TUNNEL FERROVIAIRE					
Nom de l'ouvrage	Ligne	Longueur	Ville	Distance	Exploitant
L'EPINE (captage d'eau)	St André le Gaz-Chambéry	3 075 m	Vimines	1,5 km	SNCF

Tableau 24 : Caractéristiques des tunnels routiers et ferroviaires du territoire du SCoT Métropole Savoie  
Source : Inventaire du potentiel géothermique en région Rhône-Alpes-état des lieux du potentiel, Rapport final, BRGM/RP – 60684 – FR, mars 2012

Malgré l'identification d'infrastructures intéressantes, la quantification de ce potentiel reste difficile, les sorties d'eau dans les tunnels n'étant en général que peu ou pas surveillées. Un suivi plus précis permettrait d'enrichir cette analyse et favoriserait l'exploitation de cette ressource.

Trois tunnels (deux tunnels routiers et un tunnel ferroviaire) apparaissent comme intéressants pour développer la valorisation des eaux souterraines drainées en sortie. Le gisement de production énergétique précis de chacun d'eux devra faire l'objet d'études spécifiques.

<sup>19</sup> Inventaire du potentiel géothermique en région Rhône-Alpes-état des lieux du potentiel, Rapport final, BRGM/RP – 60684 – FR, mars 2012

### 2.7.2.2 Les pieux énergétiques

- Technologies de valorisation

Le principe des pieux énergétiques est de concevoir les fondations du bâtiment par un réseau de tubes à l'intérieur desquels circule un fluide caloporteur. Ce fluide permet un échange de calories entre le bâtiment et le sous-sol (récupération de calories en hiver et rejet de calories en été). Cette valorisation peut-être particulièrement intéressante pour tout nouveau projet d'aménagement. Le schéma suivant illustre le fonctionnement de cette technologie.

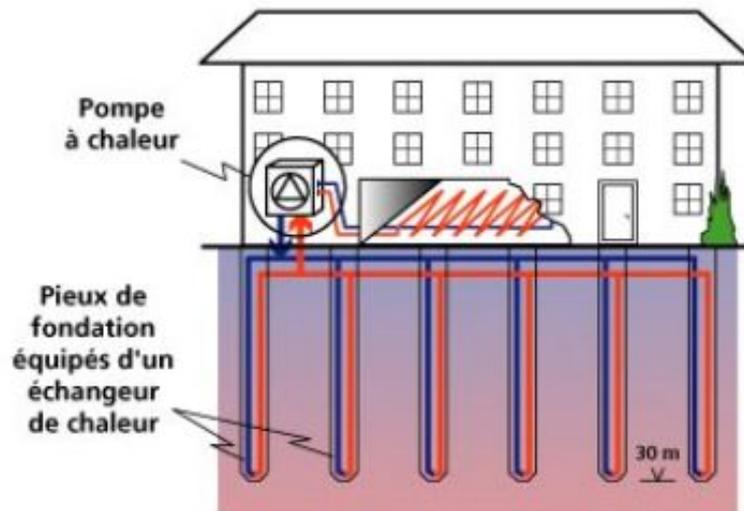


Figure 70 : Principe de fonctionnement du chauffage par pieux énergétiques  
Source : geothermie.ch

- Caractéristiques locales

La technologie des pieux énergétiques est récente et peu de retours d'expérience sont aujourd'hui disponibles.

- Gisement net

#### Contraintes

Le rapport du BRGM présente quelques données qui permettent de mesurer les limites actuelles au développement de la technique des pieux énergétiques :

- 25% uniquement du marché national des fondations actuel consiste en des pieux battus ou forés qui peuvent donc accueillir la technologie des pieux énergétiques.
- Parmi les fondations autorisant les pieux énergétiques, 10% sont en Rhône-Alpes.



### Opportunités / Orientations

Le rapport "COncception de FOndations GEothermiques"<sup>20</sup> réalisé par ALTO, le BRGM, le CSTB, l'INES et Soletanche Bachy 2007) estime à 400 GWh/an les économies en chauffage si toutes les fondations de 2005 avaient équipées de la technologie des pieux énergétiques.

Dans son étude du potentiel géothermique, le BRGM territorialise cette ressource à l'échelle de la région Rhône-Alpes à 10 GWh/an pour les fondations de 2005 et à 33 GWh/an pour celles de 2010.

En considérant 115 530 logements en 2010 sur le territoire du SCoT Métropole Savoie, pour 3 276 922 logements en 2010 pour la région Rhône-Alpes<sup>21</sup>, le gisement en pieux énergétiques représente environ 1,16 GWh/an pour les fondations de 2010.

Le potentiel de production via des pieux énergétiques dans les fondations des bâtiments représente 1,16 GWh/an sur le territoire du SCoT Métropole Savoie. Cette ressource peut être notamment utilisée pour les nouvelles constructions avec des besoins de chaud à basses températures.

---

<sup>20</sup> COncception de FOndations GEothermiques, Etude ALTO, BRGM, CSTB, INES, Soletanche Bachy, Septembre 2007

<sup>21</sup> Source : INSEE



## 2.8 Valorisation des rejets thermiques

### 2.8.1 Technologies de valorisation

Les rejets thermiques industriels sont souvent perdus ou refroidis avant d'être rejetés. Ces rejets représentent cependant des sources de matières premières pour d'autres activités ou peuvent encore être valorisés via des réseaux de chaleur à distance urbains. Le principal avantage pour les bénéficiaires réside dans les économies d'énergies réalisées. La revente de leurs rejets peut constituer un revenu financier supplémentaire pour les fournisseurs.

Les domaines du BTP, de l'industrie et de l'agroalimentaire sont notamment très émetteurs en rejets thermiques.

### 2.8.2 Contraintes

La principale limite à la mise en place de dispositifs de réutilisation de rejets thermiques est la distance éventuelle entre le lieu des rejets et la possibilité de réutilisation. La pose de conduites à distance peut être nécessaire.

Le deuxième point à étudier pour la mise en place de tels dispositifs est l'adéquation entre les rejets et la demande en énergie. De nombreux paramètres sont en effet à prendre en compte : températures et débits des rejets, formes (liquides, solides, gazeux), spécificité de la demande (chaud, froid), profil de disponibilité dans le temps, ...

### 2.8.3 Opportunités / orientations

Comme évoqué dans le rapport de la phase 1, le territoire Métropole Savoie a été l'objet d'études d'opportunités en écologie industrielle dans le cadre du projet COMETHE en 2010. Différentes pistes de synergies ont pu être identifiées comme par exemple le recyclage des huiles alimentaires usagées de la restauration pour transformation en combustible. Pour des raisons de confidentialité, nous n'avons pas réussi à avoir accès aux données quantifiées des potentiels mis en évidence au cours de cette étude.

En revanche, de grosses industries sont présentes sur le territoire (zone industrielle de Bissy à Chambéry notamment) qui présentent un potentiel réel de valorisation de leurs rejets. La mise en œuvre de synergies éventuelles devra être étudiée au cas par cas.

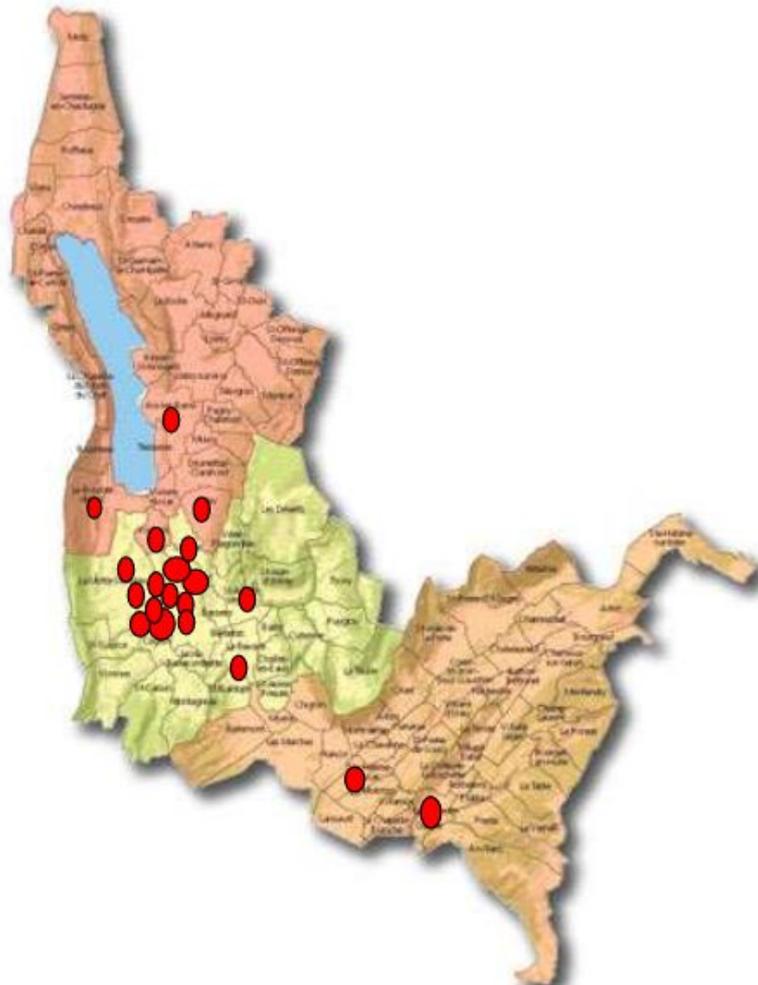


Figure 71 : Localisation des industries étudiées dans le cadre du projet COMETHE  
 Source : Retour d'expérience du projet COMETHE sur le territoire Métropole Savoie - <http://www.comethe.org>

La valorisation des rejets thermiques est une ressource valorisable pour les infrastructures situées à proximité des zones industrielles. En raison de la complexité et de la diversité des process industriels, chaque cas devra faire l'objet d'études plus poussées afin de déterminer la pertinence et l'opportunité d'utiliser les rejets.

## 2.9 Synthèse du gisement d'énergie renouvelable local

Le détail du gisement d'énergies renouvelables valorisables sur le territoire de Métropole Savoie est précisé dans le tableau de la page suivante.

De plus, le graphique ci-dessus présente la production 2013 et le gisement des filières renouvelables pour lesquelles le calcul d'un gisement net a été possible.

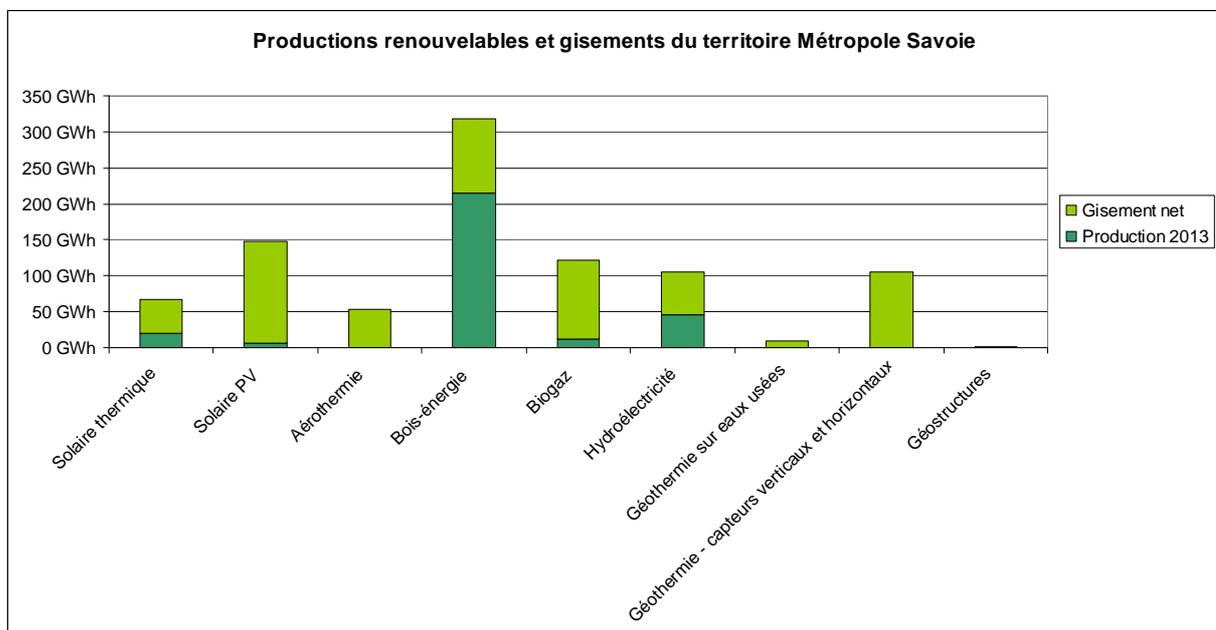


Figure 72 : Potentiels de production supplémentaires par filière pour les énergies renouvelables sur le territoire du SCoT Métropole Savoie

	Quantification du gisement net	Opportunités locales	Perspectives pour le territoire du SCoT Métropole Savoie	Sources
<b>Ressource solaire</b>				
Solaire thermique	48.3 GWh		Valorisation des toitures des bâtiments résidentiels pour la production d'ECS et de chauffage basse température	+++ DDT Savoie / Axenne logiciel ARCGIS BG
Photovoltaïque	141.8 GWh		Valorisation des toitures des bâtiments tertiaires et industriels	+++ DDT Savoie / Axenne logiciel ARCGIS BG
<b>Ressource air</b>				
Eolien	Pas de gisement	13 communes classées en zone favorable au développement éolien	Valorisation à l'échelle d'un bâtiment individuel	+ Schéma Régional Eolien de la région Rhône-Alpes BG
Aérothermie	Potentiel de production en 2030 : 52,7 GWh		Valorisation à l'échelle d'un bâtiment hors des zones soumises au bruit ou à climat trop rude en hiver	+ BG SRCAE de la région Rhône-Alpes
<b>Ressource biomasse</b>				
Bois-énergie	Rhône-Alpes : 1383 GWh/an		Valorisation via des chaudières individuelles ou collectives avec un développement qui prend en compte la problématique de la qualité de l'air et qui favorise un approvisionnement local	++ Travaux préparatoires au SRCAE de la région Rhône-Alpes PAT de Chambéry Métropole - PNR des Bauges et de la Chartreuse PAT de La Rochette Val Gelon Coisin BG
	Plans d'Approvisionnement Locaux : 103 GWh/an + Massif de l'Epine			
<b>Ressource biogaz</b>				
Biogaz	110 GWh		Valorisation des déchets pour le chauffage de bâtiments et la production d'électricité	++ Travaux préparatoires au SRCAE de la région Rhône-Alpes BG
<b>Ressource eau</b>				
Hydroélectricité	60.4 GWh		Production d'électricité via des installations de petite ou moyenne hydraulique	+ Travaux préparatoires au SRCAE de la région Rhône-Alpes BG
Hydrothermie sur lacs et eaux de surface	Ressource non quantifiable	Deux zones d'activités à proximité du lac du Bourget : Savoie Technolac / cinéma et casino d'Aix-les-Bains	Couverture des besoins de froid des deux secteurs tertiaires identifiés	++ BRGM BG
Hydrothermie sur eaux usées	9.5 GWh	STEP de Chambéry Métropole Raccordement des collecteurs d'eaux épurées au niveau du Bourget-du-Lac	Gisement intéressant pour des demandes situées à proximité de la STEP de Chambéry Métropole	++ BRGM Altéo Group UDEP de Chambéry Métropole BG
<b>Géothermie</b>				
<b>Ressource sous-sol</b>				
Géothermie basse enthalpie : sondes et capteurs	Potentiel de production en 2030 : 105 GWh		Couverture des besoins de chaud basses températures pour des bâtiments résidentiels récents	+++ BRGM BG SRCAE région Rhône-Alpes
Géothermie moyenne enthalpie - géothermie sur nappes	Ressource non quantifiable	4 nappes principales sur le territoire : nappes de Chambéry, du Tillet-Sierroz, de l'Isère et de Chautagne.	Valorisation des ressources des nappes pour le chauffage basse température de bâtiments à l'échelle de particuliers.	++ BRGM BG
Géothermie moyenne enthalpie - eaux thermales	Ressource non quantifiable	Trois établissements thermaux sur le territoire : Challes-les-Eaux, Aix-les-Bains (Chevalley et Marlioz)	Couverture des besoins de chaud basses températures pour des bâtiments proches des rejets d'eaux thermales	+ BRGM BG
Géothermie haute enthalpie : failles, forages pétroliers	Pas d'opportunités sur le territoire		Ressource non exploitable car elle utilise la technologie de fracturation hydraulique interdite en France	BRGM
<b>Géostructures</b>				
Infrastructures souterraines - tunnels	Ressource non quantifiable	Trois tunnels avec un potentiel intéressant sur le territoire	Couverture des besoins de chaud basses températures pour des bâtiments proches des trois tunnels identifiés	+ BRGM BG
Pieux énergétiques	1.16 GWh		Couverture des besoins de chaud basses températures pour des constructions nouvelles	++ BRGM BG
<b>Valorisation des rejets thermiques</b>				
Valorisation des rejets thermiques	Ressource non quantifiable	Zone industrielle de Bissy	Couverture des besoins situés à proximité des industries émettrices et valorisation éventuelle dans le cadre d'un réseau de chaleur	++ étude COMETHE BG

Tableau 25: Synthèse des gisements en production renouvelable sur le territoire du SCoT Métropole Savoie

## 2.10 Combinaison des gisements en économies d'énergie et en production renouvelable

Les deux premières parties de ce rapport ont permis d'étudier en parallèle la richesse énergétique du territoire ainsi que les économies d'énergie réalisables. En combinant les mesures de réduction de la consommation avec le développement des énergies renouvelables locales, la part de la production renouvelable par rapport à la consommation passe donc de 7% (état 2013) à 25% (état avec les gisements nets).

Le graphe suivant permet de comparer les évolutions de consommations et production renouvelable en 2013 et en supposant les gisements exploités.

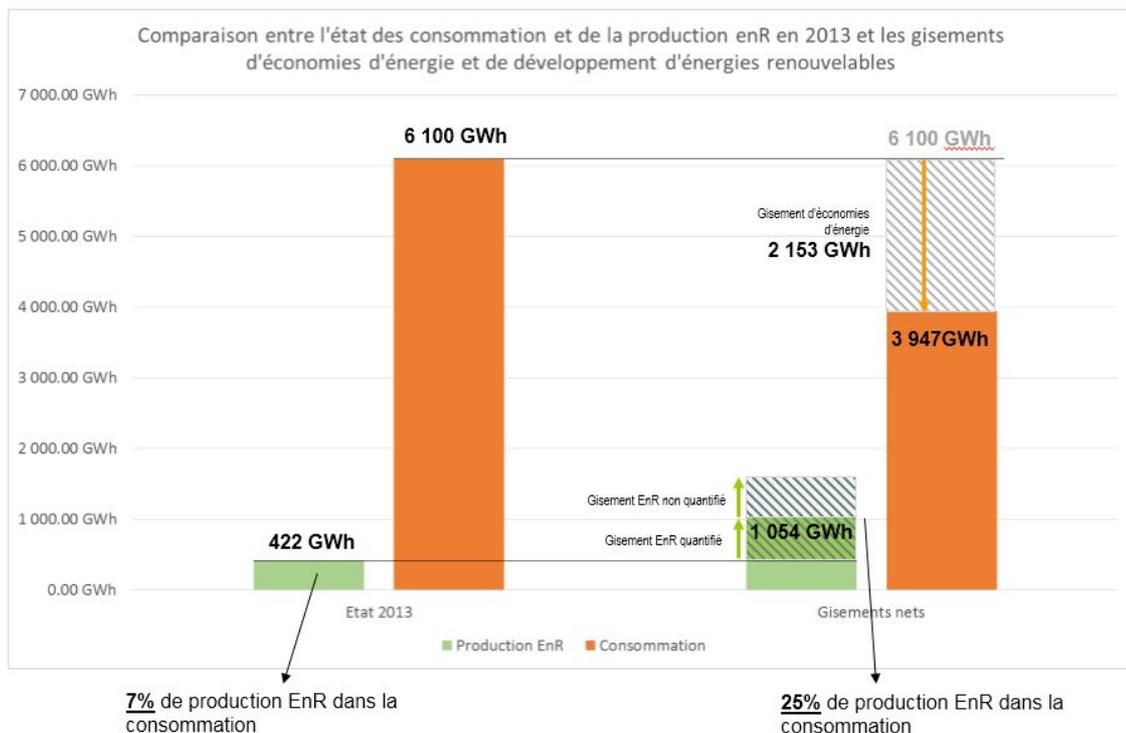


Figure 73 : Comparaison des productions renouvelables et consommations 2013 et des productions et consommations tenant compte des gisements nets

### 3. Cas particulier : gaz de schiste (énergie locale non renouvelable)

#### 3.1 Technologie de valorisation

Le gaz de schiste est un gaz naturel contenu dans des roches-mères argileuses. Ces roches sont peu poreuses et imperméables, ce qui rend le gaz inexploitable avec les technologies classiques.

L'exploitation du gaz de schiste nécessite donc le recours à la technique de la fracturation : un fluide à haute pression est injecté au niveau du forage et casse la roche poreuse permettant ainsi l'accès à la poche de gaz (fracturation hydraulique).

L'extraction du gaz de schiste est réalisée via un forage horizontal (forage dirigé), au contraire des autres hydrocarbures qui sont extraits via des puits verticaux.

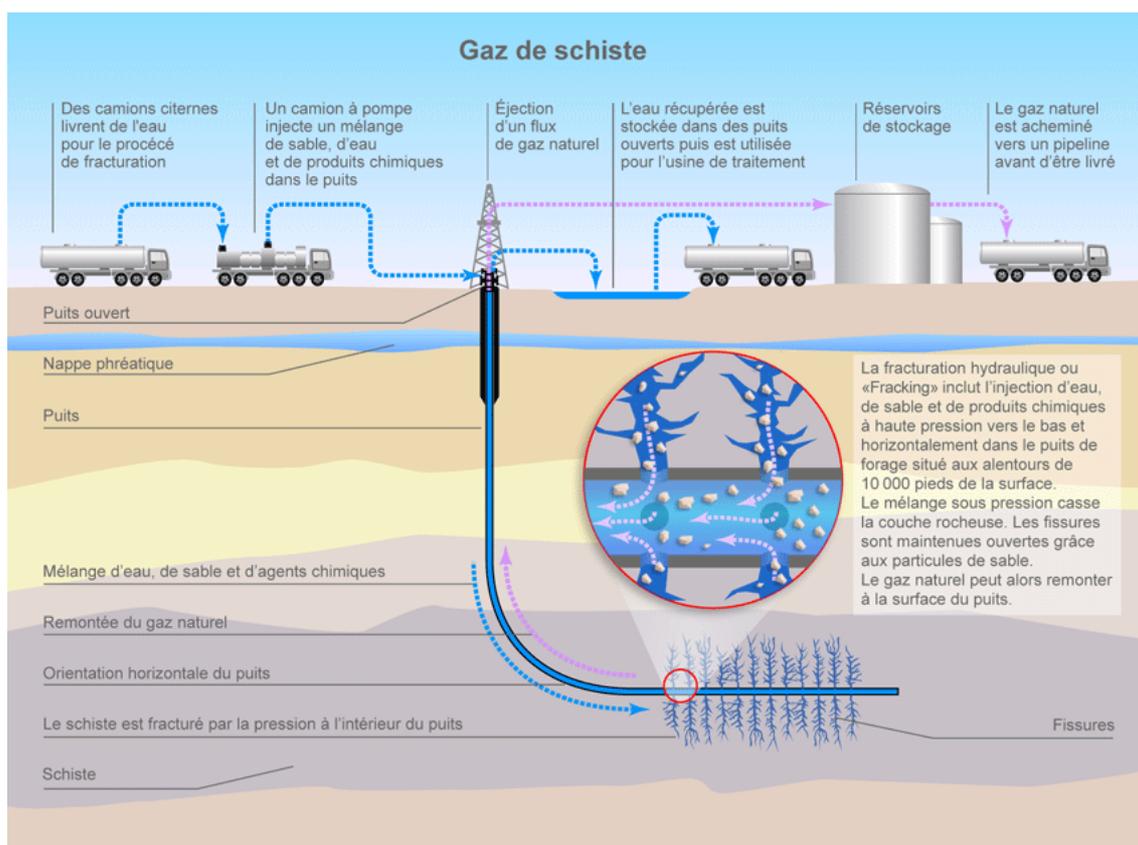


Figure 74 : Technique d'extraction du gaz de schiste

Source : <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/gaz-de-schiste>

### 3.2 Gisement brut

Un permis de recherche a été accordé sur le territoire Métropole Savoie : permis de recherche de Gex - 932 km<sup>2</sup>. Celui-ci a expiré en juin 2014.

De plus, deux autres permis sont en cours de demande :

- Permis de recherche de Gex-Sud : 1 991 km<sup>2</sup>
- Permis de recherche Lyon-Annecy : 3 800 km<sup>2</sup>

Un permis de recherche offre à son détenteur le droit de d'explorer les hydrocarbures sur le périmètre couvert par son permis. Le permis de recherche ne lui donne cependant pas le droit de réaliser les travaux sur le terrain (source : site du ministère du développement durable). L'exploitation d'un gisement d'hydrocarbures est conditionnée par un permis d'exploitation.

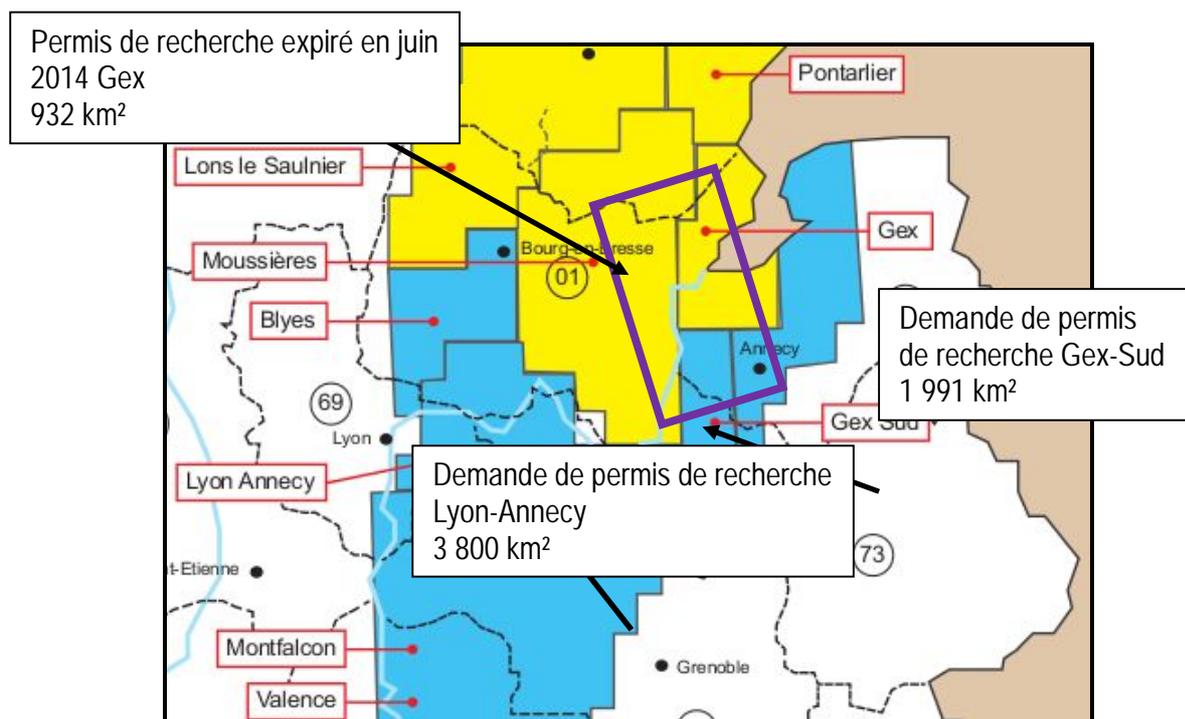


Figure 75 : Permis de recherche sur le territoire Métropole Savoie  
Source : <http://stopgazdeschiste.org/tag/fracturation>

### 3.3 Gisement net

La technologie de fracturation hydraulique est actuellement interdite en France. L'énergie issue du gaz de schiste est donc non exploitable.



#### 4. Conclusion

Ce deuxième rapport dresse le panorama du gisement en ressources locales et renouvelables ainsi qu'en économies d'énergies du territoire du SCoT Métropole Savoie en fonction des opportunités et contraintes du territoire.

Associé au premier rapport sur l'état des lieux énergétique du territoire du SCoT Métropole Savoie, ce panorama a permis d'identifier des thèmes et des secteurs dans lesquels un approfondissement énergétique serait nécessaire : géothermie sur sondes, valorisation thermique des eaux thermales ou du lac du Bourget, utilisation des rejets thermiques, etc. Les approfondissements à faire seront étudiés dans la troisième partie de l'étude.

Mais ce travail a surtout permis de produire des cartes d'orientations qui permettront d'informer l'ensemble des citoyens et des acteurs du territoire du SCoT Métropole Savoie des possibilités de valorisation des ressources locales et renouvelables pour leur projet, quelque soit sa taille. C'est une étape indispensable pour aller vers un scénario de transition énergétique.



## Annexes



## Annexe 1 : Glossaire



**Consommation finale d'énergie :** Partie de l'énergie qui est livrée aux utilisateurs finaux (industriels, ménages, transports...).

**Efficacité énergétique :** rendement d'un système (ou d'une installation, d'un process) qui se caractérise par le rapport entre ce qui peut être récupéré utilement du système sur ce qui a été dépensé pour le faire fonctionner.

**Énergie finale :** énergie se situant en fin de chaîne énergétique. Il s'agit de l'énergie délivrée au consommateur (par exemple l'électricité obtenue via une prise de courant).

**Énergie primaire :** énergie brute, c'est-à-dire non transformée après extraction (houille, lignite, pétrole brut, gaz naturel, électricité d'origine hydraulique ou nucléaire).

**Énergie secondaire :** énergie obtenue par la transformation de l'énergie primaire (par exemple le pétrole transformé en essence ou diesel).

**GIEC :** groupement d'experts internationaux sur l'étude du climat.

**GES :** gaz à effet de serre.

**Maîtrise de la demande en énergie :** ensemble des actions visant à réduire la consommation en énergie fossiles, soit par une meilleure efficacité énergétique ou soit par la substitution d'énergie fossiles par une source d'énergie d'origine renouvelable.

**Tep ou Tonne équivalent pétrole :** chaque source d'énergie est mesurable par une unité qui lui est propre : tonne de bois, tonne de pétrole brut, kWh pour l'électricité, etc. L'unité commune utilisée est la "Tonne équivalent pétrole". Des équivalences permettent la conversion entre les différentes sources d'énergies, par exemple : 1 tep équivaut à 1,4 tonnes de charbon ou à 11 630 kWh d'électricité.



## Annexe 2 : Références bibliographiques

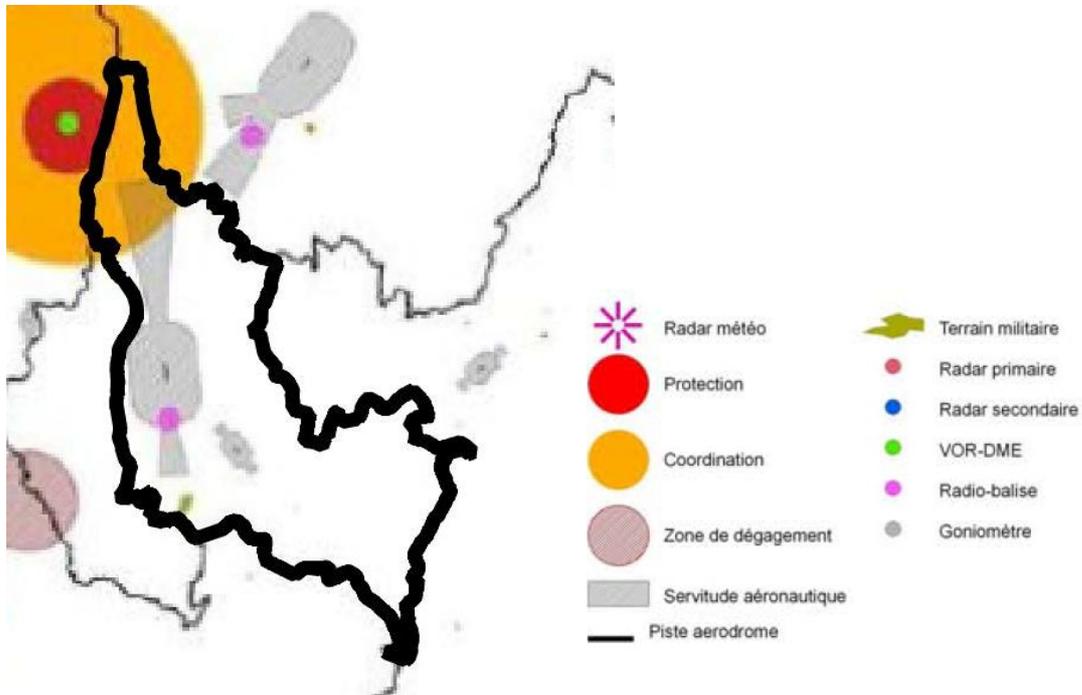


- [1] Potentiel de développement de l'énergie solaire thermique et de l'énergie solaire photovoltaïque, DDT Savoie / Axenne, mai 2011
- [2] Schéma Régional Eolien de la région Rhône Alpes, octobre 2012
- [3] Contribution du comité "bois-énergie" dans le cadre des travaux préparatoires à l'élaboration du SRCAE Rhône-Alpes, février 2011
- [4] Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de Chambéry métropole, PNR du massif des Bauges, PNR de Chartreuse, juillet 2010  
Les sources de données pour les cartes sont : Union Rhône-Alpes des Communes forestières, URACOFOR, PRIORITERRE 74, ASDER 73, AGEDEN 38, ONF Rhône- Alpes, COFORET, CRPF Rhône -Alpes, RTE Réseau Transport d'Electricité, DREAL, PNR Chartreuse, PNR Massif des Bauges.
- [5] Plan d'Approvisionnement Territorial pour un développement du bois-énergie au sein du territoire de la Communauté de Communes de La Rochette Val Gelon-Coisin, juin 2011
- [6] Atlas des filières d'approvisionnement en bois-énergie en Rhône-Alpes, ADEME
- [7] Potentiel Hydroélectrique de la région Rhône-Alpes, Centre d'Etudes Techniques de Lyon, Mars 2011
- [8] Inventaire du potentiel géothermique en région Rhône-Alpes-état des lieux du potentiel, Rapport final, BRGM/RP – 60684 – FR, mars 2012
- [9] Evaluation du potentiel de récupération d'énergie thermique dans les réseaux d'assainissement de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Antea Group, avril 2011
- [10] Ressource en eau thermale de la station d'Aix-les-Bains, BRGM, mai 2004
- [11] Ressource en eau thermale de la station de Challes-les-Eaux, BRGM, septembre 2003
- [12] COncception de Fondations GEothermiques, Etude ALTO, BRGM, CSTB, INES, Soletanche Bachy, Septembre 2007



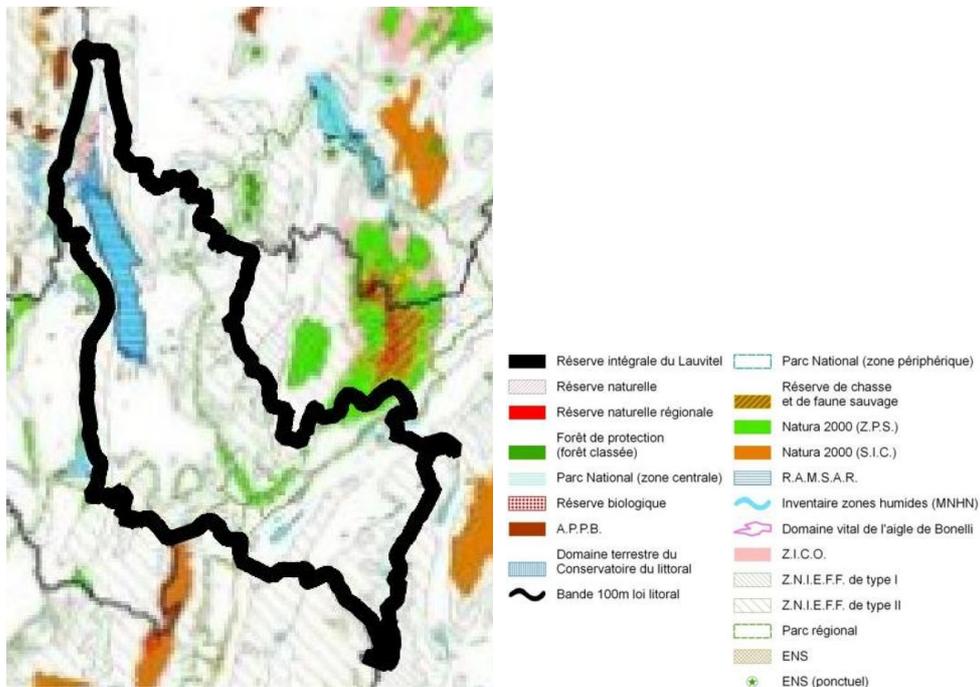
## Annexe 3 : Cartographies des contraintes au développement du potentiel éolien

### 1. Contraintes techniques



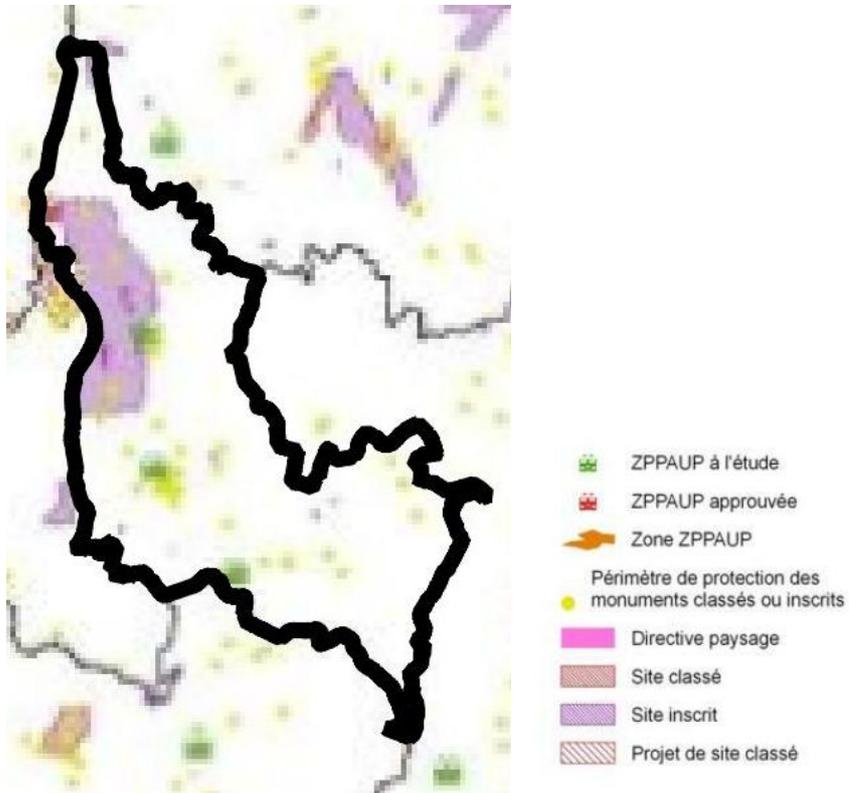
Source : Schéma Régional Eolien région Rhône-Alpes

### 2. Contraintes environnementales



Source : Schéma Régional Eolien région Rhône-Alpes

### 3. Contraintes culturelles



Source : Schéma Régional Eolien région Rhône-Alpes