

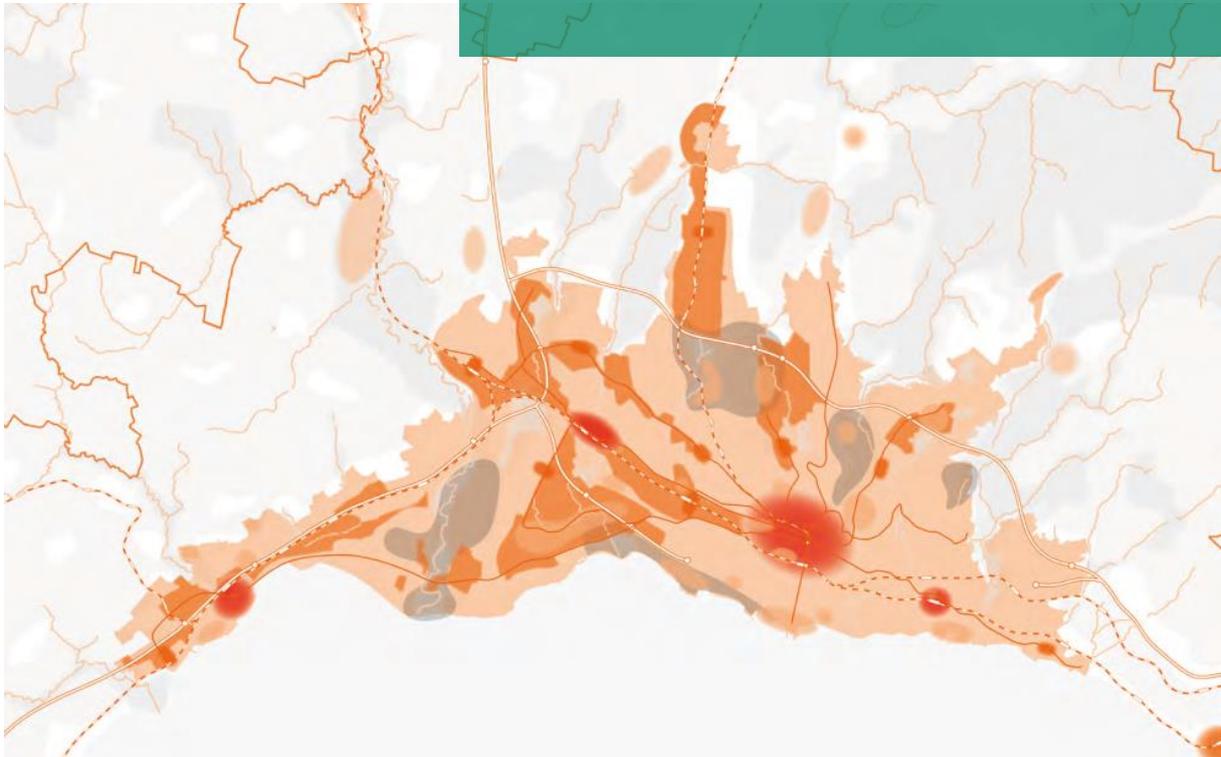


DGE - Direction de l'énergie de l'Etat
de Vaud



PLANIFICATION ENERGETIQUE DU PROJET D'AGGLOMERATION LAUSANNE-MORGES

VOLET 2 : STRATEGIE ENERGETIQUE



Source: PALM 2016

VERSION	Version finale
DATE	12 mai 2022
ELABORATION	Alexandre Epp
COLLABORATION	Céline Weber (Focus-E), DGE-DIREN

TABLE DES MATIERES

	Page
1. Introduction	3
2. Objectifs	4
2.1 Objectifs fédéraux et cantonaux	4
2.2 Objectifs pour l'agglomération	4
3. Axes d'action de la stratégie énergétique	6
3.1 Ressources énergétiques et réseaux d'approvisionnement en énergie	6
3.2 Parc bâti	11
3.3 Activités	15
3.4 Mobilité	18
3.5 Mise en œuvre des axes d'action	19
4. Évolution de la consommation d'énergie finale	20
4.1 Hypothèses pour l'évolution de la consommation	20
4.2 Evolution de la consommation d'énergie finale	20
4.3 Evolution de la couverture des besoins de chaleur et d'électricité	22
4.4 Evolution des besoins énergétiques liés à la mobilité	24
5. Annexes	26

1. Introduction

Le présent document correspond au deuxième volet de la planification énergétique du Projet d'agglomération Lausanne-Morges de 3^{ème} génération (PALM 2016). Cette planification comprend un **document de synthèse** ainsi que trois volets. Le contexte de l'étude, sa portée, la structure de projet et les objectifs visés, sont détaillés dans le document de synthèse.

La stratégie énergétique de l'agglomération fait suite au diagnostic énergétique établi dans le **volet 1**. Elle définit des objectifs quantitatifs au chapitre 2 et les axes d'action au chapitre 3. Finalement, une évolution possible de la consommation d'énergie est présentée au chapitre 4. Les objectifs et les axes d'action retenus dans le cadre de la stratégie sont indiqués en vert dans le document. Ils sont à valider par les communes. Comme indiqué dans la portée du document, l'horizon de mise en œuvre de la stratégie a été défini à 2030. Les mesures à prendre à l'échelle de l'agglomération ou à l'échelle intercommunale en lien avec les axes d'action sont décrites dans le **volet 3**.

Les objectifs et axes d'action ont été définis afin de répondre aux enjeux identifiés dans le cadre du diagnostic énergétique (chapitre 7), lesquels sont rappelés ci-dessous :

- Coordination stratégique avec les planifications existantes
- Valorisation adéquate des ressources énergétiques locales
- Réduction des besoins énergétiques
- Renforcement du transfert modal de la voiture vers les transports publics et la mobilité douce
- Réduction de l'impact énergétique des transports individuels motorisés
- Urgence d'atteindre les objectifs climatiques internationaux

Ainsi, cette stratégie est cohérente avec les stratégies énergétiques fédérales et cantonales, tout en tenant compte des spécificités territoriales de l'agglomération et des stratégies énergétiques communales (voir le chapitre 1.2 du diagnostic énergétique). Elle est également étroitement liée aux stratégies transversales développées pour l'agglomération, notamment le Plan de mesures OPair et le projet d'agglomération (PALM 2016). En effet, les volets stratégiques et opérationnels du PALM 2016 ainsi que certaines mesures du plan OPair contribuent directement à l'atteinte des objectifs du chapitre 3. Finalement, dans le cadre de la Conception cantonale de l'énergie 2019, il a été montré que la stratégie cantonale, sur laquelle s'appuie cette stratégie énergétique, apportera plusieurs co-bénéfices en dehors du domaine de l'énergie sur le territoire cantonal : amélioration de la qualité de l'air, importantes retombées financières pour l'économie locale (investissements liés à la transition énergétique) et création de nouveaux emplois qualifiés dans le canton et de nouveaux métiers.

La stratégie énergétique est élaborée en suivant les quatre thématiques définies dans le diagnostic énergétique, soit :

- Les ressources énergétiques et les réseaux de distribution d'énergie
- Le parc bâti
- Les activités (commerciales, industrielles et artisanales)
- La mobilité

2. Objectifs

2.1 Objectifs fédéraux et cantonaux

Les objectifs énergétiques existants au niveau de la Confédération et du Canton sont rappelés dans le tableau ci-dessous (voir également le diagnostic énergétique).

Stratégie énergétique 2050 de la Confédération	OBJECTIFS 2035
Consommation finale d'énergie par personne (par rapport à 2000)	-43%
Consommation finale d'électricité par personne (par rapport à 2000)	-13%
Conception cantonale de l'énergie et Plan climat vaudois (Les objectifs 2035 ont été avancés à 2030 suite au Plan Climat Vaudois)	OBJECTIFS 2030
Part renouvelable locale (chaleur, électricité et carburants)	35%
Part renouvelable locale pour la chaleur et les carburants	20%
Part renouvelable locale pour l'électricité	65%
Programme de législature 2017-2022 (Les objectifs 2035 ont été avancés à 2030 suite au Plan Climat Vaudois)	OBJECTIFS 2030
Emissions de CO ₂ (Action contre le réchauffement climatique, promotion des énergies renouvelables et des transports publics)	2.3 mio de t/an

Tableau 1 : Objectifs énergétiques fédéraux et cantonaux

2.2 Objectifs pour l'agglomération

Les objectifs énergétiques visés pour l'agglomération figurent dans le Tableau 2 et le Tableau 3 ci-dessous, comprenant trois objectifs globaux et des objectifs spécifiques sur la valorisation des ressources, décrits ci-après. Ces objectifs portent sur les communes du périmètre compact (entier des territoires des communes)¹.

Objectifs globaux	SITUATION 2017	OBJECTIFS 2030
Objectif 1 : Consommation en énergie finale par habitant, y compris la mobilité (par rapport à 2017*)	23 MWh/an	- 30% (16 MWh/an)
Objectif 2 : Part renouvelable locale pour la chaleur, hors carburants	6% (227 GWh/an)	33% (1'100 GWh/an)
Objectif 3 : Part renouvelable locale pour l'électricité, hors mobilité	5% (65 GWh/an)	34% (530 GWh/an)

Tableau 2 : Objectifs globaux, portant sur les communes du périmètre compact.

*La référence pour l'objectif 1 est l'année 2017, car les données ne sont pas disponibles pour l'année 2000.

¹ Plusieurs données sont disponibles uniquement par commune, comme les potentiels énergétiques. Certaines données ne peuvent pas être calculées à une échelle plus fine, ce qui serait nécessaire pour avoir des valeurs applicables au périmètre compact.

Le premier objectif, soit **une réduction de la consommation d'énergie finale par habitant de 30% par rapport à 2017**, est calqué sur l'objectif fédéral de réduction de la consommation d'énergie. Il diffère par rapport à ce dernier uniquement en raison de l'année de référence². Cet objectif correspond à une réduction de la consommation d'énergie finale par habitant de 1.8% par année. Les objectifs 2 et 3, concernant les parts d'énergie renouvelables pour la chaleur et l'électricité, ont été définis en tenant compte des ressources disponibles sur le périmètre compact du PALM (voir le Tableau 3) et des objectifs de valorisation de ces ressources au niveau cantonal. Le deuxième objectif, lequel vise **une part de 33% d'énergie renouvelable locale pour la consommation de chaleur**, ne peut pas être directement comparé à l'objectif cantonal, car les carburants ne sont pas inclus³. Le troisième objectif, lequel vise **une part de 34% d'énergie renouvelable locale pour la consommation d'électricité**, est moins élevé que l'objectif cantonal, principalement en raison de la non-disponibilité de certaines ressources dans l'agglomération (hydroélectricité, éolienne). Afin de viser la neutralité carbone à l'horizon 2050, ces objectifs doivent être poursuivis conjointement.

Les objectifs spécifiques concernant la valorisation des ressources pour la production de chaleur et d'électricité (Tableau 3) sont des objectifs indicatifs, comprenant la valorisation actuelle. En accord avec les buts de la planification énergétique, ils concernent la production locale, c'est-à-dire située sur les communes du périmètre compact, et non les certificats de production d'énergie renouvelable ni l'importation physique d'énergie renouvelable produite hors périmètre.

Objectifs indicatifs spécifiques à la valorisation des ressources énergétiques (y compris la production actuelle)		
Valorisation des ressources pour la production de chaleur	POTENTIEL GWh/an	OBJECTIFS 2030 GWh/an
Rejets de chaleur TRIDEL	262	262
Géothermie de faible profondeur	304	188
Air ambiant	266	141
Solaire thermique	357	118
Bois-énergie	106	83
Eau du lac	280	81
Géothermie de moyenne profondeur	400	53
Rejets thermiques industriels	Donnée non disponible	50
Chaleur des eaux usées	244	42
Biogaz déchets verts	39	39
Nappes superficielles	23	15
Incinération des boues	11	15
Biogaz STEP	13	11
Total	2'158	1'098
Valorisation des ressources pour la production d'électricité	POTENTIEL GWh/an	OBJECTIFS 2030 GWh/an
Solaire photovoltaïque	809	405
Déchets incinérables (TRIDEL)	71	71
Biogaz déchets verts	27	27

² En considérant une réduction de la consommation d'énergie finale de 16% par habitant entre 2000 et 2017 (valeur pour le Canton de Vaud selon la Conception cantonale de l'énergie 2019), soit de 1.1% par habitant par année.

³ La méthodologie utilisée pour la mobilité dans le diagnostic énergétique considère l'entier des déplacements liés au périmètre élargie. Cette approche est différente de l'approche adoptée dans le cadre de la Conception cantonale de l'énergie.

Bois-énergie	18	18
Biogaz STEP	7	7
Hydroélectricité	1	1
Total	933	529

Tableau 3 : Objectifs spécifiques, portant sur les communes du périmètre compact (entier des territoires des communes) pour la valorisation des ressources pour la production de chaleur et la valorisation des ressources pour la production d'électricité. Les valeurs indiquées pour les ressources air ambiant, géothermie de faible profondeur, nappes superficielles, eau du lac correspondent à l'énergie thermique en sortie de pompe à chaleur.

Ces objectifs sont ambitieux mais atteignables selon les potentiels identifiés dans le volet 1 « diagnostic énergétique ». Leur atteinte nécessite un renforcement des mesures actuelles tant au niveau fédéral, qu'au niveau cantonal et communal. Ce renforcement peut être d'ordre législatif, d'encouragement (aides financières) ou encore de sensibilisation (information, campagnes de communication).

3. Axes d'action de la stratégie énergétique

Ce chapitre donne les axes d'action de la stratégie énergétique du PALM, par thématique. Certains axes d'action sont illustrés par des cartes stratégiques. Des précisions sur ces axes d'action sont décrites dans l'annexe 1. Le plan de mesures, faisant suite à cette stratégie énergétique, s'appuie sur ces axes d'action pour définir les moyens de mise en œuvre. Le chapitre 3.5 indique les mesures liées à chaque axe d'action.

3.1 Ressources énergétiques et réseaux d'approvisionnement en énergie

La valorisation des ressources renouvelables locales dans le périmètre du PALM et le développement de réseaux pour leur distribution sont essentiels pour atteindre les objectifs fixés au chapitre 2.2. En particulier, le développement des réseaux thermiques (de chaleur ou de froid à distance) alimentés par des énergies renouvelables ou des rejets de chaleur permet à un grand nombre de bâtiments de renoncer aux énergies fossiles.

Au niveau cantonal, les stratégies de valorisation des ressources locales pour la production de chaleur et d'électricité sont définies dans le cadre de la Conception cantonale de l'énergie⁴. Les perspectives chaleur du canton de Vaud⁵ fournissent en parallèle un scénario idéal et des lignes directrices pour valoriser au mieux l'ensemble des ressources présentes sur le territoire cantonal. Selon ce scénario idéal, la part renouvelable dans l'approvisionnement en chaleur du canton pourrait aller jusqu'à 96%. Pour ce faire, les ressources à valoriser en priorité sont les ressources dites « situationnelles », qui ne peuvent pas être déplacées et qui sont donc perdues si elles ne sont pas valorisées. Le Plan de mesures OPAIR contient deux mesures liées à ce thème, portant sur la valorisation des ressources renouvelables à faible émission de NO_x et de particules et aux rejets de chaleur exploitables (mesures EN-1) et sur le développement des réseaux thermiques (mesure EN-2). Concernant l'approvisionnement en électricité, les objectifs cantonaux pour le solaire photovoltaïque définis dans la Conception cantonale de l'énergie sont particulièrement ambitieux et demandent un renforcement des mesures déjà mises en place.

Au niveau de l'agglomération, les objectifs de valorisation par ressource énergétique définis dans le cadre de cette planification énergétique figurent au chapitre 2.2.

⁴ Conception cantonale de l'énergie 2019, annexe 6, axe stratégie Production, fiches P1 à P7

⁵ Perspectives chaleur du canton de Vaud 2021

Les axes d'action identifiés pour cette thématique sont les suivants :

AXE D'ACTION	OBJECTIF 1 DIMINUTION DE 30% DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE PAR HABITANT	OBJECTIF 2 33% D'ÉNERGIE RENOUVELABLE LOCALE DANS LA CONSOMMATION DE CHALEUR	OBJECTIF 3 34% D'ÉNERGIE RENOUVELABLE LOCALE DANS LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ
Développer les réseaux thermiques valorisant en priorité les ressources d'énergie renouvelable situationnelles		✓	
Promouvoir la valorisation des énergies renouvelables pour les chauffages individuels dans les bâtiments neufs et existants sans possibilité de raccordement aux réseaux thermiques		✓	
Réserver l'utilisation du gaz naturel fossile à des besoins spécifiques		✓	
Favoriser la production d'électricité décentralisée et l'autoconsommation			✓
Renforcer la coordination intercommunale dans le domaine de l'énergie en incluant les fournisseurs	✓	✓	✓

Le premier axe d'action consiste à développer les réseaux de chaleur et de froid à distance en valorisant en priorité les ressources renouvelables dites « situationnelles ». Il concerne à la fois les réseaux existants et les nouveaux réseaux à développer. Les zones ciblées sont les zones actuellement desservies par des chauffages à distance ainsi que les zones avec une densité de besoins thermiques suffisante. Les sites grands consommateurs d'énergie (de chaleur ou de froid) peuvent également être les déclencheurs de tels projets. Les Perspectives chaleur du canton de Vaud définissent les priorités suivantes pour l'utilisation des ressources à valoriser au travers de réseaux thermiques :

1. les rejets de chaleur industriels ou de STEP
2. les aquifères de moyenne profondeur
3. les lacs
4. les nappes phréatiques
5. le bois-énergie.

Selon ces perspectives, les ressources situationnelles disponibles sur le territoire de l'agglomération (rejets thermiques, géothermie de moyenne profondeur, eau du lac) ne peuvent alimenter les zones favorables aux réseaux thermiques qu'à hauteur de 50%⁶. Par conséquent, les réseaux thermiques doivent être développés en premier lieu là où ces ressources sont présentes. Le bois étant une ressource transportable et limitée à l'échelle du Canton, il peut venir en complément si des besoins à haute température sont requis. Cet axe d'action est illustré par la Figure 1. Cette carte tient compte des besoins de chaleur estimés à l'horizon 2030 (voir l'annexe 4), des principes de valorisation des ressources ainsi que des planifications énergétiques communales et intercommunales. Les zones réseaux de la Figure 1 avec le taux de raccordement supposé sont décrites à l'annexe 5. Ces réseaux permettraient de couvrir environ 25% des besoins de chaleur des communes du périmètre compact estimés à l'horizon 2030.

Le deuxième axe d'action est complémentaire au premier et cible les bâtiments sans possibilité de raccordement à un réseau thermique, c'est à dire les bâtiments situés hors zone favorable ou dont le niveau de température du système de chauffage n'est pas adapté. Les Perspectives chaleur du canton de Vaud définissent les priorités suivantes pour l'utilisation des ressources à valoriser de manière individuelle :

1. les nappes phréatiques
2. les sondes géothermiques
3. l'aérothermie
4. le bois-énergie.

Sur le territoire de l'agglomération, les ressources situationnelles disponibles pour les chauffages individuels sont les nappes phréatiques (via une pompe à chaleur eau-eau), les sondes géothermiques et l'aérothermie (pompe à chaleur

⁶ Voir les conclusions pour la zone « district de Lausanne et d'Ouest Lausannois »

air-eau). Quant au bois-énergie, il peut être valorisé dans d'autres périmètres qui ne disposent pas de ressources situationnelles. Cet axe d'action est illustré par la Figure 2.

Le troisième axe d'action concerne l'utilisation du gaz naturel fossile. Cet axe est repris de la stratégie cantonale pour le gaz. Il vise à réserver le gaz naturel fossile pour des besoins ne pouvant pas être couverts par les ressources renouvelables, en particulier :

- Aux zones avec des besoins hautes températures, en particulier pour les industries
- Aux besoins d'énergie d'appoint, par exemple pour les réseaux de chauffage à distance, et aux installations de secours
- Aux zones sans alternative renouvelables appropriées

A terme, cet axe d'action implique en principe le maintien du réseau de gaz naturel fossile à son périmètre actuel uniquement si les conditions ci-dessus sont remplies.

Le quatrième axe d'action vise à augmenter la production d'électricité renouvelable, en particulier par le solaire photovoltaïque, qui est la principale ressource sur le territoire (voir Tableau 3). L'entier du périmètre compact est propice pour les installations solaires, à l'exception des bâtiments inscrits ou classés à l'inventaire des monuments historiques, et nécessite seulement un devoir d'annonce selon la loi fédérale sur l'aménagement du territoire. Les zones d'activités sont des zones particulièrement intéressantes car elles ont généralement des fortes demandes en électricité et possèdent des surfaces de toitures souvent importantes. L'autoconsommation, c'est-à-dire la consommation en temps réel de l'électricité produite (à différencier de l'autonomie énergétique, laquelle nécessite des solutions de stockage), est favorisée notamment par les regroupements de consommation propres qui permettent d'utiliser en priorité l'électricité sur le site de production.

Le dernier axe d'action vise le renforcement de la coordination entre les communes et avec les fournisseurs d'énergie. Il sera nécessaire pour mettre en œuvre les mesures de la planification énergétique du PALM le plus rapidement possible. Cet axe est transversal dans le sens où il peut concerner également le parc bâti, les activités et la mobilité. La mesure 12 est en lien avec cet axe d'action.

La stratégie énergétique du PLAM envisagée pour 2030 se base sur des technologies conventionnelles, en accord avec les perspectives chaleur du canton de Vaud, lesquelles montrent que les technologies « classiques » permettraient déjà d'opérer la transition énergétique. En parallèle, les nouvelles technologies devraient être expérimentées sous forme de projets pilotes, par exemple dans le domaine du stockage de l'énergie.

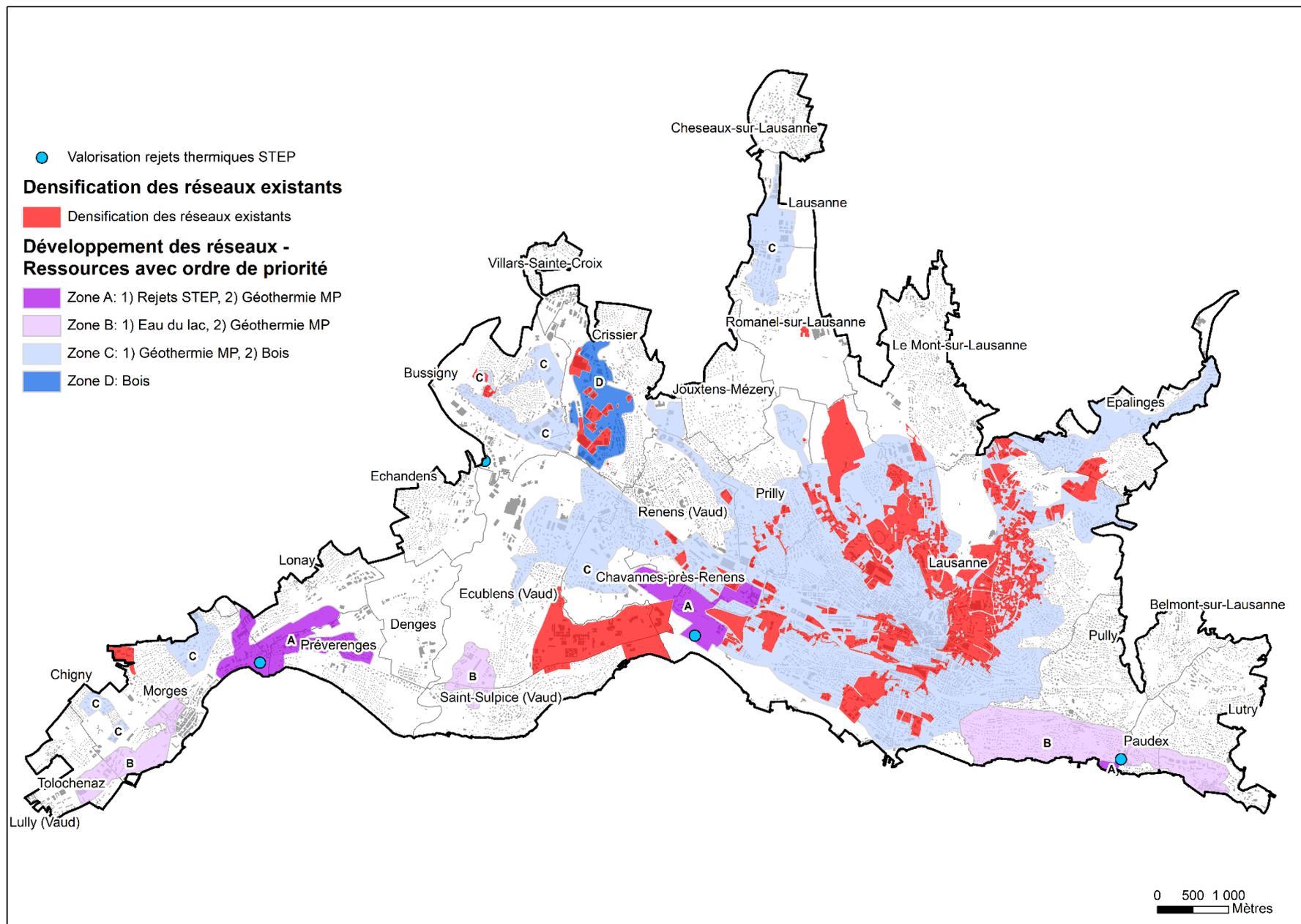


Figure 1: Réseaux thermiques (de chaleur ou de froid à distance) existants et développement des réseaux thermiques, avec les ressources énergétiques à valoriser en priorité

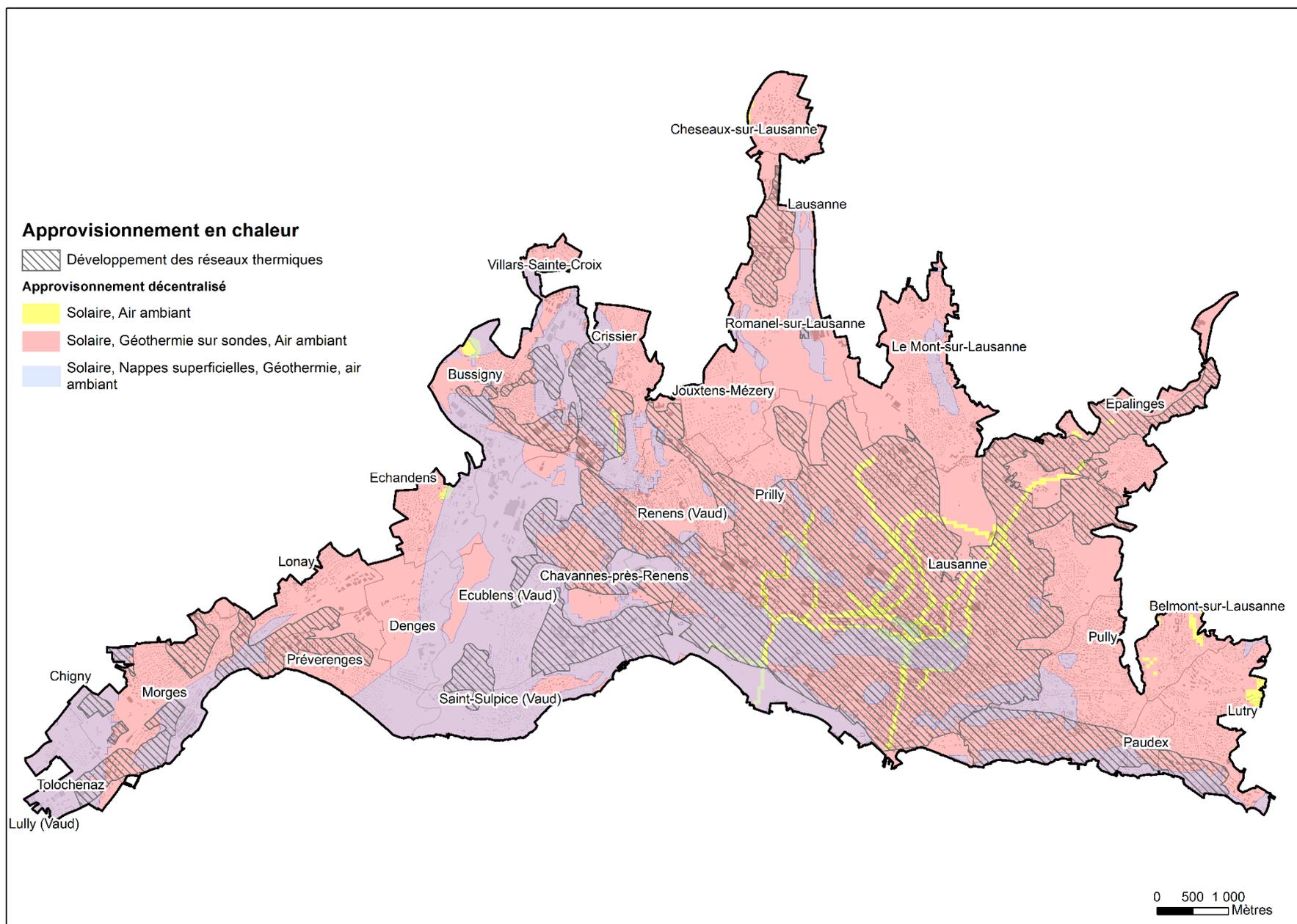


Figure 2: Ressources énergétiques à valoriser de manière individuelle (sans réseau). Les zones de développement des réseaux thermiques, dans lesquelles un raccordement doit être privilégié si le niveau de température est adapté, sont indiqués en hachuré.

3.2 Parc bâti

La rénovation des bâtiments constitue un élément clé pour la réduction de la consommation d'énergie et ainsi assurer la transition énergétique du territoire. En effet, tant à l'échelle de la Suisse, du canton, que de l'agglomération, les bâtiments (y compris les bâtiments pour l'industrie et les services) représentent la plus grande part de l'énergie consommée⁷. Le parc bâti est également une cible importante pour augmenter la production d'énergie renouvelable locale pour la chaleur et l'électricité.

Le programme Bâtiment, mis en place par la Confédération et les Cantons, vise à inciter les propriétaires à effectuer des démarches de rénovation. Toutefois, les actions pour améliorer la performance énergétique des bâtiments sont certaines fois difficiles à mettre en œuvre étant donné le coût des travaux par rapport au prix actuel de l'énergie. Par ailleurs, l'agglomération comprend plusieurs zones incluant des bâtiments ou sites protégés, comme le centre de Lausanne. Les rénovations sur ces bâtiments, si elles sont permises, peuvent être plus complexes à mettre en œuvre.

Même si la baisse de la consommation d'énergie fossile pour le parc bâti a significativement diminué depuis une dizaine d'année dans le canton⁸, un renforcement des mesures actuelles est nécessaire pour atteindre les objectifs cantonaux fixés pour 2030. La Conception cantonale de l'énergie 2019 contient une fiche sur la réduction de la consommation d'énergie dans l'habitat (Fiche C1) qui vise à augmenter le taux annuel d'assainissement énergétique des bâtiments, en passant de 0.8% à 1.2% (par rapport à la surface brute de plancher) dès 2022. Le Plan des mesures OPAIR 2018 contient trois mesures liées au parc bâti, portant sur l'efficacité énergétique des bâtiments existants et des projets de constructions (mesures EN-3 et EN-4), et sur les installations de chauffage à bois de faible puissance.

Les axes d'action retenus dans le cadre de cette stratégie énergétique, en cohérence avec la Conception de l'énergie et le Plan des mesures OPAIR, sont les suivants :

AXE D'ACTION	OBJECTIF 1 DIMINUTION DE 30% DE CONSOMMATION D'ENERGIE FINALE PAR HABITANT	OBJECTIF 2 33% D'ENERGIE RENOUVELABLE LOCALE DANS LA CONSOMMATION DE CHALEUR	OBJECTIF 3 34% D'ENERGIE RENOUVELABLE LOCALE DANS LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE
Promouvoir l'assainissement énergétique du parc bâti existant	✓	✓	✓
Viser des hautes performances énergétiques pour les bâtiments neufs	✓	✓	✓

Le premier axe d'action cible les bâtiments construits avant l'année 2000 et non rénovés, les constructions neuves étant soumises à des prescriptions réduisant fortement leurs besoins en énergie. L'approche territoriale de la stratégie énergétique du PALM pour la rénovation des bâtiments existants est donnée sur la Figure 3. Elle cible les bâtiments construits avant l'année 2000 et non rénovés. Selon cette carte, les communes du périmètre compact contiennent de nombreuses zones avec un potentiel de rénovation, avec un potentiel plus important (bâti plus ancien) sur les communes de Lausanne et Pully. Dans le cadre de la mise en œuvre de la planification énergétique du PALM, il est proposé d'identifier de manière plus détaillée les zones prioritaires pour la rénovation énergétique en se basant sur des critères complémentaires (Mesure 8). Par exemple, les zones devant faire l'objet d'une densification présentent une opportunité pour un assainissement énergétique.

L'assainissement énergétique des bâtiments concerne également le remplacement des installations techniques, principalement pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire, dans le but de remplacer les énergies fossiles par des énergies renouvelables. La stratégie territoriale pour les ressources d'énergie renouvelables à valoriser dans les installations individuelles et pour le raccordement des bâtiments aux réseaux thermiques est développée au

⁷ Statistique globale suisse de l'énergie 2018 et Conception cantonale de l'énergie 2019, p. 24-25

⁸ Conception cantonale de l'énergie 2019, p. 15

chapitre 3.1 (concerne à la fois les bâtiments existants et les bâtiments neufs). Par conséquent, aucun axe d'action sur les ressources d'énergie renouvelables n'est retenu ici. Un schéma donnant les priorités d'utilisation des ressources en fonction des niveaux de température requis dans les bâtiments est également présenté à l'annexe 6.

Le deuxième axe d'action concerne les bâtiments neufs, pour lesquels des performances énergétiques les plus élevées possibles devraient être visées. Par exemple, le standard Minergie-P ou un équivalent garantit à la fois une faible consommation d'énergie et un approvisionnement basé sur des ressources renouvelables. La Figure 4 superpose les mesures d'urbanisation prévues par le PALM 2016 avec la carte de la Figure 2, afin de donner des orientations pour l'approvisionnement en énergie de ces futurs projets de construction.

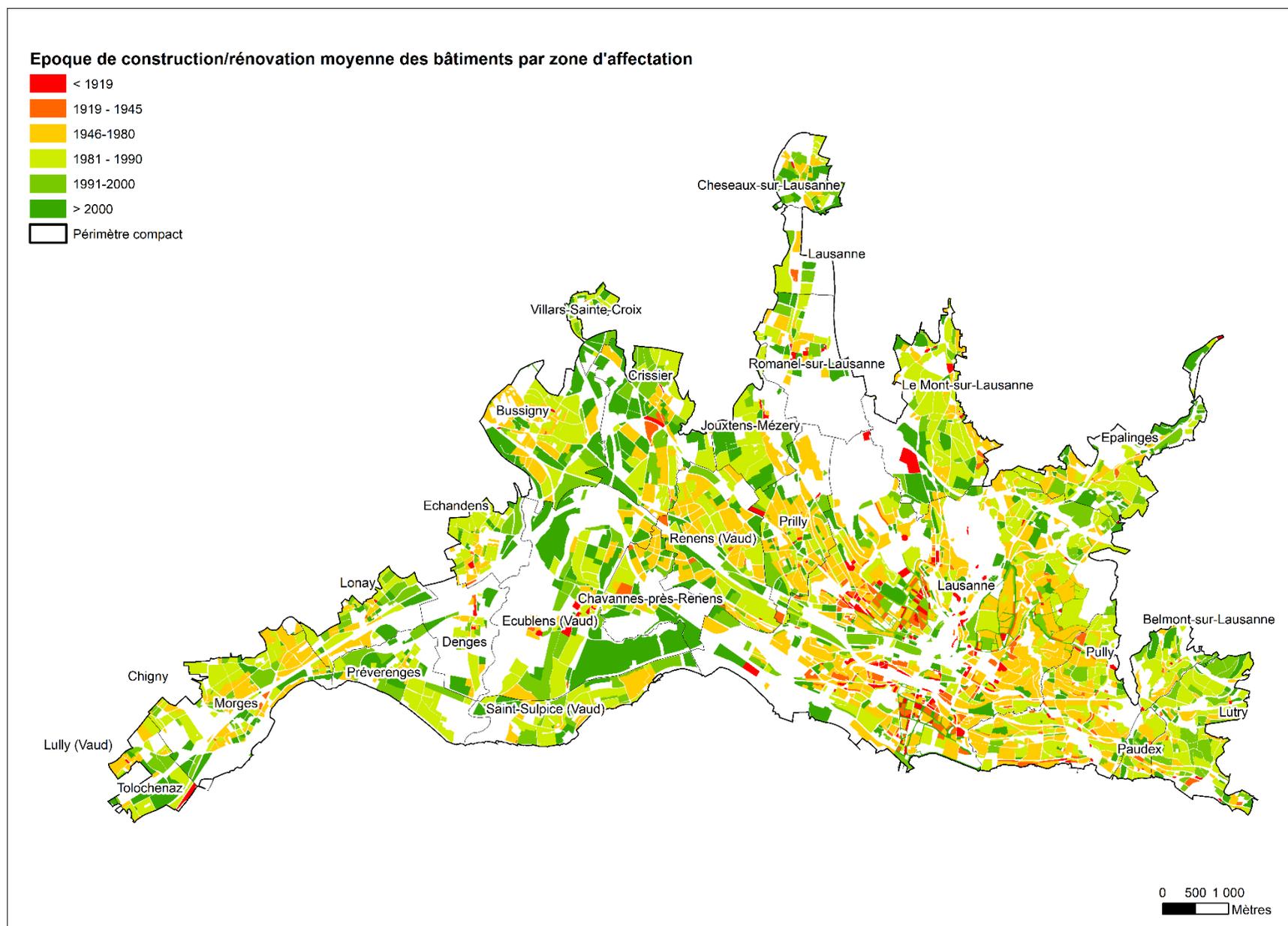


Figure 3: Epoque de construction moyenne des bâtiments par zone d'affectation (zones bâties uniquement). Pour les bâtiments rénovés, l'année de construction a été remplacée par l'année de rénovation. Les bâtiments construits avant l'année 2000 devraient faire l'objet d'un assainissement énergétique, les bâtiments les plus anciens étant les cibles prioritaires.

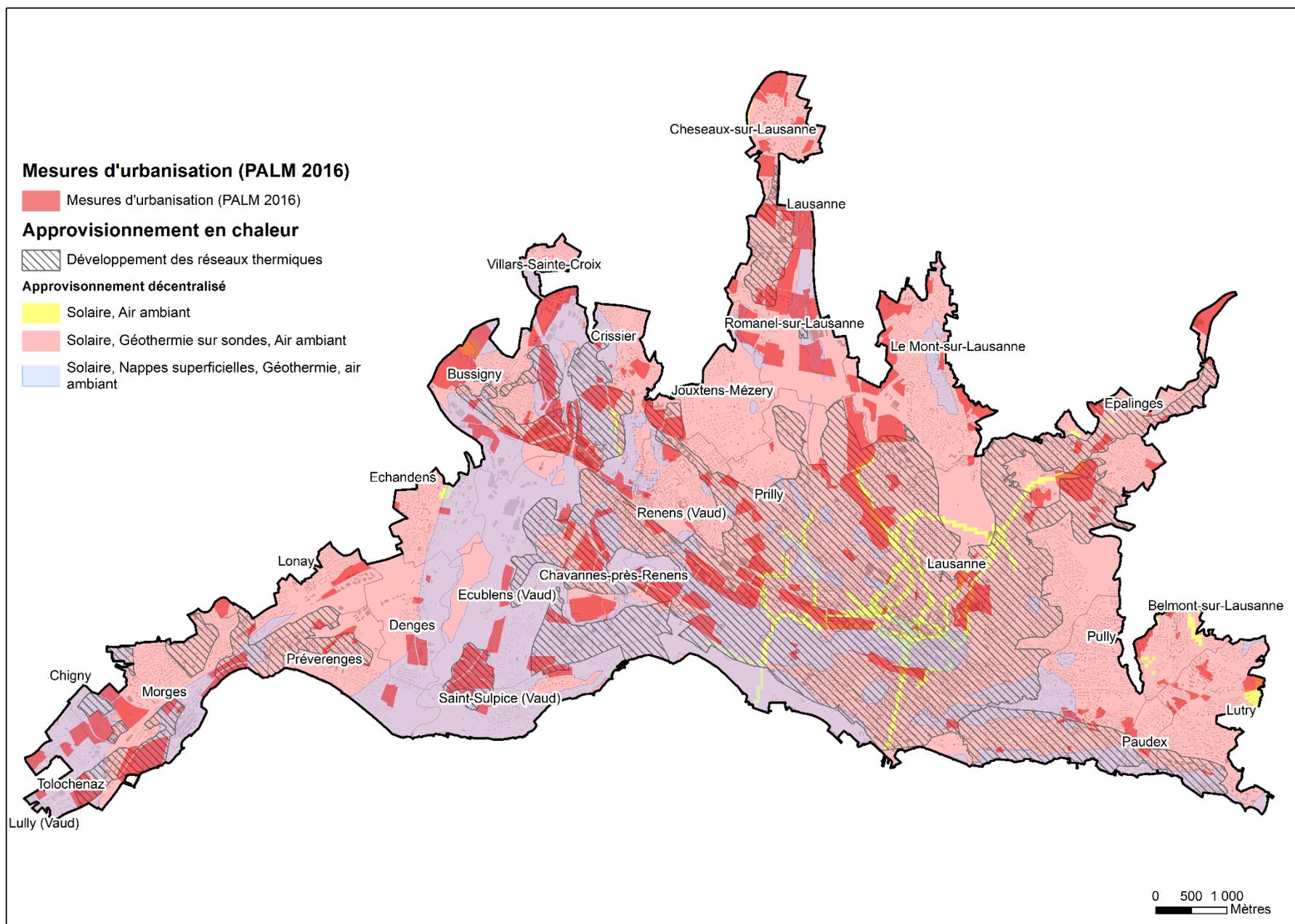


Figure 4 : Orientations pour l'approvisionnement en énergie des mesures d'urbanisation prévues par le PALM 2016

3.3 Activités

L'agglomération Lausanne Morges représente un pôle d'emplois majeur avec environ 50% des emplois cantonaux localisés dans le périmètre compact. Concernant le développement futur de l'agglomération, le PALM 2016 prévoit une augmentation d'environ 45'000 emplois à l'horizon 2035. Les activités (industries, services, commerces) sont situées en partie dans les zones d'activité, c'est-à-dire les zones affectées en activités commerciales, industrielles, tertiaires ou artisanales. Toutefois, une part largement majoritaire des activités et des services est située hors de ces zones, dans les zones d'habitation et les zones mixtes. Concernant les zones d'activités de l'agglomération, une étude est actuellement en cours visant à développer une stratégie régionale de gestion.

Le potentiel d'économie d'énergie liée aux activités est considérable, tant au niveau de la consommation de chaleur que d'électricité. Aux niveaux fédéral et cantonal, plusieurs démarches visent à la réduction de la consommation d'énergie dans les entreprises, comme l'imposition d'une convention d'objectifs ou un audit énergétique pour les sites « grands consommateurs d'énergie » ayant une consommation de chaleur ou d'électricité particulièrement élevée⁹, ou encore des programmes pour la mise en place de mesures d'efficacité énergétique : PEIK au niveau fédéral, programme de rétribution des économies d'énergie au niveau cantonal, programmes communaux comme Equiwatt mis en place par la Ville de Lausanne. La Conception cantonale de l'énergie contient également une fiche sectorielle sur la consommation des énergies dans les industries et les services (fiche C2). A l'avenir, dans le but d'atteindre les objectifs de la stratégie énergétique 2050, il est probable que les exigences concernant la consommation d'énergie des entreprises soient renforcées au niveau fédéral. Dans le domaine particulier de la mobilité, la mise en œuvre de plans de mobilité d'entreprises recèle un important potentiel d'économies d'énergie. Selon le Plan directeur cantonal (PDCn), le développement de cet outil est de la responsabilité des régions et des communes, qui « élaborent des plans de mobilité en partenariat avec les entreprises privées et les institutions publiques (PDCn, mesure A 25 « Politique de stationnement et plans de mobilité »). Par ailleurs, la mesure MO-5 « Plans de mobilité » du plan des mesures OPair de l'agglomération Lausanne-Morges, qui lie les autorités, stipule notamment qu'un plan de mobilité est élaboré et mis en œuvre « lors de l'implantation ou de l'agrandissement d'entreprises ou d'établissements publics ou privés (...) de plus de 50 employés ». La stratégie énergétique du PALM devrait être l'occasion de soutenir et de renforcer les politiques communales de développement des plans de mobilité d'entreprises, en cohérence avec le PDCn et le plan OPair.

Pour la stratégie énergétique du PALM, les axes d'action retenus pour les activités sont les suivants :

AXE D'ACTION	OBJECTIF 1 DIMINUTION DE 30% DE CONSOMMATION D'ENERGIE FINALE PAR HABITANT	OBJECTIF 2 33% D'ENERGIE RENOUVELABLE LOCALE DANS LA CONSOMMATION DE CHALEUR	OBJECTIF 3 34% D'ENERGIE RENOUVELABLE LOCALE DANS LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE
Augmenter l'efficacité énergétique des entreprises et le recours aux ressources renouvelables	✓	✓	✓
Orienter les activités ayant des besoins de chaud ou de froid importants vers les zones propices du point de vue énergétique		✓	✓

Le premier axe d'action consiste à augmenter l'efficacité énergétique des entreprises et à augmenter la part d'énergies renouvelables pour leur approvisionnement. Cet axe d'action peut être mis en œuvre à la fois par des mesures prises sur le site de l'entreprise (audits énergétiques, optimisation énergétique des installations, plans de mobilité des entreprises) et par des mesures prises à une échelle plus large, comme la planification énergétique ou des mesures d'écologie industrielle. Cet axe est en lien avec la mesure 9.

Le deuxième axe d'action concerne la localisation des activités avec des besoins énergétiques de chaleur ou de froid importants, ciblant les nouvelles entreprises ou les entreprises devant être relocalisées en zone d'activité selon la stratégie régionale de gestion des zones d'activités. En effet, leur localisation peut être déterminante pour permettre

⁹ Les sites avec une consommation thermique supérieure à 5 GWh/an ou une consommation électrique supérieure à 0.5 GWh/an sont considérés comme grands consommateurs selon la loi vaudoise sur l'énergie.

un approvisionnement basé sur des ressources renouvelables et pour valoriser les éventuels rejets de chaleur. Cet axe d'action vise, pour les activités concernées, à prendre en compte l'énergie parmi les critères de décision pour le choix de leur localisation. Il est concrétisé par la mesure 10. Les orientations générales pour la localisation de ces activités sont décrites ci-après (points 1 et 2) et illustrées sur la Figure 5. Cette figure montre, d'une part, les réseaux thermiques existants et à développer en distinguant les réseaux « chauds » (en hachuré rouge sur la carte) des réseaux « basse température » (en hachuré bleu). D'autre part, les parcelles et secteurs constructibles en zones d'activité sont représentés en violet avec leur potentiel de mobilisation. Selon la stratégie régionale de gestion des zones d'activité, les nouvelles activités dans le secteur du secondaire devront être localisées dans ces zones violettes. Plusieurs secteurs et parcelles constructibles en zone d'activité se situent dans les zones de développement des réseaux thermiques, sur les communes de Crissier, Bussigny, Lausanne, Ecublens, Lonay et Tolochenaz. Concernant les activités dans le secteur tertiaire avec des besoins de chaleur ou de froid importants, leur localisation devrait se faire dans les zones réseau identifiées, et est également possible en dehors des zones d'activité.

- 1) Activités avec des besoins de chaleur à haute température ou importants, comme les hôpitaux, les industries chimiques, les industries agro-alimentaires et les blanchisseries : ces activités, en particulier pour les processus industriels, ont généralement des rejets de chaleur importants qui peuvent être valorisés dans un réseau de chauffage à distance. Du point de vue énergétique, elles devraient se situer près d'un tel réseau ou, en cas de besoins de chaleur à très haute température, dans une zone où le gaz sera maintenu à moyen terme¹⁰. Pour les activités dans le secteur secondaire sur PALM, ces zones correspondent aux zones d'activité sur les communes de Crissier, Bussigny, et sur les secteurs Lausanne-Vennes et Lausanne-Vernand. Pour les activités dans le secteur tertiaire, ces zones correspondent aux zones de développement des réseaux CAD SIL, CAD OUEST et CRICAD.
- 2) Activités avec des besoins de froid pour le rafraîchissement (les besoins pour le froid de process ne pouvant pas être couverts par les réseaux) comme les datacenters, les halles de stockage alimentaire et les industries pharmaceutiques : du point de vue énergétique, elles devraient se situer à proximité d'un réseau de froid à distance, d'une boucle tempérée ou d'un réseau basse température. Cela leur permettrait d'utiliser le réseau pour alimenter les groupes froids et/ou pour valoriser leurs rejets de chaleur. La source d'énergie principale de ces réseaux peut être des rejets thermiques à faible température, par exemple l'eau en sortie des STEP, ou l'eau du lac. Pour le PALM, ces zones sont situées près du lac sur les communes de Morges, Lonay, Tolochenaz, Ecublens et Pully-Paudex. Trois zones d'activité se situent dans une zone de réseau « basse température » sur les communes de Tolochenaz, Lonay et Ecublens et seraient donc à privilégier pour accueillir des activités du secteur secondaire avec des besoins de rafraîchissement.

L'implantation des entreprises avec des besoins de chaleur ou de froid importants à proximité d'un réseau de chaleur ou de froid à distance apporte plusieurs bénéfices pour ces entreprises, à la fois sur le plan énergétique, légal (autorisation pour les sites grands consommateurs), économique (économie d'énergie, vente des rejets de chaleur, économie d'achat de machines frigorifiques) et d'image (action environnementale).

¹⁰ Ces zones sont à définir dans le cadre des planifications énergétiques plus détaillées, à l'échelle communale.

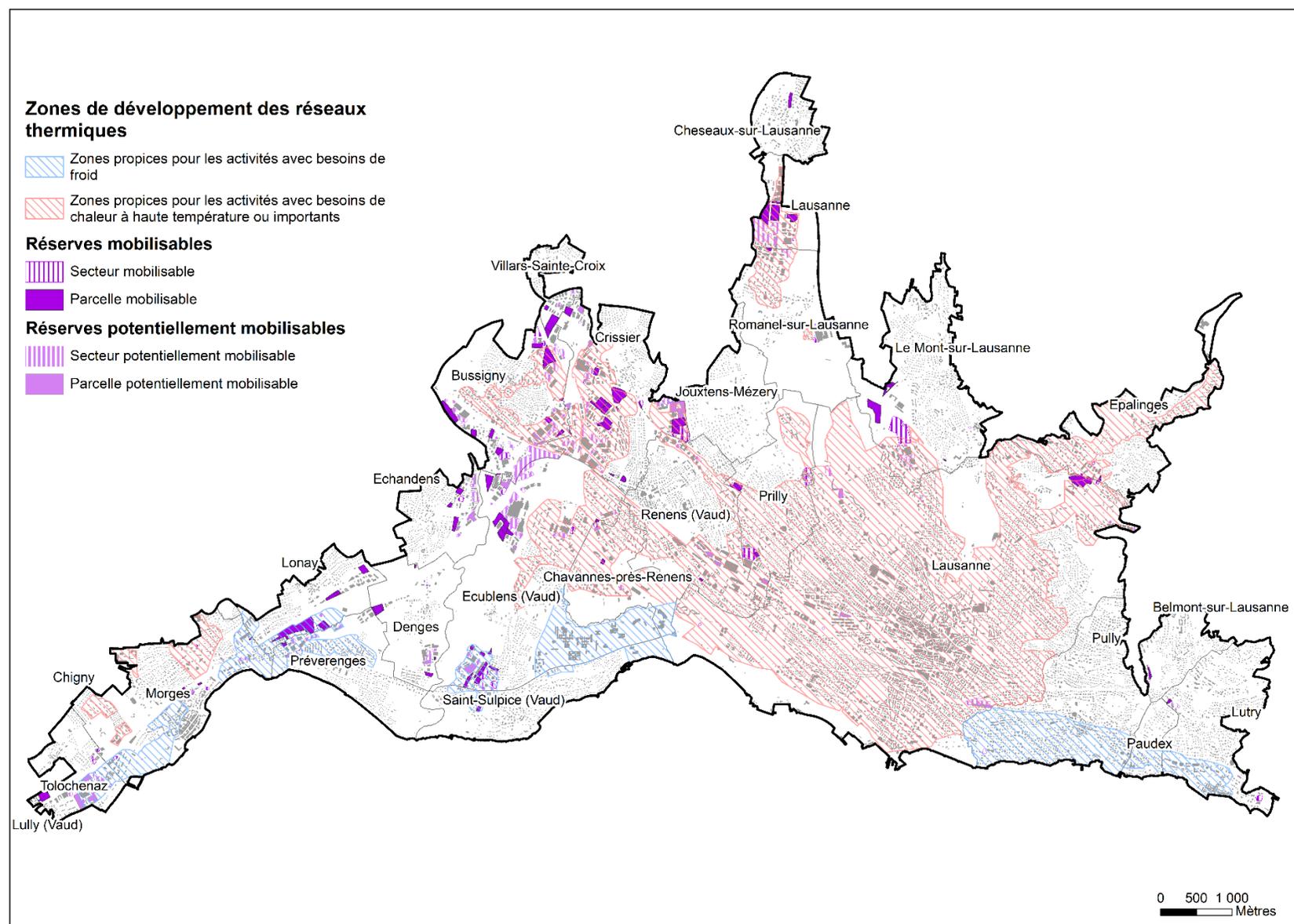


Figure 5: Zones propices pour les activités avec des besoins énergétiques particuliers : les zones hachurées en rouge indiquent les zones propices pour les activités avec des besoins de chaleur importants et celles hachurées en bleu indiquent les zones propices pour les activités avec des besoins de froid. Les parcelles et secteurs constructibles en zone d'activité, dans lesquels les activités du secteur secondaire doivent être implantées, sont indiqués en violet. En conséquence, les activités du secteur secondaire avec des besoins énergétiques particuliers devraient être implantées dans les zones violettes coïncidant avec les zones hachurées en rouges (pour les besoins de chaleur) ou hachurées en bleu (pour les besoins de froid).

3.4 Mobilité

Le volet « mobilité » de la planification énergétique s'inscrit dans les principes et mesures déjà prévus par le PALM et le plan des mesures OPair. En effet, les principes définis dans le PALM 2016, repris par le plan OPAIR conduisent à une réduction de la consommation d'énergie et à une diminution des émissions de CO₂, même si ce n'est pas leur objectif premier.

La stratégie mobilité définie dans le PALM 2016 vise en priorité le transfert modal vers les transports publics et la mobilité douce, ainsi qu'une mobilité multimodale visant la complémentarité des transports. Ces principes induisent une réduction des distances parcourues en transports individuels motorisés. Comme l'a montré le diagnostic énergétique, les transports individuels motorisés sont la cible principale des actions visant une réduction de la consommation énergétique et des émissions de CO₂ dans le domaine de la mobilité. Le moyen le plus efficace pour réduire l'impact énergétique et des émissions de CO₂ des transports individuels motorisés est de diminuer leur utilisation en favorisant le transfert modal vers les transports publics et la mobilité douce.

Le plan OPAIR contient plusieurs mesures liées à la mobilité, visant à améliorer la qualité de l'air spécifiquement sur le territoire de l'agglomération. Plusieurs mesures ciblent une diminution des transports individuels motorisés (MO-2 à MO-8), dont certaines sont complémentaires à celles du PALM 2016. Notamment, les mesures concernant le stationnement sont un levier important pour favoriser le transfert modal. Le plan OPAIR contient également des mesures en lien avec la mobilité portant sur l'aménagement du territoire (AT-2 et AT-3), les véhicules à hautes performances énergétiques et écologiques (MO-9) et les transports logistiques (LO-1 et LO-2). A noter que le plan OPAIR vise une réduction des immissions au sein du périmètre de l'agglomération, alors que la planification énergétique du PALM englobe l'énergie et les émissions de CO₂ pour tous les déplacements en lien avec l'agglomération. Toutefois, les mesures prises en matière de mobilité sur le périmètre de l'agglomération ont également un effet à l'extérieur de ce périmètre, aussi bien en termes d'émissions que d'immissions. La Conception cantonale de l'énergie contient également un objectif sectoriel stratégique sur la consommation des énergies dans la mobilité (fiche C3), axé sur les modes de propulsion des véhicules.

Dans le cadre de la planification énergétique du PALM, deux axes d'action ont été retenus pour la mobilité, ci-dessous :

AXE D'ACTION	OBJECTIF 1 DIMINUTION DE 30% DE CONSOMMATION D'ENERGIE FINALE PAR HABITANT	OBJECTIF 2 33% D'ENERGIE RENOUVELABLE LOCALE DANS LA CONSOMMATION DE CHALEUR	OBJECTIF 3 34% D'ENERGIE RENOUVELABLE LOCALE DANS LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE
Prendre toutes les mesures utiles pour opérer un transfert modal vers les transports publics et la mobilité douce	✓	✓	
Favoriser l'emploi de véhicules respectueux de l'environnement et à faible consommation	✓	✓	

Le premier axe, portant sur le transfert modal, est directement repris du PALM 2016. La mise en œuvre de cet axe d'action est décrite dans le volet opérationnel du PALM 2016 et, par conséquent, ne fait pas l'objet de mesures dans la planification énergétique du PALM.

La promotion des transports à motorisations alternatives, visée par le deuxième axe d'action, est complémentaire au transfert modal. Elle s'adresse au solde des déplacements, effectués par des transports individuels motorisés restant suite au report modal, ainsi qu'aux transports publics routiers (bus) et logistiques (poids lourds, utilitaires). Le développement de l'infrastructure de recharge, en particulier pour les véhicules électriques, s'inscrit dans cet axe d'action. Il s'agit de promouvoir l'infrastructure de recharge publique, en complément de l'évolution de l'infrastructure de recharge privée, sur les places de parc qui seront maintenues à l'horizon 2030 en accord avec la stratégie mobilité du PALM.

3.5 Mise en œuvre des axes d'action

Les axes d'action sont récapitulés dans le tableau ci-dessous, avec les mesures qui y sont liées. Certains axes d'action n'ont pas de mesures correspondantes car leur mise en œuvre se fait dans le cadre d'autres planifications ou programmes existants, ou devrait être réalisée à l'échelle communale. *Note : à évaluer si ce chapitre devrait être déplacé en introduction des fiches de mesures.*

AXE D'ACTION	MESURES LIEES OU AUTRE PLANIFICATION
Développer les réseaux thermiques valorisant en priorité les ressources d'énergie renouvelable situationnelles	1, 2, 3, 4, 5
Promouvoir la valorisation des énergies renouvelables pour les chauffages individuels dans les bâtiments neufs et existants sans possibilité de raccordement aux réseaux thermiques	A mettre en place à l'échelle communale sur la base de la présente étude
Réserver l'utilisation du gaz naturel fossile à des besoins spécifiques	1
Favoriser la production d'électricité décentralisée et l'autoconsommation	6, 7
Promouvoir l'assainissement énergétique du parc bâti existant	8
Viser des hautes performances énergétiques pour les bâtiments neufs	A mettre en place à l'échelle communale
Augmenter l'efficacité énergétique des entreprises et le recours aux ressources renouvelables	9
Orienter les activités ayant des besoins de chaud ou de froid importants vers les zones propices du point de vue énergétique	10
Prendre toutes les mesures utiles pour opérer un transfert modal vers les transports publics et la mobilité douce	Mise en œuvre de la stratégie de mobilité du PALM (cf PALM 2016, Volume A, chapitre 3.4) et du plan OPAir
Favoriser l'emploi de véhicules respectueux de l'environnement et à faible consommation	11 et mesures à définir sur la base de la stratégie cantonale à venir

4. Évolution de la consommation d'énergie finale

L'évolution possible de la consommation d'énergie et de la valorisation des ressources énergétiques sur le PALM a été estimée pour les horizons 2030, correspondant à des objectifs d'urbanisation pour le PALM et aux objectifs de la Conception cantonale de l'énergie, et 2035, en référence aux objectifs intermédiaires de la Stratégie énergétique 2050, en prenant en compte l'évolution des conditions de base (taux d'assainissement des bâtiments, évolution démographique, développement des ressources renouvelables, report modal, etc.). **Néanmoins, les tendances de la politique climatique internationale et nationale auront probablement un effet sur la politique cantonale et ses projections.**

4.1 Hypothèses pour l'évolution de la consommation

De manière similaire au diagnostic énergétique, les consommations projetées sont réparties en 3 domaines :

1. Les consommations projetées du parc bâti : consommations énergétiques pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité pour la climatisation et les appareils électriques. Les projections pour ces consommations tiennent compte de la rénovation des bâtiments et des nouvelles constructions liées aux mesures d'urbanisation du PALM et aux réserves de zones à bâtir ;
2. Les consommations projetées liées aux activités : consommations de chaleur ou d'électricité des sites considérés comme grands consommateurs d'énergie. Pour le secteur des activités, seules les données liées aux grands consommateurs sont disponibles. Par conséquent, les consommations des entreprises, activités commerciales, artisanales ou tertiaires avec une consommation en dessous du seuil des grands consommateurs ne sont pas considérées ici. Toutefois, au vu des données disponibles, les consommations électriques liées à ces activités sont déjà incluses dans les consommations électriques du parc bâti. De même, les consommations de chaleur liées au chauffage et à l'eau chaude sanitaire sont également incluses dans les consommations du parc bâti. Les projections pour ces consommations sont basées sur les objectifs d'efficacité énergétique des grands consommateurs issus des obligations légales fédérales et cantonales ;
3. Les consommations projetées liées à la mobilité. Les projections concernant la mobilité supposent une stabilisation des distances parcourues par personne, avec une évolution des modes de transport, suite au report modal et à l'augmentation notable des véhicules électriques dans le solde de transports individuels motorisés. Ces projections sont détaillées ci-après.

Les hypothèses détaillées prises pour l'estimation de ces consommations futures se trouvent à l'annexe 2. Les projections d'évolution de la population sur le périmètre compact selon le PALM 2016, en accord avec le Plan directeur cantonal (PDCn) et suivant le scénario démographique haut de StatVD, sont détaillées à l'annexe 3.

4.2 Evolution de la consommation d'énergie finale

Les consommations totales de chaleur et d'électricité estimées pour le périmètre compact à l'horizon 2030 et 2035 sont illustrées sur la Figure 6. Entre 2017 et 2035, nous pouvons observer une diminution de la consommation totale de chaleur et de carburants, due à la diminution dans le secteur des activités et de la mobilité. Cependant, pour le secteur des bâtiments, la diminution liée à la rénovation est contrebalancée par les nouvelles constructions. Cette tendance est montrée dans le Tableau 4.

La consommation totale d'électricité augmente entre 2017 et 2035. Cette augmentation est imputée d'une part au secteur de la mobilité (augmentation du nombre de voitures électriques et des transports publics fonctionnant à l'électricité) et, dans une moindre mesure, au secteur des bâtiments (augmentation liée aux nouvelles constructions prévues). En revanche, une baisse de la consommation électrique du secteur des activités est projetée en accord avec les objectifs des programmes d'amélioration de l'efficacité énergétique.

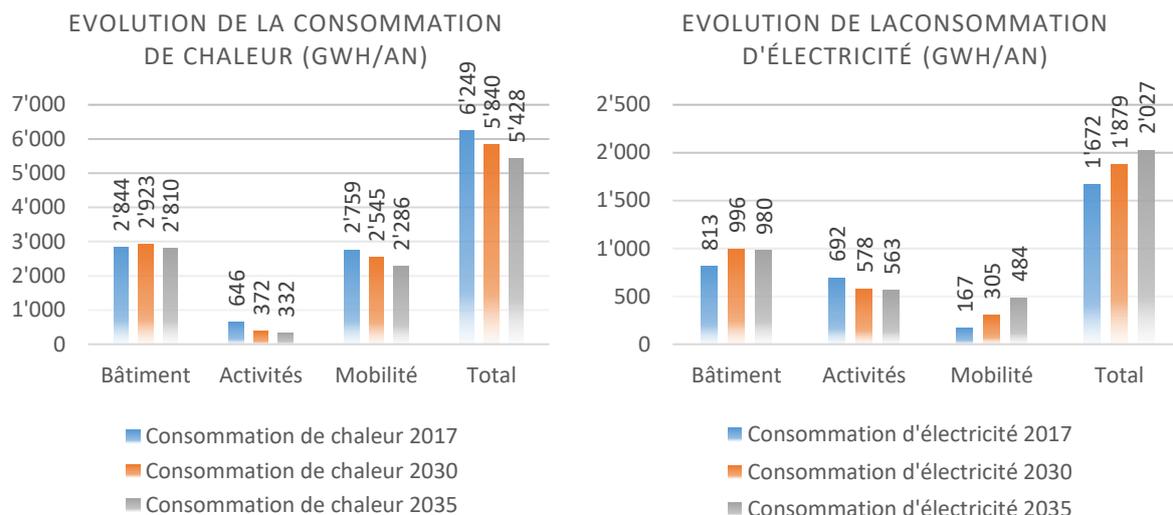


Figure 6: Évolution de la consommation de chaleur et d'électricité en énergie finale sur le périmètre compact. En ce qui concerne la chaleur pour la mobilité, il est question de l'énergie thermique consommée par les véhicules à moteur thermique.

	CONSOMMATION DE CHALEUR (GWh/an)				CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ (GWh/an)			
	2017	2030	2035	Évolution 2035	2017	2030	2035	Évolution 2035
Bâti existant	2'871	2'523	2'411	-15%	813	774	757	-6.8%
Mesures d'urbanisation		345	345	0%		195	195	
Zones à bâtir		55	55	0%		28	28	
Total	2'871	2'923	2 810	-1.2%	813	996	980	+20.5%

Tableau 4: Détail de l'évolution de la consommation du secteur du parc bâti

Ces résultats sont à mettre en relation avec l'évolution de la population sur le périmètre compact. Les consommations projetées, exprimées par habitant, sont illustrées sur la Figure 7. La consommation de chaleur rapportée par habitant présente une forte réduction, (-25% entre 2017 et 2030). La consommation d'électricité rapportée par habitant présente également une réduction (-13% entre 2017 et 2030).

Les résultats exprimés par habitant à la Figure 7 permettent la comparaison avec l'objectif global sur la réduction de la consommation d'énergie exprimé au chapitre 2.2. **Selon ces projections, la consommation globale (chaleur, carburant et électricité) d'énergie finale est estimée à 18 MWh/an par habitant en 2030. L'objectif pour le PALM visant une consommation globale d'énergie de 16 MWh/an par habitant, serait atteint en 2035.**

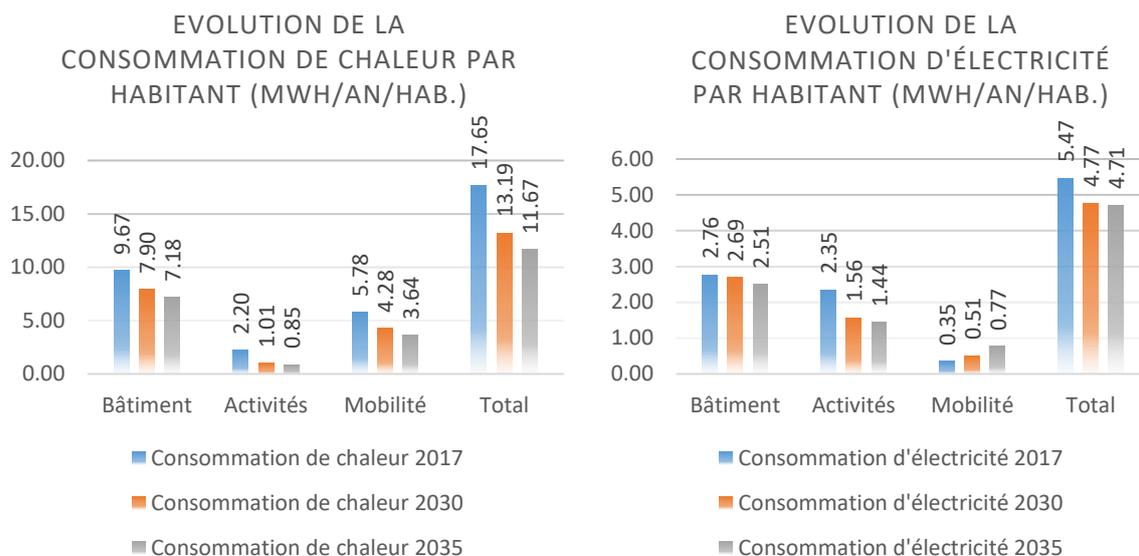


Figure 7: Évolution de la consommation de chaleur et d'électricité en énergie finale par habitant sur le périmètre compact. Pour la mobilité, les résultats sont calculés par habitant + emploi, et non par habitant.

4.3 Evolution de la couverture des besoins de chaleur et d'électricité

La couverture possible des besoins de chaleur à l'horizon 2030 (hors carburant) est illustrée à la Figure 8. Pour cette projection, il est considéré que les objectifs de valorisation par ressource énoncés au chapitre 2.2 sont atteints. Pour rappel, les mesures prévues par la planification énergétique du PALM contribueront à l'atteinte de ces objectifs mais doivent être complétées par des mesures prises à d'autres échelles. La diminution des besoins de chaleur et l'augmentation des ressources renouvelables permet une diminution importante de la consommation de gaz et de mazout. Nous pouvons observer une augmentation notable des ressources situationnelles nécessitant une pompe à chaleur (sondes géothermiques, eau du lac, eaux usées, air ambiant), ce qui engendrera une consommation d'électricité d'environ 160 GWh/an. Cette répartition des ressources correspond à l'objectif global énoncé au chapitre 2.2 d'atteindre une part renouvelable locale de 33% pour la chaleur (hors carburants), étant donné que cet objectif a été calculé sur la base des objectifs de valorisation par ressource.

De manière similaire, la couverture possible pour des besoins en électricité à l'horizon 2030, comprenant l'électricité liée à la mobilité, est illustrée à la Figure 9. La production locale reste minoritaire (environ 35%) en raison de l'absence de certaines ressources (hydraulique et éolien) dans le périmètre compact. Toutefois, les projections montrent une augmentation très importante du solaire photovoltaïque, couvrant environ 20% de la consommation. Selon ces projections, la part renouvelable locale correspond à 28% de la consommation d'électricité estimée à l'horizon 2030, y compris la mobilité. Comme pour la chaleur, la répartition des ressources pour les besoins en électricité correspond à l'objectif global énoncé au chapitre 2.2 d'atteindre une part renouvelable locale de 34% (hors mobilité), étant donné que cet objectif a été calculé sur la base des objectifs de valorisation par ressource.

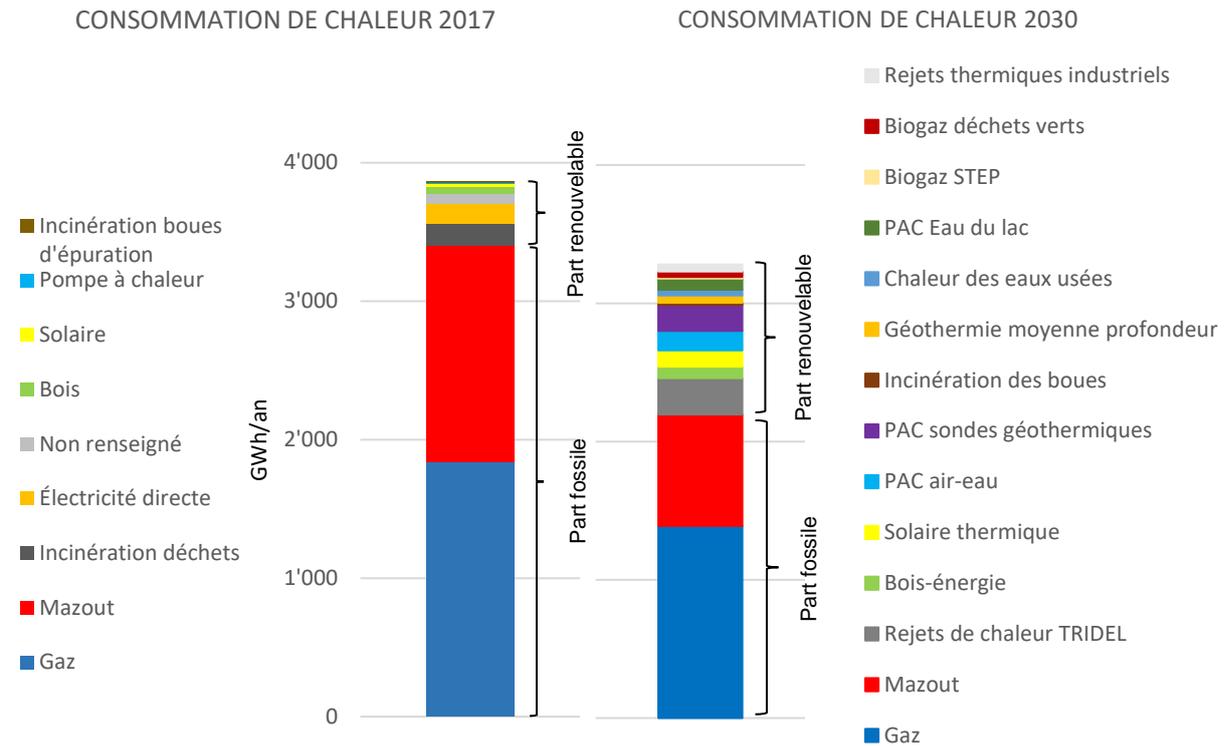


Figure 8: Couverture de la consommation de chaleur (hors carburant) en 2017 et projections à l'horizon 2030, en tenant compte des objectifs de valorisation par ressource pour la chaleur énoncés au chapitre 2. Les valeurs 2017 sont basées sur le cadastre des énergies. A noter que la consommation d'électricité des pompes à chaleur est comprise dans la consommation de chaleur.

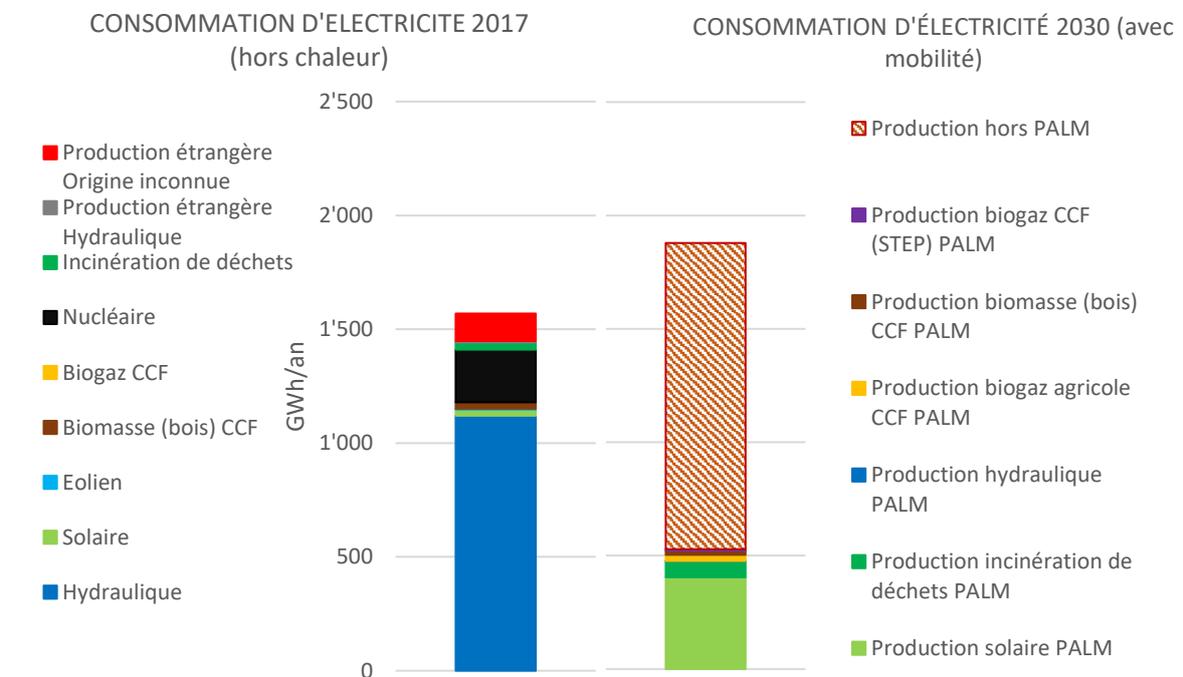


Figure 9: Couverture de la consommation d'électricité en 2017 (hors chaleur) et projections à l'horizon 2030, en tenant compte des objectifs de valorisation par ressource pour l'électricité énoncés au chapitre 3. Les besoins liés à la mobilité électriques sont compris dans les consommations 2030.

4.4 Evolution des besoins énergétiques liés à la mobilité

Afin d'analyser au mieux la situation future et d'observer l'évolution de l'impact énergétique et environnemental lié à la mobilité, des calculs estimatifs sur le développement de la mobilité ont été effectués en cohérence avec les projections consignées dans le rapport de contrôle d'efficacité et de monitoring du projet d'agglomération¹¹. Ce rapport estime notamment l'évolution de la part de transports individuels motorisés (TIM) des habitants de l'agglomération à l'horizon 2030.

Afin d'estimer les consommations d'énergie et les émissions de CO₂, la méthodologie utilisée dans le cadre de cette stratégie considère pour les TIM une charge moyenne des voitures « conducteur » de 1,6 occupant. Selon cette méthodologie, 60% des distances générées par les déplacements en lien avec les communes du périmètre compact du PALM ont été parcourues par des TIM en 2015. Des projections ont été estimées pour 2030 et 2035 en tenant compte des comportements différents entre les habitants du PALM et ceux venant de l'extérieur du PALM, mais effectuant des déplacements en lien avec l'agglomération.

Ainsi, la part modale TIM en distance parcourue des déplacements en lien avec le PALM devrait se réduire de 60% en 2015 à 52% en 2035. Le solde des distances parcourues par les différents autres moyens de transports a été réparti au prorata de la répartition de 2015, exception faite du doublement des distances parcourues à vélo pour les déplacements internes. En effet, le potentiel de développement du vélo électrique a été pris en compte. La part de voiture électrique projetée au sein des TIM, passe de 0.6% en 2018 à 30% en 2035 (voir la fiche M2 pour les valeurs détaillées)¹². Par simplification, cette répartition au sein du parc automobile a été reprise pour la répartition des distances parcourues en 2035. La part des voitures électriques dans les distances parcourues est donc estimée à 12% sur l'ensemble des moyens de transports en 2035.

RÉPARTITION MODALE DES DISTANCES PARCOURUES POUR LES DÉPLACEMENTS EN LIEN AVEC LE PALM				
	Situation actuelle (2015)		Projections 2035	
TIM		60%		52%
Voiture conducteur		57.6%		50.3%
(dont voiture électrique+hybride)		(0.6%)		(12%)
Deux-roues motorisés		2%		1.9%
TP + MD		40%		48%
Train	74.5%	30%	74.5%	35.6%
TP urbain	7.2%	2.7%	6.8%	3.2%
Autres TP régionaux	4.8%	1.9%	4.8%	2.3%
MD (à pied)	11.8%	4.6%	11.3%	5.4%
MD (vélo)	1.7%	0.6%	2.6%	0.7%
(dont vélo électrique)		(faible)		(1.1%) (0.5%)

Tableau 5: Répartition modale des distances parcourues et report modal des transports individuels motorisés (TIM) vers les transports publics (TP) et la mobilité douce (MD) à l'horizon 2035

À noter que dans cette projection, la mobilité individuelle, soit la longueur des déplacements par personne, est estimée constante entre 2015 et 2035. Ce postulat est une limite dans l'évaluation, car la tendance actuelle est plutôt à la hausse des distances parcourues par personne. Seule la répartition modale de ces déplacements évolue entre 2015 et 2035, ainsi que les distances totales, dû à la croissance démographique. Ces résultats sont illustrés à la Figure 10 et rapportés par habitant et emploi à la Figure 11.

¹¹ Contrôle d'efficacité et monitoring du projet d'agglomération de 3^{ème} génération (PALM 2016) révisé : indicateurs MOCA et indicateurs complémentaires

¹² Source : DGE, projections réalisées à l'échelle du Canton

Evolution de la consommation d'énergie finale (GWh/an)

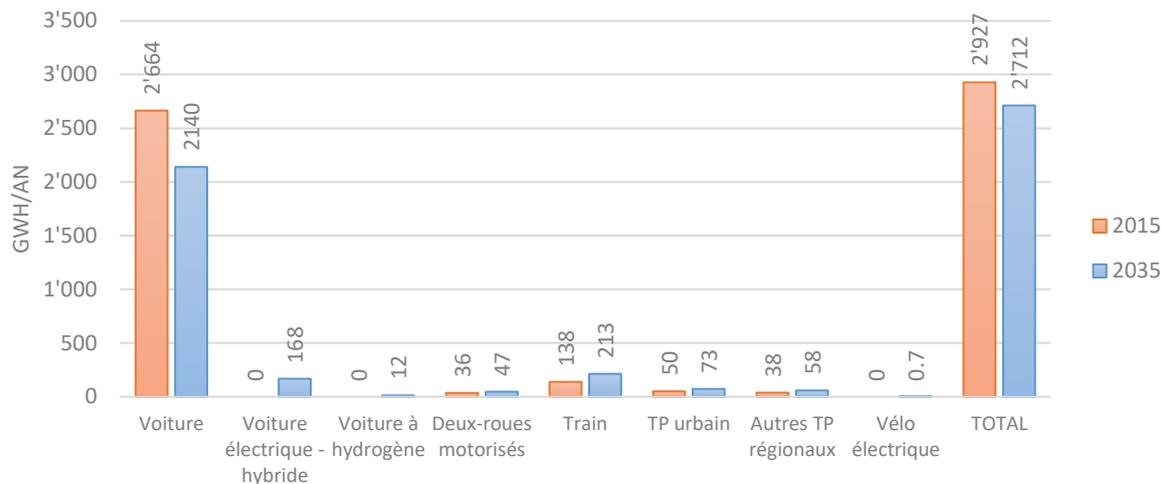


Figure 10: Consommation d'énergie finale liée à la mobilité en 2015 et à l'horizon 2035, pour les différents modes de transport

Evolution de la consommation d'énergie finale par habitant + emplois (MWh/an)

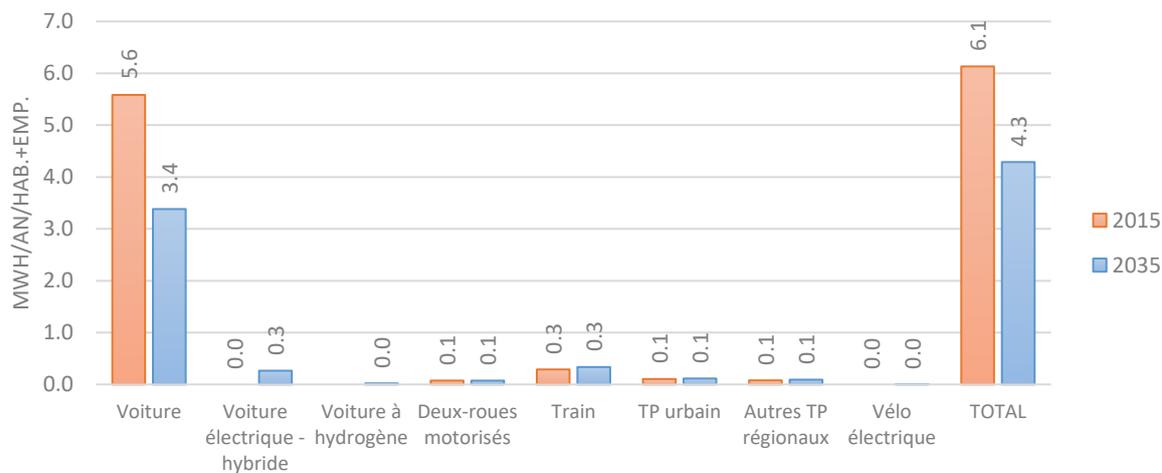


Figure 11: Consommation d'énergie finale liée à la mobilité par habitant et emplois en 2015 et à l'horizon 2035, pour les différents modes de transport

5. Annexes

1.	Leviers d'action correspondant aux axes d'action	27
2.	Hypothèses de calcul des consommations futures	32
3.	Projections d'évolution de la population et des emplois sur le PALM	36
4.	Densités thermiques futures à l'horizon 2035	37
5.	Projections pour l'approvisionnement des réseaux thermiques existants et futurs sur le PALM	38
6.	Adéquation entre les systèmes de production de chaleur individuels et les types de bâtiments	39

1. Leviers d'action correspondant aux axes d'action

RESSOURCES ENERGETIQUES ET RESEAUX D'APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE



Axe 1 - Développer les réseaux thermiques valorisant en priorité les ressources d'énergie renouvelable situationnelles

- Augmenter la part d'énergies renouvelables dans les réseaux thermiques existants. Cette augmentation peut se faire en valorisant plusieurs ressources renouvelables ou rejets de chaleur. En outre, la rénovation des bâtiments raccordés ainsi qu'une optimisation de la régulation des installations de chauffage permettra de diminuer les besoins de pointe, lesquels sont généralement couverts par des énergies fossiles.
- Augmenter le nombre de bâtiments raccordés aux réseaux existants, pour autant que la part d'énergies renouvelables soit maintenue dans le réseau. De nombreux bâtiments sur le périmètre compact sont alimentés au gaz naturel fossile ou au mazout et doivent faire l'objet d'un assainissement des installations techniques, ce qui est une opportunité pour un raccordement.
- Coordonner le développement territorial des différents réseaux (électriques, gaziers et thermiques), avec notamment l'évolution du réseau de gaz et les projets de territoire, y compris sur les zones d'activité. Cette coordination peut être effectuée dans le cadre des planifications énergétiques territoriales. Par ailleurs, la convergence ou l'interopérabilité des réseaux, qui consiste à exploiter ces différents réseaux dans une approche systémique globale va gagner en importance à l'avenir. Cela permet une meilleure intégration des productions renouvelables ainsi que des solutions de stockage.
- Améliorer l'efficacité énergétique des réseaux existants et des nouveaux réseaux, en optimisant leur concept énergétique (niveaux de températures, réseaux tri-tubes, rejets de chaleur, solutions de stockage : notamment en utilisant le solaire thermique pour un stockage dans des cuves ou dans le sol).

Leviers d'action spécifiques à certaines ressources:

Géothermie moyenne profondeur :

- Priorité d'utilisation de cette ressource dans les zones identifiées avec un potentiel, lors de la planification des projets de construction et de densification. La valorisation de cette ressource doit se faire via un réseau thermique (existant ou à développer, voir également la mesure 2).
- Actions de communication (par exemple démarches participatives) afin de favoriser l'acceptation sociale des projets.

Eau du lac :

- Utilisation de cette ressource via des réseaux thermiques pour (voir la mesure 5):
 - Les besoins de chaleur basse et moyenne température des bâtiments à proximité du lac, se trouvant dans les zones offrant une densité thermique favorable. Des pompes à chaleur peuvent être installées par bâtiment ou de manière centralisée selon le concept de réseau ;
 - Les besoins de froid des bâtiments à proximité de la côte, se trouvant dans les zones offrant une densité thermique favorable.

Nappes superficielles :

- Veiller à une utilisation rationnelle des nappes en regroupant les installations de pompage et une utilisation combinant des besoins de chaleur et de froid.

Bois-énergie :

- Utilisation du bois-énergie pour l'alimentation des réseaux thermiques, ce qui permet une meilleure efficacité énergétique et des émissions polluantes (particules fines, NO_x) nettement plus faibles par rapport aux installations individuelles, le périmètre du PALM se trouvant en zones à immissions excessives (voir la mesure 3).
- Utilisation du bois-énergie majoritairement pour les besoins de chaleur à haute température (réseau dans une zone avec des bâtiments anciens, zones industrielles, etc.) ou pour la cogénération.
- Valorisation de tous les assortiments disponibles, en particulier le bois usagé.
- Utilisation des nouvelles technologies de transformation du bois-énergie, notamment la gazéification et la pyrolyse.
- Adapter la capacité des centrales existantes à la demande de chaleur grandissante afin de limiter la part d'énergie non renouvelable utilisée dans les réseaux thermiques alimentés par du bois.

Biogaz :

- Mise en place d'une installation de production de biogaz à partir des biodéchets (voir la mesure 4).
- Valorisation de la chaleur lors de l'emplacement de nouvelles installations de méthanisation (STEP, biodéchets, déchets agricoles). En effet, la cogénération présente un bilan énergétique favorable par rapport à une épuration puis injection dans le réseau de gaz et devrait être privilégiée.

Axe 2 - Promouvoir la valorisation des énergies renouvelables pour les chauffages individuels dans les bâtiments neufs et existants sans possibilité de raccordement aux réseaux thermiques

- Installations de chauffage valorisant les ressources renouvelables situationnelles dans les bâtiments neufs : sondes nappes phréatiques et pompe à chaleur eau/eau, sondes géothermiques et pompes à chaleur sol/eau, pompes à chaleur air/eau. La Figure 2 donne les ressources à valoriser en priorité.
- Remplacement des installations de chauffage à mazout et à gaz par des installations valorisant les énergies renouvelables : l'annexe 6 fournit des recommandations pour guider les propriétaires dans leur choix, en fonction du niveau de température requis

Les leviers d'action spécifique à certaines ressources :

Solaire thermique :

- Installation de panneaux thermiques sur les bâtiments non inscrits ou non classés à l'inventaire des monuments historiques, pour lesquels cette technologie s'avère énergétiquement plus pertinente que le solaire photovoltaïque. Pour ces bâtiments, un simple devoir d'annonce est applicable selon la loi fédérale sur l'aménagement du territoire. L'objectif de production de 130 GWh/an en 2030 correspond à couvrir 30% des besoins d'eau chaude sanitaire en 2030.

Géothermie de faible profondeur et air ambiant :

- Favoriser les installations de sondes géothermiques par rapport aux pompes à chaleur sur l'air ambiant pour un meilleur rendement énergétique (moins de consommation d'électricité).
- Optimiser les installations de sondes géothermiques en favorisant les installations communes et en les combinant avec la recharge thermique du sous-sol, par exemple par le solaire thermique.

Bois-énergie :

- Restriction des installations individuelles de chauffage à bois afin de réduire les immissions de particules fines (voir également les préconisations du Plan de mesures OPAIR, fiche EN-5 sur les installations de chauffage à bois de faible puissance). Le bois est à valoriser au maximum dans les réseaux thermiques, ce qui permet une meilleure efficacité énergétique et une maîtrise des émissions polluantes (particules fines, NO_x).

Axe 3 - Réserver l'utilisation du gaz naturel fossile à des besoins spécifiques

- Remplacement des chaudières à gaz ou à mazout en fin de vie, par des solutions individuelles basées sur les énergies renouvelables.

Les autres leviers d'action concernant l'utilisation le gaz naturel fossile sont décrits dans la stratégie cantonale pour le gaz.

Axe 4 - Favoriser la production d'électricité décentralisée et l'autoconsommation

- Installations solaires photovoltaïques pour une production allant au-delà du minimum légal exigé pour les bâtiments neufs.
- Installation de panneaux photovoltaïques sur les bâtiments non inscrits ou non classés à l'inventaire des monuments historiques. Pour ces bâtiments, un simple devoir d'annonce est applicable selon la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (voir les mesures 6 et 7).
- Installation de panneaux photovoltaïques sur les bâtiments situés dans les zones d'activités, pour lesquelles les demandes en électricité sont fortes et les surfaces de toitures souvent importantes.
- Regroupements de consommation propres dans les nouveaux quartiers et les zones d'activité.

D'autres leviers d'action sont décrits dans la stratégie cantonale pour l'énergie solaire.

PARC BATI



Axe 1 - Promouvoir l'assainissement énergétique du parc bâti existant

- Rénovations énergétiques des bâtiments, en incitant à des rénovations plus complètes des bâtiments à la fois sur l'enveloppe mais aussi sur les installations techniques, par exemple en soutenant les audits énergétiques de type CECB+ (voir mesure 8). Lorsque les installations basées sur des énergies fossiles arrivent en fin de vie, elles devraient être remplacées par des solutions basées sur des énergies renouvelables à valoriser de manière individuelle ou dans les réseaux thermiques, selon les cartes stratégiques pour le développement des réseaux et de l'approvisionnement décentralisé. La compatibilité entre les différentes solutions pour la production de chaleur et les types de bâtiments est indiquée à l'annexe 6.
- Densification du bâti existant (agrandissement, surélévation) avec rénovation énergétique. Un projet d'extension peut offrir des opportunités intéressantes pour la rénovation globale du bâtiment.
- Rénovation énergétique des bâtiments protégés et des bâtiments situés dans un site protégé grâce à l'isolation par l'intérieur. Dans ce cas, certaines mesures (ventilation, pare-vapeur, préservation des poutres, etc) doivent être prises pour éviter des problèmes de condensation.
- Exemplarité des bâtiments publics par la rénovation exemplaire sur le plan énergétique.
- Optimisation énergétique des installations techniques des bâtiments pour la production de chaleur et de froid. La conception de ces installations peut être optimisée par une analyse globale du bâtiment (par exemple lors d'un CECB+). Leur fonctionnement peut être optimisé lors de contrôles techniques réguliers. Dans la plupart des cas, il résulte de cette action d'importantes économies énergétiques et financières.
- Information aux propriétaires concernant les opportunités d'aides financières est également un élément important, notamment pour le remplacement d'installations utilisant de l'énergie fossile ou pour la mise en place d'installations solaires.

Axe 2 - Minimiser la consommation d'énergie des bâtiments neufs

- Exemplarité des bâtiments publics sur le plan énergétique.
- Optimisation des installations techniques, utilisation d'appareils électroménagers économes (classe A ou supérieur) et adaptation de l'éclairage (LED, détecteurs de présence, etc.).
- Production d'énergie sur site : principalement par le solaire photovoltaïque, ainsi que par les pompes à chaleur et le solaire thermique si le bâtiment n'est pas, ou ne peut pas être, raccordé à un réseau thermique. Les projets de planification doivent clairement identifier les surfaces dédiées à l'énergie solaire thermique. Toutefois, la priorité entre le solaire thermique et photovoltaïque doit être étudiée au cas par cas, car elle dépend des caractéristiques du bâtiment (besoins de chaleur, de rafraîchissement et d'électricité, système de production de chaleur). Par exemple, les panneaux photovoltaïques sont à privilégier pour les bâtiments présentant une importante consommation d'électricité la journée (bureaux, commerces) et sont intéressants pour les bâtiments chauffés par des pompes à chaleur. Les panneaux solaires thermiques seront dimensionnés principalement en fonction des besoins en eau chaude sanitaire, mais peuvent également s'avérer utiles dans le cas d'un champ de sondes, pour la régénération du sous-sol¹³. Une autre solution est l'utilisation de panneaux solaires hybrides, permettant la production photovoltaïque et thermique simultanées, certes avec des rendements plus faibles. Finalement, tous les panneaux solaires peuvent être combinés avec des toitures végétalisées. Celles-ci apportent un léger bénéfice au niveau énergétique (diminution des besoins de rafraîchissement en été) et présentent d'autres avantages en matière de gestion urbaine (gestion des eaux, rafraîchissement urbain, etc.).
- Sensibilisation des utilisateurs aux bonnes pratiques, notamment pour l'aération des bâtiments et pour l'optimisation du fonctionnement des installations. Ce levier d'action est particulièrement important pour les bâtiments avec un haut standard énergétique.

¹³ Les panneaux solaires thermiques offrent la possibilité d'injecter de la chaleur dans les sondes, ce qui conduit a priori une meilleure régénération que le géocooling (simple circulation de l'eau dans les sondes) ou le fonctionnement des PAC en inverse. Toutefois, ces deux dernières solutions permettent le refroidissement des bâtiments.

ACTIVITES



Axe 1 - Identifier les zones propices pour les activités ayant des besoins de chaud ou de froid importants

Les leviers d'action pour cet axe sont décrits dans la mesure 10.

Axe 2 - Augmenter l'efficacité énergétique des entreprises

- Audits énergétiques des entreprises, comme les audits pour les sites grands consommateurs d'énergie.
- Planification énergétique à l'échelle des zones d'activité (voir la mesure 9): Ces zones ont souvent des caractéristiques très spécifiques et méritent une planification énergétique particulière et plus précise que l'échelle communale.
- Synergies énergétiques pour les zones d'activités s'étend sur deux ou plusieurs communes : La limite communale fait souvent office de barrière lors de projets d'aménagement. Les communes possédant des zones d'activités en commun devraient se coordonner davantage afin de maximiser l'efficacité énergétique de ces zones d'activités.
- Valorisation des rejets de chaleur sur le site de l'entreprise ou mise à disposition de ces rejets pour les bâtiments à proximité, par exemple dans le cadre du développement d'un chauffage à distance :
- Mesures de type écologie industrielle au sein de l'entreprise : la valorisation de ressources (énergie, matière) peut parfois être effectuée directement à l'intérieur de l'entreprise. Cette démarche est plus aisée à mettre en place qu'une démarche à l'échelle de la zone d'activité, car elle ne nécessite pas de coordination avec les autres acteurs.
- Installations solaires photovoltaïques, si possible sous la forme de regroupements de consommation propre, sur les zones d'activité : Les bâtiments présents sur les zones d'activités sont souvent d'importants consommateurs d'électricité. Ainsi, l'objectif est de maximiser la production électrique renouvelable sur site, et les connexions entre les entreprises productrices et consommatrices. De cette manière, l'impact environnemental de ces consommations est limité, de même que leur impact potentiel sur la stabilité du réseau électrique.
- Plans de mobilité des entreprises : le but est de limiter la génération de trafic motorisé des employés et des usagers, en particulier aux heures de pointes et de trouver des solutions sur mesure (réduction des déplacements, transports publics, mobilité douce, covoiturage, gestion du stationnement).

MOBILITE**Axe 1- Favoriser le transfert modal vers les transports publics et la mobilité douce**

- Utilisation des prestations des transports publics sur l'ensemble du périmètre compact: étendre le comportement de mobilité urbain de centre-ville, c'est-à dire l'utilisation des transports publics et de la mobilité douce, à l'ensemble du périmètre compact.
- Aménagement du réseau routier pour faciliter l'usage de la mobilité douce, notamment l'utilisation du vélo électrique, pour les déplacements courts et le rabattement vers les transports publics.
- Rabattement des transports individuels motorisés vers les principales interfaces de transport (intermodalité via P+R ou P+B)¹⁴.
- Règlementation du stationnement (dimensionnement et gestion).

Axe 2 - Favoriser l'emploi de véhicules respectueux de l'environnement et à faible consommation

- Emploi de véhicules à faible consommation et à faible impact environnemental, pour le solde de véhicules à la suite du report modal : L'utilisation de véhicules électriques ou à hydrogène n'est recommandée que si l'électricité utilisée est majoritairement renouvelable. Le mix actuel utilisé dans le PALM, dans la mesure où il est maintenu, convient à cette utilisation (75.6% renouvelable).
- Exemplarité des collectivités publiques : Certaines communes ont aujourd'hui adapté leur flotte en optant pour un certain nombre de véhicules électriques (véhicules de voirie, voiture de fonction). Les véhicules électriques et à hydrogène au sein de ces flottes doivent progressivement remplacer les véhicules à moteur thermique, et les véhicules légers et/ou peu énergivores doivent si possible être privilégiés (vélo électrique ou scooter électrique). Pour exemple, les taxis lausannois se sont engagés à ne plus émettre de CO₂ d'ici 2025 et des réflexions sont en cours pour l'électrification des véhicules thermiques des Transports Lausannois.
- Développement du réseau des bornes de recharge publiques pour la mobilité électrique, afin de répondre à la croissance de celle-ci : L'implantation de bornes de recharge sur voirie dans certains quartiers résidentiel, où l'offre en stationnement privée est insuffisante, est un enjeu. L'implantation de ces bornes de recharge doit être coordonnée avec la stratégie mobilité de l'agglomération. En particulier, s'assurer que les zones stationnement ciblées pour l'implantation des bornes soient maintenues à moyen terme.
- Installation de bornes de recharge domestiques, pour la mobilité électrique en particulier dans les bâtiments locatifs : Ce levier est important dans le cadre de la mutation des transports individuels motorisés vers une mobilité électrique. La voiture électrique devient en effet très attractive pour les utilisateurs qui peuvent la recharger à domicile.
- Installations de stations à hydrogène en priorité à proximité des entreprises possédant des flottes de véhicules, principalement dans les zones d'activités : L'autonomie des véhicules de transport (camions, camionnettes, bus) étant plus importante, ils peuvent être rechargés à leur point de départ.

¹⁴ Le Canton a mis sur pied une stratégie dans le but d'aménager des interfaces de transports publics d'importance cantonale et de développer des parkings d'échange pour automobiles, deux-roues motorisés et vélos.

2. Hypothèses de calcul des consommations futures

Parc bâti :

Le calcul des consommations futures du parc bâti se base sur 3 calculs distincts :

- Le calcul des consommations futures liées au bâti existant, après rénovation
- Le calcul des consommations futures liées aux mesures d'urbanisation réalisées d'ici à 2035
- Le calcul des consommations futures liées aux réserves de zones à bâtir

Les hypothèses suivantes sont considérées pour chaque calcul.

1. Consommations futures liées au bâti existant, après rénovation :

TAUX DE RÉNOVATION DES BÂTIMENTS	
Taux de rénovation annuel global	1.2%
Taux de rénovation annuel (bât. avant 2000*)	1.9%
Ratio SRE/SBP	0.8
Début de période	2018
Fin de période	2035

*Bâtiments non rénovés : bâtiments de classés au patrimoine de note 1 à 3, et bâtiments construits ou rénovés après 2000.

PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES DES BÂTIMENTS RÉNOVÉS		
Affectations	Besoins spécifique Minergie chauffage (rénovation) – kWh/m ² /an	Besoins spécifique Minergie électricité (rénovation) – kWh/m ² /an
Logement individuel	48.75	29
Logement collectif	48.75	22
Administration	45.375	24
École	48	13
Commerce	31.5	34
Restauration	57.75	40
Rassemblement	54	22
Santé	47.4	32
Industrie	52.8	19
Dépôt	63	10
Installations sportives	74.4	10

RENDEMENTS DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE	
Mazout	0.85
Gaz	0.85
Électricité	0.93
Bois	0.7
PAC (COP)	3.5
Solaire thermique	1
CAD	0.85
Autre agent	0.85
Inconnu	0.85
Non renseigné	0.85
<i>Rendement moyen calculé</i>	<i>0.9</i>

2. Consommations futures liées aux mesures d'urbanisation réalisées d'ici à 2035

Les hypothèses suivantes sont considérées pour les mesures d'urbanisation du PALM ainsi que pour les performances énergétiques des bâtiments neufs.

HYPOTHÈSES POUR LES MESURES D'URBANISATION	
Surface moyenne par habitant (m ²)	50
Ratio SRE/SBP	0.8
SRE minimale par parcelle (m ²)	100
Rendement moyen des installations	0.90
Affectation	Logement collectif

PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES DES BÂTIMENTS NEUFS				
Affectations	Besoins spécifique Minergie chauffage (neuf) – kWh/m ² /an	Besoins spécifique Minergie ECS (neuf) – kWh/m ² /an	Besoins spécifique Minergie Rafrachissement (neuf) – kWh/m ² /an	Besoins spécifique Minergie électricité (neuf) – kWh/m ² /an
Logement individuel	32.5	21	0	28
Logement collectif	42.25	14	0	22
Administration	30.25	7	18	22
École	32	7	0	11
Commerce	21	7	13	33
Restauration	38.5	56	14.4	33
Rassemblement	36	14	0	17
Santé	31.6	28	8.4	28
Industrie	35.2	7	0	17
Dépôt	42	1	0	6
Installations sportives	49.6	83	0	6

3. Consommations futures liées aux réserves de zones à bâtir

La prise en compte des réserves de zones à bâtir est faite de la manière suivante :

- Parcelle libre de forme inadéquate : prise en compte
- Parcelle déjà comptée dans mesure d'urbanisation : non prise en compte
- Zone de densification : seulement 1/3 de chaque parcelle prise en compte

Concernant la SRE et le rendement moyen des installations, les mêmes hypothèses sont considérées que pour les mesures d'urbanisation.

Activités :

Les hypothèses suivantes sont considérées pour les sites grands consommateurs d'énergie :

- Pas de nouveau grand consommateur prévu (très peu de nouveaux sites grands consommateurs)
- Réduction des consommations de chaleur et d'électricité des grands consommateurs actuels de :
 - 10% en 2030
 - 15% en 2035

Cette hypothèse est cohérente avec les objectifs de réduction de la consommation d'énergie des grands consommateurs ainsi qu'avec la tendance observée pour ces sites.

Mobilité :

L'état actuel de la répartition des différents types de véhicules de tourisme parmi les immatriculations et les projections pour les horizons 2030 et 2035 sont donnés ci-dessous. Au vu des efforts du marché et des politiques pour développer la mobilité électrique, celle-ci devrait être prédominante en 2035 (30% des immatriculations pour les voitures hybrides rechargeables et 100% électriques, selon ces projections).

REPARTITION DES VEHICULES DE TOURISME PARMIS LES IMMATICULATIONS			
Type de véhicule	Répartition		
	2018	2030	2035
Voitures à essence	68.7%	53%	32%
Voitures au diesel	28.6%	2%	0.1%
Voitures hybrides non rechargeables	1.8%	26%	34%
Voitures hybrides rechargeables	0.3%	7%	11%
Voitures 100% électriques	0.3%	10%	19%
Voiture à gaz	0.3%	0.2%	0.2%
Voiture à hydrogène	0.0%	0.9%	2.2%
TOTAL	100%	100%	100%

La consommation en énergie finale et en énergie primaire des différents modes de transport est donnée ci-dessous :

CONSOMMATION EN ÉNERGIE FINALE DES DIFFÉRENTS MODES DE TRANSPORT					
	Energie finale		Energie primaire		CO ₂ [g éq]
	Consommation énergie finale par véhicule [kWh/km]	Source	Consommation énergie primaire par véhicule [kWh/km]	Charge véhicules Mobitool [pers./véh.]	
Voiture	0.79	HBEFA	1.46	1.6	197
Voiture électrique - hybride	0.16	Mobitool	1.05	1.6	137
Voiture à hydrogène	0.50	EMPA	1.05	1.6	70
Camions	3.18	HBEFA	23.83	1	134
Deux-roues motorisés	0.41	HBEFA	0.91	1.3	145
Bus urbain	4.36	HBEFA	6.36	10	145
Autres TP régionaux	3.38	HBEFA	6.36	10	58
Trolleybus	2.76	TL	9.82	19	25
Train grande ligne	14.48	CFF	23.59	193	7
Train	8.91	CFF	14.58	99	8
Train régional	13.45	CFF	35.56	173	8
Autres TC	79.00	CGN	101.73	336	151
Tram	4.75	CFF	18.61	34	3
Vélo électrique	0.01	Mobitool	0.10	1	16

Les facteurs pour la voiture électrique – hybride sont calculés sur la base des facteurs mobitool (auxquels le mix électrique actuel a été appliqué) et de la répartition future de la mobilité électrique entre voitures 100% électriques et voitures hybrides rechargeables. Le mix électrique actuel a été appliqué à tous les facteurs concernés par l'électricité.

L'augmentation des distances parcourues pour 2030 et 2035 est proportionnelle à l'augmentation de la population (habitants + emplois), la distance parcourue par personne étant considérée comme identique entre aujourd'hui et 2035. L'évolution de la population est chiffrée à l'annexe 3.

Concernant les projections pour la mobilité à l'horizon 2035, les consommations d'électricité et de chaleur (carburants) comprennent les moyens de transports suivants :

- Consommation d'électricité liée à la mobilité:
 - Voiture électrique + hybride
 - Voiture à hydrogène
 - Train
 - Trolleybus, soit 50% des TP urbains
 - Vélo électrique

- Consommation de chaleur (carburants) liée à la mobilité:
 - Voiture
 - Deux-roues motorisés
 - Autobus, soit 50% des TP urbains

3. Projections d'évolution de la population et des emplois sur le PALM

Les projections pour l'évolution de la population et des emplois sont basées sur le PALM 2016, qui est en accord avec le Plan Directeur Cantonal et suit le **scénario démographique haut** de StatVD.

Communes du périmètre compact:

Habitants 2015	300 350
Habitants + Emplois 2015	477 250

Ces valeurs pour l'année 2015 sont utilisées dans le cadre des bilans pour la mobilité, les données concernant l'ensemble des communes du périmètre compact.

Évolution sur les communes du périmètre compact	Total 2030	Total 2035
Population	371 218	394 841
Emplois	224 900	237 680
Population + emplois	596 118 (+25%)	632 521 (+32.5%)

Périmètre compact (indépendamment des frontières communales):

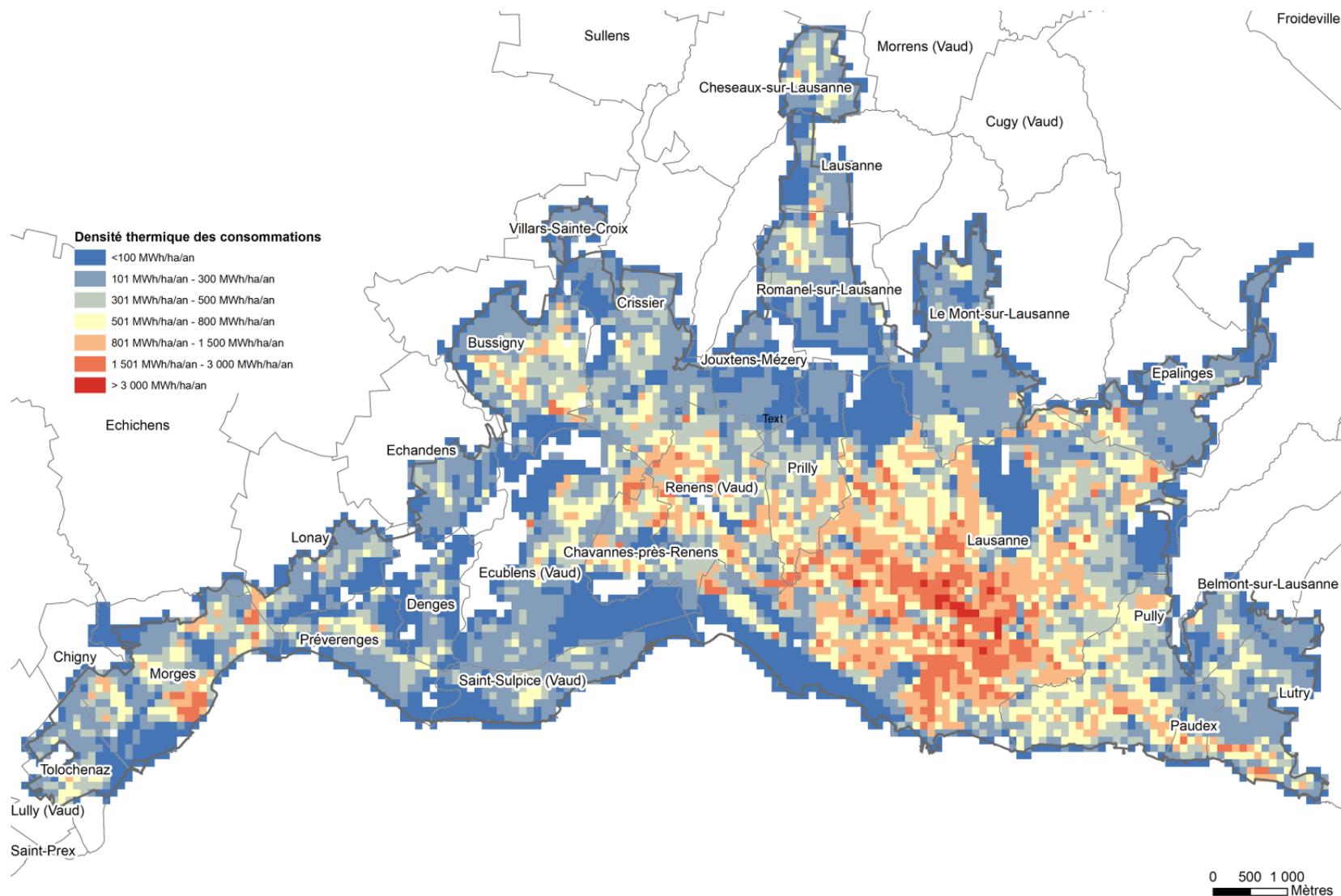
Habitants 2017	294 000
Habitants + Emplois 2017	477 300

Ces valeurs sont utilisées pour les calculs concernant le parc bâti et la mobilité.

Évolution sur le périmètre compact	Total 2030	Total 2035
Population	369 810	391 110
Emplois	224 900*	237 680*
Population + emplois	594 710 (+24.5%)	628 790 (+31.8%)

* Faute de données disponibles pour les emplois en 2015 sur le périmètre compact, les valeurs pour les **communes** du périmètre compact sont reprises.

4. Densités thermiques futures à l'horizon 2035



5. Projections pour l’approvisionnement des réseaux thermiques existants et futurs sur le PALM

Le tableau ci-dessous détaille, pour chaque zone où un réseau est envisagé à l’horizon 2035 selon la stratégie énergétique du PALM (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), la part des besoins de chaleur couverts par le réseau, ainsi que l’agent énergétique principal pouvant alimenter le réseau. Ces valeurs tiennent compte des projets de développement de réseaux selon les planifications énergétiques communales, des disponibilités et priorités d’utilisation des ressources ainsi que de l’adéquation avec les besoins énergétiques futurs.

DENSIFICATION DES RESEAUX EXISTANTS ET NOUVEAUX RESEAUX ENVISAGES SELON LA STRATEGIE ENERGETIQUE DU PALM					
Zone réseau thermique	Besoins de chaleur sur la zone (GWh/an)	Besoins de chaleur de la zone couverts par le réseau (GWh/an)	Part des besoins de chaleur de la zone couverts par le réseau (%)	Agent énergétique principal	
Réseaux existants – densification	CAD SIL Lausanne et CADOUEST	655	492	75%	Rejets thermiques TRIDEL
	Morges - Préverenges	47	23	70%	Rejets thermiques STEP Morges
	UNIL - EPFL	92	90	98%	Eau du lac
	Crissier – CRICAD (y compris extension)	35	11	32%	Bois usagé
	Bussigny	1	1	100%	Bois de forêt
	Autres réseaux (Marcelin, Cery, Montjoie, Cité fleurie)	5	4	80%	Bois de forêt
Nouveaux réseaux	Lausanne	1255	63	5%	Géothermie
	Lausanne - Pully – Paudex - Lutry	43	9	20%	Rejets thermiques STEP Pully
	Lausanne - Vidy	29	22	75%	Rejets thermiques STEP Vidy
	Bussigny Sud	34	14	40%	Géothermie
	Romanel	24	9	40%	Géothermie
	Morges - Tolochenaz	22	11	50%	Eau du lac
	Bussigny Nord	14	6	40%	Géothermie
	St-Sulpice	9	7	80%	Eau du lac
	ZA Lausanne-Vernand	1	1	80%	Géothermie
	Morges – Hôpital	15	11	70%	Bois
	Morges - CAD Gottaz et Vogéaz	10	6	60%	Bois
Total	2'292	778	34%		

6. Adéquation entre les systèmes de production de chaleur individuels et les types de bâtiments

Les priorités à considérer pour l’approvisionnement en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) des bâtiments, selon s’ils sont situés dans une zone favorable à un réseau thermique ou hors zone favorable, et selon la température requise pour le chauffage sont donnés dans le tableau ci-dessous. Elles sont également énoncées dans les perspectives chaleur cantonales.

	PRIORITÉ	BÂTIMENTS AVEC UN CHAUFFAGE À HAUTE TEMPÉRATURE (PAS DE RÉNOVATION PRÉVUE PROCHAINEMENT)	BÂTIMENTS AVEC UN CHAUFFAGE BASSE TEMPÉRATURE
Zone favorable à un réseau thermique	1	Raccordement à un réseau thermique existant à haute température alimenté par des ressources renouvelables (géothermie profonde, bois, rejets de chaleur HT, biogaz)	Raccordement à un réseau thermique existant à basse ou moyenne température alimenté par des ressources renouvelables (eau du lac, rejets de chaleur BT)
	2	Raccordement à un réseau thermique existant ou nouveau à basse ou moyenne température alimenté par des ressources renouvelables à l'aide d'une PAC (eau du lac, rejets de chaleur BT)	Raccordement à un réseau thermique existant à haute température alimenté par des ressources renouvelables situationnelles (géothermie profonde, rejets de chaleur HT, biogaz) pour autant qu'il y ait suffisamment de chaleur disponible
	3	Solution individuelle : ressource renouvelable situationnelle (ex. solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire)	Solution individuelle : ressource renouvelable situationnelle (ex. PAC sol-eau, PAC eau-eau, PAC air-eau, solaire thermique, chaleur eaux usées)
	4	Solution individuelle : ressource renouvelable non situationnelle (ex. bois)	Solution individuelle : ressource renouvelable non situationnelle (ex. bois)
Zone non favorable à un réseau thermique	1	Solution individuelle : ressource renouvelable situationnelle (ex. solaire thermique)	Solution individuelle : ressource renouvelable situationnelle (ex. PAC sol-eau, PAC eau-eau, PAC air-eau, solaire thermique, chaleur eaux usées)
	2	Solution individuelle : ressource renouvelable non situationnelle (ex. bois)	Solution individuelle : ressource renouvelable non situationnelle (ex. bois)
	3	Solution individuelle : ressource non renouvelable (gaz si le réseau est présent)	-

Tableau 6 : Priorités d'utilisation des ressources pour l'approvisionnement en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) des bâtiments selon s'ils sont situés dans une zone favorable à un réseau thermique ou hors zone favorable, et selon la température requise pour le chauffage.

La compatibilité entre les différents systèmes décentralisés pour la production de chaleur et le type de bâtiment est déterminée par la température nécessaire pour le chauffage. Celle-ci dépend généralement de l'âge et de la rénovation du bâtiment, ainsi que du système de distribution de la chaleur (chauffage au sol, radiateurs) pour les bâtiments construits avant 2000. Les indications du Tableau 7 font office de guide général, mais certains cas particuliers peuvent déroger à ces règles. En complément, il est nécessaire de respecter les principes de priorité d'utilisation des ressources énoncés ci-dessus.

SOLUTION POUR LA PRODUCTION DE CHALEUR	CHAUFFAGE			EAU CHAUDE SANITAIRE
Température du chauffage	35°C	55°C	70°C	

Sondes géothermiques et PAC	X	X	X	X Adapté pour du préchauffage
PAC air-eau	X	X	X	X Adapté pour du préchauffage
Chaleur des eaux usées et PAC	X	X	X	X Adapté pour du préchauffage
Solaire thermique	X Préchauffage, complément requis	X	X	X
Bois (chaudière individuelle)	X	X Non idéal au vu de la protection de l'air	X	X
Gaz (chaudière)	X	X Non idéal car non renouvelable	X	X

Tableau 7 : Compatibilité entre les solutions décentralisées pour l'approvisionnement en chaleur et les températures nécessaires pour le chauffage des bâtiments

X : idéal

X : techniquement possible, pas idéal

X : inadapté

Pour les process industriels, le bois-énergie est la seule énergie renouvelable de flamme avec le biogaz en moindre mesure. Si le niveau de température est adéquat, le bois-énergie peut être utilisé tout en respectant les aspects environnementaux et en lien avec le potentiel.

SOLUTION POUR LA PRODUCTION DE CHALEUR	PROCESS INDUSTRIELS
Bois (éventuellement avec cogénération)	X Dépendant du niveau de température
Gaz ou biogaz (éventuellement avec cogénération)	X
Rejets thermiques (éventuellement avec cogénération)	X Dépendant du niveau de température