



**TRIFORM SA**  
POUR L'ENVIRONNEMENT  
FÜR DIE UMWELT

1704 **FRIBOURG**, COURT-CHEMIN 19, T 026 347 22 77  
1009 **PULLY**, AV. DES COLLEGES 6, T 021 312 07 34  
TRIFORM@TRIFORM.CH, WWW.TRIFORM.CH

*Canton de Vaud*

*Commune de Morges*

## **ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE**

**PPA MORGES GARE SUD**

*Version Octobre 2010*



## **Table des matières**

<b>Références</b>	<b>4</b>
<b>1. Introduction</b>	<b>6</b>
1.1 Contexte	6
1.2 Description succincte du projet	6
1.3 Objectifs de l'étude	7
<b>2. Méthodologie</b>	<b>8</b>
<b>3. Performances thermiques</b>	<b>9</b>
3.1 Scénarios de base	9
3.2 Critères d'évaluation	9
3.3 Analyse de variantes	10
<b>4. Agent énergétique</b>	<b>11</b>
4.1 Scénarios de base	11
4.2 Critères et méthode d'évaluation	11
4.3 Analyse de variantes	12
<b>5. Mode de production et de distribution</b>	<b>14</b>
5.1 Scénarios de base	14
5.2 Critères d'évaluation	14
5.3 Analyse de variantes	15
<b>6. Synthèse et conclusions</b>	<b>16</b>
6.1 Concept énergétique retenu	16
6.2 Perspectives	17

## Liste des figures

Figure 1:	Plan de situation	7
-----------	-------------------	---

## Liste des tableaux

Tableau 1:	Performances thermiques – Valeur des critères d'analyse	10
Tableau 2:	Agent énergétique – Contraintes légales et disponibilité	11
Tableau 3:	Production de chaleur par le solaire thermique	13
Tableau 4:	Concept énergétique	16

## Annexes

Annexe 1	Évaluation des agents énergétiques
Annexe 2	Solaire thermique – Calcul de la production
Annexe 3	Bilan énergétique

## Références

### Maître de l'ouvrage

- Groupement de propriétaires fonciers représentés par les chemins de fer fédéraux suisses CFF SA
- Commune de Morges
- UBS Fond Management (Switzerland) AG

### Installation

- PPA Morges Gare Sud

### Situation

- Quartier au sud de la gare, Commune de Morges

### Bases

- [1] Plan de mesures OPair 2005 de l'agglomération Lausanne-Morges. Canton de Vaud - Département de la sécurité et de l'environnement – Service de l'environnement et de l'énergie. Adopté par le Conseil d'Etat le 11 janvier 2006.
- [2] Plan de mesures OPair 2005 de l'agglomération Lausanne-Morges – Catalogue des mesures. Canton de Vaud - Département de la sécurité et de l'environnement – Service de l'environnement et de l'énergie. Adopté par le Conseil d'Etat le 11 janvier 2006.
- [3] Loi sur l'énergie du 16 mai 2006 (RS 730.01 ; LVLEne)
- [4] Règlement d'application de la loi du 16 mai 2006 sur l'énergie (RS 730.01.1 ; RLVLEne)
- [5] Règlement sur l'utilisation des pompes à chaleur du 25 août 1982 (RS 730.05.1 ; RPCh)
- [6] PDL Morges-Gare Sud – Rapport d'impact sur l'environnement. Triform SA. Janvier 2008.
- [7] Rapport Cité de l'énergie ® – Ville de Morges. Cité de l'énergie – european energy award. 23.09.2008
- [8] Plan directeur localisé « Morges-Gare Sud » - Courrier. SEVEN. 23.04.2008
- [9] Procès-verbal – Séance technique du 11.01.2010. CFF Immobilier. 20.01.2010
- [10] Plan directeur localisé « Morges-Gare Sud ». Ville de Morges. 09 février 2010
- [11] Norme SIA 380/1 – édition 2009 « L'énergie thermique dans le bâtiment »
- [12] Règlement d'utilisation de la marque de qualité MINERGIE® suivant la norme SIA 380/1 :2009
- [13] Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur. OFEN.



### **Travaux exécutés**

- Rassemblement de la documentation de base
- Étude des variantes
- Définition du concept
- Rapport

# 1. Introduction

## 1.1 Contexte

Les terrains du PPA Morges Gare Sud, bien que situés près du centre-ville et à proximité immédiate de la gare, ne sont pour l'instant pas mis en valeur. Suite à une initiative communale et à une concertation entre les différents acteurs impliqués, il a été décidé de revoir la planification territoriale de ces terrains de façon à obtenir un projet intégré de manière optimale dans le tissu urbain de Morges et conforme aux objectifs de tous les acteurs.

En première étape un plan directeur localisé (PDL) a été élaboré. Il a été adopté par le canton et la commune début 2010. L'étape suivante consiste en l'établissement d'un plan partiel d'affectation (PPA) ainsi que d'un projet routier 1<sup>ère</sup> étape (PR). Dans ce cadre, l'étude préliminaire des impacts sur l'environnement établie pour le PDL doit être complétée et mise à jour.

En particulier, l'étude d'un concept énergétique a été demandée par le SEVEN. Cette étude, objet du présent rapport ne fait pas partie au sens strict du rapport d'impact sur l'environnement (RIE). Les éléments déterminants pour l'utilisation rationnelle de l'énergie et la protection de la qualité de l'air sont toutefois mis en évidence dans ce document.

La présente étude a été pensée de façon à pouvoir être comprise indépendamment du RIE. Elle reprend donc quelques éléments explicatifs. Ces derniers ne visent pas à être exhaustifs, mais uniquement à permettre la compréhension du présent document.

## 1.2 Description succincte du projet

Le PPA Morges Gare Sud formalise partiellement l'urbanisation prévue par le PDL Morges-Gare Sud. Il prévoit :

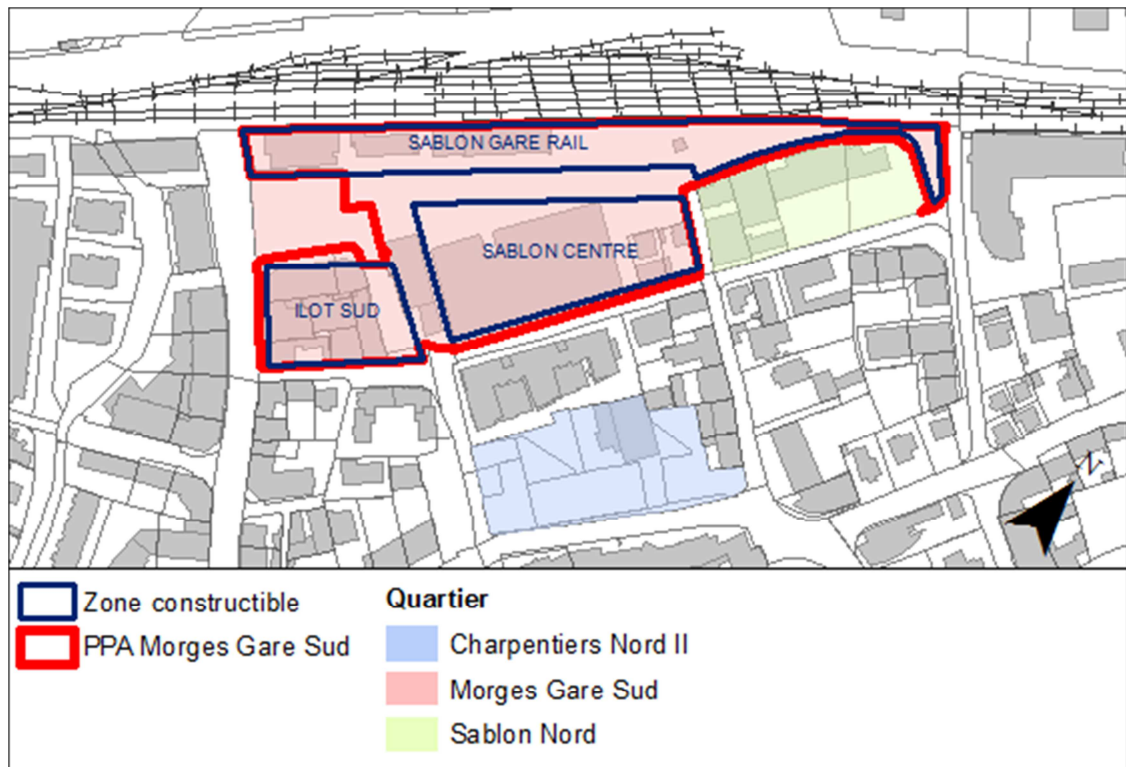
- Une mise à niveau du terrain en continuité logique du reste du centre-ville.
- La réalisation de constructions dans trois zones constructibles distinctes.
- La création de plusieurs parkings souterrains.
- L'agrandissement des espaces à usage public et la création de nouveaux espaces verts.
- Le déplacement de l'axe de la rue Centrale.

D'autres éléments urbanistiques (réaménagement de la Place de la Gare, par exemple) doivent encore être formalisés dans d'autres planifications de détail.

D'un point de vue environnemental, il ne serait pas pertinent de se restreindre au périmètre du PPA Morges Gare Sud et d'ignorer les autres éléments de planification fixés au niveau supérieur (dans le PDL). C'est pourquoi les études environnementales se réfèrent à un autre périmètre désigné par le terme « Quartier Morges Gare Sud ». Cette dénomination n'a aucune valeur légale ou officielle et est spécifique aux études environnementales. A l'intérieur du périmètre du PPA, ce sont les éléments de ce projet et du PR qui font foi. A l'extérieur, ce seront les éléments du PDL qui font foi.

La figure suivante illustre les différents éléments nécessaires à la compréhension du présent document. Elle n'est pas exhaustive et répond uniquement au but fixé.

**Figure 1: Plan de situation**



### 1.3 Objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude est de fixer l'approvisionnement énergétique optimal du périmètre en s'appuyant sur trois axes d'étude :

1. Les performances thermiques de l'enveloppe des bâtiments
2. Le choix de l'agent énergétique
3. Le mode de production et de distribution

L'étude se concentre sur le périmètre du quartier de Morges Gare Sud. Les interactions et extensions possibles vers d'autres quartiers situés à proximité en font toutefois partie intégrante.



## 2. Méthodologie

La détermination du mode d'approvisionnement optimal s'appuie sur trois axes d'étude :

1. Les performances thermiques de l'enveloppe des bâtiments
2. Le choix de l'agent énergétique
3. Le mode de production et de distribution

Pour les deux premiers axes de réflexions, des scénarios de réflexion sont établis. Ils se basent sur les contraintes légales issues :

- Du plan OPair 2005 de l'agglomération Lausanne-Morges (ci-après Plan OPair)
- De la loi sur l'énergie du 16 mai 2006 (LVLEne)
- Du règlement d'application de la loi du 16 mai 2006 sur l'énergie (RLVLEne)

Au niveau du choix de l'agent énergétique, la faisabilité (respectivement la disponibilité) est également prise en compte.

Sur la base de ces scénarios de réflexions, une analyse de variantes est effectuée de façon à déterminer la solution optimale.

Une fois la performance thermique des enveloppes ainsi que le(s) agent(s) énergétique(s) choisis, les différents modes d'approvisionnement possibles sont définis et font également l'objet d'une étude de variantes.

La discrimination des variantes se base sur des critères énergétiques, environnementaux et économiques. Les critères d'évaluation sont définis aux chapitres spécifiques des axes d'étude.

Dans un dernier temps, des réflexions dépassant le cadre strictement énergétique sont apportées. Elles visent à améliorer la qualité environnementale du scénario proposée dans une optique de durabilité.

## 3. Performances thermiques

Le présent chapitre se concentre sur la définition des exigences à considérer pour l'enveloppe thermique des bâtiments.

### 3.1 Scénarios de base

Le règlement d'application de la loi sur l'énergie du 16 mai 2006 fixe à l'art. 19, les exigences minimales applicables aux performances thermiques des enveloppes des nouveaux bâtiments. Celles définies dans la norme SIA 380/1 sont applicables. Le premier scénario considéré est ainsi défini.

Le plan OPair 2005 dans sa mesure EN-5 vise à encourager la réalisation de bâtiments à plus faible consommation atteignant, si possible, les objectifs du label MINERGIE®. D'autre part, la Ville de Morges, en tant que cité de l'énergie ® prévoit de demander un standard MINERGIE® dans les futur PPA et PQ. Un scénario prévoyant une isolation thermique des bâtiments ciblant les exigences du label MINERGIE® a donc été retenu.

L'utilité et la proportionnalité d'un scénario prévoyant une isolation thermique plus performante que le label MINERGIE® n'a pas été jugée adéquate.

Les scénarios retenus sont donc :

- A- Exigences SIA 380/1 :2009
- B- Exigences MINERGIE® 2010

Ils ont été évalués sur la base des critères quantitatifs définis ci-après.

### 3.2 Critères d'évaluation

Pour l'évaluation des scénarios, 1 critère énergétique et 1 critère économique ont été définis :

1. La consommation énergétique moyenne en kWh/m<sup>2</sup>  
La consommation énergétique moyenne est calculée sur la base des SRE (admises comme égales aux SPB) et des affectations définies par le PPA Morges Gare Sud.
2. Le coût d'investissement relatif en %  
Le coût de l'isolation selon SIA 380/1 :2009 est considéré comme le standard. La valeur de 100% lui est attribuée. Les coûts des autres scénarios s'expriment ensuite de façon relative par rapport à cette valeur.

En raison du nombre réduit de scénarios et de critères, leur évaluation est réalisée sur une base qualitative en procédant par comparaisons.

### 3.3 Analyse de variantes

Le tableau suivant résume les valeurs obtenues pour les deux scénarios retenus :

Tableau 1: Performances thermiques – Valeur des critères d'analyse

Scénario	Consommation énergétique moyenne [kWh/m <sup>2</sup> ]	Coût d'investissement relatif [%]
Standard SIA 380/1	45	100
Standard MINERGIE	40	110

Du point de vue de la consommation énergétique, les exigences du label MINERGIE® présentent de meilleures performances.

D'un point de vue de l'investissement, cette solution est, par contre, plus coûteuse. Le surcoût reste toutefois raisonnable (10%). A moyen terme, ce surcoût est compensé par le gain effectué en termes de coûts d'exploitation (proportionnels à la consommation énergétique moyenne).

Dans une optique de minimisation des effets environnementaux et énergétiques du nouveau quartier et en accord avec le plan OPair 2005 et le label cité de l'énergie ® de la Ville de Morges, l'application des exigences du label MINERGIE® pour l'enveloppe thermique des bâtiments est admise dans le concept.

## 4. Agent énergétique

Le présent chapitre se concentre sur le choix de(s) agent(s) énergétique(s) à considérer pour l'approvisionnement du périmètre étudié.

Aucun réseau de chauffage à distance (CAD) existant se trouvant à proximité. La génération de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire doit impérativement se faire dans le périmètre étudié.

### 4.1 Scénarios de base

La loi sur l'énergie du 16 mai 2006 et son règlement d'application induisent un certain nombre de contraintes qui sont transcrites de manière résumée dans le tableau ci-dessous. Les agents qui ne sont pas applicables au site sont indiqués en italique.

**Tableau 2: Agent énergétique – Contraintes légales et disponibilité**

Chaleur pour chauffage		Eau chaude sanitaire	
Min 20%	Max 80%	Min 30%	Max 70%
Solaire thermique Solaire photovoltaïque Bois Eolien <i>Biomasse</i> <i>Déchets</i> <i>Minihydraulique</i> Pompe à chaleur - Géothermie profonde Pompe à chaleur – lac Pompe à chaleur – nappe Électricité – courant vert	Pétrole (Mazout) Gaz naturel Électricité	Solaire thermique Bois Eolien <i>Biomasse</i> <i>Déchets</i> <i>Minihydraulique</i>	Pétrole (Mazout) Gaz naturel Électricité Pompe à chaleur - Géothermie profonde Pompe à chaleur – lac Pompe à chaleur – nappe Électricité – courant vert

Au niveau de l'éolien, la réalisation d'une grande éolienne n'est, bien sûr, pas envisageable. Toutefois, le marché des éoliennes « urbaines » s'est récemment développé. Considérant la taille du site, une telle option ne peut être directement écartée.

### 4.2 Critères et méthode d'évaluation

L'évaluation des différents agents énergétique se base sur les critères environnementaux et économiques suivants :

1. L'impact sur l'environnement, la pollution de l'air en particulier  
Ce critère est évalué de façon qualitative.
2. Charge écologique totale en UCE/MJ  
La charge écologique totale des différents agents est évaluée sur la base de données du KBOB en unités de charge écologique par mégajoule (UCE/MJ).

3. Encombrement relatif des locaux technique  
L'encombrement permet de mesurer à la fois le coût des locaux ainsi que l'impact de ceux-ci (utilisation du sol, énergie grise, etc.). Ce critère est évalué de façon qualitative en considérant que l'agent est utilisé pour générer l'entier de l'énergie nécessaire.
4. La disponibilité de la ressource  
La facilité d'accès et la disponibilité à long terme de la ressource sont évaluées de façon qualitative.
5. Le coût d'investissement hors locaux  
Ce critère sera évalué de façon qualitative.
6. Le coût d'exploitation en CHF/an  
Le coût d'exploitation couvre uniquement le coût de l'énergie sur la base des prix standard actuels (CHF/kWh). Il ne tient donc pas compte des frais d'exploitation et d'entretien des installations.
7. Les coûts externes en CHF/kWh  
Ce coût se base sur des valeurs publiées par l'office fédéral de l'énergie [13].

En première étape, sur la base des critères définis ci-dessus, les différents agents énergétiques sont classifiés. Pour chaque critère un rang est attribué à l'agent en fonction de l'évaluation effectuée. Les différents rangs sont moyennés arithmétiquement (même importance pour chaque critère), ce qui permet de définir le rang final de l'agent.

En deuxième étape, la définition du scénario optimum (combinant vraisemblablement plusieurs agents) est établie par analyse de variantes. Le nombre de combinaisons possibles étant très importante, cette dernière se fera de façon qualitative sur la base du classement établi à l'étape précédente. Dans ce cadre, le pourcentage d'énergie renouvelable est également considéré et, si possible, maximisé.

### 4.3 Analyse de variantes

La première étape consiste à évaluer les critères retenus pour les agents énergétiques identifiés comme possibles au paragraphe 4.1, puis à établir le classement des agents. Le détail de cette évaluation est donné en annexe 1 et résumé ci-après.

Les agents classés comme les meilleurs sont (dans l'ordre décroissant) : l'éolien urbain, le solaire thermique, le solaire photovoltaïque (pour le chauffage) et la pompe à chaleur - géothermie. Ces agents sont à favoriser et à utiliser au maximum de leurs possibilités.

Le pétrole (mazout), l'électricité et le bois présentent les résultats les plus défavorables. Ils ont donc été exclus.

Les trois agents restants (pompe à chaleur – lac, pompe à chaleur – nappe et gaz naturel) sont classés comme moyens. Ils sont à utiliser comme viennent ensuite pour combler les éventuels manques énergétiques des meilleures agents.

La deuxième étape vise à définir la solution optimale au niveau du choix des agents énergétiques.

L'éolien urbain est une technologie en cours de développement. Son utilisation comme agent énergétique principal n'est actuellement pas sûr. C'est pourquoi l'utilisation de cette technologie sera réservée à l'appoint.

Concernant le solaire thermique, la principale contrainte est la place occupée par les panneaux solaires. Pour obtenir une production réaliste, les données et hypothèses suivantes ont été considérées :

- Chaque zone constructible est considérée indépendamment
- Pour les zones Sablon Gare Rail et Ilot Sud, les bâtiments occuperont l'entier de la surface au sol.
- Pour la zone Sablon Centre, les bâtiments occuperont environ 40% de la surface au sol.
- 25% de la surface de toiture est attribuée à la production d'énergie (une réserve est nécessaire pour d'autres utilisations telles que prévues dans le PDL et les installations techniques).
- Pour l'eau chaude sanitaire, au maximum 70% de la production peut être fournie par le solaire
- Au minimum 25% de la production destinée au chauffage doit provenir des panneaux solaires thermiques pour rentabiliser l'investissement.

Sur cette base, la production possible d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire a été déterminée pour chaque zone (cf. annexe 2). Les résultats sont résumés au tableau suivant :

**Tableau 3: Production de chaleur par le solaire thermique**

Zone	Chauffage	Eau chaude sanitaire
Sablon Gare Rail	30%	70%
Sablon Centre	25%	30%
Ilot Sud	0%	70%

Il s'agit d'un objectif cible. Si la surface disponible s'avère plus importante que celle considérée, la part du solaire thermique doit être augmentée. Elle doit, dans tous les cas, être maximisée. Une divergence à la baisse n'est pas exclue pour autant qu'elle soit justifiée par une raison impérative.

En complément au solaire thermique, la géothermie (couplée à une pompe à chaleur) est prévue. La quantité exacte d'énergie pouvant être produite doit encore faire l'objet d'une étude approfondie au stade de la demande préalable de permis de construire. Relevons que la géothermie peut sans autre, et dans les mêmes proportions, être remplacée par une pompe à chaleur tirant son énergie de la nappe ou du lac.

Dans tous les cas de figure, l'énergie nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire peut être fournie par le solaire thermique couplé à la géothermie.

Pour le chauffage, dans le cas où la géothermie s'avérerait insuffisante, un apport par un troisième agent énergétique est envisageable. En raison de la proximité du réseau, le choix s'est porté sur le gaz naturel. Un tel branchement correspondrait toutefois à une dérogation au présent concept énergétique et devrait être dûment justifiée.

Le besoin en énergie pour la climatisation peut être soutenu par le solaire thermique. En cas de besoins importants, l'utilisation de panneaux photovoltaïques ainsi que d'éoliennes urbaines est à envisager. Dans tous les cas, le mode de production choisi doit être fixé dans le cadre des demandes préalables de permis de construire.

Relevons que les agents énergétiques choisis sont plus efficaces pour des réseaux de distribution basse température. Dans ce cadre, la réalisation d'une enveloppe de bâtiment thermiquement la plus performante possible est un atout. Ce qui renforce le choix établi précédemment d'une enveloppe correspondant aux critères du label MINERGIE ®.

## 5. Mode de production et de distribution

### 5.1 Scénarios de base

Trois grandes orientations possibles ont été identifiées :

- A- Une seule chaufferie  
La construction d'une seule chaufferie pour tout le quartier de Morges-Gare Sud est prévue.
- B- Une chaufferie par périmètre  
La construction d'une chaufferie par zone constructible du PPA Morges-Gare Sud est prévue.
- C- Une chaufferie par bâtiment  
Chaque bâtiment est équipé de sa propre chaufferie.

Chacune de ces trois orientations présente un certain nombre de variantes quant à l'emplacement de(s) chaufferie(s) et de(s) réseau(x) de distribution. L'objectif n'est pas de définir précisément ces éléments mais d'identifier la grande orientation à considérer dans le cadre du développement des projets de construction.

### 5.2 Critères d'évaluation

L'évaluation des différents scénarios développés ci-dessus se base sur une analyse qualitative uniquement en considérant les aspects suivants :

1. La faisabilité technique
2. Les coûts d'investissement et d'exploitation
3. La souplesse de la solution en terme de calendrier de réalisation et d'extensions
4. Les synergies avec les quartiers avoisinants.

Au niveau des synergies avec les quartiers avoisinants, les éléments suivants sont à considérer :

- Au nord, le nouveau quartier est limité par les voies CFF, ce qui limite fortement les interactions possibles avec les quartiers y situés.
- Sur les autres fronts, le quartier est situé à proximité immédiate de la Ville présentant majoritairement un bâti existant.
- Un certain nombre de bâtiments ont été construits récemment (bâtiment Logitech, Rue du Sablon 15 - 19, etc.). Une modification à court terme de leur mode d'approvisionnement énergétique est peu probable.

Dans ce contexte, l'étude des interactions s'est limitée aux réalisations respectivement planifications prévues à court terme. Les possibilités identifiées et considérées se limitent donc au quartier des Charpentiers Nord II ainsi qu'aux bâtiments de Sablon Nord.

### 5.3 Analyse de variantes

La solution d'une chaufferie par bâtiment est rapidement à écarter et ce pour plusieurs raisons :

- Elle multiplie les coûts d'investissement et d'exploitation en multipliant inutilement le nombre d'installation.
- Elle ne permet pas de synergie avec les quartiers avoisinants.
- Elle n'est pas logique ni efficace si les sous-sols doivent être construits d'un seul tenant.

Relevons que dans le cas où un seul bâtiment est réalisé par périmètre, cette solution équivaut à la solution B.

La création d'une seule chaufferie pour tout le périmètre du PPA est à examiner plus en détail.

Une telle solution permettrait de réduire au maximum le nombre de chaufferie (limitation des investissements et optimisation de l'exploitation). Il serait aussi possible de développer les synergies avec les quartiers avoisinants.

Cette variante présente toutefois des défauts rédhibitoires :

- Les agents énergétiques choisis impliquent une production relativement décentralisée (répartition des panneaux et des sondes sur tout le périmètre) peu compatible avec une chaudière centrale.
- Les agents énergétiques choisis impliquent des réseaux de distribution basse température. Il s'agit donc de minimiser les parcours. Quel que soit l'emplacement choisi pour la chaudière, les distances à parcourir sont importantes.
- L'emplacement de la chaudière ne sera, de facto, pas déterminé par un optimum technique (minimisation des parcours), mais par le calendrier des réalisations.
- Une construction évolutive de la chaudière en fonction des réalisations est peu plausible. L'installation risque d'être surdimensionnée pendant une durée indéterminée.
- L'occupation du sol par une installation de grande taille doit être compensée financièrement.

Il en résulte que la solution optimale qui se dessine est une chaudière par périmètre. Par périmètre, on entend un ensemble de bâtiments couvrant un territoire donné. Par souci de simplification, ces périmètres sont assimilés aux zones du PPA Morges-Gare Sud. Il est ainsi possible de :

- Optimiser l'emplacement des chaufferies lors du développement du projet de construction de façon à garantir la création de réseaux basses températures.
- Offrir la souplesse nécessaire à une réalisation échelonnée du PPA.
- Limiter le nombre de chaufferies.

Cette solution limite, bien sûr, les interactions possibles avec les autres quartiers. En particulier, celui de Charpentiers Nord II qui est situé trop loin pour être approvisionné par les chaufferies du PPA Morges-Gare Sud. Relevons que le concept développé dans le présent rapport peut lui être appliqué (enveloppe thermique, agent énergétique ainsi que mode de production et de distribution).

Les bâtiments situés sur Sablon Nord (hors bâtiment Logitech), par contre, peuvent à terme être alimentés par la chaufferie de Sablon-Centre ou éventuellement Sablon-Gare-Rail.



## 6. Synthèse et conclusions

### 6.1 Concept énergétique retenu

Le tableau ci-dessous résume les éléments retenus dans le cadre du concept énergétique développé :

**Tableau 4: Concept énergétique**

Performances thermiques	Elles doivent cibler les exigences du label MINERGIE®
Agents énergétiques	
Sablon Gare Rail	Chauffage min. 30% solaire thermique max. 70% pompe à chaleur + géothermie (prof. moyenne)
	Eau chaude sanitaire 70% solaire thermique 30% pompe à chaleur + géothermie (prof. moyenne)
Sablon Centre	Chauffage min. 25% solaire thermique max. 75% pompe à chaleur + géothermie (prof. moyenne)
	Eau chaude sanitaire min 30% solaire thermique max. 70% pompe à chaleur + géothermie (prof. moyenne)
Ilot Sud	Chauffage selon possibilités solaire thermique solde pompe à chaleur + géothermie
	Eau chaude sanitaire 70% solaire thermique 30% pompe à chaleur + géothermie (prof. moyenne)
Mode production et distribution	Une seule chaudière par zone constructible selon PPA Réseau de distribution de chaleur basse température

S'agissant du solaire thermique, les valeurs données dans le présent concept font office d'objectif cible. Si les conditions le permettent (surface de toiture disponible), la part de cet agent doit impérativement être augmentée. Elle doit, dans tous les cas, être maximisée. Une divergence à la baisse n'est pas exclue pour autant qu'elle soit justifiée par une raison impérative.

La quantité exacte d'énergie pouvant être produite doit encore faire l'objet d'une étude approfondie au stade de la demande préalable de permis de construire. Dans le cas où les objectifs du présent concept ne pourraient pas être atteints un soutien par du gaz naturel est envisageable.

Toute dérogation au présent concept (diminution de la part de solaire thermique et/ou utilisation de gaz naturel) doit toutefois être justifiée dans le cadre de la demande préalable de permis de construire.

Le besoin en énergie pour la climatisation peut être soutenu par le solaire thermique. En cas de besoins importants, l'utilisation de panneaux photovoltaïques ainsi que d'éoliennes urbaines est à envisager. Dans tous les cas, le mode de production choisi doit être fixé dans le cadre des demandes préalables de permis de construire.

Au niveau des interactions avec les autres quartiers, celui de Charpentiers Nord II doit appliquer le présent concept énergétique pour son périmètre de développement. Les bâtiments situés sur Sablon Nord (hors bâtiment Logitech), par contre, peuvent à terme être alimentés par la chaufferie de Sablon-Centre ou éventuellement Sablon-Gare-Rail.

## 6.2 Perspectives

De façon à évaluer les effets énergétiques du projet, les besoins énergétiques futurs, selon le présent concept, ont été comparés aux besoins actuels (calculs en annexe 3).

Les besoins énergétiques des bâtiments existants ont été évalués sur la base des données existantes au SEVEN. Le besoin total est de 3'350'000 kWh (valeur arrondie).

Le concept énergétique retenu (performances thermiques ciblant le standard MINERGIE ®) implique un besoin futur estimé de 3'550'000 kWh (valeur arrondie).

L'augmentation observée du besoin énergétique (~6%) est négligeable au vue de la densification prévue. En ce sens, le projet permet une utilisation rationnelle de l'énergie.

Au niveau du choix de l'agent énergétique, le présent concept a été fixé en tenant compte du développement actuel des énergies renouvelables. Des évolutions technologiques sont attendues d'ici à la réalisation effective des constructions. Dans ce cadre, le concept développé dans le présent document ne doit pas être considéré comme rigide. Des adaptations aux nouvelles technologies sont possibles et même souhaitables pour autant qu'elles visent à maximiser la part d'énergie renouvelable.

Pour garantir toute la souplesse nécessaire au niveau du choix de l'agent énergétique, ce dernier n'est pas fixé dans le cadre du règlement du PPA. Il est, par contre, dans le cadre de la demande préalable de permis de construire, demandé de spécifier les agents retenus :

- En maximisant l'utilisation des panneaux solaires thermiques.
- En justifiant toute dérogation au présent concept (diminution de la part de solaire thermique et/ou utilisation de gaz naturel).

De plus, dans une perspective d'amélioration de la durabilité énergétique du projet, la production de courant vert par du solaire photovoltaïque et par des éoliennes urbaines est à envisager pour compenser (partiellement) l'électricité consommée. Ce point est également à traiter dans le cadre de la demande préalable de permis de construire.

## **Annexe 1**

# **Évaluation des agents énergétiques**

Agent Chauffage	Environnement		Ecopoints		Encombrement		Disponibilité		Coûts inv.		Coûts expl.		Coûts externes		Évaluation	
	Éval.	Rang	UCE/MJ	Rang	Éval.	Rang	Éval.	Rang	Critère	Rang	CHF/an	Rang	CHF/kWh	Rang	Note	Rang
Solaire thermique (chauffage)	😊	1	20.1	2	😐	4	😊	1	😞	5	0	1	0	1	2.1	2
Solaire photovoltaïque	😊	1	34.4	3	😐	4	😊	1	😞	5	0	1	0	1	2.3	3
Bois (pellet)	😐	4	36.6	5	😞	10	😐	5	😞	5	305'948	8	0.9	7	6.3	9
Éolien	😊	1	11.3	1	😐	4	😊	1	😞	5	0	1	0	1	2.0	1
Pompe à chaleur - géothermie	😐	4	35.3	4	😐	4	😐	5	😞	5	111'732	4	0	1	3.7	4
Pompe à chaleur - lac	😐	4	40	7	😐	4	😐	5	😞	5	111'732	4	0	1	4.1	5
Pompe à chaleur - nappe	😐	4	40	7	😐	4	😐	5	😞	5	111'732	4	0	1	4.1	5
Pétrole (Mazout)	😞	9	47.5	9	😞	10	😐	5	😐	4	2'513'978	10	4.9	11	8.3	11
Gaz naturel	😞	9	38	6	😊	1	😊	1	😊	1	242'392	7	3.5	10	5.0	7
Électricité	😞	9	123	11	😊	1	😐	5	😊	1	502'796	9	1.6	9	6.3	9
Électricité - courant vert	😐	4	50	10	😊	1	😐	5	😊	1	2'925'907	11	1	8	5.4	8

Agent ECS	Environnement		Ecopoints		Encombrement		Disponibilité		Coûts inv.		Coûts expl.		Coûts externes		Évaluation	
	Éval.	Rang	UCE/MJ	Rang	Éval.	Rang	Éval.	Rang	Critère	Rang	CHF/an	Rang	CHF/kWh	Rang	Note	Rang
Solaire thermique (ECS)	😊	1	25.8	2	😊	1	😊	1	😞	5	0	1	0	1	1.7	1
Bois (pellet)	😐	2	36.6	4	😞	9	😐	4	😞	5	79'966	7	0.9	7	5.7	8
Éolien	😊	1	11.3	1	😐	5	😊	1	😞	5	0	1	0	1	2.1	2
Pompe à chaleur - géothermie	😐	2	35.3	3	😐	5	😐	4	😞	5	29'204	3	0	1	3.6	3
Pompe à chaleur - lac	😐	2	40	6	😐	5	😐	4	😞	5	29'204	3	0	1	4.0	4
Pompe à chaleur - nappe	😐	2	40	6	😐	5	😐	4	😞	5	29'204	3	0	1	4.0	4
Pétrole (Mazout)	😞	8	47.5	8	😞	9	😐	4	😐	4	657'083	9	4.9	10	7.6	10
Gaz naturel	😞	8	38	5	😊	1	😊	1	😊	1	63'355	6	3.5	9	4.6	6
Électricité	😞	8	123	10	😊	1	😐	4	😊	1	131'417	8	1.6	8	5.9	9
Électricité - courant vert	😐	2	50	9	😊	1	😐	4	😊	1	764'750	10	0.7	6	4.9	7

## **Annexe 2**

### **Solaire thermique – Calcul de la production**

Part toiture pour l'énergie 25%

Rendement solaire Chauffage 300  
 thermique [kWh/m2] ECS 400

Zone	Besoin énergétique total [kWh]			Concept énergétique		Besoin éner. solaire thermique [kWh]		
	Chauffage	ECS	Total	Chauffage	ECS	Chauffage	ECS	Total
Sablon-Rail/Sablon-Gare	1'080'000	187'500	1'267'500	30%	70%	324'000	131'250	455'250
Sablon-Centre	840'000	145'833	985'833	25%	30%	210'000	43'750	253'750
Ilot Sud	836'000	458'333	1'294'333	0%	70%	0	320'833	320'833
<b>Total</b>	<b>2'756'000</b>	<b>791'667</b>	<b>3'547'667</b>	<b>19%</b>	<b>63%</b>	<b>534'000</b>	<b>495'833</b>	<b>1'029'833</b>

Zone	Surface nécessaire [m2]			Surface disponible [m2]		
	Chauffage	ECS	Total	au sol	toiture	énergie
Sablon-Rail/Sablon-Gare	1'080	328	1'408	6'200	6'200	1'550
Sablon-Centre	700	109	809	7'800	3'120	780
Ilot Sud	0	802	802	3'800	3'800	950
<b>Total</b>	<b>1'780</b>	<b>1'240</b>	<b>3'020</b>	<b>17'800</b>	<b>13'120</b>	<b>3'280</b>

## **Annexe 3**

# **Bilan énergétique**

## ETAT ACTUEL

N° EGID	Utilisation	Surface totale [m2]	Chauffage [kWh/m2]	ECS [kWh/m2]	Chauffage [kWh]	ECS [kWh]	Chauffage + ECS [kWh]
798'538	Habitation à affectation mixte	1680	135	19.23	226'800	32'308	259'108
798'540	Habitation à affectation mixte	4634	76.5	23.31	354'501	108'019	462'520
798'541	Habitation à affectation mixte	4634	166.5	19.23	771'561	89'115	860'676
798'542	Habitation et garage	2886	166.5	19.23	480'519	55'500	536'019
798'543	Habitation à affectation mixte	2436	166.5	23.31	405'594	56'783	462'377
798'544	Habitation à affectation mixte	1818	166.5	19.23	302'697	34'962	337'659
798'545	Habitation à affectation mixte	1131	157.5	20.79	178'133	23'514	201'646
798'630	Habitation	564	175	23.10	98'700	13'028	111'728
798'631	Habitation	244	175	23.10	42'700	5'636	48'336
799'402	Habitation	336	175	25.90	58'800	8'702	67'502
9'020'640	Bâtiment commercial	0			0	0	0
9'020'642	Bâtiment industriel	0			0	0	0
<b>Total</b>		<b>20'363</b>			<b>2'920'005</b>	<b>427'567</b>	<b>3'347'572</b>

## ETAT FUTUR SELON CONCEPT

Zone	Utilisation	Surface totale [m2]	Chauffage [kWh/m2]	ECS [kWh/m2]	Chauffage [kWh]	ECS [kWh]	Chauffage + ECS [kWh]
Sablon-Rail/Sablon-Gare	administration	27'000	40	6.94	1'080'000	187'500	1'267'500
Sablon-Centre	administration	21'000	40	6.94	840'000	145'833	985'833
Ilot Sud	habitation	22'000	38	20.83	836'000	458'333	1'294'333
<b>Total</b>		<b>70'000</b>			<b>2'756'000</b>	<b>791'667</b>	<b>3'547'667</b>