Services industriels
Administration générale et culture

Réalisation d'une installation de pompes à chaleur avec sondes géothermiques à 500 mètres exploitée sous forme de contracting énergétique
Crédit complémentaire

Préavis N° 2014/1

Lausanne, le 9 janvier 2014

Madame la présidente, Mesdames et Messieurs,

1. Objet du préavis

En adoptant le préavis N° 2011/24[1], votre Conseil a notamment alloué un crédit d'investissement du patrimoine administratif de 928'000 francs, entièrement financé par un prélèvement du Fonds pour le développement durable (FDD ; 550'000 francs) et par une subvention du Fonds pour l'efficacité énergétique (FEE ; 378'000 francs), pour réaliser, exploiter sous forme de contracting et optimiser un système de pompes à chaleur avec des sondes géothermiques de 500 mètres (projet Sirius).

Le défi technique de ce projet consiste à appliquer à des forages de 500 mètres, les méthodes de forages généralement utilisées pour des profondeurs de 200 mètres, de sorte à réduire les coûts et permettre le recours aux pompes à chaleur en milieu urbain. A ce stade, malgré les aléas rencontrés le projet sous cet angle est une réussite.

Une subvention de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) de 180'000 francs a été obtenue pour souffler de la fibre optique dans les sondes géothermiques pour analyser sur la durée, mètre par mètre, le niveau du gradient géothermique.

Toutefois, le montant des travaux et du matériel avait été estimé avant appel d'offres. De plus, le périmètre du projet a évolué : parti d'un système de chauffage centralisé auquel les quatre bâtiments prévus venaient se raccorder, le projet final prévoit une chaufferie par bâtiment.

Après appel d'offres, le coût total des travaux se monte, y compris appareillage de mesure financé par l'OFEN, à 1'470'000 francs.

Par le présent préavis, la Municipalité sollicite un crédit complémentaire de 542'000 francs, à financer comme suit :

- 180'000 francs par subvention de l'OFEN ;
- 274'000 francs par un prélèvement complémentaire du FDD, portant celui-ci à 824'000 francs ;
- 88'000 francs par une subvention complémentaire du FEE, portant celle-ci à 466'000 francs.

Les montants financés par le FEE couvrent la partie considérée comme projet pilote et ne sont pas répercutées dans le tarif du contracting.

---

[1] Préavis N° 2011/24 « Société coopérative Cité Derrière - Projet de construction de quatre bâtiments, comprenant au total 104 logements, un commerce, des espaces communautaires, un parking souterrain de 49 places et 7 places de parc extérieures, sis à l'avenue de Morges 139 et à la rue Couchirard 6 - Constitution d'un droit de superficie - Octroi d'un cautionnement solidaire - Octroi d'un financement du Fonds communal pour le développement durable pour la réalisation d'une installation de production de chaleur donnant lieu à un contracting énergétique - Octroi d'une subvention du Fonds pour l'utilisation rationnelle de l'électricité », adopté par votre Conseil le 22 novembre 2011.

2. Historique du projet

La construction de la première étape de l'éco-quartier des Plaines-du-Loup, pour lequel l'objectif est d'atteindre le standard « société à 2000 Watts », est attendue pour 2017. Pour le chauffage, la mise en œuvre de pompes à chaleurs (PAC) reliées à des sondes géothermiques profondes (500 mètres) est une des solutions envisagées, à réaliser sous forme de contracting.

Toutefois, si la réalisation et l'exploitation de PAC avec des sondes géothermiques traditionnelles jusqu'à 200 mètres sont parfaitement maîtrisées, elles doivent encore être optimisées pour des PAC avec des sondes géothermiques de 500 mètres (technique de forage, résistance à la pression des sondes en particulier).

Il était donc nécessaire de réaliser une installation témoin permettant de bénéficier d'un retour d'expérience avant d'envisager cette technologie à l'échelle d'un quartier entier.

Le préavis pour la constitution d'un droit distinct et permanent de superficie pour la construction de 4 immeubles à l'avenue de Morges 139 et à la rue Couchirard 6 a présenté une opportunité. Le chiffrage du projet énergétique a toutefois dû être réalisé de manière urgente pour que ce dernier soit intégré au préavis. Les chiffres articulés étaient une première approximation, avant définition précise du concept énergétique.

D'autre part, le projet a évolué, parti d'un système de chauffage centralisé auquel les quatre bâtiments prévus venaient se raccorder, le projet final prévoit une chaufferie par bâtiment pour diminuer les pertes de réseaux. Chaque chaufferie sera alimentée par une pompe à chaleur reliée à deux sondes géothermiques. La limite de propriété entre les installations de chauffage et le bâtiment a donc été profondément modifiée.

3. Pompes à chaleur en milieu urbain : un défi relevé

L'espace en milieu urbain est une ressource limitée et les champs de sondes sont donc inadaptés à cette situation. Des sondes plus profondes permettent de réduire le nombre de sondes nécessaires. En outre, plus la sonde est profonde et plus le coefficient de performance (COP) est élevé par effet du gradient géothermique.

Les pompes à chaleur prévues atteindront un COP annuel de l'ordre de 4,2 pour les forages les plus profonds. Ce qui signifie que 1 kWh électrique permettra de produire 4,2 kWh thermiques.

Une pompe à chaleur classique avec sonde géothermique à 200 mètres permet d'atteindre un COP de 3 à 3,5 en moyenne. L'installation prévue devrait donc avoir un rendement de 20 à 30% supérieur par rapport à une installation « standard ».

Le défi consistait donc à limiter les coûts de forage pour ce type de profondeur. En effet, les techniques de forage de grande profondeur sont parfaitement maîtrisées (utilisées en particulier pour l'extraction de gaz et de pétrole), mais sont très coûteuses. Il s'agit de réaliser une plateforme de forage en béton pour installer une tour de forage, avec système d'évacuation des boues.

La technique de forage pour des sondes jusqu'à 200 mètres ne nécessite ni socle en béton, ni tour de forage, ni système d'évacuation des boues. Une foreuse mobile est utilisée, qui ne nécessite que peu de préparation de chantier.

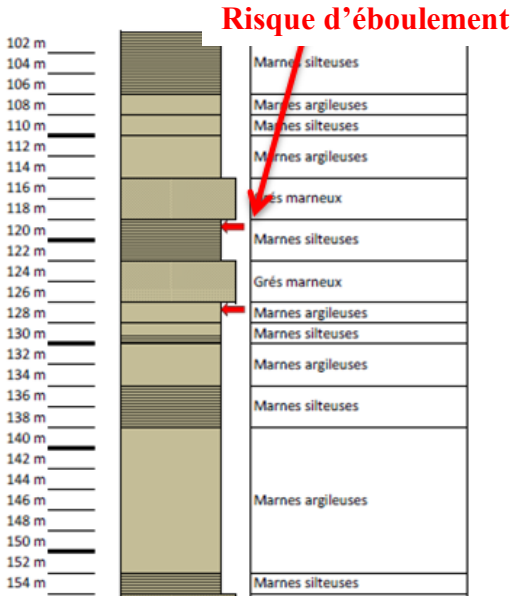
Les travaux de forage ont été adjugés à l'entreprise Augsburger Forage SA qui a remporté l'appel d'offres et s'est montrée prête à faire œuvre de pionner. Elle a accepté le principe d'une offre forfaitaire pour la livraison des sondes posées, ce qui implique que les coûts d'apprentissage de forage sont à sa charge et viennent cas échéant réduire sa marge. Cette offre était plus de deux fois moins élevée que l'offre de forage selon les techniques de grande profondeur.

4. Les forages déjà réalisés

Trois sondes ont déjà été posées :

- Sonde SIR-8 : pose terminée le 26 septembre 2012 à une profondeur de 496 mètres ;
- Sonde SIR-1 : pose terminée le 23 janvier 2013 à une profondeur de 505 mètres ;
- Sonde SIR-2 : pose terminée le 19 février 2013 à une profondeur de 481 mètres.

La géologie rencontrée est inverse à celle qui était attendue sur la base de l'étude réalisée en amont des travaux et du relevé géologique d'un forage situé à proximité, à Montelly. Alors que sur cette base il était attendu une prédominance de grès, la géologie rencontrée présente une prédominance de marnes avec alternance de grès. Ce type de géologie est propice aux éboulements et à la création de cavités qui peuvent entraîner le pincement et la perte d'une sonde, aussi bien pour des sondes classiques à 150 mètres que pour des sondes à 500 mètres, dès lors que le forage n'est pas tubé.



Les tests de circulation de la sonde SIR-2 se sont révélés positifs immédiatement après la pose. Toutefois, après quelques jours, au moment de la réception de la sonde, la circulation d'un brin était impossible. Sur la base de différents tests, il a été conclu qu'il est probable qu'une cavité se soit formée à 200 mètres et que la sonde ait épousé son profil puis se soit pincée sous l'effet de son propre poids. De plus, le brin restant présente des pertes d'eau de circulation importantes qu'il est toutefois envisageable d'essayer de colmater par injection d'un polymère qui se déposera dans les microfissures.

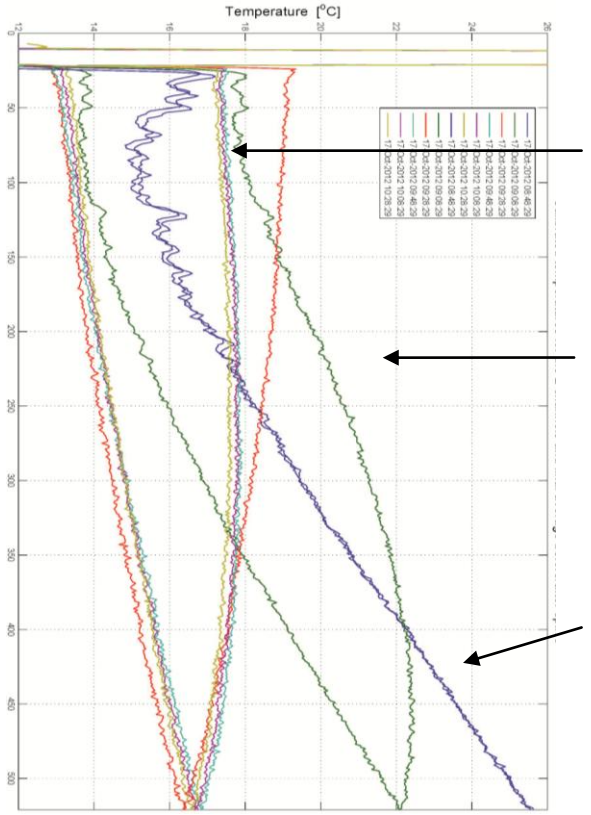
Pour la suite du projet, il est prévu de faire recours à un autre fabriquant qui propose des sondes spécialement conçues pour des applications profondes (jusqu'à 800 mètres) et qui n'étaient pas encore prêtes au démarrage du projet.

En l'état, une PAC à gaz équipera un des bâtiments pour pallier le manque de puissance de cette sonde.

5. Subvention de l'OFEN

L'OFEN peut soutenir, via son fonds de recherche et développement, des projets innovants, jusqu'à 40% des coûts non amortissables. La subvention obtenue se monte à 180'000 francs TTC. Elle permet notamment d'équiper les sondes géothermiques de fibres optiques.

Ce dispositif permet de disposer des mesures instantanées des températures de l'eau en circulation dans la sonde à l'aller et au retour, mètre par mètre, et de contrôler les échanges thermiques avec le terrain et l'influence mutuelle entre les sondes sur le long terme.



3 : Températures stabilisées lors de la circulation

2 : Températures en évolution en début de circulation

1 : Gradient géothermique (état stationnaire)

6. Principe du contracting

Le projet est financé par un prélèvement du Fonds pour le développement durable pour la partie qui correspond à une installation standard. Les amortissements et les intérêts liés à ce montant sont répercutés dans le prix du kWh défini avec le propriétaire des bâtiments.

Le projet est financé par le Fonds pour l'efficacité énergétique et par une subvention de l'OFEN pour la partie qui correspond au surplus attribuable à l'aspect pilote du projet.

7. Impact sur le budget d'investissement

Pour des questions de délais, afin de profiter de l'opportunité du projet immobilier présenté par le préavis 2011/24, les estimations d'avant-projet ont été faites très en amont de la phase d'appel d'offres, sur la base d'un concept énergétique qui n'était pas encore défini précisément (schéma de principe, limites de propriété, consommation et puissance).

Le projet ayant passablement évolué depuis, l'erreur d'appréciation apparaît à ce jour, après soumissions rentrées, comme importante.

Les surcoûts du projet sont liés principalement au chiffrage de l'installation standard, en particulier du fait du passage d'une installation centralisée pour les 4 immeubles à une installation par immeuble, avec déplacement des limites de propriété. La plus-value correspondante sera remboursée dans le cadre du contracting énergétique.

Le coût total du projet sur la base des offres rentrées est le suivant :

Position	Objet	Standard (FDD)	Pilote (FEE et OFEN)	Total
Maçon-GC	Fosses en béton, fouilles	30'000		**30'000**
Electricité	Tableau électrique, raccordements des PAC, des sondes et des compteurs	70'000	20'000	**90'000**
	Matériel de mesure (sondes et compteurs)	10'000	20'000	**30'000**
Prod. de chaleur	PAC et accu, régulation, mise en service	240'000	34'000	**274'000**
	Forage et pose des sondes géothermiques	100'000	360'000	**460'000**
Distr. et isolation	Raccordements chauffage et accu, robinetterie, circulateurs	25'000		**25'000**
Solaire thermique	Fourniture et pose solaire thermique	255'000		**255'000**
Sanitaire	Raccordements sondes géothermique, collecteurs	15'000	35'000	**50'000**
Honoraires	Ingénieur CVS	50'000		**50'000**
	Hydrogéologue	2'000	18'000	**20'000**
	Ingénieur électricien	13'000		**13'000**
Mesures	Tests de réponse thermique,test de remplissage		15'000	**15'000**
	Fibres et matériel de mesure		90'000	**90'000**
Divers et imprévus		14'000	6'000	**20'000**
TVA	Uniquement sur les subventions FEE et OFEN		48'000	**48'000**
Total		**824'000**	**646'000**	**1'470'000**

Le complément de financement nécessaire à l'installation standard se monte à 274'000 francs, montant qui est sollicité sous forme de prélèvement du FDD, d'une durée de 20 ans à un taux de 1,5%, et de 88'000 francs pour la partie pilote qui est sollicité sous forme de subvention du FEE.

	Standard (FDD)	Pilote (FEE)	Pilote (OFEN)	Total
Préavis 2011/24	550'000	378'000		**928'000**
Crédit complémentaire	274'000	88'000	180'000	**542'000**
Total	**824'000**	**466'000**	**180'000**	**1'470'000**

Le projet, étant complètement financé par prélèvement sur des fonds et par une subvention de l'OFEN, n'a pas d'impact sur le plan des investissements.

Les installations de chauffage doivent être mises en service au plus tard le 31 août 2014, pour pouvoir participer au séchage des chapes des bâtiments. Les premiers habitants sont attendus au printemps 2015. L'échelonnement des dépenses se présente comme suit :

	A ce jour	2014	Total
Investissement	600'000	870'000	1'470'000
Prélèvement sur Fonds et subvention	-600'000	-870'000	-1'470'000
Total	**0**	**0**	**0**

8. Impact sur le budget de fonctionnement

8.1. Charges de personnel

Ce projet n'implique pas de charge de personnel supplémentaire.

8.2. Charges d'exploitation

Les charges d'exploitation comprennent les coûts de maintenance (env. 20'000 francs/an), les coûts d'alimentation électrique et de gaz (env. 22'000 francs/an, mais seront fonction de la consommation effective des bâtiments) et l'abonnement à la télégestion (env. 12'000 francs par an).

Pour 2014, les charges ont été calculées sur 4 mois.

8.3. Charges financières

Tel qu'effectué dans le cadre du préavis 2011/24, le prélèvement sur le Fonds pour le développement durable sera amorti sur 20 ans et un intérêt de 1.5% sera facturé. De ce fait, les charges financières en lien avec ce prélèvement induiront un coût annuel moyen (annuité constante) de 16'000 francs dès 2015 en fonction de la planification actuellement retenue.

Le taux d'intérêt fixé pour le prêt de 824'000 francs accordé par le FEE est de 1,5%. La charge d'intérêt moyenne théorique est de 6'800 francs par an.

8.4. Diminution de charges et revenus supplémentaires

Le prix de l'énergie vendue dans le cadre du contracting comprend une marge raisonnable. Le contrat prévoit une consommation minimale facturée, quelle que soit la consommation réelle, qui permet de couvrir les charges et d'obtenir la marge prévue.

Les recettes 2014 proviendront du séchage des chapes des bâtiments, qui se prolongera début 2015. Les premiers logements seront occupés dès le printemps 2015.

8.5. Tableau récapitulatif

La mise en service des installations est attendue au 31 août 2014.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Personnel suppl. en CDD (en EPT)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fin de contrat (CDD)							
(en milliers de CHF, avec arrondi)							
Charges de personnel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
Charges d'exploitation	18.1	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	**288.1**
Charges financières	0.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	**80.0**
Total charges suppl.	**18.1**	**70.0**	**70.0**	**70.0**	**70.0**	**70.0**	**368.1**
Revenus supplémentaires	-30.2	-70.3	-96.9	-96.9	-96.9	-96.9	**-488.1**
Total net	**-12.1**	**-0.3**	**-26.9**	**-26.9**	**-26.9**	**-26.9**	**-120.0**

9. Conclusions

Fondée sur ce qui précède, la Municipalité vous prie, Madame la présidente, Mesdames et Messieurs, de bien vouloir prendre les résolutions suivantes :

Le Conseil communal de Lausanne,

vu le préavis n° 2014/1 de la Municipalité, du 9 janvier 2014 ;

ouï le rapport de la Commission permanente des finances qui a examiné cette affaire ;

considérant que cet objet a été porté à l'ordre du jour,

décide

1. d'allouer à la Municipalité un crédit complémentaire d'investissement du patrimoine administratif de 542'000 francs pour le projet de contracting énergétique pour 4 bâtiments en construction à l'avenue de Morges 139 et à la rue Couchirard 6, portant le crédit d'investissement total à 1'470'000 francs ;
2. d'allouer à ce projet une subvention du Fonds pour l'efficacité énergétique de 88'000 francs (TTC), à porter en amortissement du solde du crédit mentionné sous chiffre 1 ;

3. de porter en amortissement du crédit mentionné au point 1, la subvention de 180'000 francs de l'Office fédéral de l'énergie à recevoir ;
4. de porter en amortissement du crédit sollicité au point 1, un prélèvement de 274'000 francs (HT) sur le Fonds communal pour le développement durable ;
5. de prendre acte que ce prélèvement sera remboursé au Fonds par un versement annuel de 16'000 francs sur 20 ans dès l'année qui suivra la mise en service de l'installation.

Au nom de la Municipalité :

Le syndic :
Daniel Brélaz

Le secrétaire :
Sylvain Jaquenoud