



**Rapport du Conseil d'État au Grand Conseil
en réponse
au postulat 22.172 « Et si nous valorisons la chaleur des
tunnels du canton ? »**

(Du 4 novembre 2024)

Madame la présidente,
Mesdames et Messieurs,

RÉSUMÉ

C'est un fait bien connu que la chaleur du sous-sol et des eaux souterraines, la géothermie, est exploitable et peut être utilisée pour chauffer installations et bâtiments. Les systèmes de captage de cette chaleur sont aussi connus et utilisés depuis plusieurs décennies, par exemple dans le cas des sondes ou des pieux géothermiques.

De manière à pouvoir répondre au postulat 22.172 intitulé « Et si nous valorisons la chaleur des tunnels du canton ? », une étude a été réalisée en vue de déterminer le réel potentiel des ouvrages souterrains présents ou à construire sur le territoire du canton de Neuchâtel. Les cas de figure d'ouvrages projetés et d'ouvrages déjà construits ont été analysés, les équipements possiblement utilisables étant différents dans chaque cas.

Il est bien évident que, même si la chaleur du sous-sol peut être exploitée, l'intérêt d'équiper un tunnel d'installations ad hoc pour ce faire dépendra avant tout de la demande et des possibilités de l'utiliser à proximité de ses extrémités. La volonté d'un promoteur d'investir et d'exploiter une installation équipant un ouvrage qui ne lui appartient pas sera également un prérequis indispensable au succès de tout projet de ce genre. À ces fins, des contacts ont été pris avec des sociétés cantonales du domaine de l'énergie.

Dans ce sens, l'avant-projet de ligne directe fait l'objet d'une évaluation énergétique pour pouvoir utiliser la chaleur du sous-sol après sa construction. Dans le cadre du contournement Est de La Chaux-de-Fonds, le tunnel des Arêtes pourrait être équipé d'un système d'échangeur de chaleur pour sa bonne valorisation. Pour ce qui est du contournement Sud, une évaluation du potentiel sera réalisée par l'OFROU.

1. INTRODUCTION

En date du 6 juin 2022, votre autorité acceptait le postulat 22.172 intitulé « *Et si nous valorisons la chaleur des tunnels du canton ?* », dont la teneur vous est rappelée ci-après :

Contenu

En vue de la réalisation de la ligne directe Neuchâtel-La Chaux-de-Fonds dans le cadre de Mobilité 2030, le Conseil d'État est prié de se coordonner avec les CFF afin d'étudier la possibilité de valorisation de la chaleur géothermique du tunnel pour le chauffage des bâtiments situés en surface.

L'étude sera élargie aux tunnels ferroviaires et routiers existants (dans le canton), proches d'habitations et qui constitueraient des candidats idéaux pour ce type de technologie.

Développement

Le fort potentiel d'exploitation de la chaleur contenue dans le futur tunnel de la ligne de métro M3, en ville de Lausanne, a été démontré dans une étude menée par des chercheurs de l'EPFL. Selon cette étude, équiper le tunnel d'un système géothermique permettrait de couvrir les besoins en chauffage de 1'500 logements. Une telle installation permettrait également d'assurer un refroidissement en été. Cette réalisation constituerait une première mondiale.

Au vu du potentiel important présagé et des économies énergétiques à la clé, qui s'inscrivent dans la politique climatique cantonale, nous encourageons vivement le canton à suivre de près le développement des nouvelles technologies disponibles sur le marché et à se positionner comme pionnier dans leur implémentation.

Une collaboration avec le monde académique (hautes écoles, universités, écoles polytechniques, etc.), en particulier l'EPFL, qui semble être à l'avant-garde sur cette thématique, est vivement encouragée.

2. SITUATION ACTUELLE

Les systèmes d'échange thermique en vue de chauffer ou refroidir des habitations, bureaux, halles industrielles ou autres installations sont bien connus à l'heure actuelle. De manière très résumée et non exhaustive, ils peuvent être listés comme suit :

- Pompe à chaleur air-eau qui prend la chaleur dans l'air
- Sonde géothermique destinée à capter la chaleur du sous-sol profond
- Serpentin permettant de capter la chaleur du sol à faible profondeur
- Échangeur plongé dans la nappe, l'eau d'un lac, ou alimenté par l'eau d'un pompage en rivière ou dans la nappe (hydrothermie)
- Réseau de circulation d'eau intégré dans un élément d'ouvrage (pieu, mur, dalle, ...)

Le postulat 22.172 mentionne le projet de ligne directe comme infrastructure à construire qui pourrait être équipée et demande d'examiner la possibilité d'équiper des tunnels déjà en service. En vue d'y répondre, un mandat d'un coût de quelque 16'000 francs a été confié à un bureau d'ingénieurs neuchâtelois spécialisé, dont le rapport est disponible sur la page internet principale du service des ponts et chaussées, dans la rubrique *Téléchargements*.

En soi, tous les ouvrages fermés et/ou enterrés pourraient être équipés d'échangeurs thermiques. Dans le cadre de l'analyse réalisée, le terme « tunnel » englobe autant les ouvrages réalisés en souterrain que les tranchées couvertes.

Même s'il est relativement peu courant, l'équipement d'ouvrages pour y récupérer la chaleur ou la fraîcheur de l'environnement est connu de longue date. En 2005, la Société suisse des ingénieurs et architectes (SIA) a émis la norme « Utilisation de la chaleur du sol par des ouvrages de fondation et de soutènement en béton. Guide pour la conception, la réalisation et la maintenance. » alors qu'en 2016, l'Office fédéral des routes (OFROU) a édité un rapport intitulé « Extraction d'énergie géothermique de tunnels urbains ; essai pilote » traitant des résultats obtenus en équipant la galerie d'Hagerbach sur l'A3 (SG). Cet essai-pilote a d'ailleurs abouti à la conclusion qu'en l'état de la technique au moment où l'essai a été réalisé, le potentiel était là, mais que le coût au kilowattheure thermique était deux à trois fois plus élevé qu'avec un système de sonde géothermique.

Cependant, la prise de conscience progressive relative à l'évolution climatique, au besoin de diminuer les émissions de gaz à effet de serre et à la nécessité de trouver des alternatives aux énergies fossiles ramène ce genre de solution en haut de la liste des alternatives intéressantes. C'est une des raisons pour lesquelles des projets de recherche et des solutions innovantes sont encore développés aujourd'hui en Suisse.

Il faut relever que plusieurs installations de production de chaleur concrètement utilisées pour l'habitat existent déjà en Autriche depuis 2009, au Royaume-Uni depuis 2014 et en Allemagne depuis 2016. À noter que cette dernière installation a été réalisée en zone de protection des eaux souterraines et fournit de la chaleur à la nouvelle maison des éléphants du jardin botanique et zoologique Wilhelma, à Stuttgart.

3. TYPE ET POSSIBILITÉS D'ÉQUIPEMENT

Il faut d'emblée préciser que les cas de figure des tunnels à construire respectivement déjà construits doivent être clairement distingués. En effet, les installations à mettre en place pour capter de la chaleur ne sont pas similaires dans l'un ou l'autre cas.

Les tunnels à construire peuvent être équipés de tubes noyés dans l'anneau intérieur en béton, ou entre le béton et la roche, dans lesquels l'eau peut circuler et se réchauffer en captant la chaleur du sol en contact avec le béton, alors que les ouvrages déjà construits devraient être équipés de système rapporté, fixé sur la paroi du tunnel de manière à pouvoir capter la chaleur du sol à travers le béton et, dans une plus faible mesure, la chaleur de l'air circulant dans le tunnel.

Le système de tubes noyés dans le béton ou posés entre le béton et la roche est déjà bien connu, il s'apparente aux systèmes de « pieux énergétiques » ou de serpentins posés de différentes manières. En revanche, équiper des ouvrages déjà existants n'est pas usuel. Un essai-pilote a été mené à Lausanne en 2021 par le développement de modules à fixer sur des murs existants – en l'occurrence dans un parking souterrain – qui permettent un échange thermique avec la structure et l'air ambiant, chauds en hiver et frais en été. C'est un système de ce genre qui devrait être envisagé pour l'équipement d'ouvrages existants.

Du point de vue de la localisation, il va de soi qu'un tunnel situé dans une zone exempte de tout consommateur ne présente pas d'intérêt, le transport de la chaleur ou du froid sur de longues distances devenant un non-sens, tant en termes de difficulté que de développement durable et de coût.

Pour les tunnels déjà construits, la question de la longueur de l'ouvrage doit aussi être prise en compte, puisque la température à l'intérieur du tunnel doit être relativement stable dans la zone de captage. L'air à l'intérieur d'un ouvrage court sera à la même température qu'à l'extérieur, refroidissant la structure en hiver et la réchauffant en été, ce qui rendra anecdotique tout prélèvement de chaleur ou de froid et donc inintéressant tout équipement de l'ouvrage.

Outre les échanges thermiques, un tunnel pourrait également être utilisé à des fins de stockage de froid ou de chaud. Le fait que la température y soit stable permet de laisser de l'eau chaude ou de l'eau froide dans un milieu qui ne la refroidira, respectivement ne la réchauffera pas. Cette solution est intéressante lorsqu'il s'agit de ne pas perdre le bénéfice de chaleur ou de froid dépassant temporairement les besoins ou la demande.

Naturellement, seuls les tunnels à construire entrent en ligne de compte, puisqu'il faut pouvoir disposer d'un volume de stockage conséquent, impossible à obtenir par la fixation d'éléments sur les parois.

Ainsi seuls des tubes noyés dans le béton au moment de la construction peuvent permettre d'offrir des volumes de rétention assez importants pour constituer un avantage significatif dans l'exploitation d'un système de production de chaud ou de froid à proximité de l'ouvrage.

4. LES TUNNELS SUR TERRITOIRE NEUCHÂTELOIS

Le territoire neuchâtelois est topographiquement assez varié, ce qui a nécessité, depuis plusieurs siècles, la construction de nombreux tunnels, petits et grands, rustiques ou modernes, pour passer d'une région à l'autre ou, plus ponctuellement, pour franchir un obstacle naturel ou non. Ceci est vrai tant pour les routes que pour les voies ferrées.

Ce besoin perdure encore aujourd'hui puisque sept tunnels sont encore à construire dans le canton de Neuchâtel, sous l'égide de diverses autorités.

4.1. Tunnels cantonaux

L'État de Neuchâtel a vu le nombre de ses ouvrages notablement diminuer par le transfert de la route principale H20 et de tous ses ouvrages à la Confédération. Restent néanmoins propriété du canton quelques tunnels d'une certaine taille dont les tunnels de La Clusette, du Bois-des-Rutelins (Saint-Sulpice), de St-Aubin et de Corcelles, ainsi que nombre de petits tunnels souvent non bétonnés tels les tunnels de La Rasse et de Maison-Monsieur (Côtes du Doubs), de La Rançonnière (Les Brenets) ou de Noirvaux (Buttes), pour n'en citer que quelques-uns.

Il y a néanmoins deux tunnels encore à construire, ceux du contournement Est de La Chaux-de-Fonds par la route principale H18 (tunnel des Arêtes) et le tunnel des Brenets qui sera construit par l'OFROU dans le cadre de la réalisation du contournement du Locle, puis remis au canton.

L'étude réalisée a admis que le tunnel des Arêtes pourrait être équipé, d'autant qu'il se situe dans la périphérie urbaine de La Chaux-de-Fonds, donc proche des consommateurs, et que la centrale d'incinération de Vadec SA se trouve très proche du portail nord de l'ouvrage, ce qui permettrait d'envisager des synergies intéressantes, notamment pour développer un système de stockage de la chaleur excédentaire produite par Vadec SA à certaines périodes.

Quant aux ouvrages existants, le tunnel de La Clusette pourrait constituer un choix intéressant pour y réaliser un essai avec des panneaux à fixer contre les parois, qui permettrait d'alimenter en chaleur les villages de Brot-Dessous et de Noiraigue.

4.2. Tunnels des routes nationales

Les tunnels existants sont nombreux sur les routes nationales N5 et N20. La traversée de La Béroche en compte deux importants, les tunnels de Sauges et de Gorgier, ainsi que plusieurs tranchées couvertes et semi-couvertes. Le tronçon reliant Perreux à Areuse compte deux tranchées couvertes, et celui allant de Serrières à Saint-Blaise n'est pratiquement constitué que d'ouvrages qu'il serait possible d'équiper.

Quant à la N20, son tracé en ouvrages est aussi important qu'à ciel ouvert avec sept ouvrages existants entre Neuchâtel et La Chaux-de-Fonds, ainsi que deux tunnels encore à construire par l'OFROU entre La Chaux-de-Fonds et le Col des Roches. Le potentiel est donc également conséquent sur cet axe routier.

Le tunnel de contournement du Locle étant en passe d'être réalisé durant ces prochaines années, des contacts ont été pris avec l'OFROU pour discuter de la possibilité de l'équiper de tubes géothermiques lors de sa construction, mais le projet ayant été approuvé sans ces installations, il n'était plus possible de l'adapter.

Il y a par contre une ouverture à intégrer une telle demande dans le projet du contournement Sud de La Chaux-de-Fonds par la N20. Et une fois la faisabilité et l'intérêt des systèmes modulaires démontrés à l'échelle d'un tunnel existant, le nombre d'ouvrages à équiper pourrait engendrer un apport géothermique important dans différentes régions du canton.

4.3. Tunnels ferroviaires

À l'instar des tunnels autoroutiers, les tunnels ferroviaires sont nombreux dans le canton, bien que la plupart soient aujourd'hui des plus rustiques vu l'époque à laquelle ils ont été construits et eu égard aux standards d'équipement très minimaux dont les trains ont besoin pour y circuler (pas d'éclairage, pas de surveillance vidéo, pas de ventilation, ...). Par ailleurs, le projet de réalisation de la ligne directe entre Neuchâtel et La Chaux-de-Fonds induira la reconversion des deux plus importants, soit ceux des Loges et du Mont-Sagne, pour les besoins de la mobilité douce.

Les tunnels ferroviaires d'un certain âge ne comportant pas d'anneau intérieur en béton, il n'est pas envisageable de les équiper de modules fixés sur les parois. Le seul tunnel ferroviaire existant dont l'équipement pourrait être envisagé, puisque ses parements sont revêtus, est celui de Saint-Aubin-Sauges.

Les futurs tunnels de la ligne directe seront revêtus et pourraient donc être équipés lors de la construction. Des contacts ont déjà été pris avec les CFF, tant par le canton que par la Ville de Neuchâtel, pour demander de réserver la possibilité d'intégrer ces équipements dans le projet. Au stade actuel des études, cette demande ne peut pas être analysée en détail, mais la donnée a été enregistrée pour être intégrée dans la phase de projet.

5. POTENTIEL DE PRODUCTION DE CHALEUR

La demande principale actuelle dans le canton pour ce genre d'installation porte avant tout sur la fourniture de chaleur, la demande en fourniture de froid restant marginale. L'étude a donc porté sur le potentiel en termes de fourniture de chaleur uniquement.

La grande force des ouvrages de type « tunnel » réside essentiellement dans l'importante surface disponible pour y installer un équipement. Le potentiel énergétique au mètre carré n'est pas extraordinaire, mais le cumul de milliers de mètres carrés devrait permettre d'envisager la production de quantités d'énergie importantes.

La région climatique ainsi que le contexte géologique et hydrogéologique dans lesquels l'ouvrage prend place jouent un rôle déterminant sur le potentiel de production de chaleur d'une installation.

Au niveau des températures, l'analyse réalisée admet que la température de l'air à l'intérieur du tunnel est égale à la température du terrain. Pour les tunnels en altitude, elle a été admise à 10°C alors qu'au niveau du littoral, une valeur de 15°C a été retenue. Finalement, de manière à ne pas surestimer le potentiel de production, la longueur utile de l'ouvrage a été considérée au 2/3 de sa longueur totale.

Tunnels projetés

Pour ce qui concerne les tunnels à construire, en retenant les projets de la ligne directe CFF et des contournements N20 Sud et H18 Est de La Chaux-de-Fonds, la production potentielle de chaleur pourrait couvrir les besoins annuels de 2'500 à 5'000 ménages.

Les tunnels et galeries de la ligne directe CFF représentent plus de 40% de ce potentiel. La localisation de leurs extrémités en fait des infrastructures très intéressantes, puisque tant à Neuchâtel qu'au Val-de-Ruz et à La Chaux-de-Fonds, d'importantes zones bâties peuvent être intéressées à bénéficier de la production de chaleur possible.

Tunnels existants

Pour ce qui concerne les tunnels déjà construits, l'analyse n'a pas couvert l'ensemble des nombreux ouvrages présents sur le territoire cantonal, notamment par le fait que le système d'échangeur envisagé n'est pas encore disponible autrement que sous forme d'installation pilote. Ainsi, à ce stade, le fait d'équiper l'un ou l'autre ouvrage tiendrait plutôt de l'essai en vraie grandeur permettant d'affiner les réelles possibilités et le véritable intérêt de ce genre de système à grande échelle.

Une évaluation a néanmoins été faite pour le tunnel de La Clusette, dont la production de chaleur potentielle pourrait couvrir les besoins annuels des ménages résidant à Brot-Dessous ainsi que d'une partie des ménages installés à Noiraigue.

Par extrapolation, mais sous toute réserve quant aux rendements et aux possibilités d'utilisation effectives, l'équipement des ouvrages existants de la N5 et de la N20 pourrait permettre de couvrir les besoins annuels de 2'000 ménages. Cependant, même s'il s'avérait possible d'équiper des ouvrages déjà construits de systèmes de récupération de chaleur, il semble clair que le potentiel thermique envisageable ne se situe qu'à 10 ou 20% de ce qui serait exploitable au travers d'équipements installés dans des ouvrages encore à construire.

6. COÛT DES INSTALLATIONS GÉOTHERMIQUES EN OUVRAGE

La question du coût d'exploitation de ces installations peut également être évoquée, au moins sur la base de grands principes.

Lorsque les systèmes de récupération de chaleur peuvent être installés lors de la construction de l'ouvrage, ils sont compétitifs. Seuls l'installation de gestion et l'échangeur représentent un coût significatif.

Quant au CO₂, une installation géothermique en produit 5 fois moins qu'une installation au gaz et 10 fois moins qu'une installation au mazout, alors qu'elle serait environ 1,6 fois plus élevée qu'avec une production au bois, la capacité d'absorption de CO₂ du bois tout au long de sa vie le rendant très compétitif sous cet angle.

Pour ce qui concerne les installations rapportées sur des ouvrages existants, les investissements seraient notablement plus conséquents puisqu'il s'agirait de poser et de raccorder des modules d'échangeurs thermiques sur les parois des ouvrages, modules qui ont un coût important à la production.

En synthèse, si les coûts de la production de chaleur seule semblent très intéressants, les coûts d'installation varieront vraisemblablement de manière importante selon les situations. Ils devront donc être évalués au cas par cas pour déterminer si et dans quelle mesure une installation de récupération de chaleur est faisable et peut être rentable.

7. SUITE DU PROCESSUS

S'agissant de domaines relatifs à la production d'énergie, et les Autorités propriétaires des ouvrages répartis sur le territoire neuchâtois n'étant pas des productrices ni des fournisseuses d'énergie thermique, la mise en œuvre d'installations telles que décrites ci-dessus devrait être étudiée et financée par des entités actives dans la production et la distribution de chaleur. Les Autorités susnommées pourraient mettre leurs ouvrages à disposition desdites entités qui seraient au bénéfice de conventions pour l'utilisation des surfaces et des espaces nécessaires dans les centrales techniques pour y installer les équipements de gestion et de distribution dans et hors des ouvrages.

Dans ce sens, un contact a déjà été pris à fin 2023 avec les sociétés Vadec SA et Viteos SA pour leur présenter les résultats des réflexions menées, et les inviter à mesurer l'intérêt qu'elles pourraient avoir à investir dans des installations de production de chaleur ou de froid, ou de stockage d'énergie sous forme thermique. En cas d'intérêt, la suite des démarches est de leur compétence. À défaut, d'autres investisseurs ou groupes énergétiques pourraient être sollicités.

8. CONCLUSION

La réalité de l'énergie géothermique présente autour des ouvrages souterrains est une évidence et la possibilité d'en tirer parti existe, notamment pour les ouvrages encore à construire dans le canton de Neuchâtel.

Il ressort du rapport d'ingénieur que, dans le cas d'ouvrages à construire, les solutions techniques pour ce faire sont connues mais nécessitent que l'équipement nécessaire soit intégré dès la phase de conception. L'installation d'un équipement similaire ultérieurement

n'est pas possible puisque le système de captage de chaleur est noyé dans certaines parties de l'ouvrage. L'investissement pour équiper un tunnel est proportionné et devrait rendre cette solution intéressante financièrement parlant, pour autant que le besoin de consommation soit avéré aux extrémités de l'ouvrage.

Pour ce qui concerne les ouvrages existants, il serait également envisageable de les équiper de systèmes de captage de chaleur, mais le coût d'équipement et le rendement de ces systèmes sont propres à remettre en question la rentabilité des investissements à consentir dans le contexte d'ouvrages souterrains. Comme pour le cas de figure précédent, le fait qu'il y ait une demande réelle aux extrémités de l'ouvrage constituerait de toute manière un prérequis impératif à toute volonté de concrétiser une telle solution.

Ni l'État de Neuchâtel, ni les CFF, ni l'OFROU n'étant des producteurs ou des fournisseurs de chaleur, tout projet allant dans le sens d'équiper l'un ou l'autre ouvrage devrait être porté par une société active dans ces domaines, agissant comme promoteur et sollicitant les propriétaires d'ouvrages pour y poser les équipements nécessaires. Des réflexions sont déjà en cours à cet égard chez Vadec SA et Viteos SA. Les projets de ligne ferroviaire directe entre Neuchâtel et La Chaux-de-Fonds ainsi que les contournements Est et Sud de La Chaux-de-Fonds montrent les plus forts potentiels géothermiques. Le Conseil d'État soutient leurs exploitations.

Le Conseil d'État estime avoir mis en évidence les possibilités d'exploitation de la géothermie dans les ouvrages existants et encore à construire sur sol neuchâtelois. Il vous prie, par conséquent, de valider le classement dudit postulat.

Veillez agréer, Madame la présidente, Mesdames et Messieurs, l'assurance de notre haute considération.

Neuchâtel, le 4 novembre 2024

Au nom du Conseil d'État :

La présidente,
F. NATER

La chancelière,
S. DESPLAND