

Proposition du Conseil administratif du 8 février 2023 en vue de l'ouverture de deux crédits d'études et de deux crédits de réalisations pour un montant total brut de 62 756 600 francs, dont à déduire 2 756 600 francs de recettes déduites, soit 60 000 000 de francs net, décomposés comme suit:

- délibération I: 5 072 300 francs destinés à l'étude de faisabilité pour la mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures de bâtiments du patrimoine financier;**
- délibération II: 7 811 600 francs destinés à l'étude de faisabilité pour la mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures de bâtiments du patrimoine administratif;**
- délibération III: 23 309 200 francs bruts destinés à des travaux de réfection et de mise aux normes du complexe d'étanchéité et d'isolation, de mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures plates de bâtiments prioritaires du patrimoine financier, dont à déduire 1 139 400 francs de recettes totales (de subventions de l'OCEn sur fonds fédéral et cantonal), soit 22 169 800 francs net;**
- délibération IV: 26 563 500 francs bruts destinés à des travaux de réfection et de mise aux normes du complexe d'étanchéité et d'isolation, de mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures plates prioritaires de bâtiments du patrimoine administratif, dont à déduire 1 617 200 francs de recettes totales (de subventions de l'OCEn sur fonds fédéral et cantonal), soit 24 946 300 francs net.**

Mesdames les conseillères municipales, Messieurs les conseillers municipaux,

Introduction

A ce jour, 86 toitures plates existantes du patrimoine financier, public et administratif de la Ville de Genève ont été sélectionnées en fonction de leur état et de leurs surfaces potentielles (voir annexes 1.0 et 1.1).

Les études de faisabilités (délibérations I et II) sur les 86 toitures pourront démarrer dès la mise à disposition des crédits. Elles permettront d'évaluer plus précisément le coût total des travaux de réalisation, incluant les travaux annexes

et spécifiques à chaque toiture (renforcement, sécurité, accessibilité, chauffage, ventilation, sanitaire et énergie (CVSE), dérogation de l'Office cantonal de l'énergie (OCEN) pour le thermique, etc.) et de confirmer ainsi le nombre d'objets prioritaires suivi de réalisations.

Cette approche de financement permettra d'accélérer les travaux en fonction d'une planification par étape et priorité identifiées, et de répondre ainsi aux engagements et objectifs ambitieux de la Ville de Genève, notamment en termes d'urgence climatique.

Les estimations des coûts des travaux des demandes de crédits (études et réalisations) sont basées sur des coûts effectifs de travaux réalisés sur une partie de la toiture de l'école du Seujet en 2021 et en partie sur des travaux similaires menés dans le cadre de l'entretien ou de devis d'entreprises pour des prestations spécifiques et ramenés à un prix au mètre carré. Sur cette base, la projection est de réaliser une surface d'environ 28 000 m², soit une quarantaine de toitures plates existantes sur les 86 sélectionnées en fonction de la surface des objets prioritaires.

Les présents crédits de réalisations (délibérations II et IV) portent sur la rénovation d'une quarantaine de toitures prioritaires du patrimoine financier, public et administratif de la Ville de Genève.

Cette proposition s'inscrit en réponse à l'urgence climatique, à la nécessité de diminuer de 60% les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030, d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 du plan climat cantonal et du plan d'action climat pour le territoire communal de la Ville de Genève parus en février 2020 constitués de neuf axes stratégiques et de 78 mesures concrètes ayant un impact environnemental sur le dérèglement climatique et sur les enjeux socio-économiques.

La réfection des toitures avec une végétalisation (biodiverses) et l'installation de capteurs solaires (biosolaires) répond aux objectifs identifiés par la Ville de Genève dans la stratégie climat, notamment:

- l'axe 2 – énergies et bâtiments;
- l'axe 6 – biodiversité et milieux naturels.

Le projet prévoit de réduire la consommation énergétique en assainissant et améliorant l'isolation thermique des toitures vétustes, mais aussi:

- d'utiliser le potentiel que représente l'ensemble des toitures existantes du patrimoine communal pour favoriser la production d'électricité à partir de ressources renouvelables par le développement et la mise en place de panneaux solaires photovoltaïques et thermiques;
- de végétaliser à grande échelle les toitures plates du patrimoine de la Ville de Genève en favorisant la biodiversité, la gestion des eaux de pluie et par

l'effet de masse et le rafraîchissement naturel à l'échelle de la ville. L'aménagement et la multiplication des surfaces de toitures végétalisées auront un impact favorable sur la diversité des écosystèmes naturels en milieu urbain. Ces surfaces vont constituer un grand maillage de réseaux et d'infrastructures écologiques, continus, permettant de reconnecter les milieux naturels entre eux à l'échelle du Grand Genève;

- de favoriser une économie circulaire de la gestion des déchets en incluant en amont du projet et de sa mise en œuvre l'utilisation de matériaux bio-sourcés de qualité ou issus de recyclage, et dans la mesure du possible de provenance locale, favorisant ainsi une construction neutre en carbone.

Contexte et historique de l'opération

Au fil des années, la Ville de Genève a entrepris la réfection des toitures avec mise en place d'une végétalisation en agissant par opportunité et de manière ponctuelle. Le type de végétalisation mise en place à ce moment était principalement une végétalisation extensive associant une végétation de type sédum, mousse et plantes herbacées de pousses spontanées.

Les premières rénovations et expériences de végétalisation de type extensive ou semi-intensive inspirées du principe de la permaculture «qui vise à la création d'écosystèmes favorisant le développement de la biodiversité» ont débuté avec des projets expérimentaux sur les toitures de l'école Le-Corbusier en 2016 et de l'école du Seujet en 2021.

La toiture de l'école Le-Corbusier réalisée en 2016

D'une surface d'environ 800 m² sur le bâtiment A orienté sud-ouest, elle a été mise à disposition de la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture (HEPIA) pour un suivi expérimental de la végétalisation.

Le projet proposait la création d'une toiture végétalisée à plus-value écologique en réutilisant et valorisant les matériaux in situ, respectant ainsi les exigences élevées de la norme SIA 312 § 2.7.2 relative à la compensation écologique avec une préférence pour les substrats d'origine locale et recyclés. Trois types d'épaisseurs de substrats ont été testés (hauteurs de 12, 18 et 24 cm), répartis selon les contraintes de charge. Deux types de semis ont été expérimentés avec des mélanges de plantes végétales adaptées aux climats extrêmes (humides et secs) et d'origine indigène, complétés par des mini-mottes. Des aménagements spéciaux favorables à la biodiversité ont été également prévus tels qu'une mini-mare, des branches et souches non traitées et un hôtel à insectes. Cette toiture est monitorée par l'HEPIA dans le but d'établir un bilan sur ces différentes combinaisons.

La toiture de l'école du Seujet réalisée en 2021

D'une surface de 490 m² orientée sud, elle a été suivie pour la partie végétalisation par l'association Terrasses sans frontières.

Le projet propose la mise en place d'une toiture extensive conforme aux exigences des normes SIA 312 et 320. La hauteur de substrat respecte la charge maximale admissible et des matériaux locaux, recyclés et écologiques (sans traces de pesticides). Le substrat d'une épaisseur moyenne de 18 cm alterne des creux et des bosses (de 12 et 30 cm de hauteur).

En raison de la portance admissible limitée, trois typologies de substrats ont été développées:

- aux droits des bosses d'une épaisseur de 30 cm, le substrat se compose d'une couche de miscanthus de h 15 cm (paillis de roseaux) et d'un mélange de substrat de base de h 15 cm (composé de 20% de gravier recyclé et lavé, de 70% de tuiles recyclées concassées et de 10% de matières organiques type compost);
- aux droits des creux, uniquement le mélange de substrat de base d'une épaisseur de 12 cm;
- sur le reste des surfaces d'une épaisseur de 18 cm, une couche de gravier recyclé de h 3 cm et une couche de mélange de substrat de base de 15 cm.

Le semis est composé d'un mélange de graines type toits fleuris genevois, complété de plantons en micro-mottes indigènes et d'arbustes localisés sur les buttes.

Plusieurs mesures écologiques ont également été mises en place afin d'accueillir un écosystème diversifié favorable aux invertébrés, papillons, abeilles, oiseaux..., telles que des tas de branches, de pierres, des mares, des hôtels à insectes et des nichoirs.

Aujourd'hui, la Ville de Genève propose d'élargir la réflexion et d'étudier la combinaison de la toiture végétalisée (biodiverse) avec la mise en place de panneaux solaires (toiture biosolaire).

Exposé des motifs

La volonté de la Ville de Genève est d'agir et de promouvoir une approche environnementale durable aussi bien énergétique que sur la biodiversité en milieu urbain. La proposition de rénover une partie importante et identifiée des toitures plates du parc immobilier de la Ville en combinant l'assainissement du complexe isolation-étanchéité, la mise en place d'une végétalisation «biodiverse» et l'installation de panneaux solaires «biosolaires», est une des réponses. Ces mesures concrètes auront une incidence directe aussi bien sur la transition écologique, sociale qu'économique.

Une première analyse du parc immobilier financier, public et administratif existant de la Ville de Genève a permis d'identifier 86 bâtiments pouvant être associés au projet.

Végétalisation

Plusieurs procédés et manières de végétaliser une toiture existent. Le choix du type de végétalisation dépend de la capacité structurelle du bâtiment, de l'accessibilité en toiture et de la volonté des parties prenantes.

Le type extensif, entre 8 et 15 cm d'épaisseur de substrat (ou semi-extensif inférieur à 8 cm), est un procédé qui met en œuvre des plantes qui nécessitent peu de substrat. Ce type de végétalisation s'applique sur des toitures non accessibles ayant des capacités portantes faibles. Les végétaux adaptés sont des espèces qui ont peu d'exigences en eau et de faibles besoins nutritifs. On identifie des plantes qui poussent habituellement dans des milieux arides et secs et qui nécessitent peu d'entretien (ni taille, ni tonte, ni arrosage). Le choix des variétés et leur hauteur vont varier en fonction de l'épaisseur de substrat, lui-même lié à la capacité de portance possible de la toiture existante.

Le type semi-intensif, entre 20 et 40 cm d'épaisseur de substrat, a recours à des plantes plus exigeantes avec un choix végétal allant des graminées, gazons, plantes vivaces jusqu'aux arbustes tapissants. Le renforcement de la structure du bâtiment peut être nécessaire. L'accessibilité requiert quelques aménagements en conformité aux règles de sécurité en vigueur. Les besoins en entretien sont généralement plus élevés et la mise en place d'un arrosage doit être évaluée en lien avec le type de plantes choisies.

Le type intensif, supérieur à 50 cm de substrat, offre de grandes possibilités d'aménagement. On parle ici d'une végétation type jardin accessible. Le renfort de la toiture est important, lié au potentiel de réserve d'eau que peut retenir le substrat. La mise en place d'un arrosage est nécessaire et les coûts d'entretien sont importants (arrosage en période de sécheresse, tonte, taille, récolte).

Bénéfices de la végétalisation

La végétalisation des toitures couplée à une amélioration de l'isolation comporte de nombreux bénéfices et avantages, notamment si l'effet de masse est important (nombre et surface):

- elle améliore le confort thermique et permet d'économiser des ressources énergétiques;
- elle atténue les nuisances sonores dans le bâtiment;

- en comparaison à une toiture traditionnelle, la végétalisation protège la couche d'étanchéité des écarts de température journaliers et des rayonnements ultraviolets, doublant ainsi sa durée de vie;
- elle joue aussi un rôle de rétention d'eau en ralentissant la surcharge des réseaux lors d'épisodes pluvieux et orageux;
- la végétalisation et le substrat, comme toute autre surface verte, participent à l'épuration par la captation des particules fines présentes dans l'air et l'eau de pluie, diminuent le CO₂ ambiant et produisent de l'oxygène;
- dans une moindre mesure, s'agissant de toitures de type extensif, elle participe au rafraîchissement du microclimat extérieur ambiant grâce à l'évapotranspiration des plantes;
- elle offre des surfaces favorables à la biodiversité;
- elle participe à la compensation partielle de la perte de surfaces vertes perméables;
- elle valorise l'esthétique paysagère des bâtiments.

Installations de panneaux solaires et mise aux normes thermiques

Installation de panneaux solaires photovoltaïques

Le potentiel solaire des bâtiments sera exploité en priorité pour produire de l'électricité locale et renouvelable avec des panneaux photovoltaïques. Selon le type de bâtiment, une obligation légale peut imposer, en complément, des centrales solaires thermiques dévolues à la production d'eau chaude sanitaire pour les immeubles locatifs notamment.

La présente demande de crédit prévoit la construction d'une quarantaine de centrales photovoltaïques pour une surface totale de 10 000 m² totalisant une puissance de 2,23 MWc et permettra de produire 2,1 GWh/an.

L'énergie produite par les centrales sera autoconsommée, permettant ainsi de diminuer l'achat d'énergie. Le surplus sera revendu aux Services industriels de Genève (SIG). Compte tenu de la typologie des bâtiments et du niveau d'équipement technique, le niveau d'autoconsommation est estimé à globalement 40%.

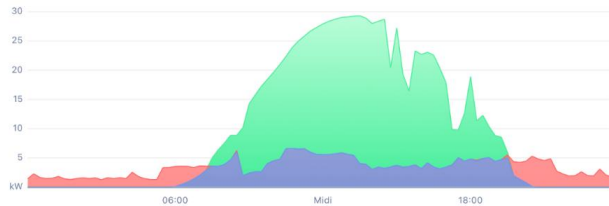
Les recettes et économies d'achat d'électricité attendues pour ces installations se montent à 397 000 francs, et l'amortissement sera réalisé en neuf ans, en tenant compte de la rétribution unique (RU) de la Confédération.

Ces réalisations solaires compléteront les 40 installations existantes en Ville de Genève selon le programme décidé par le Conseil administratif le 20 octobre 2004 pour le développement de l'énergie solaire photovoltaïque. Elles permettront d'augmenter la puissance de 60% (actuellement 1,4 MWc).

Exemple de profil et bilan journalier de production/autoconsommation:

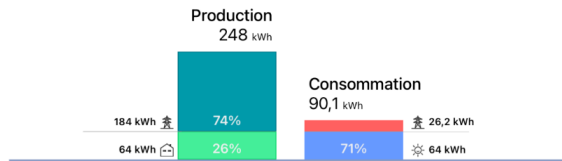
Production & consommation

- Production solaire
- Consommation
- Autoconsommation



Bilan Energétique

- Surplus
- Utilisé
- Achat (28%)
- Autoconsommation



Installation de panneaux solaires thermiques:

En cas de rénovation de toiture, la loi sur l'énergie (L 2 30) impose la création d'une centrale solaire thermique permettant de produire 30% des besoins d'eau chaude sanitaire (ECS). La présente demande de crédit prévoit la construction d'une vingtaine de centrales solaires thermiques sur des bâtiments locatifs, pour une surface totale de 765 m². L'ensemble de ces installations permettra de produire 460 000 kWh de chaleur, soit une réduction de 910 tonnes de CO₂. Ces installations seront réalisées en complément des installations solaires photovoltaïques.

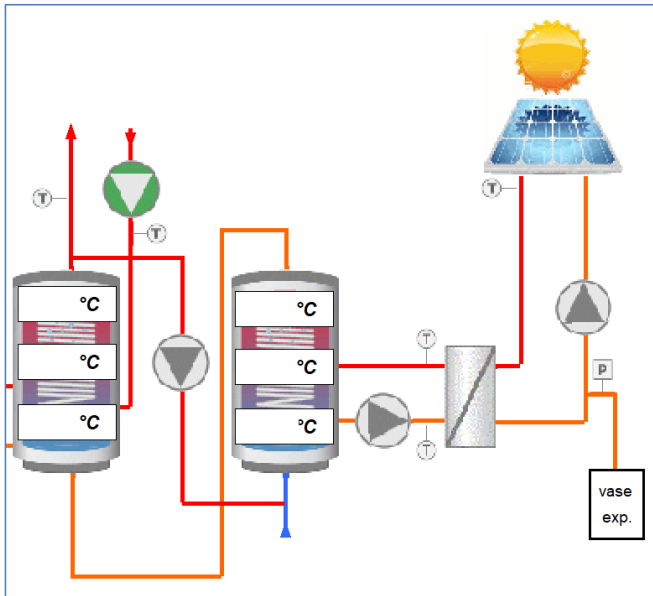
Le fonctionnement d'une installation solaire thermique est simple pour produire l'ECS: un fluide caloporteur est chauffé dans les panneaux par le rayonnement solaire, puis acheminé vers un échangeur où il transfère sa chaleur à l'eau froide qui deviendra de l'eau chaude sanitaire. Ce fluide refroidi est pompé vers les panneaux solaires pour recommencer son cycle.

Des dérogations peuvent être demandées:

- en cas de faible besoin d'ECS pendant l'été, période pendant laquelle les panneaux solaires thermiques produisent le plus de chaleur (écoles, locaux administratifs...);
- lorsque la production de chaleur du bâtiment est déjà issue d'énergies renouvelables (réseaux thermiques structurants des SIG, chaufferies bois, pompes à chaleur...).

Pour les deux types de bâtiments ci-dessus, la plus-value apportée par les panneaux solaires thermiques est faible. Le solaire photovoltaïque y sera privilégié et sera installé pour couvrir l'ensemble de la toiture.

Principe solaire thermique



Isolation des toitures, cible et performance de l'isolation

Dans le cadre des travaux de végétalisation, les isolations des toitures des bâtiments seront complètement renouvelées et verront leurs performances thermiques sensiblement améliorées par leur mise en conformité avec les normes actuelles d'isolation (selon la loi sur l'énergie L 2 30 et la norme SIA 380/1 éd. 2016).

La valeur maximale du coefficient de transfert thermique U de chaque toiture sera de $U < 0,20 \text{ W/m}\cdot\text{k}$. Elle peut être obtenue avec 14 cm de polystyrène expansé graphité ($\lambda = 0,029 \text{ W/m}\cdot\text{k}$) ou 16 cm de laine de roche ($\lambda = 0,034 \text{ W/m}\cdot\text{k}$).

Ces renforcements des isolations des toitures permettront d'économiser 710 000 kWh de chaleur, soit une réduction de 1400 tonnes de CO_2 .

Outre la conformité avec la loi sur l'énergie L 2 30, cette performance d'isolation donne droit à une subvention de 70 francs par mètre carré de toiture isolée. Pour l'ensemble des toitures de la demande de crédit, les subventions pour l'isolation pourraient atteindre 1 324 300 francs.

Remplacement des ventilations en toitures

Les installations de ventilation présentes sur les toitures, monoblocs ou tourelles d'extraction devront être déposées pour permettre les travaux d'isolation et de végétalisation. Toutes les tourelles d'extraction récentes et les monoblocs seront reposés.

Les installations vétustes seront remplacées par de nouvelles tourelles à haute performance fonctionnant avec des bouches d'extraction hygroréglables. Avec ce dispositif, le débit d'air extrait varie en fonction du taux d'humidité de la pièce, et l'entrée d'air froid extérieur est limitée au strict nécessaire. Cela permet de réduire les déperditions de chaleur par infiltration (jusqu'à 5% pour un bâtiment de logements) et les dépenses d'électricité (entre 40 et 50% de l'électricité dédiée à ces tourelles).

Concept du projet (végétalisation biodiversée et panneaux solaires biosolaires)

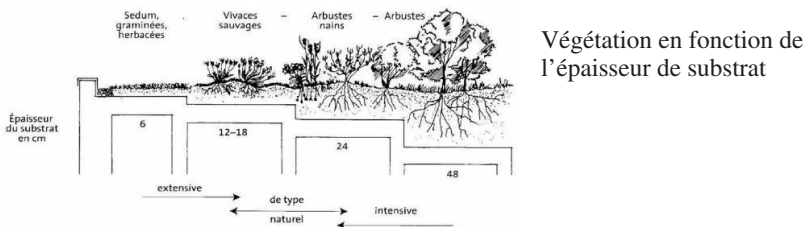
Le but de cette démarche n'est pas seulement de végétaliser les toits, mais d'apporter une plus-value en favorisant des projets exemplaires en termes de biodiversité, animale et végétale, et en créant un milieu favorable servant de refuge aux plantes et petits animaux menacés.

Comme défini au préalable, il existe plusieurs types de toitures végétalisées caractérisées par des avantages et des inconvénients. Le choix pour chaque toiture sera dépendant des caractéristiques intrinsèques et de son contexte.

Dans le cas présent, s'agissant de toitures existantes du patrimoine avec une capacité structurelle définie, mais rarement dimensionnées pour supporter ces charges supplémentaires, le potentiel du type de végétalisation va se situer entre une toiture extensive et semi-intensive. La définition du projet sera déterminée en étudiant au cas par cas chaque toiture sur la base des contraintes constatées et du niveau d'exemplarité souhaité (biodiversité et développement durable).

En effet, une toiture semi-extensive composée d'un substrat d'une épaisseur variant de 2 à 8 cm aura un faible rendement végétatif et de la peine à durer dans le temps. Par contre, une toiture extensive avec un substrat supérieur à 10 cm sera une des clés du succès pour un bon développement de la biodiversité en fonction des espèces et des milieux ciblés.

Mais une toiture semi-intensive, composée d'un substrat d'une épaisseur supérieure à 20 cm, pourra développer une végétation qui aura un impact environnemental certain, mais un intérêt moindre du point de vue du biotope pour le développement de la biodiversité. Ce type de toiture impliquera des coûts, des obligations et des contraintes plus importantes, notamment d'entretien, d'accessibilité, mais surtout un impact limitant, lié aux contraintes statiques des structures existantes.



Source: <http://www.hqe.guidenr.fr/cible-2-hqe/typologies-toitures-vegetalisees.php>

Mise en œuvre de végétalisation biodiverse (mixte entre extensive et semi-intensive)

Le système de composition «classique» en multicouche avec un drainage d'alvéoles synthétiques et d'un substrat prêt à l'emploi (type mélange de pierres volcaniques ou de boulettes d'argile) proposé aujourd'hui sur le marché est un système coûteux qui n'est pas indispensable si l'épaisseur et la qualité du substrat proposé sont suffisantes. Si ce type de substrat a l'avantage de rester léger et facile à manipuler, sa granulométrie souvent très homogène rend la germination et le développement racinaire plus difficile. Il est généralement aussi stérile et dépourvu de micro-organismes indispensables au bon développement de la végétation. De provenance non locale, ces substrats ont un mauvais bilan carbone.

Les expériences menées en Suisse alémanique ont prouvé qu'un système monocouche (biodiverse), inspiré des écosystèmes naturels, est le meilleur gage de qualité pour l'environnement et la biodiversité.

Pour garantir la pérennité d'une toiture végétalisée biodiverse extensive, la mise en place de plusieurs couches et d'aménagements ayant des fonctionnalités précises est nécessaire.

Couche de substrat (drainage et rétention d'eau): la mise en place d'un substrat adapté est primordiale. Elle constitue la couche dans laquelle les plantes vont s'enraciner, puiser l'eau et trouver leurs nutriments. Il doit être adapté aux plantes de milieux arides et peu fertiles. Il se compose de 90 ou 95% de matériaux minéraux

d'origine locale constituant le drainage (mélange de sable, gravier, cailloux, tuiles concassées, etc.) et de 5 à 10% de matières organiques (humus, compost, etc.).

Ce mélange et composition offrent une granulométrie variable favorable à l'enracinement et à la croissance des plantes, et une bonne rétention d'eau et de nutriments par la présence naturelle de micro-organismes. Il reste peu coûteux si les compositions sont de provenance locale.

Afin de garantir une bonne diversité végétale, la hauteur idéale d'un substrat doit être comprise entre 10 et 15 cm, pour autant que la statique du bâtiment le permette. En dessous de 8 cm d'épaisseur, le sol se dessèche ou s'inonde rapidement, favorisant plutôt les plantes type sédum et mousses, très résistantes au stress hydrique et aux fortes températures. Un épandage de substrat irrégulier, comprenant des creux et des bosses, constitue des micro-habitats favorables à la biodiversité.

Afin d'optimiser la charge sur la structure existante, on peut utiliser un mélange de matériaux recyclés, comme les briques et les tuiles concassées, plus légères et poreuses. Des substrats légers à base de paille de miscanthus (roseau de Chine cultivé localement) ont également été testés avec succès sur des toitures à faible portance (mélange: 1 à 2 cm de compost, 3 à 5 cm de briques concassées + grave à béton et 4 à 17 cm de paille de roseau après tassement).

Exemples de mélanges (Office cantonal de l'agriculture et de la nature (OCAN):

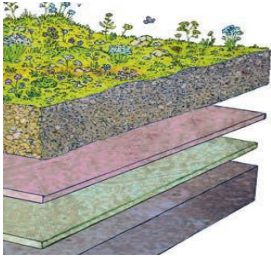
- 75% gravillons 16-32 mm + 15% grave à béton 0-16 + 10% compost.
- 65% briques/tuiles concassées 8-16 mm + 30% grave à béton (0-22 mm) + 5% compost.
- 50% briques/tuiles concassées + 45% grave 0-32 mm + 5% compost.
- 70% briques concassées + (20%) grave béton + 10% de compost et 4 à 17 cm de Miscanthus.

Charge nécessaire en fonction d'une hauteur pour un substrat léger à base de paille de Miscanthus:

- Une épaisseur de 8 cm représente une charge complémentaire d'environ 100 kg/m².
- Une épaisseur de 11 cm représente une charge complémentaire d'environ 120 kg/m².
- Une épaisseur de 33 cm avec des buttes de 50 cm d'épaisseur représente une charge complémentaire d'environ 300 kg/m².

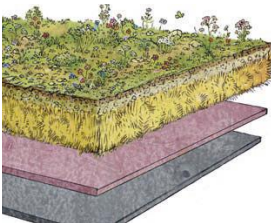
A titre de comparaison, une composition de type mélange briques/grave d'une épaisseur de 11 cm représente une charge complémentaire d'environ 190 à 210 kg/m².

Système monocouche (drainage et rétention d'eau)



- Végétation: privilégier plantes sauvages indigènes.
- 10 cm minimum de mélange (OCAN) gravier, sable, cailloux... qui assureront à la fois rétention d'eau, drainage et bon enracinement végétal. On y ajoutera au maximum 5 à 10% de matière organique.
- Géotextile
- Membrane d'étanchéité

La paille de roseau de type *miscanthus chinensis*, produite localement, se décompose moins vite que la paille de céréales



- Végétation
- 1-2 cm de compost/terre végétale
- 3-5 cm de briques concassées + grave à béton
- 10-15 cm de paille de roseau de Chine après tassement (foisonnement de min. 50%)
- Géotextile
- Membrane d'étanchéité

Illustrations extraites du guide de recommandations toitures végétalisées – Ville de Lausanne

Complexe d'étanchéité

La membrane synthétique armée d'un voile de verre ou une couche double de bitume traitée anti-racines a pour but d'étanchéifier la toiture. Les membranes synthétiques de type polyoléfine thermoplastique (TPO) sont à privilégier car elles ne contiennent pas d'herbicides lessivables par les eaux de pluie.

Couche de protection

La natte imputrescible en géotextile est installée entre le substrat et la couche d'étanchéité afin de protéger le complexe d'étanchéité de l'usure mécanique (environ 300 à 800 g/m²).

Végétalisation de type extensif à semi-intensif

Le choix des végétaux doit se porter exclusivement sur des espèces indigènes avec un assortiment diversifié d'espèces, car contrairement aux espèces «exotiques», elles sont indispensables au développement et à la survie d'une multitude de petits invertébrés (papillons, abeilles sauvages...). La méthode de l'herbe à semence peu onéreuse est la plus naturelle. Il s'agit de faucher une surface source au moment où les plantes ont formé des graines, puis de l'épandre sur la surface à ensemercer. Elle présente l'avantage de conserver des espèces régionales. Il existe aussi sur le marché des mélanges grainiers adaptés aux toitures végétalisées type toits fleuris, prairies fleuries sèches ou rustiques. On trouve également une grande diversité de plantes en pot pouvant s'adapter aux conditions extrêmes des toitures.

Les espèces les mieux adaptées aux conditions de vie en toiture sont celles qui poussent naturellement dans les sols pauvres des coteaux secs, des pierriers, des zones alluviales et des prairies maigres, et survivent sans arrosage ni engrais.

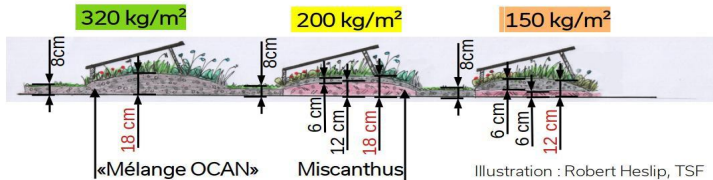
Micro-habitats

Mise en place de mesures écologiques naturelles telles que mares, tas de branches, hôtels à insectes, nichoirs... pour accueillir une diversité d'insectes et d'oiseaux.

A titre indicatif quelques références de charges:

- Mélange de substrat prêt à l'emploi type mélange de pierres volcaniques ou de boulettes d'argile expansée; **de 8 à 15 kg/m²** par centimètre d'épaisseur (à saturation d'eau).
- Substrat minéraux naturels et locaux type mélange de pierres, graviers, sables, limons... enrichis de matière organique; de **15 à 20 kg/m²** par centimètre d'épaisseur (à saturation d'eau).
- Substrat à base de matériaux recyclés de chantier comme les «tout-venant mélange type brique concassées et gravier», pour autant qu'ils ne soient pas pollués; environ **16 kg/m²** par centimètre d'épaisseur (à saturation d'eau).
- Substrat à base de paille de roseau de Chine, *Miscanthus chinensis*, produite localement; env. 1 kg/m² par centimètre d'épaisseur à sec et **3,5 kg/m²** à saturation d'eau.
- Panneaux photovoltaïques **15 kg/m²** avec lestage **115 kg/m²**.
- Panneaux thermiques **25 kg/m²** avec lestage **125 kg/m²**.
- Neige env. **75 kg/m²**.

Charge selon type de substrat et épaisseur



Installation de panneaux solaires (biosolaires)

Le principe de la toiture biosolaire est de faire cohabiter une végétalisation à fort potentiel biologique avec l'installation de panneaux solaires producteurs d'électricité et d'énergie renouvelable.

La disposition des capteurs sera réalisée en cherchant un équilibre entre la surface végétalisée, les champs de capteurs et le maintien de surfaces d'accès aux entreprises.

Ce type de combinaison offre des avantages et améliore qualitativement aussi bien la végétation que la production solaire.

D'une part, la végétation sous les panneaux solaires est favorisée. Elle profite à la fois de l'ombre créée par les panneaux solaires, des courants d'air et de l'eau répartie de manière irrégulière au sol lors d'épisodes pluvieux (une attention sera néanmoins apportée à l'impact du ruissellement et à l'érosion localisée du substrat au pied du capteur et au choix des plantes).

D'autre part, le développement de la végétation abaisse la température des capteurs solaires et améliore le rendement de la production solaire.

L'association végétalisation et panneaux solaires demande tout de même de prendre quelques précautions.

Le type de support pour la construction de centrales photovoltaïques sur des toitures végétalisées doit être choisi en conséquence. En effet, selon les expériences déjà réalisées dans les villes de Bâle et Lausanne, les panneaux seront installés avec une exposition sud et une inclinaison de 20° minimum; la hauteur du bord inférieur du panneau sera au minimum de 20 cm du substrat végétal. En outre, l'écart entre les panneaux doit être au minimum de 80 cm pour permettre les apports en lumière et en eau de pluie à la végétation qui se développe sous et derrière les panneaux solaires.

Ce mode de pose permet une optimisation et un compromis entre la production d'électricité et le développement du végétal. Toutefois, elle constitue une

occupation plutôt faible de la toiture par rapport à un mode de pose en dôme est/ouest qui n'est pas adapté aux toitures végétalisées.

L'épaisseur de substrat devant les panneaux solaires ne doit pas dépasser une hauteur de 8 cm d'épaisseur sur une largeur de 50 cm afin de favoriser des plantes basses de type sédum qui n'ont pas besoin de fauche. L'épaisseur du substrat à l'arrière et sous les panneaux solaires doit être au minimum comprise entre 10 et 12 cm afin de favoriser des plantes indigènes adaptées à la mi-ombre et ombre, et pouvant atteindre 20 à 40 cm de hauteur.

L'intégration de la structure des panneaux solaires dans le complexe de toiture végétale (de 10 à 15 cm de type minéral) permet de limiter le lestage supplémentaire des panneaux. Il existe différentes solutions techniques combinant lestage, drainage et protection de l'étanchéité.

La question de l'ancrage/type lestage des panneaux solaires et de la protection de déchirures de l'étanchéité se pose si le substrat est mince (hauteur < que 8 cm).

Coupe végétalisation biosolaire:

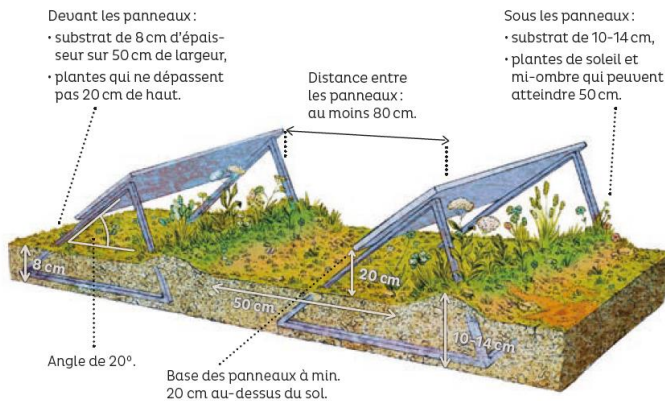


Illustration extraite guide de recommandations toitures végétalisées – Ville de Lausanne

Contraintes techniques liées à la végétalisation et à l'installation de capteurs solaires

Avant d'envisager la mise en place d'une toiture végétalisée biodiversée, un mandat d'ingénieur sera confié pour chaque objet afin d'analyser les éléments structurels, déterminer les limites de résistance, la marge de charge disponible et les variations possibles en fonction d'un plan de charge aux droits de la structure portante.

Ces études permettront de fixer le type et la technique de végétalisation envisagée ainsi que l'implantation des surfaces de capteurs solaires en fonction de la configuration, de l'orientation de la toiture et du calcul de poids des charges permanentes, de sécurité et d'entretien.

Les bases du projet pour chaque objet seront ainsi définies par les possibilités statiques résultant de l'étude et fixées par l'ingénieur.

Le type de renforcement structurel nécessaire (par exemple lames de carbone) et les interventions sur la base de l'objectif à atteindre seront déterminés et considérés de manière proportionnelle. Le coût nécessaire pour le renforcement sera chiffré et la pertinence des travaux confirmée.

Plusieurs configurations de renforcement pourraient être étudiées afin d'optimiser les travaux de renfort, par exemple un substrat réparti de manière irrégulière ou plus fourni en adéquation avec la position de la structure portante principale ou secondaire.

Les contraintes du projet liées au lestage des panneaux, à la prise au vent et à la neige seront aussi considérées et étudiées.

De plus, si le projet d'isolation avec une végétalisation biosolaire est possible, l'augmentation de l'épaisseur du complexe totale peut nécessiter le rehaussement de l'acrotère de la toiture. Cela doit être étudié avec soin, en particulier pour les bâtiments à caractère patrimonial.

La question de la résistance au feu pour les structures métalliques devra aussi être prise en compte.

Entretien des toitures végétalisées et des installations solaires

Végétalisation

Pour maintenir la qualité d'une toiture végétalisée extensive à semi-intensive et lui permettre de se développer correctement, un entretien et un contrôle régulier doivent être mis en place. Un cahier des charges doit être établi avec la définition du taux de couverture après la période d'adaptation, des tâches et modalités d'exécution en fonction des spécificités de la toiture.

L'entretien se fera selon les préconisations en la matière et comprendra le désherbage avec l'évacuation des végétaux dont la prolifération n'est pas souhaitée, le fauchage et la taille de certaines plantes vivaces desséchées, l'inspection et le nettoyage des bandes de gravier, des écoulements d'eau pluviale et le contrôle des installations de sécurité telles que garde-corps, lignes de vie, acrotères...

Il est conseillé deux à trois entretiens la première année, puis une à deux fois par année à partir de la deuxième année.

Même si la végétation sélectionnée supporte bien la sécheresse, le projet devra prévoir d'arroser après trois semaines sans précipitation en été pendant les deux premières années.

Par ailleurs, afin d'éviter l'ombre portée sur les panneaux, il sera important de contenir et de contrôler la pousse d'une végétation haute au pied des capteurs. Ce problème devrait naturellement être résolu par la mise en place d'un substrat d'une épaisseur de 8 cm au pied des capteurs, rendant la pousse de ce type de végétation peu favorable.

Sécurité

L'accès pour les travaux d'entretien des toitures en hauteur est régi par des règles de sécurité très strictes. Les toitures ne possèdent généralement pas de garde-corps permanents adaptés, et le travail peut s'avérer dangereux pour les personnes devant intervenir pour l'entretien. L'installation d'accès adaptés, d'une ligne de vie pour les points d'accroches et autres dispositifs «antichute» doit être étudiée et posée conformément aux exigences en vigueur pour le travail en toiture.

Obligations légales et de sécurité

- les normes de la loi fédérale sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 (LPE);
- l'ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPAir), règlement cantonal de protection de l'air (K 1 70.08 de 2002) et plan de mesures pour l'amélioration de la qualité de l'air à Genève (2003-2010);
- la loi et l'ordonnance fédérale sur l'énergie (LEn 1998, OEn 1998);
- la loi cantonale sur l'énergie (L 2 30 – 1986) et son règlement d'application (L 2 30.01 – 1988, modifié en août 2010);
- la loi fédérale du 8 octobre 1999 sur la réduction des émissions de CO₂ (ordonnance du 8 juin 2007 sur la taxe sur le CO₂);
- des éléments de protection antichute – attestation de conformité de la ligne de vie norme EN 795 type A et C;
- normes et directives de protection incendie AEAI 2015 – Police du feu.

Normes SIA de la Société suisse des ingénieurs et architectes

- SIA 312: végétalisation de toitures (complète les normes 271, édition 2007 et SIA 318, édition 2009);
- SIA 118/271: conditions générales pour l'étanchéité des bâtiments (éd. 2007). Dispositions contractuelles spécifiques à la norme SIA 271 (éd. 2007);

- SIA 118/312: conditions générales pour végétalisation de toitures;
- SIA 118/318: conditions générales relatives aux aménagements extérieurs (éd. 2009). Dispositions contractuelles spécifiques à la norme SIA 318 (éd. 2009);
- SIA 180: isolation thermique et protection contre l’humidité dans le bâtiment (éd. 1999);
- SIA 270: étanchéité et évacuation des eaux – Bases générales et délimitations (éd. 2007);
- SIA 271: l’étanchéité des bâtiments (éd. 2007). Remplace la version antérieure de la norme 271 «Toits plats» (éd. 1986) et intègre les recommandations de la norme 271/2 «Toitures-jardins» (éd. 1994);
- SIA 271/2: toitures-jardins (éd. 1994). Complément à la recommandation SIA 271 «Toits plats» (éd. 1986);
- SIA 279: matériaux de construction isolants (éd. 2011);
- SIA 280 et 380/1: énergie thermique dans le bâtiment – lés d’étanchéité en matière synthétique (éd. 2009);
- SIA 281: lés d’étanchéité bitumeux – lés bitumineux (éd. 2007);
- SIA 318: aménagements extérieurs (éd. 2009);
- SIA 260-261-263: structures porteuses.

Recommandations et mesures

- FLL, le «Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau» en Allemagne met à disposition ses recommandations sur les principes de planification, réalisation et entretien des toits végétalisés.
- Label «toits végétalisés – Qualité selon l’ASVE-Vert» de l’Association suisse des spécialistes du verdissement des édifices (respect en termes d’écobilan).
- Pour la végétalisation (Office cantonal de l’agriculture et de la nature (OCAN): cofinancement par l’Etat de Genève sur la base de l’art. 16, al. 2 de la loi sur la biodiversité (LBio-M 5 15) inscrit aux articles 4 à 9 du règlement sur la biodiversité, du 8 mai 2013 (M 5 15.1).

Description de l’ouvrage et surfaces potentielles

Le projet prévoit d’intervenir sur une quarantaine de toitures plates existantes sur les 86 sélectionnées en fonction de la surface des objets prioritaires, localisées dans divers quartiers sur l’ensemble du territoire de la Ville de Genève. Les objets sélectionnés présentent une grande diversité aussi bien au niveau de leur affectation que du nombre d’étages sur rez-de-chaussée (hauteurs comprises entre 4 et

48 m) ou de leur superficie (surfaces comprises entre 200 et 10 000 m²). Ils ont été sélectionnés selon deux critères: état de vétusté de la toiture et surface potentielle.

On peut les regrouper par famille selon les activités identifiées, soit:

- des immeubles de logements (majorité) dont sept immeubles de grande hauteur;
- des bâtiments scolaires;
- des centres artisanaux – bureaux;
- des bâtiments administratifs;
- des centres sportifs;
- des centres culturels et des bibliothèques;
- des espaces de quartier.

Potentiel de surfaces végétalisées et solaires

Le potentiel de surfaces de toitures végétalisées et de panneaux solaires va dépendre de l'analyse de différents facteurs et des critères liés à chaque toiture, tels que la hauteur, l'exposition, la configuration, le choix du type de végétalisation en fonction du lieu et des écosystèmes présents, de la hauteur du substrat possible en tenant compte des charges admissibles supplémentaires, mais aussi en considérant les priorités et la proportionnalité en termes de projet (mixte entre la production d'énergie renouvelable et la végétalisation).

Méthodologie d'intervention

Dès que les demandes de crédits seront votées, le processus d'appels d'offres mandataires pourra être lancé sur la base de prestations définies.

La Ville devra au préalable déterminer le cahier des charges et la planification envisagée pour l'ensemble des objets sélectionnés, en constituant notamment des lots sur la base de paramètres définis et des objectifs à atteindre.

Une fois l'ensemble des mandataires sélectionné, les études de faisabilité pourront démarrer. Le résultat des études sera déterminant et confirmera la viabilité du projet et les solutions envisagées pour chaque objet.

Cette première étape d'évaluation et de validation comprendra entre autres

- des études de faisabilité, l'analyse des contraintes techniques du bâtiment et de l'opportunité de mettre en place une végétalisation combinée à des surfaces de capteurs solaires (expertises, analyses de la vétusté des éléments

existants, sondages, portances, renforcements, sécurité, analyses et intérêt d'une végétalisation biodiverse, zonage biosolaire, etc.);

- la coordination du groupe de mandataires spécialisés et d'experts métier, du maître de l'ouvrage et des utilisateurs éventuels;
- la définition des choix de projet (type de végétalisation, épaisseur de substrat, choix de plantations en relation avec l'étude des écosystèmes du lieu, surfaces de panneaux solaires, type de lestage et mise en place d'un zonage mixte adapté);
- l'analyse du rapport coût/bénéfice;
- l'impact environnemental du projet.

Les phases projet, appels d'offres et réalisation pourront se poursuivre une fois la liste des objets confirmée et validée; elle comprendra les aspects suivants:

- économiques (devis général);
- procédures de demandes d'autorisations;
- planification des objets selon priorités définies;
- appels d'offres, lancement des soumissions et attribution par CFC;
- organigramme opérationnel;
- phase réalisation et suivi financier de l'opération;
- coûts d'exploitation (exploitation et maintenance).

Afin de réaliser des projets respectueux de l'environnement, favorables au développement de la biodiversité, durables et économes en énergie, l'une des actions importantes sera la mise en place d'une coordination de projet en alliant les compétences de différents partenaires professionnels (architectes, paysagistes, experts et entreprises spécialisées dans le domaine spécifique).

Programme et descriptif des travaux

Les travaux comprennent:

- la réfection complète du complexe d'étanchéité et l'amélioration de l'isolation de la toiture selon exigences et normes en vigueur;
- la mise en place de panneaux solaires photovoltaïques biosolaires et un pourcentage de panneaux thermiques selon demande ou dérogation obtenues au préalable de l'OCEN;
- la mise en place d'une toiture végétalisée biodiverse;
- la mise en place de mesures écologiques telles que ruches, nichoirs, hôtels à insectes, etc.;
- l'intégration de l'aspect environnemental et durable;

- la mise aux normes des installations techniques et de sécurité (des accès en toiture, de la ligne de vie selon exigences en vigueur pour le travail sur les toitures, les adaptations des CVE, des acrotères, des coupoles, des ferblanteries...).

Surfaces, volumes

Voir annexes 1.0 et 1.1 (tableaux listes objets prévus pour l'étude de faisabilité des patrimoines financier et administratif).

Valeurs statistiques

A titre indicatif, quelques références de prix/m² par élément de projet, basées sur les travaux réalisés à l'école du Seujet ou de devis d'entreprises:

- végétalisation environ 190 francs HT par m²;
- solaire thermique environ 2000 francs HT par m²;
- solaire photovoltaïque environ 410 francs HT par m²;
- complexe isolation, étanchéité environ 360 francs HT par m².

Transition écologique et cohésion sociale

Conception énergétique et réponse aux enjeux climatiques

Les travaux entrepris et les mesures envisagées (isolation, végétalisation, installation de capteurs thermiques et photovoltaïques) permettent de réduire l'empreinte climatique de la Ville, notamment le CO₂, et mettent en évidence l'intérêt pour la nature, le climat et les économies d'énergie. Ils traitent simultanément deux aspects:

- d'un côté les aspects liés à la biodiversité, à la gestion de l'eau de pluie, à la réduction du ruissellement et à l'amélioration du micro-climat urbain tels que les surchauffes estivales, la qualité de l'air et d'isolation acoustique;
- d'un autre côté les aspects énergétiques, en valorisant les ressources d'énergies renouvelables, en limitant les consommations d'énergies fossiles et les émissions de gaz à effet de serre.

Les études qui seront menées sur chaque toiture fixeront le potentiel et les priorités à donner à l'un ou l'autre de ces deux aspects.

Ils s'inscrivent dans la stratégie adoptée par la Ville de Genève en matière d'énergie «100% renouvelable en 2050» pour les besoins en chaleur et «Consommer moins et produire mieux» pour les besoins en électricité.

Impact environnemental du total de surfaces à réaliser

Isolation des toitures

La surface totale réalisée d'environ 17 300 m² représente une diminution de déperdition non négligeable et participe à la diminution des consommations en chaleur et émissions de CO₂.

Végétalisation

La surface totale réalisée d'environ 17 300 m² participe aux améliorations de confort en été dans le bâtiment, à la gestion des eaux pluviales en toiture, au rafraîchissement ambiant et à diversifier les écosystèmes naturels urbains.

Panneaux solaires photovoltaïques

La surface totale réalisée d'environ 10 000 m² représente une production d'électricité de 2,23 MWh et une production d'électricité de 2,1 GWh. Ces installations permettront d'éviter le rejet de 283 tonnes de CO₂ par an.

Panneaux solaires thermiques

La surface totale réalisée d'environ 765 m² représente une production de chaleur de 460 000 kWh/an et une économie de CO₂ de 910 tonnes/an.

De plus, le projet, sur l'ensemble de son processus, prendra en compte le respect et les critères d'écoconstruction concernant l'origine et la nature des matériaux, ainsi que le tri des déchets de chantier et des recommandations publiées par l'association Ecobau (www.eco-bau.ch) et favorisera des matériaux et techniques neutres ou à faible impact carbone.

Amélioration de la qualité de l'air

De nombreuses études ont mis en lumière les bénéfices et avantages de végétaliser les toitures. On peut noter entre autres que les plantes contribuent à réduire les gaz à effet de serre grâce à leur capacité à capter le CO₂.

La toiture végétalisée, grâce à sa capacité d'absorber la chaleur par rayonnement, participe à la réduction des températures et au rafraîchissement en milieu urbain, pour autant que sa surface soit importante, que le substrat soit suffisamment épais et que sa composition permette de stocker l'eau disponible pour développer une végétation abondante biodiverse. La rétention de l'eau de pluie sur site, permettant l'arrosage en période de stress hydrique, peut être un atout

supplémentaire. A titre d'exemple, une toiture végétalisée peut retenir 50 à 80% des précipitations annuelles contre 5% pour un toit en gravier.

Accessibilité universelle

Dans la plupart des cas, les toits n'ont pas vocation d'accessibilité au public.

Estimation des coûts

Les enveloppes demandées dans les présents crédits permettront dans un premier temps d'engager l'ensemble des études nécessaires et de mener à terme la réalisation et l'équipement d'un certain nombre de toitures sur la base du programme et des études de faisabilité menées sur chaque objet. Le résultat des études confirmera les priorités ainsi que le nombre d'objets qui pourront être réalisés sur la base du montant du devis général et du montant disponible du crédit voté.

De plus, l'estimation des coûts ne tient pas compte de l'incertitude liée à la situation politique internationale qui pourrait impacter de plus de 20% le coût global, due entre autres aux hausses des prix des matériaux et aux délais de livraisons.

L'estimation des coûts des travaux pour ces demandes de crédits (études et réalisations) est basée sur des coûts effectifs de travaux réalisés sur une partie de la toiture de l'école du Seujet en 2021, et en partie sur des travaux similaires menés dans le cadre de l'entretien ou de devis d'entreprises pour des prestations spécifiques et ramenés à un prix au mètre carré.

Le calcul du montant total brut des délibérations I, II, III et IV prend en compte la réalisation d'un total de surface de toiture (selon programme défini, végétalisation, installation de capteurs, etc.) et non un nombre précis d'objets identifiés.

Délibération I: Etudes de faisabilité pour la mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures de bâtiments du patrimoine financier

			Fr.
<i>CFC</i>	<i>Libellé</i>	<i>Prix unitaire</i>	<i>Total arrondi</i>
<i>1</i>	<i>Travaux préparatoires</i>		<i>148 000</i>
11	Relevé, études diverses		94 900
112	Sondages	94 900	
13	Installations de chantier en commun		53 100
130	Installations et provisoire de chantier	37 900	
136	Frais d'énergie	15 200	
<i>2</i>	<i>Bâtiment</i>		<i>130 400</i>
21	Gros œuvre 1		130 400
211.6	Maçonnerie, sécurisation, accès	130 400	
51	Autorisations, taxes		15 800
511	Autorisations, gabarits, taxes	15 800	
52	Echantillons, maquettes, reproductions, documents		25 300
524	Reproduction, tirages, héliographies	25 300	
56	Autres frais secondaires		18 900
568	Autres frais	18 900	
59	Comptes d'attente pour honoraires		4 371 300
591	Honoraires architecte	1 659 900	
592	Honoraires ingénieur	964 400	
594	Honoraires CVSE	900 600	
591	Honoraires spécialistes	846 400	

I. Coût total des études (HT) 4 709 700

Calcul des frais financiers Arrondi à la centaine Fr.

+ TVA 7,7% 362 600

II. Coût total des études (TTC) 5 072 300

Délibération II: Etudes de faisabilité pour la mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures de bâtiments du patrimoine administratif

			Fr.
<i>CFC</i>	<i>Libellé</i>	<i>Prix unitaire</i>	<i>Total arrondi</i>
<i>1</i>	<i>Travaux préparatoires</i>		<i>302 700</i>
11	Relevé, études diverses		186 100
112	Sondages	186 100	
13	Installations de chantier en commun		116 600
130	Installations et provisoire de chantier	83 300	
136	Frais d'énergie	33 300	
<i>2</i>	<i>Bâtiment</i>		<i>260 800</i>
21	Gros œuvre 1		260 800
211.6	Maçonnerie, sécurisation, accès	260 800	
51	Autorisations, taxes		35 700
511	Autorisations, gabarits, taxes	35 700	
52	Echantillons, maquettes, reproductions, documents		59 300
524	Reproduction, tirages, héliographies	59 300	
56	Autres frais secondaires		44 500
568	Autres frais	44 500	
59	Comptes d'attente pour honoraires		6 550 100
591	Honoraires architecte	1 960 700	
592	Honoraires ingénieur civil	1 210 700	
594	Honoraires CVSE	1 655 500	
591	Honoraires spécialistes	1 723 200	

I. Coût total des études (HT) 7 253 100

Calcul des frais financiers Arrondi à la centaine Fr.

+ TVA 7,7% 558 500

II. Coût total des études (TTC) 7 811 600

Délibération III: Travaux de réfection et de mise aux normes du complexe d'étanchéité et d'isolation, de mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures plates de bâtiments prioritaires du patrimoine financier

			Fr.
<i>CFC</i>	<i>Libellé</i>	<i>Prix unitaire</i>	<i>Total arrondi</i>
<i>1</i>	<i>Travaux préparatoires</i>		<i>1 050 000</i>
11	Relevé, études diverses		698 600
112	Démolitions, sondages	521 000	
118	Désamiantage	177 600	
13	Installations de chantier en commun	0	351 400
130	Installations de chantier en commun et provisoire	251 000	
136	Frais d'énergie et d'eau, etc., et gestion des déchets	100 400	
<i>2</i>	<i>Bâtiment</i>	<i>0</i>	<i>13 788 100</i>
21	Gros œuvre 1	0	3 756 800
211.1	Echafaudages	816 800	
211.5	Béton et béton armé	546 900	
211.6	Maçonnerie, carbonatation et crépis	521 000	
213.2	Construction métallique	1 659 000	
214.2	Construction en bois	213 100	
22	Gros œuvre 2	0	6 470 300
221.9	Eléments métalliques, ligne de vie	170 500	
222	Ferblanterie, étanchéité, isolation	4 190 400	
224.5	Végétalisation toiture	2 002 900	
227.1	Peinture extérieure	106 500	
23	Installations électriques	0	1 425 900
231.5	Installations photovoltaïques	1 212 900	
232	Installations électriques	127 800	
237	Installations de sécurité, désenfumage	85 200	

		Fr.	
<i>CFC</i>	<i>Libellé</i>	<i>Prix unitaire</i>	<i>Total arrondi</i>
24	Chauffage, ventilation, conditionnement d'air (install.)		1 701 900
244	Installations de ventilation	670 000	
247	Installations capteurs thermiques	1 031 900	
25	Installations sanitaires	0	113 600
250	Installations sanitaires	113 600	
27	Aménagements intérieurs 1	0	213 100
272.2	Ouvrages métalliques courants (serrurerie)	213 100	
28	Aménagements intérieurs 2	0	106 500
287	Nettoyage du bâtiment	106 500	
4	<i>Aménagements extérieurs</i>		142 100
42	Toiture		142 100
426	Réseaux d'arrosage	142 100	
5	<i>Frais secondaires et comptes d'attente</i>		9 961 400
51	Autorisations, taxes		157 800
511	Autorisations, gabarits, taxes	86 800	
512.1	Taxe de raccordement électricité, eau	71 000	
52	Echantillons, maquettes, reproductions, documents	0	82 100
524	Reproduction de documents, tirages, héliographies	82 100	
56	Autres frais secondaires	0	104 100
568	Panneaux chantier et autres frais	104 100	
58	Comptes d'attente provisions et réserves		1 785 000
583	Réserves pour imprévus 10%	1 785 000	
59	Comptes d'attente pour honoraires		7 832 400
591	Architecte	3 009 300	
592	Ingénieur civil	1 404 700	
593	Ingénieur électricien	573 400	

		Fr.	
<i>CFC</i>	<i>Libellé</i>	<i>Prix unitaire</i>	<i>Total arrondi</i>
594	Ingénieur en CV	903 500	
595.0	Ingénieur en installations sanitaires	270 100	
596	Géomètre	150 100	
596.3	Physicien des constructions- bilan thermique	330 100	
596.3	thermicien subvention- autorisation	410 800	
596.5	Architecte-paysagiste	255 100	
596.9	Ingénieurs spécialistes	360 200	
597	Ingénieur en sécurité	165 100	

I. Coût total des travaux (HT) 24 941 600

Calcul des frais financiers Arrondi à la centaine Fr.

+ TVA 7,7% 1 920 500

II. Coût total de l'investissement (TTC) 26 862 100

+ Prestations du personnel en faveur des investissements 5% 1 343 100

III. Sous-total 28 205 200

+ Intérêts intercalaires 1,25%, durée 12 176 300

IV. Coût total des travaux (TTC) 28 381 500

**V. A déduire délibération I (à voter) –
Etudes de faisabilité (TTC) 5 072 300**

VI. Total brut du crédit demandé (TTC) 23 309 200

Montant total des recettes 1 139 400

VII. Total net du crédit demandé (TTC) 22 169 800

Délibération IV: Travaux de réfection et de mise aux normes du complexe d'étanchéité et d'isolation, de mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures plates de bâtiments prioritaires du patrimoine administratif

			Fr.
<i>CFC</i>	<i>Libellé</i>	<i>Prix unitaire</i>	<i>Total arrondi</i>
<i>1</i>	<i>Travaux préparatoires</i>		1 300 100
11	Relevé, études diverses		838 400
112	Démolitions, sondages	642 800	
118	Désamiantage	195 600	
13	Installations de chantier en commun	0	461 700
130	Installations de chantier en commun et provisoire	329 800	
136	Frais d'énergie et d'eau, etc., et gestion des déchets	131 900	
<i>2</i>	<i>Bâtiment</i>	0	15 765 600
21	Gros œuvre 1	0	4 800 400
211.1	Echafaudages	757 700	
211.5	Béton et béton armé	588 100	
211.6	Maçonnerie, carbonatation et crépis	684 800	
213.2	Construction métallique	2 546 000	
214.2	Construction en bois	223 800	
22	Gros œuvre 2	0	6 903 000
221.9	Eléments métalliques, ligne de vie	233 500	
222	Ferblanterie, étanchéité, isolation	4 397 600	
224.5	Végétalisation toiture	2 138 700	
227.1	Peinture extérieure	133 200	
23	Installations électriques		3 102 700
231.5	Installations photovoltaïques	2 817 700	
232	Installations électriques	175 200	
237	Installations de sécurité, désenfumage	109 800	

		Fr.	
<i>CFC</i>	<i>Libellé</i>	<i>Prix unitaire</i>	<i>Total arrondi</i>
24	Chauffage, ventilation, conditionnement d'air (install.)	0	445 700
244	Installations de ventilation	210 000	
247	Installations capteurs thermiques	235 700	
25	Installations sanitaires	0	141 800
250	Installations sanitaires	141 800	
27	Aménagements intérieurs 1	0	246 500
272.2	Ouvrages métalliques courants (serrurerie)	246 500	
28	Aménagements intérieurs 2	0	125 500
287	Nettoyage du bâtiment	125 500	
4	<i>Aménagements extérieurs</i>	0	156 200
42	Toiture	0	156 200
426	Réseaux d'arrosage	156 200	
5	<i>Frais secondaires et comptes d'attente</i>		12 912 000
51	Autorisations, taxes		203 100
511	Autorisations, gabarits, taxes	119 400	
512.1	Taxe de raccordement électricité, eau	83 700	
52	Echantillons, maquettes, reproductions, documents	0	128 100
524	Reproduction de documents, tirages, héliographies	128 100	
56	Autres frais secondaires	0	147 600
568	Panneaux chantier et autres frais	147 600	
58	Comptes d'attente provisions et réserves		2 146 800
583	Réserves pour imprévus 10%	2 146 800	
59	Comptes d'attente pour honoraires		10 286 400
591	Architecte	3 478 100	
592	Ingénieur civil	1 764 000	
593	Ingénieur électricien	1 704 700	
594	Ingénieur en CV	290 900	

		Fr.	
<i>CFC</i>	<i>Libellé</i>	<i>Prix unitaire</i>	<i>Total arrondi</i>
595.0	Ingénieur en installations sanitaires	543 200	
596	Géomètre	261 900	
596.3	Physicien des constructions- bilan thermique	677 000	
596.3	Thermicien subvention- autorisation	248 800	
596.5	Architecte-paysagiste	382 600	
596.9	Ingénieurs spécialistes	632 300	
597	Ingénieur en sécurité	302 900	
I. Coût total des travaux (HT)			30 133 900
<i>Calcul des frais financiers</i>		Arrondi à la centaine Fr.	
+ TVA 7,7%		2 320 300	
II. Coût total de l'investissement (TTC)			32 454 200
+ Prestations du personnel en faveur des investissements 5%		1 622 700	
III. Sous-total			34 076 900
+ Intérêts intercalaires 1,75%, durée 12		298 200	
IV. Coût total des travaux (TTC)			34 375 100
V. A déduire délibération II (à voter) – Etudes de faisabilité (TTC)			7 811 600
VI. Total brut du crédit demandé (TTC)			26 563 500
Montant total des recettes		1 617 200	
VII. Total net du crédit demandé (TTC)			24 946 300

Recettes

Les travaux entrepris pourront bénéficier de subventions estimées comme suit:

- Pour l’enveloppe (GEnergie Subventions – programme bâtiment 2022):
Subvention isolation thermique du toit (M-01) si $U > 0,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k} = 70 \text{ francs/m}^2$ par surface isolée.
Pour une surface totale isolée estimée à $18\,800 \text{ m}^2$, la subvention totale pourrait être de $1\,324\,300 \text{ francs}$ (sous réserve des montants des subventions au moment des travaux de chaque bâtiment).
Un audit énergétique CECB+ devra être réalisé par un prestataire accrédité pour chaque bâtiment.
- Pour le solaire thermique (GEnergie Subventions – programme bâtiment 2022):
Subvention (M-08) pour les nouvelles installations = $1200 \text{ francs} + 500 \text{ francs/kW}$. Pour une surface totale de capteurs solaires thermiques subventionnable estimée à 432 par mètre carré, la subvention totale pourrait être de $96\,300 \text{ francs}$ (sous réserve des montants des subventions au moment des travaux de chaque bâtiment).
- Pour les installations de ventilation (GEnergie Subventions – SIG eco21):
Subvention proportionnelle aux économies d’électricité selon le calcul des SIG.
- Pour une puissance de $2,23 \text{ MWc}$ de solaire photovoltaïque, la subvention fédérale (Pronovo) est estimée à $650\,000 \text{ francs}$ (sous réserve des montants des subventions au moment des travaux de chaque bâtiment).
- Pour la végétalisation (OCAN): cofinancement par l’Etat de Genève sur la base de l’art. 16, al. 2 de la loi sur la biodiversité (LBio-M 5 15) inscrit aux articles 4 à 9 du règlement sur la biodiversité du 8 mai 2013 (M 5 15.1) jusqu’à $40 \text{ francs/m}^2 \text{ HT}$ – estimé à environ $686\,000 \text{ francs}$.
- Un rabais sur les taxes d’évacuation des eaux pluviales peut être demandé lors de réalisations de végétalisation (pour autant que le projet assure la rétention minimum de $34 \text{ litres d’eau par mètre carré de surface imperméable}$ et limite le débit à $0,2 \text{ litre par seconde au maximum par } 100 \text{ m}^2 \text{ de surface}$).

Le total des recettes est estimé à $2\,756\,600 \text{ francs}$. Ce montant a été réparti entre les deux patrimoines selon des estimations au mètre carré, sur la base du potentiel envisagé pour chaque objet (photovoltaïque, thermique, isolation et végétalisation). Les subventions et les montants mentionnés sont indicatifs. Elles ne pourront être demandées, confirmées et obtenues qu’après la réalisation des travaux.

Référence au 18^e plan financier d'investissement (PFI) 2023-2034

Cet objet est inscrit, en qualité de projet actif «végétalisation et équipement PV toiture plates», sous le N° 012.600.02 du 18^e PFI 2023-2034, en page 56, pour un montant de 60 000 000 de francs.

Budget de fonctionnement

L'impact et la diminution des coûts énergétiques sur la base des travaux et améliorations entrepris sont mentionnés à titre indicatif et estimés comme suit:

- mise en place d'isolations en toiture, soit une économie de 71 000 francs/an;
- installation de panneaux thermiques, soit une économie de 46 000 francs/an;
- installation de panneaux photovoltaïques, soit une économie de 280 000 francs/an.

Soit une diminution des charges énergétiques d'un total de 397 000 francs/an.

En ce qui concerne les charges d'entretien des toitures végétalisées de type extensif à semi-intensif et biodiverse avec un mixte de capteurs solaires sans système d'arrosage, les coûts peuvent s'estimer entre 9 et 12 francs/m² pour deux à trois passages pour les deux premières années, soit un montant annuel de 175 000 francs.

Pour les centrales solaires photovoltaïques, les charges d'entretien se montent à 3 cts/kWh, selon les chiffres transmis par Swissolar, association faîtière de la branche du solaire suisse, soit un montant annuel de 63 000 francs.

Total des diminutions de charges énergétiques: 397 000 francs/an.

Total des nouvelles charges d'entretien: 238 000 francs/an.

Différence cumulée: -159 000 francs/an.

A noter que l'impact sur le budget de fonctionnement ne concernera que les opérations envisagées sur des bâtiments du patrimoine administratif. Sur la base des surfaces prévues, l'économie cumulée pour ce patrimoine est estimée à 97 700 francs.

Charges financières annuelles

Délibération 1: études patrimoine financier

Pour chaque étude suivie d'une réalisation, les dépenses seront ajoutées à celles de la réalisation et amorties sur la durée d'amortissement de la réalisation. En cas de non-réalisation, chaque étude sera amortie en une annuité.

Délibération II: études patrimoine administratif

Pour chaque étude suivie d'une réalisation, les dépenses seront ajoutées à celles de la réalisation et amorties sur la durée d'amortissement de la réalisation. En cas de non-réalisation, chaque étude sera amortie en une annuité.

Délibération III: travaux patrimoine financier

La charge financière annuelle nette, comprenant les intérêts au taux de 1,25% et l'amortissement au moyen de 10 annuités, se montera à 2 372 200 francs.

Bien que nous soyons dans des interventions envisagées sur des objets du patrimoine financier, un amortissement est néanmoins prévu car ces travaux n'apporteront pas d'augmentation de valeur des immeubles concernés.

Délibération IV: travaux patrimoine administratif

La charge financière annuelle nette, comprenant les intérêts au taux de 1,25% et l'amortissement au moyen de 10 annuités, se montera à 2 669 300 francs.

Autorisation de construire

Les projets de rénovation feront l'objet de requêtes en autorisation de construire. Elles seront déposées par lot, en fonction des priorités identifiées.

Délai de réalisation

Les processus d'appels d'offres mandataires en procédure ouverte pourront être lancés dès que les crédits seront votés et les délais référendaires écoulés.

Au terme des procédures d'adjudications des mandataires, les phases d'études pourront débuter sur l'ensemble des objets. Les résultats des études confirmeront les priorités, ainsi que le nombre d'objets qui pourront être réalisés sur la base du montant des devis généraux et des montants disponibles des crédits votés.

La phase projet ainsi que la phase de réalisation pourront alors démarrer environ dix-huit mois après le vote et concerneront uniquement les objets prioritaires sélectionnés. Ils seront planifiés selon les critères définis, par lot et priorité sur une durée prévisionnelle de six à sept ans. Cette planification permettrait, par exemple, de réaliser environ deux objets par année et par bureau d'architecte, soit un total de huit à dix objets par année.

La mise en exploitation des objets sera progressive en fonction de la planification adoptée et estimée pour le dernier lot à l'été 2030.

Objets prévus pour l'étude de faisabilité du patrimoine financier: voir annexe 1.0.

Objets prévus pour l'étude de faisabilité du patrimoine administratif: voir annexe 1.1.

Situation géographique: voir annexe 2.

Services gestionnaire et bénéficiaires

Délibérations I et III: patrimoine financier

Service bénéficiaire: GIM.

Service gestionnaire: Direction du patrimoine bâti (DPBA).

Délibérations II et IV: patrimoine administratif

Services bénéficiaires:

- Conservation et jardin botaniques (CJB);
- Service des sports (SPO);
- Service de la culture (SEC);
- Bibliothèques municipales (BMU);
- Service de la jeunesse (SEJ);
- Service de la petite enfance (SDPE);
- Service social (SOC);
- Service des écoles et institutions pour l'enfance (ECO).

Service gestionnaire: Direction du patrimoine bâti (DPBA).

Tableaux récapitulatifs des coûts d'investissement, de fonctionnement et planification des dépenses d'investissement *(en francs)*

Récapitulatifs des coûts d'investissement et planification des dépenses d'investissement [A/B] – Impact sur le budget de fonctionnement – [C]

Objet: Etudes et réalisations de végétalisation et d'équipement PV, toitures plates

A. SYNTHESE DE L'ESTIMATION DES COUTS

	Crédit I Etude PF	Crédit II Etude PA	Crédit III Réalisation PF	Crédit IV Réalisation PA	Total	%
Gros œuvre	278 400	563 500	4 580 900	5 627 000	11 049 800	18%
Second œuvre	0	0	10 115 900	11 241 200	21 357 100	34%
Aménagements extérieurs	0	0	143 700	159 100	302 800	0%
Frais secondaires et comptes d'attente	60 000	139 500	2 152 400	2 426 800	4 778 700	8%
Honoraires	4 371 300	6 550 100	3 491 100	3 832 000	18 244 500	29%
Frais financiers	362 600	558 500	2 825 200	3 277 400	7 023 700	11%
Coût total du projet TTC	5 072 300	7 811 600	23 309 200	26 563 500	62 756 600	100%

B. PLANIFICATION ESTIMEE DES DEPENSES ET RECETTES D'INVESTISSEMENT

Années impactés	Dépenses brutes	Recettes	Dépenses nettes
Vote du crédit par le CM: 2023	500 000	0	500 000
2024	9 000 000	0	9 000 000
2025	9 000 000	206 800	8 793 200
2026	10 000 000	551 300	9 448 700
2027	10 000 000	551 300	9 448 700
2028	10 000 000	551 300	9 448 700
2029	8 500 000	551 300	7 948 700
2030	5 756 600	344 600	5 412 000
Totaux	62 756 600	2 756 600	60 000 000

**C. IMPACT ANNUEL SUR LE BUDGET DE FONCTIONNEMENT
(nouvelles charges et nouveaux revenus)**

Estimation des charges et revenus marginalement induits par l'exploitation de l'objet du crédit

**Service bénéficiaire concerné: Patrimoine financier (GIM)
Patrimoine administratif (CJB-SPO-SEC-BMU-SEJ-SDPE-SOC-ECO)**

CHARGES

30 - Charges de personnel	0	Postes en ETP	0
31 - Charges de biens, services et autres charges d'exploitation	-97 700		
33/34 - Frais financiers (intérêts et amortissements)	5 041 500		
36/37 - Subventions et dédommagements accordés	0		
Total des nouvelles charges induites	4 943 800		

REVENUS

40/42 - Revenus fiscaux et taxes	0
43 - Revenus divers	0
44 - Revenus financiers (vente, loyer, fermage ...)	0
46 - Subventions et dédommagements reçus	0
Total des nouveaux revenus induits	0

Impact net sur le résultat du budget de fonctionnement -4 943 800

Au bénéfice de ces explications, nous vous invitons, Mesdames les conseillères municipales, Messieurs les conseillers municipaux, à approuver les projets de délibération ci-après.

PROJET DE DÉLIBÉRATION I

LE CONSEIL MUNICIPAL,

vu l'article 30, alinéa 1, lettres e) et m) de la loi sur l'administration des communes du 13 avril 1984;

sur proposition du Conseil administratif,

décide:

Article premier. – Il est ouvert au Conseil administratif un crédit de 5 072 300 francs destiné à l'étude de faisabilité pour la mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures de bâtiments du patrimoine financier.

Art. 2. – Au besoin, il sera provisoirement pourvu à la dépense prévue à l'article premier au moyen d'emprunts à court terme, à émettre au nom de la Ville de Genève, à concurrence de 5 072 300 francs.

Art. 3. – La dépense prévue à l'article premier sera inscrite à l'actif du bilan de la Ville de Genève, dans le patrimoine financier. Pour chaque étude suivie d'une réalisation, les dépenses seront ajoutées à celles de la réalisation et amorties sur la durée d'amortissement de la réalisation. En cas de non-réalisation, chaque étude sera amortie en une annuité.

PROJET DE DÉLIBÉRATION II

LE CONSEIL MUNICIPAL,

vu l'article 30, alinéa 1, lettres e) et m) de la loi sur l'administration des communes du 13 avril 1984;

sur proposition du Conseil administratif,

décide:

Article premier. – Il est ouvert au Conseil administratif un crédit de 7 811 600 francs destiné à l'étude de faisabilité pour la mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures de bâtiments du patrimoine administratif.

Art. 2. – Au besoin, il sera provisoirement pourvu à la dépense prévue à l'article premier au moyen d'emprunts à court terme, à émettre au nom de la Ville de Genève, à concurrence de 7 811 600 francs.

Art. 3. – La dépense prévue à l'article premier sera inscrite à l'actif du bilan de la Ville de Genève, dans le patrimoine administratif. Pour chaque étude suivie d'une réalisation, les dépenses seront ajoutées à celles de la réalisation et amorties sur la durée d'amortissement de la réalisation. En cas de non-réalisation, chaque étude sera amortie en une annuité.

PROJET DE DÉLIBÉRATION III

LE CONSEIL MUNICIPAL,

vu l'article 30, alinéa 1, lettres e) et m) de la loi sur l'administration des communes du 13 avril 1984;

sur proposition du Conseil administratif,

décide:

Article premier. – Il est ouvert au Conseil administratif un crédit de 23 309 200 francs bruts destiné à des travaux de réfection et de mise aux normes du complexe d'étanchéité et d'isolation, de mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures plates de bâtiments prioritaires du patrimoine financier, dont à déduire 1 139 400 francs de recettes totales (de subventions de l'OCEn sur fonds fédéral et cantonal), soit 22 169 800 francs net.

Art. 2. – Au besoin, il sera provisoirement pourvu à la dépense prévue à l'article premier au moyen d'emprunts à court terme, à émettre au nom de la Ville de Genève, à concurrence de 23 309 200 francs.

Art. 3. – La dépense nette prévue à l'article premier, à laquelle il conviendra d'ajouter le crédit d'étude concerné, sera inscrite à l'actif du bilan de la Ville de Genève, dans le patrimoine financier, et amortie au moyen de 10 annuités qui figureront au budget de la Ville de Genève de 2025 à 2034.

PROJET DE DÉLIBÉRATION IV

LE CONSEIL MUNICIPAL,

vu l'article 30, alinéa 1, lettres e) et m) de la loi sur l'administration des communes du 13 avril 1984;

sur proposition du Conseil administratif,

décide:

Article premier. – Il est ouvert au Conseil administratif un crédit de 26 563 500 francs bruts destiné à des travaux de réfection et de mise aux normes du complexe d'étanchéité et d'isolation, de mise en place d'une végétalisation et d'équipements de capteurs solaires photovoltaïques et thermiques de toitures plates prioritaires de bâtiments du patrimoine administratif, dont à déduire 1 617 200 francs de recettes totales (de subventions de l'OCEn sur fonds fédéral et cantonal), soit 24 946 300 francs net.

Art. 2. – Au besoin, il sera provisoirement pourvu à la dépense prévue à l'article premier au moyen d'emprunts à court terme, à émettre au nom de la Ville de Genève, à concurrence de 26 563 500 francs.

Art. 3. – La dépense nette prévue à l'article premier, à laquelle il conviendra d'ajouter le crédit d'étude concerné, sera inscrite à l'actif du bilan de la Ville de Genève, dans le patrimoine administratif, et amortie au moyen de 10 annuités qui figureront au budget de la Ville de Genève de 2025 à 2034.

Annexes:

- objets prévus pour l'étude de faisabilité du patrimoine financier (1.0)
- objets prévus pour l'étude de faisabilité du patrimoine administratif (1.1)
- situation géographique (2.0)

Annexe 1.0_Patrimoine financier – Liste des objets prévus pour l'étude de faisabilité

N°	Numbat Statut	Non bâtiment	Année de construction	Rue/N°	Surface de terrain (estimation) m²	Service de référence	A/N bâtiment	A/N terrain plate	Photovoltaïque Surface m²	type d'intervention
1	1257	Logement + rez activé	1984	Deux-Points 28, rue des	253	GM	0.59	0.00	90	Mixte végét-solaire
2	1258	Logement + rez activé	1984	Deux-Points 31, rue des	253	GM	0.59	0.00	90	Mixte végét-solaire
3	1259	Logement + rez activé	1984	Deux-Points 33, rue des	253	GM	0.59	0.00	90	Mixte végét-solaire
4	1431	Atelier	1910	Martin 20, rue Guiseppe	402	GM	0.49	0.00	189	Mixte végét-solaire
5	1334	Logement + rez activé	1981	Vélodrome 10, rue du	251	GM	0.56	0.00	90	Mixte végét-solaire
6	1335	Logement + rez activé	1981	Vélodrome 12, rue du	250	GM	0.56	0.00	90	Mixte végét-solaire
7	1336	Logement + rez activé	1981	Vélodrome 14, rue du	251	GM	0.51	0.00	90	Mixte végét-solaire
8	1337	Logement + rez activé	1981	Vélodrome 16, rue du	251	GM	0.57	0.00	90	Mixte végét-solaire
9	1261	Logement + rez activé	1984	Vélodrome 4, rue du	253	GM	0.57	0.00	90	Mixte végét-solaire
10	1262	Logement + rez activé	1984	Vélodrome 6, rue du	251	GM	0.57	0.00	90	Mixte végét-solaire
11	1263	Logement + rez activé	1984	Vélodrome 8, rue du	250	GM	0.68	0.00	90	Mixte végét-solaire
12	1318	Logement	1986	Carouge 82, rue de	260	GM	0.63	0.32	0	Végétalisation
13	1317	Logement	1970	Batons 2, rue des	4 918	GM	0.72	0.80	122	Mixte végét-solaire
14	1317	Centre artisanal	1986	Muraille 9-11, ch. de la	4 918	GM	0.68	0.32	2 000	Mixte végét-solaire
15	1210	Logement + rez activé	1980	Rois 13, rue des	425	GM	0.59	0.32	120	Mixte végét-solaire
16	1211	Logement + rez activé	1980	Rois 15, rue des	425	GM	0.59	0.32	120	Mixte végét-solaire
17	1212	Logement + rez activé	1980	Rois 17, rue des	425	GM	0.59	0.32	120	Mixte végét-solaire
18	1213	Logement + rez activé	1980	Rois 19, rue des	425	GM	0.59	0.32	120	Mixte végét-solaire
19	1219	Bureau + rez activé	1982	Reynaud 24, rue du	1 226	GM	0.47	0.72	416	Mixte végét-solaire
20	1617	Logement	1984	Reynaud 14, rue	160	GM	0.60	0.87	0	Végétalisation
21	1057	Logement	1994	Made 19, rue	160	GM	0.96	0.99	0	Végétalisation
26	1410	Logement + rez activé	1989	Prevost-Martin 21, rue	167	GM	0.71	0.43	90	Mixte végét-solaire
27	1411	Logement + rez activé	1989	Prevost-Martin 23, rue	166	GM	0.71	0.43	90	Mixte végét-solaire
28	1439	Logement + rez activé	1990	Servette 16, rue de la	150	GM	0.84	0.43	158	Mixte végét-solaire
29	1440	Logement + rez activé	1990	Servette 18, rue de la	150	GM	0.84	0.43	0	Végétalisation
30	1441	Logement + rez activé	1990	Servette 20, rue de la	150	GM	0.84	0.43	0	Végétalisation
31	1442	Logement + rez activé	1990	Servette 22, rue de la	150	GM	0.85	0.43	0	Végétalisation
32	1443	Logement + rez activé	1990	Favre 14, rue Louis-	145	GM	0.94	0.43	0	Végétalisation
33	3507	Stationnement municipal de la Jondion + Maison de quartier + comm	1989	Vogt 22-24, bd. Carli-	1 536	GM	0.74	0.44	308	Mixte végét-solaire
34	1462	Atelier + dépôt + bureau	1980	Château-Rouge 19, ch. du	1 980	GM	0.70	0.83	438	Mixte végét-solaire
35	1463	Logement + rez activé	1980	Château-Rouge 21, ch. du	1 980	GM	0.70	0.83	438	Mixte végét-solaire
36	1679	Logement + parking	1985	Carouge 108, rue de	172	GM	0.74	0.59	0	Végétalisation
37	1125	Logement + parking	1985	Prevost-Martin 5 et 3, bd du	321	GM	0.65	0.58	140	Mixte végét-solaire
40	1126	Logement + Poste police municipale	1995	Pont d'Arve 7, bd du + Prevost-Martin 19	349	GM	0.65	0.58	135	Mixte végét-solaire
41	1163	Centre artisanal	1993	Simpton 5-7, rue du	1 678	GM	0.74	0.59	765	Mixte végét-solaire
43	1268	Logement + rez activé + parking	1985	Batons 10, rue des	437	GM	0.75	0.60	153	Mixte végét-solaire
47	1322	Logement + rez activé + parking	1985	Balle 26, rue de	621	GM	0.73	0.66	141	Mixte végét-solaire
48	1469	Logement + Espace quartier aînés des Eaux-Vives + dépôt VVP	1973	Montchey 46, rue de	166	GM	0.79	0.66	81	Mixte végét-solaire
49	1469	Logement + crèche des Eaux-Vives	1973	Montchey 48, rue de	337	GM	0.76	0.66	32	Mixte végét-solaire
50	1461	Logement + Unité d'action communautaire Eaux-Vives/Champ/Ch	1973	Montchey 50, rue de	299	GM	0.79	0.66	63	Mixte végét-solaire
51	1384	Logement + rez activé	1987	Villerue 10, rue de	240	GM	0.72	0.66	27	Mixte végét-solaire
52	1382	Logement + rez activé	1987	Villerue 8, rue de	339	GM	0.67	0.66	45	Mixte végét-solaire
53	1383	Logement + rez activé	1987	Villerue 6, rue de	339	GM	0.67	0.66	45	Mixte végét-solaire
54	1478	Logement + rez activé + dépôt VVP (bureau)	1972	Soubeyran 14, rue	224	GM	0.71	0.66	46	Mixte végét-solaire
55	1483	Logement + rez activé + dépôt VVP (bureau)	1972	Soubeyran 14, rue	199	GM	0.82	0.80	88	Mixte végét-solaire
56	1483	Logement + rez activé + dépôt VVP (bureau)	1976	Soubeyran 10, rue	350	GM	0.83	0.72	274	Mixte végét-solaire
57	1483	Logement + rez activé + dépôt VVP (bureau)	1976	Soubeyran 8, rue	347	GM	0.83	0.72	135	Mixte végét-solaire
76	1354.1	Parking	1988	Servette 100, rue de la	630	GM	0.79	0.00	248	Mixte végét-solaire
77	1354	Logement + bureau	1988	Servette 100, rue de la	507	GM	0.50	0.51	189	Mixte végét-solaire
79	1355	Logement + rez activé	1988	Hoffmann 4, rue de	153	GM	0.67	0.51	90	Mixte végét-solaire
80	1356	Logement + rez activé	1988	Hoffmann 6, rue	268	GM	0.67	0.51	113	Mixte végét-solaire
81	1357	Logement + Unité d'action communautaire Servette/St-Jean	1988	Hoffmann 8, rue	210	GM	0.67	0.85	90	Mixte végét-solaire
86	1532	Ateliers	1941	Vernier 131, route	22 883	GM	0.50	0.00	90	Mixte végét-solaire
					TOTAL				8 039	

Annexe 1.1 _Patrimoine administratif – Liste des objets prévus pour l'étude de faisabilité

N°	Nom bâtiment	Année de construction	Rue/N°	Surface de référence (estimation) m²	Service de référence	AN bâtiment	AN topographique plate	Photovoltaïque Surface m²	Type d'intervention
4	3844	1982	Frontenex 70, rte. de	470	SPO	0,67	0,00	130	Mixte végét-solaire
12	3315	1983	Temple 5, rue du	212	SEC	0,67	0,25	90	Mixte végét-solaire
22	3509	1985	Francis-Dussaud 10	6 599	VVP	0,85	0,44	2 817	Mixte végét-solaire
23	3516	1916	Vivierat 4, pr. des	1 061	SEC	0,57	0,32	335	Mixte végét-solaire
24	3321	1980	Glen 20, rue Charles-	703	ECO	0,62	0,36	0	Végétalisation
25	3321 1	1980	Rods 3, rue	607	ECO	0,79	0,41	414	Mixte végét-solaire
34	3181	1983	Impératrice 1, ch. de l'	1 387	GJB	0,77	0,50	0	Végétalisation
38	3396	1987	Empédo 5-7, av. Eugène-	2 351	ECO	0,79	0,58	585	Mixte végét-solaire
42	3269	1993	Baillière 6, rue	630	ECO	0,73	0,60	284	Mixte végét-solaire
44	3210 1	1995	Village-Suisse 5, rue du	259	ECO	0,84	0,60	315	Mixte végét-solaire
45	3414	1991	Malgrou 70, rte. de	3 553	ECO	0,78	0,64	1 035	Mixte végét-solaire
46	3439	1902	Vieux-Genestier 15, rue des	371	ECO	0,83	0,64	0	Végétalisation
58	3390	1973	Chauvet 22, rue Michel-	2 420	ECO	0,73	0,70	720	Mixte végét-solaire
59	3387	1970	Alléens 14, av. des	741	ECO	0,76	0,72	180	Mixte végét-solaire
60	3292	1993	Michel-du-Crest II +	289	ECO	0,79	0,72	140	Mixte végét-solaire
61	3391	1976	Nant 35, rue du	2 208	ECO	0,78	0,72	900	Mixte végét-solaire
62	3396	1968	Sainte-Clotilde 24, av. de	2 172	ECO	0,81	0,72	810	Mixte végét-solaire
63	3625	1963	Stand 25, rue du	790	GM-A	0,76	0,72	0	Végétalisation s
64	3252	1975	Rods 3-5, rue / Dussaud 26, rue	1 211	ECO	0,77	0,84	540	Mixte végét-solaire
65	3117	2001	Télévis 19, av. des	835	BM	0,84	0,84	302	Mixte végét-solaire
66	3309	1987	Ecu 22, ch. de l'	2 823	SPO	0,71	0,85	0	Végétalisation
67	3395	1982	Franchais 34-36, rte. des	2 946	ECO	0,89	0,85	900	Mixte végét-solaire
68	3034	1993	Pré-Picot 1, ch. du	2 952	ECO	0,84	0,85	1 178	Mixte végét-solaire
69	3034 1	1993	Pré-Picot 1, ch. du	732	ECO	0,85	0,86	168	Mixte végét-solaire
70	3213	1998	Sous-Bois 1-3, ch. de	867	ECO	0,87	0,85	405	Mixte végét-solaire
71	3033	1996	Albrogues 4-6, rue des	1 308	ECO	0,89	0,86	630	Mixte végét-solaire
72	3346	1997	Furet 8, ch. du	506	SEJ	0,85	0,86	225	Mixte végét-solaire
73	3271	2007	Lyon 99, rue de	953	SOC	0,88	0,89	315	Mixte végét-solaire
74	3297	1990	Dubuc 4-6, ch. Moke-	1 652	ECO	0,89	0,95	405	Mixte végét-solaire
75	3126	1989	Impératrice 1, ch. de l'	1 714	GJB	0,91	0,96	0	Végétalisation
76	3474	1988	Sevère 100, rue de la	950	GM-A	0,93	0,72	428	Mixte végét-solaire
82	3320	2005	Ouches 19, chemin	2 500	ECO	0,94	0,95	1 124	Photovoltaïque
83	3384	1989	Dussaud 12, rue François-	13 071	SPO	0,70	0	8 715	Mixte végét-solaire
84	3302	1966	Wieser 6, rue Hans-	7 520	SPO	0,76	0,82	5 264	Photovoltaïque
85	3398	1966	Wieser 4, rue Hans-	2 470	SPO	0,73	0	1 725	Photovoltaïque
TOTAL				71 865				31 067	

