

Bourj Hammoud
2021-2031

برج حمود ٢٠٢١-٢٠٣١ : معاً من أجل حاضر ومستقبل أفضل
Ensemble pour un meilleur présent et futur

Projet de renouvellement urbain de Bourj Hammoud - Plan stratégique
Livret d'avancement de l'engagement prioritaire n°1

STRATÉGIE DE PRODUCTION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

Table des matières

I. Introduction : « Bourj Hammoud 2021-2031 : Ensemble pour un meilleur présent et futur »	1
A. Une démarche de planification stratégique pour le renouvellement urbain de Bourj Hammoud	1
B. Les grandes orientations politiques au coeur de la vision de Bour Hammoud de demain	3
1) Une ville pour tous	
2) La fabrique des Arts et Artisanat du Grand Beyrouth	
3) Une éco-cité exemplaire pour le Liban	
C. Une stratégie : quatre engagements prioritaires ; une tactique : des projets opérationnels jugés prioritaire ..	6
II. Energies renouvelables : connaissances et analyse des besoins	7
A. Une crise de l'électricité qui frappe durement la population et l'économie du Liban et de Bourj Hammoud . . .	7
B. Le développement d'un système d'électricité parallèle cher et polluant	9
C. Un développement des énergies renouvelables en cours mais complexe au Liban comme à Bourj Hammoud . .	11
D. Les énergies renouvelables comme moteur de la transformation : le développement de la ville n'est pas possible sans énergie	12
III. Stratégie d'action : conforter la production décentralisée d'énergie verte, en associant micro-grids et ferme solaire municipale	13
A. Une stratégie de déploiement de réseaux photovoltaïques à différentes échelles	13
B. Une ferme solaire sur l'ancienne décharge : mettre à profit un foncier aujourd'hui inemployé pour répondre à l'urgence du besoin d'électricité	16

IV. Freins potentiels au projet et points de vigilance.	21
A. Un cadre juridique de projet à construire et viabiliser, de la mise en oeuvre jusqu'au démantèlement de la ferme solaire.	21
B. Un contexte sécuritaire peu propice aux investissements d'ampleur.	23
C. Une gouvernance complexe dans un contexte fragmenté.	24
D. Le risque d'une infrastructure de plus qui coupe Bourj Hammoud de son littoral : pour une intégration paysagère soignée et un rôle de restauration écologique de la ferme solaire.	25
V. Les retombées positives et répercussions sur la ville et ses habitants	29
A. Contribuer à la cohésion sociales	29
B. Une qualité environnementale largement améliorée.	30
C. Une économie redynamisée.	31
D. Des synergies multiples avec les autres engagements prioritaires.	32
Bibliographie - Glossaire	35
Annexe : un processus de co-construction pour une stratégie de déploiement des énergies renouvelables	36

I. Introduction : « *Bour Hammoud 2021-2031 : Ensemble pour un meilleur présent et futur* »

A. Une démarche de planification stratégique pour le renouvellement urbain de Bourj Hammoud

La Municipalité de Bourj Hammoud a décidé d'engager une transformation majeure de son territoire, pour en faire un modèle de ville écologique, une cité pour tous et la fabrique culturelle et artisanale du Grand Beyrouth.

L'ambition est de donner une vision de la transformation à moyen terme du territoire, d'orienter un processus dynamique de mutation et déjà de concrétiser certains projets opérationnels. A cette fin, la Municipalité s'attelle à la conception d'un **plan stratégique de renouvellement de la ville**, qui s'articule autour de quatre axes prioritaires : la production d'énergies renouvelables, la revitalisation du centre-ancien, la renaturation et la gestion des déchets.

Ce projet de planification stratégique, visant à dessiner l'avenir de la ville, porte le nom : « Bourj Hammoud 2021-2031 : ensemble pour un meilleur présent et futur ».

Cette démarche de plan stratégique est soutenu dans le cadre de la coopération décentralisée par le Ministère français de l'Europe et des Affaires Étrangères et un groupement de collectivités territoriale françaises (la Région Sud, la Métropole Nice Côte d'Azur, la Ville de Marseille et le Havre Seine Métropole) ainsi que par l'Université Libanaise. L'Agence des villes et territoires méditerranéens durables (AVITEM) assure la coordination technique du projet.

Initié en 2021, ce processus est arrivé aujourd'hui à un tournant : une équipe de concepteurs urbains de renommée internationale a été mandatée pour finaliser le plan stratégique de renouvellement urbain et concevoir un programme pré-opérationnel de revitalisation du centre-ancien et de renaturation du territoire.

L'AVITEM a donc décidé de publier quatre « Livrets d'intentions », pour faire une synthèse des connaissances acquises, des orientations stratégiques retenue et de l'état d'avancement des projets prioritaires en cours de montage. Ces livrets sont élaborés grâce aux nombreux temps de co-construction menés avec les acteurs du territoire sous l'égide de la Municipalité, aux sessions de travail auxquelles ont contribué les collectivités territoriales françaises partenaires du projet, et enfin aux études menées par l'Université Libanaise, partenaire du projet.

Il s'agit ainsi de permettre à l'équipe de concepteurs urbains de capitaliser sur la richesse des moments de co-construction pour finaliser l'élaboration du plan stratégique. Il s'agit aussi et surtout de partager avec l'ensemble des acteurs du territoire l'état d'avancement du plan stratégique, une démarche de construction de l'avenir que la Municipalité a souhaité ouverte et collective. Réunie autour de l'agence d'architecture Ateliers Philippe Madec, l'équipe de concepteurs mandatée compte un bureau d'études spécialiste de la réhabilitation des centres-anciens, un hydrologue, une paysagiste, un écologue, un ingénieur spécialiste de la gestion des déchets. Les experts mobilisés sont libanais et français. Leur mission se concentre de juin 2024 à juin 2025, année de finalisation du plan stratégique.

Ce livret revient sur les grandes orientations politiques au cœur de la démarche et présente le choix des quatre engagements prioritaires, avant de détailler l'avancement de la stratégie « énergies renouvelables » et l'avancement d'un premier projet prioritaire : une ferme solaire sur le terrain de l'ancienne décharge.

B. Les grandes orientations politiques au coeur de la vision de Bour Hammoud de demain

Le plan stratégique de renouvellement urbain est la traduction spatialisée et opérationnelle de la vision politique portée par la Municipalité pour le devenir de son territoire. Cette vision de l'avenir se dessine autour de trois piliers.

1) Une ville pour tous

L'amélioration des conditions de vie des habitants est primordiale dans la vision de la ville demain. L'ensemble des engagements prioritaires doit être pensé au prisme de cette exigence sociale : il s'agit non seulement de développer les énergies renouvelables mais de permettre de répondre aux plus grandes priorités sociales aujourd'hui mises à mal par le manque d'électricité (services publics, hôpitaux en difficulté...) ; de renaturer la ville au bénéfice du bien-être des habitants ; au-delà d'une gestion efficiente des déchets, de créer des emplois inclusifs à travers l'économie circulaire... Cette amélioration des conditions de vie doit bénéficier à l'ensemble des habitants sans discrimination, y compris pour les nombreuses communautés d'immigrés qui habitent à Bourj Hammoud, commune populaire où le logement est abordable. Il s'agit aussi de conserver et mettre en valeur l'héritage mémoriel de Bourj Hammoud, ville de refuge, construite par des réfugiés arméniens au lendemain du génocide perpétré par l'Empire Ottoman.

Enfin, la question du lien entre les quartiers et entre les communautés et les cultures est essentielle dans le projet de plan stratégique, à l'heure où les inégalités sociales ont explosé au Liban, avec la crise économique, exacerbant les tensions intercommunautaires.

Il s'agit donc de créer des espaces publics sûrs et agréables pour les enfants et leur épanouissement, les piétons comme les cyclistes, de mixité sociale et intergénérationnelle au sein des quartiers, mais aussi de rendre les bâtiments et les transports accessibles et à impliquer les habitants dans la conception de la ville.

2) La Fabrique des Arts et Artisanats du Grand Beyrouth

Bourj Hammoud est reconnue par les habitants du Grand-Beyrouth comme une réelle fabrique artisanale et culturelle, et comme une « ville-marché ». Riche de ses savoir-faire, elle abrite dans son centre historique des ateliers où sont fabriqués des bijoux, des meubles, et vêtements ou encore des objets d'arts. Bourj Hammoud compte également une zone industrielle sur sa côte maritime, qui constitue une part importante de son territoire. La question de la mutation écologique et décarbonée de ces industries est un enjeu majeur, alors qu'elles reposent aujourd'hui très largement sur les énergies fossiles et rejettent dans le fleuve Beyrouth et la mer Méditerranée de nombreux déchets fortement polluants.

Aujourd'hui, ce tissu artisanal et industriel est fragilisé par plusieurs facteurs, certains d'ordre exogène - comme le prix de l'énergie - d'autres plus endogène - comme le vieillissement des artisans, la concurrence des produits étrangers à faible coût de main d'œuvre, l'obsolescence de certaines productions ou encore le manque de connexion avec le tissu productif attractif de l'est de Beyrouth.

Alors que le Liban a perdu nombre de ses industries et traverse une crise économique profonde, Bourj Hammoud peut faire figure exception. Il s'agit de l'ériger en modèle de ville productive et artisanale, résolument tournée vers la transition écologique et offrant la part belle aux industries culturelles et créatives, rayonnant au-delà de ses frontières.

3) Une éco-cité exemplaire pour le Liban

Bourj Hammoud a longtemps été considéré comme un espace de report des nuisances métropolitaines dans le cadre de politiques nationales, décidées sans réelle concertation avec les parties prenantes locales. Les grandes d'infrastructures qui marquent son territoire illustrent la primauté de la logique circulatoire au grès des disponibilités foncières sur l'urbanité de cette ville-banlieue. Ainsi, le raccordement de Beyrouth, notamment de son port, aux banlieues sud, nord et est, se fait par des autoroutes qui traversent en plein centre Bourj Hammoud. De plus, l'une des plus grandes décharges du pays a été implantée sur son front de mer ; réhabilitée, elle est aujourd'hui de nouveaux en activité sauvage.

Ainsi, Bourj Hammoud est un territoire à enjeu écologique majeur avec son front de mer occupé par la décharge et son port - second plus grand port de pêche du Liban – fortement pollué. Les inondations générées en cas de fortes pluies génèrent aussi d'importantes nuisances environnementales et sanitaires. La pollution des générateurs enfin, dégrade la santé des habitants.

Ces actions nécessitent une mobilisation de l'ensemble des acteurs locaux (collectivités, entreprises, citoyens) pour identifier les enjeux, définir une stratégie et mettre en œuvre des projets concrets. La Municipalité de Bourj Hammoud y voit l'occasion de développer une vision partagée d'un territoire plus résilient et plus sain. Dans les contextes géographique, social et économique de la ville, sa renaturation apparaît comme une solution particulièrement pertinente pour relever les défis du changement climatique, de la santé publique et de la biodiversité, à condition d'être pensée de manière globale et intégrée au cœur du plan stratégique.

La société civile et la Municipalité convergent autour de la nécessité et l'urgence d'amorcer une refondation urbaine qui montre la voie de la transition écologique et qui participe de la qualité environnementale de la ville dans sa globalité.

C. Une stratégie : les quatre engagements prioritaires ; une tactique : des premiers projets opérationnels

Une transformation aussi ambitieuse ne peut se faire en un jour. Aussi, quatre champs d'action ont été retenus comme « engagements prioritaires du plan stratégique » suite aux premières phases de concertation avec les acteurs territoriaux. Ils se caractérisent par l'urgence du besoin d'intervention et par leur capacité à faire « effet-levier » : ils peuvent avoir un effet d'entraînement sur d'autres aspects de la ville.

Les engagements prioritaires sont :

- La production d'énergies renouvelables : car sans énergie, le développement n'est pas possible ; et aujourd'hui, les prix très élevés et la rareté de l'électricité entrave la prospérité de la ville ;
- La revitalisation du centre-historique : parce qu'il constitue l'héritage du passé de Bourj Hammoud, une réelle richesse culturelle, et son « pacte fondateur » : un cœur artisanal, riche en activités artistiques et productives, qui pourrait réellement rayonner et attirer de nombreux visiteurs ;
- La renaturation de la ville et la gestion des eaux : la défaillance des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées représente un réel problème environnemental à Bourj Hammoud. Lors des fortes pluies, les canalisations débordent et génèrent des inondations qui polluent fortement les milieux terrestres, fluviaux et marins. De plus, la rareté du végétal et la forte bétonisation de la ville affaiblissent sa résilience au changement climatique, en favorisant les îlots de chaleur urbain. Accroître la végétalisation de la ville pour permettre l'infiltration des eaux, dépolluer les sols, ombrager et rafraîchir les quartiers constitue ainsi une priorité ;
- La gestion des déchets : le système de collecte et de traitement des déchets est défaillant à Bourj Hammoud, comme dans le Grand Beyrouth. Des décharges informelles s'accumulent dans certains espaces de la ville et contribuent à dégrader la qualité de vie des habitants. Eviter que des décharges ne se reforment à Bourj Hammoud et améliorer la gestion des déchets est également essentiel.

II. Energies renouvelables : connaissances et analyse des besoins

A. Une crise de l'électricité qui frappe durement la population et l'économie du Liban et de Bourj Hammoud

Depuis la guerre civile (1975-1990), le service public de l'électricité au Liban souffre de défaillances structurelles, entraînant des coupures généralisées et inégalement réparties sur le territoire. Face à ces lacunes, des solutions alternatives ont émergé, menant à la mise en place d'un commerce informel d'abonnements à des générateurs électriques de quartier, assuré par des particuliers. Les pouvoirs publics ont renvoyé la régulation de ces réseaux locaux aux municipalités, qui s'impliquent de manière variable selon les configurations d'acteurs locaux. Le cas de Bourj Hammoud illustre ce mécanisme en lien avec les rapports de force propres à la ville. Loin d'une logique institutionnelle de régulation décentralisée de la fourniture d'électricité, ce système pérennise la fragmentation de ce service public.

Le secteur a donc connu une dégradation aux raisons multiples, entre insuffisance de la capacité des systèmes en place, manque d'investissements pour son maintien et son développement, blocage des importations de combustibles nécessaires à son bon fonctionnement, corruption, clientélisme...

L'insuffisance de la production publique d'électricité pèse lourdement sur la vie quotidienne des Libanais, en particulier des plus précaires, dénués d'autres sources d'approvisionnement.

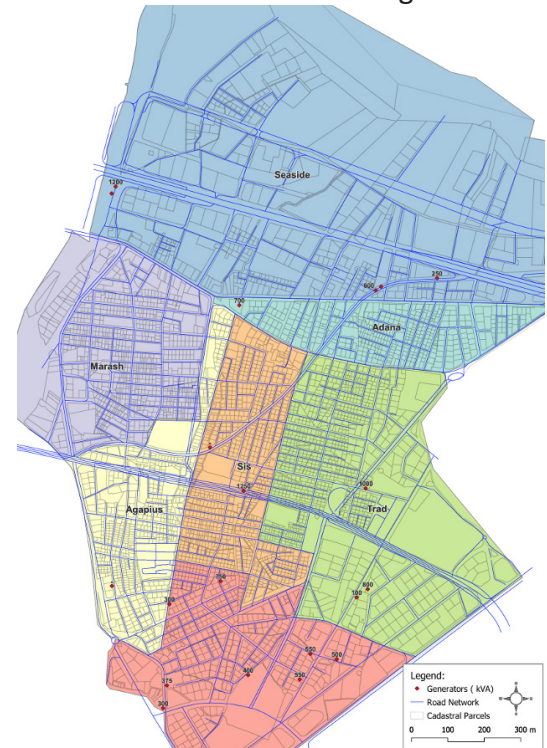
A Bourj Hammoud, commune populaire habitée par de nombreuses personnes migrantes et précaires, la Municipalité estime que près d'un tiers des habitants n'ont plus accès à l'électricité à leur domicile la majeure

partie du temps. Il en découle d'importantes difficultés en termes d'accès aux soins, à l'éducation, à une nourriture de qualité, etc. Les services publics sont également entravés ; ainsi, la Municipalité n'ouvre plus que quelques jours par semaine, n'étant pas en mesure de s'assurer une fourniture en l'électricité. La rareté de l'électricité publique est aussi un frein majeur pour l'économie libanaise. Les factures énergétiques ont explosé, avec un impact sur les coûts de production. Elles grèvent fortement le pouvoir d'achat des ménages, déjà réduit par la crise économique et financière. Face à la défaillance persistante du système public, des générateurs à l'échelle d'immeubles ou d'îlots se sont multipliés et se sont ancrés dans les quartiers, leurs câbles longeant les façades, pendant le long des rues.

B. Le développement d'un système d'électricité parallèle, cher et polluant

Fonctionnant au fioul, ces générateurs collectifs induisent des factures de plus en plus élevées pour les habitants, parfois de plus d'un millier de dollars par mois pour une fourniture complète dans la journée. En plus d'encombrer l'espace public, ils produisent une pollution aux particules fines fortement cancérigène.

Dans le parcellaire étroit de Bourj Hammoud, où les espaces non-bâties sont rares, le problème de santé public lié à la pollution est grave. Vingt-et-un générateurs collectifs sont recensés dans l'ensemble de la ville, et particulièrement concentrés dans les quartiers d'habitation comme Nabaa (selon une réunion de concertation menée en juin 2023). En outre, l'état de défaillance des câbles qui pendent le long des rues, ainsi que leur mauvais entretien, sont synonyme de danger pour les riverains dans de nombreux points des quartiers.



D'après les informations de la Municipalité, leur puissance moyenne est de 600 KVA. Au total, en additionné, leur puissance de production théorique est de 31 400 KVA pour 11 000 ménages abonnés.

Les coûts de production pour ces installations sont estimés à 0.25 \$/kWh et le prix de vente aux ménages s'établit actuellement entre 0.31 et 0.34 \$/kWh¹.



Figure 2 : Répartition des générateurs de quartier - P. Gabillet (2008)

¹ Données issues de la réunion de concertation avec les opérateurs de générateurs du jeudi 8 juin à la Municipalité de Bourj Hammoud.

C. Un développement des énergies renouvelables en cours mais complexe au Liban comme à Bourj Hammoud

Confrontés à l'incapacité d'Électricité du Liban (EDL) à fournir un approvisionnement stable et aux coûts exorbitants de l'électricité produite par les générateurs privés, de plus en plus de ménages, d'entreprises et d'institutions se tournent vers l'énergie solaire. Ainsi, dans la commune de Bourj Hammoud, une collaboration entre la Municipalité, le Ministère des Armées et ONU Habitat a permis une alimentation continue en électricité du bâtiment de la Défense civile, désormais couvert de panneaux solaires, illuminant également la nuit les rues alentour. Les habitants ont également été concertés pour déterminer les rues leur semblant les plus nécessaires à doter d'éclairage. Soutenues par des ONG, ces initiatives en autoconsommation se développent pour permettre le maintien des services publics ou d'intérêt collectif (éclairage public, écoles, hôpitaux, pompiers, centres sociaux...). D'autre part, l'UNOPS a récemment achevé la première phase de réhabilitation de l'éclairage dans 30 % des rues de Bourj Hammoud. En collaboration avec la municipalité, cette initiative inclut l'installation de panneaux solaires d'une capacité de 167 kWp sur le toit du centre Saint Jacques.

Toutefois, la montée en puissance des énergies renouvelables pour pourvoir la demande des ménages se heurte à des freins. A Bourj Hammoud, la vétusté du bâti ne permet pas d'équiper tous les toits, et le foncier non-bâti qui pourrait se prêter à des installations au sol est rare. De plus, la loi libanaise n'autorise la production décentralisée d'électricité que pour des puissances très faibles (2 MGWh), car le monopole d'Electricité du Liban prévaut encore, malgré sa défaillance. Les industriels et les ménages qui souhaiteraient mettre en place le community net metering ou power purchase agreement ne voient pas leurs démarches aboutir.

D. Les énergies renouvelables comme moteur de la transformation : le développement de la ville n'est pas possible sans énergie

Pourtant, un accès pour tous à l'énergie est indéniablement une des moteurs de cohésion sociale les plus importants : sans énergie, pas de quoi s'éclairer chez soi, cuisiner, et même, pour de nombreux domaines, travailler.

La production d'énergie renouvelable a ainsi été identifiée comme le premier des quatre engagements prioritaires du projet Bourj Hammoud 2021-2031. Il s'agit de la clef d'entrée au cœur des problématiques de la ville, mais également de la clef de voûte sans laquelle aucune autre initiative portée ne pourra aboutir ou se pérenniser.

III. Stratégie d'action : conforter la production décentralisée d'énergie verte en associant micro-grids et ferme solaire municipale

Face à l'émergence d'initiatives éparses, d'acteurs du développement, de particuliers ou de acteurs privés, la nécessité d'une stratégie à l'échelle municipale apparaît, pour assurer une cohérence dans la production d'énergies renouvelables. Portée par la Municipalité de Bourj Hammoud, cette stratégie est conçue dans le cadre du plan stratégique de renouvellement urbain de la ville, dont l'énergie verte est l'un des champs d'action prioritaire.

A. Une stratégie de déploiements de réseaux photovoltaïques à différentes échelles

La Municipalité, avec l'appui technique de l'AVITEM, a exposé une stratégie municipale reposant sur la coordination entre trois échelles d'intervention pour produire de l'énergie solaire (bâtiments, quartiers et ville). Ces échelles ne sont pas excluantes bien au contraire : la question de l'énergie doit se penser de manière multiscalaire.

Ce processus doit par ailleurs prendre en compte et valoriser les actions de tous (ONG présentes sur place...), déjà effectuées ou en cours d'élaboration.

L'équipe-projet a donc choisi de porter une réflexion englobant les échelles à la fois du quartier et de la ville dans son ensemble pour une démarche à la fois ascendante et descendante.

1) A l'échelle des bâtiments

En autoconsommation, il s'agit de multiplier les productions sur les toits des bâtiments de la ville, formant ainsi une constellation de micro-grids.

Les services publics ou d'intérêt collectif de première nécessité doivent être les premiers visés. C'est une dynamique en cours. Par exemple, grâce à l'appui d'ONU Habitat, le toit de la Municipalité de Bourj Hammoud et de centres sociaux ont été équipés.

La prochaine étape pourrait être de permettre aux artistes et artisans de s'équiper de panneaux photovoltaïques, grâce à un système de microcrédits et une formation à leur entretien.

L'ensemble des toits d'usage public ou collectif doivent être cartographiés.

A titre d'exemple, les ateliers municipaux de la Municipalité pourraient offrir une surface de toit intéressante, et permettre à terme de recharger des équipements municipaux électriques.

Equiper les toits d'usage privé est plus complexe ; mais des systèmes de coopératives d'énergies et de microcrédits incitatifs pour les habitants et entreprises pourraient être envisagés.

2) A l'échelle des quartiers, par une transition des générateurs

Des réseaux alternatifs au réseau national existent déjà à Bourj Hammoud : il s'agit des réseaux installés par les propriétaires de générateurs de quartier, qui connectent plusieurs immeubles.

La transition de ces réseaux à l'électricité solaire offre une alternative pour faire baisser les factures d'électricité – le photovoltaïque demeurant bien moins coûteux que le fioul – et pour limiter les pollutions. Une solution de montage pourrait être de permettre aux propriétaires de générateurs d'investir dans des installations de panneaux solaires. Ces dernières pourraient se trouver sur des espaces disponibles à proximité des réseaux, pixélisés dans l'ensemble de la ville ; et/ou une unité de production de grande ampleur alimenterait de façon équitable l'ensemble des réseaux de la ville.

3) A l'échelle de la ville : une grande unité de production et l'unification des réseaux de générateurs

Ainsi, une solution permettant de contribuer conséquemment à verdir l'électricité de Bourj Hammoud et à la rendre moins chère et plus accessible est l'installation d'une grande unité de production photovoltaïque, qui desservirait l'ensemble de la ville.

La surface de l'ancienne décharge constitue la dernière grande emprise foncière de Bourj Hammoud et offre en cela une opportunité.

Pour développer une solution à l'échelle de la ville, un projet prioritaire a été préfiguré par l'équipe-projet AVITEM, sous le leadership de la Municipalité : la création d'une ferme solaire sur le terrain de l'ancienne décharge de Bourj Hammoud, sur une surface de 115 000m².

B. Une ferme solaire sur l'ancienne décharge : mettre à profit un foncier aujourd'hui inemployé pour répondre à l'urgence du besoin d'électricité

Créer une centrale photovoltaïque sur l'ancienne décharge répondrait à l'urgence du présent – fournir de l'électricité - sans compromettre la possibilité d'un projet d'aménagement d'avenir. Situé sur le littoral, doté donc d'une position privilégiée, cet espace aujourd'hui vacant constitue la dernière grande emprise foncière non-bâtie de la ville. Or, une ferme solaire est une infrastructure démontable. Son investissement est amorti à très court terme. La durée de vie des panneaux photovoltaïque n'excède de toute façon pas vingt-cinq ans. A court terme, aménager un terrain constitué de remblais, issus de l'ancienne décharge réhabilitée, peut présenter des risques de sécurité (sols pollués, instabilité à cause des tassements différentiels...). La ferme solaire constitue donc une perspective d'optimisation de cet espace, dans la situation de crise actuelle.

Sous l'égide de la Municipalité de Bourj Hammoud, l'AVITEM a travaillé avec des ingénieurs énergéticiens de la Métropole du Havre (Le Havre Seine Métropole) sur le montage technico-financier d'un projet de ferme solaire.

1) Caractéristiques techniques :

La production annuelle de la ferme solaire sur une surface utile de 115 000 mètres carrés serait de 24 GWH, pour une puissance installée de 15 MWc. 18 000 tonnes de CO2 par an seraient ainsi évitées².

² Estimations par Le Havre Seine Métropole à confirmer par des études pré-opérationnelles

Les investissements nécessaires à la mise en œuvre de ce projet sont les suivants :

- Installation d'environ 29 000 panneaux photovoltaïques
- Postes transformateurs (de bas-voltage à haut-voltage) proche de la ferme solaire
- Câbles transportant l'électricité à haut-voltage (enfouissement sous l'autoroute à considérer puis transport en technique discrète dans la ville)
- Postes transformateurs de haut-voltage à bas-voltage dans les quartiers de Bourj Hammoud
- Câbles reliant les transformateurs aux réseaux préexistants des générateurs. (technique discrète).
- Mise au norme et sécurisation des réseaux des générateurs dans les quartiers pour faire parvenir l'électricité verte jusqu'aux immeubles des ménages abonnés.

L'ensemble de ces investissements est estimé entre aux alentours de 13-15 millions de dollars.

Le modèle économique doit être pensé sur une durée de 20 ans (durée de vie moyenne des panneaux photovoltaïques), en incluant des coûts de maintenance annuels.



Figure 2 : Vue des trois secteurs de la décharge

2) Caractéristiques du montage financier et gouvernance

Le projet de ferme solaire peut être très rentable à court terme pour l'investisseur, comme la plupart des installations de panneaux photovoltaïques. Toutefois, il doit s'agir d'un projet d'intérêt général, qui bénéficie en premier lieu aux habitants – en réduisant leurs dépenses d'électricité, en limitant la pollution – et à la Municipalité en lui permettant de disposer de nouvelles ressources récurrentes, pour mener d'autres projets d'utilité sociale.

Ce projet se caractérise par les partis pris suivants :

- La Municipalité de Bourj Hammoud a affirmé sa volonté de faire bénéficier de l'électricité solaire l'ensemble de la ville de façon équitable, ne pas laisser de quartiers de côté, afin que la baisse des factures et la réduction de la pollution bénéficie à tous ;
- Le choix technique le moins coûteux et le plus efficace en ce sens est d'utiliser les réseaux des générateurs installés dans les quartiers pour alimenter la ville en électricité solaire.
- La ville doit continuer de s'appuyer sur un mixe hybride : l'électricité solaire étant intermittente, il est essentiel de conserver une autre source sûre de production pour la nuit et les journées moins lumineuses.

La Municipalité a également affirmé l'importance d'intégrer les propriétaires de générateurs dans le dispositif, de ne pas écarter ces acteurs. Sous réserve de la faisabilité juridique et de leur acceptation, le projet envisage de leur proposer :

- De s'associer au montage en contribuant à l'investissement dans le réseau à moyenne-tension créé par rallier la ferme solaire à leurs propres réseaux de quartier ;
- De poursuivre leur rôle de facturation auprès des abonnés, en distribuant désormais l'électricité solaire.

L'objectif primordial étant une baisse des factures d'électricité pour les habitants, commerçants et autres usagers de Bourj Hammoud, afin d'améliorer leurs conditions de vie, un contrôle devra être réalisé pour que les propriétaires de générateurs n'accroissent pas leurs marges de vente. En effet, la production d'électricité verte dans le cadre du projet sera inférieure au coût du fioul ; et cette différence de prix devra être répercutée dans les factures des abonnés. Pour rappel, en juin 2023, le coût de production de l'électricité au fioul pour les propriétaires de générateurs était d'environ 0.25 \$/kWh et le prix de vente aux ménages entre 0.31 et 0.34 \$/kWh.

Le coût de production estimé pour l'électricité solaire dans le cadre du modèle de montage envisagé, avec un investissement pensé sur 20 ans, serait aux alentours de 0.03 \$ /kW³. Même en conservant les marges préexistantes des propriétaires de générateur cela permet d'envisager une diminution très conséquente du coût de vente aux ménages.

Une tarification adaptée pourrait être mise en place pour soutenir certains secteurs de l'économie de Bourj Hammoud estimés stratégiques, en particulier les artistes et artisans.

Par ailleurs, concernant les modalités du financement, un investisseur principal peut prendre en charge l'investissement dans les panneaux photovoltaïques, le poste transformateur bas-voltage et haut-voltage, le câble haut-voltage reliant la ferme solaire à Bourj Hammoud. Les propriétaires de générateurs pourraient prendre en charge le transformateur haut-voltage-bas-voltage et les réseaux dans les quartiers.

³ Selon les estimations réalisées par Le Havre Seine Métropole (à valeur indicative, devant être validées par des études pré-opérationnelles.

Une société de projet associant l'investisseur principal et la Municipalité de Bourj Hammoud, voire également les propriétaires de générateurs de quartier, pourrait être un modèle de gouvernance du projet.

Une solution envisagée était que l'investisseur vende à un tarif avantageux l'électricité à la Municipalité de Bourj Hammoud, qui la revende aux propriétaires de générateurs, qui, eux, continuent de facturer aux abonnés des différents quartiers.

La CMA-CGM s'est montrée intéressée pour être l'investisseur principal et plusieurs sessions de travail ont été menées avec l'équipe-projet AVITEM-Le Havre Seine Métropole. Toutefois, en raison de la situation sécuritaire au Proche-Orient, la CMA-CGM a souhaité suspendre les discussions.

L'investisseur pourrait également être un acteur de l'aide publique au développement (bailleur de fond public international par exemple).

Pour finir, les modalités de démontage de la ferme solaire doivent être encadrées et précisées dès le lancement du projet. L'idée est ainsi que les coûts de démantèlement ne soient pas à la charge de la Municipalité de Bourj Hammoud, lorsque les panneaux solaires ne fonctionneront plus. Ces coûts doivent être intégrés dans le modèle financier et pris en charge par l'investisseur principal. La société de projet pourra être garante de la prise en charge du démantèlement.

IV. Freins potentiels et points de vigilance au projet de ferme solaire

Le projet de ferme solaire sur le territoire de l'ancienne décharge présente plusieurs points de vigilance et des freins potentiels, sur lesquels il faudra porter une attention particulière pour la réussite du projet.

A. Un cadre juridique de projet à construire et viabiliser, de la mise en œuvre jusqu'au démantèlement de la ferme solaire

Le cadre juridique permettant la production décentralisée d'électricité solaire et sa revente, sous l'autorité et au bénéfice de la Municipalité, demeure à construire.

En effet, aujourd'hui au Liban, la production décentralisée d'électricité est très limitée et le monopole d'EDL prévaut. Des licences peuvent toutefois être attribuées à certains acteurs pour leur permettre de produire de l'électricité, selon certaines conditions. Cette perspective devra être approfondie, car à ce jour, un acteur privé n'a en théorie pas l'autorisation de produire de l'électricité et de la revendre sans passer par le réseau d'EDL.

De plus, les conditions selon lesquelles la Municipalité pourra assurer la garantie de l'intérêt général dans le projet doivent être précisées. L'AVITEM a encouragé l'élaboration d'un montage financier et juridique qui permettrait à la Municipalité d'obtenir des ressources récurrentes grâce à la vente d'électricité. En effet, l'électricité issue de la ferme solaire pourrait être donnée ou vendue à bas-coût à la Municipalité, qui la revendrait à un coût légèrement supérieur aux propriétaires de générateurs, qui ensuite en assurerait la délivrance aux habitants. Toutefois, les modalités juridiques selon lesquelles une Municipalité peut s'investir dans l'achat et la revente d'électricité doivent être éclaircies.

La création d'une société de projet peut être un modèle intéressant pour permettre une gouvernance partagée, entre l'investisseur principal, la Municipalité bénéficiaire et les propriétaires de générateurs impliqués. Elle pourrait prendre en charge, d'un point de vue financier et en termes de moyens techniques et humains :

- Le rôle de maintenance des panneaux photovoltaïque et des réseaux transportant l'électricité jusqu'aux quartiers de Bourj Hammoud ;
- Le démantèlement de la ferme solaire, lorsque d'ici une vingtaine d'années ces derniers seront arrivés à la fin de leur durée de vie.

Ainsi, la mise en place de cette société de projet permettrait de pallier aux manques de moyens humains et financiers de la Municipalité de Bourj Hammoud, pour assurer la durabilité du projet.

B. Un contexte sécuritaire peu propice aux investissements d'ampleur

Au déclenchement de la guerre entre Israël et le Hamas le 7 octobre 2023, l'investisseur s'étant montré intéressé pour financer le projet a exprimé sa volonté d'attendre l'amélioration du contexte international avant de poursuivre.

La menace d'une contagion de la guerre de Gaza vers un conflit de grande ampleur au Proche-Orient, qui affecterait le Liban, rend difficile la mise en œuvre du projet, qui requière un investissement d'ampleur (entre 10 et 15 millions de dollars américains), et ce, même si les perspectives d'amortissement de la ferme solaire peuvent être très rapides (moins de cinq ans).

C. Une gouvernance complexe dans un contexte fragmenté

Le contexte territorial du Grand Beyrouth et d'une façon générale du Liban se caractérise par un éclatement de la gouvernance, par des intérêts contradictoires, par une situation de défaillance de l'Etat et des pouvoirs publics au sens large ainsi que par des risques forts de corruption.

Les services urbains, en particulier la production et distribution d'électricité, n'échappent pas à cette situation de défaillance publique et d'intérêts en conflit. L'activité des propriétaires de générateurs est une activité lucrative qui profite à des réseaux à la fois informels et très organisés.

Par ailleurs, le terrain de l'ancienne décharge est la dernière emprise foncière de Bourj Hammoud, située de façon privilégiée au cœur de la baie de Beyrouth. Les stratégies de valorisation de cet espace, tant par la Municipalité de Bourj Hammoud que par l'Etat – qui en détient une partie – ne sont pas transparentes. Des perspectives de construction de projets immobiliers, offrant vue sur mer, figureraient parmi les options envisagées. Elles demeurent de toutes façons incertaines, dans le contexte actuel d'instabilité sécuritaire au Proche-Orient.

D. Le risque d'une infrastructure de plus qui coupe Bourj Hammoud de son littoral : pour une intégration paysagère soignée et un rôle de restauration écologique de la ferme solaire

Au fil des ans, de nombreuses infrastructures industrielles se sont installées dans la zone nord de Bourj Hammoud et ont coupé la ville de son accès au littoral.

L'installation d'une ferme solaire sur 115 000 mètres carrés ne doit pas être synonyme d'une « infrastructure de plus » contribuant à cette fragmentation ; au contraire, le projet peut être l'opportunité de repenser l'aménagement de cet espace côtier pour recréer du lien entre la mer et la ville de Bourj Hammoud.



Figure 3 : Les remblais du littoral de Bourj Hammoud - AVITEM 2022

En ce sens, l'AVITEM et la Municipalité de Bourj Hammoud mettent l'accent sur plusieurs aspects devant être pris en compte :

- Le sol de l'ancienne décharge ne doit pas être artificialisé (le bétonnage total n'est pas nécessaire à la stabilité des panneaux) , au contraire, l'ancienne décharge peut être replanté, en raison des vertus écologiques de la végétalisation. Des essences peu demandeuses d'eau pourraient couvrir le terrain sous les panneaux, et ainsi renforcer sa capacité à infiltrer les eaux de pluies et à absorber du CO2. Des plantes phytoremédiatrices, capables de dépolluer le sols pourraient être cultivées. En ce sens, l'exemple de renaturation et de création d'un parc à Garraf, sur une ancienne décharge à proximité de Barcelone, est particulièrement inspirant (cf. encadré).

La végétalisation du terrain, sous les panneaux photovoltaïques, pourra contribuer à son inscription paysagère. De premières esquisses ont été réalisées par les étudiants de l'Université Libanaise et devront être approfondies.

- Un cheminement devra être pensé pour permettre l'accès des habitants au littoral, dans le respect des règles de sécurité liée à la ferme solaire.
- Une option envisagée est que les panneaux photovoltaïques revêtent des couleurs spéciales et/ou soient posés de façon à créer une forme spécifique, visible depuis le ciel, qui puisse devenir un emblème de la ville.

La restauration écologique d'une décharge sauvage à Garraf, dans l'aire métropolitaine de Barcelone

Nichée dans un vallon aux portes d'un massif naturel désormais protégé, cette décharge a accumulé près d'une trentaine d'années de déchets issus de Barcelone et ses banlieues.

Face à la contamination des nappes phréatiques et à la pollution des milieux naturels fragiles du vallon, l'Aire métropolitaine de Barcelone a décidé de lancer une grande opération de revitalisation écologique.

Des ingénieurs et environnementalistes ont d'abord été mandatés pour mettre en place un système étagé, constitué d'une membrane de plastique épaisse de 2 millimètres, totalement imperméable, permettant de « verrouiller » les déchets afin que ceux-ci ne puissent plus polluer les espaces naturels environnants. Des couches de graviers sont posées pour permettre l'évacuation des gaz libérés par la décomposition des déchets et drainer l'eau de pluie, chargée en lixiviat, sans qu'elle ne contamine les nappes. Enfin, une épaisse couche de terre stérile (entre 80 et 120 centimètres), prélevée sur les chantiers du métro de Barcelone et d'autres travaux publics, recouvre l'ensemble, et va permettre de recréer la vie.

L'agence de paysagistes Battle i Roig y a façonné une nouvelle topographie à cet espace au moyen d'un système de terrasses. La couche de terre dessine une nouvelle topographie sur laquelle des essences méditerranéennes locales, mais également des légumineuses fixant les nutriments dans les sols pour les enrichir ont été plantées. De nombreuses pratiques agricoles telles que le pâturage ont par la suite été effectuées pour continuer à nourrir les sols.

L'ancienne décharge est aujourd'hui en train de finir de s'auto-restaurer. Désormais transformée en un vaste parc naturel, le site de Garraf se prépare à ouvrir au public dans les prochaines années.

De plus, rejets en biogaz sont récupérés et permettent notamment le fonctionnement d'une centrale fournissant plus de 12 000 habitants en énergie thermique. Le réseau d'extraction du biogaz installé sur le site couvre aujourd'hui la consommation d'électricité annuelle de plus de 10 000 personnes.

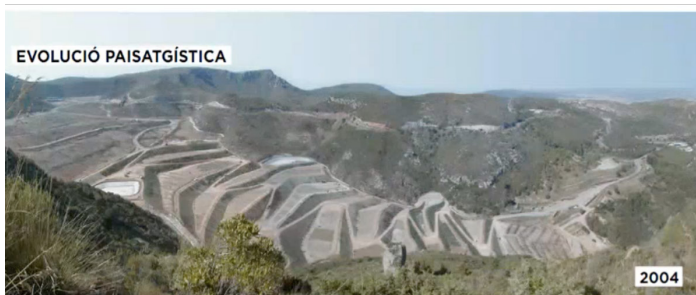


Figure 4 : Evolutions de la décharge de Garraf - Battle i Roig

V. Les retombées positives sur la ville et ses habitants

Pour conclure, ce projet est qualifié de « prioritaire » dans le Plan stratégique de renouvellement urbain en raison des conséquences positives et des effets d'entraînements vertueux qu'il peut avoir sur la ville.

A. Contribuer à la cohésion sociale :

Alors que la Municipalité estime qu'un tiers des habitants de Bourj Hammoud n'accèdent plus chez eux à l'électricité des générateurs en raison des factures trop élevées, alimenter Bourj Hammoud en électricité verte et bien moins coûteuse (estimée à 3 cents/kwh seulement) permettra à ces foyers pauvres de disposer d'heures supplémentaires d'électricité.

La création d'une ferme solaire au design original intégrant en son sein des espaces publics pourrait devenir un espace fédérateur et susceptible de faire naître un sentiment de fierté locale de la part des habitants de la ville.

Figure 5 : Projet étudiant d'un design innovant pour la ferme solaire
- Atelier Architecture du paysage, Université Libanaise (2024)



B. Une qualité environnementale largement améliorée

Limiter les heures de fonctionnement des générateurs entraînera une diminution des particules fines et autres molécules polluantes dans l'atmosphère, dans un contexte de recrudescence des cancers liés à ces derniers.

De plus, le projet infrastructurel doit être accompagné d'une dimension paysagère, de l'aménagement d'un accès au littoral pour les habitants et de la restauration écologique de l'ancienne décharge, par la végétalisation du sol sous les panneaux photovoltaïques et sa dépollution par la phytorestauration. Ainsi, en plus d'une infrastructure productrice d'énergie, la ville de Bourj Hammoud se verra dotée d'un espace nouveau de verdure qui, à terme, pourrait former un parc public.



Figure 6 : Projet étudiant d'un design innovant pour la ferme solaire
- *Atelier Architecture du paysage, Université Libanaise (2024)*

C. Une économie redynamisée

Bourj Hammoud est une ville connue pour les ateliers d'artisans, les espaces d'arts et culture, et les nombreux commerces de son cœur historique, mais ces derniers souffrent de la hausse vertigineuse des factures d'électricité. Une grande partie a déjà fermé ou peine à se renouveler. Permettre à ces acteurs économiques de bénéficier d'une électricité moins chère les aiderait à se maintenir et à se relever de la terrible crise économique qui frappe le Liban depuis 2019. Leur permettre de bénéficier d'un tarif préférentiel pour l'électricité pourrait être une façon de stimuler et soutenir les activités culturelles, artisanales et artistiques. De plus, les habitants de Bourj Hammoud pourraient voir leur pouvoir d'achat renforcé par la baisse de leur propre facture d'électricité.

D. Des synergies multiples avec les autres engagements prioritaires

La démarche de projet « Bourj Hammoud 2021-2031 » ne saurait se réduire à construire des programmes pré-opérationnels sectoriels, considérant de façon isolée « les énergies », « la renaturation », « les déchets » et « la réhabilitation du centre-historique ». L'ambition du plan stratégique est au contraire de dessiner une vision d'ensemble de l'avenir, qui croise les programmes d'intervention de chaque engagement prioritaire et crée des synergies entre eux. Car en effet comment réhabiliter le centre de Bourj Hammoud s'il n'est pas éclairé à partir de la tombée du jour ? Si les artistes, écoles d'arts, commerces et ateliers d'artisans doivent fermer leurs portes par manque d'électricité ? Comment assurer une gestion effective des déchets et le nettoyage de la chaussée si les camions de la Municipalité ne peuvent plus enlever les détritiques et nettoyer les rues en raison du coût trop élevé du gasoil ? Le développement urbain n'est pas possible sans énergie.

Réhabilitation du centre historique et production d'énergies renouvelables :

Offrir aux artistes, acteurs culturels et artisans la possibilité de s'équiper en panneaux solaires grâce à un système de microcrédits ; leur permettre en plus de bénéficier d'un tarif privilégié d'électricité dans le système mixte générateurs-ferme solaire etc. sont autant d'exemples de projets transversaux qui croisent les stratégies de revitalisation du centre-historique et de production d'énergies renouvelables.

La maintenance et de la gestion des équipements de production d'énergie (câbles, panneaux solaires) constituent une autre pierre angulaire. Les programmes visant à doter en panneaux solaires de petits propriétaires ou producteurs doivent considérer la formation de ces derniers aux actions de maintenance.

Les stratégies de revitalisation du centre-historique et de production d'énergie devront aussi être croisées au moment du choix des îlots démonstrateurs. De premiers immeubles seront choisis pour donner l'exemple de ce que peut accomplir la stratégie de revitalisation du centre. Porteront-ils des panneaux solaires sur la devanture de leurs terrasses ? Sur leur toit ?

Renaturation et gestion des eaux et production d'énergies renouvelables :

L'installation d'une ferme solaire sur le terrain de l'ancienne décharge peut aller de paire avec la renaturation de cet espace de 115 000 mètres carrés, avec des essences végétales permettant sa restauration écologique, la dépollution des sols et des eaux, et une meilleure infiltration des eaux de pluie.

Ce travail de croisement des différents engagements prioritaires sera au cœur du travail des concepteurs urbains en charge de finaliser le plan stratégique de renouvellement urbain. De premières grandes orientations sont d'ores et déjà proposées par le groupement de concepteurs, telles que la création d'un « anneau des ressources locales », qui relierait le « grand marché urbain » (artisans « historiques » du centre-ville) aux territoires économiques puis industriels du littoral. Cette boucle comporterait des espaces de production décentralisée d'énergie, de recyclage de la matière, et viserait « à tirer parti de la complémentarité possible entre usages et potentiels fonciers, en un continuum confortant la visibilité métropolitaine de la commune ». La vision d'une « Bourj Hammoud équipée » parie sur « un équilibre entre production décentralisée hyperlocale mise en réseau (les toitures individuelles) et unités plus significatives de production tirant parti des aubaines foncières. » Les services proposés aux entreprises, tant du centre que du secteur nord industriel pourront inclure la mutualisation des coûts liés aux infrastructures de production d'électricité solaire.

5. BOURJ HAMMOUD STIMULÉE

L'anneau des ressources locales

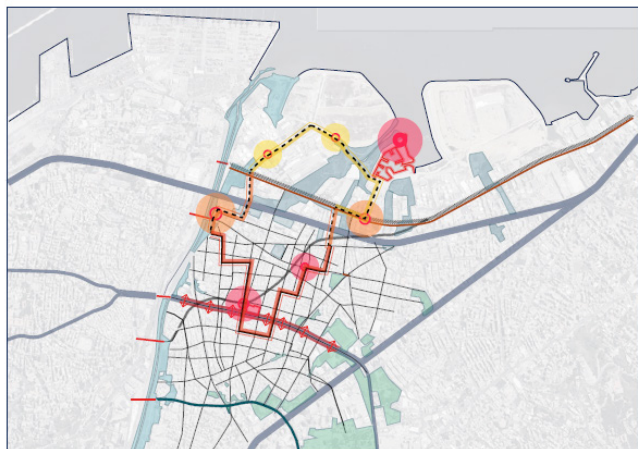





Figure 5




-  parcours historique
-  anneau des ressources locales
-  pôles d'attractivité commerciale
-  pôles d'activité industriel
-  pôles d'attractivité culturelle et artisanale

Figure 6

scénario 1

-  unité «centralisée» de production locale
-  production «pixellisée» hybride
-  microgrid

scénario 2

-  unité «centralisée» de production locale
-  production «pixellisée» hybride
-  mise en réseau petits producteurs privés et exploitants

6. BOURJ HAMMOUD ÉQUIPÉE

Une constellation des services et de l'énergie

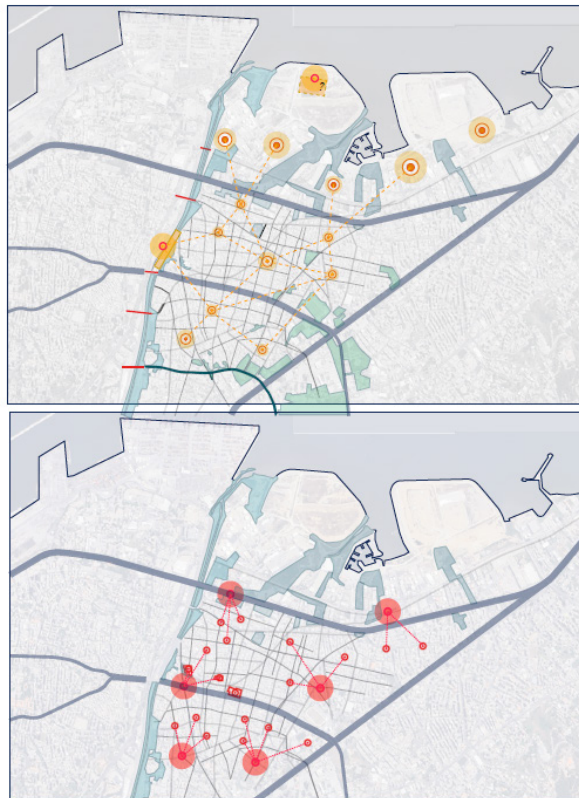


Figure 5 et 6 : Bourj Hammoud stimulée et équipée - Atelier Philippe Madec 2024

Glossaire

community net metering : projet d'énergie renouvelable dans lequel plusieurs membres de la communauté détiennent des parts dans le projet et reçoivent un crédit sur leurs factures individuelles pour la production d'électricité.

Lixiviat : liquide résiduel qui provient de la percolation de l'eau à travers un matériau (ici des déchets)

Micro-grid : micro-réseau en français, un réseau de distribution d'énergie auquel est raccordé un nombre restreint d'utilisateurs.

Phytoremédiation : Technologie utilisant le métabolisme des plantes pour accumuler, transformer, dégrader, concentrer, stabiliser ou volatiliser des polluants

Poste transformateur : élève la tension électrique en vue de la transmission de cette dernière, puis il la fait redescendre afin qu'elle puisse être consommée par les usagers

Power purchase agreement : la vente directe d'électricité est un type de contrat de vente passé entre un producteur d'électricité, souvent d'origine renouvelable, avec une personne morale qui la lui achète.

Annexe : un processus de co-construction pour une stratégie de déploiement des énergies renouvelables

Depuis 2022 et l'identification des énergies renouvelables comme priorité du plan stratégique, l'AVITEM a accompagné la Municipalité dans l'élaboration d'une stratégie de production décentralisée d'énergies renouvelables, jusqu'au montage d'un premier projet prioritaire.

Cet accompagnement de long cours de la Municipalité s'est traduit par une pluralité d'instances de co-construction :

- Des « forums ouverts » ont été coanimés par la Municipalité de Bourj Hammoud et l'AVITEM. Un premier atelier autour des grands enjeux et de premières pistes d'actions avec des acteurs de l'aide internationale ; puis des temps de concertation avec les industriels du nord de Bourj Hammoud, avec les artistes et artisans du centre ; enfin une session de concertation autour du projet de ferme solaire avec l'ensemble des propriétaires de générateurs, en juin 2023. Ils ont majoritairement exprimé leur intérêt pour s'impliquer dans un tel projet.
- Des ateliers universitaires ont mobilisé des professeurs et étudiants de l'Université Libanaise pour tester des solutions décentralisées de production d'énergies renouvelables, notamment sur les toitures des bâtiments (en prenant en compte leur vétusté), dans le cadre d'une stratégie à l'échelle de la ville.
- La collectivité française partenaire, Le Havre Seine Métropole a apporté son expertise en énergies renouvelables grâce à l'implication sur le projet de Mickaël Foirest, ingénieur, directeur Energies et maintenance des bâtiments, et de Clara Lassarat, ingénieure énergies renouvelables, qui ont participé à trois missions d'expertise à Bourj Hammoud et ont contribué au montage du projet de ferme solaire sur l'ancienne décharge. Ils continueront d'appuyer le développement d'une offre pixelisée de panneaux solaires sur les toitures des commerces, ateliers et habitations de Bourj Hammoud jusqu'à la fin du projet.

- Enfin, la visite de projets existants de production territorialisée d'électricité solaire au Liban : la ferme solaire qui alimente entièrement le village de 200 habitants de Bchaaleh dans le Mont Liban ; la ville de Zahlé où est à l'œuvre un système de production-distribution d'électricité indépendant d'EDL. Enfin, la visite de l'usine de méthanisation de Saida a permis de conforter que cette technologie n'est pas à court terme une solution viable à Bourj Hammoud : les déchets organiques n'étant pas triés à la source, leur transformation en électricité via le digesteur est beaucoup plus compliquée et les déchets s'accumulent sans pouvoir être valorisés. Le tri des déchets organiques et verts est un préalable indispensable.

Conception éditoriale : Eden Danand

Rédaction : Marianne Martin, Amine Benaïssa, Christiane Sfeir, Eden Danand

Conception graphique : Eden Danand

Impression : 2024

