



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

Ministère de la Mobilité
et des Travaux publics

Administration des bâtiments publics

Stratégie d'assainissement énergétique du patrimoine de l'Etat

Addendum 2019



Table des matières

1.	Introduction	4
1.1	Etat des lieux sur le patrimoine bâti de l'Etat.....	6
1.2	Etat des lieux sur les consommations d'énergie de l'Etat	9
1.2.1	Consommation d'énergie calorifique	9
1.2.2	Consommation d'énergie électrique	9
1.2.3	Production d'énergie électrique	9
2.	Stratégie	11
2.1	Identification du potentiel.....	11
2.2	Catégorisation du potentiel	13
3.	Outils d'évaluation et mesures d'économie d'énergie	14
3.1	Certificats de performance énergétique (CPE)	14
3.2	Monitoring	15
3.3	Energy performance contracting (EPC).....	17
3.4	Etude sur l'isolation thermique intérieure	17
4.	Réglementation en vigueur et Directive européenne concernant l'efficacité énergétique (3%)	19
5.	Assainissements réalisés, en cours et projetés.....	20
5.1	Bâtiments à vocation éducative	20
5.2	Bâtiments administratifs.....	22
5.3	Logements.....	24
5.4	Autres fonctions.....	25
5.5	Etat d'avancement.....	26
6.	Budget	27
7.	Exemples de réalisations.....	29
7.1.	Athénée de Luxembourg	29
7.2.	Lycée Hubert Clément à Esch-sur-Alzette.....	31
7.3.	Hall sportif et piscine du Lycée technique Ettelbruck	32
7.4.	Institut national des langues à Luxembourg.....	33



7.5.	Administration de la nature et des forêts à Diekirch.....	34
7.6.	Maisons d'enfants de l'Etat à Schiffflange	36
8.	Conclusion	38



1. Introduction

Le Gouvernement luxembourgeois s'est résolu dans son accord de coalition à tout mettre en œuvre pour respecter l'accord de Paris, qui a été adopté à l'unanimité le 12 décembre 2015 et qui constitue le fondement de l'action climatique au niveau mondial pour limiter le réchauffement global à 1,5°C.

D'après le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, les contributions actuelles sont insuffisantes et pointent vers un réchauffement global de 2°C dès 2060. Seul avec une action rapide, déterminée et conséquente dans tous les domaines, les objectifs de l'accord de Paris pourront encore être respectés.

L'Union européenne a pris l'engagement politique de revoir à la hausse sa contribution à l'accord de Paris afin d'aller au-delà des objectifs fixés par le cadre législatif en place et de diminuer les émissions de gaz à effet de serre nettes vers nulle en 2050. Dans ce cadre, chaque Etat membre devra se doter d'objectifs nationaux en matière d'énergies renouvelables, d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030, illustrés dans un plan national intégré en matière d'énergie et de climat pour la période 2021-2030.

Le projet de plan national du Luxembourg se fonde sur l'amélioration de l'efficacité énergétique et la promotion des sources d'énergies renouvelables en visant une réduction de 50% à 55% en 2030 par rapport à 2005. Le potentiel en cette matière est considérable et envisage des offensives dans les domaines de l'électromobilité, de l'efficacité des bâtiments fonctionnels, du photovoltaïque et de la géothermie.

Concernant l'efficacité énergétique des bâtiments fonctionnels, l'Administration des bâtiments publics (ci-après dénommée ABP) avait présenté en 2014 une stratégie d'assainissement énergétique pour le secteur du patrimoine bâti de l'Etat.

Les grands principes de ladite stratégie étant toujours valables et inchangés depuis, le présent document représente un addendum au document du 17 septembre 2014, reprenant que des modifications, respectivement des innovations et reflétant le sujet de l'assainissement énergétique du patrimoine bâti de nos jours.

Les nouvelles constructions sont entretemps réalisées avec des consommations d'énergie fossile très faibles, en attendant la transposition en règlement national de la directive 2010/31/UE du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments, qui définira le niveau du NZEB – nearly zero energy building devant au futur être respecté par le secteur public en premier lieu.

Pour aller même au-delà, l'ABP a réalisé 2 projets-pilotes pour la réalisation de bâtiments neufs à énergie positive, ainsi qu'une rénovation d'un bâtiment existant, qui après l'assainissement produit plus d'énergie qu'il n'en consomme tout en tenant compte de l'énergie grise.



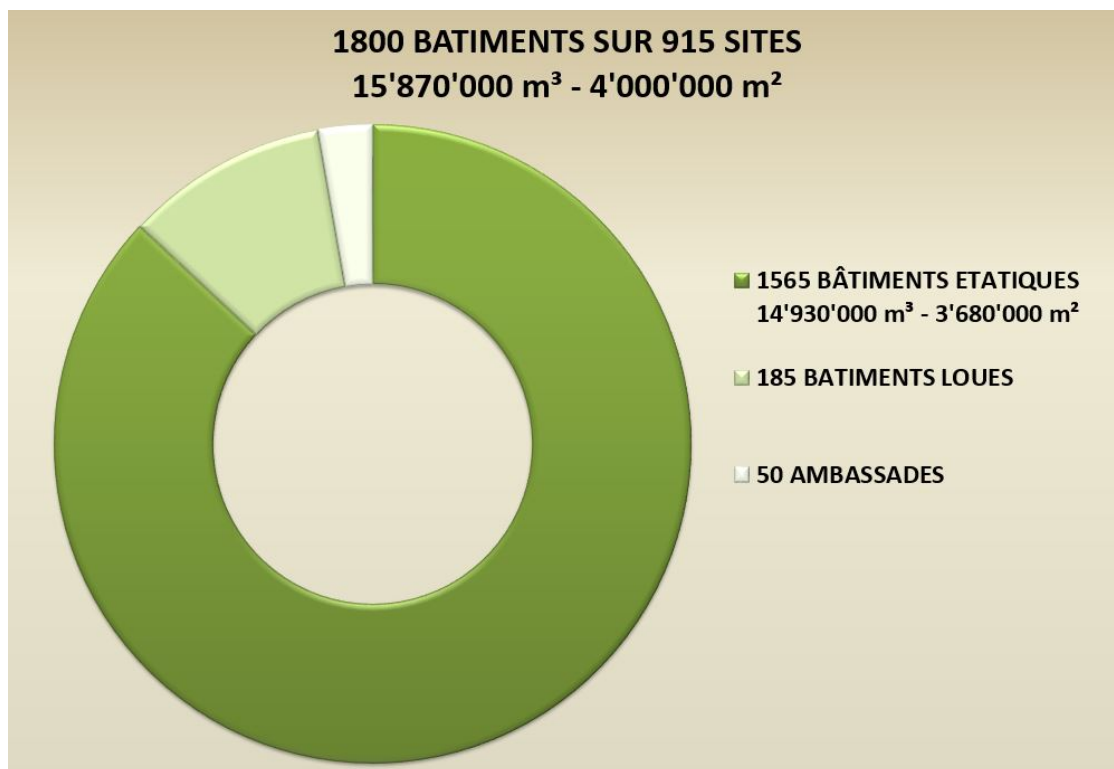
De ces 3 projets, le bâtiment de l'Administration de la nature et des forêts à Diekirch a été mis en service en juillet 2015, la Maison d'enfants de l'Etat sise rue des Fleurs à Schiffange a été inaugurée en 2018 et le Lycée technique pour professions de santé à Ettelbruck est en service depuis la rentrée scolaire 2019/2020. Des premières expériences et valeurs de performance réelles peuvent être tirées pour les 2 bâtiments occupés et seront reprises dans les exemples à la fin de ce document.

Le Conseil de gouvernement a décidé qu'à partir de 2018 toutes les nouvelles voitures doivent être en principe des voitures électriques ou des voitures plug-in hybrides pour réduire l'empreinte carbone du parc automobile. Suite à cette décision, l'ABP installe, au fur et à mesure que les voitures sont achetées, des bornes électriques à charge accélérée avec une puissance de 22kW dans tous les bâtiments où des voitures de service de l'Etat sont stationnées. Ces bornes sont intégrées dans le système de gestion national « Chargy ».

Afin de pouvoir dresser une vue actualisée sur l'état d'avancement de l'assainissement énergétique par rapport à l'année 2014, il est nécessaire d'actualiser d'abord l'inventaire du parc immobilier, étant donné que ce dernier évolue constamment. S'y ajoutent des bâtiments nouvellement construits ou bien acquis par l'Etat, et la collecte de données relative à l'inventorisation s'améliore en permanence.



1.1 Etat des lieux sur le patrimoine bâti de l'Etat

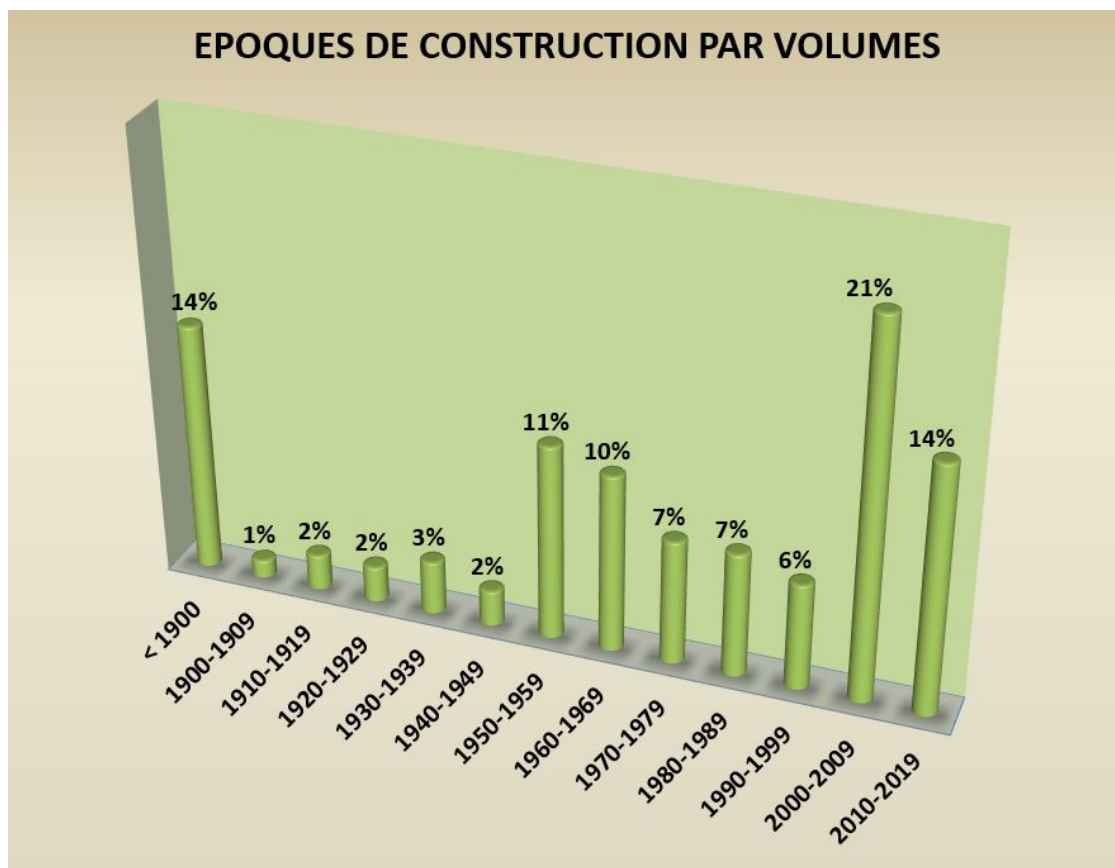


Les bâtiments se trouvant sous la gestion de l'ABP se composent de quelque 1800 bâtiments, répartis sur environ 915 sites et représentent un volume bâti de quelque 15,9 millions de m³.

Environ 185 de ces édifices sont occupés par des services étatiques en qualité de locataire et ne sont donc pas à considérer, puisque les travaux d'assainissement, si besoin est, sont à charge du propriétaire. Ceci ramène ainsi le patrimoine bâti de l'Etat à quelque 1615 bâtiments.

Par ailleurs, il est à noter que l'Etat luxembourgeois est propriétaire, respectivement locataire d'environ 50 immeubles qui ne se situent pas sur le territoire du Grand-Duché (ambassades et représentations permanentes), portant donc le patrimoine proprement dit à 1565 bâtiments, représentant un volume d'environ 14,9 millions de m³, soit 3,7 millions de m² de surface brute de plancher.

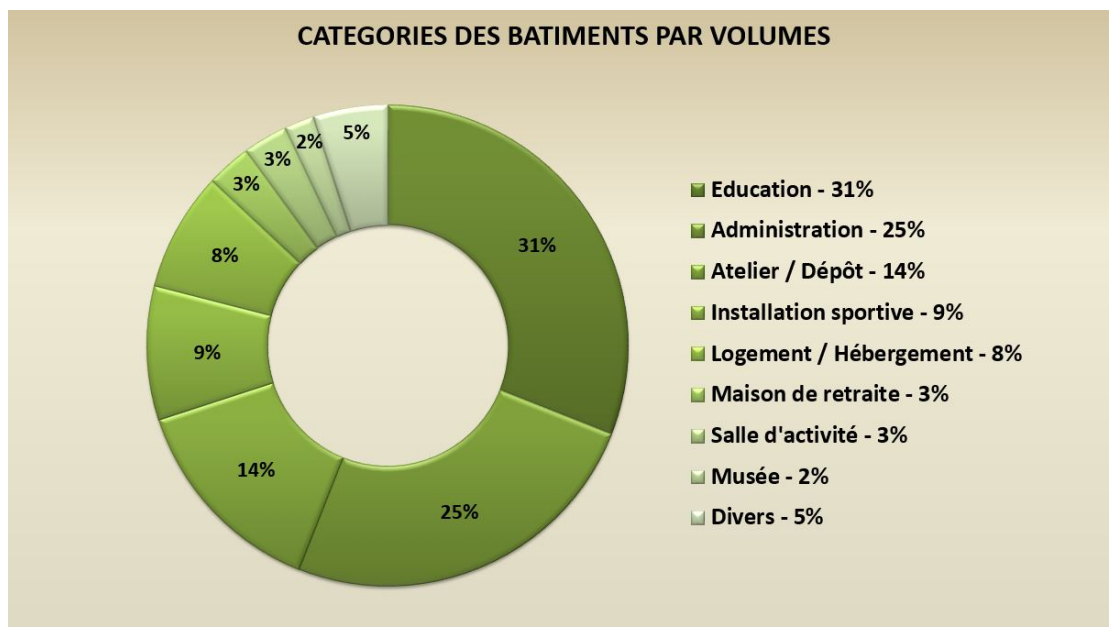
Reste à noter que suite à la décision gouvernementale de 2014 de supprimer les logements de services de l'Etat et de les mettre à disposition d'associations sans but lucratif ou fondations œuvrant dans le domaine du logement, quelque 145 bâtiments sont entretemps conventionnés avec la Fondation pour l'accès au logement et la Société de la Croix-Rouge luxembourgeoise. La convention de mise à disposition desdits logements confère la gestion complète aux associations dont question.



En gros, la répartition des bâtiments publics selon leurs époques de construction se présente de la façon suivante :

- environ 24% des constructions ont été édifiées avant 1950
- environ 41% des bâtiments publics ont été construits entre 1950 et 2000
- environ 35% des immeubles étatiques ont été érigés après 2000

Outre l'époque de construction des bâtiments, il est important de pouvoir se faire une image précise de la répartition du patrimoine par fonction. Cette dernière définit certains aspects en commun de catégories de bâtiments et permet ainsi de les regrouper par concepts-clés.



Il ressort de la catégorisation par fonction du patrimoine bâti de l'Etat, que les immeubles à vocation éducative représentent environ un tiers de l'ensemble du volume bâti du patrimoine et représentent ainsi la catégorie la plus importante.

Suivent les bâtiments ayant une fonction administrative, avec environ un quart de l'ensemble du patrimoine, les ateliers/dépôts avec environ 14%, les installations sportives avec environ 9% et la catégorie logement/hébergement avec environ 8%.

Les autres fonctions ne représentent chacune que quelques pourcents. La catégorie « divers » regroupe toutes les fonctions représentant en soi moins de 1% du volume bâti total.

Il en résulte que 5 catégories principales (éducation, administrations, ateliers, installations sportives, logements) prédominent et représentent environ 87% du volume bâti du patrimoine.



1.2 Etat des lieux sur les consommations d'énergie de l'État

1.2.1 Consommation d'énergie calorifique

Comme les frais de l'énergie sont le plus souvent à charge de l'utilisateur, la consommation totale du patrimoine étatique n'est à ce jour pas connue.

Pourtant, les certificats de performance énergétique (CPE), établis pour les bâtiments existants à base des consommations réelles mesurées, peuvent servir à la détermination de la consommation moyenne de l'ensemble des bâtiments. Ainsi, la consommation de chaleur finale de l'ensemble du patrimoine peut être estimée à quelque 484 GWh/a.

1.2.2 Consommation d'énergie électrique

En utilisant la même méthode de calcul que pour l'énergie calorifique décrite ci-dessus, la consommation annuelle globale du patrimoine en énergie électrique peut être estimée à 220 GWh.

Tous les trois ans, l'ABP organise des procédures ouvertes pour l'acquisition de l'énergie électrique verte pour les bâtiments à haute consommation. Les dernières procédures ouvertes portant sur les années 2019, 2020 et 2021 représentent un volume annuel total de 93,5 GWh.

La fourniture d'énergie électrique est à 100% renouvelable, avec les exigences minimales comme suit :

- 50% provenant de centrales hydrauliques qui ne peuvent pas avoir plus que 15 ans
- 25% provenant de l'énergie éolienne
- 7% provenant de sources de biomasse
- 0,5% provenant de l'énergie solaire

Le total des exigences minimales est inférieur à 100% afin de laisser une certaine flexibilité aux fournisseurs, mais la totalité des fournitures doit provenir des sources citées.

Le taux de l'énergie solaire est volontairement très bas, dû au fait qu'il n'existe que très peu d'énergie solaire non-subventionnée sur le marché. En fait, la grande majorité des installations photovoltaïques profitent de diverses subventions et ne sont, par conséquent, pas éligibles à ces marchés.

1.2.3 Production d'énergie électrique

À l'heure actuelle, 26 installations photovoltaïques sont en service, la puissance crête totale s'élevant à 3'538 kWc, pour donner une production annuelle d'environ 3,2 GWh.

Actuellement, 35 installations supplémentaires, d'une puissance totale de quelque 11'000 kWc, sont en construction ou en planification.



Le tableau ci-dessous illustre l'évolution de l'énergie solaire du patrimoine :

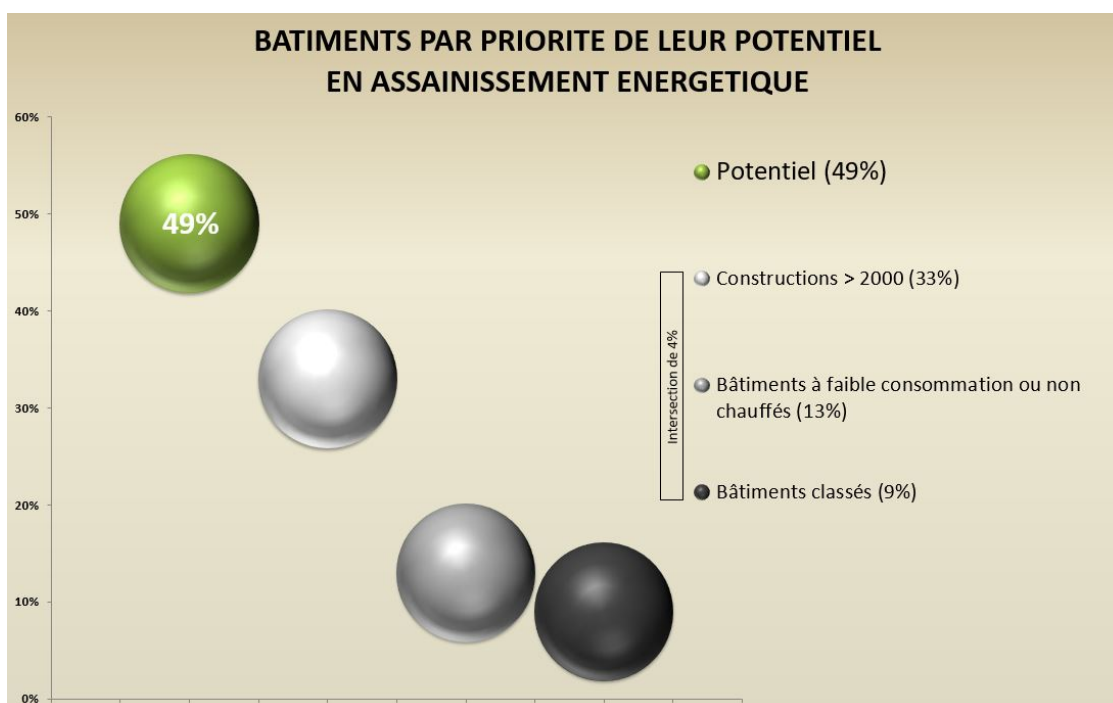
	Puissance estimée kW	Production annuelle estimée kWh/a	Production comparée à la consommation totale	Nombre des installations	Réduction des émissions CO2 t/a	Équivalence à nombre de ménages
Production annuelle des installations en service	3.538	3.184.200	1,4%	26	2.073	796
Production annuelle cumulée après 2022	14.433	12.989.700	6%	61	8.456	3.247
Production annuelle cumulée après 2025	22.519	20.267.100	9%	99	13.194	5.067



2. Stratégie

Le patrimoine de l'Etat ayant été décrit dans le chapitre précédent, il convient maintenant d'en tirer une évaluation afin de pouvoir déterminer la **part du patrimoine bâti sur laquelle il serait opportun de concentrer des mesures d'assainissement** énergétique et d'en identifier les priorités d'intervention.

2.1 Identification du potentiel



Note : Les pourcentages ne peuvent être considérés comme absolu vu une intersection de 4% dans les 3 catégories exclues du potentiel.

Le graphique ci-dessus représente le même ensemble de bâtiments à assainir que celui du document de 2014 et ne déduit pas les assainissements réalisés des 4 dernières années. L'état d'avancement de l'assainissement de 2014 jusqu'à aujourd'hui est représenté au chapitre 5.

Les immeubles étatiques **construits depuis 2000**, représentant 33% du volume bâti du patrimoine, ne nécessitent en principe pas de mesures d'assainissement. En effet, ces dernières ont été réalisées en appliquant des concepts de durabilité et d'efficacité énergétique dès leur planification. Certes, tout bâtiment pourrait être amélioré et optimisé en vue de l'évolution rapide des matériaux de construction et des installations techniques. Pourtant, l'économie en consommation énergétique serait assez faible et hors relation avec les investissements



nécessaires. Il est donc évident que ces bâtisses ne sont pas considérées dans le potentiel pour des mesures d'assainissement.

Certains types de bâtiments, bien que construits avant 2000, ne présentent que peu ou pas de potentiel d'assainissement énergétique. Il s'agit notamment de **bâtiments non-chauffés, respectivement chauffés à des températures basses ou encore non chauffés en continuité** parce qu'ils ne sont pas occupés à plein temps. Ces 13% du patrimoine (p. ex. les ateliers et dépôts de l'Administration des ponts et chaussées), présentent peu de potentiel d'économie énergétique et ne sont pas traités prioritairement dans l'optique d'une stratégie active d'assainissement.

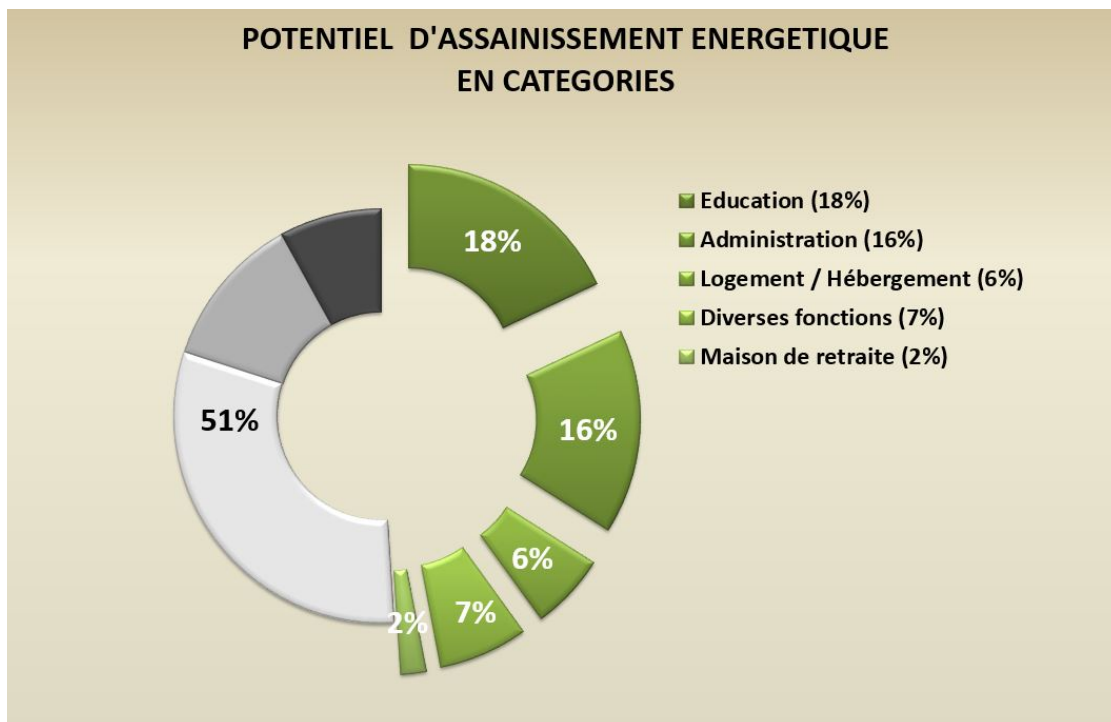
En vue de l'identification de bâtiments potentiellement assainissables, il est nécessaire de mentionner la catégorie des **bâtiments classés**. Bien que seulement 9% du patrimoine soient classés « Monument national » ou listés à l'inventaire supplémentaire suivant la loi du 18 juillet 1983 concernant la conservation et la protection des sites et monuments nationaux, bon nombre d'ouvrages doivent être considérés comme patrimoine historique et sensible. Il va de soi que ces derniers sont plus difficiles à traiter vu les contraintes architecturales et constructives de ces édifices. En outre, il est à noter que les économies pouvant être réalisées ne seraient dans la majorité des cas, pas en relation avec l'investissement relatif aux mesures d'assainissement. Toutefois, en cas de travaux de rénovation, nécessairement réalisés sur ce type de bâtiments, l'ABP veille à incorporer des mesures d'assainissement dans la mesure du possible, et ce en étroite collaboration avec le Service des sites et monuments nationaux (p.ex. l'Institut national des langues, l'Athénée de Luxembourg, le Palais de justice à Diekirch).

Pour conclure, le patrimoine bâti de l'Etat présentant le plus grand potentiel en termes d'assainissement énergétique a été affiné à 49%, bâtiments auxquels il est opportun d'appliquer une **stratégie active d'assainissement énergétique**.

A ne pas oublier que tout autre projet est déjà, depuis quelques années, toujours accompagné de mesures d'assainissement énergétique non négligeables, en tant que **stratégie réactive d'assainissement énergétique**.



2.2 Catégorisation du potentiel



Maintenant qu'il a été identifié quelle part du patrimoine montre un éventuel potentiel d'assainissement, il convient de catégoriser ces 49% et de définir des priorités d'intervention.

Les bâtiments à **vocation éducative et administrative** représentant à eux seuls presque trois quart du patrimoine potentiellement assainissable, en raison de leurs surfaces et volumes très importants, ont été définis comme première priorité en vue d'une stratégie active d'assainissement énergétique.

Les **logements**, quant à eux, bien que représentant un pourcentage non négligeable du patrimoine identifié, ne présentent que peu d'intérêt particulier en ce qui concerne un assainissement énergétique en raison de leurs surfaces restreintes et donc du faible potentiel d'économies pouvant y être réalisé. Bien entendu, l'ABP veille à intégrer des mesures d'assainissement lorsque des travaux sont réalisés dans quelque bâtiment que ce soit.



3. Outils d'évaluation et mesures d'économie d'énergie

3.1 Certificats de performance énergétique (CPE)

	TOTAL A ETABLIR	ETABLI	EN COURS	A ETABLIR
CPE / PRIORITE 1	143	141	2	0
CPE / PRIORITE 2	83	80	3	0
CPE / PRIORITE 3	125	109	5	11
TOTAL	351	330	10	11

Jusqu'à ce jour, 330 CPE des priorités 1 à 3 ont été réalisés, 10 sont en commande et devraient être disponibles très prochainement. Les CPE étant calculés sur base de la consommation réelle des 3 dernières années, le rassemblement des données nécessaires s'avère souvent difficile et retarde l'établissement des documents définitifs. Les CPE sont envoyés aux responsables des bâtiments concernés et sont à afficher visiblement au public, conformément au règlement grand-ducal.

Du point de vue de l'efficacité énergétique de l'isolation thermique, les résultats des CPE mesurés sont répartis comme suit :

- Indice de consommation de chaleur en-dessous de 70%
75 bâtiments avec une surface conditionnée de 385'204 m²
- Indice de consommation de chaleur entre 70% et 100%
101 bâtiments avec une surface conditionnée de 394'927 m²
- Indice de consommation de chaleur entre 100% et 140%
106 bâtiments avec une surface conditionnée de 357'915 m²
- Indice de consommation de chaleur au-dessus de 140%
54 bâtiments avec une surface conditionnée de 215'292 m²

Du point de vue de l'efficacité énergétique de la consommation d'énergie électrique, les résultats des CPE mesurés sont répartis comme suit :

- Indice de consommation d'énergie électrique en-dessous de 70%
65 bâtiments avec une surface conditionnée de 220'615 m²
- Indice de consommation d'énergie électrique entre 70% et 100%
107 bâtiments avec une surface conditionnée de 436'303 m²



- Indice de consommation d'énergie électrique entre 100% et 140%
100 bâtiments avec une surface conditionnée de 404'332 m²
- Indice de consommation d'énergie électrique au-dessus de 140%
65 bâtiments avec une surface conditionnée de 292'312 m²

Vu le transfert de gestion des anciens logements de services vers des associations sans but lucratif œuvrant dans le domaine du logement, 282 CPE d'habitation supplémentaires ont été établis afin que ces maisons puissent être louées à des tiers.

Les résultats des CPE permettent de donner un premier aperçu de la performance énergétique des bâtiments et sont utilisés avant tout pour comparer des bâtiments d'un même type. Bien qu'un benchmark sommaire des bâtiments puisse être établi à l'aide des CPE, l'identification des points faibles d'un immeuble nécessite des données de consommation plus précises. Pour cette raison, il a été décidé de mettre en place un système de monitoring énergétique pour les plus grands consommateurs du patrimoine.

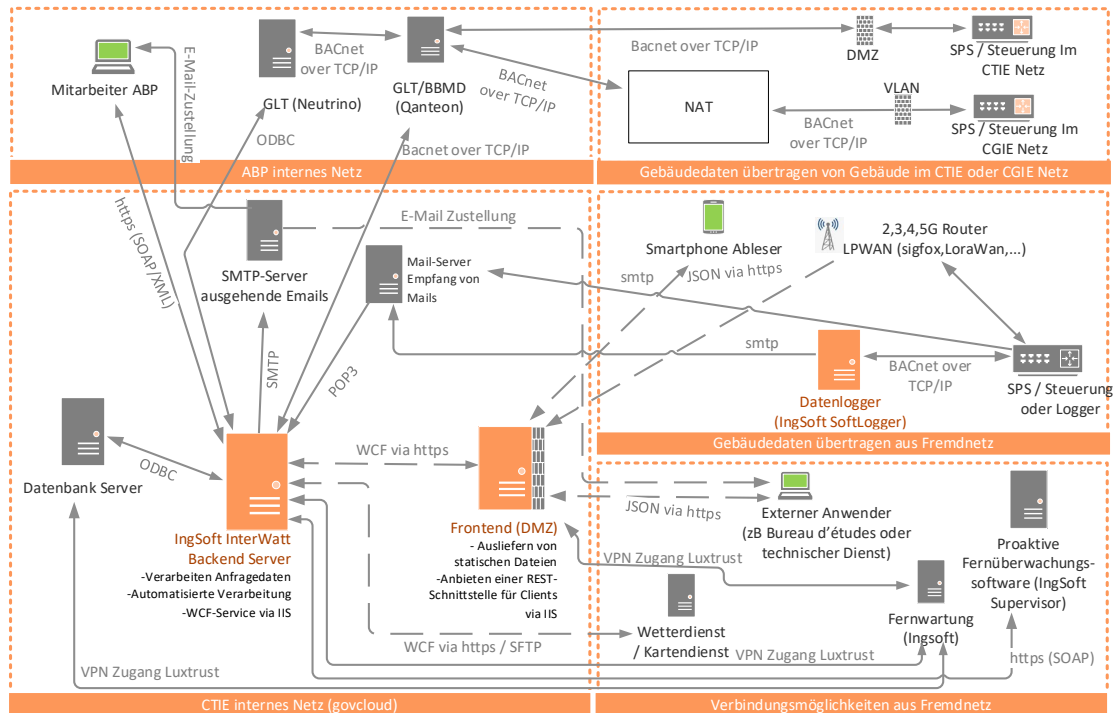
3.2 Monitoring

Le monitoring en temps réel est une **surveillance automatisée des consommations** énergétiques de bâtiments et permet :

- d'identifier les immeubles les moins performants du parc immobilier
- d'optimiser les régulations et la conduite des installations techniques existantes
- de détecter des croissances non motivées de la consommation et d'en avertir les responsables des bâtiments afin de pouvoir réagir au plus vite aux problèmes techniques touchant à la consommation

Dans ce contexte, l'ABP vient d'acquérir un logiciel servant à visualiser, à rassembler et à enregistrer les données de consommation des bâtiments. Lors de la procédure de sélection du logiciel le mieux adapté à nos besoins, plus de 200 logiciels ont été analysés sommairement en collaboration avec un bureau d'ingénieurs externe. Cette analyse a engendré une présélection de 15 logiciels potentiels, dont 3 ont finalement été choisis pour les négociations du marché en question.

La priorité du projet réside actuellement dans l'établissement des différents moyens de communication avec les bâtiments à surveiller. Il s'est avéré que la structure informatique de l'État, avec les besoins accrus de sécurité et de firewalls performantes, augmente considérablement la complexité des transferts de données à réaliser. Le schéma ci-dessous donne un bref aperçu des chemins de communication à établir.



Dans les six à dix années à venir, quelque 170 bâtiments, répartis sur plus que 50 sites différents et ayant une surface conditionnée supérieure à 10'000 m² par site, vont être équipés de compteurs de chaleur, d'électricité et d'eau afin de permettre une surveillance en temps réel des consommations et de réduire les surconsommations issues de régulations non optimisées.

La comparaison des consommations de bâtiments similaires va permettre d'établir un « benchmarking » et d'identifier les bâtiments prioritaires pour une optimisation des installations techniques, voire un assainissement complet. Les occupants des bâtiments auront accès aux données recueillies et pourront ainsi améliorer la conduite des installations techniques.

Après l'installation de compteurs énergétiques dans un bâtiment, une évaluation ainsi qu'une analyse des données de consommation enregistrées permet l'identification de faiblesses éventuelles dans la conduite des installations techniques. Si besoin, il faudra même investir dans l'optimisation des installations et les modifier.

Le coût annuel des consommations énergétiques des bâtiments sélectionnés est de l'ordre de EUR 11 millions. Une réduction des consommations de 15%, ordre de grandeur fixé comme objectif du projet, produira donc une économie budgétaire d'environ EUR 1,7 millions par an. La réduction des émissions de CO₂ est estimée à quelque 7'500 t par an, alors que le coût estimé pour l'installation de 2000 compteurs est de l'ordre de EUR 10 millions.



À partir du moment qu'un bâtiment a été optimisé et qu'on est sûr du bon fonctionnement et du parfait réglage des installations techniques, la surveillance en continu des consommations permet de détecter toute surconsommation et assure que les performances optimales soient maintenues à long terme.

3.3 Energy performance contracting (EPC)

Malgré les contraintes et défis importants décrits dans la stratégie de 2014, l'ABP avait lancé deux projets pilotes dans ce contexte, sans pour autant avoir abouti à un résultat répondant aux attentes.

Le premier projet pilote, à savoir le site de la Cité judiciaire à Luxembourg, a montré que les équipements techniques des bâtiments étaient d'une efficacité énergétique excellente, de sorte que les économies garanties par le partenaire étaient minimales, voire de l'ordre de 7%. La majorité de ces économies projetées auraient été réalisées par l'installation d'une nouvelle pompe à chaleur. Le contrat de fourniture de chaleur et de froid par chauffage urbain exclue par contre expressément la mise en place de nouvelles installations de production de chaleur ou de froid. Le restant des économies garanties de l'ordre de 3% ne justifie pas les efforts budgétaires et personnels nécessaires à un tel projet.

Le Musée d'Art Moderne Grand-Duc Jean, le deuxième projet pilote, a profité d'une analyse préliminaire pour déterminer si le bâtiment serait adapté à une formule d'EPC. Des économies considérables et réalisables ont été détectées, mais une simple confrontation de l'entreprise exploitant les installations techniques avec les résultats de ladite analyse a déjà conduit à une optimisation et régulation des installations de sorte que l'EPC n'était plus nécessaire.

En vue des expériences faites avec ce concept, il a été décidé de ne plus suivre cette piste mal adaptée au patrimoine bâti luxembourgeois.

3.4 Etude sur l'isolation thermique intérieure

La volonté politique de réaliser des économies au niveau de la consommation d'énergie fossile et de réduire les émissions de gaz à effet de serre se manifeste actuellement surtout dans les efforts réalisés au niveau des exigences de l'efficacité énergétique des nouvelles constructions de bâtiments. Il est pourtant évident que la consommation globale du secteur immobilier ne peut être réduite qu'en promouvant davantage l'assainissement énergétique efficace du parc immobilier existant.

Le patrimoine luxembourgeois comprend pour une grande partie des bâtiments d'un intérêt architectural particulier, des bâtiments classés et des bâtiments situés en zones protégées. Fréquemment, le seul moyen d'améliorer la performance énergétique des façades de tels immeubles est la réalisation d'une isolation thermique à l'intérieur du bâtiment afin de préserver l'aspect extérieur. Or, la mise en œuvre d'une isolation intérieure est une opération complexe et exigeante, aussi bien en ce qui concerne la phase des études que la phase d'exécution. Des



négligences commises à ces deux niveaux peuvent, surtout à moyen et long terme, occasionner des dégâts importants à la structure des bâtiments.

Bien qu'un certain nombre d'études et de projets pilotes aient été réalisés en Europe pendant les dernières deux décennies, force est de constater qu'un manque d'expertise et d'expérience de la part des architectes, bureaux d'études et entreprises pour initier des projets d'isolation intérieure, persévère au Luxembourg. Cette déficience est également due au fait que les informations y relatives sont dispersées et pas toujours disponibles de manière coordonnée.

Dans ce contexte, et afin de rassembler et d'élargir les connaissances en la matière, l'ABP a lancé une étude à ce sujet en collaboration avec l'Université du Luxembourg. Dans le cadre d'un doctorat sur trois ou quatre ans, l'expérience du personnel de l'administration, des architectes locaux et d'autres experts pourront progresser de façon efficace et importante afin de réaliser des projets d'isolation intérieure de manière plus soutenue en vue d'obtenir des résultats convaincants et illustratifs.

Une première phase de l'étude se base sur la recherche des projets déjà réalisés et des études publiées correspondantes. Le but de cette étape est la rédaction d'un guide reprenant les critères nécessaires à la bonne réalisation d'une isolation intérieure et l'élaboration d'une arborescence d'évaluation des risques de tels projets. Ces documents constitueront des outils très utiles.

Une deuxième phase représente le côté pratique et l'aspect de recherche appliquée du doctorat. Des projets déjà réalisés ou en exécution font l'objet d'une campagne de mesurages appropriée afin de valider les conclusions inventoriées dans la première phase. Dans ce contexte, une salle de réunion bien exposée du siège de l'ABP vient d'être isolée à l'intérieur en utilisant quatre isolants différents et en installant des équipements de mesurage de température et d'humidité dans les murs eux-mêmes. Les isolants pourront ainsi être comparés après une campagne de mesures à long terme de deux ans, ce qui permettra d'évaluer le risque de dégâts causés par la condensation des vapeurs d'eau au sein des murs isolés après le passage de plusieurs saisons.

Des projets supplémentaires vont être lancés par l'ABP et accompagnés par l'Université de Luxembourg.



4. Réglementation en vigueur et Directive européenne concernant l'efficacité énergétique (3%)

La définition exacte d'un bâtiment NZEB (nearly zero energy building), qui, selon la directive 2010/31/UE du 19 mai 2010, est de la responsabilité de chaque état membre n'est actuellement pas encore transposée en législation nationale luxembourgeoise.

Concernant la directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique, qui exige des états membres d'atteindre un taux de rénovation de 3% par an des surfaces des bâtiments appartenant et occupés par le gouvernement central, actuellement, une surface nette utile de 23'000 m² est projetée d'être assainie jusqu'en 2020. Le calcul de la surface, initialement brute, a été modifié sur demande de la Commission européenne, ce qui fait que le Luxembourg sera obligé d'assainir 15'750 m² de surface nette entre 2014 et 2020. En conséquence, l'objectif fixé dans la directive sera dépassé de plus de 7'000 m², représentant un résultat de 144%.

Surface nette totale des bâtiments occupés actuellement par l'État central	126'250 m ²
Surface nette des bâtiments repris sur l'inventaire à assainir	67'750 m ²
Surface nette des bâtiments à assainir de 2014 à 2020	15'750 m ²
Surface nette des bâtiments déjà assainis fin 2018	18'900 m ²
Surface nette prévue à être assainie jusqu'à 2020	23'000 m ²

L'inventaire des bâtiments à assainir est un document public et peut être consulté en ligne :

<https://travaux.public.lu/fr/publications.html>



5. Assainissements réalisés, en cours et projetés

5.1 Bâtiments à vocation éducative

EDUCATION	ACHEVE 937 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">• Lycée technique pour professions de santé à Bascharage• Lycée classique de Diekirch• Lycée technique Mathias Adam - annexe Jenker à Differdange• Lycée Nic Biever à Dudelange• Lycée classique d'Echternach - annexe aile Gendarmerie• Ecole internationale (Lycée Victor Hugo) à Esch-sur-Alzette• Lycée Hubert Clément à Esch-sur-Alzette• Lycée technique d'Ettelbruck - conteneurs• Lycée technique d'Ettelbruck - hall des sports• Maacher Lycée• Athénée de Luxembourg• Institut national des langues à Luxembourg• Lycée Michel Lucius à Luxembourg - Bloc 2000• Centre de Logopédie à Luxembourg
	EN EXECUTION 353 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">• Lycée Michel Rodange à Luxembourg• Lycée Michel Rodange à Luxembourg - hall sportif• Lycée de garçons à Luxembourg - hall sportif• Lycée Robert Schuman à Luxembourg• Lycée classique de Diekirch - Annexe Mersch
	EN ETUDE 581 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">• Complexe sportif à Diekirch• Ecole d'hôtellerie et de tourisme du Luxembourg à Diekirch• Lycée de garçons à Esch-sur-Alzette• Lycée Guillaume Kroll à Esch-sur-Alzette - ateliers• Lycée technique d'Ettelbruck• Lycée technique agricole à Ettelbruck• Edupôle - Château de Walferdange• Athénée de Luxembourg - hall sportif• Ecole de commerce et de gestion à Luxembourg• Ecole de commerce et de gestion à Luxembourg - hall sportif• Lycée des arts et métiers à Luxembourg
	POTENTIEL 868 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">• Centre pour le développement intellectuel à Clervaux• Lycée classique de Diekirch - nouveau bâtiment• Lycée classique d'Echternach• Centre national de formation professionnelle à Esch-sur-Alzette• Centre national de formation professionnelle à Ettelbruck• Edupôle Walferdange• Ecole européenne Luxembourg I• Lycée technique de Bonnevoie• Université du Luxembourg - Campus Limpertsberg• Grand séminaire de Luxembourg• Centre pour le développement moteur Strassen• ...

Les **bâtiments à vocation éducative (18%)** identifiés en tant que potentiellement assainissables, représentent 2'740'000 m³. De ce volume, presque 2'000'000 m³ sont déjà pris en compte au sujet d'un assainissement énergétique, qu'il soit achevé, actuellement en exécution ou bien en phase d'étude.

Le peu de potentiel non énuméré dans la liste ci-avant représente quelques petites structures du secteur de l'éducation, respectivement des bâtiments dont le futur est actuellement non



défini, comme le Lycée Michel Lucius, l'ancien Lycée Vauban et le Lycée technique du Centre à Luxembourg-Limpertsberg.

L'exemple du Campus Geesseknaeppchen reste très parlant pour décrire que l'état d'avancement des assainissements énergétiques est souvent lié à diverses contraintes. La structure tampon qui a été installée sur le site afin de reloger les élèves dans le cadre de la réhabilitation de l'Athénée de Luxembourg et conçue pour servir ultérieurement aux autres bâtiments du campus qui subiront une rénovation substantielle, est actuellement occupé par le Lycée Michel Rodange. Les études y relatives ont été lancées au moment opportun, compte tenu de l'avancement de la rénovation de l'Athénée. De même, un diagnostic du bâtiment de l'Ecole de commerce et de gestion a été entamé récemment en vue d'une décision pour un assainissement ou une nouvelle construction.



5.2 Bâtiments administratifs

ADMINISTRATIONS	ACHEVE 370 000 m²	<ul style="list-style-type: none">▪ Bâtiment administratif à Capellen▪ Administration de la nature et des forêts à Diekirch▪ Palais de Justice à Diekirch▪ Ministère de l'Education nationale, de l'Enfance et de la Jeunesse à Luxembourg▪ Police grand-ducale à Verlorenkost - Curie▪ Administration des bâtiments publics à Luxembourg▪ Bâtiment Tour "Alcide de Gasperi" Kirchberg▪ Chambre des Députés à Luxembourg - îlot Printz▪ Cour des comptes à Luxembourg▪ Ministère d'Etat - Hôtel St. Maximin▪ Centre des technologies de l'information de l'Etat, rue Notre-Dame à Luxembourg▪ Ministère des Affaires étrangères et européennes à Luxembourg▪ Bâtiment Sainte-Sophie à Luxembourg▪ Rotonde 1▪ Maison Robert Schuman à Luxembourg▪ Administration de la nature et des forêts à Marscherwald▪ Bâtiment administratif à Mersch▪ Centre national de littérature à Mersch▪ Ecole nationale du service incendie et de sauvetage à Niederfeulen▪ Administration des douanes et accises - Stand de tir à Rumelange▪ Château Schoenfels - phase 1▪ Police grand-ducale à Steinfort▪ Police grand-ducale à Strassen▪ Camp militaire Waldhof
	EN EXECUTION 108 000 m²	<ul style="list-style-type: none">▪ Administration de la gestion de l'eau à Capellen - nouvelle construction▪ Administration des ponts et chaussées à Echternach - nouvelle construction▪ Centre des technologies de l'information de l'Etat à Leudelange - nouvelle construction▪ Ministère des Finances à Luxembourg▪ Administration de l'Enregistrement et des domaines - Direction à Luxembourg▪ Château Schoenfels - phase 2
	EN ETUDE 265 000 m²	<ul style="list-style-type: none">▪ Caserne militaire Herrenberg à Diekirch - pavillons 1, 2, 6, 10 à 21, 24, 25▪ Ministère de l'Education nationale, de l'Enfance et de la Jeunesse à Esch-sur-Alzette▪ Administration de la nature et des forêts - Centre d'accueil Burfelt▪ Administration des ponts & chaussées - rue Albert I^{er} à Luxembourg▪ Administration du cadastre et de la topographie à Luxembourg▪ Ministère de la Santé à Luxembourg - Villa Louvigny▪ Bibliothèque nationale à Luxembourg▪ Administration des contributions à Luxembourg - Direction▪ Administration des douanes et accises - Brigade canine Birelerhaff▪ Château de Sanem▪ Police grand-ducale à Wiltz
	POTENTIEL 1 500 000 m²	<ul style="list-style-type: none">▪ Administration des ponts & chaussées à Bettembourg▪ Administration des ponts & chaussées à Clervaux▪ Bâtiment administratif à Clervaux▪ Police Grand-ducale à Differdange▪ Police Grand-ducale Esch-Nord à Esch-sur-Alzette▪ Centre douanier Gasperich à Howald▪ Archives nationales à Luxembourg▪ Maison Cassal à Luxembourg▪ Ancien laboratoire national de santé à Luxembourg-Verlorenkost▪ Administration des contributions à Luxembourg-Verlorenkost▪ Ecole de la Police Grand-ducale à Luxembourg-Verlorenkost▪ Ministère de la Famille, de l'Intégration et à la Grande Région à Luxembourg▪ Police Grand-ducale à Mersch▪ Bâtiment administratif à Pédange▪ Institut viti-vinicole à Remich



En ce qui concerne les **bâtiments administratifs**, environ un tiers du volume potentiel identifié de 2'300'000 m³ est déjà pris en compte pour un assainissement énergétique.

La liste des bâtiments potentiellement assainissables n'est pas exhaustive pour cette catégorie vue qu'elle contient une multitude de petites structures administratives, comme par exemple les commissariats de la Police grand-ducale, les bureaux de l'Administration des douanes et accises, etc.



5.3 Logements

LOGEMENT	ACHEVE 70 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">● Caserne militaire Herrenberg à Diekirch - pavillons 3, 4, 7 à 9, 22, 23● Internat St Willibrord à Echternach● Foyer d'accueil pour enfants à Junglinster● Foyer Eislecker Héem à Lullange● Foyer Novavia à Luxembourg● Foyer Domitilia à Luxembourg● Internat socio-familial à Mertzig● Foyer d'accueil pour DPI à Sanem● Maison d'enfants de l'Etat à Schifflange, prpjct pilote +énergie
	EN EXECUTION 40 000 M ³	<ul style="list-style-type: none">● Wunnegshellef asbl à Luxembourg● Foyer d'accueil pour DPI à Frisange● Foyer d'accueil pour DPI à Wasserbillig● Foyer d'accueil pour DPI Héliar à Weilerbach
	EN ETUDE 53 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">● Internat socio-familial à Dudelange● Internat St. Joseph à Ettelbruck● Maison d'enfants de l'Etat - Centre Jean Wolter à Schifflange
	POTENTIEL 700 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">● Foyer la cerisaie à Dalheim● Maison d'enfants de l'Etat à Dudelange● Foyer Ste Claire à Echternach● Centre SNJ à Eisenborn● Foyers d'accueil pour DPI à Hesperange● Foyer d'accueil pour DPI Don Bosco à Luxembourg● Police Verlorenkost: 11-15 rue Auguste Lumière à Luxembourg● Foyer d'accueil pour DPI Laurent Ménager à Luxembourg● Foyer pour travailleurs immigrés à Luxembourg-Mühlenbach● Foyer d'accueil pour DPI à Mondercange <p>...</p>

Quant aux immeubles servant au **logement et à l'hébergement**, même si non traités prioritairement, 19% du potentiel sont néanmoins assainis, en cours d'assainissement ou en phase projet. Il y a lieu de citer les pavillons de la Caserne militaire Grand-Duc Jean au Herrenberg à Diekirch, dont 7 sont achevés et les autres se trouvent actuellement en phase étude, précisément parce qu'ils tombent sous la directive européenne concernant l'efficacité énergétique (3%).

La liste des bâtiments potentiellement assainissables n'est pas exhaustive pour cette catégorie vue qu'elle contient une multitude de maisons unifamiliales (logements de service) appartenant à l'Etat.



5.4 Autres fonctions

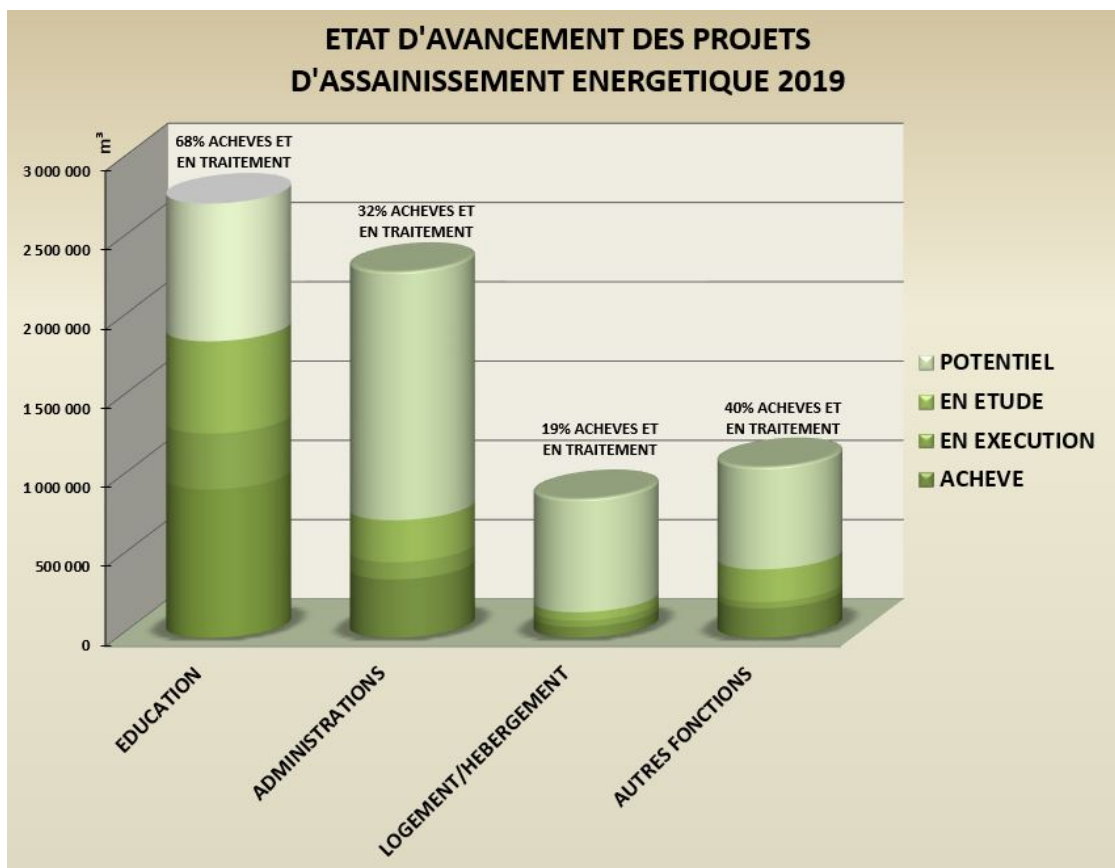
AUTRES FONCTIONS	ACHEVE 187 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">● Château de Clervaux - exposition Family of Man● Centre pénitentiaire à Givenich● Ferme Casel à Givenich● Ferme Grisius à Lultzhausen● Centre Marienthal● Domaine thermal à Mondorf - Parc Hôtel
	EN EXECUTION 40 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">● Ligue HMC à Capellen
	EN ETUDE 206 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">● Caserne militaire Herrenberg à Diekirch - pavillons 26, 29, 30, mess● Fondation Kräizbiere à Dudelange● Centre mosellan à Ehnen● Domaine thermal à Mondorf
	POTENTIEL 645 000 m ³	<ul style="list-style-type: none">● Centre socio-éducatif à Dreibern● CHNP - Bâtiment Building à Ettelbruck● Ecole de Police Verlorenkost à Luxembourg● Ecole nationale de la Protection Civile à Schimpach● Centre pénitentiaire à Schrassig● Centre socio-éducatif à Schrassig● Musée national d'histoire et d'art - dépôt à Schouweiler...

Pour les bâtiments regroupés dans la catégorie « Autres fonctions », environ 40% du volume potentiel identifié de 1'078'000 m³ sont déjà pris en compte pour un assainissement énergétique.

La liste du potentiel ci-avant n'est pas exhaustive.



5.5 Etat d'avancement



En conclusion, il peut être retenu que le pourcentage des bâtiments dont un assainissement énergétique est achevé ou en cours, a actuellement augmenté par rapport à 2014 de :

- 18% pour la catégorie de bâtiments à vocation éducative
- 12% pour les bâtiments administratifs
- 7% pour les logements
- 4% pour le regroupement des autres fonctions



6. Budget

Les projets d'assainissement énergétique sont financés par le biais des Fonds d'investissement publics (FIP) (administratifs, scolaires, sanitaires et sociaux) et des Fonds d'entretien et de rénovation (FER).

	Investissement total prévu pour les projets d'assainissement énergétique	Dépenses moyennes annuelles	Dépenses moyennes annuelles pour les mesures d'assainissement énergétique Années 2014-2018	Economie annuelle moyenne en CO2
FIP*	EUR 450'000'000.-	EUR 83'000'000.-	EUR 10'000'000.- (taux : 12%)	950 tCO2/a
FER-projets**	EUR 19'500'000.-	EUR 5'400'000.-	EUR 1'350'000.- (taux : 25%)	130 tCO2/a
FER-entretien	EUR 1'700'000.-	EUR 1'700'000.-	EUR 1'250'000.- (taux : 75%)	120 tCO2/a

* pluriannuel FIP, voté 2014 (30 projets)

** projets > EUR 500'000.- en cours, au 01.01.2014 (11 projets)

Le montant total des dépenses moyennes annuelles d'environ EUR 90'000'000.- représentait une estimation des liquidations pluriannuelles pour les 41 projets ayant trait à un assainissement énergétique, inscrits dans les budgets de l'année 2014, ainsi que des assainissements de petite envergure selon les expériences des années précédentes. De même, les pourcentages respectifs pour les mesures d'assainissement énergétique ne peuvent qu'être estimés et diffèrent de projet à projet.

Les liquidations réelles sont habituellement plus basses que les prévisions, dû à des retards d'exécution de certains projets, voire de projets effectivement non exécutés. Bien entendu, de nouveaux projets ont été inscrits dans les budgets pluriannuels pendant les 5 années passées, qui s'ajoutent aux prévisions prononcées en 2014.

Les dépenses réelles pour 2014 à 2018 se chiffrent effectivement à EUR 71'400'000.- en moyenne par année.

Les dépenses réelles de mesures d'assainissement énergétique pour la totalité des projets décomptés lors de l'établissement de la liste « Fonds Climat et Energie » pour les 5 années de 2014 à 2018 s'élèvent à environ EUR 46'000'000.-, donc EUR 9'200'000.- en moyenne annuelle, représentant une économie de 876 tCO2 par an, l'équivalent estimatif de 130 maisons unifamiliales.



Une nouvelle vue quinquennale pour les années 2019 à 2023 sur tous les projets actuellement inscrits sur les divers Fonds et se rapportant à un assainissement énergétique, prévoit une dépense moyenne annuelle de EUR 82'000'000.- dont EUR 10'200'000.- peuvent être décomptés pour des mesures propres à l'économie d'énergie.

Ces chiffres tiennent compte de l'ajustement des montants par application des pourcentages de moins-value pour retards et aléas chantier, usuellement appliqués aux prévisions budgétaires, à savoir 25% (moyenne sur 5 ans) pour les Fonds d'investissements publics et 14% (moyenne sur 5 ans) pour le Fonds d'entretien et de rénovation.



7. Exemples de réalisations

7.1. Athénée de Luxembourg



Dans un premier temps, uniquement l'aspect énergétique du projet de rénovation de l'Athénée a été analysé et il fut prévu d'isoler entièrement la façade du bâtiment de l'extérieur afin d'obtenir des consommations en énergie proches de celles d'une nouvelle construction.

Or, le bâtiment étant sensible et représentatif de son époque d'un point de vue architectural, il a été décidé de trouver un compromis entre efficacité énergétique et architecture, ce qui engendrera des économies d'énergies quelque peu moindre qu'initialement prévu.

L'assainissement énergétique comprenait :

- l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment (murs extérieurs, toiture et fenêtres triple vitrage)
- les installations techniques limitées au strict minimum et facilement gérables pour les utilisateurs
- la protection solaire par stores extérieurs afin d'éviter des surchauffes éventuelles en été



- l'optimisation de l'éclairage naturel grâce à l'installation de grandes fenêtres
- la ventilation naturelle avec des ouvrants automatisés pour le renouvellement d'air dans les classes et les couloirs
- le réseau de cogénération du Campus Geesseknaeppchen

Toutes les mesures précitées ont pour conséquence une **réduction** de la consommation thermique **de plus de 50%**, valeur confirmée par les consommations réelles depuis la mise en service du bâtiment.

A noter qu'en plus des mesures d'assainissement proprement dites, des énergies renouvelables ont également été intégrées dans ce projet. Des panneaux photovoltaïques, d'une surface de 550m² et d'une puissance de 65 kW_{peak}, ont été installés sur le toit de l'Athénée et permettent, avec une production annuelle de 60'000 kWh, une réduction des émissions de CO₂ de 41 tonnes par an.



7.2. Lycée Hubert Clément à Esch-sur-Alzette



Les bâtiments existants des années 50 et 70 ont été entièrement rénovés et soumis à un assainissement énergétique complet. La rénovation a été réalisée en 2 phases et comprenait des transformations de l'existant aussi bien que des démolitions et nouvelles constructions.

L'assainissement énergétique comprenait :

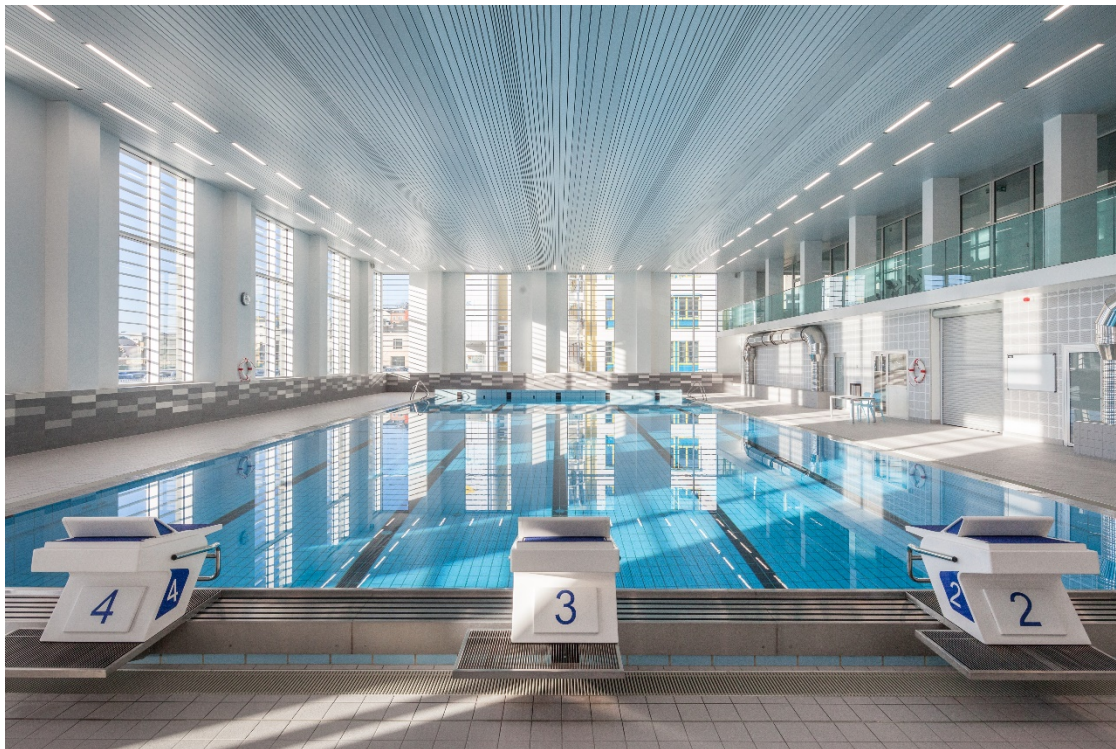
- l'isolation thermique des façades
- le remplacement des baies vitrées par des nouveaux châssis avec vitrage à haute valeur isolante
- l'isolation de la toiture avec soin particulier afin d'éviter tout pont thermique
- un nouveau système de distribution de chaleur

Les nouvelles constructions ainsi que la jonction entre les 2 bâtiments existants ont été conçues suivant les concepts énergétiques appliqués aux bâtiments publics de l'Etat.

Toutes les mesures précitées ont pour conséquence une **réduction** de la consommation thermique **estimée de 70 %**.



7.3. Hall sportif et piscine du Lycée technique Ettelbruck



Le projet de rénovation et de transformation de la piscine et du hall des sports comprenait une réorganisation des salles de sport et des locaux annexes ainsi qu'un assainissement énergétique de l'enveloppe extérieure afin de réduire considérablement les déperditions énergétiques.

A part l'assainissement énergétique de l'enveloppe du bâtiment, le concept technique a été élaboré de manière à réduire les consommations par :

- une pompe à chaleur qui puise l'énergie depuis la récupération de chaleur des eaux grises et qui pourra produire plus ou moins 94% des besoins en eau chaude sanitaire
- une centrale de traitement d'air qui permet la déshumidification et le chauffage uniquement par pompe à air
- des luminaires LED
- des panneaux photovoltaïques sur toiture

Toutes les mesures précitées ont pour conséquence une **réduction** de la consommation thermique **estimée de 70 %**.



7.4. Institut national des langues à Luxembourg



En 2011, les études pour un assainissement énergétique complet du bâtiment ont été entamées, et ce, suite à l'état vétuste de la façade d'une part et à une demande d'extension de l'utilisateur d'autre part.

Vu le caractère architectural bien spécifique du bâtiment, le projet posait comme défi d'allier une rénovation énergétique performante avec la conservation d'un patrimoine digne de protection.

L'assainissement énergétique comprenait :

- l'isolation thermique des façades
- le remplacement intégral de la menuiserie extérieure
- l'intégration de stores extérieurs
- l'isolation de la toiture, des corniches et auvents en béton armé

Toutes les mesures précitées ont pour conséquence une **réduction** de la consommation thermique **estimée de 35%**.

Vu la mise en service récente du bâtiment, des valeurs de la consommation actuelle réelle ne peuvent pas encore être renseignées.



7.5. Administration de la nature et des forêts à Diekirch



Avec la volonté de l'Etat de décentraliser les administrations et de renforcer le développement de la « Nordstad », il a été décidé de réaffecter le site de l'ancien « Hôtel du Midi » à Diekirch à l'Administration de la nature et des forêts. La construction du bâtiment administratif pour cette dernière représente un des projets pilote de constructions à énergie positive, ainsi que de constructions en bois.

Un bâtiment à énergie positive est un bâtiment qui produit plus d'énergie primaire qu'il n'en consomme en tenant compte également de l'énergie grise.

Pour atteindre le niveau d'un bâtiment à énergie positive, une combinaison de facteurs a été respectée :

- une enveloppe compacte et d'une haute performance isolante afin de minimiser les déperditions thermiques
- un noyau en béton afin de garantir une certaine inertie du bâtiment
- l'installation d'une pompe à chaleur alimenté par le fleuve
- l'installation de panneaux photovoltaïques
- l'utilisation des eaux pluviales
- la ventilation mécanique avec récupération de chaleur
- l'installation de luminaires LED avec gestion contrôlée



Le bâtiment est certifié platine selon DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V) et a reçu le « Energy Globe Award» en novembre 2017.

Les consommations réelles montrent une surproduction nette moyenne annuelle en électricité de 25'000 kWh/a.. Le bilan détaillé se présente comme suit :

	Production kWh/a	Consommation kWh/a	Surproduction kWh/a	Energie primaire kWh/a
Bilan 2016	116'033	93'127	~ 23'000	61'000
Bilan 2017	119'576	94'432	~ 25'000	66'500
Bilan 2018	128'773	101'854	~ 27'000	71'820



7.6. Maisons d'enfants de l'Etat à Schiffflange



Le bâtiment sis rue des Fleurs à Schiffflange a fait l'objet d'un projet pilote et a été assaini dans le but de réaliser une rénovation à énergie positive d'une maison mitoyenne typique du Luxembourg. En outre, la maison a été agrandie de 69 m² lors des travaux afin de valoriser le terrain généreux de la propriété.

Le concept énergétique se base sur 5 pôles :

- l'optimisation de l'enveloppe extérieure afin d'obtenir une valeur d'isolation thermique (U) inférieure à 0.15W/m²K
- l'optimisation des installations techniques par installation d'une chaudière à pellets et d'une ventilation mécanique avec récupération de chaleur
- la réduction des besoins internes par installation d'appareils électroménagers du type classe énergétique AA+ et en sensibilisant les utilisateurs d'adopter de bonnes habitudes en vue de réduire la consommation d'énergie
- la production d'énergie par installation de panneaux photovoltaïques et solaires thermiques pour la production d'eau chaude sur les toitures
- le choix des matériaux de construction afin de minimiser l'énergie grise

Lors de la première année après la mise en service, la consommation réelle pour le chauffage hors eau chaude sanitaire a été mesurée à 26 kWh/m²a, ce qui correspond à une classe d'isolation thermique (Wärmeschutzklasse) B. L'exigence minimale pour un bâtiment neuf est la



classe A, dont la consommation pour le chauffage doit être inférieure à 24 kWh/m²a. Le niveau atteint lors de la rénovation correspond donc presque au niveau de nouvelles constructions actuelles, ce qui est remarquable en considérant que l'isolation de la dalle n'est plus possible dans l'existant.

La consommation totale a été mesurée à 9.900 kWh/a de pellets, ce qui représente une consommation en énergie primaire de seulement 700 kWh/a.



8. Conclusion

L'assainissement énergétique et le développement durable se faufilent comme des fils rouges à travers le travail quotidien de l'Administration des bâtiments publics : chaque projet d'assainissement est analysé afin d'améliorer l'efficacité énergétique, tout en préservant la qualité architecturale et la fonctionnalité des immeubles.

Les projets pilotes de bâtiments à énergie positive ont fait progresser le savoir-faire de toutes les personnes impliquées, aussi bien au sein de l'administration qu'auprès des partenaires du secteur privé.

Les progrès réalisés dans le domaine du photovoltaïque ont ouvert de nouvelles pistes de production d'énergie renouvelable économiques et écologiques, poursuivies avec diligence par l'administration.

Le monitoring énergétique va permettre de surveiller les plus grands consommateurs d'énergie en temps réel et produira des économies conséquentes par l'optimisation de la régulation technique des bâtiments. Il est impératif de profiter de tout le potentiel considérable des installations techniques modernes de plus en plus performantes, mais malheureusement aussi plus complexes à gérer.

L'Administration des bâtiments publics va continuer à faire avancer le concept de durabilité dans tous les domaines et est prête à assumer son rôle modèle dans le secteur de l'immobilier national.