



Du passif à l'actif:

Les toits publics au cœur de la transition énergétique

Note d'orientation politique



resource matters



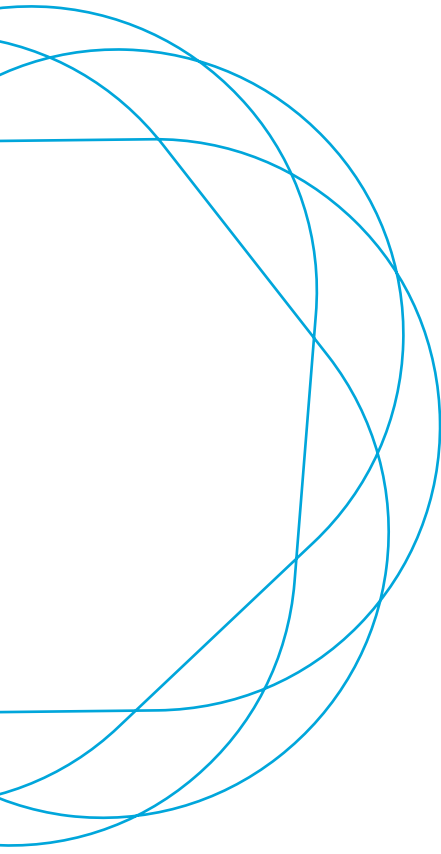
ÉLECTRIFIER LA RDC: CONGO EPELA

Cours d'eau et rayons solaires en abondance : le Congo regorge d'immenses ressources énergétiques renouvelables. Avec le projet *Epela*, **Resource Matters** et ses partenaires identifient les solutions les moins chères et les plus propres pour électrifier le pays.

Photo de couverture : (C) M. Kalamo

Table des matières

Résumé exécutif	2
1 Introduction	5
2 Methodologie	7
3 Résultats pour le quartier général de la SNEL	11
4 Résultats pour le campus universitaire de l'ISTA	14
5 Comparaison entre les deux bâtiments	17
6 Recommandations	19
7 Annexes	21



Du passif à l'actif: les toits publics au cœur de la transition énergétique

> Étude de pré faisabilité pour l'électrification des bâtiments de la Société Nationale de l'Électricité et de l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées

Résumé exécutif

Kinshasa subit un déficit électrique important, exacerbé par la consommation des bâtiments publics qui contribue aux perturbations du réseau et aux coupures fréquentes. Resource Matters, avec Reiner Lemoine Institut (RLI), a mené une étude de préfaisabilité pour explorer la possibilité de l'autonomisation énergétique de ces bâtiments via des solutions solaires, les transformant en acteurs de la production d'énergie.

L'étude visait à modéliser et comparer diverses configurations énergétiques (solaire PV, stockage, générateurs diesel, réseau) pour le Quartier Général de la SNEL et le campus de l'ISTA à Kinshasa. L'objectif était d'identifier la solution la plus bénéfique en termes de coût global (LCOE), d'autonomie énergétique et d'émissions de CO₂, en fonction de la taille des installations, des coûts du carburant et des tarifs de rachat.

Basée sur les profils de consommation horaires, la fréquence des coupures et le potentiel solaire des toitures, l'étude a utilisé l'outil "off gridders" pour simuler et optimiser les configurations énergétiques.

Pour le Quartier Général de la SNEL : La demande y est forte, avec une pointe à 598,8 kW et une consommation annuelle de 3,225 GWh. Les coupures de courant sont rares, survenant en moyenne 0,6 fois par mois. Il est constaté que les systèmes hybrides, combinant solaire et diesel, réduisent les émissions de CO₂ de 30% tout en maintenant un coût actualisé de l'énergie (LCOE) stable. L'intégration de stockage par batteries permet d'augmenter l'autonomie à 37%, bien que cela entraîne un léger surcoût. Par ailleurs, les systèmes fonctionnant entièrement au diesel sont identifiés comme étant les plus polluants.

Pour le Campus de l'ISTA : La demande énergétique est modérée, avec une pointe à 150 kW et une consommation annuelle de 0,737 GWh. Cependant, les coupures de courant sont très fréquentes, atteignant 46 fois par mois. Les systèmes hybrides intégrant le solaire, le diesel et le stockage se révèlent les plus performants, offrant un LCOE bas (0,091 USD/kWh), une autonomie élevée (entre 51% et 62%), et une réduction drastique des émissions de CO₂. Il est crucial de noter que le stockage est essentiel pour ce bâtiment en raison de la très haute fréquence des coupures.

L'étude recommande d'abord de prioriser et de généraliser les systèmes énergétiques hybrides, combinant le solaire photovoltaïque, le diesel et le stockage lorsque nécessaire. Ces configurations représentent le meilleur compromis en termes de fiabilité de l'approvisionnement, de coût actualisé de l'énergie (LCOE) et de réduction des émissions de . Il est particulièrement crucial d'intégrer le stockage par batteries dans les zones où la fréquence des coupures de courant est élevée, afin de maximiser l'autonomie énergétique des installations.

Il est ensuite impératif de restreindre drastiquement l'usage des systèmes fonctionnant exclusivement au diesel. Ces derniers sont identifiés comme la solution la moins durable en raison de leurs émissions de CO₂ considérables, de leur vulnérabilité face à la volatilité des prix du carburant et de leur faible capacité d'autonomie. Par conséquent, leur utilisation devrait être limitée à un rôle d'appoint minimal ou réservée aux situations d'ultime recours.

Enfin, l'étude préconise d'adopter une approche stratégique basée sur la recherche et l'évaluation du coût global. Cela signifie que les décisions d'investissement doivent s'appuyer sur des analyses rigoureuses, incluant des études de préfaisabilité et de faisabilité complètes, le coût du cycle de vie (LCCA) et la valeur actualisée nette (VAN), plutôt que sur le seul investissement initial. De plus, il est essentiel de pleinement mobiliser le cadre réglementaire existant afin d'encadrer la conception et la mise en œuvre de solutions énergétiques durables et efficaces.

1 Introduction

Depuis plusieurs décennies, la demande en électricité à Kinshasa dépasse de loin l'offre disponible sur le réseau.

Les bâtiments publics représentent une part importante de cette consommation que les opérateurs du secteur ne parviennent pas encore à satisfaire. Il n'est pas rare pour les agents de l'État de monter au cinquième étage d'un bâtiment par l'escalier, à défaut d'ascenseur opérationnel en raison du manque de courant électrique.

Par ailleurs, certaines institutions étatiques ont des difficultés à honorer leurs factures d'électricité. Ceci contribue à des pertes financières considérables pour les opérateurs du réseau. Le gouvernement a même mis en place [une commission mixte](#) pour se pencher sur la gestion de la consommation d'eau et d'électricité par les instances officielles.

Suite à des échanges avec la direction de la Société Nationale de l'Électricité (SNEL), Resource Matters s'est engagé à étudier des solutions d'électrification durable pour les bâtiments publics de la République Démocratique du Congo (RDC). L'idée centrale est simple : explorer comment les bâtiments publics pourraient bénéficier de l'énergie solaire à partir des équipements solaires à installer sur leurs toits afin de subvenir à leurs propres besoins en électricité, devenant ainsi des acteurs actifs de la production énergétique, que des simples consommateurs.

C'est ainsi que Resource Matters a lancé deux études de préféabilité pour l'électrification des bâtiments publics de deux institutions clés : la Société Nationale d'Électricité (SNEL) et l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées (ISTA). L'objectif est d'évaluer les coûts énergétiques et les gains réalisés par l'installation de panneaux solaires, comparé au courant provenant du réseau électrique et de générateur diesels.

Cette initiative s'inscrit dans une ambition plus large d'identifier et de favoriser le développement de solutions réalisables pour parer à l'énorme déficit d'électricité auquel la RDC fait face. C'est ainsi que depuis 2019, Resource Matters a inventorié les infrastructures énergétiques existantes, identifié le potentiel énergétique du pays et de la demande en électricité et a estimé les solutions d'électrification propres et abordables à travers le pays. Les résultats sont disponibles sur la plateforme [Congo Epela](#).

Cette note d'analyse présente les principaux résultats de cette étude et formule des recommandations concrètes à l'intention des décideurs politiques. Une version complète des études de préfaisabilité est également disponible. Elle a été réalisée par Reiner Lemoine Institut (RLI) en collaboration avec Resource Matters et les responsables des deux institutions concernées. Elle est intitulée Modélisation énergétique des bâtiments SNEL et ISTA et analyse des systèmes photovoltaïques en toiture – [Rapport de Préfaisabilité](#).



2 Méthodologie

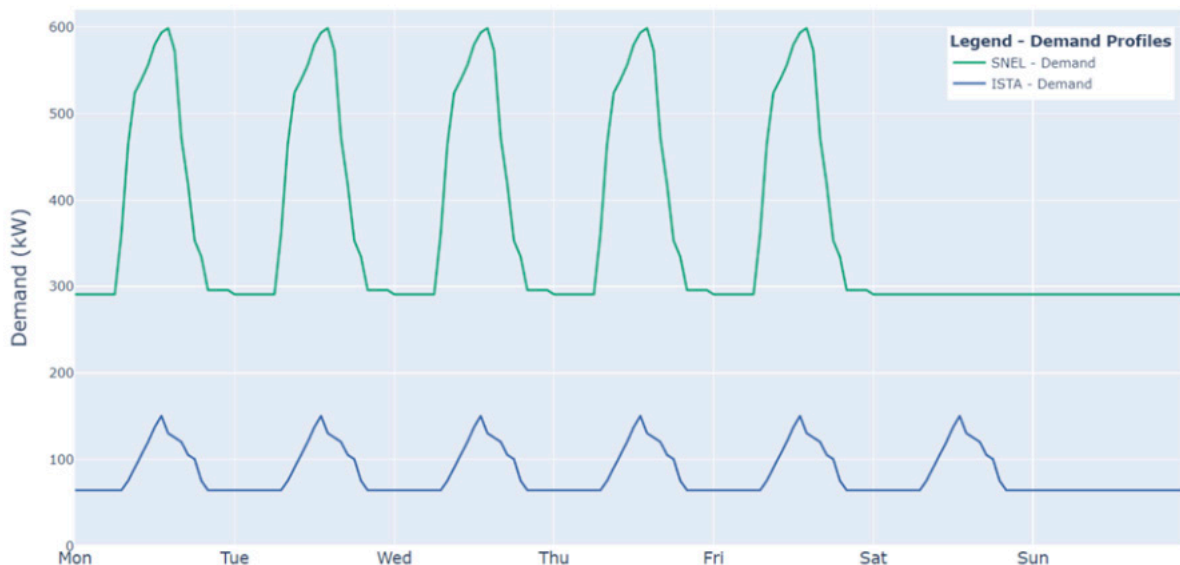
L'objectif principal de cette étude est de faire une modélisation énergétique, c'est à dire estimer l'énergie dont les bâtiments auront besoin sur une certaine période, pour ensuite comparer la capacité des différentes configurations énergétiques (comme des panneaux solaires, des batteries ou de combinaisons entre eux) à même de fournir assez d'électricité à tout moment.

L'objectif est de déterminer comment parvenir à l'autonomisation énergétique, grâce à laquelle ces bâtiments ne seront plus dépendants du réseau SNEL pour leur approvisionnement en énergie. Toutes les hypothèses détaillées sont disponibles dans le [rapport complet RLI](#) précité.

Les données et les étapes suivies sont décrites ci-dessous:

2.1 Demande : besoins et profil énergétique

L'étude a établi des "profils de consommation électrique horaire" pour les sites de la SNEL et l'ISTA à partir de données mesurées sur une semaine type, permettant de distinguer la consommation en semaine et le week-end, projetées sur une année entière (8 760 heures). Les données sur les coupures de courant ont servi à modéliser la fréquence et la durée des pannes pour chaque bâtiment.



2.2 Offre: analyse du potentiel solaire, de la fourniture d'électricité du réseau et des groupes diesel

Pour estimer la production solaire possible, les toits des bâtiments ont été cartographiés à l'aide de QGIS, de photos sur site et d'images satellites. L'analyse a pris en compte l'orientation, l'inclinaison et l'ombrage provoqué par des arbres ou bâtiments voisins. Ces facteurs ont permis d'identifier les surfaces exploitables et de calculer un facteur de capacité (CF) pour chaque toiture, c'est-à-dire le pourcentage où l'installation sera réellement opérationnelle grâce au soleil effectivement attendu, comparé à une production 24h/24.

Ces données ont été croisées avec la radiation solaire issue de PVGIS pour produire une série chronologique simulant la production potentielle d'électricité sur l'année. Les résultats incluent des cartes détaillées et des profils horaires de génération solaire.

En parallèle, l'étude a intégré les données sur la fréquence et la durée des coupures de courant du réseau actuel, ainsi que les caractéristiques des générateurs de secours (groupes électrogènes) : consommation de carburant, heures de fonctionnement, coûts d'exploitation et d'infrastructure. Ces éléments ont permis de comparer les solutions solaires avec les systèmes actuels, notamment en termes de fiabilité et de rentabilité.

2.3 Optimisation énergétique

Toutes les données ont été intégrées dans l'outil offgridders 4 pour simuler différentes configurations énergétiques. Les options analysées sont:

- 1 Scénario de base : Générateur + Réseau
- 2 Scénario 1: Panneaux Photovoltaïques ("PV") + Générateur + Réseau
- 3 Scénario 2: Panneaux PV + Générateur + Stockage + Réseau
- 4 Scénario 3: Panneaux PV + Stockage + Réseau
- 5 Scénario 4: Générateur + Stockage + Réseau

Les valeurs considérées pour simuler les différentes configurations énergétiques ont été :

	SNEL	ISTA
Prix du carburant (USD/l)	\$1.2	\$1.2
	\$ 2.4	\$1.8
		\$2.4
Puissance maximale de l'installation des panneaux PV (kWp)	0 (pas de panneaux PV)	0 (pas de panneaux PV)
	451.2 kWp	512.4 kWp
	526.3 kWp	
Capacité du générateur diesel (kW)	0 (pas de générateur)	
	635 kW	
Capacité de stockage par batteries (kWh)	0 (pas de stockage)	0 (pas de stockage)
	695.2 kWh	67.4 kWh
	763.3 kWh	101.0 kWh
	782.4 kWh	388.2 kWh
Tarifs de rachat (\$/kWh)	\$0/kWh (pas de rachat l'électricité)	
	\$0.069/kWh	
	\$0.05/kWh	

L'objectif consistait à identifier la configuration la plus avantageuse (bénéfique, optimale), en considérant des paramètres tels que la dimension des installations, les dépenses liées au carburant et les tarifs de rachat de l'excédent réinjecté dans le réseau.

Par configuration la plus bénéfique, il faut entendre la solution qui offre le meilleur compromis (ou la meilleure performance globale) en tenant compte simultanément des trois critères mentionnés:

- 1 **La taille des installations:** Cela inclut la capacité de production (panneaux solaires, générateurs, etc.) et de stockage (batteries). Plus grand n'est pas toujours mieux si cela engendre des coûts disproportionnés ou une surproduction non valorisable.
- 2 **Les coûts du carburant:** l'objectif est de minimiser la dépendance et les dépenses liées aux combustibles fossiles (comme le diesel pour les groupes électrogènes), qui peuvent être très coûteux et volatils.
- 3 **Les tarifs de rachat d'un éventuel surplus injecté dans le réseau:** Si l'installation produit plus d'électricité qu'elle n'en consomme, cette énergie peut être vendue au réseau. Un bon tarif de rachat rend cette injection profitable et contribue à la rentabilité globale du projet.

Plus loin, la plus bénéfique reviendrait à évoquer :

- **La solution la plus économiquement viable sur le long terme:** Celle qui minimise le coût total de production de l'énergie sur la durée de vie du projet (souvent mesuré par le LCOE - Levelized Cost of Electricity) tout en maximisant les revenus potentiels.
- **La solution la plus rentable:** Celle qui génère le meilleur retour sur investissement.
- **La solution la plus efficace:** Capable de répondre aux besoins énergétiques de manière fiable et efficiente, tout en optimisant l'utilisation des ressources disponibles (solaire, carburant).

Il ne s'agit donc pas seulement d'avoir la plus grande installation, ou le coût de carburant le plus bas, ou le meilleur tarif de rachat isolément, mais bien de trouver la combinaison de tous ces éléments qui aboutit au scénario globalement le plus favorable pour le projet et ses objectifs.

3 Résultats pour le quartier général de la SNEL

Pour la SNEL, le profil indique une demande de pointe de 598,8 kW et une demande annuelle de 3,225 GWh. Les week-ends, en particulier les samedis et dimanches, ont été simplifiés pour avoir une demande plus stable, correspondant à celle des niveaux nocturnes.

La durée des coupures de courant est souvent d'une heure et elles sont assez peu fréquentes (0,6 fois par mois).

Il existe 23 zones où des panneaux pourraient être installés sur les toitures des bâtiments de la SNEL, y compris trois parkings. Il y a une capacité totale installable de 861,4 kWp en déployant des panneaux solaires sur tous les toits adaptés, 526,3 kWp en utilisant tous les toits à l'exception des parkings, et 451,2 kWp en n'utilisant que les meilleurs toits.

En comparant, il est observé de manière claire comment différents systèmes affectent les coûts, l'indépendance énergétique et les émissions de CO₂.

Le tableau suivant présente les résultats les plus importants:

1 Les résultats complets sont disponibles ici: https://docs.google.com/spreadsheets/d/107iQymOMktU2tFWJb_0ER1fyFpjDMS2h/edit?gid=1048075266#gid=1048075266.

Configuration	Prix du carburant (USD/l)	Tarifs de rachat (\$/kWh)	LCOE	Autonomie énergétique (%) ²	Capacité de stockage (kWh)	Émissions de CO ₂ (kgCO ₂ eq)
Générateur + réseau	1.2		0.076	0%	0	16,127
	2.4		0.076	0%	0	16,127
Panneaux + générateur + réseau	1.2 - 2.4	0.05	0.075	24%	0	12,229
		0.069	0.075	24%	0	12,216
Panneaux + générateur + stockage + réseau	1.2	0.05	0.0753	24%	695.2	2,2291
		0.069	0.0750	24%	763.3	12,216
	2.4	0.05	0.0755	24%	782.4	12,229
		0.069	0.0752	24%	782.4	12,216
Panneaux + stockage + réseau		0.05	0.086	27%	695.2	9,772
		0.069	0.086	26%	763.3	9,858
Générateur + stockage + réseau	1.2		0.076	0%	695.2	16,127
	2.4		0.076	0%	763.3	16,127

Ces simulations permettent de tirer plusieurs enseignements clés pour orienter des décisions politiques en matière d'électrification durable :

1 Prioriser les systèmes hybrides solaire photovoltaïque - diesel

Les systèmes combinant le solaire photovoltaïque et un générateur diesel, sans stockage, permettent déjà d'atteindre un bon équilibre entre fiabilité, coût et impact environnemental. Cette configuration réduit les émissions de CO₂ d'environ 30 % par rapport à une alimentation exclusivement diesel, tout en maintenant un coût actualisé de l'énergie (LCOE) similaire. Ce type d'hybride représente donc une solution rentable et immédiatement applicable pour accroître l'autonomie énergétique tout en limitant les impacts environnementaux.

2 L'autonomie énergétique est la capacité pour une personne, un bâtiment, une communauté, une région ou un pays à produire et à gérer sa propre consommation d'énergie, en réduisant ou en éliminant sa dépendance vis-à-vis des sources d'énergie externes ou du réseau principal.

2 Ajouter du stockage pour plus d'autonomie, tout en acceptant un léger surcoût

L'introduction de batteries permet d'augmenter la part d'énergie solaire utilisée localement et donc de réduire encore davantage la consommation de diesel. L'autonomie énergétique peut atteindre jusqu'à 37 %, tout en assurant la continuité du service. Toutefois, cette amélioration s'accompagne d'une hausse modérée du LCOE (jusqu'à 0,082 USD/kWh). Ce compromis reste pertinent pour des contextes où l'accès régulier au carburant est incertain ou pour des sites qui visent une plus grande indépendance énergétique.

3 Reconnaître les limites des systèmes photovoltaïques avec stockage seul (sans diesel)

Un système composé uniquement de solaire et de batteries peut atteindre un niveau d'autonomie similaire au système hybride avec stockage, mais à un coût plus élevé (jusqu'à 0,086 USD/kWh). En outre, il n'élimine pas complètement le recours au réseau, ce qui limite l'efficacité pour des sites cherchant une véritable indépendance énergétique. Cette option reste néanmoins intéressante dans les contextes où l'élimination totale du diesel est une priorité environnementale ou stratégique.

4 Éviter les systèmes diesel + réseau à cause de leur coût environnemental et de leur vulnérabilité

Bien que le coût de l'énergie de ces systèmes soit comparable à celui de certaines configurations hybrides, ils représentent la solution la plus polluante et la plus exposée à la volatilité des prix du carburant. Leur dépendance totale aux importations de diesel en fait une option de dernier recours, à éviter dans une stratégie énergétique durable.

4 Résultats pour le campus universitaire de l'ISTA

Pour l'ISTA, la demande de pointe est de 150 kW et la demande annuelle totale est de 0,737 GWh, ce qui est nettement inférieur à celle du quartier de la SNEL. Cette différence aura un impact sur les résultats, comme nous le verrons plus loin. Uniquement les dimanches considérés comme "jours de week-end", également en utilisant la charge minimale nocturne comme demande.

Les coupures sont d'une heure en moyenne et sont beaucoup plus fréquentes qu'au siège de la SNEL (46 fois par mois).

Il existe 13 zones où des panneaux peuvent être installés sur le campus, avec une capacité totale installable de 512,4 kWp. Dans ce cas, il n'était pas pertinent de travailler avec plusieurs capacités possibles, car seuls les toits réels ont été modélisés dans le complexe ISTA, c'est-à-dire sans inclure les parkings ou les espaces ouverts utilisés pour le terrain de basketball et le terrain de football. Les zones de toits les plus performantes atteignent un facteur de capacité annuel estimé d'environ 17,3%. Le facteur de capacité moyen est de 16,32%

Le tableau suivant présente les résultats les plus importants³:

Configuration	Prix du carburant (USD/l)	Tarifs de rachat (\$/kWh)	LCOE	Autonomie énergétique (%)	Capacité de stockage (kWh)	Émissions de CO ₂ (kgCO ₂ eq)
Générateur + réseau	1.2		0.092	6%	0	39,147
	1.8		0.099	6%	0	39,147
	2.4		0.107	6%	0	39,147
Panneaux + générateur + réseau	1.2	0.05	0.096	44%	0	23,929
		0.069	0.086	44%	0	23,929

3 Les résultats complets sont disponibles ici: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Q-Zr7WcoPTvIEDfUBNCDMMxvH6QoSzI/edit?gid=356064201#gid=356064201>

Configuration	Prix du carburant (USD/l)	Tarifs de rachat (\$/kWh)	LCOE	Autonomie énergétique (%)	Capacité de stockage (kWh)	Émissions de CO ₂ (kgCO ₂ eq)
Panneaux + générateur + réseau	1.8 - 2.4	0.05	0.100	44%	0	23,929
		0.069	0.090	44%	0	23,929
Panneaux + générateur + stockage + réseau	1.2	0.05	0.091	51.1%	67.4	7,316
		0.069	0.083	50.0%	101.0	7,352
	1.8 - 2.4	0.05	0.092	51.8%	388.2	3,455
		0.069	0.084	50.6%	388.2	3,492
Panneaux + stockage + réseau		0.05	0.102	62%	67.4	1,162
		0.069	0.095	58%	101.0	1,298
Générateur + stockage + réseau	1.2	0.05	0.092	6%	67.4	39,147
	1.8	0.05	0.097	2%	101.0	18,051
	2.4	0.05	0.099	1%	388.2	10,728

Ces chiffres révèlent les leçons qui suivent :

1 Prioriser les systèmes hybrides PV-diesel-batterie pour un équilibre optimal

Le système panneaux + générateur + stockage + réseau offre l'un des coûts actualisés de l'énergie (LCOE) les plus bas (~0,0912 USD/kWh), un bon taux d'autonomie (~51 %), une réduction drastique des émissions de CO₂ (~7 300 kg/an contre plus de 39 000 kg du système générateur + réseau), tout en assurant une fiabilité totale de l'approvisionnement. Contrairement au cas SNEL, ici la batterie est plus pertinente étant donné la fréquence beaucoup plus élevée des coupures de courant.

2 Décourager les configurations diesel + réseau

Tout comme pour les bâtiments de la SNEL, les systèmes combinant générateurs et réseau produisent systématiquement les émissions de CO₂ les plus élevées (environ 39 000 kg/an). Ces systèmes, dépendants des carburants fossiles, sont

également exposés à une forte volatilité des prix et offrent une autonomie très faible, ce qui est particulièrement critique pour ce bâtiment étant donné sa haute fréquence de coupures de courant.

3 Améliorer la fiabilité du réseau ou encourager les bâtiments prêts pour le micro-réseau

Le réseau national n'offre qu'une fiabilité moyenne (~94 %), avec environ 528 heures de coupures par an. Cela limite fortement la continuité de service dans les bâtiments ISTA.



5 Comparaison entre les deux bâtiments

Les résultats des deux bâtiments révèlent à la fois des dynamiques propres à chaque site et des leçons communes. Chaque configuration reflète des spécificités techniques et contextuelles, mais certaines recommandations apparaissent néanmoins comme largement transférables. Les paragraphes suivants présentent d'abord les différences clés qui influencent les résultats des modélisations énergétiques, avant de mettre en évidence les convergences susceptibles d'éclairer des politiques applicables à divers contextes.

5.1 Les éléments spécifiques

1. Nature de la demande énergétique: les bâtiments SNEL ont une demande annuelle élevée de 3,225 GWh/an avec une puissance de pointe de 599 kW, en comparaison avec une demande beaucoup plus faible des bâtiments ISTA: 0,737 GWh/an, avec une puissance de pointe de 150 kW.

Ceci fait que, dans la pratique, les bâtiments SNEL peuvent justifier des investissements plus importants, tandis que les bâtiments ISTA pourraient viser des solutions plus simples et résilientes, focalisées sur la continuité de service.

2. Fiabilité du réseau électrique national: les bâtiments SNEL subissent environ 0,6 coupure d'une heure par mois, soit une disponibilité du réseau très bonne. En revanche, les bâtiments ISTA ont environ 45 coupures d'une heure par mois, ce qui signifie des coupures quasi quotidiennes.

En conséquence, alors que les Bâtiments SNEL peuvent fonctionner principalement avec le réseau et seulement un appoint en cas de panne, les bâtiments ISTA nécessitent des systèmes autonomes robustes, car il opère dans un environnement à faible fiabilité réseau. L'autonomie énergétique devient une priorité stratégique.

3. Autonomie et part d'énergies renouvelables: pendant que plusieurs configurations dans les bâtiments SNEL montrent une autonomie partielle (20-60%), dépendant fortement du réseau et/ou du diesel, dans les bâtiments ISTA les meilleures options atteignent une autonomie de 51 à 62

% avec une part de solaire dans la couverture énergétique supérieure à 60 % dans certains cas.

En d'autres termes, les bâtiments ISTA bénéficient davantage de l'intégration du solaire (fort ensoleillement, faible demande), ce qui en fait un bon candidat pour une politique de promotion du solaire hors-réseau. Pour les bâtiments SNEL, l'autonomie complète est moins rentable à cause de sa forte demande ; Un mix énergétique performant reste préférable.

5.2 Les éléments transversaux

1. Les systèmes hybrides comprenant des panneaux solaires et des générateurs diesel offrent de bons résultats dans les deux cas:

Pour les deux sites, la configuration hybride avec panneaux solaires et générateur diesel représente un excellent compromis entre coût et fiabilité. Cela montre que cette option reste robuste, que ce soit pour maximiser l'efficacité économique (bâtiments SNEL) ou pour éviter les coupures de courant (bâtiments ISTA).

2. Le diesel peut rester une source de secours, pas la solution principale:

Bien que techniquement compétitifs en termes de coût, les systèmes diesel seuls génèrent des émissions importantes en CO₂ et sont moins durables à long terme. Les bâtiments ISTA montrent également que les configurations diesel sont considérablement plus coûteuses que beaucoup de celles hybrides, en raison de la grande fréquence de coupures.

3. Le solaire en toiture est économiquement pertinent dans les deux cas:

Dans les deux bâtiments, l'exploitation maximale des toitures pour le photovoltaïque améliore nettement le coût de l'électricité (LCOE). Les bâtiments ISTA, par exemple, atteignent un bon rendement en utilisant pleinement sa capacité de 436 kW en toiture.

4. Les émissions de carbone doivent guider les choix à long terme:

Les scénarios reposant principalement sur le diesel génèrent des émissions importantes dans les deux cas : environ 64 tonnes de CO₂/an pour les bâtiments SNEL, et 39 tonnes pour ceux de l'ISTA. Une transition vers des systèmes hybrides plus propres apparaît essentielle afin de réduire à la fois les coûts sur le long terme et l'impact environnemental.

6 Recommandations

A partir de ces analyses, les recommandations suivantes peuvent être proposées :

- › **Promouvoir une approche fondée sur la recherche:** Cette étude montre l'intérêt d'asseoir les projets énergétiques sur des analyses rigoureuses plutôt que sur des suppositions. Elle permet d'identifier, selon le contexte, les configurations les plus prometteuses et celles à éviter. Par exemple, l'intégration du solaire s'avère globalement avantageuse, tandis que le stockage n'est pertinent que dans les zones où le réseau est peu fiable. Dans cette logique, les résultats, issus d'une étude de pré-faisabilité, doivent être suivis d'une étude de faisabilité complète et de la mise en œuvre concrète sur le terrain.
- › **Favoriser les systèmes hybrides:** Dans les deux bâtiments évalués, les combinaisons solaire + diesel (et stockage dans certains cas) offrent des bénéfices à long terme, tant en matière de coût que d'impact environnemental. Ce constat soutient une généralisation des systèmes hybrides dans les projets publics.
- › **Adapter les incitations en fonction des performances en CO₂ et en LCOE:** Certaines configurations comme panneaux + stockage + réseau présentent des émissions quasi nulles mais avec un LCOE légèrement plus élevé et de coûts initiaux plus élevés qui peuvent freiner leur développement. Mettre en place des incitations financières, notamment pour les batteries, peuvent rendre ces options plus compétitives sans nuire à la rentabilité.
- › **Rendre les nouveaux bâtiments publics compatibles avec les mini-réseaux:** Au-delà des incitations, il faut encadrer la conception des nouveaux bâtiments pour faciliter l'intégration de systèmes autonomes. Cela inclut des infrastructures de Gestion intelligente des sources/flux d'énergie permettant de basculer automatiquement vers des sources locales (solaire + batteries) en cas de panne du réseau.
- › **Intégrer l'analyse du coût global dans la planification des infrastructures:** Les systèmes propres, comme PV-

Stockage–Mini réseau, demandent un investissement initial plus élevé, mais offrent des coûts d'exploitation faibles et une faible empreinte carbone. Promouvoir (voire rendre obligatoire) l'adoption systématique de méthodes comme la valeur actualisée nette (VAN) ou du coût du cycle de vie (LCCA) plutôt qu'uniquement l'investissement initial pour évaluer les projets énergétiques permettrait de mieux valoriser ces avantages à long terme.

- › **Interdire ou restreindre l'installation de systèmes exclusivement diesel:** Interdire ou limiter l'utilisation du système 100 % diesel dans les nouvelles infrastructures publiques, et exiger l'intégration d'une part minimale d'énergies renouvelables, est essentiel pour atteindre les objectifs climatiques et budgétaires.
- › **Exploiter le cadre réglementaire existant comme levier d'action:** Le cadre légal actuel permet déjà d'appliquer certaines de ces recommandations sans attendre de nouvelles lois. Par exemple, la loi du 5 février 2025 modifiant celle du 17 juin 2014 met en avant l'efficacité énergétique, ce qui ouvre la voie à des mesures concrètes d'accompagnement pour les acteurs publics et privés.



7 Annexes

- Étude et chiffres complets
- Résumé de l'étude de pré faisabilité
- Données techniques et financières
- Liste des parties prenantes consultées

Recommandation politique	Bâtiments SNEL	Bâtiments ISTA	Implication
1. Prioriser les systèmes hybrides PV-Diesel	Fortement recommandé; compromis optimal entre coût et fiabilité	Performant également, avec un LCOE faible (~0,091 \$/kWh)	Utile dans les deux cas; pour B, il s'agit surtout d'éviter les coupures
2. Envisager le stockage pour améliorer l'autonomie	Optionnel; peu d'impact sur le LCOE ou l'autonomie.	Bien plus pertinent; l'autonomie passe de ~43 % à >51 %, et l'impact des coupures est réduit.	Le stockage est plus utile pour B à cause des coupures fréquentes.
3. Éviter l'extension du réseau en cas de mauvaise fiabilité	Le réseau est fiable; la connexion est donc bénéfique.	Insight essentiel — bien que raccordé, le réseau est très peu fiable (45 coupures/mois).	Pour B, il ne faut pas supposer que le raccordement résout tout. L'hybridation est essentielle.
4. Utiliser le diesel en secours, pas comme source principale	Les systèmes diesel seuls sont plus coûteux et moins durables.	Le diesel seul a un LCOE compétitif (~0,0917 \$), mais émet ~39 tonnes de CO ₂ /an.	B pourrait utiliser plus souvent le diesel, mais il faut limiter son rôle à long terme.
5. Intégrer du stockage si fiabilité et autonomie sont en jeu	Coupures rares — le stockage est moins prioritaire.	Coupures fréquentes — le stockage soutient directement les charges critiques.	Pour B, le stockage joue un rôle de résilience, pas seulement économique.
6. Concevoir selon la taille et la criticité de la charge	Charge importante ; nécessite une configuration hybride stable et évolutive.	Plus petite, mais plus vulnérable; nécessite une conception résistante aux coupures.	La politique doit adapter les recommandations à la taille et à l'exposition aux coupures.

Recommandation politique	Bâtiments SNEL	Bâtiments ISTA	Implication
7. Encourager le solaire en toiture si l'espace existe	Facteur clé de réduction du LCOE.	Simulation de B fondée sur une toiture PV à pleine capacité (436 kW).	Le solaire en toiture doit être un investissement prioritaire, surtout en cas de volatilité des prix du carburant.
8. Tenir compte des émissions carbone dans la planification	Les systèmes à fort usage diesel émettent ~64 tonnes/an.	En mode diesel seul, les émissions sont de ~39 tonnes/an.	La politique doit soutenir dans les deux cas une transition vers des systèmes hybrides plus propres.



resource matters

BUREAU DE BRUXELLES

Mundo-Madou

Avenue des Arts 7-8 - 1210

Bruxelles - Belgique

BUREAU DE KINSHASA

Concession Sedec

Avenue de la Paix n°1

Commune de La Gombe - RD Congo

©Resource Matters, juillet 2025

www.resourcematters.org