

An isometric illustration of a smart city. It features a multi-lane road with cars, a parking lot with a 'P' sign, a river with a boat, a factory with smokestacks, a building with a satellite dish, and several wind turbines. There are also trees, a small house, and various icons like a location pin and a Wi-Fi symbol, suggesting a smart, sustainable urban environment.

ÉVALUATION DE LA DURABILITÉ DES SMART PROJECTS

Marisa Boller – Nouha Daghrir

Encadrants EPFL : Claudia Binder et Albert Merino-Saum
Encadrant Externe : Guillaume Massard





INTRODUCTION

Contexte



Sustainable City : ville durable
3 piliers : Economie, Environnement, Société



Smart City : ville intelligente
Intégration de technologies d'information et de communication afin d'optimiser les infrastructures et les services



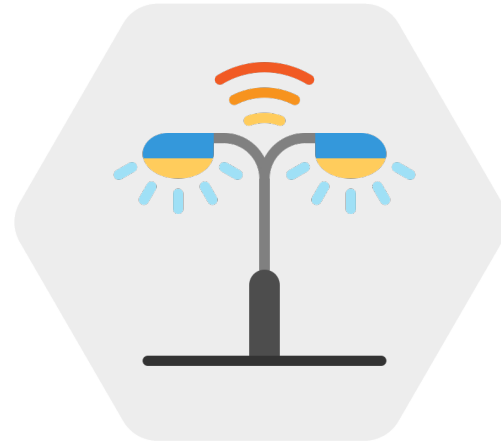
Smart Sustainable City
Emploi de technologies pour atteindre les objectifs de durabilité



Genève : 4^{ème} Smart City

Éclairage intelligent de la gare des Eaux-Vives

(Réalisation 2018 - 2020)



Système de régulation d'éclairage
en fonction des saisons, des
heures de jour, et du passage



Réduction de la consommation
énergétique



Installation future d'autres
capteurs intelligents

Motivation



Création d'un référentiel
adapté au contexte suisse



Application du référentiel à
un Smart Project afin
d'évaluer sa durabilité

Problématique

Est-ce que l'intelligence (Smartness) d'une ville à travers des Smart Projects peut être un levier pour le développement durable ?

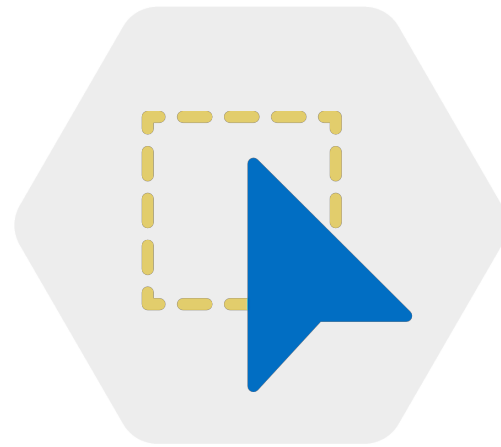
Est-ce que l'éclairage intelligent de la gare des Eaux-Vives peut être considéré comme durable ?



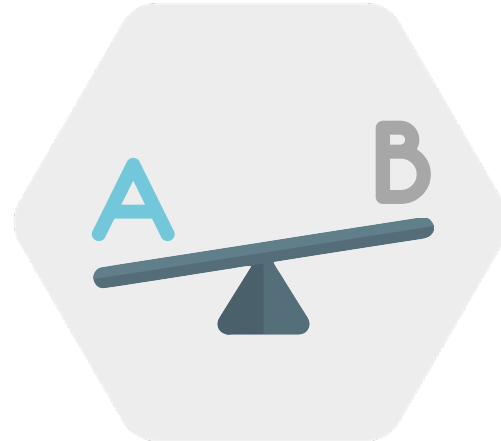


MÉTHODOLOGIE

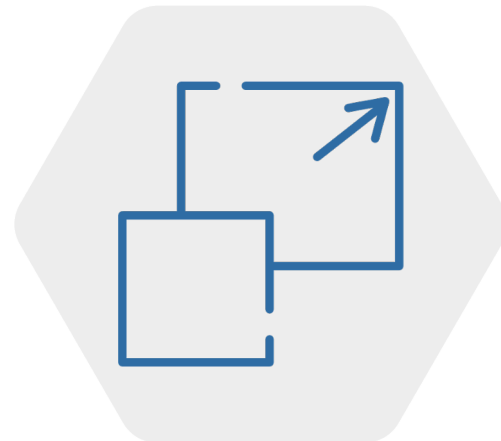
Étapes



Sélection des indicateurs du Smart Project



Comparaison entre
l'état Avant-projet
et l'état Après-projet



Scale-up

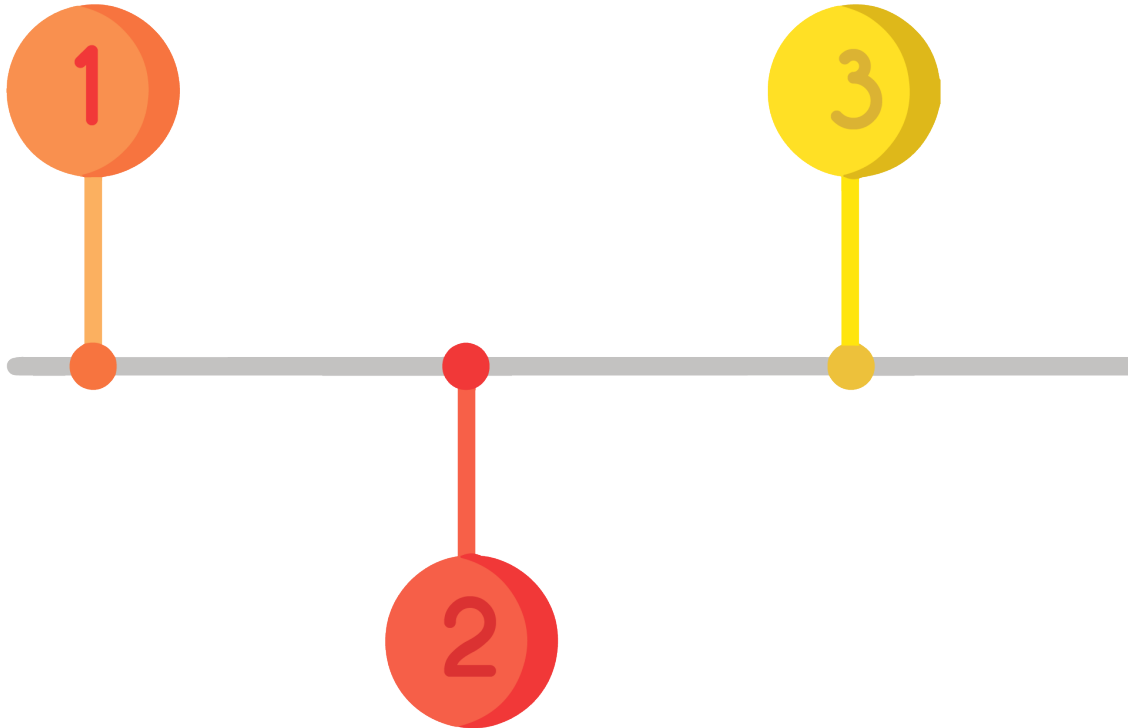
Sélection des indicateurs du Smart Project



Processus de sélection

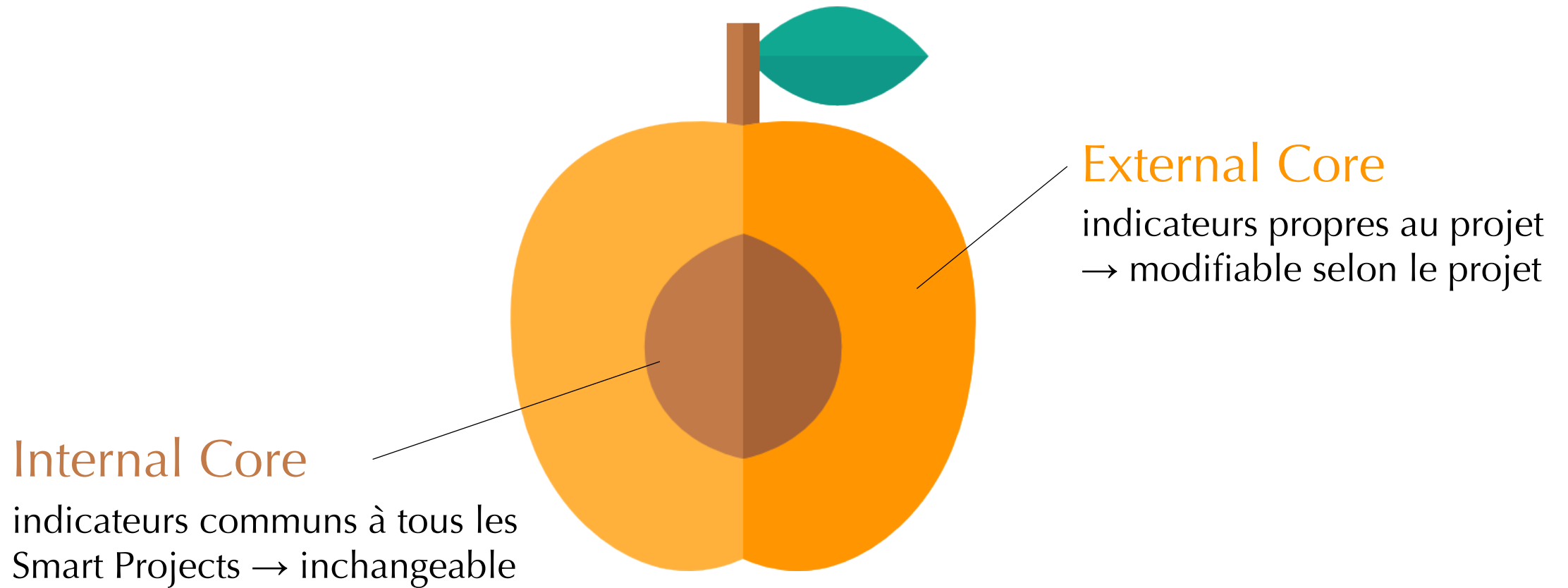
Sélection d'indicateurs
depuis 3 sets d'indicateurs
et articles : **50 KPI**

Classification des KPI



Parcimonie (1^{er} niveau) :
37 KPI

Internal Core VS. External Core

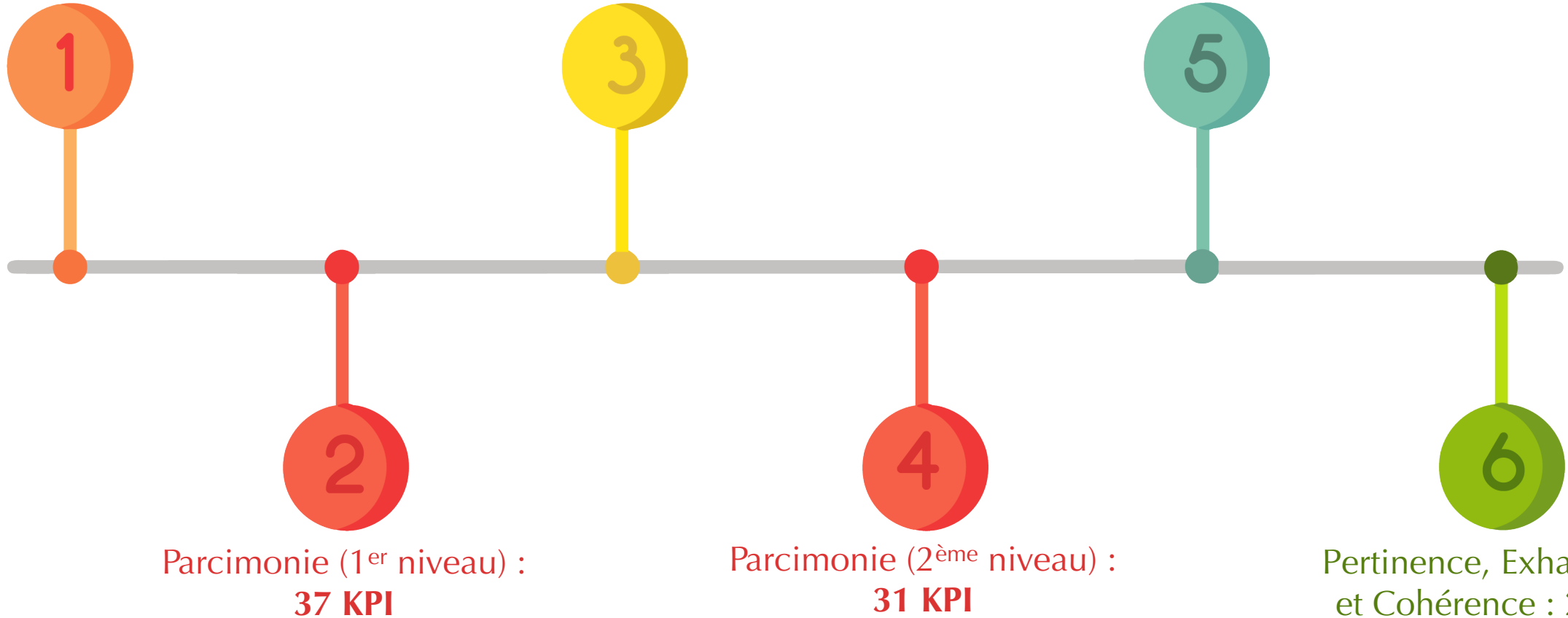


Processus de sélection

Sélection d'indicateurs
depuis 3 sets d'indicateurs
et articles : **50 KPI**

Classification des KPI

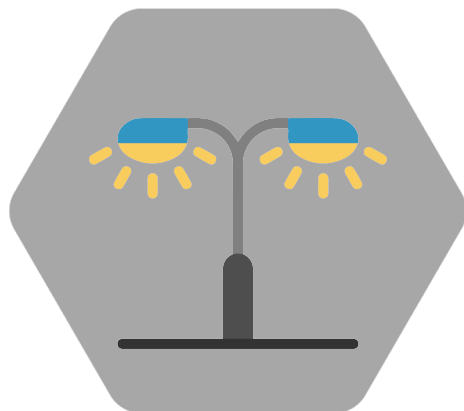
Pertinence et Mesurabilité :
27 KPI



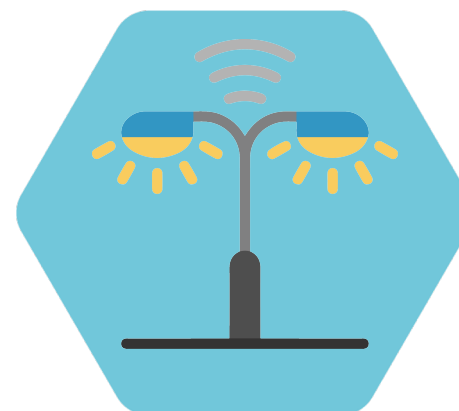
Analyse Ex-post



Avant-projet VS. Après-projet



État Avant-projet



État Après-projet

Type d'éclairage

Système d'éclairage LED
conventionnel

Système d'éclairage LED
Smart

Nombre de points
lumineux

243

243

Puissance nominale
des lampes

11,185 kW

11,185 kW

Note : L'état de l'avant-projet ne se base pas sur la réalité mais sur ces hypothèses

Scale-up

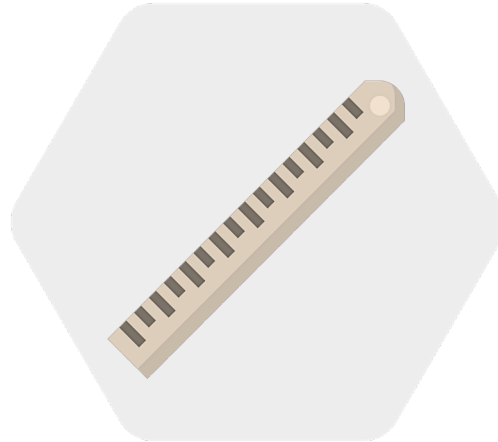


Évaluation du Scale-up



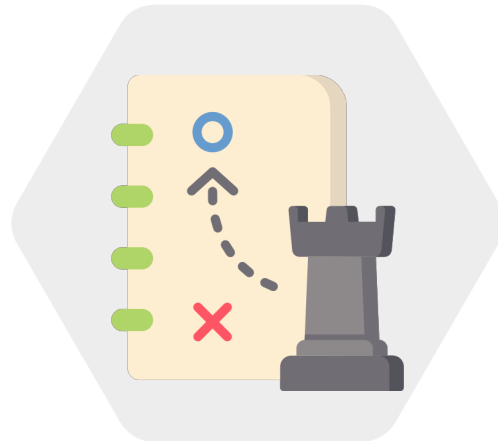
But

Maximiser l'impact économique, environnemental, et social que l'installation d'éclairage intelligent a su générer à petite échelle



Echelle

Étendu de l'installation à l'ensemble du réseau d'éclairage genevois



Méthode

Évaluation du Scale-up selon 3 scénarii



RÉSULTAT

Sélection des indicateurs du Smart Project



Présentation des KPI du Smart Project

Internal Core

Environment

Footprint

Carbon Footprint (construction and operational phase) [kg CO₂-eq/yr]
Material footprint (construction phase) [kg]

Economy

Profitability

Payback period [yr] *
Investment costs [CHF] *
Operational costs [CHF/yr]
Maintenance costs [CHF/yr]
Investment cost per CO₂ emission reduction [CHF/tCO₂]

Subvention

Municipal involvement - financial support [%] *

Society

Local community involvement/implication

Local community involvement (planning and implementation phase) [Likert scale] *
People reached [%] *

Satisfaction of the population

Number of oppositions and appeals to the project [#] *

* KPI non évalués à l'état Avant-projet mais uniquement à l'état Après-projet

Présentation des KPI du Smart Project

External Core

Environment	Energy	Percentage of the final total energy consumption coming from renewable energy sources [%] Energy consumption [MWh/yr] Number of smart meters [#] Influx (of people) [people/day]
	Emissions	Light pollution [mililux] Noise pollution [dB]
Economy	Efficiency	Response time (repair) [min]
Society	Safety	Crime rate [# per 100'000 people] Traffic accidents [# per 100'000 people] Safety feeling [%]

Analyse Ex-post



Résultats obtenus après l'analyse Ex-post

Core	Dimension	Focus	KPI	Absolute change	Relative change	Desired evolution
Internal (common to all Smart Projects)	Environment	Footprint	Carbon Footprint (construction & operational phase)	348,8 kg CO ₂ -eq/yr	30,3 %	Decreasing
			Material footprint (construction phase)	149,2 kg	2,3 %	Decreasing
	Economy	Profitability	Operational costs	- 2578,6 CHF/yr	- 25,1 %	Decreasing
			Maintenance costs	- 2089,8 CHF/yr	- 10,0 %	Decreasing
			Investment cost per CO ₂ emission reduction	-		Decreasing
External (specific to the considered project)	Environment	Energy	Percentage of the final total energy consumption coming from renewable energy sources	0,0 %	0,0 %	Increasing
			Energy consumption (operational phase)	- 12,3 MWh/yr	- 25,2 %	Decreasing
			Number of smart meters	231 smart meters	-	Increasing
			Influx (of people)	↑		It depends
		Emissions	Light pollution	↓		Decreasing
			Noise pollution	*		Decreasing
	Economy	Efficiency	Response time (repair)	↓		Decreasing
	Society	Safety	Crime rate	-		Decreasing
			Traffic accidents	*		Decreasing
			Safety feeling	↑		Increasing

* Aucune tendance notable n'a pu être observée

Scale-up en 3 Scénarii



Notre modélisation VS. Les estimations de Novaccess¹

	Scénario 1	Scénario 2 WORST scénario	Scénario 3 BEST scénario
Réduction énergétique	27 %	35 %	45 %
Économie énergétique	1'500 MWh/an	1'900 MWh/an	2'500 MWh/an
Économie financière	500'000 CHF/an	600'000 CHF/an	700'000 CHF/an
Retour sur investissement	~5 ans	~4 ans	3 ans et demi

Note 1 : Pour les 3 Scénarii, la consommation énergétique comprend uniquement les lampes et les contrôleurs

Note 2 : Les coûts d'investissement comprennent uniquement les coûts de l'installation des appareils Smart

Note 3 : Les valeurs affichées sont arrondies

¹ Novaccess : Entreprise spécialisée dans l'implémentation et gestion des Internet of Things (IoT). Elle a été mandatée pour l'implémentation des appareils Smart (contrôleurs et passerelle) sur l'installation d'éclairage des Eaux-Vives.



DISCUSSION

Une analyse Ex-post biaisée

- Hypothèses peu fidèles à la réalité
- Analyse basée majoritairement sur des modélisations
- Questionnaire : peu de réponses
- Influence du projet CEVA sur certains indicateurs



Un Scale-up utopique



Deux cas à considérer :

Cas 1 : Remplacement des points lumineux de la ville en LED (pour les lampes non-LED)

→ coûts d'investissement à la hausse

Cas 2 : Équiper le système actuel avec les appareils Smart comme l'installation de AURORA¹

→ les lampes traditionnelles (halogènes) ne sont pas adaptées au système d'enclenchement/déclenchement fréquent

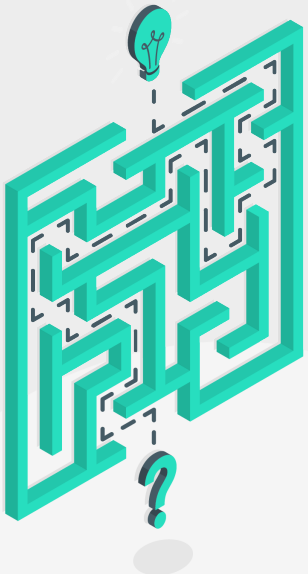
Il est possible de mesurer l'impact énergétique et économique d'un Scale-up de manière bien plus tranchée que les impacts sociaux

¹ Système de contrôle IoT à faible coût et facile à implémenter

Rossi, C., Gaetani, M. et Defina, A. 2016. « AURORA: an Energy Efficient Public Lighting IoT System for Smart Cities ». *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review* 44 (2).

Limitations

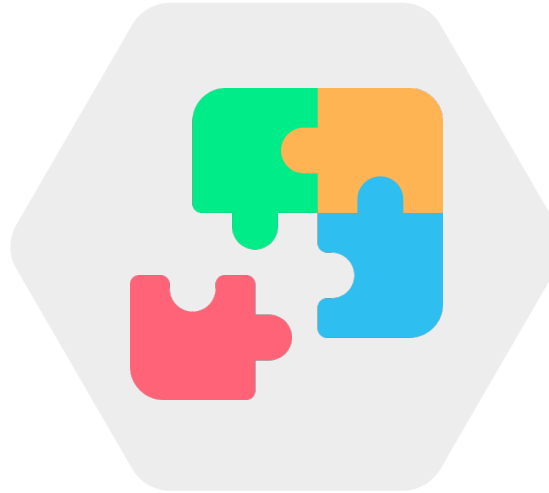
- Covid-19
- Difficulté à obtenir les données
- Aspects de cybersécurité pas considérés
- Robustesse du référentiel pas abordée





CONCLUSION

Conclusion



Référentiel modulable

Adaptation selon le Smart Project considéré



Smart Project = durable ?

→ Réponse mitigée

- Économie énergétique et financière
- Aspects sociaux quelque peu délaissés



MERCI POUR VOTRE
ATTENTION !