

Allocation of Electric Vehicle Charging Stations in Urban Areas using Geographic Information System

Berk CELIK

Assoc. Prof. in Electrical Engineering

University of Technology of Compiègne

Centre Pierre Guillaumat II, Bureau O.238

Rue du docteur Schweitzer, 60203 Compiègne

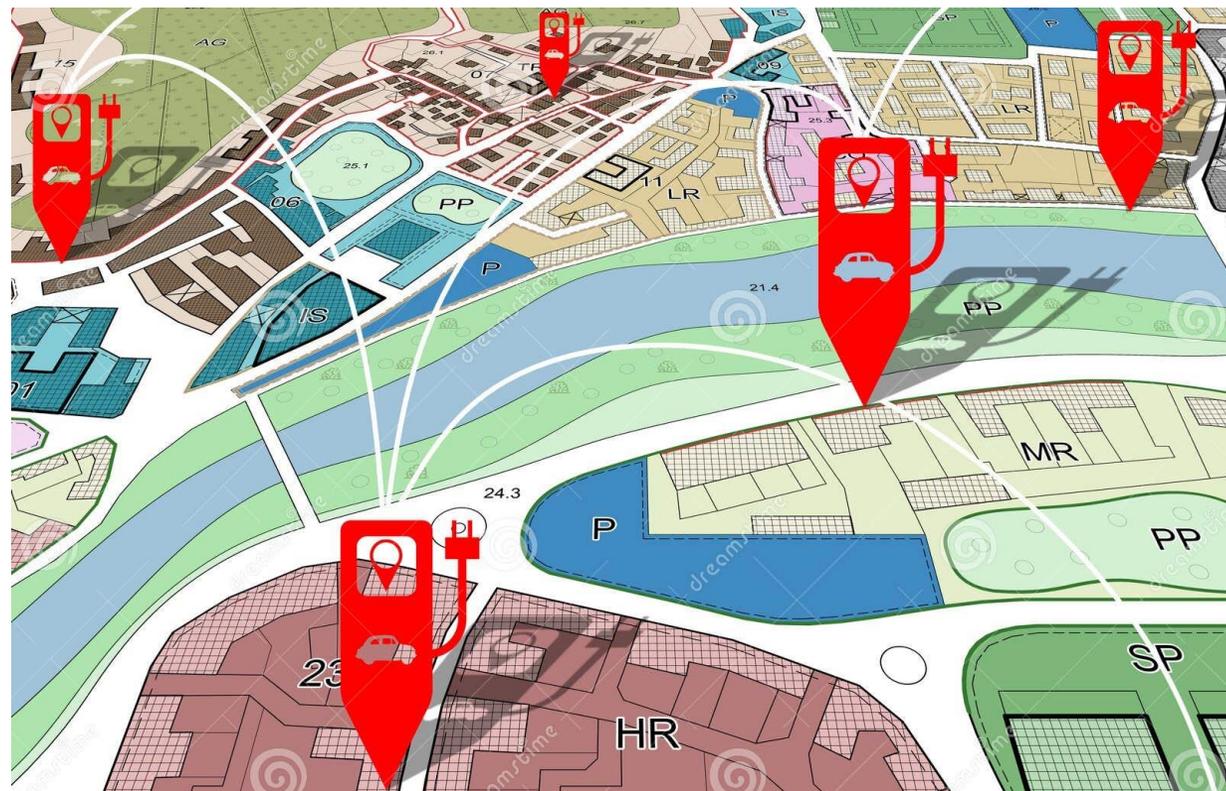
T: +33 (0) 3 44 23 44 06

E: berk.celik@utc.fr



La transition énergétique dans les transports

- **Avantages environnementaux** : La transition des véhicules à moteur à combustion vers les véhicules électriques réduira la pollution, améliorant ainsi la qualité de l'air et apportant des bénéfices pour la santé publique dans les zones urbaines.
- **Transition énergétique et durabilité** : Cette transition favorise l'intégration des énergies renouvelables et réduit la dépendance aux combustibles fossiles, s'inscrivant ainsi dans les objectifs de neutralité carbone de la France et de l'Union européenne.
- **Développement urbain et mobilité** : Elle encourage la planification d'infrastructures modernes pour soutenir les villes intelligentes, améliorer l'efficacité des transports et promouvoir un mode de vie urbain durable.
- **Impact économique** : L'expansion des stations de recharge pour véhicules électriques peut stimuler les économies locales, créer des emplois et favoriser l'innovation technologique dans les secteurs de l'énergie et de l'automobile.



Les défis de la transition énergétique dans les transports

- **Capacité du réseau et gestion de la charge** : Le réseau électrique doit être capable de gérer l'augmentation de la demande en électricité sans provoquer de surcharge ni de coupures de courant.
- **Investissement dans les infrastructures** : Des mises à niveau significatives des réseaux de distribution, des transformateurs et des stations de recharge sont nécessaires pour répondre à la demande attendue.
- **Intégration des énergies renouvelables** : Il est essentiel que l'augmentation de la demande en électricité soit couverte par des sources d'énergie durables plutôt que par des combustibles fossiles.
- **Solutions de recharge intelligente** : Le développement de réseaux de recharge intelligents permettra d'optimiser la distribution de l'énergie en exploitant les heures creuses et les stratégies de gestion de la demande.
- **Soutien réglementaire et politique** : Les politiques gouvernementales, les incitations et les stratégies d'urbanisme doivent être alignées pour faciliter efficacement cette transition.
- **Coût et accessibilité** : Il est crucial de maîtriser les coûts liés au développement des infrastructures et de garantir l'accessibilité financière de la recharge pour les utilisateurs publics et privés de véhicules électriques.

- **Introduction**

- L'importance de la transition énergétique avec les véhicules électriques
- Le concept de recherche et les objectifs

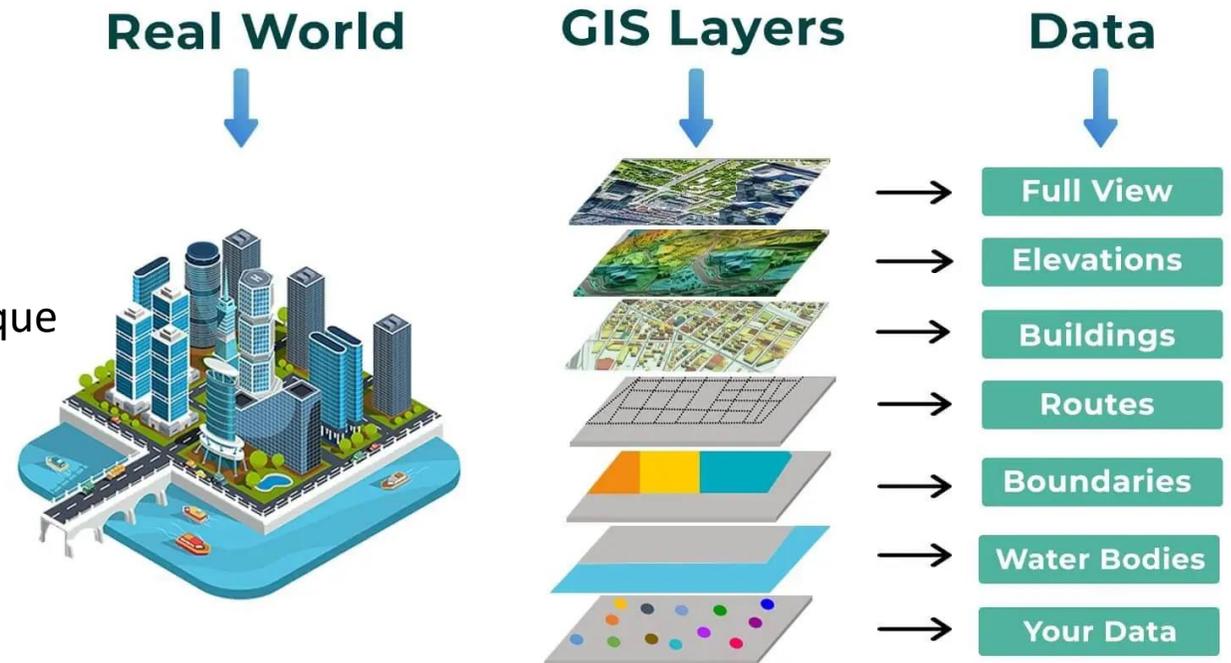
- **Méthodologie via SIG**

- Choix des indicateurs
- Pondération avec le processus analytique hiérarchique (AHP)
- Classement avec la méthode TOPSIS

- **Résultats préliminaires**

- Identification des sites adaptés avec/sans PV
- Estimation du nombre de bornes
- Comparaison des différentes pondérations

- **Conclusion**

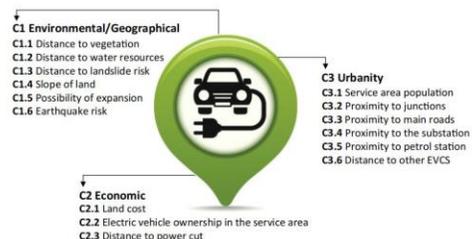


- **Concept général :**

- Placer stratégiquement les stations de recharge dans un environnement urbain est essentiel pour assurer une transition fluide vers les véhicules électriques (VE), tout en répondant aux opportunités et aux défis.
- L'optimisation de l'emplacement des stations de recharge ne se limite pas à leur disponibilité ; il s'agit également de garantir l'efficacité, la durabilité énergétique et une intégration urbaine harmonieuse. Des stations mal planifiées peuvent entraîner des défaillances du réseau électrique, des embouteillages et des inefficacités économiques, tandis que des stations bien situées accélèrent l'adoption des VE et contribuent aux objectifs de durabilité à l'échelle de la ville.

- **Concept de recherche :**

- Proposer une approche de modélisation pour déterminer l'emplacement optimal et la capacité des stations de recharge, en tenant compte des exigences locales en matière de points de recharge.
- Utiliser QGIS pour effectuer et visualiser les résultats de l'analyse spatiale sous forme de cartes et de graphiques.
- Développer une méthode permettant d'identifier et d'aider à la sélection des emplacements des stations de recharge en s'appuyant sur les Systèmes d'Information Géographique (SIG).



Choix des indicateurs

Définir les critères qui influenceront le processus de prise de décision.



Collecte des données

Rassembler les informations nécessaires pour évaluer les indicateurs.



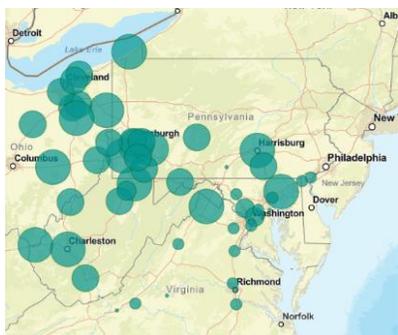
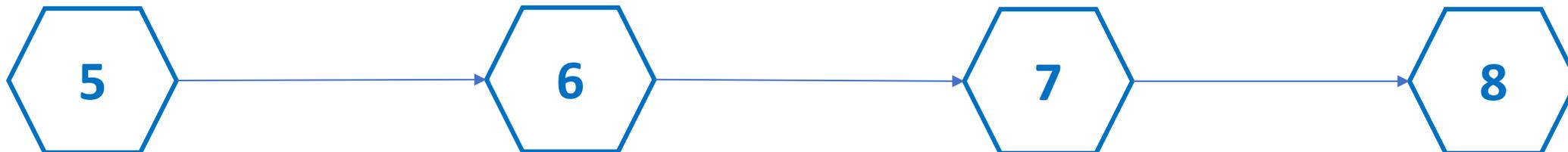
Analyse des données et calcul des indicateurs

Quantifier les indicateurs sélectionnés pour une comparaison objective.



Pondération des indicateurs

Attribuer de l'importance à chaque indicateur en fonction de son impact.



Délimitation des sites

Identifier les zones qui répondent aux critères minimaux d'adéquation.



Classement des sites

Prioriser les emplacements en fonction de leurs scores d'adéquation.



Estimation de la capacité

Déterminer le nombre requis de points de recharge par site.



Comparaison des différentes pondérations

Tester différents modèles de priorisation pour évaluer la sélection des sites.

Utilisation des données



- La géométrie des ***hexagones*** est structurée pour représenter les courbes des entités géographiques.
 - 53,1 km² - Compiègne.
 - Grilles hexagonales avec un rayon de 50 m.

Sélection des indicateurs

Aspect	Indicateur	Score	Interprétation												
C1 – Environnement	C1.1 - Forêt	0/1/2/3/4/5	<table border="0"> <tr><td>300 <</td><td>5</td></tr> <tr><td>250 – 300</td><td>4</td></tr> <tr><td>200 – 250</td><td>3</td></tr> <tr><td>150 – 200</td><td>2</td></tr> <tr><td>100 – 150</td><td>1</td></tr> <tr><td>< 100</td><td>0</td></tr> </table> <p>Il ne peut pas être installé en zone forestière pour des raisons de préservation des espaces naturels et de risques d'incendie.</p>	300 <	5	250 – 300	4	200 – 250	3	150 – 200	2	100 – 150	1	< 100	0
		300 <	5												
250 – 300	4														
200 – 250	3														
150 – 200	2														
100 – 150	1														
< 100	0														
C1.2 – Risque d'inondation	0/5	<table border="0"> <tr><td>Aucun risque</td><td>0</td></tr> <tr><td>Avec risque</td><td>5</td></tr> </table> <p>Les risques d'inondation peuvent endommager les bornes de recharge et impacter leur disponibilité.</p>	Aucun risque	0	Avec risque	5									
Aucun risque	0														
Avec risque	5														
C2 – Transport	C2.1 – Stations-service existantes	0/5	<table border="0"> <tr><td>0 station</td><td>5</td></tr> <tr><td>1 station</td><td>0</td></tr> </table> <p>Certaines stations-service existantes peuvent être reconverties pour accueillir des bornes de recharge électriques.</p>	0 station	5	1 station	0								
	0 station	5													
	1 station	0													
	C2.2 – Bornes de recharge existantes	0/5	<table border="0"> <tr><td>300 <</td><td>0</td></tr> <tr><td>< 300</td><td>5</td></tr> </table> <p>Les nouvelles bornes de recharge devraient être situées loin des bornes de recharge existantes pour une meilleure répartition spatiale et une concurrence réduite.</p>	300 <	0	< 300	5								
300 <	0														
< 300	5														
C2.3 – Routes principales	0/5	<table border="0"> <tr><td>50 <</td><td>5</td></tr> <tr><td>< 50</td><td>0</td></tr> </table> <p>L'accès aux bornes de recharge le long des principales autoroutes réduit l'anxiété liée à l'autonomie, facilite les déplacements interurbains en véhicules électriques et minimise les détours</p>	50 <	5	< 50	0									
50 <	5														
< 50	0														
C2.4 – Arrêts de bus	0/3/5	<table border="0"> <tr><td>1 arrêt</td><td>3</td></tr> <tr><td>2 arrêts</td><td>5</td></tr> </table> <p>Assurer un accès facile aux arrêts de bus peut encourager l'utilisation combinée des véhicules électriques et des transports publics.</p>	1 arrêt	3	2 arrêts	5									
1 arrêt	3														
2 arrêts	5														

Sélection des indicateurs

Aspect	Indicateur	Score	Interprétation	
C3 – Sociale	C3.1 - Lieu de travail et d'étude (bureau, école, bibliothèque)	5	5	
		4	4	
		3	3	
		2	2	
		1	1	
		0	0	
	C3.2 – Attraction (parc, touristique, château, musée, église)(m)	0/5	200 <	5
			< 200	0
	C3.3 – Bâtiment public (supermarché, restaurant, hôtel, grand magasin, établissement de santé, sport, théâtre et cinéma)	0/1/3/5	3	5
			2	3
			1	1
	C3.4 – Zone résidentielle (nombre de logements)	0/1/2/3/4/5	1770 – 2212	5
			1328 – 1770	4
			886 – 1328	3
			444 – 886	2
			1 – 444	1
	C3.5 – Densité de population	0/1/2/3/4/5	706 – 883	5
			530 – 706	4
354 – 530			3	
117 – 354			2	
1 – 117			1	
C3.6 - Capacité du parking public (m2)	0/1/2/3/4/5	9444 – 11806	5	
		7083 – 9444	4	
		4722 – 7083	3	
		2361 – 4722	2	
		1 – 2361	1	

Sélection des indicateurs

Aspect	Indicateur	Score	Interprétation
C4 – Technique	C4.1 – Distance au réseau électrique (m)	0/5	<p>5 5</p> <p>4 4</p> <p>3 3</p> <p>2 2</p> <p>1 1</p> <p>0 0</p> <p>La présence d'un réseau électrique existant permet de raccorder une borne de recharge sans avoir à supporter les coûts élevés nécessaires à la modification du réseau électrique.</p>
	C4.2 – Niveau d'irradiation solaire ((kWh/m2)	0/1/2/3/4/5	<p>> 1128 5</p> <p>1121 – 1128 4</p> <p>1114 – 1121 3</p> <p>1106 – 1114 2</p> <p>1099 – 1106 1</p> <p>< 1099 0</p> <p>Déterminer la quantité d'énergie solaire disponible pour alimenter les bornes de recharge photovoltaïques.</p>

Pondération avec processus de hiérarchie analytique (AHP)

- L'AHP permet de prioriser les options en fonction de plusieurs critères en comparant chaque critère par paire afin de déterminer leur importance relative.

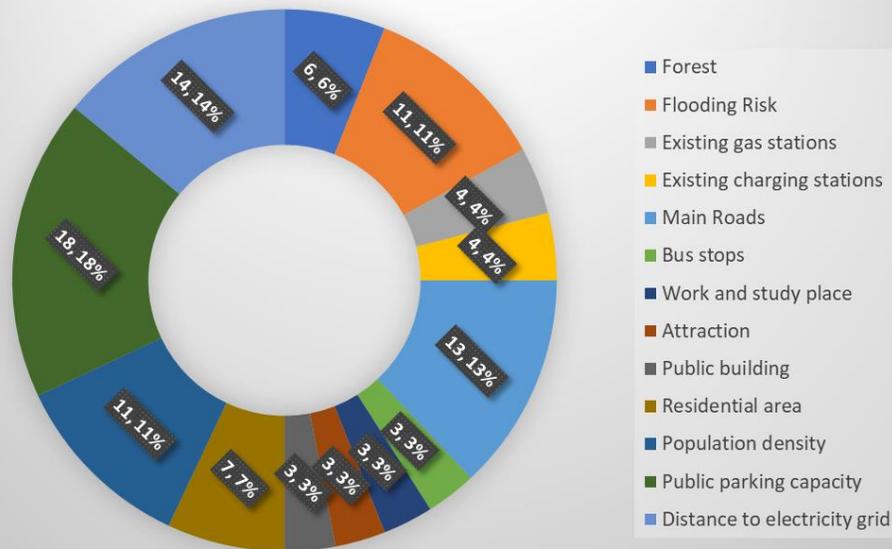
Intensité de l'importance	Définition
1	Importance égale
3	Importance modérée de l'un par rapport à l'autre
5	Essentiel ou très important
7	Très haute importance
9	Extrême importance
2,4,6,8	Les valeurs intermédiaires entre les deux jugements adjacents

Aspect	Environnement	Transport	Sociale	Technique	Pondération
Environnement	1	1/2	1/3	2	0.173
Transport	2	1	1/3	2	0.237
Sociale	3	3	1	2	0.452
Technique	1/2	1/2	1/2	1	0.138

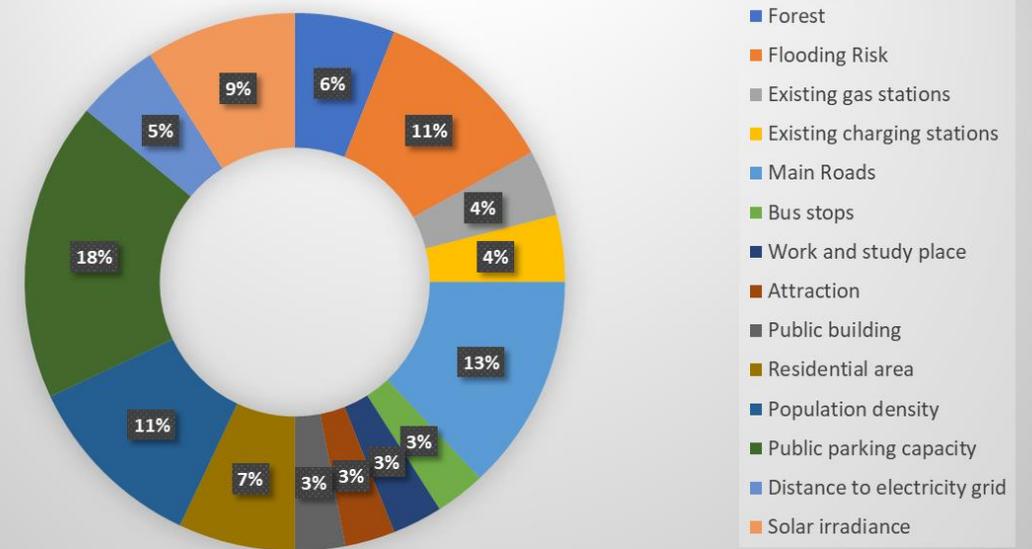
Pondération avec processus de hiérarchie analytique (AHP)

- Les critères les plus importants (pondération) :
 - capacité de stationnement public (0,178)
 - réseau électrique (0,138)
 - routes principales (0,126)

Weighting for the electric charging station



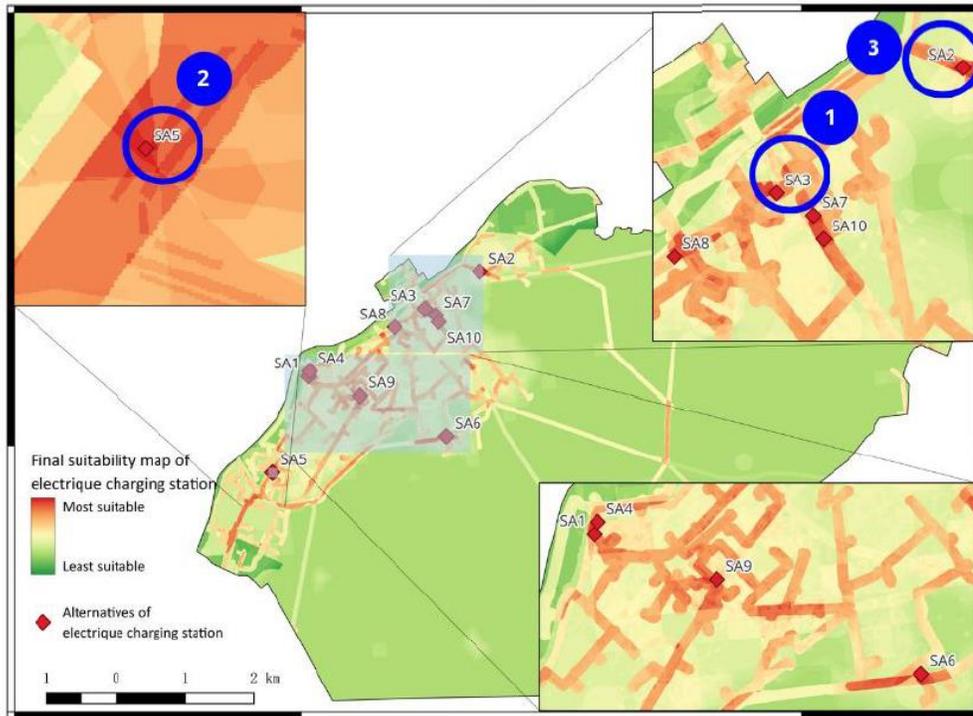
Weighting for the electric charging station with solar energy



Classement des sites avec TOPSIS

- La méthode TOPSIS classe les options en fonction de leur proximité avec une solution idéale, en considérant simultanément les critères à maximiser et à minimiser.

Sites sans PV

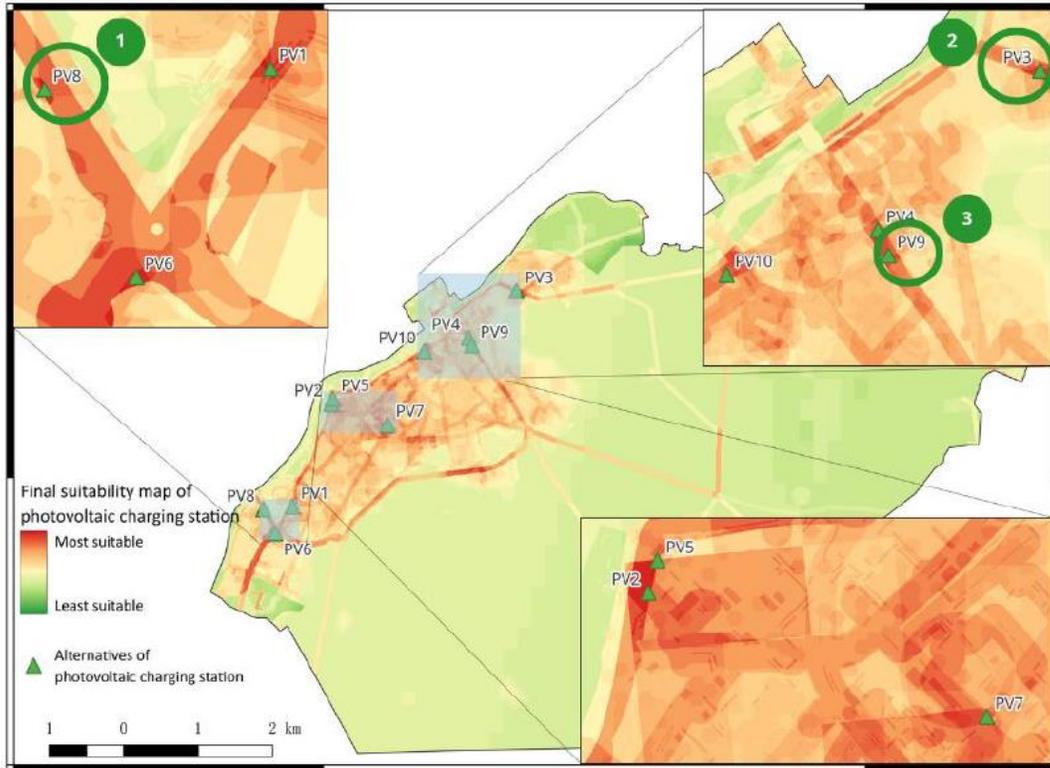


Classement	Sites sans PV	Score TOPSIS	Commentaires
1	SA3	0.6754	Capacité de stationnement supérieure
2	SA5	0.3288	Moins de capacité de stationnement, plus de densité de population
3	SA2	0.3266	A proximité de la route secondaire

Classement des sites avec TOPSIS

- La méthode TOPSIS classe les options en fonction de leur proximité avec une solution idéale, en considérant simultanément les critères à maximiser et à minimiser.

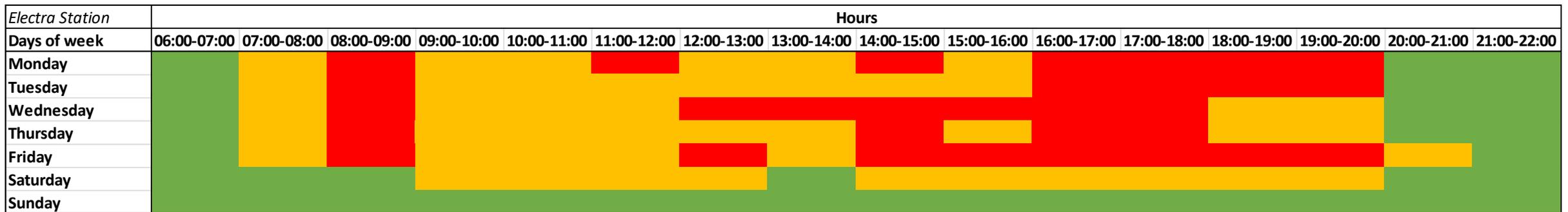
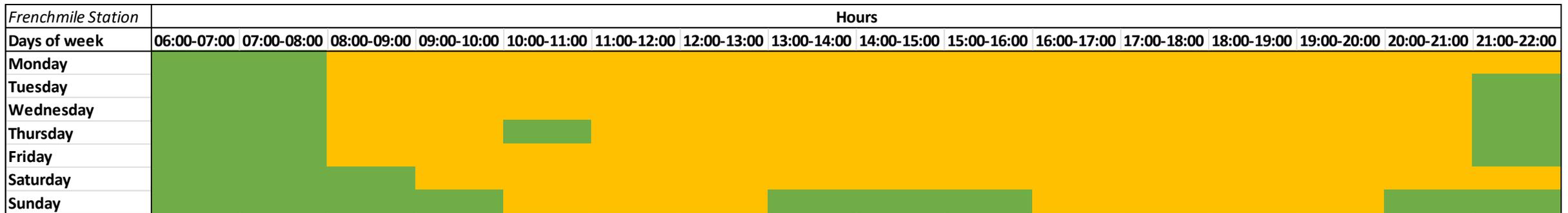
Sites avec PV



Classement	Sites avec PV	Score TOPSIS	Commentaires
1	PV8	0.4880	Irradiation horizontale globale plus élevée, densité modérée, nombreuses places de stationnement
2	PV3	0.4832	Excellente distance au réseau électrique
3	PV9	0.4490	A proximité de la zone résidentielle

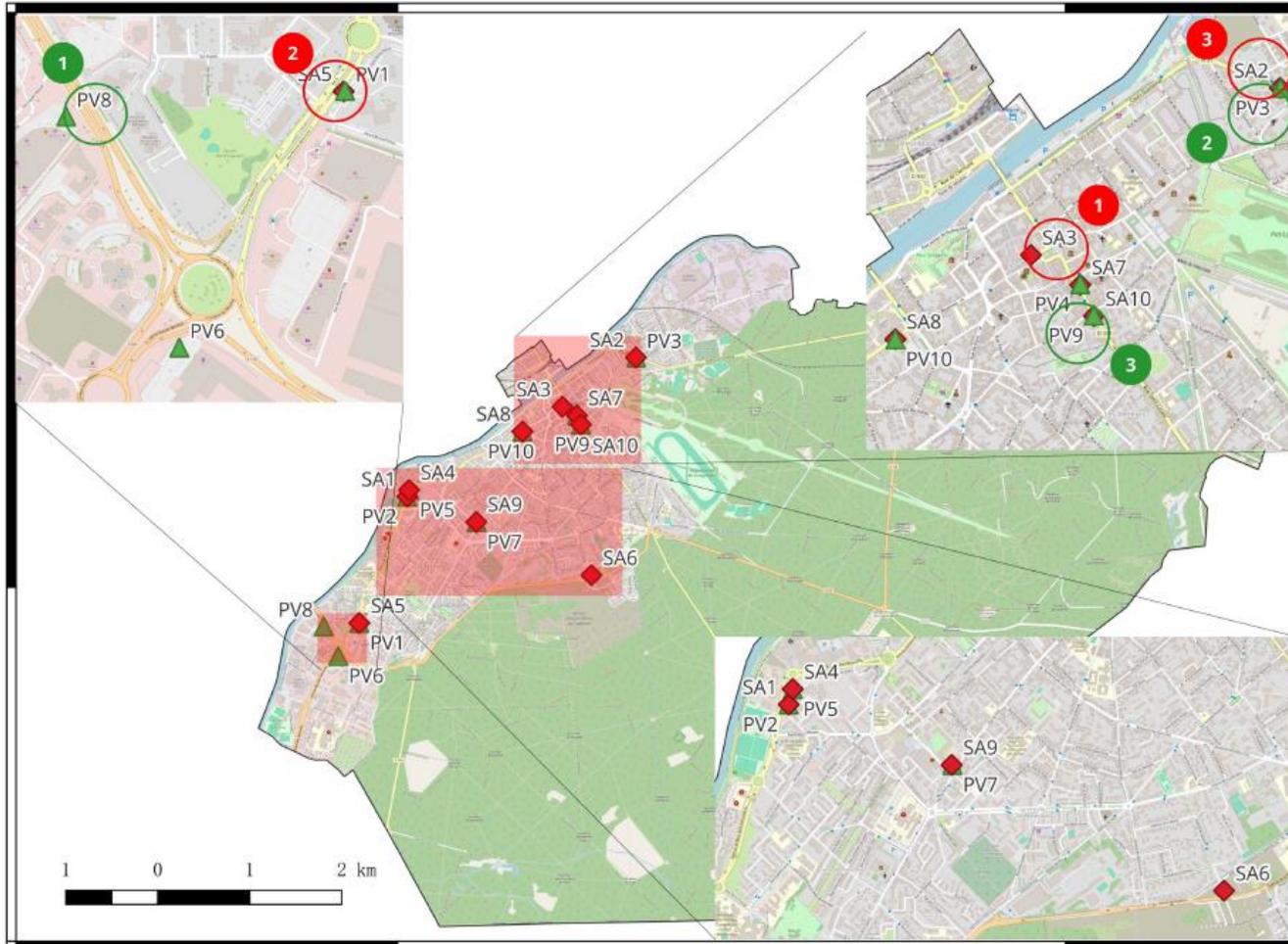
Estimation de la capacité de la borne de recharge

- Analyser le flux de trafic selon le trafic habituel de Google Maps en utilisant trois catégories : faible, moyen et élevé, en se basant sur les estimations de deux stations de recharge existantes.



Nom de la station	Faible (vert)	Moyen (Jaune)	Haut (Rouge)	Capacité
Frenchmile Station	24%	76%	0%	4
Electra Station	38%	37%	25%	5

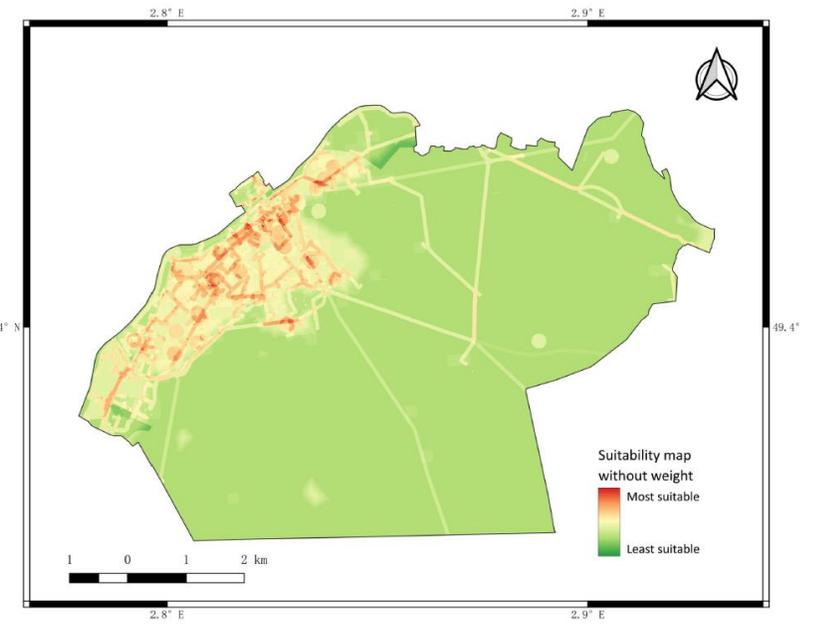
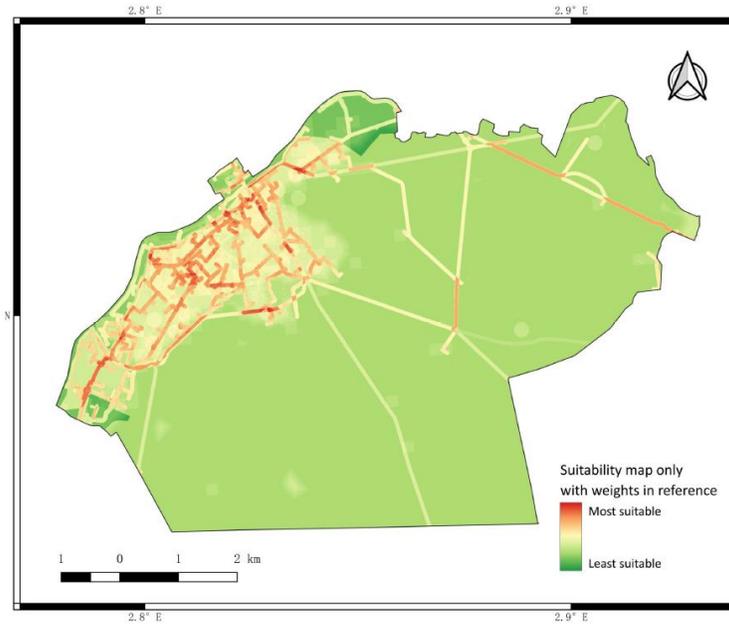
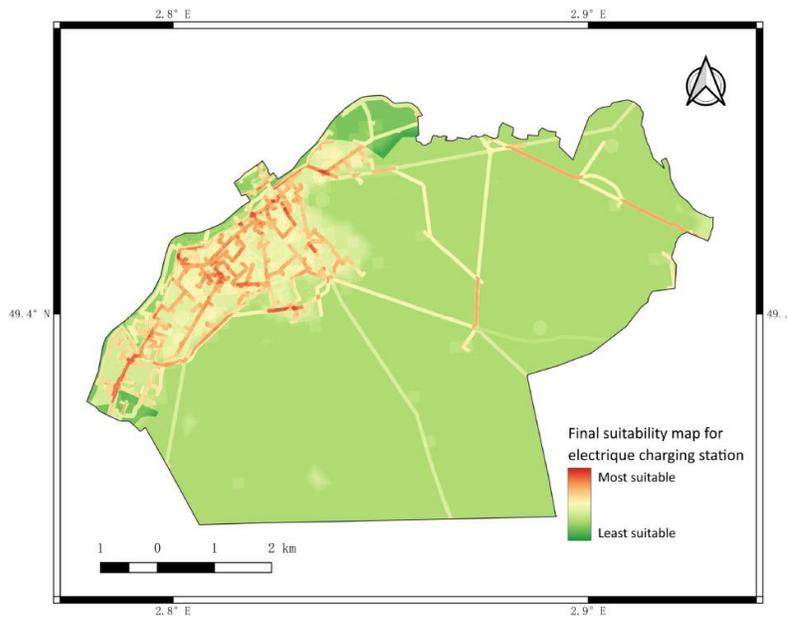
Estimation de la capacité de la borne de recharge



Sites	Score	Capacité	Commentaires
SA3	0.6754	4	Flux de trafic similaire avec Freshmile
SA5	0.3288	3	Pas d'heures de trafic intense
SA2	0.3266	2	Trafic globalement faible
PV8	0.4880	3	Malgré un trafic élevé de 8%, de nombreuses périodes de faible trafic
PV3	0.4832	2	Trafic globalement faible
PV9	0.4490	3	Seulement 1 heure dans un trafic dense, beaucoup de temps dans un trafic léger

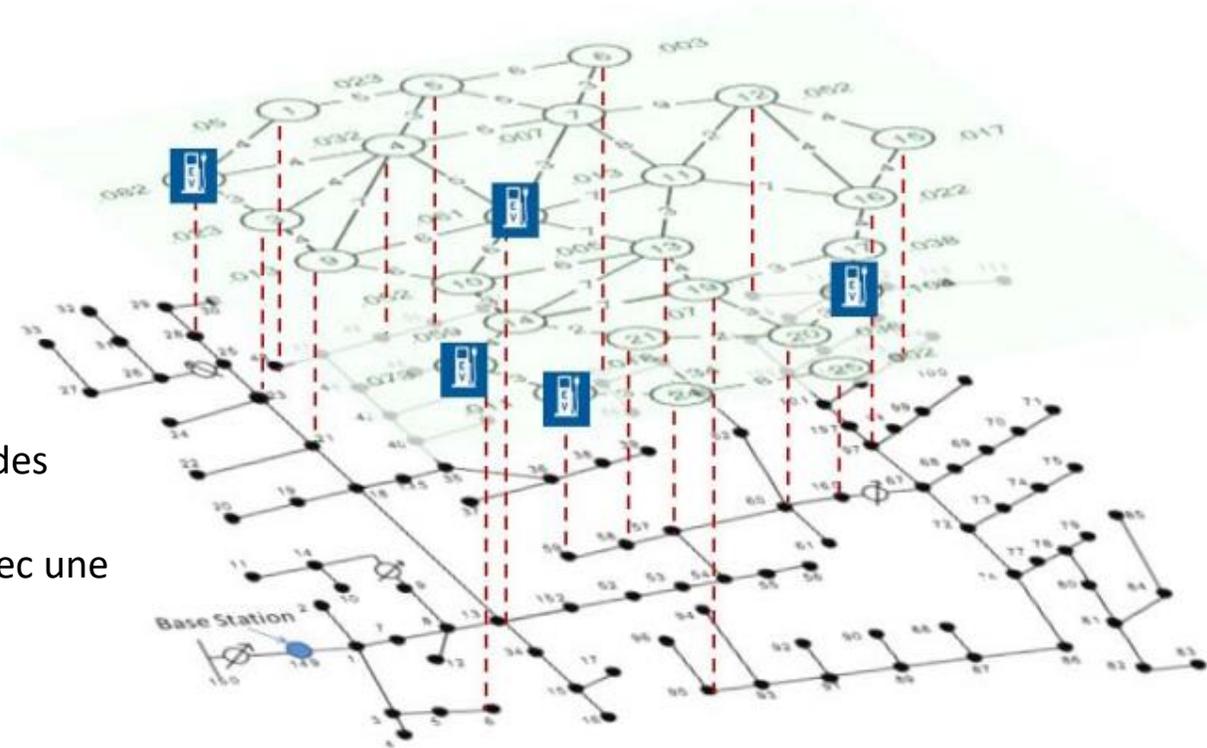
Comparaison des pondérations

- Trois modèles de pondération différents :
 - Mixte (références + hypothèses)
 - Basé uniquement sur des références
 - Importance égale (facteurs de pondération tous fixés à 1)



Conclusion

- L'étude propose une approche structurée et basée sur les SIG pour la planification des stations de recharge pour véhicules électriques en milieu urbain, la prise de décision multicritères et les considérations de durabilité
- **Conclusion:**
 - Identification des stations de recharge adaptées en tenant compte de l'accessibilité.
 - Les facteurs les plus critiques pour la sélection des sites sont la capacité de stationnement public, la proximité du réseau électrique et l'accès aux routes principales.
 - Les emplacements ayant un fort potentiel d'irradiation solaire ont été identifiés, permettant l'installation de stations de recharges photovoltaïques.
- **Prochaines étapes :**
 - Déterminer le profil de consommation électrique quotidienne des véhicules électriques
 - Effectuer une analyse d'impact sur le réseau électrique local avec une analyse du flux de puissance
 - Effectuer une enquête locale pour déterminer la pondération



Merci pour votre attention !

Berk CELIK

*Assoc. Prof. in Electrical Engineering
University of Technology of Compiègne
Centre Pierre Guillaumat II, Bureau O.238
Rue du docteur Schweitzer, 60203 Compiègne
T: +33 (0) 3 44 23 44 06
E: berk.celik@utc.fr*

