

# Transport en commun : Comment mesurer l'embarras du choix ?

Alexis Frappier, M.Sc.A.  
Polytechnique Montréal

Pr. Catherine Morency  
Pr. Martin Trépanier



51<sup>ème</sup> Congrès de l'AQTr  
11 avril 2016



# Plan de la présentation

1. Introduction
2. Revue de littérature
3. Analyse de sondages
4. Méthodologie
5. Résultats
6. Conclusion

# 1. Introduction – *Mise en contexte*

Quels sont les choix disponibles pour se rendre en TC du coin Sherbrooke / Papineau vers le Centre-ville ?

# 1. Introduction – *Mise en contexte*

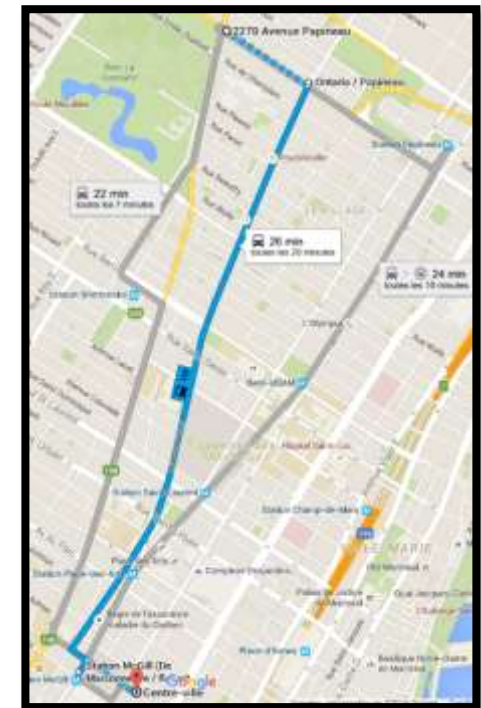
3 alternatives disponibles :



Bus 24



Bus 45 + Métro 1



Bus 125

# 1. Introduction – *Hypothèses*

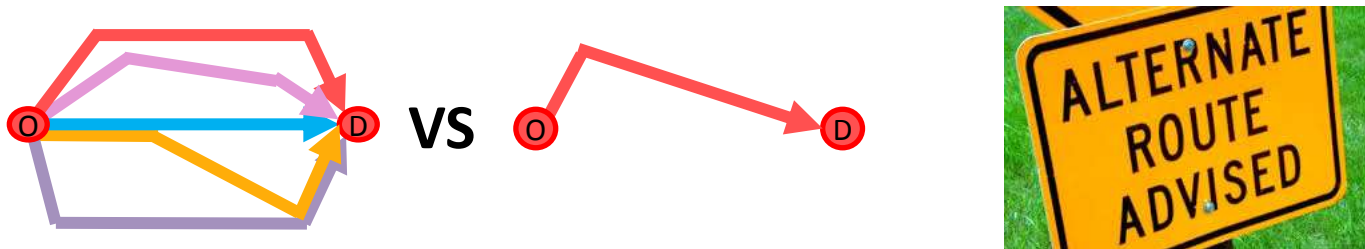
## Hypothèse principale :

Il est pertinent de prendre en compte l'ensemble des alternatives disponibles évaluer l'attractivité du TC

Hypothèse 1 : *Le temps comme unique variable n'est pas suffisante pour évaluer la **qualité** d'un trajet en TC*



Hypothèse 2 : *Plus la **diversité** des alternatives disponibles est grande, plus l'attractivité du transport en commun pour le trajet est importante*

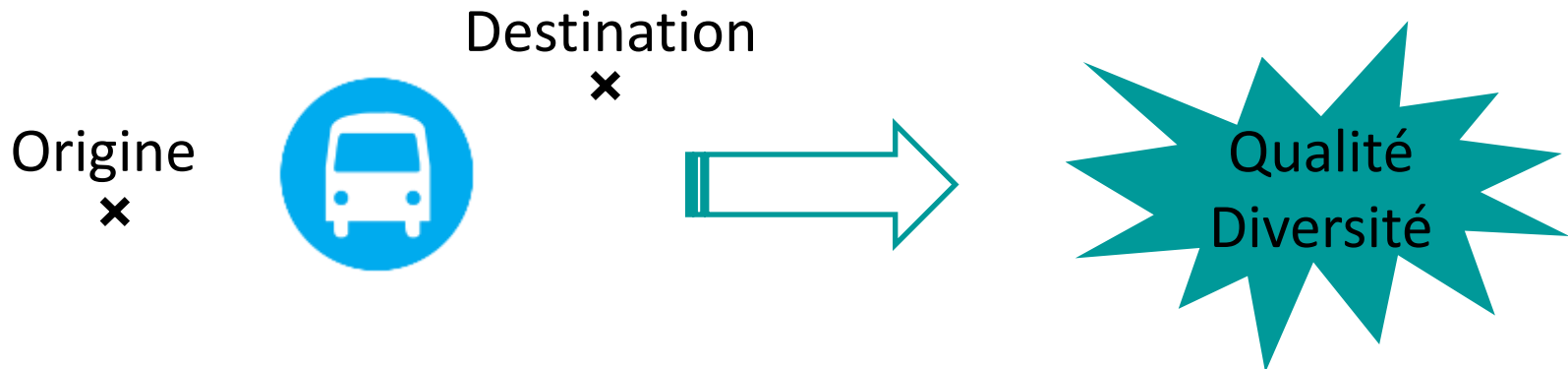


# 1. Introduction – *Problématique et objectifs*

Comment peut-on évaluer l'ensemble des alternatives de TC disponibles pour un déplacement spécifique ?

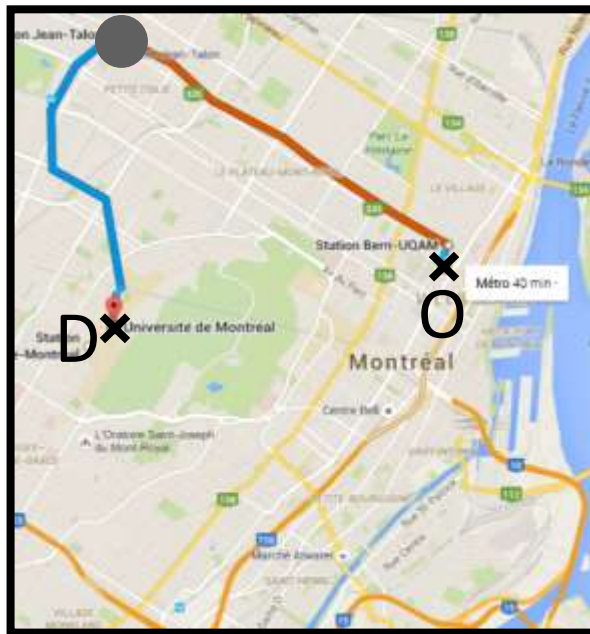
## Objectif:

Développer une méthode qui fournit deux **indicateurs** pour mesurer la **qualité** et la **diversité** d'un éventail d'alternatives disponibles

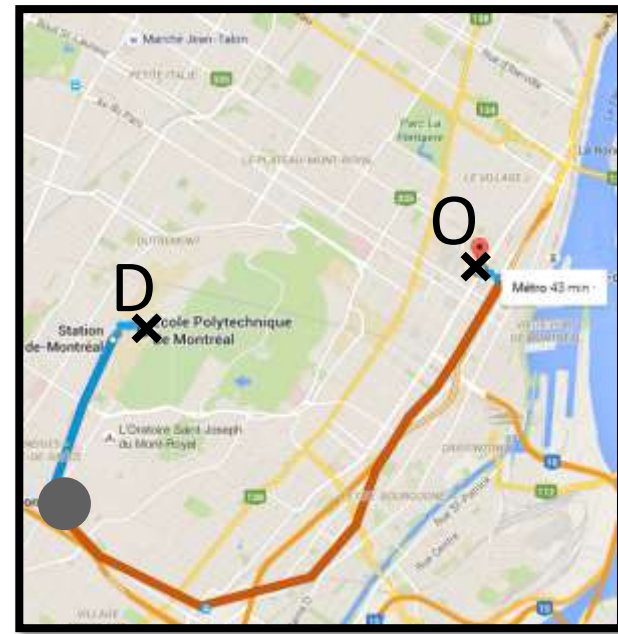


# 1. Introduction – Définition

Une **alternative de transport en commun** est une séquence de lignes et de correspondances différentes, dont le temps total ne dépasse pas deux fois le temps de l'alternative ayant la durée la plus courte.



M2 → Jean Talon → M5



M2 → Snowdon → M5

## 2. Revue de littérature – *Les mesures de la qualité du service*

- Utilisation du temps
- Pénalités de correspondances
- Temps d'attente / fréquence
- Fiabilité
- Temps réel
- Achalandage / confort à bord
- Aménagements aux arrêts
- Distorsion géométrique ...



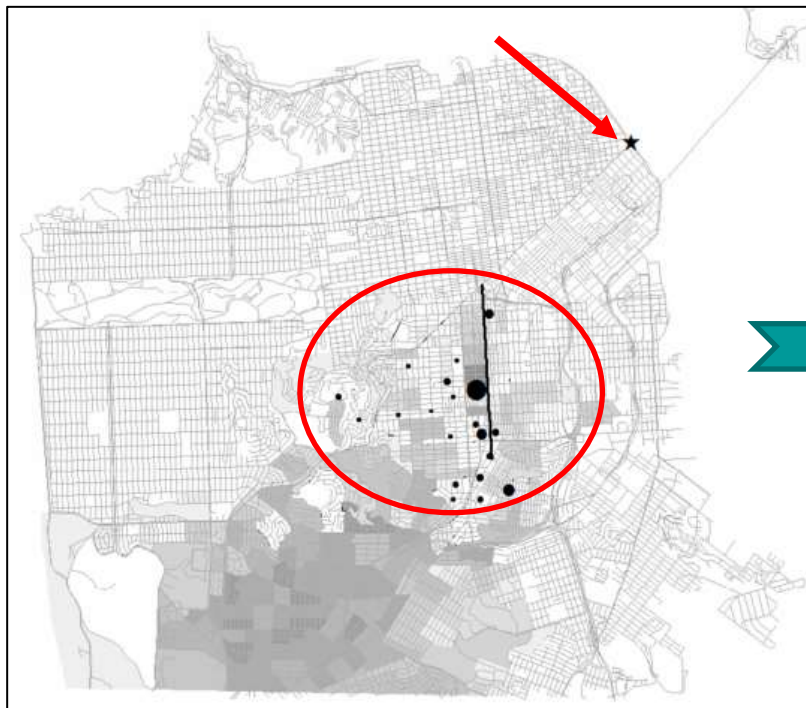


## 2. Revue de littérature – *La diversité des routes*

Nassir, N., Ziebarth, J., Sall, E., & Zorn, L. (2014). A Choice Set Generation Algorithm Suitable for Measuring Route Choice Accessibility. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2430), 170-181.



Calcul de l'accessibilité vers une destination sur le réseau cyclable de San Francisco après ajout d'une piste cyclable



Trajet plus rapide



10 meilleurs trajets

### 3. Analyses de sondages

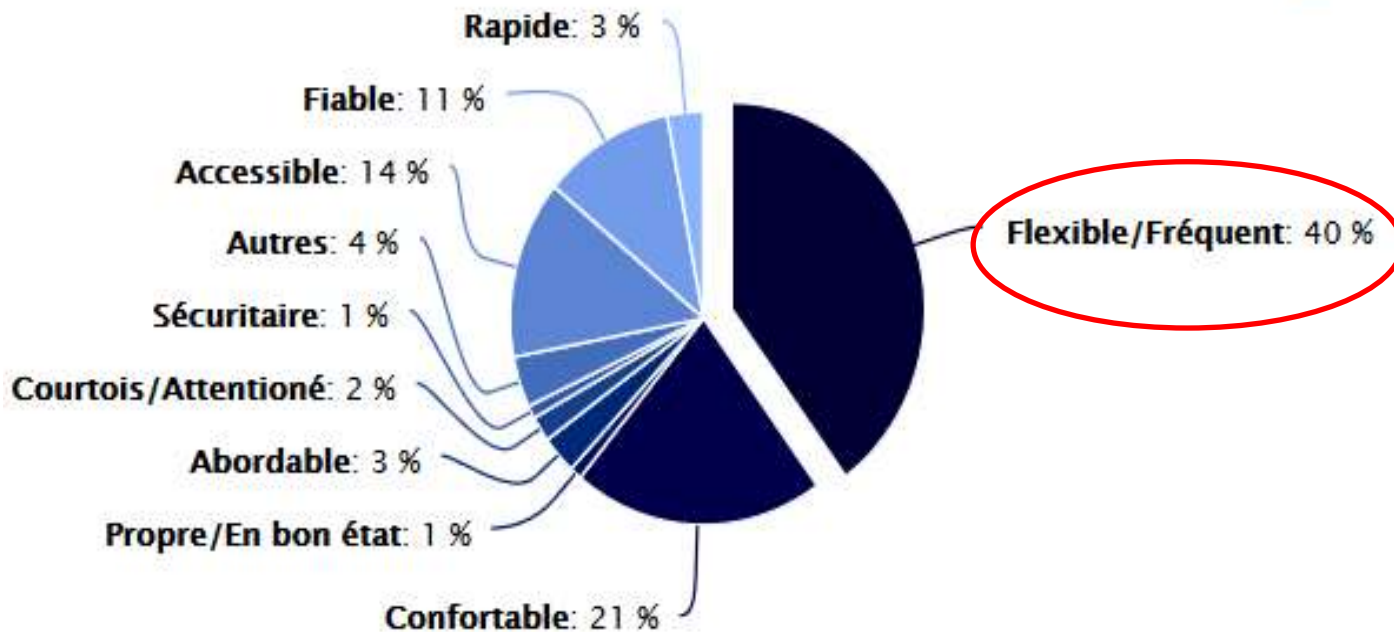
Analyse de sondages de 3 sociétés  
de transport de la région de Montréal



### 3. Attentes et perceptions des usagers montréalais

*Enquête à bord AMT*

2012



# 3. Attentes et perceptions des usagers montréalais

## Les attentes du panel de la STM



Réguliers (N=1288)			Occasionnels (N=444)		
Fiabilité du service	1040	81%	Fiabilité du service	332	75%
Fréquence	941	73%	Fréquence	285	64%
Infos sur les interruptions de service	562	44%	Sécurité	222	50%
Sécurité	555	43%	Infos sur les interruptions de service	166	37%
Niveau entassement	547	42%	Propreté	134	30%
Synchronisation des correspondances	395	31%	Niveau entassement	128	29%
Propreté	335	26%	Synchronisation des correspondances	126	28%
Heures de fermeture	305	24%	Qualité d'air	119	27%
Température	290	23%	Fonctionnement des escalators	117	26%
Disponibilité des places assises	281	22%	Heures de fermeture	98	22%
Qualité d'air	277	22%	Courtoisie loge du métro	89	20%
Fonctionnement des escalators	270	21%	Accès point d'appui	89	20%
Accès point d'appui	217	17%	Disponibilité des places assises	86	19%
Courtoisie loge du métro	152	12%	Température	84	19%
Facilité d'orientation	106	8%	Facilité d'orientation	79	18%
Douceur du roulement	84	7%	Douceur du roulement	27	6%
Bruit	61	5%	Bruit	22	5%

➔ Nombre et pourcentage d'usagers du métro ayant cité l'attente correspondante parmi leurs 5 plus importantes

# 3. Attentes et perceptions des usagers montréalais



## Les perceptions des Longueuillois

### Volet téléphonique



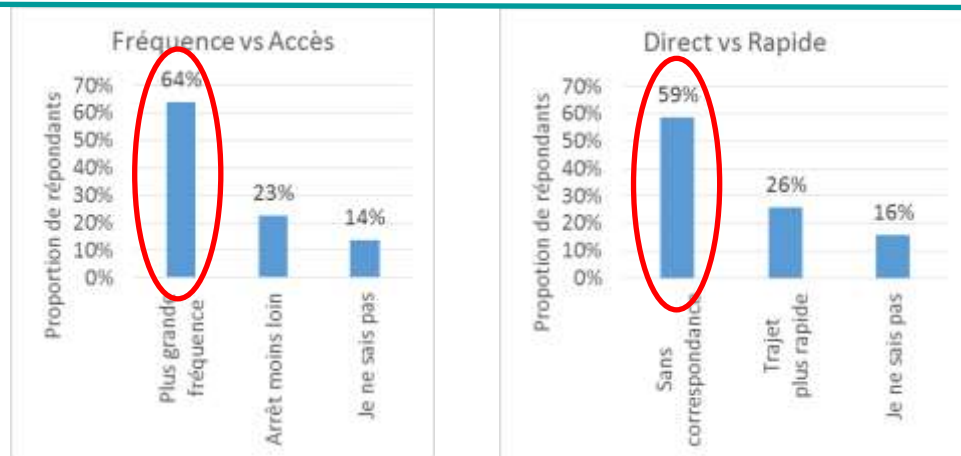
Évaluation de l'importance de certaines attentes par les utilisateurs du TC (N=836)

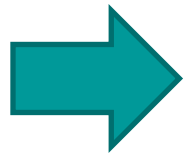
	Je ne sais pas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Moyenne
Fréquence	0%	0%	0%	1%	1%	2%	2%	9%	27%	22%	35%	8,50
Proximité et facilité d'accès	0%	1%	1%	1%	0%	1%	3%	7%	26%	24%	34%	8,44
Niveau de détente/confort/sécurité	0%	1%	1%	0%	1%	5%	5%	18%	31%	13%	24%	7,97
Fiabilité (respect heure arrivée)	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	7%	22%	23%	42%	8,76
Temps de parcours	0%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	13%	26%	21%	30%	8,38
Facilité du parcours	0%	1%	0%	1%	1%	3%	5%	14%	29%	20%	25%	8,10
Flexibilité	0%	1%	0%	0%	2%	4%	5%	13%	29%	18%	25%	7,89

### Volet web



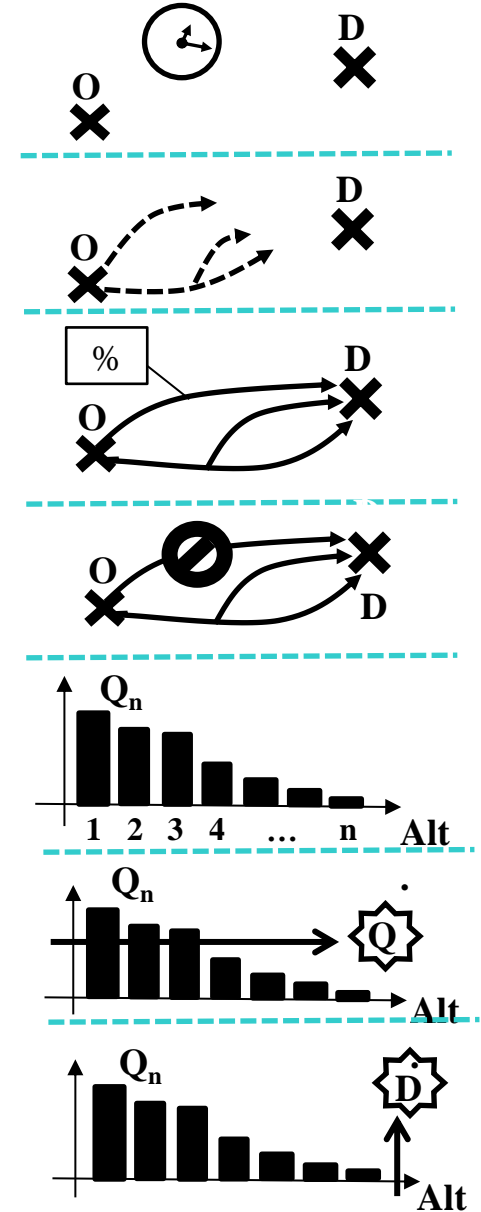
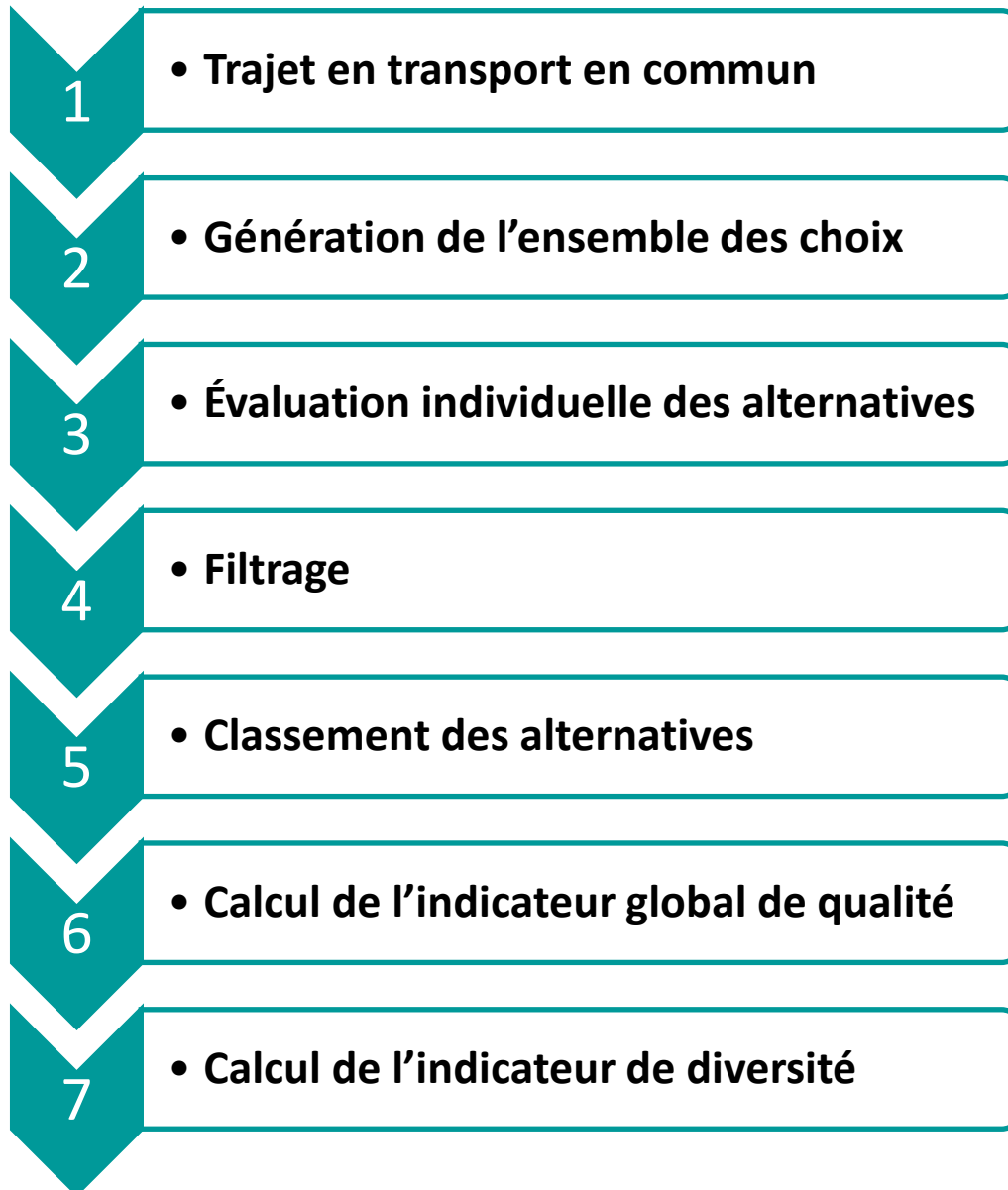
Choix des répondants parmi deux options (N=403)



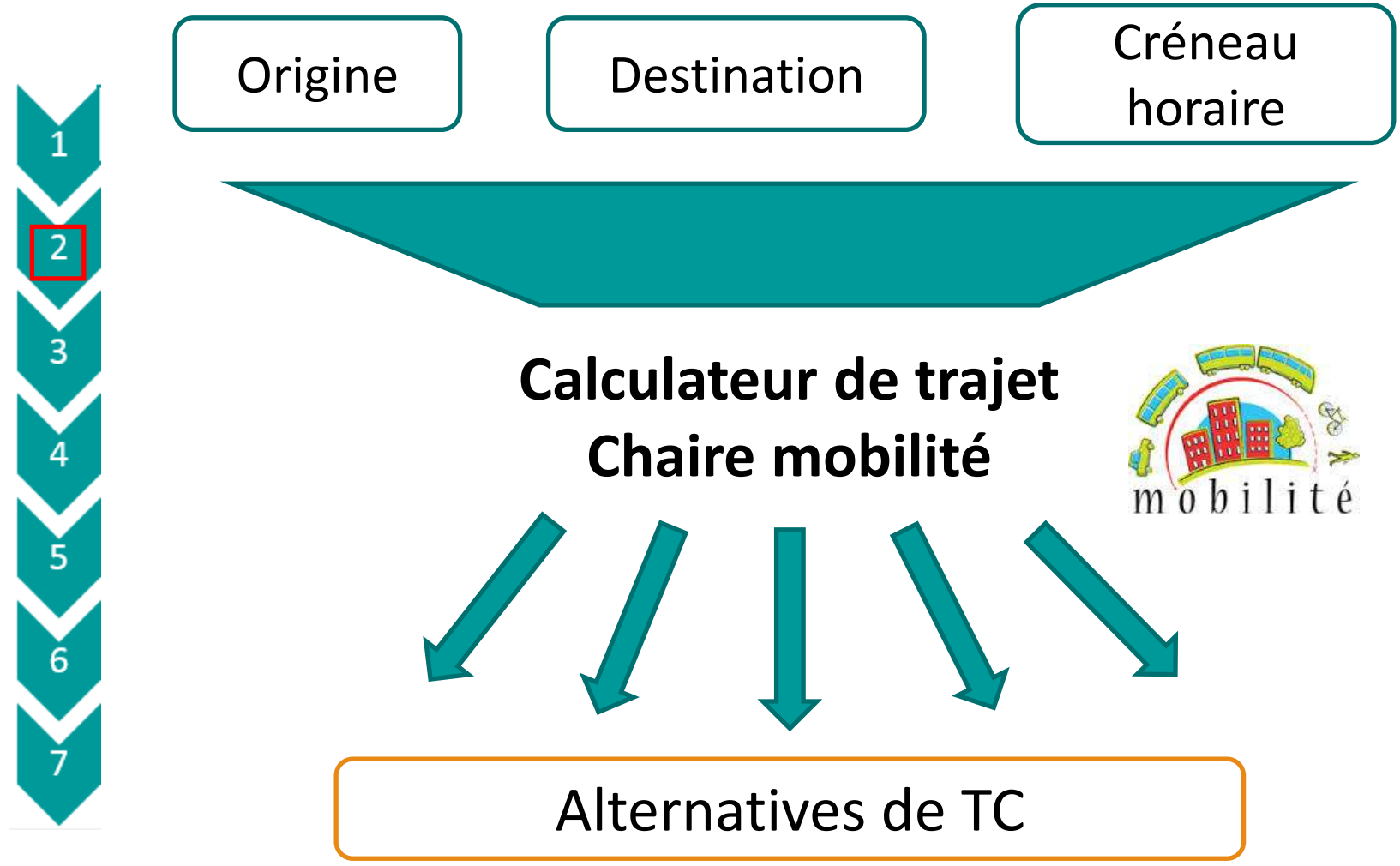


Besoin d'indicateurs pour prendre en compte les alternatives TC et mesurer leur qualité et leur diversité

# 4. Méthodologie – Structure globale pour une OD



# 4. Méthodologie – Génération de l'ensemble des choix





# 4. Méthodologie – *Evaluation individuelle*



- Temps d'accès à la marche  $T_{acc}$
- Temps d'attente  $T_{att}$
- Temps en véhicule  $T_{véh}$
- Temps de marche en correspondance  $T_{marc}$
- Temps d'attente en correspondance  $T_{attc}$
- Temps de sortie à la marche  $T_{sor}$

Indicateurs de temps

- Coût monétaire du trajet  $C$

Indicateur de coût

- Nombre de correspondances  $N_c$
- Coût de correspondance  $C_c$

Indicateurs de correspondance

- Coût angulaire  $C_{ang}$
- Hauteur maximum  $H_{max}$

Indicateurs de directitude

- Capacité horaire  $C_{ph}$
- Distance entre les arrêts  $Stop_{km}$

Indicateurs de performance

- Niveau d'indépendance  $in$

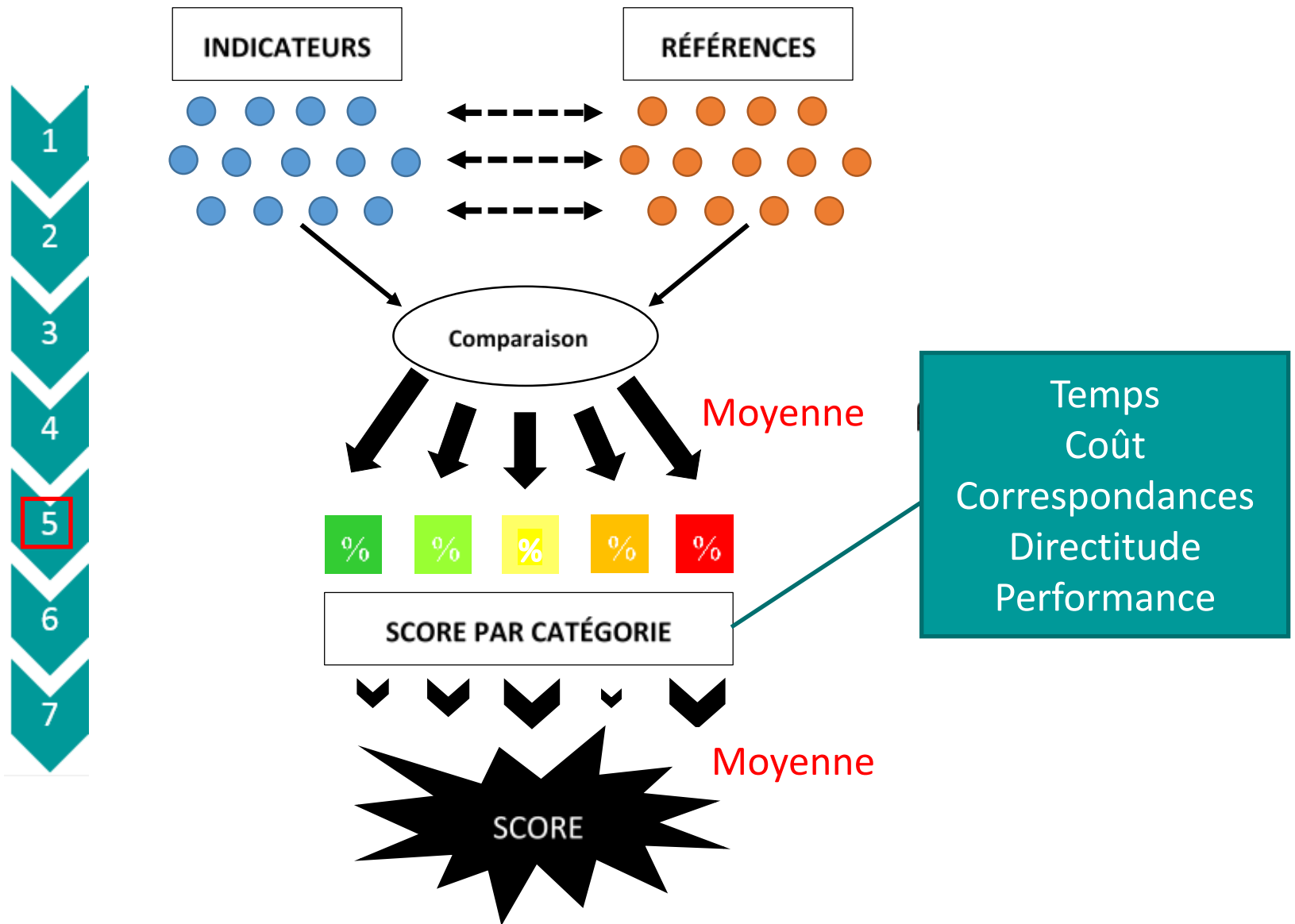
Indicateur de similarité

## 4. Méthodologie – *Filtrage*



- ✓ Minimum de **2 arrêts par ligne de bus** simple (non express)
- ✓ Aucune alternative avec plus de **3 correspondances**
- ✓ Temps d'**accès** et de **sortie** maximum de **23 minutes**
- ✓ Temps de **correspondance** maximum de **30 minutes**
- ✓ Temps de trajet **2 fois** le temps du meilleur trajet
- ✓ Niveau d'**indépendance** d'au moins **33%**

# 4. Méthodologie – Classement des alternatives



## 4. Méthodologie – *Indicateur de qualité*



Position	Score	Pondération
1	70 %	16
2	60 %	8
3	50 %	4
4	40 %	2
5	30 %	1

$$Q = \frac{\sum_i Qi * Pi}{\sum_i Pi}$$

→ *moyenne pondérée par le classement du score de qualité des alternatives*

Exemple :

$$16 * 70\% + 8 * 60\% + 4 * 50\% + 2 * 40\% + 1 * 30\% = 19.1$$

$$16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 31$$

$$\Rightarrow Q = 61.6 \%$$

## 4. Méthodologie – *Indicateur de diversité*



Alternative	Indépendance
<b>1</b>	35 %
<b>2</b>	50%
<b>3</b>	75 %
<b>4</b>	60 %
<b>5</b>	100 %

$$D = \sum_i i n_i$$

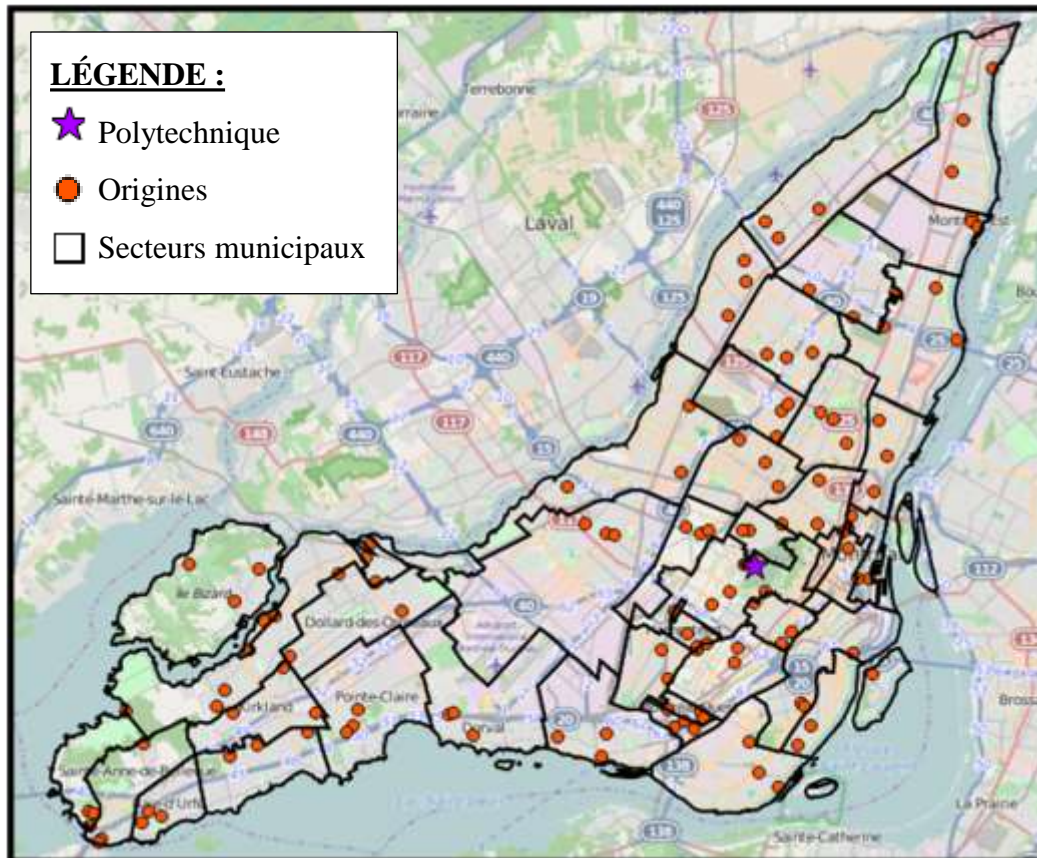
*Somme des niveaux d'indépendance des alternatives*

Exemple :

$$D = 35\% + 50\% + 75\% + 60\% \\ 100\%$$

$$\Rightarrow D = \mathbf{3,2}$$

## 5. Résultats – Automatisation sur l'île de Montréal



- 123 paires OD
- Destination Polytechnique
- 3 Origines par SM
- 7h – 8h AM (semaine)

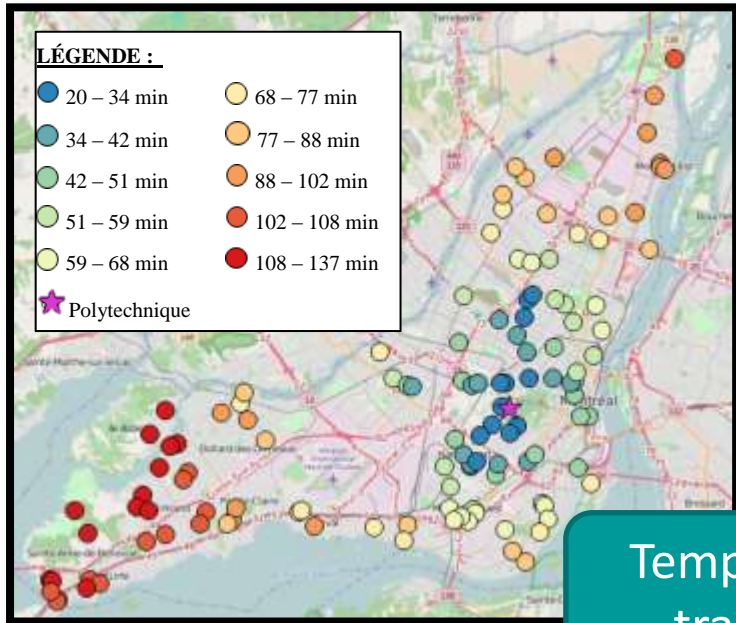
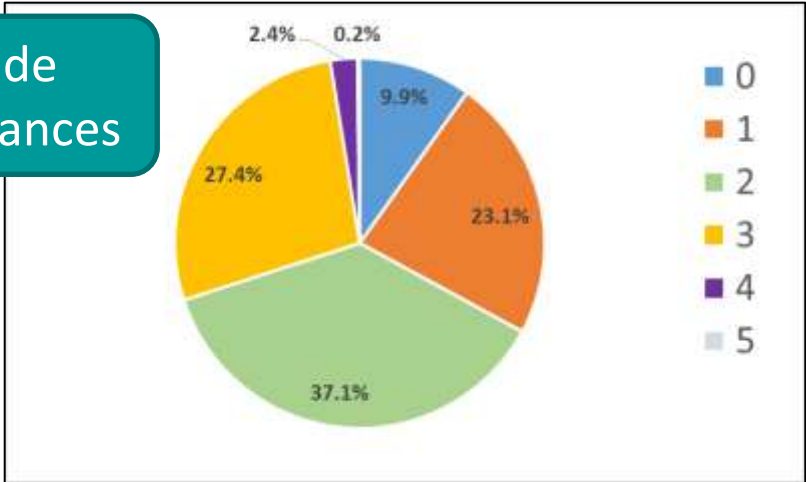


# 5. Résultats – Automatisation sur l'île de Montréal

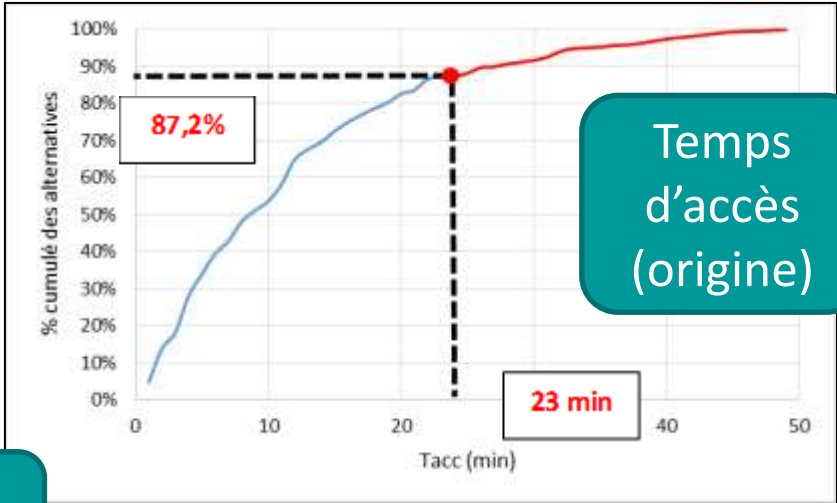
Nombre de correspondances

➔ 507 alternatives TC

➔ Analyse des indicateurs

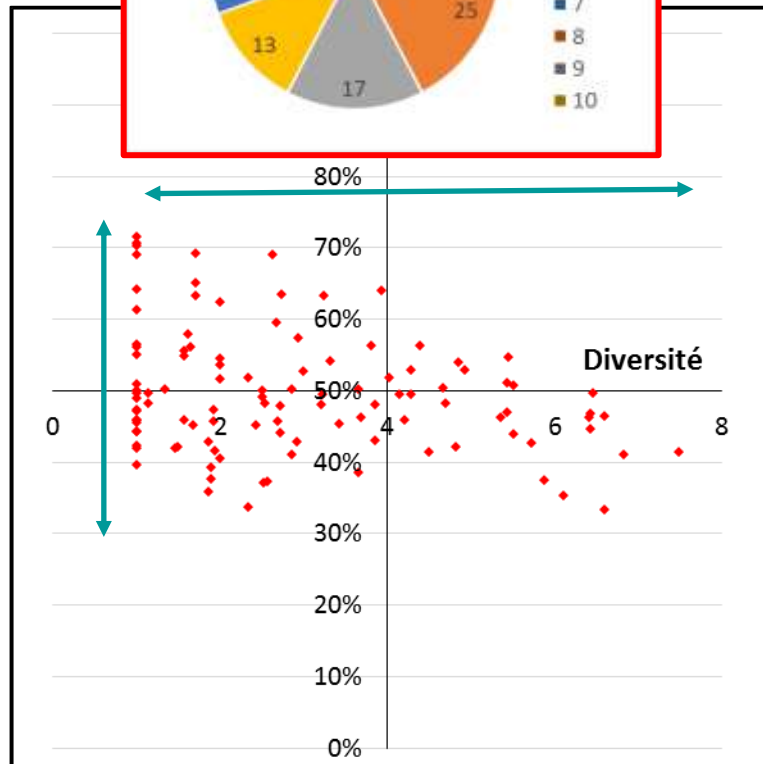
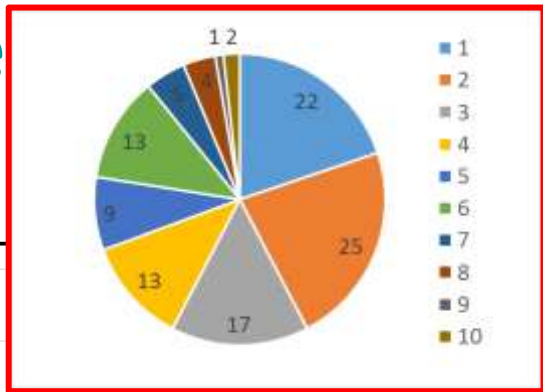


Temps de trajet



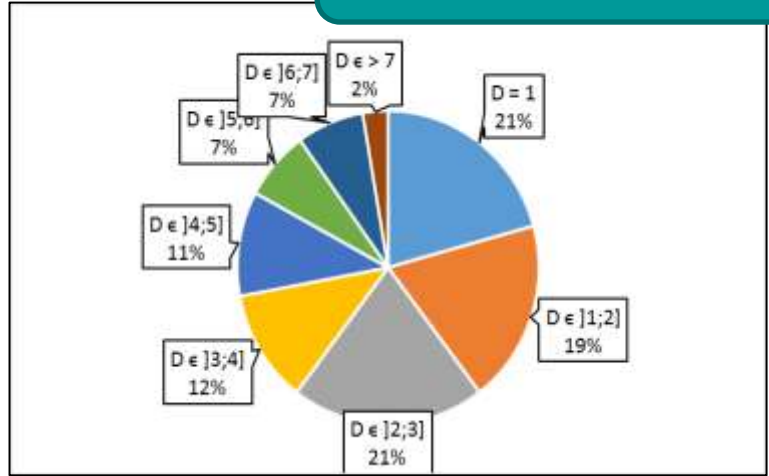
➔ 119 alternatives supprimées

# 5. Répartition sur l'île de Montréal

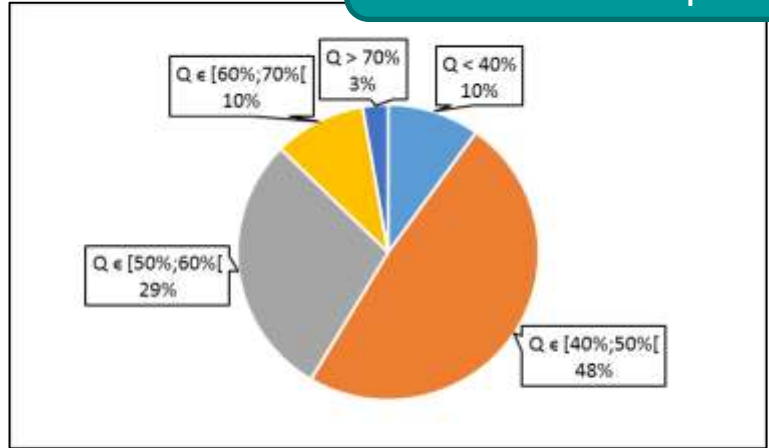


Quadrant Qualité – Diversité des 123 paires OD

Répartition de l'indicateur de diversité



Répartition de l'indicateur de qualité

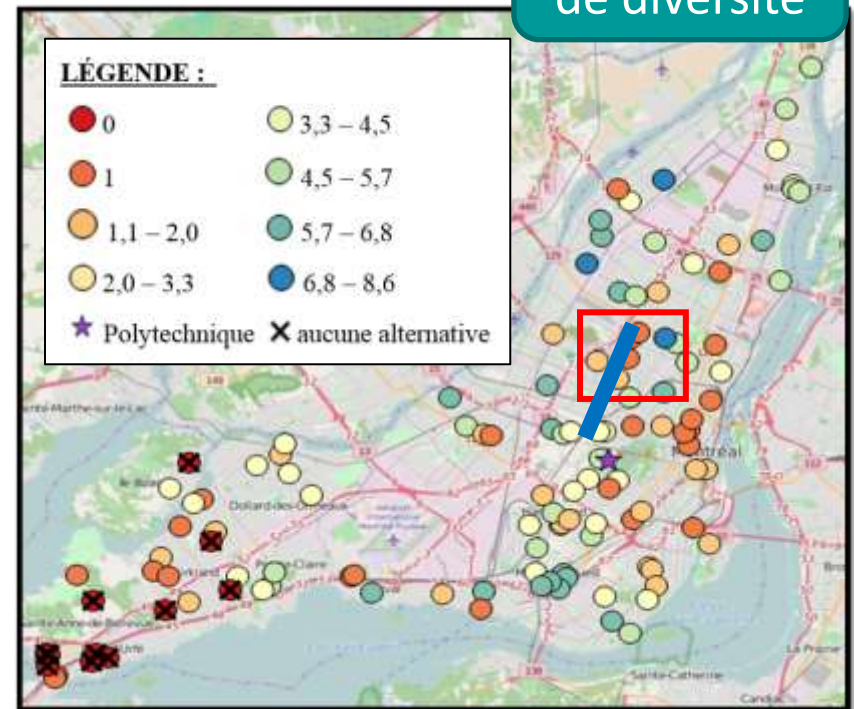
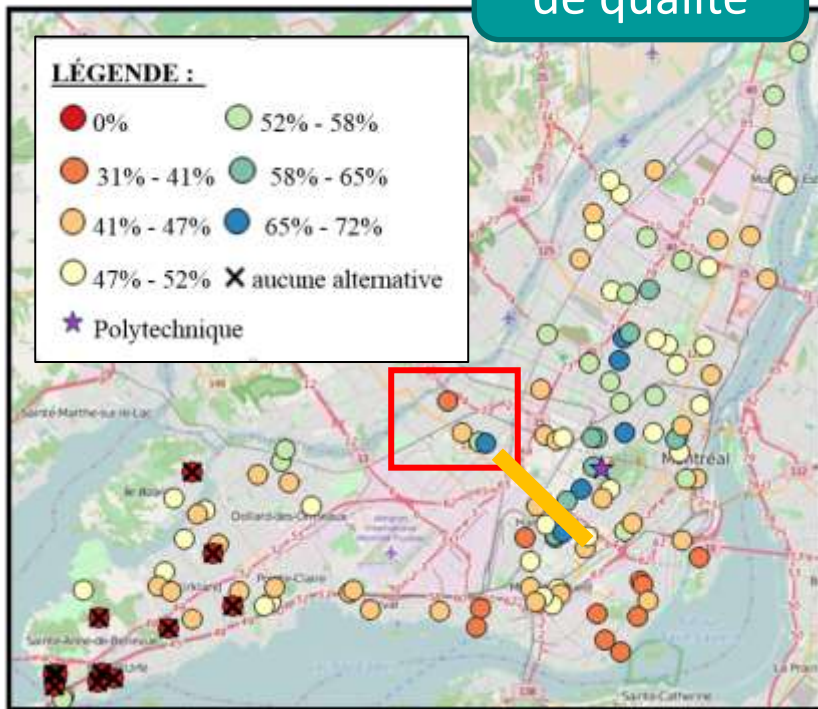




# 5. Résultats – Automatisation sur l'île de Montréal

Indicateur de qualité

Indicateur de diversité



➔ Différence de valeurs des indicateurs de qualité et de diversité : 2 concepts isolés dans les indicateurs

## 6. Conclusion – *Limitations*

- **Hypothèses** de départ sur l'influence de la **qualité** et de la **diversité** des alternatives disponibles sur l'**attractivité** du transport en commun non vérifiées
- Utilisation de **calculateurs de trajet** ne permettant pas de faire varier les paramètres d'entrée et de sortie (Google Maps) ou d'obtenir l'ensemble des alternatives disponibles (outil de la Chaire Mobilité)
- Valeurs **fixées** de façon arbitraire : contraintes de filtrage, formulations des indicateurs et de leur référence, estimation des temps d'attente et de marche en correspondance, etc.

## 6. Conclusion – *Perspectives*

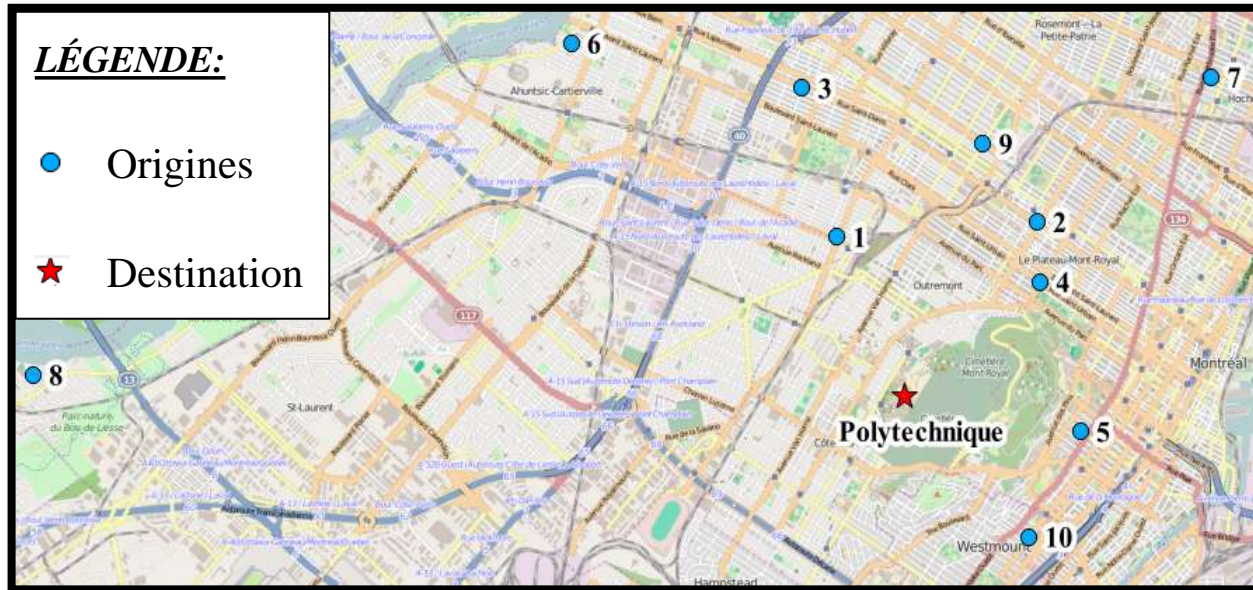
- Développement de **sondages** à grande échelle dans le Grand Montréal pour **valider les hypothèses** de départ et **paramétrer** certaines valeurs fixées dans la méthode
- **Indicateurs** à raffiner (collecte de données sur les temps d'attente, sur le temps de marche en correspondance etc.) et à développer (données GPS ou cartes à puce pour estimer la fiabilité et le confort)
- **Généralisation** de la méthode pour **d'autres modes** que le TC et adaptée aux spécificités de **personnes spécifiques**
- **Croisement** pour un grand nombre de paires OD des **indicateurs** de diversité et qualité des alternatives TC avec le mode déclaré dans **l'enquête OD**, avec prise en compte de la chaîne de déplacement au complet

# Questions ?

## Remerciements

- ✓ Catherine Morency, pour ses idées, son énergie, sa motivation et pour toutes les opportunités qu'elle m'a permis de saisir
- ✓ Martin Trépanier, pour son suivi et ses conseils tout au long de mon projet
- ✓ Les partenaires de la Chaire Mobilité (Société de Transport de Montréal, Agence Métropolitaine de Transport, Ministère des Transports du Québec, Ville de Montréal) et le Réseau de transport de Longueuil pour leur soutien au projet

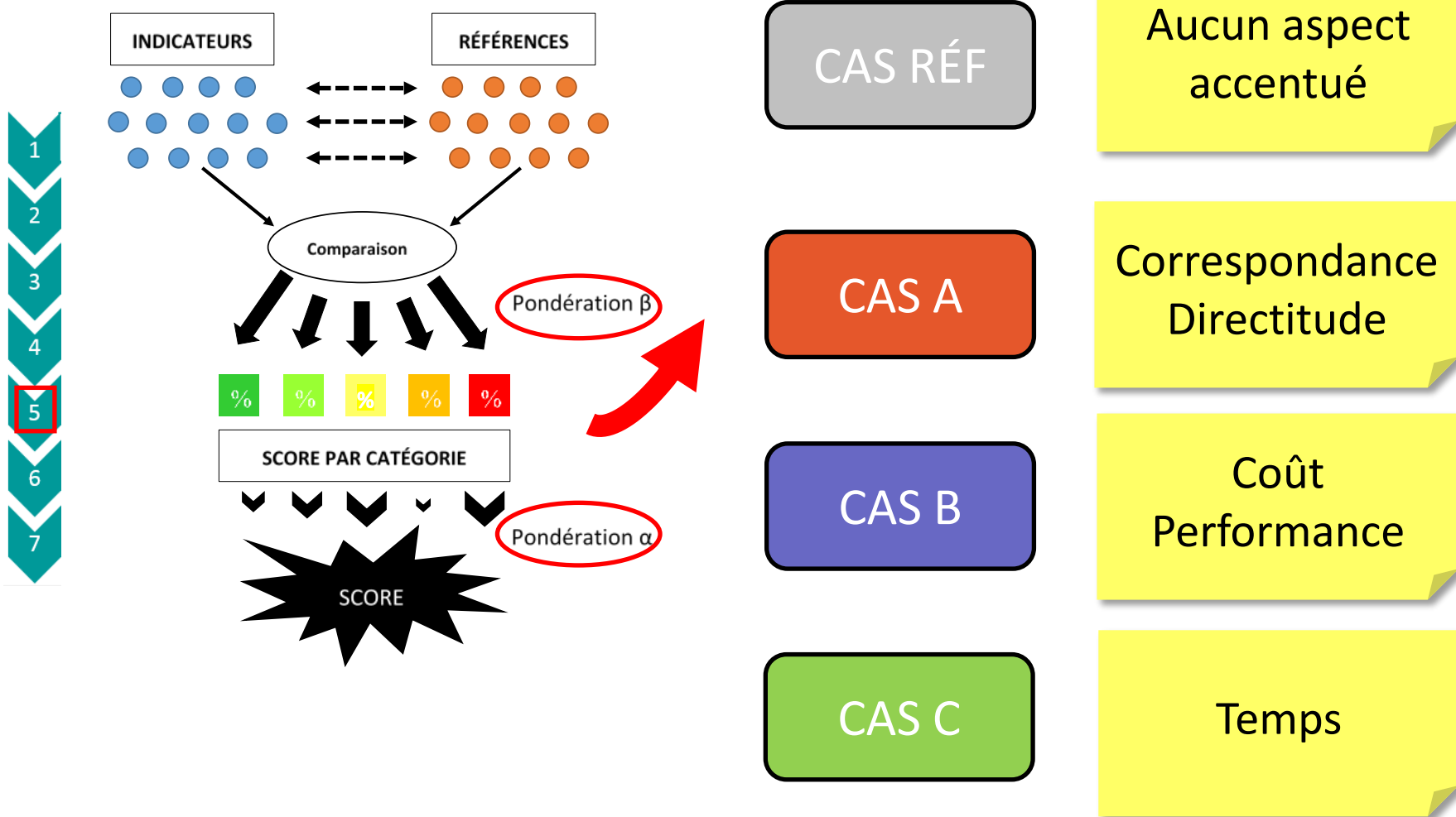
## 5. Résultats - Analyse de la sensibilité aux coefficients de pondération



- 10 paires OD
- Destination Polytechnique
- Origines réparties sur l'île
- 6h – 9h AM (semaine)

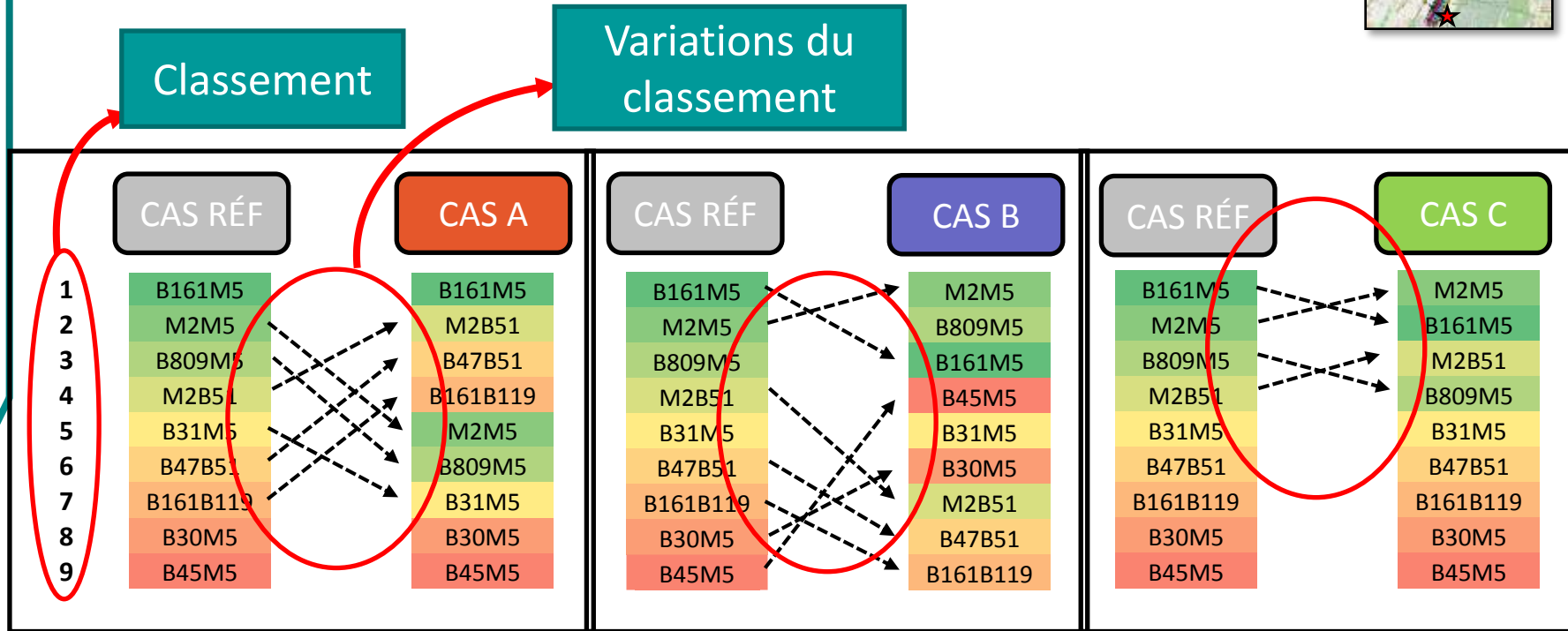
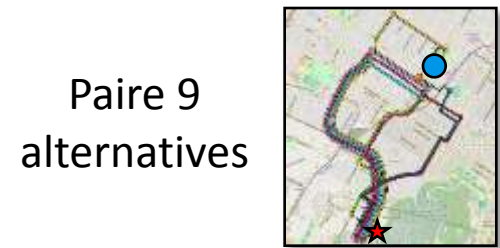


# 5. Résultats - Analyse de la sensibilité aux coefficients de pondération



# 5. Résultats - Analyse de la sensibilité aux coefficients de pondération

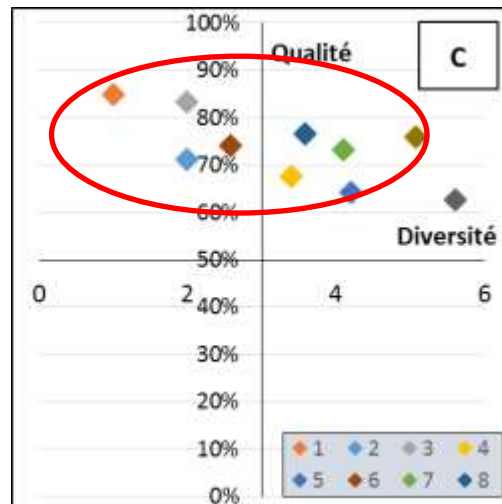
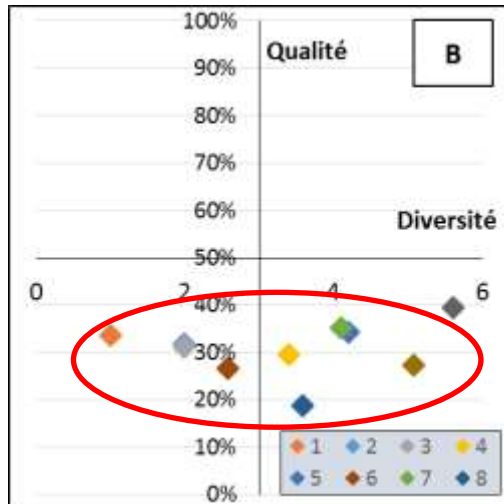
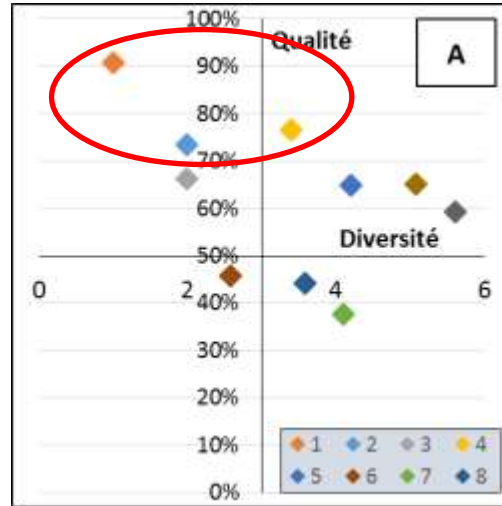
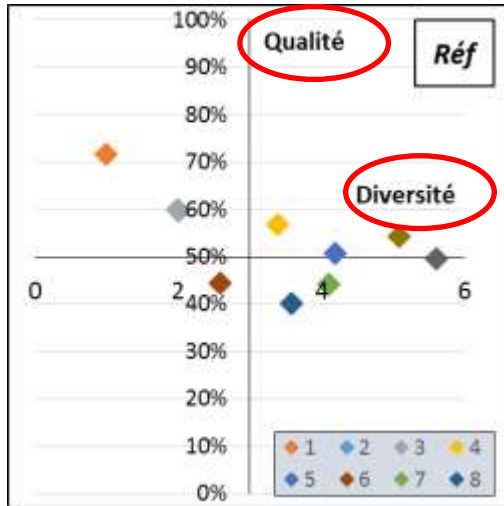
Sensibilité du classement



Variations importantes du classement des alternatives suivant les coefficients de pondération appliqués

# 5. Résultats - Analyse de la sensibilité aux coefficients de pondération

10 paires OD



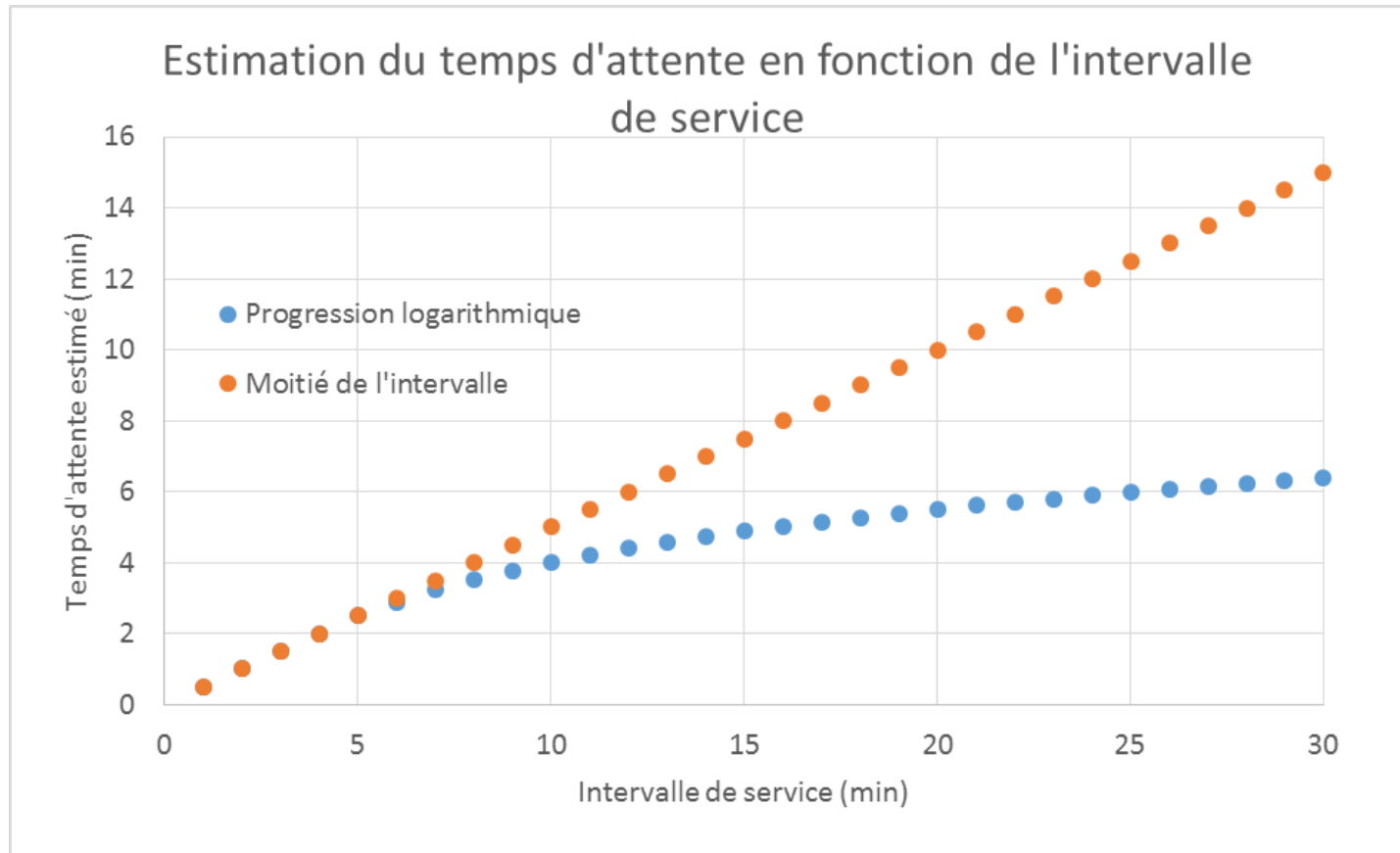
Sensibilité de l'indicateur de qualité

➔ Indicateur de qualité des alternatives sensible aux coefficients de pondération appliqués

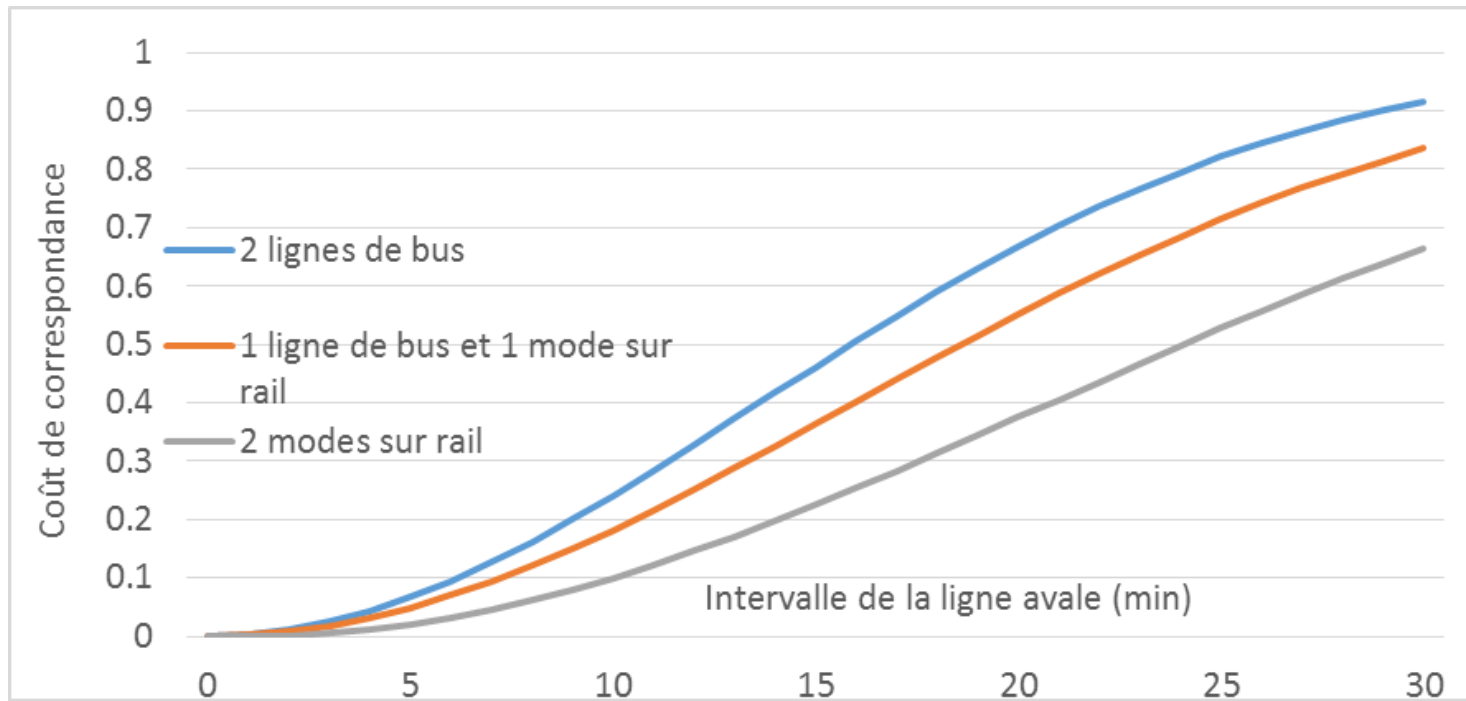




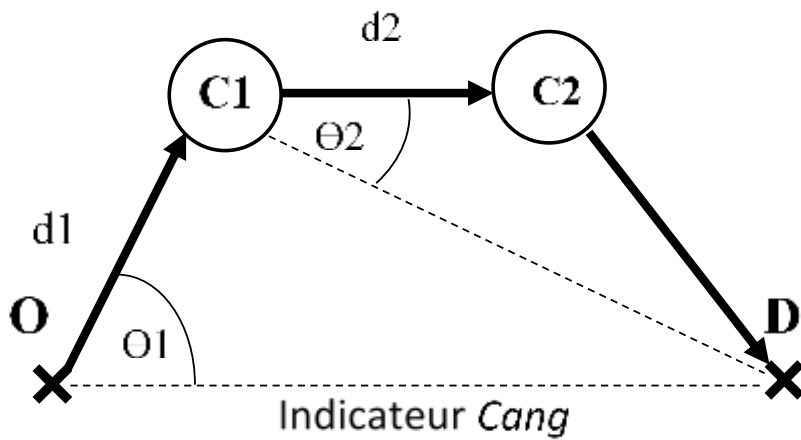
# ANNEXES



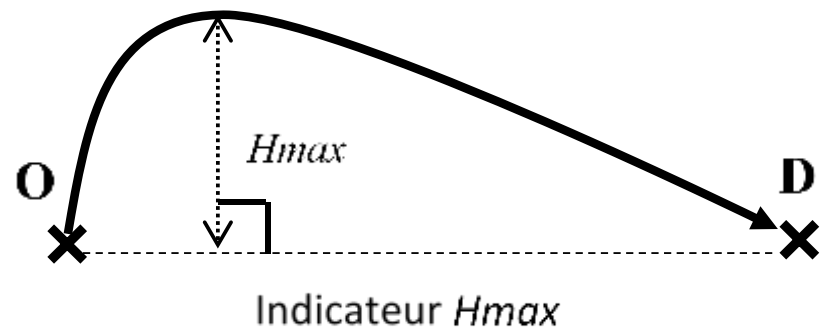
$$T_{att} = \begin{cases} \frac{\text{intervalle}}{2}, & \text{intervalle} \leq 5 \text{ min} \\ \frac{1,5}{(\ln 10 - \ln 5)} * \ln \text{intervalle} + 2,5 - \frac{1,5}{(\ln 10 - \ln 5)} \ln 5, & \text{intervalle} > 5 \text{ min} \end{cases}$$



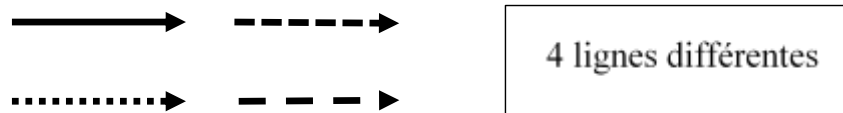
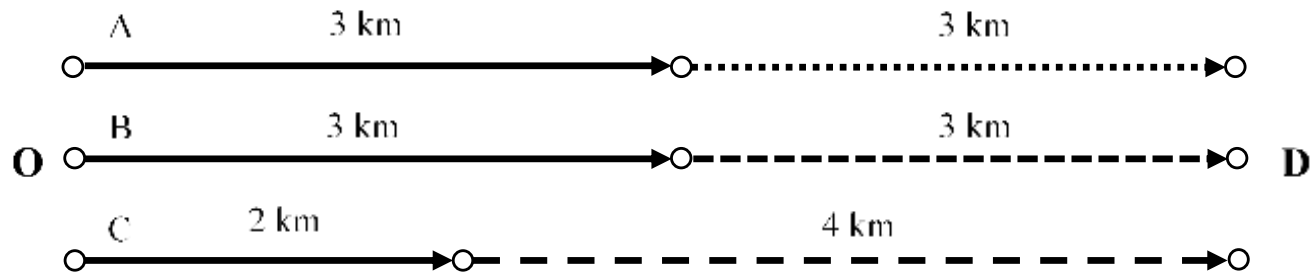
$$C_c = 1 - \exp(\beta_c * (\text{intervalle}_c - 1)^2)$$



$$Cang = d1 * \sin(\theta1/2) + d2 * \sin(\theta2/2)$$



$$in = \frac{1}{dn} * \sum_s ds * \frac{1}{ns}$$



$$iA = \frac{1}{3+3} * \left( \frac{2}{3} + \frac{1}{2} + \frac{3}{1} \right) = 69,4\%$$

$$iB = \frac{1}{3+3} * \left( \frac{2}{3} + \frac{1}{2} + \frac{3}{1} \right) = 69,4\%$$

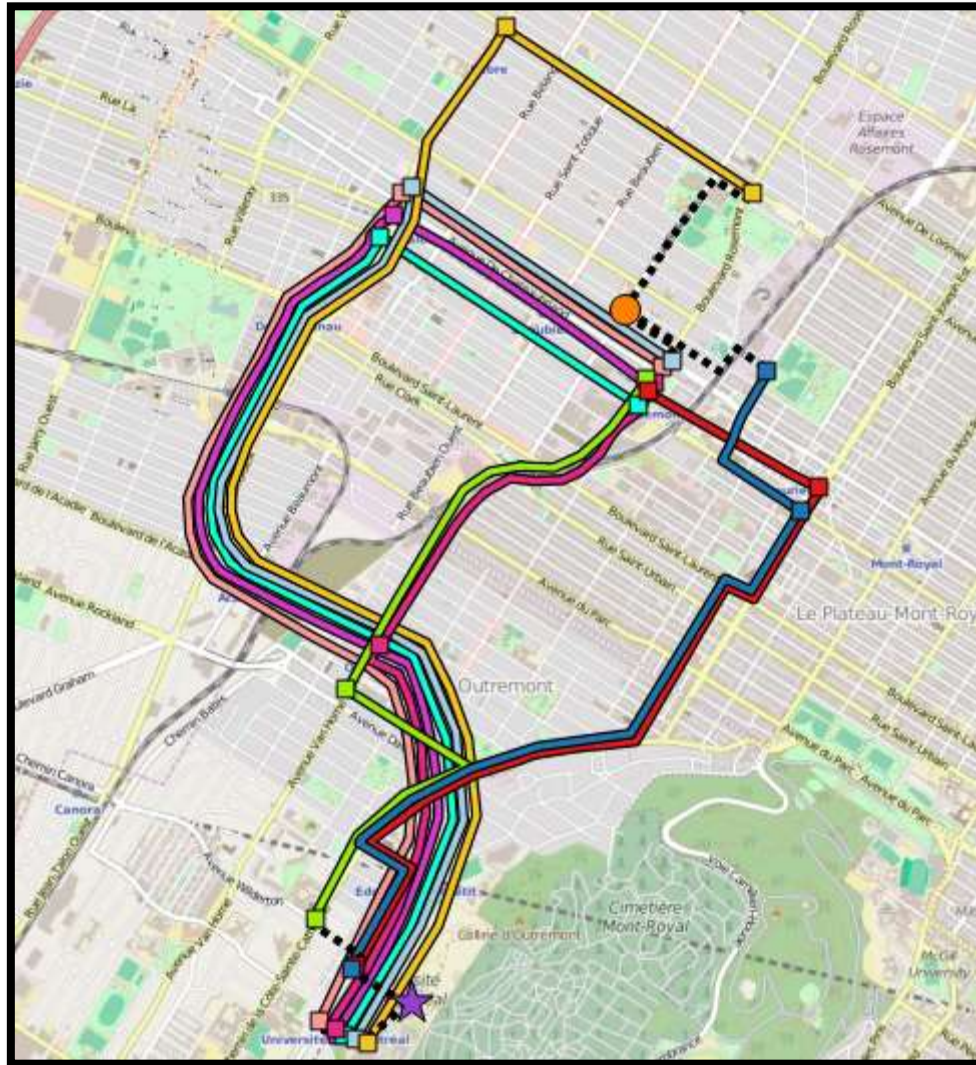
$$iC = \frac{1}{2+4} * \left( \frac{2}{3} + \frac{4}{1} \right) = 77,8\%$$

Catégories	Temps						Coût
Indicateurs	Tacc	Tatt	Tvéh	Tmarc	Tattc	Tsor	C
Références	2	1.5	Dae*60/35	0	0	2	0
	<b>Correspondances</b>		<b>Directitude</b>		<b>Performance</b>		
	Nc	Cc	Cang	Hmax	Caph	Stopkm	
	0	0	0	0	45000	0,33	

Catégories	Temps						Coût
Indicateurs	Tacc	Tatt	Tvéh	Tmarc	Tattc	Tsor	C
Pondération	$\beta_{tacc}$	$\beta_{tatt}$	$\beta_{tvéh}$	$\beta_{tmarc}$	$\beta_{tattc}$	$\beta_{tsor}$	$\beta_c$
Fonction de comparaison	$\exp\left(\ln 0,5 * \left(\frac{\sum T_i * \beta_{ti} - \sum T_{ref} * \beta_{ti}}{2,5 * \sum T_{ref} * \beta_{ti}}\right)^2\right)$						$\exp\left(\frac{\ln(0,5)}{0,05} * \left(\frac{C}{\beta C}\right)^2\right)$
	Correspondances		Directitude		Performance		
	Nc	Cc	Cang	Hmax	Caph	Stopkm	
	Na	Na	Na	Na	$\beta_{caph}$	$\beta_{stopk}$	
	$\exp\left(\ln(0,5) * \left(\frac{Nc + Cc}{1,5}\right)^2\right)$		$\exp\left(\ln(0,5) * \left(\frac{Cang^2}{5}\right)\right)$		$\exp\left(\ln 0,5 * Hmax^2\right)$		
					$\beta_{caph} * \exp\left(\ln(0,5) * \left(\frac{Caph - 45000}{0,5 * 45000}\right)^2\right) + \beta_{stopk} * \exp\left(\ln(0,5) * \left(\frac{Stopkm - 0,33}{2 * 0,33}\right)^2\right)$		

	<i>Réf</i>	a)	b)	c)
$\beta_{tacc}$	2	2	2	<b>1</b>
$\beta_{tatt}$	2	2	<b>4</b>	<b>1</b>
$\beta_{tvéh}$	1	1	1	1
$\beta_{tmarc}$	2	2	2	<b>1</b>
$\beta_{tattc}$	2	2	<b>4</b>	<b>1</b>
$\beta_{tsor}$	2	2	2	<b>1</b>
$\beta_c$	15	15	<b>10</b>	<b>100</b>
$\beta_{caph}$	0.5	0.5	<b>0.8</b>	0.5
$\beta_{stopkm}$	0.5	0.5	<b>0.2</b>	0.5
$\alpha_{temps}$	1	1	1	<b>10</b>
$\alpha_{coût}$	1	1	<b>10</b>	1
$\alpha_{correspondances}$	1	<b>10</b>	1	1
$\alpha_{directitude}$	1	<b>10</b>	1	1
$\alpha_{performance}$	1	1	<b>10</b>	1

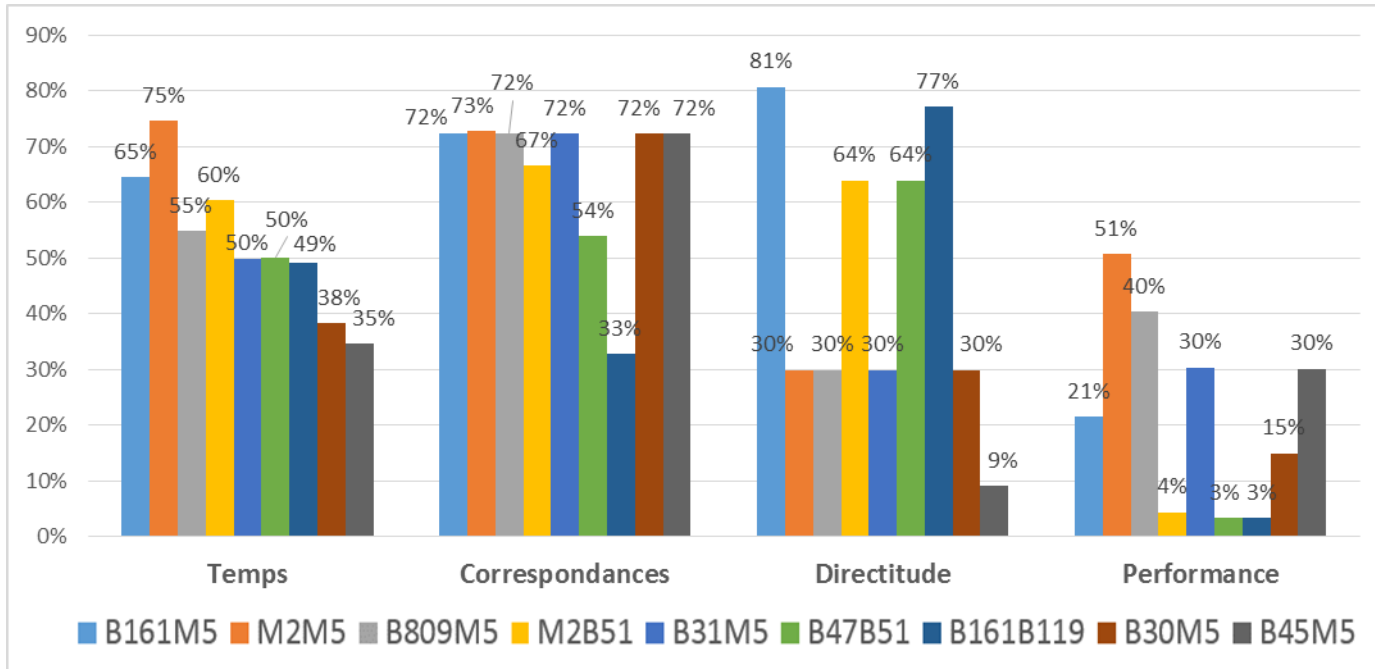




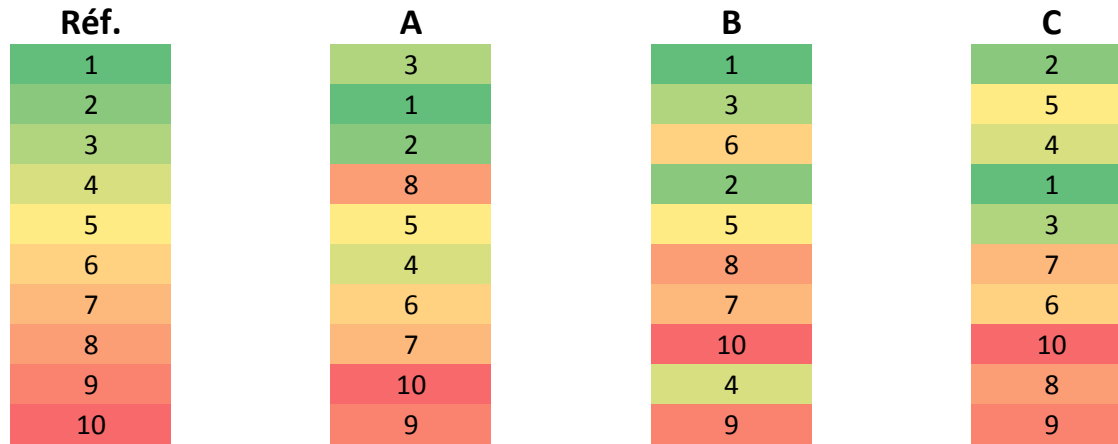
11/04/2016

Transport en commun : comment mesurer l'embaras du choix ?

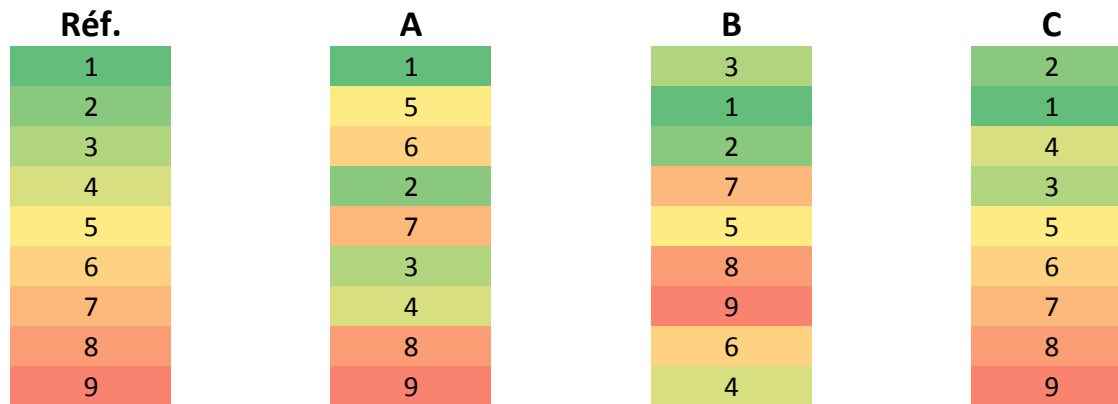
	B161M5	M2M5	B809M5	M2B51	B31M5	B47B51	B161B119	B30M5	B45M
<i>Tacc</i>	7	7	9	7	8	10	7	9	12
<i>Tatt</i>	4.00	1.25	2.00	1.25	6.38	4.00	4.00	6.38	6.38
<i>Tvéh</i>	9	9	16	18	13	16	20	14	17
<i>Tmarcc</i>	3	2	3	3	3	2	1	6	3
<i>Tattc</i>	2	2.25	2.25	4	2.25	4	6.38	2	2.25
<i>Tsor</i>	10	10	10	8	10	8	8	10	10
<i>C</i>	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
<i>Nc</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>CC</i>	0.02	0.016	0.024	0.15	0.02	0.42	0.90	0.02	0.02
<i>Cang</i>	0.56	1.32	1.32	0.80	1.32	0.80	0.61	1.32	1.86
<i>Caph</i>	3313	18370	7992	2228	9277	409	330	8625	8680
<i>Stopkm</i>	1.17	0.99	0.88	3.13	1.10	3.08	2.67	1.54	1.09



**N10**



**N9**



**N8**

Réf.	A	B	C
1	1	4	1
2	2	8	4
3	3	2	2
4	4	3	5
5	5	6	6
6	6	7	7
7	8	1	3
8	7	5	8

**N7**

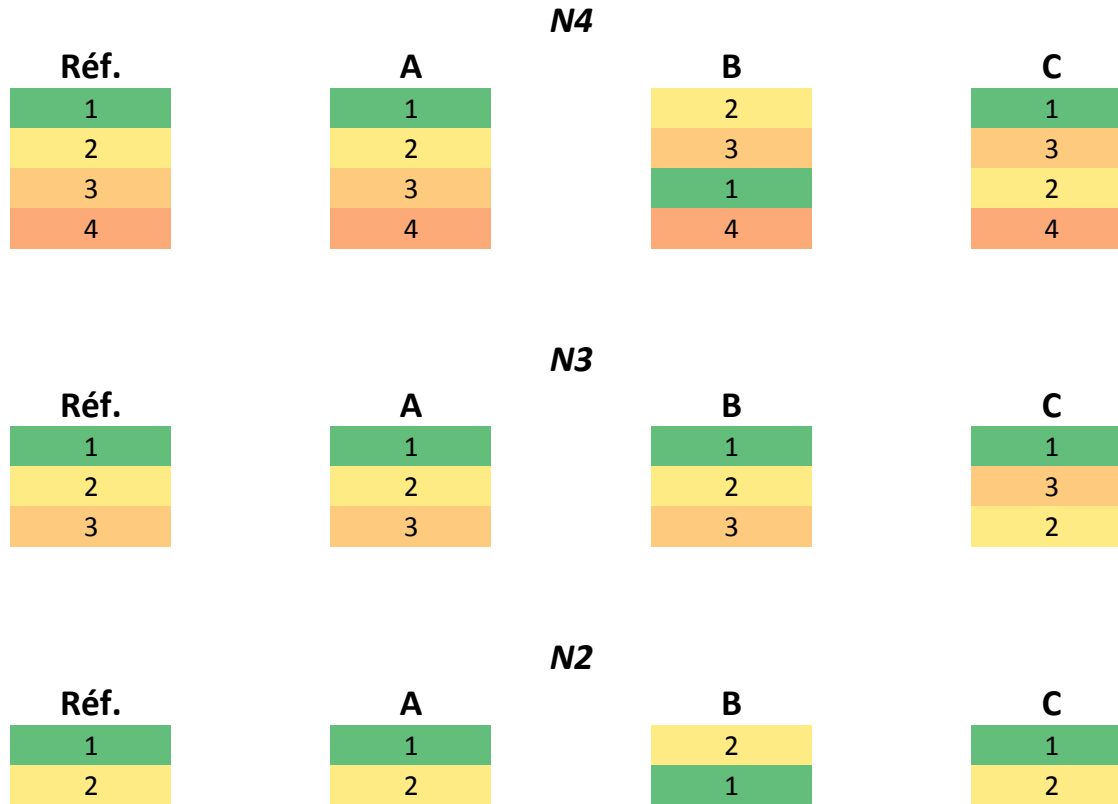
Réf.	A	B	C
1	1	3	5
2	3	4	2
3	5	2	1
4	6	1	3
5	4	5	4
6	2	7	7
7	7	6	6

**N6**

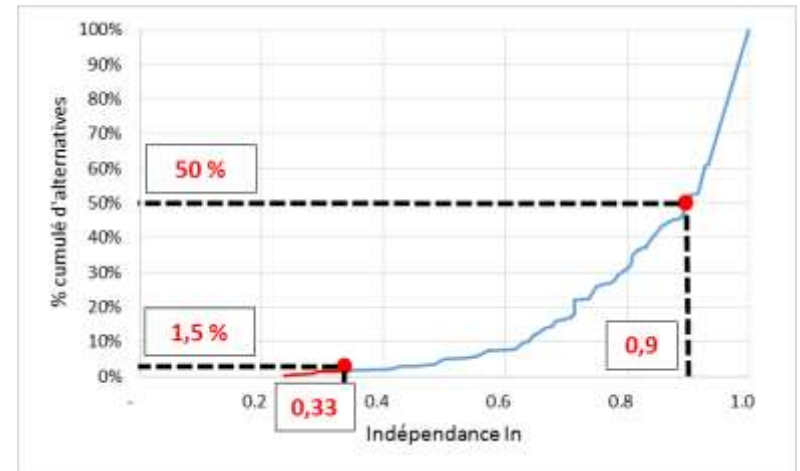
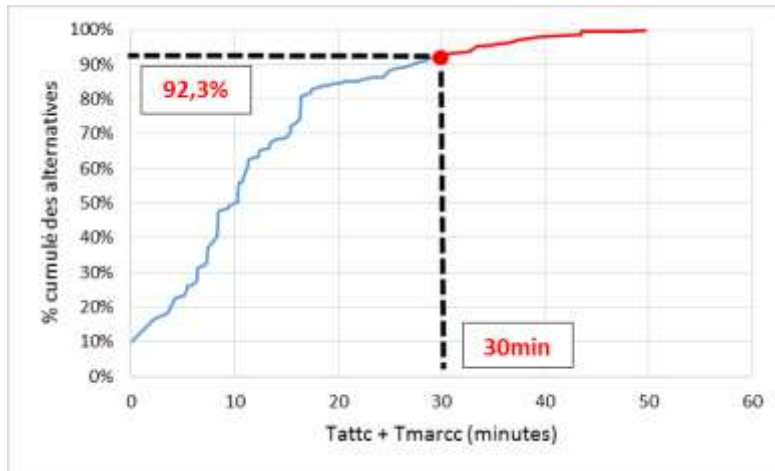
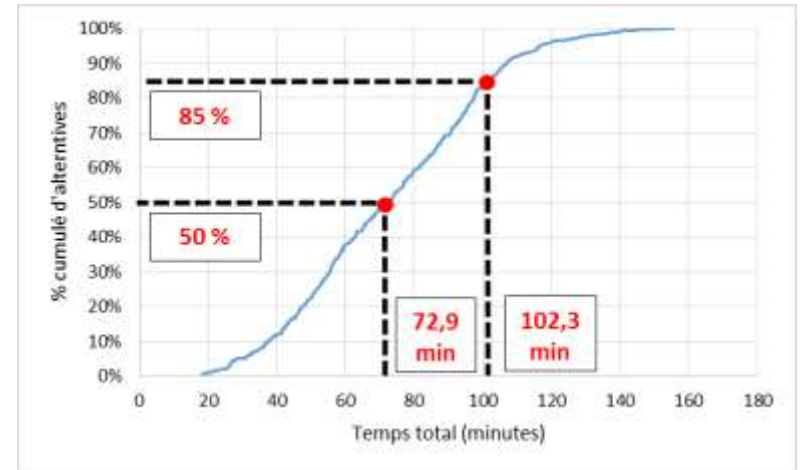
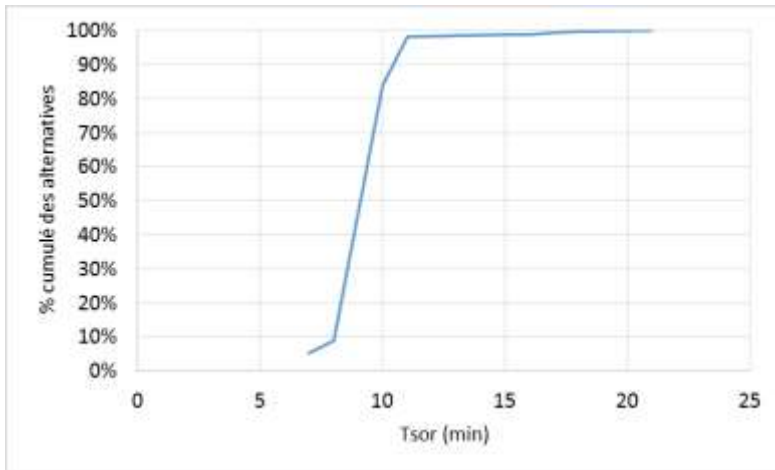
Réf.	A	B	C
1	1	1	1
2	3	2	2
3	2	6	6
4	4	3	3
5	5	4	4
6	6	5	5

**N5**

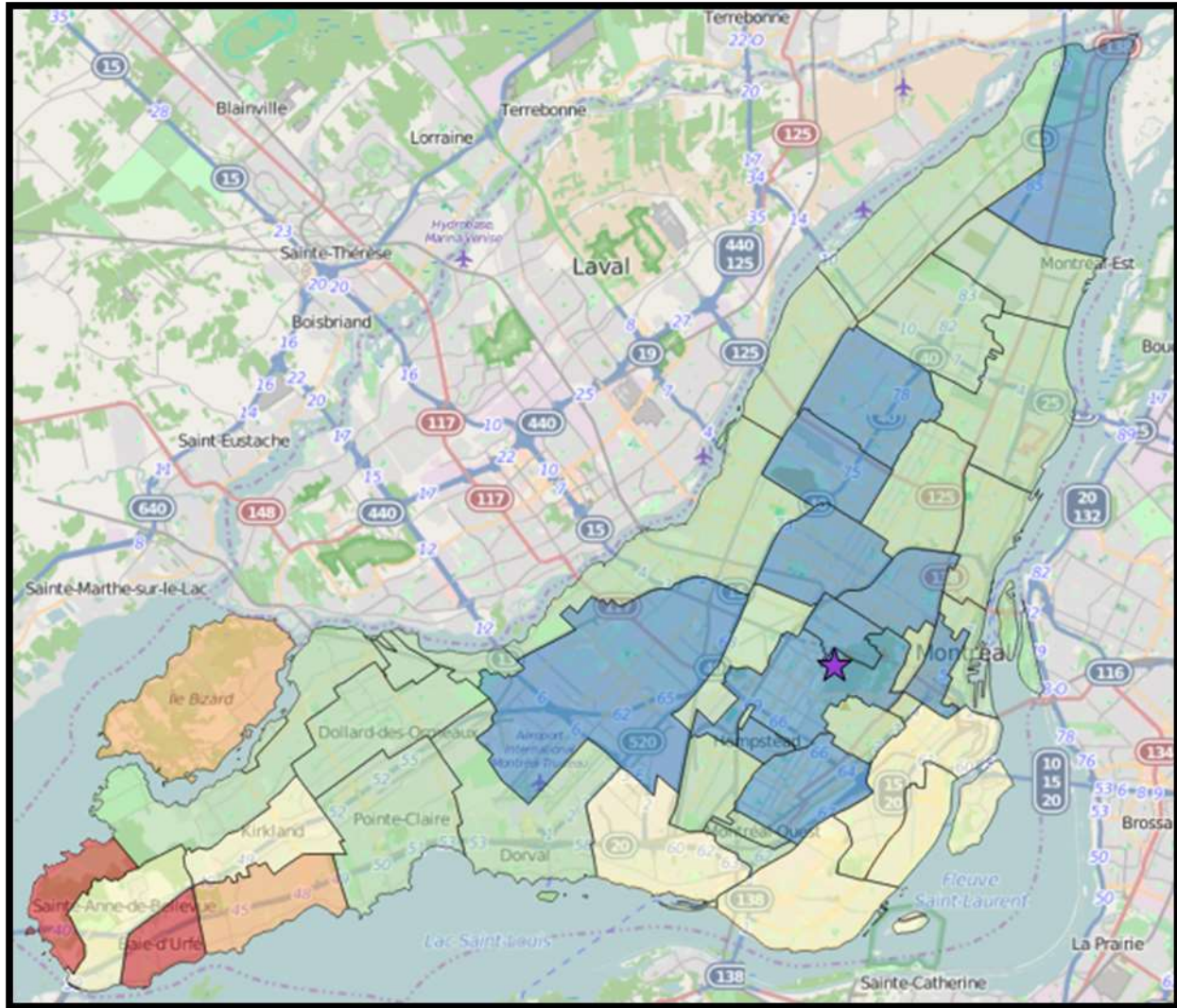
Réf.	A	B	C
1	1	3	1
2	2	2	2
3	3	4	4
4	4	1	3
5	5	5	5

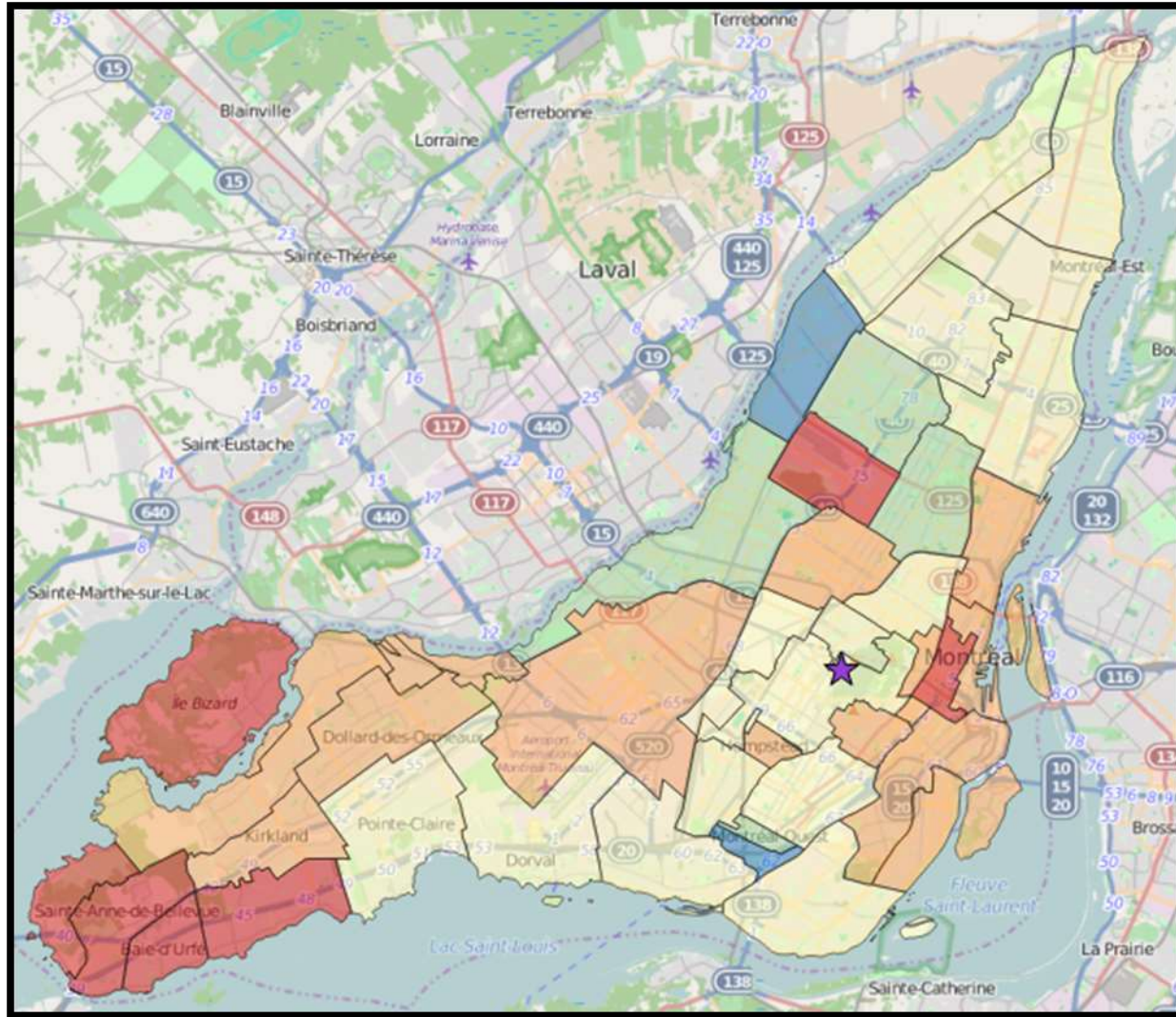


Paires OD	QRéf	QA	QA - QRéf	QB	QB - QRéf	QC	QC - QRéf
N1	72%	91%	↑ 19%	34%	↓ -38%	91%	↑ 20%
N2	60%	73%	↗ 14%	32%	↓ -28%	75%	↗ 15%
N3	60%	66%	↗ 6%	31%	↓ -29%	74%	↗ 14%
N4	57%	77%	↑ 20%	30%	↓ -27%	76%	↑ 19%
N5	51%	65%	↗ 14%	34%	↓ -16%	66%	↑ 16%
N6	44%	46%	↗ 1%	27%	↓ -18%	57%	↗ 13%
N7	44%	38%	↘ -6%	35%	↘ -9%	51%	↗ 7%
N8	40%	44%	↗ 4%	19%	↓ -21%	59%	↑ 19%
N9	54%	65%	↗ 11%	27%	↓ -27%	71%	↑ 16%
N10	50%	59%	↗ 10%	39%	↘ -10%	60%	↗ 11%









11/04/2016

Transport en commun : comment mesurer l'embaras du choix ?