



Montréal 

Bilan du niveau de service du réseau cyclable à l'aide des indicateurs d'état

Présentateurs : Jean Carrier, ing., M.Ing. et Nam Nguyen, ing.
Direction de la mobilité

Date : 29 novembre 2021



Plan de la présentation

1. Contexte
2. Auscultation du réseau cyclable
3. Perceptions des usagers
4. Indicateurs d'état
5. Conclusion et prochaines étapes

Contexte /Connaissance du réseau

Maintien des actifs

- Voies cyclables inscrites au plan vélo (compétence agglomération)
- Environ 950 km de longueur
- En constant développement

Historique

- Déploiement du réseau depuis plus de 30 ans
- Peu d'interventions de maintien dans les infrastructures existantes
- Mise sur pied d'un programme de maintien du réseau cyclable en 2020

État du réseau

- Aucune connaissance globale de la condition des voies cyclables
- Planification sur la base de besoins identifiés par l'équipe, les plaintes et les opportunités

Contexte / Revue de la littérature

Développement des pratiques

- Domaine peu documenté dans la littérature
- Projets récents :
 - CERIU - 2017 - Guide d'auscultation des voies cyclables
 - CERIU - 2019 - Gestion de l'entretien des voies cyclables
- Adaptation au contexte de la Ville de Montréal
 - Élaboration d'un devis d'auscultation
 - Octroi d'un contrat
 - Compilation des résultats

Contexte / Plan d'action

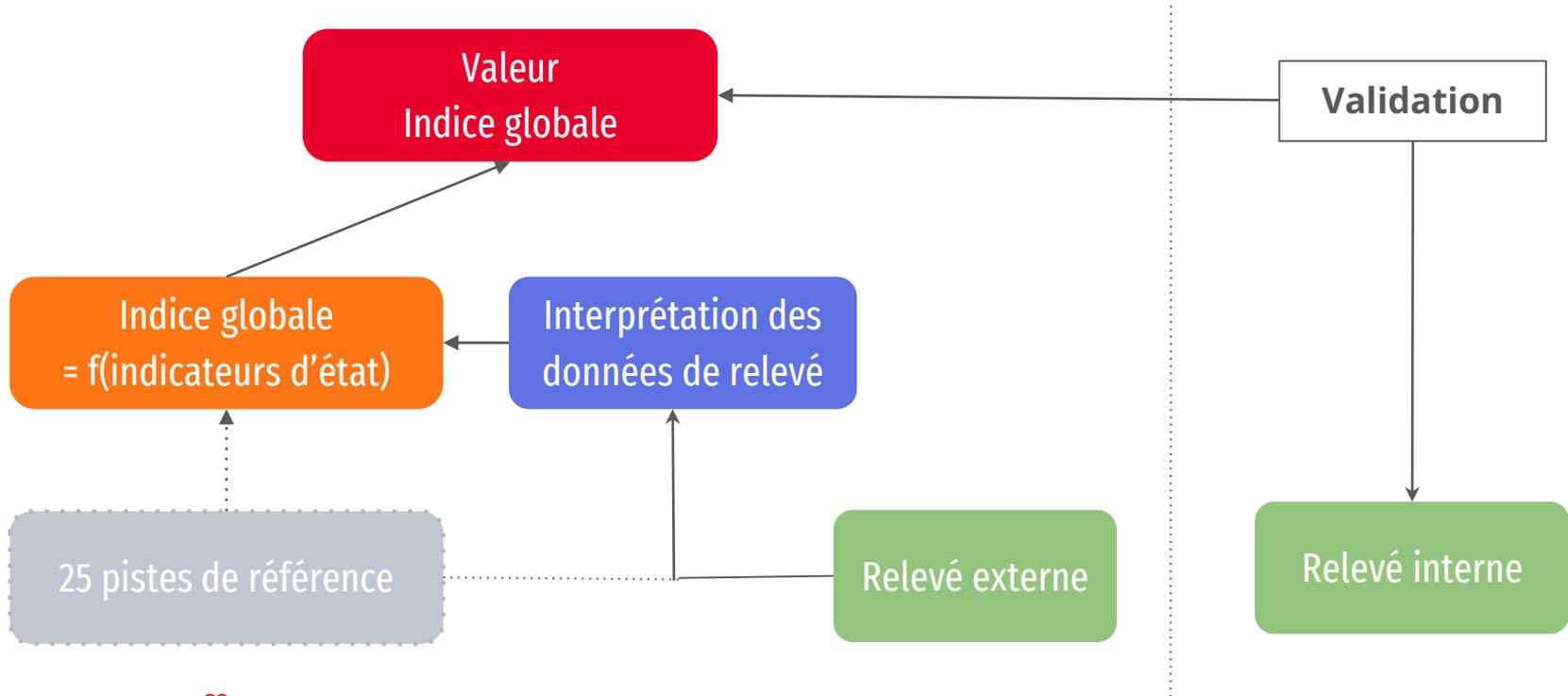
Interprétation des résultats

- Recherche d'un indicateur représentatif du niveau de service offert aux usagers
- Pondération des observations du relevé
- Actualisation de la méthodologie

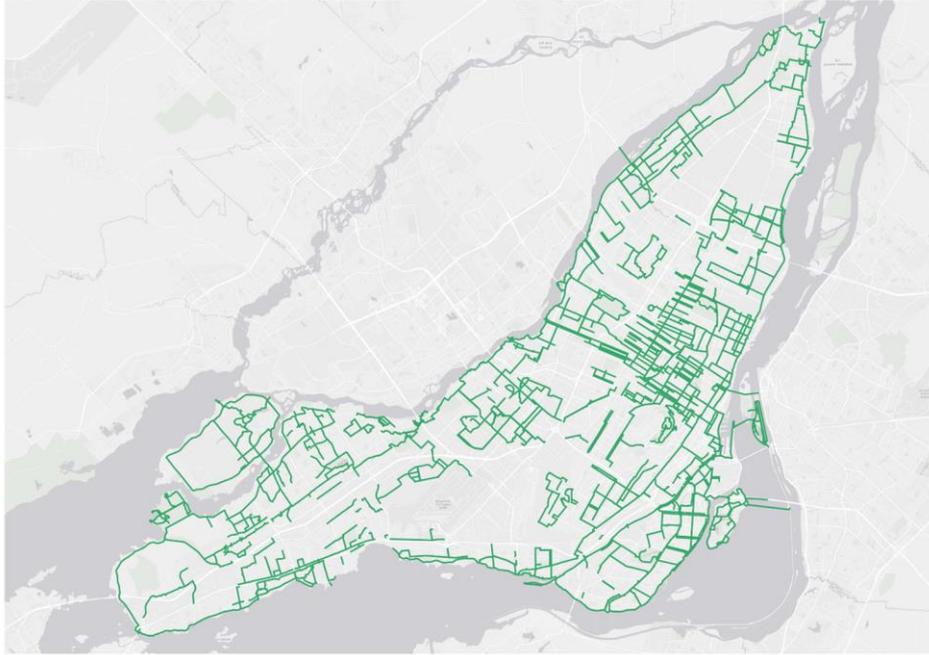
Approche d'analyse

- Banc de référence avec un panel d'usagers d'expériences diverses
- Corrélation des observations avec le niveau de service évalué pour chaque piste
- Développement d'un modèle - linéaire - pour le calcul de l'indicateur d'état
- Application globale aux données recueillies pour l'ensemble du réseau
- Validation des résultats

Schéma d'analyse



Auscultation / Inventaire



Auscultation / Relevé de déficiences

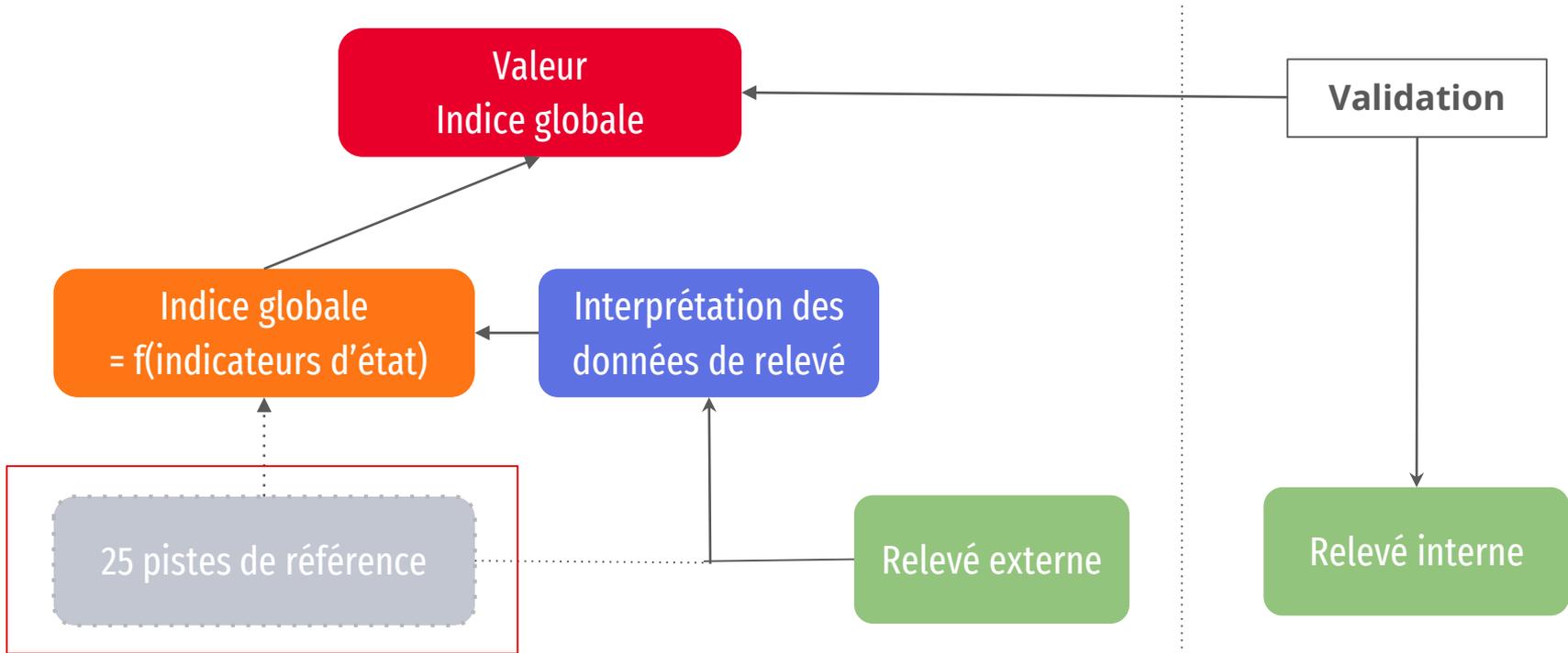
Dégradation	Code	Étendue	Sévérité			Exemple type	
			Mesure	Faible	Moyenne		Majeure
Fissure transversale	FTR	Nombre ou longueur	Ouverture	0 < 5 mm	5 mm ≤ 0 ≤ 20 mm 0 ≤ 20 mm (1)	0 > 20 mm 0 > 20 mm (1) Mailles (2)	
Fissure longitudinale	FLG	Longueur	Ouverture	0 < 5 mm	5 mm ≤ 0 ≤ 20 mm 0 ≤ 20 mm (1)	0 > 20 mm 0 > 20 mm (1) Mailles (2)	
Fissure de rive	FDR	Longueur	Ouverture	0 < 5 mm	5 mm ≤ 0 ≤ 20 mm 0 ≤ 20 mm (1)	0 > 20 mm 0 > 20 mm (1) Mailles (2)	
Fissure lézarde	FLZ	Longueur	Ouverture	0 < 5 mm	5 mm ≤ 0 ≤ 20 mm 0 ≤ 20 mm (1)	0 > 20 mm 0 > 20 mm (1) Mailles (2)	
Carrelage	CAR	Superficie	Patron de fissures	P < 5 mm	5 mm ≤ P ≤ 20 mm	P > 20 mm	
Affaissement	AFF	Superficie	Dénivellation	D < 5 mm	5 mm ≤ D ≤ 25 mm	D > 25 mm	

Anomalie	Code	Étendue	Dangerosité	Type			Exemple type
Obstacle	OBS	Nombre	Possible Probable Imminente	Clôture	Poteau	Objet avec arêtes vives	
Matériaux libres	MLI	Superficie	Possible Probable Imminente	Granulat	Sable	Verre cassé	
Flaque d'eau stagnante	FDS	Superficie	Possible Probable Imminente	Présence d'eau	Présence de sable	Présence de saleté	
Végétation	VEG	Longueur	Possible Probable Imminente	Surface	Largeur	Hauteur	
Signalisation de prescription	SDP	Nombre	Possible Probable Imminente	Arrêt	Cédez	Trajet obligatoire	
Signalisation d'indication	SDI	Nombre	Possible Probable Imminente	Destination	Identification	Service	

Auscultation / Structure de la base de données

1_Degradations_anomalies_Troncon	2_Degradations_Segments	3_Anomalies_Segments	4_Images_Troncon	5_Images_Segments
IdDegradation	IdDegradation	IdAnomalie	IdImage	IdImage
IdAnomalie	Segment	Segment	IdTroncon	Segment
IdTroncon	CoordReelleX	CoordReelleX	NombreImages	CoordReelleX
DirectionReleve	CoordReelleY	CoordReelleY	GIS_ID_TRC GEO	CoordReelleY
DateReleve	Transversale_Faible	Obstacle_Possible	GIE_SECTIONID	NomImage
LongueurMesure	Transversale_Moyen	Obstacle_Probable	GIS_ID	NomImage2
LargeurMesure	Transversale_Majeur	Obstacle_Imminente	N°	GIE_SECTIONID
TypeVoie	Longitudinale_Faible	Faigue_Possible	NbDirectionReleve	Numéro
CoteDegradaton	Longitudinale_Moyen	Faigue_Probable	ID	
CoteAnomalie	Longitudinale_Majeur	Faigue_Imminente		
GIS_ID_TRC GEO	Rive_Faible	Vegetation_Possible		
GIE_SECTIONID	Rive_Moyen	Vegetation_Probable		
GIS_ID	Rive_Majeur	Vegetation_Imminente		
N°	Carrelage_Faible	Prescription_Possible		
NbDirectionReleve	Carrelage_Moyen	Prescription_Probable		
ID	Carrelage_Majeur	Prescription_Imminente		
	Affaissement_Faible	Indication_Possible		
	Affaissement_Moyen	Indication_Probable		
	Affaissement_Majeur	Indication_Imminente		
	Deformation_Faible	Danger_Possible		
	Deformation_Moyen	Danger_Probable		
	Deformation_Majeur	Danger_Imminente		
	Soulevement_Faible	FeuxLumineux_Possible		
	Soulevement_Moyen	FeuxLumineux_Probable		
	Soulevement_Majeur	FeuxLumineux_Imminente		
	NidDePoule_Faible	MarqLongitudinal_Possible		
	NidDePoule_Moyen	MarqLongitudinal_Probable		
	NidDePoule_Majeur	MarqLongitudinal_Imminente		
	Accessoire_Faible	MarqPonctuel_Possible		
	Accessoire_Moyen	MarqPonctuel_Probable		
	Accessoire_Majeur	MarqPonctuel_Imminente		
	Rapicage_Faible	GIE_SECTIONID		
	Rapicage_Moyen	Numéro		
	Rapicage_Majeur			
	Tranchee_Faible			
	Tranchee_Moyen			
	Tranchee_Majeur			
	DerivelatonAccessoire_Faible			
	DerivelatonAccessoire_Moyen			
	DerivelatonAccessoire_Majeur			

Schéma d'analyse



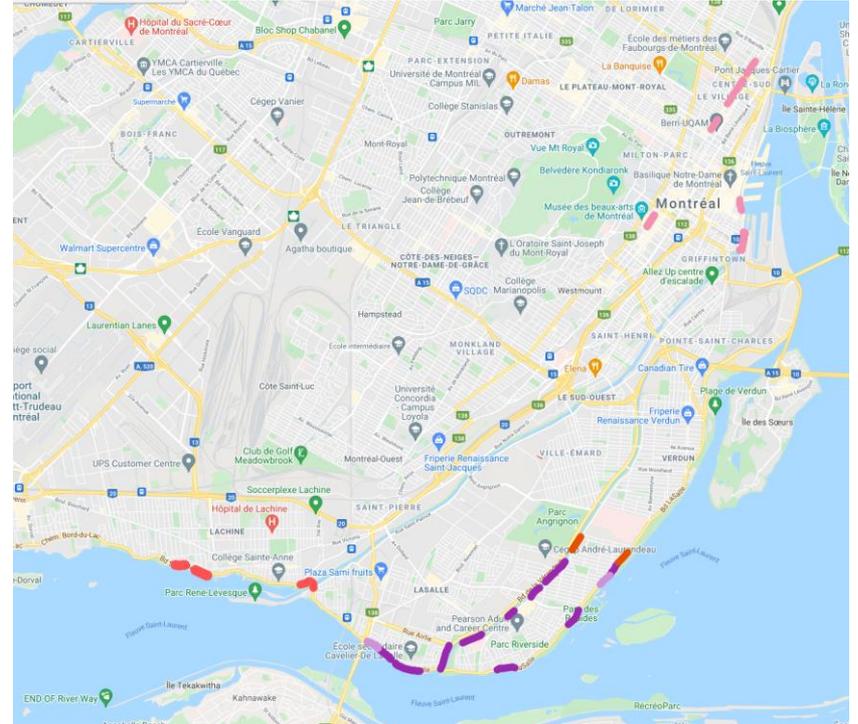
Pistes de référence / Localisation

Pistes de référence

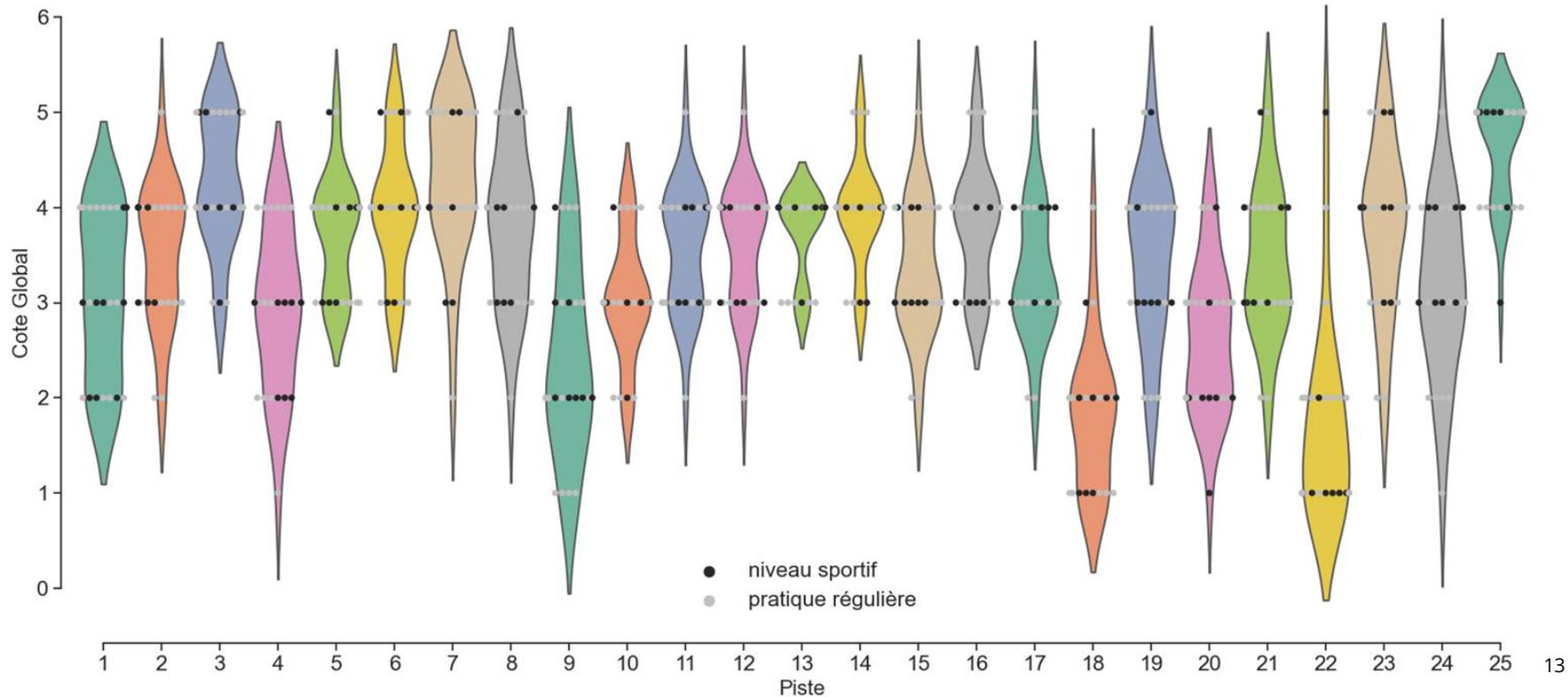
- 25 pistes de différentes conditions

Observateurs

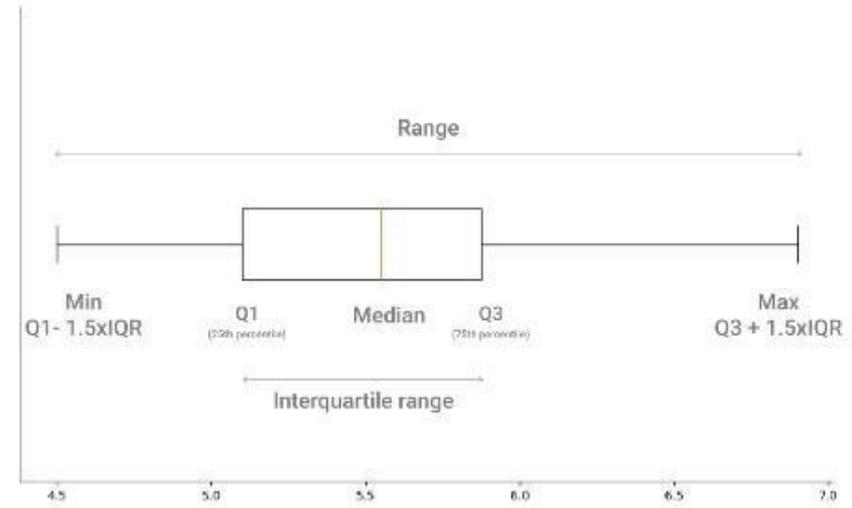
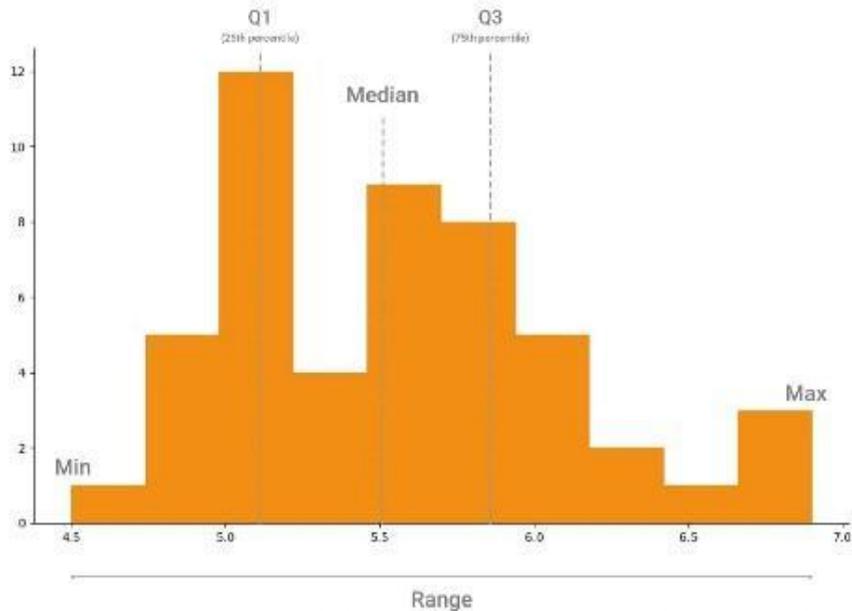
- 25 usagers avec d'expériences diverses (pratique régulière et sportive)



Cote globale / Résultats bruts

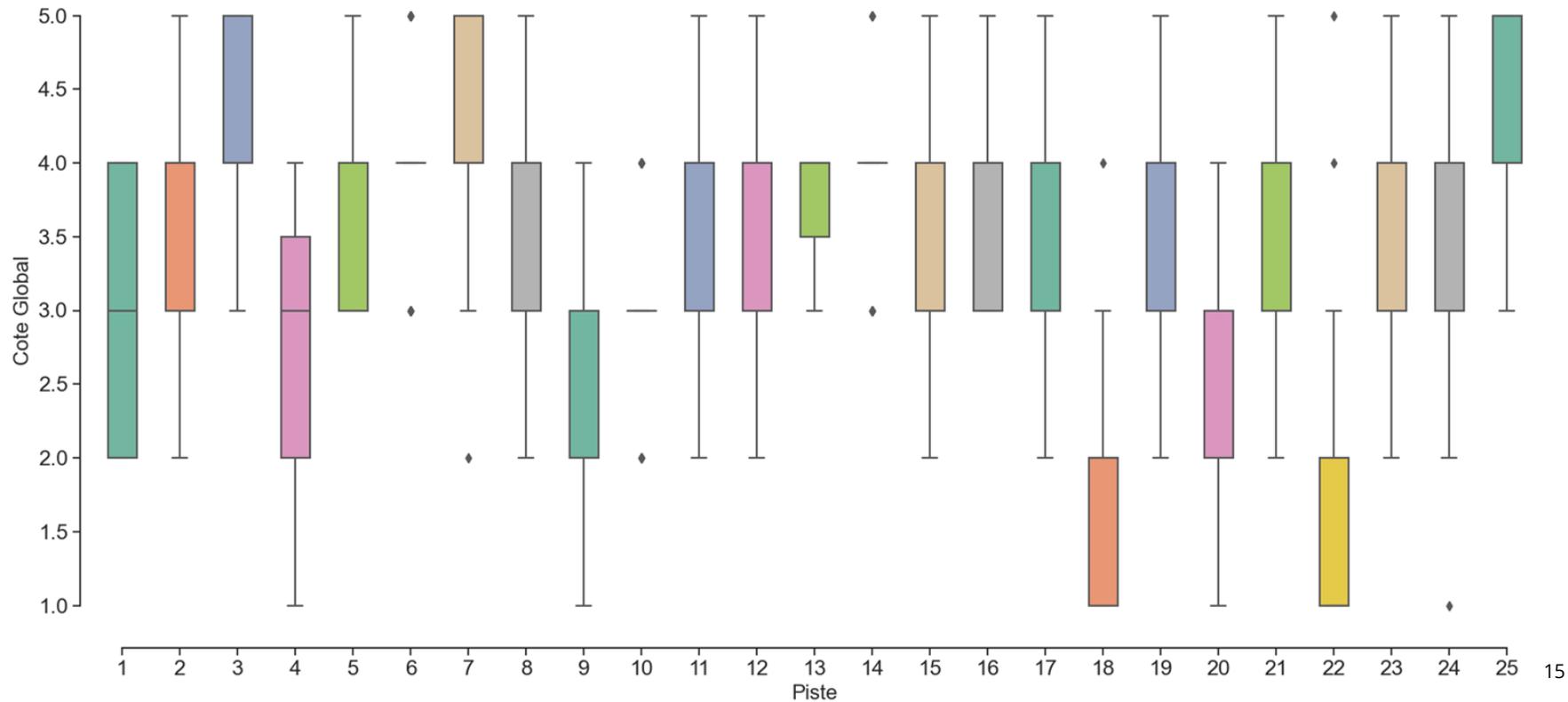


Cote globale / Filtre

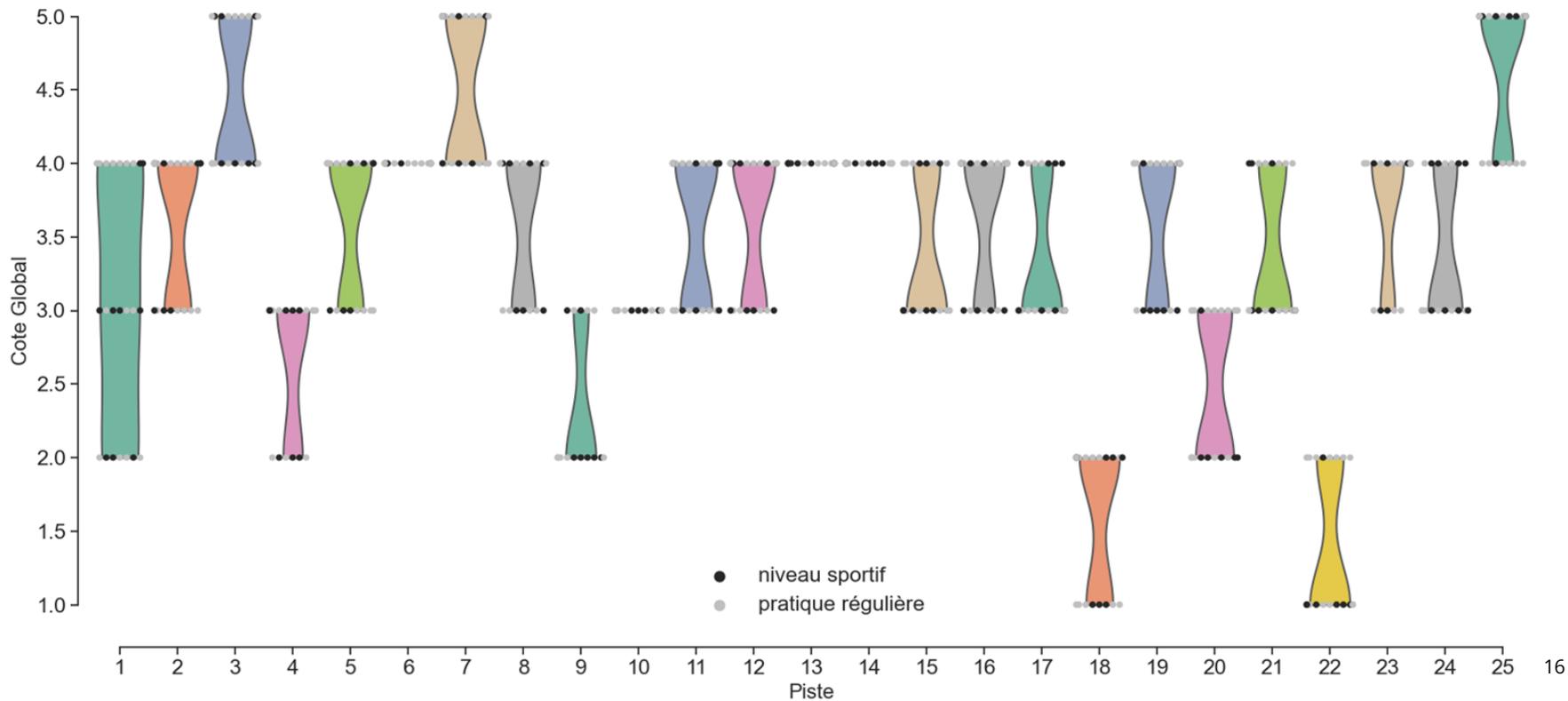


Source : <https://towardsdatascience.com/create-and-customize-boxplots-with-pythons-matplotlib-to-get-lots-of-insights-from-your-data-d561c9883643>

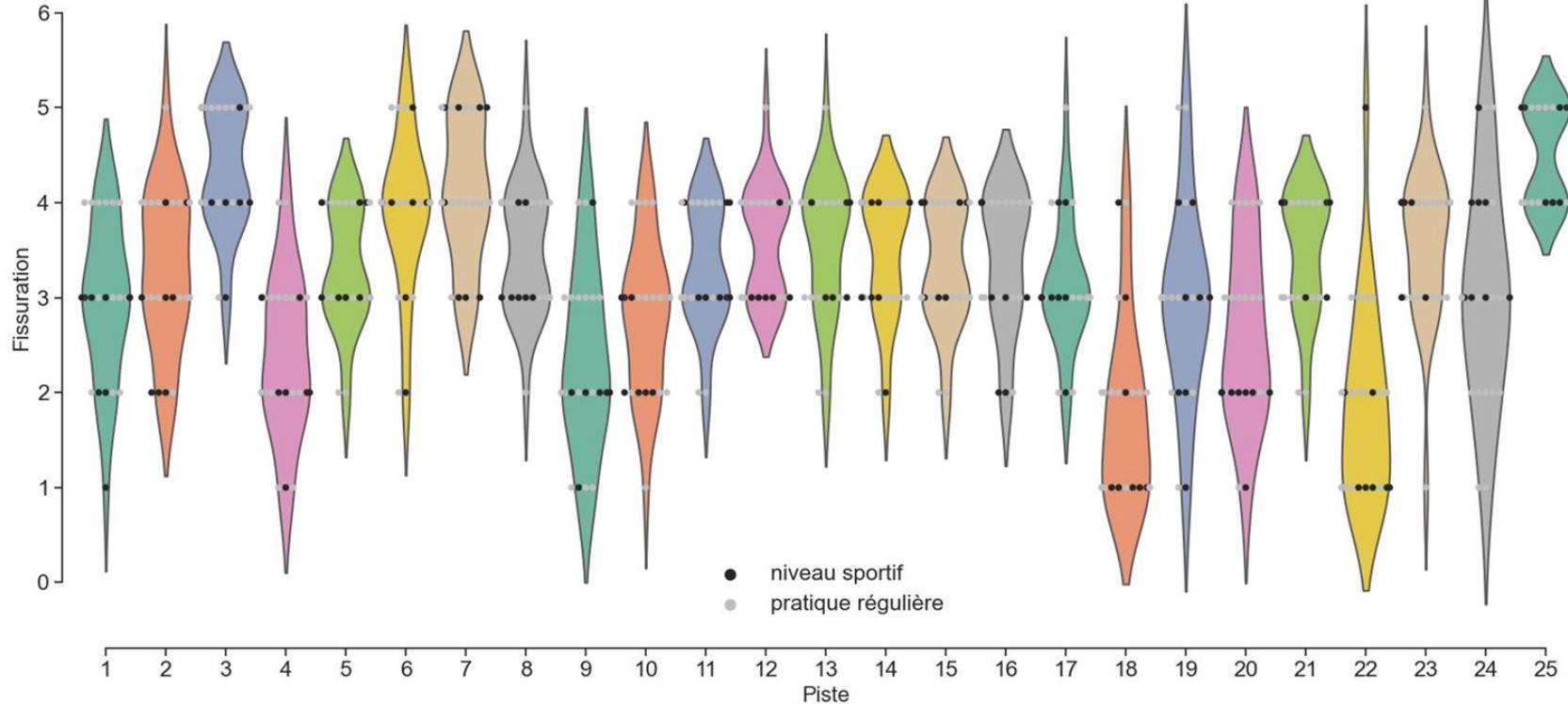
Cote globale / Valeurs extrêmes



Cote globale / Résultats filtrés



Indice de fissuration / Résultats bruts



Indice de fissuration / Résultats filtrés

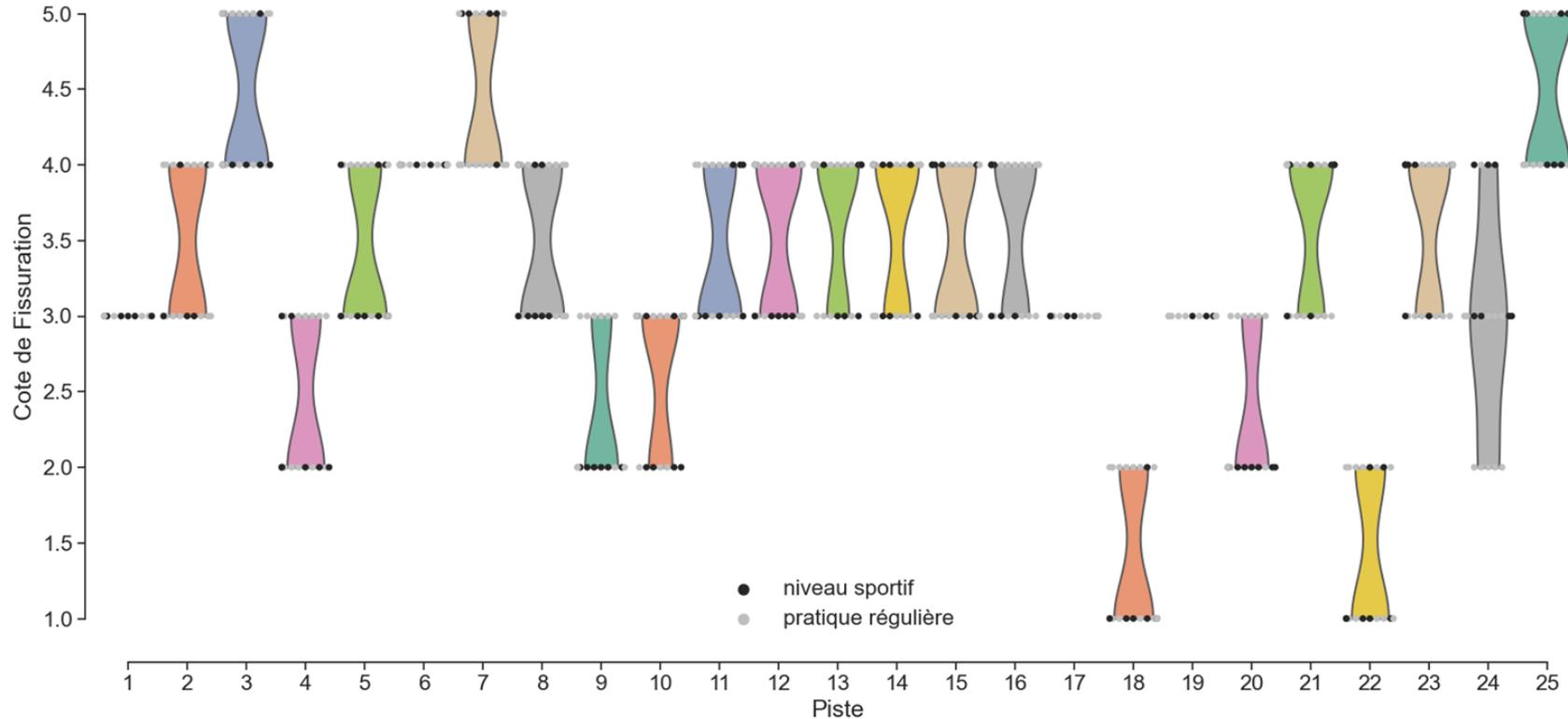
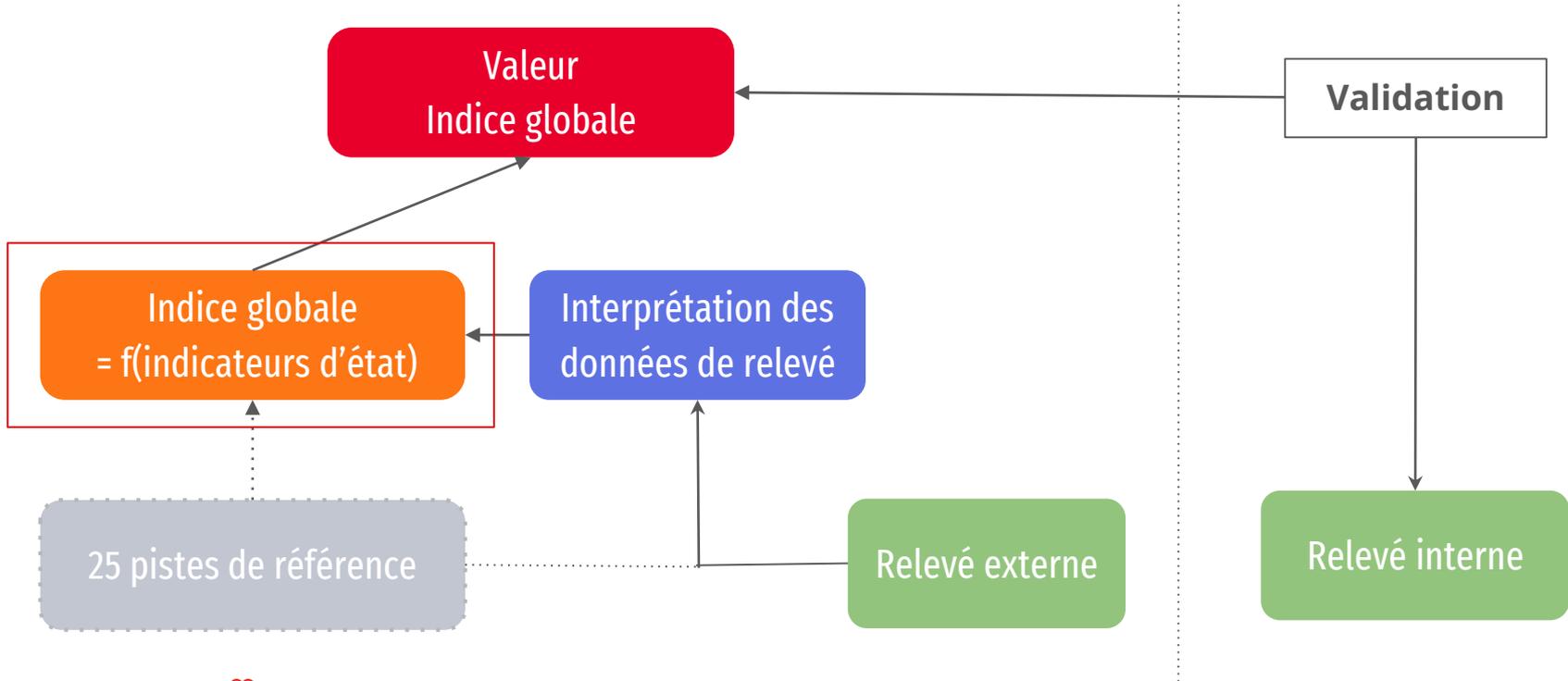


Schéma d'analyse



Comment la qualité des voies cyclables est perçue par usagers ?



Modèle linéaire / Hypothèses

Régression

- De type linéaire

Variables

- Tous les indicateurs étudiés

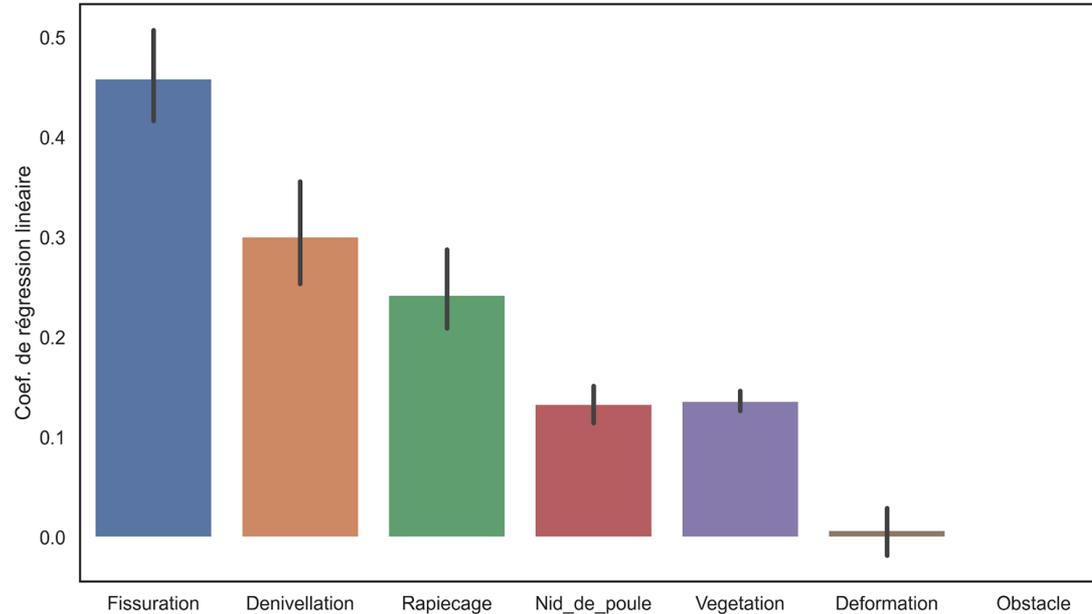
Modèle

- Comprenant au moins quatre variables

Fiabilité

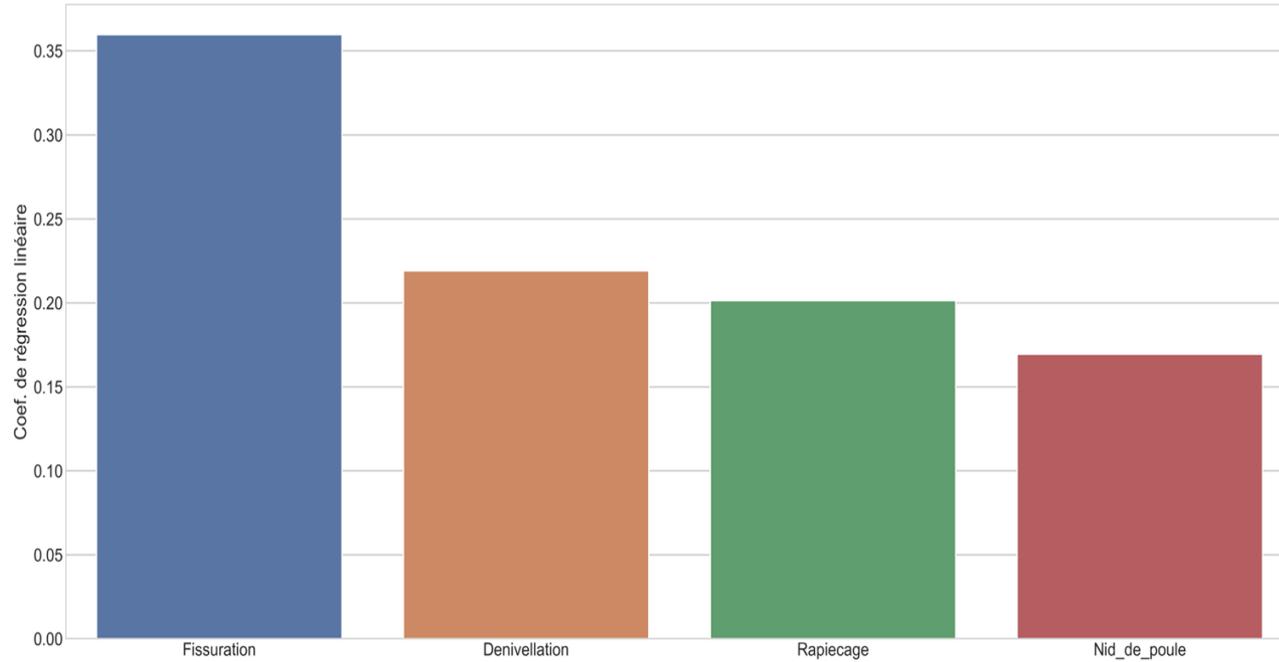
- Intervalle de confiance d'au moins 95%

Modèle linéaire / Coefficients

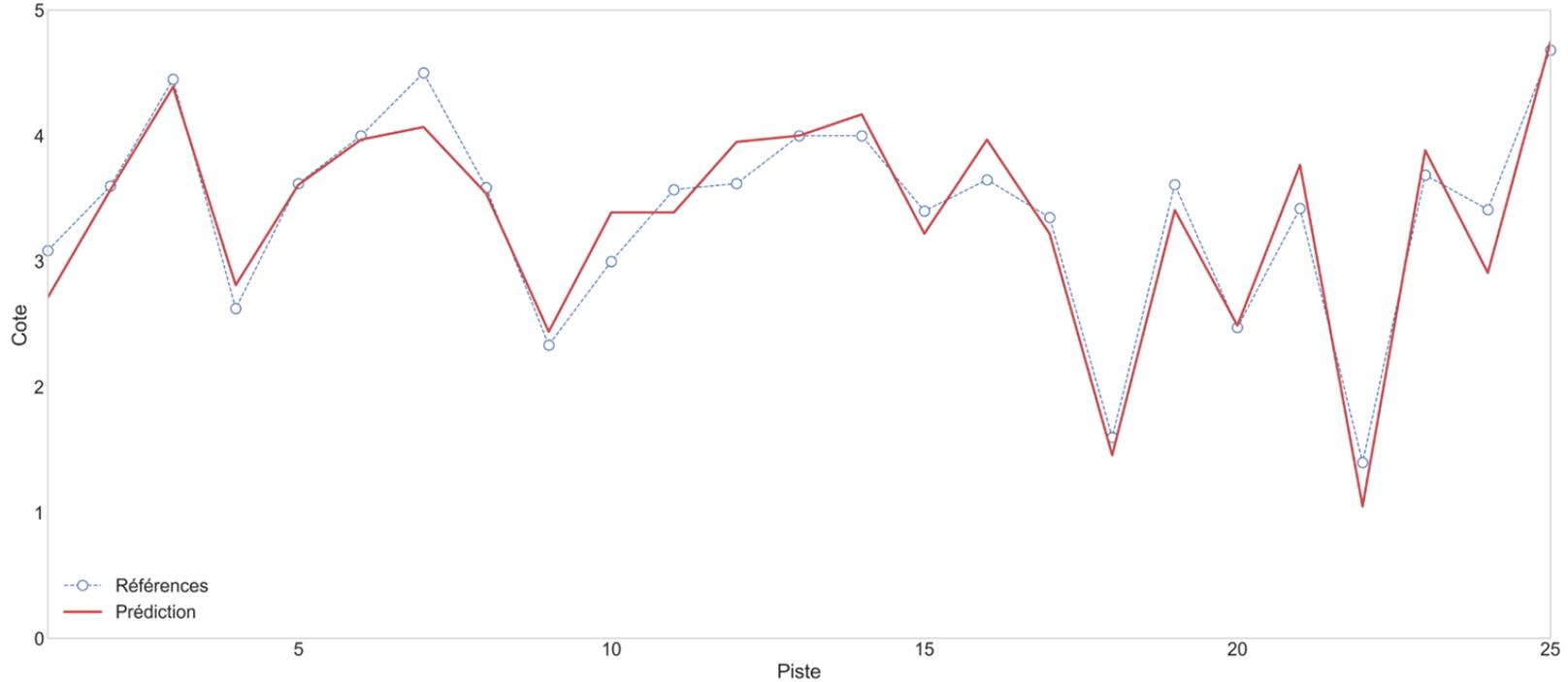


$$CG = 0.37 \cdot FIS + 0.22 \cdot DEV + 0.17 \cdot RCT + 0.07 \cdot NDP + 0.11 \cdot VGT$$

Modèle linéaire / Adapté au mandat



Modèle adapté / Prédiction



Modèle adapté / Fiabilité

OLS Regression Results

```
=====
Dep. Variable:          IG_Moyen    R-squared (uncentered):          0.995
Model:                  OLS         Adj. R-squared (uncentered):      0.994
Method:                 Least Squares  F-statistic:                      1088.
Date:                   Thu, 22 Apr 2021  Prob (F-statistic):              5.17e-24
Time:                   09:28:27     Log-Likelihood:                   0.10262
No. Observations:      25           AIC:                               7.795
Df Residuals:          21           BIC:                               12.67
Df Model:               4
Covariance Type:      nonrobust
=====
```

```
=====
              coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----
Fissuration    0.3597    0.121      2.970    0.007     0.108     0.612
Denivellation  0.2192    0.101      2.180    0.041     0.010     0.428
Rapiecage     0.2014    0.087      2.325    0.030     0.021     0.381
Nid_de_poule  0.1695    0.059      2.854    0.010     0.046     0.293
=====
```

```
=====
Omnibus:                0.400    Durbin-Watson:                2.537
Prob(Omnibus):          0.819    Jarque-Bera (JB):             0.542
Skew:                   0.123    Prob(JB):                     0.763
Kurtosis:               2.322    Cond. No.                     20.7
=====
```

Modèle adapté / Formulation

$$CG = 0.38 \cdot FIS + 0.23 \cdot DEV + 0.21 \cdot RCT + 0.18 \cdot NDP$$

CG : Cote globale normalisée

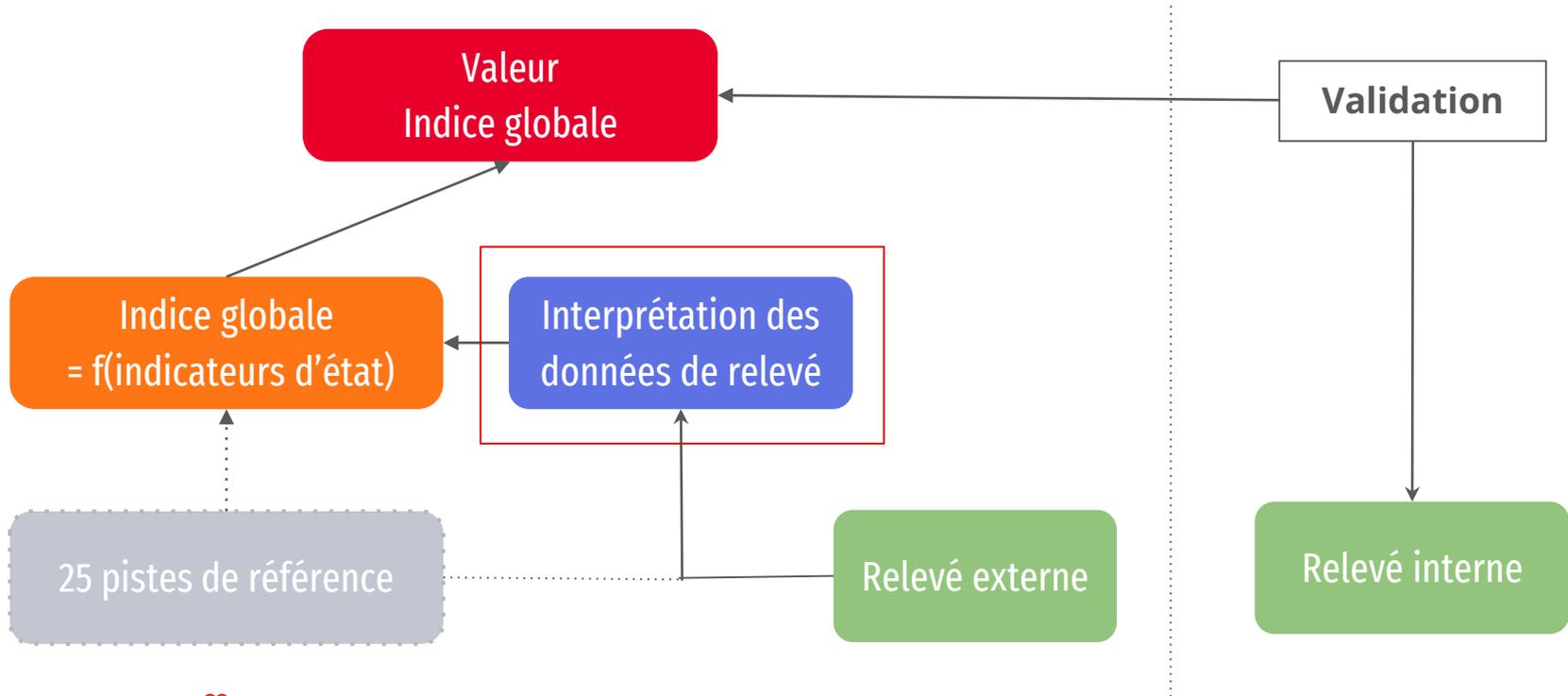
FIS : Indice de fissuration

DEN : Indice de dénivellation

RCT : Indice de rapiéçage

NDP : Indice de nid-de-poule

Schéma d'analyse

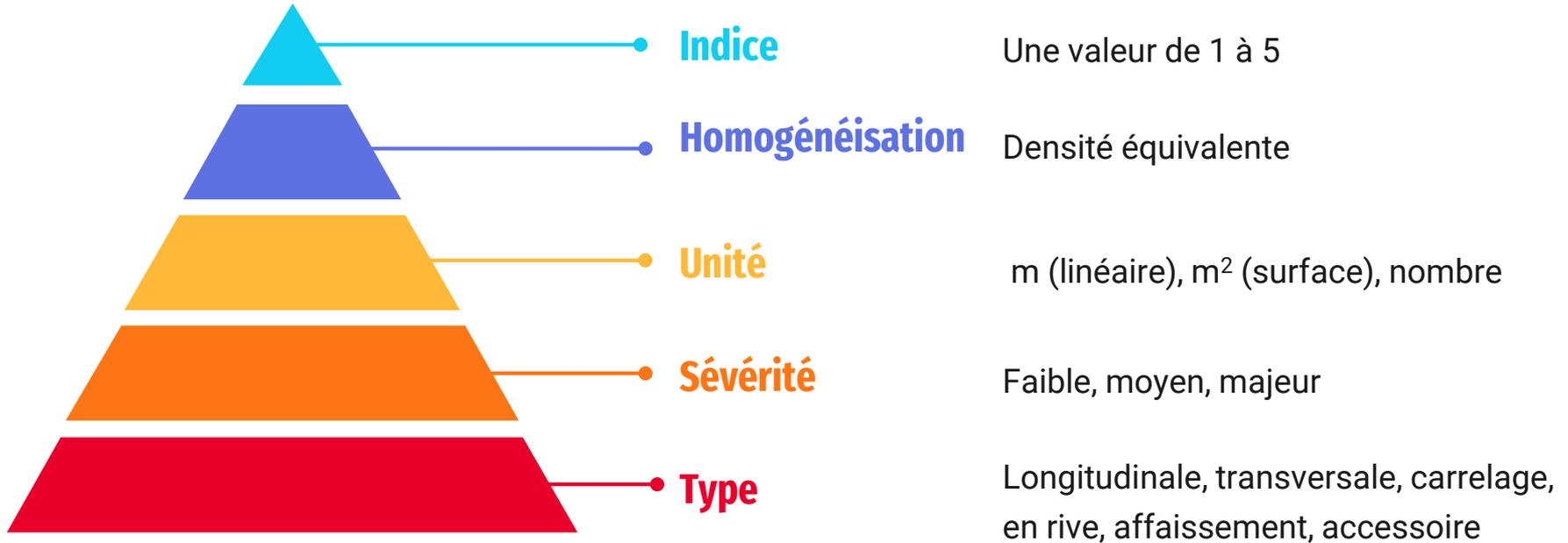


Interprétation / Paramètres des déficiences

Index	Severite	Unite	Indicateur	TypeDegradation
Transversale_Faible	1	m	Fissuration	Transversale
Transversale_Moyen	2	m	Fissuration	Transversale
Transversale_Majeur	3	m	Fissuration	Transversale
Longitudinale_Faible	1	m	Fissuration	Longitudinale
Longitudinale_Moyen	2	m	Fissuration	Longitudinale
Longitudinale_Majeur	3	m	Fissuration	Longitudinale
Rive_Faible	1	m	Fissuration	Rive
Rive_Moyen	2	m	Fissuration	Rive
Rive_Majeur	3	m	Fissuration	Rive
Carrelage_Faible	1	m2	Fissuration	Carrelage
Carrelage_Moyen	2	m2	Fissuration	Carrelage
Carrelage_Majeur	3	m2	Fissuration	Carrelage
Deformation_Faible	1	m2	Fissuration	Deformation
Deformation_Moyen	2	m2	Fissuration	Deformation
Deformation_Majeur	3	m2	Fissuration	Deformation
Affaissement_Faible	1	m2	Denivellation	Affaissement
Affaissement_Moyen	2	m2	Denivellation	Affaissement
Affaissement_Majeur	3	m2	Denivellation	Affaissement
Soulevement_Faible	1	m2	Denivellation	Soulevement
Soulevement_Moyen	2	m2	Denivellation	Soulevement
Soulevement_Majeur	3	m2	Denivellation	Soulevement

Index	Severite	Unite	Indicateur	TypeDegradation
NidDePoule_Faible	1	nb	NidDePoule	NidDePoule
NidDePoule_Moyen	2	nb	NidDePoule	NidDePoule
NidDePoule_Majeur	3	nb	NidDePoule	NidDePoule
Accessoire_Faible	1	nb	Fissuration	Accessoire
Accessoire_Moyen	2	nb	Fissuration	Accessoire
Accessoire_Majeur	3	nb	Fissuration	Accessoire
Rapiecage_Faible	1	m2	Rapiecage	Rapiecage
Rapiecage_Moyen	2	m2	Rapiecage	Rapiecage
Rapiecage_Majeur	3	m2	Rapiecage	Rapiecage
Tranchee_Faible	1	m2	Rapiecage	Tranchee
Tranchee_Moyen	2	m2	Rapiecage	Tranchee
Tranchee_Majeur	3	m2	Rapiecage	Tranchee
DenivellationAccessoire_Faible	1	m2	Denivellation	DenivellationAccessoire
DenivellationAccessoire_Moyen	2	m2	Denivellation	DenivellationAccessoire
DenivellationAccessoire_Majeur	3	m2	Denivellation	DenivellationAccessoire
DenivellationAcces_Faible	1	m2	Denivellation	DenivellationAcces
DenivellationAcces_Moyen	2	m2	Denivellation	DenivellationAcces
DenivellationAcces_Majeur	3	m2	Denivellation	DenivellationAcces

Interprétation / Indice de fissuration / Paramètres



Interprétation / Indice de fissuration / Homogénéisation

Type de dégradation

- Regrouper les dégradations de natures similaires

Unité de déficience (m ou m²)

- Calculer la densité unifiée basée sur la surface équivalente

Sévérité de déficience

- Pondérer la sévérité comme suit : 0,5 (faible), 1,0 (moyen), 3,0 (majeur)

Indices de dégradation

- Caler la relation linéaire entre les indices de dégradation et la densité équivalente

Interprétation / Indice de fissuration / Calage expérimental

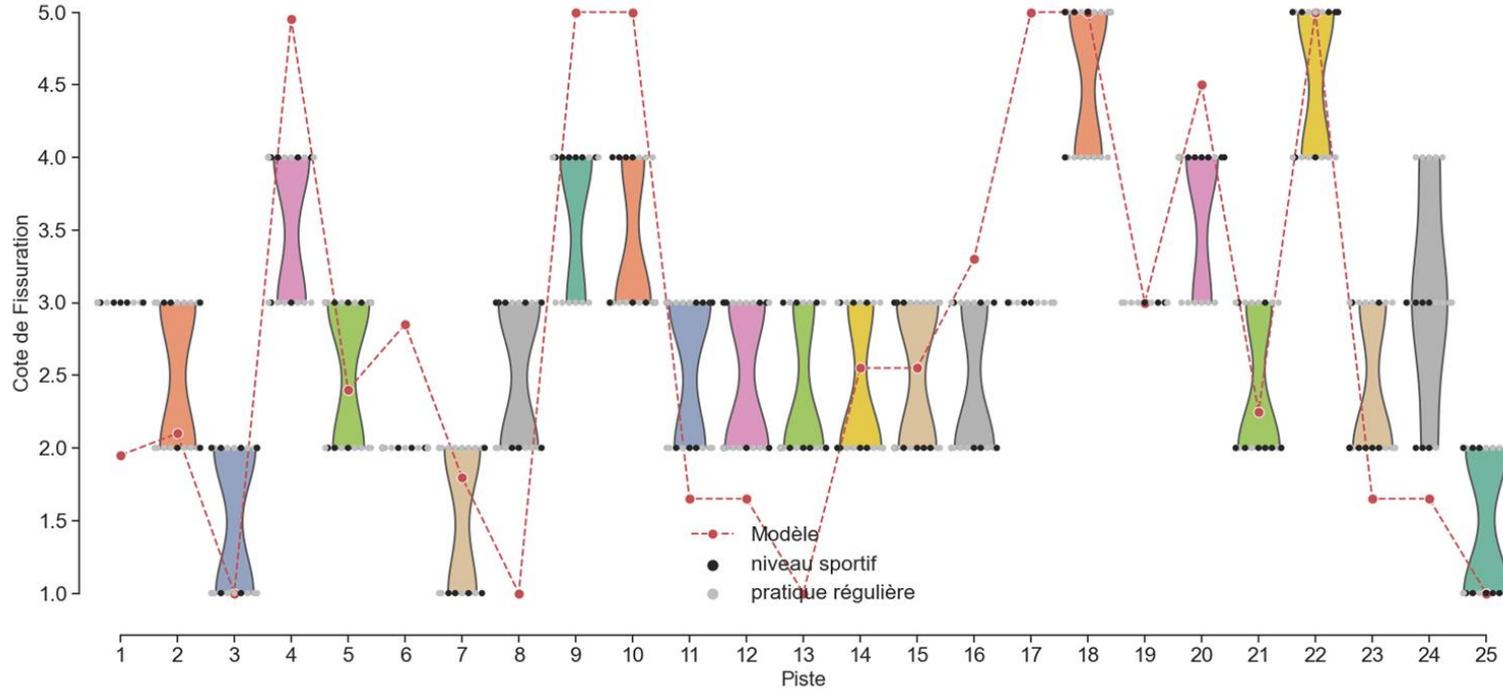
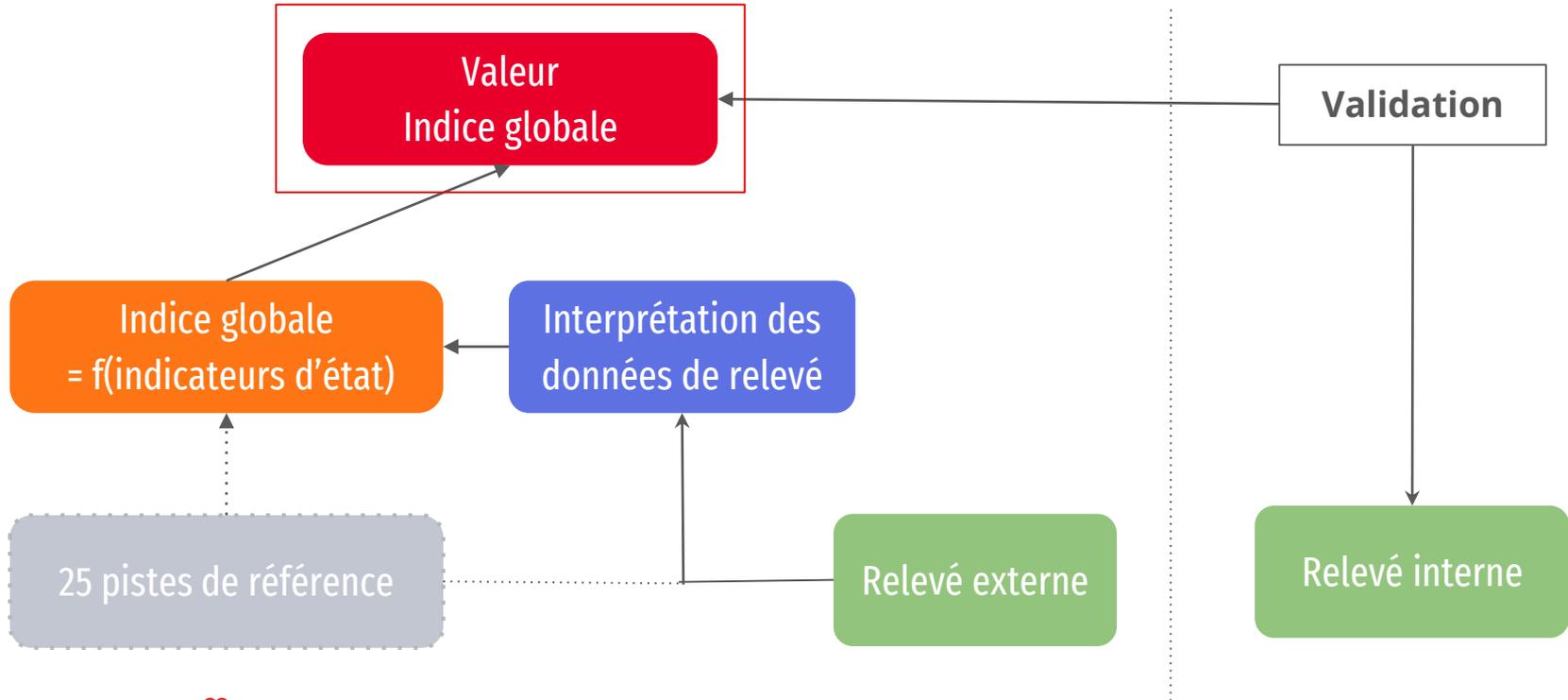
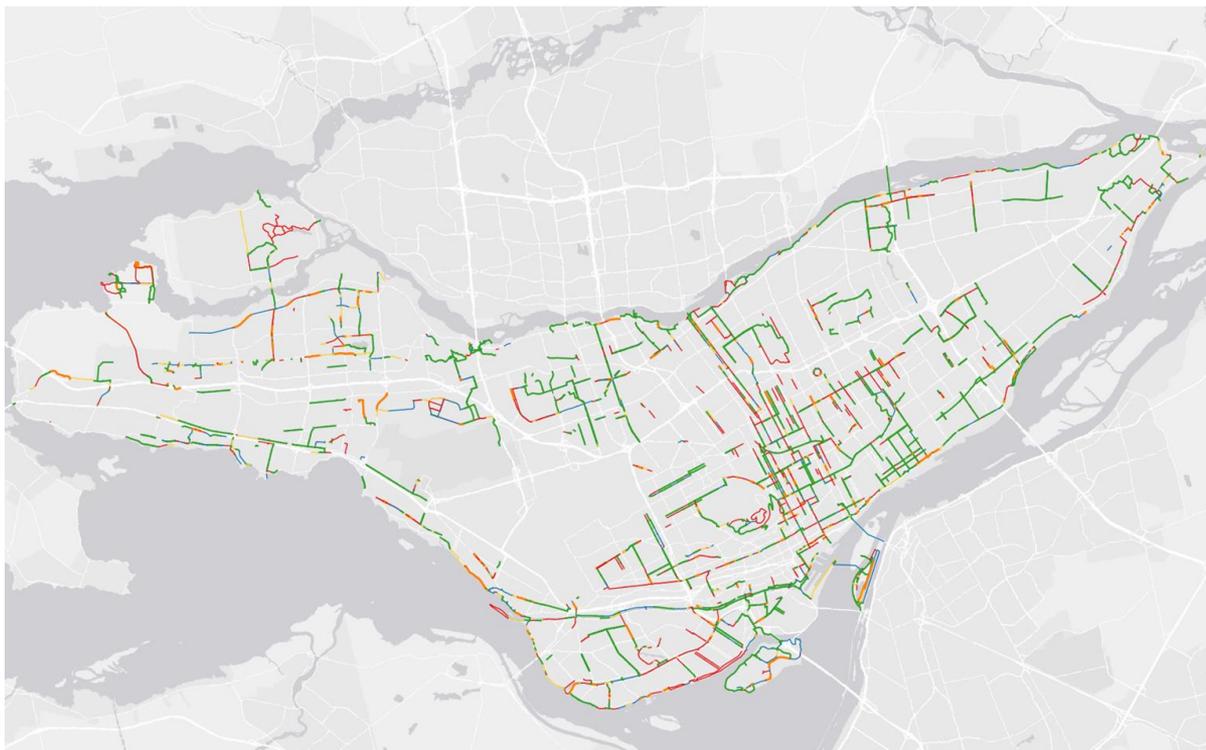


Schéma d'analyse

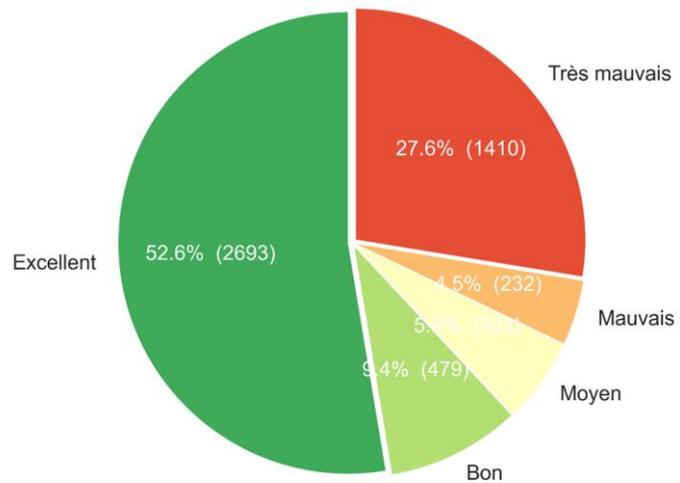


Bilan / Réseau



- ✓ — Bon
- ✓ — Excellent
- ✓ — Mauvais
- ✓ — Moyen
- ✓ — Très mauvais

Bilan / Par tronçon (préliminaire)



Bilan / Par lot de 100 m (préliminaire)

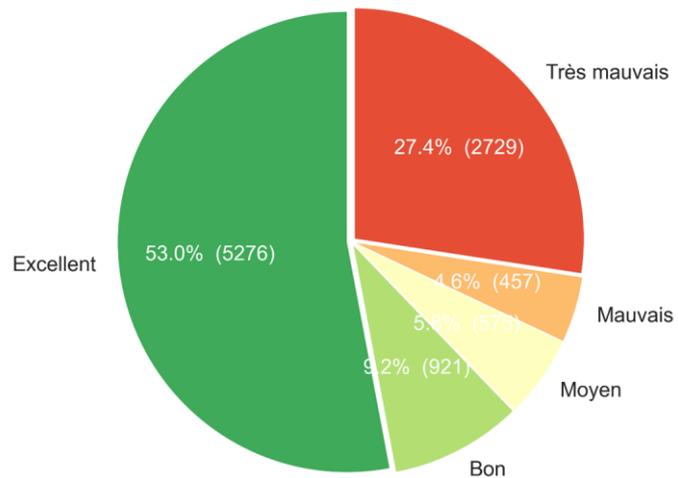
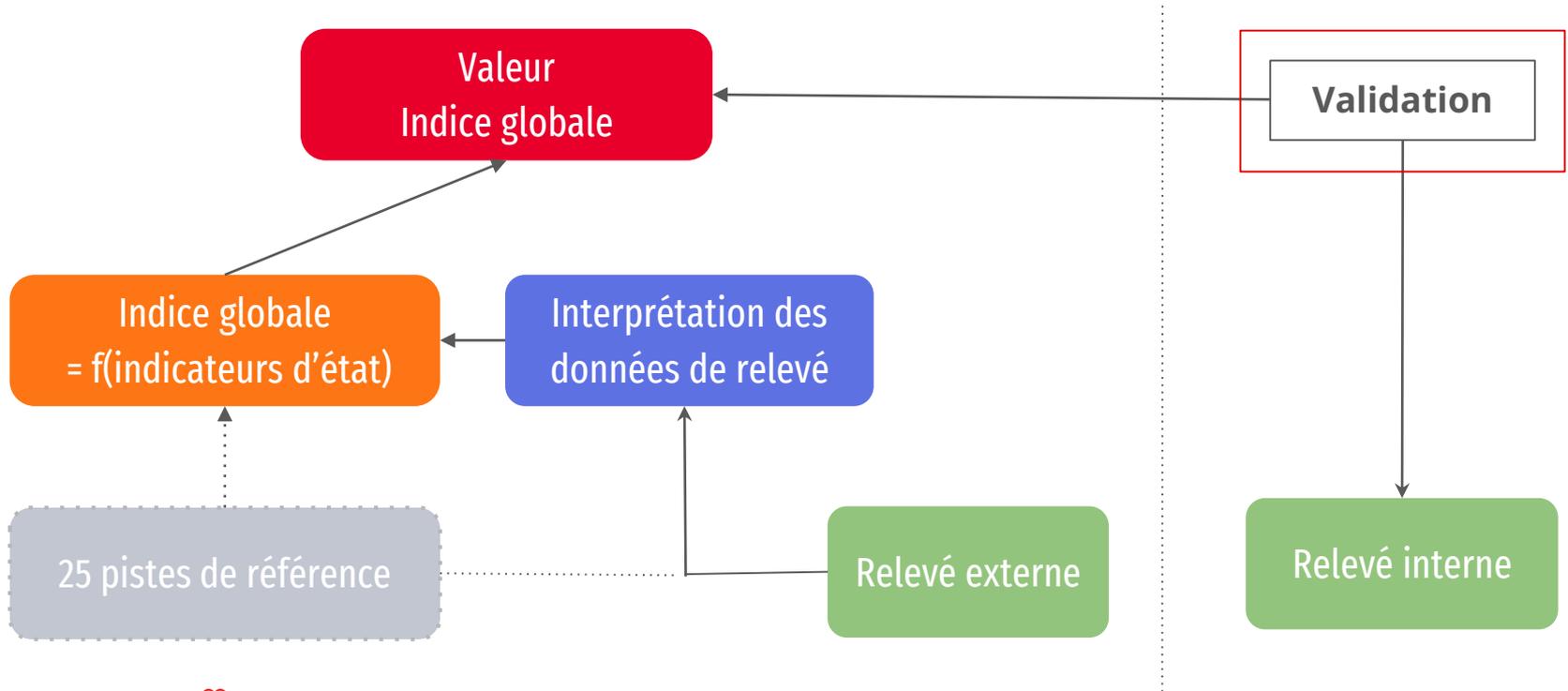


Schéma d'analyse



Validation / Relevé interne



Conclusion

Niveau de service

- Comprendre davantage la perception des usagers quant à la qualité des voies cyclables

Cote globale

- Proposer une formulation de calcul adaptée aux besoins des usagers

Méthode de compilation

- Interpréter les données de relevé en tenant compte de la perception des usagers
- Calculer les indicateurs d'état et la cote globale

Bilan d'état

- Déterminer les besoins d'invention
- Élaborer un programme de réfection approprié

Prochaines étapes

Indices de sécurité

- Calculer et partager avec les partenaires

Hiérarchisation

- Hiérarchiser le réseau et recalculer l'état pondéré

Segmentation en lot

- Subdiviser le réseau en lot de 100 m

Intégration des données complémentaires

- Compléter les bases de données (type de chaussée, largeur, signalisation, etc)



Montréal 

Division Gestion stratégique des actifs
Direction de la mobilité