

Mesure et pilotage de la performance environnementale dans les projets d'infrastructure ferroviaire

Joseph MANSOUR SALAMÉ

Directrice de thèse: Isabelle NICOLAI (Prof.)

Co-encadrants: Yann LEROY (Assist. Prof.) et Michael SAIDANI (Dr.)

Séminaire de recherche du 06/10/2021

Plan

Introduction

Motivation

Etat de l'art

Positionnement / Approche

Questions de recherche

Question de recherche 1 : approche et résultats

Question de recherche 2 : approche et résultats

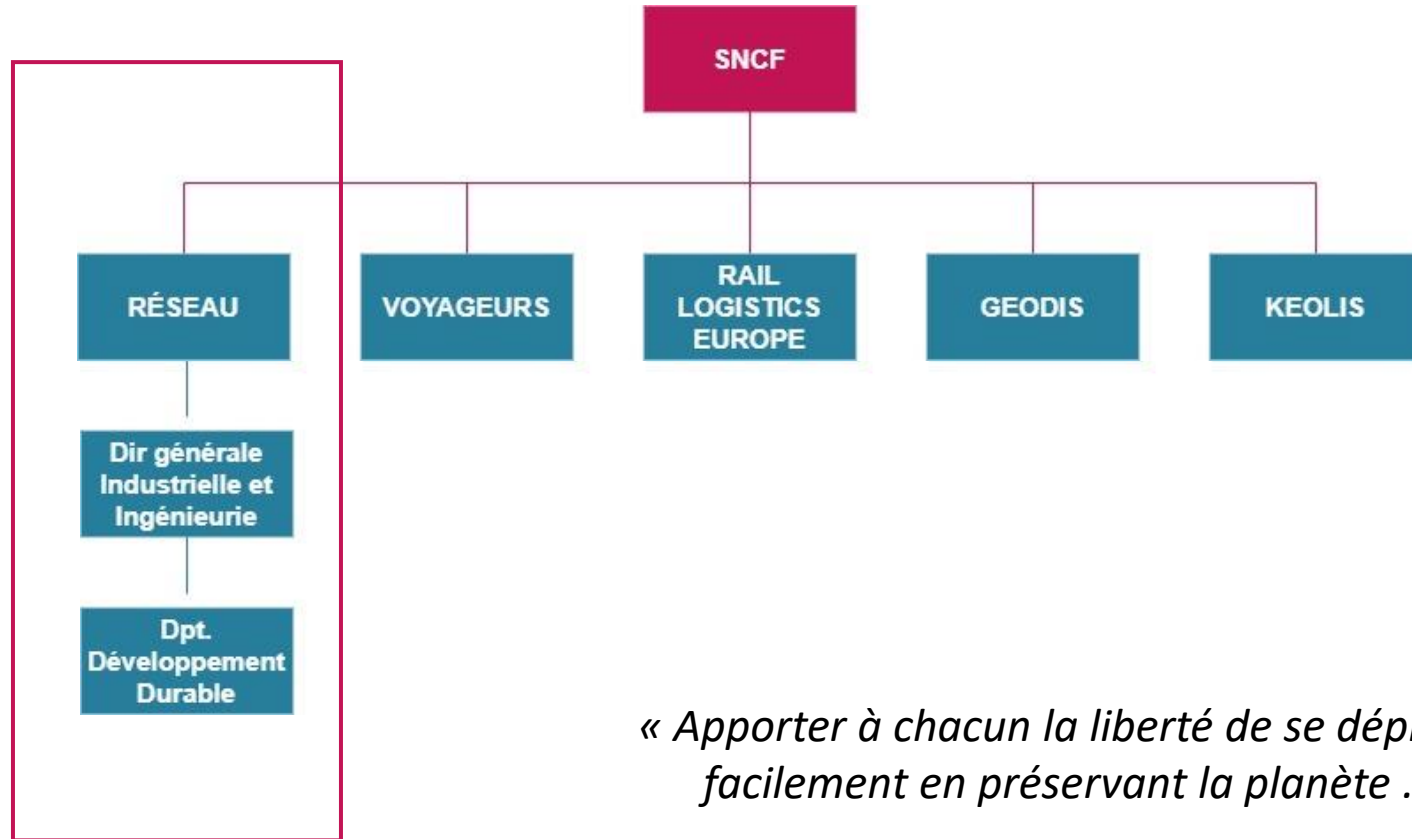
Perspectives

Références

Annexe 1 : Résultats QR 1

Annexe 2: Résultats QR 2

Introduction



« Apporter à chacun la liberté de se déplacer facilement en préservant la planète .»

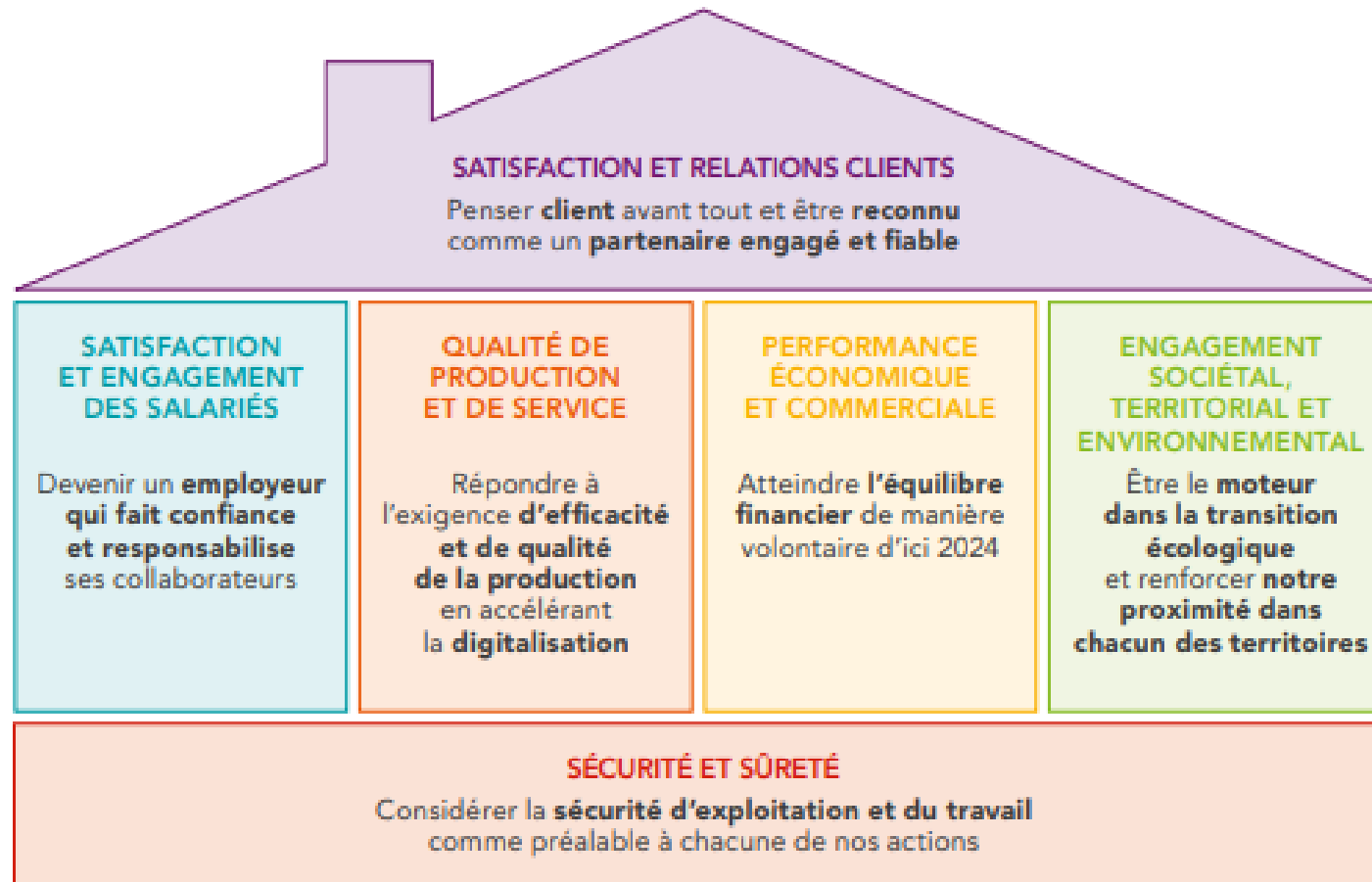
Missions Dpt. Développement durable

- Prescription environnementale
- Développement de l'écoconception
- Déploiement de l'économie circulaire
- Animation environnementale
- Etudes bruit, paysage et problématiques eau et sol
- Déploiement des systèmes de management environnemental pour les établissements
- Validation environnementale des projets d'infrastructure ferroviaire



Introduction

Tous SNCF Ambition Réseau





Introduction

Engagement sociétal, territorial et environnemental



Les enjeux à relever

- ▶ Renforcer l'**attractivité du ferroviaire** en réponse aux urgences climatiques et sociales.
- ▶ Accroître notre rôle dans la **transition écologique** et maîtriser les impacts environnementaux de nos activités.
- ▶ Intégrer notre **démarche de développement durable** à nos activités « cœur de métier » et à nos projets.
- ▶ Mettre notre **savoir-faire au service des objectifs de développement durable** de nos partenaires, clients et territoires.
- ▶ Renforcer le **dialogue territorial** pour l'ensemble de nos activités qui ont un impact sur les territoires.



Nos atouts pour y parvenir

- ▶ Une présence historique au cœur des territoires et un réseau d'acteurs internes fortement mobilisés sur le sociétal et dotés d'une excellente maîtrise des sujets environnementaux.
- ▶ Une démarche d'économie circulaire avec un fort potentiel à exploiter en termes de bénéfices économiques, écologiques et sociétaux.
- ▶ Les bons classements de notre démarche de développement durable par les agences spécialisées.
- ▶ Une expertise reconnue en matière de concertation et de dialogue territorial.



« Être moteur dans la transition écologique et renforcer notre proximité dans chacun des territoires. »



ALAIN QUINET
Directeur général délégué stratégie et Affaires corporate



INDICATEURS PHARES

Taux de collecte des matériaux structurants de la voie (rails, traverses, ballast, câbles) en vue de leur valorisation.

Réduction du taux d'émissions carbone grâce à notre démarche d'économie.



Nos leviers de progrès

- ▶ Former les managers à l'**engagement sociétal et à la transition écologique**, en lien avec les enjeux des filières métiers.
- ▶ Renforcer, mesurer et valoriser notre **impact économique, sociétal et environnemental dans les territoires** en lien avec la démarche des coordinateurs régionaux du groupe et dans une relation partenariale avec les parties prenantes des territoires.
- ▶ Mettre en œuvre la **démarche d'écoconception** et garantir le respect des engagements des maîtrises d'ouvrage des projets d'investissement.
- ▶ Organiser le **dialogue territorial** pour l'ensemble des activités ayant un impact sur les territoires, notamment la maîtrise de la végétation.



Nos objectifs de performance

- ▶ **ÉCONOMIE CIRCULAIRE**
Collecter **100 % des matériaux** structurants de la voie (rails, traverses, ballast, câbles) en vue de leur valorisation à l'horizon 2025.
- ▶ **CLIMAT RÉDUIRE DE 25 %** les émissions carbone liées à notre approvisionnement en matériaux et à leur fin de vie à l'horizon 2030.
- ▶ **BIODIVERSITÉ**
 - Engager **50 % des projets** de restauration des continuités écologiques des cours d'eau en 2026.
 - Réussir le **plan 0 % glyphosate fin 2021** et maîtriser nos consommations de produits phytosanitaires.
- ▶ **BRUIT** poursuivre notre contribution à la **prévention et à la réduction** des nuisances sonores (indicateur en cours de révision).



Motivation

→ Stratégie SNCF Réseau

→ Reconsidération de la performance environnementale

Or,

En interne : performance environnementale = performance réglementaire

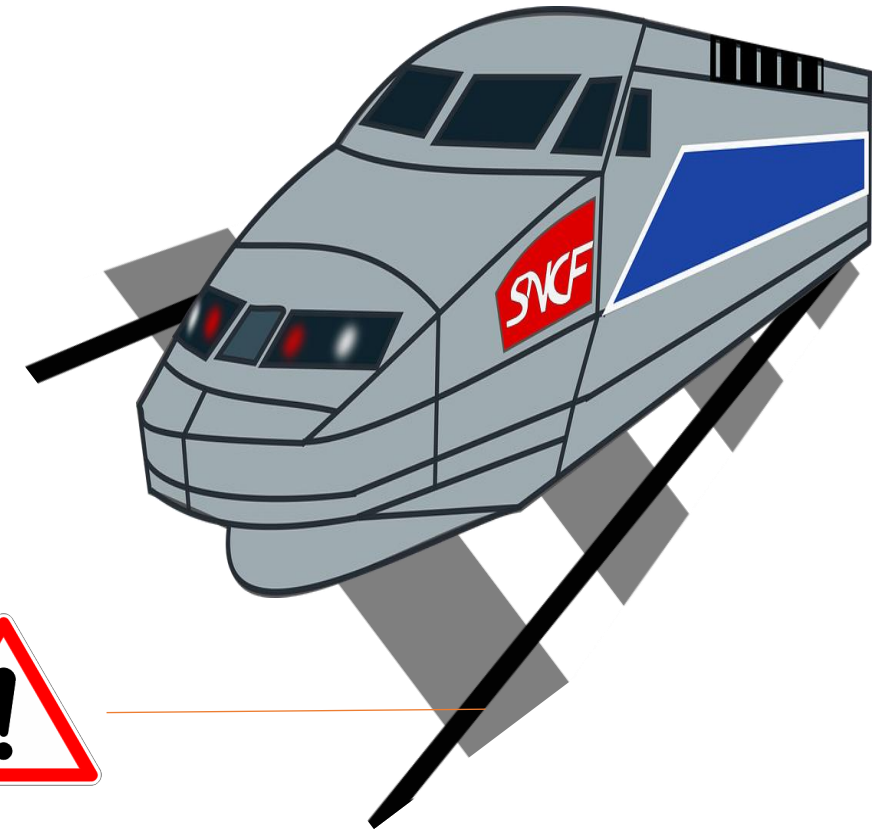
→ Manque d'ambition des acteurs

→ Pas de valeur ajoutée de la performance environnementale

Investissements pour au moins 50 ans
Impacts sociaux et environnementaux importants
Complexité



Trains
2-30g CO₂/km*psg
gCO₂ Train < 10* gCO₂ Avions





Motivation

- Stratégie SNCF Réseau
- Reconsidération de la performance environnementale
- Mesure et suivi de la performance environnementale

Etablissements

Produits

Projets

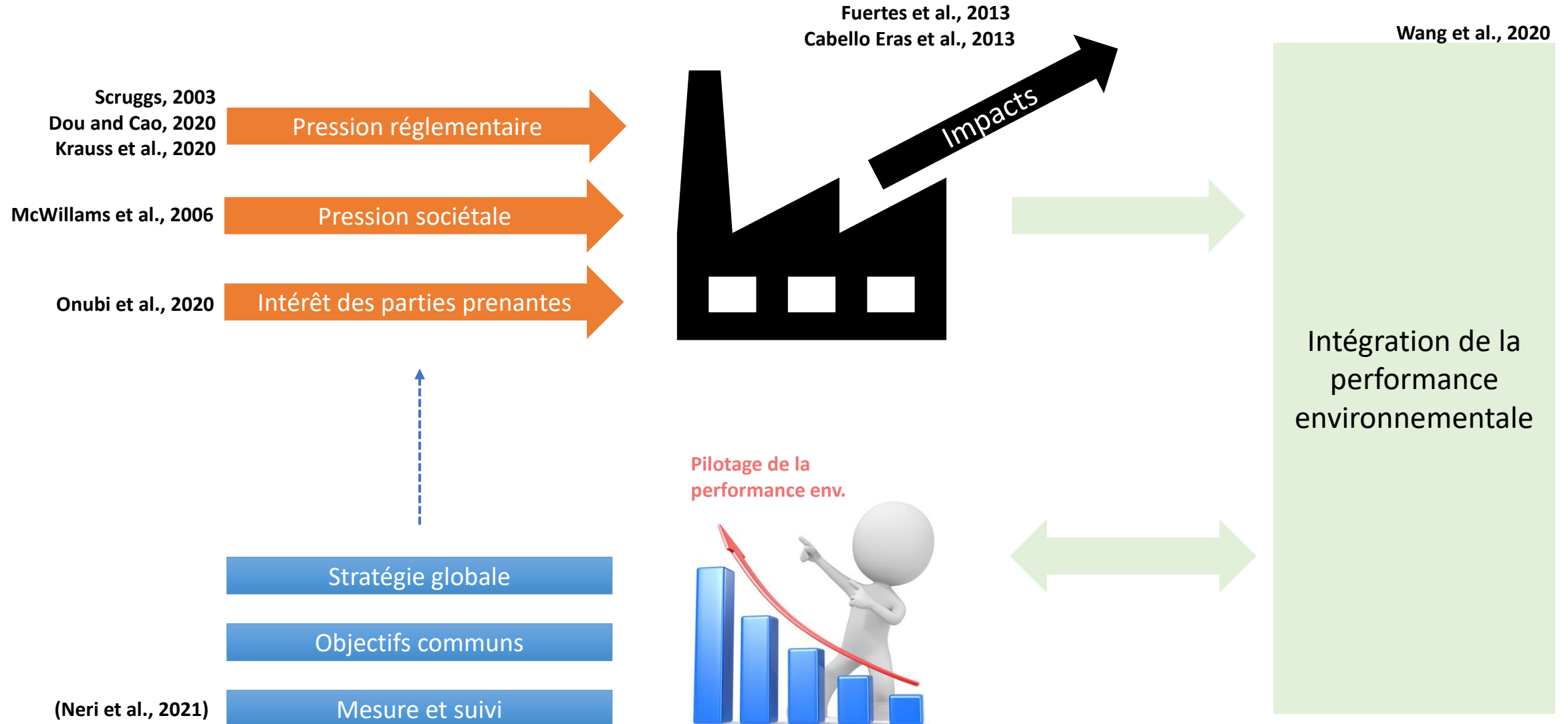
Or,

- Plusieurs outils existants
- Pas réellement d'indicateurs communs
- Question de pilotage

Prendre en compte les impacts environnementaux en motivant les décisions d'investissements dans les différentes phases projets à partir de la mise en œuvre d'un système de pilotage



État de l'art



Positionnement

Stratégie globale

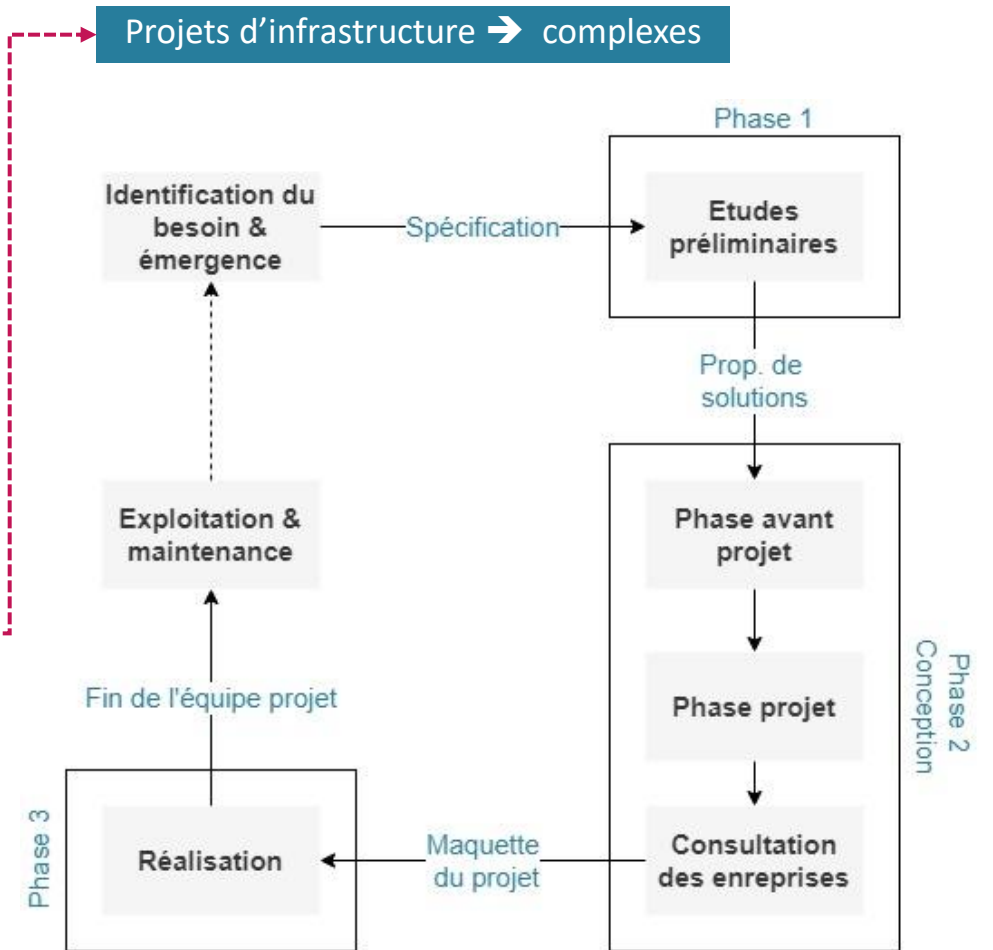
Objectifs communs

TOUS SNCF
AMBITION RÉSEAU

Mesures et suivi

Indicateurs environnementaux

- Ne suffisent pas (Bajec et al., 2020)
- Difficiles à adapter et implémenter en industrie (Rousseaux et al., 2017)
- Difficiles à définir dans un contexte avec divers acteurs (Heslouin et al., 2017)



Positionnement

Gaps de la littérature

- Pas de définition caractéristique de la performance environnementale pour les projets d'infrastructure
- Indicateurs environnementaux orientés produits et non projets: suivi à travers les phases
- Mesures environnementales pour décrire, améliorer mais non liées à une validation globale de projet

Positionnement

- Caractériser la performance environnementale pour les projets d'infrastructure
- Développer un set d'indicateurs pouvant être suivis selon les phases
- Intégrer la performance environnementale de manière quantifiée dans la prise de décision

Questions de recherche

Comment piloter la performance environnementale dans des projets d'infrastructure complexes? Le cas de SNCF Réseau

Quelle définition de la performance environnementale dans un projet d'infrastructure ferroviaire complexe ?

Analyse systémique du processus de projet de conception dans SNCF Réseau

Dimensions de la performance environnementale dans les projets d'infrastructure

Comment mesurer et suivre la performance environnementale dans les projets d'infrastructures ferroviaires?

Analyse des outils de pilotage existants en entreprise

Développement d'un set d'indicateurs

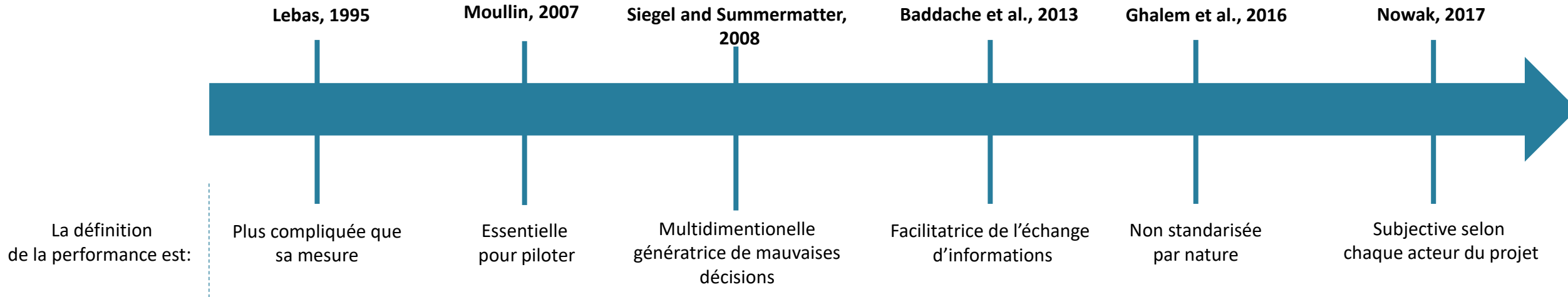
De l'environnement à la performance globale : comment caractériser les actions environnementales ?

Monétarisation des externalités environnementales

Lien entre la performance environnementale et la performance globale

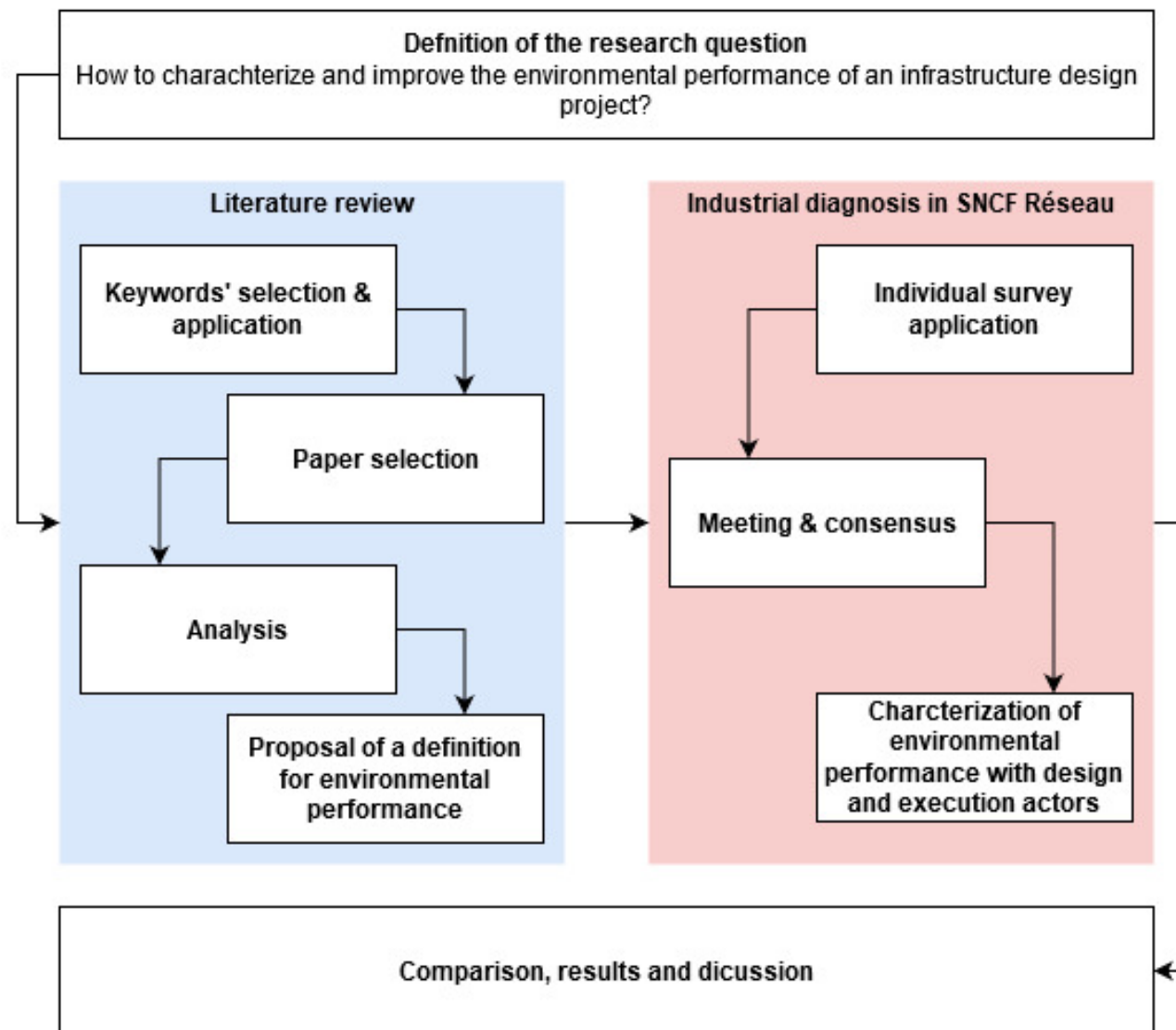
Question de recherche 1

Quelle définition de la performance environnementale dans un projet d'infrastructure complexe ?

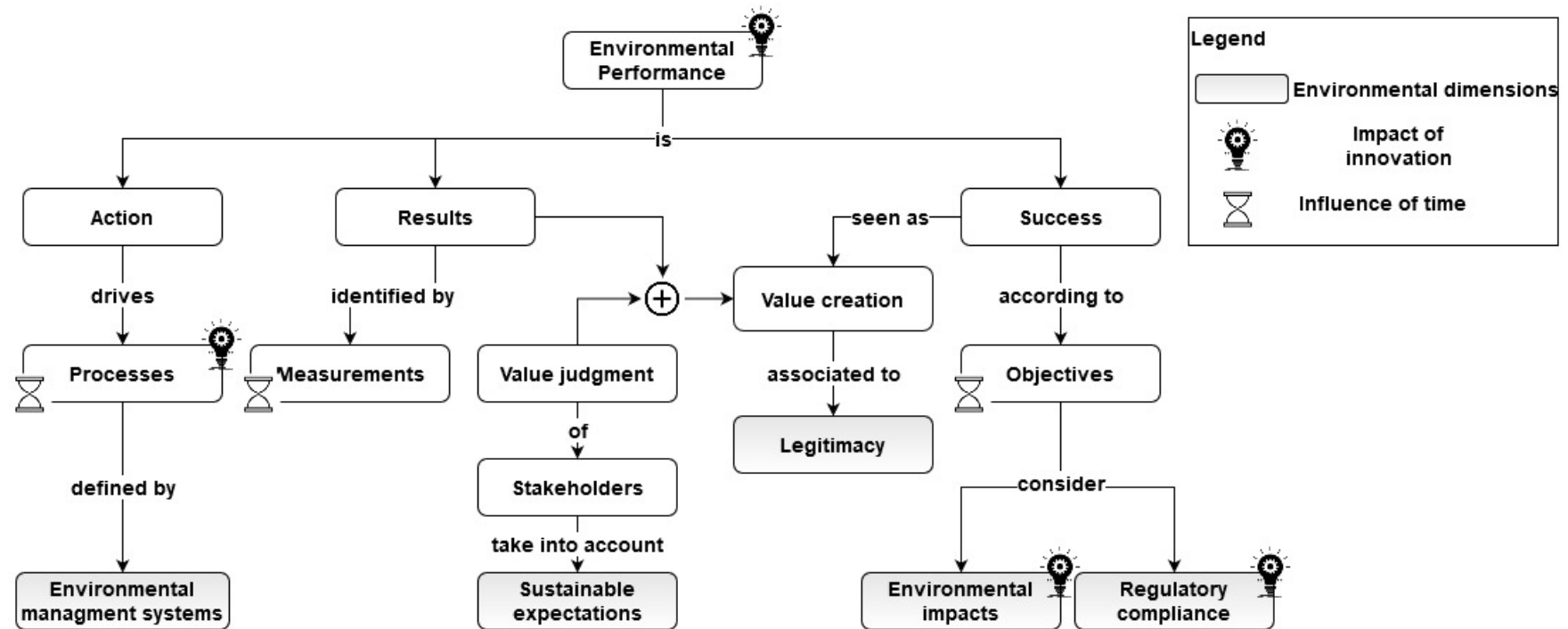


Mansour Salamé, J., Leroy, Y., Saidani, M., Nicolai, I. (2021) 'Understanding and Monitoring Environmental Performance of Infrastructure Design Projects', in Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED21), Gothenburg, Sweden, 16-20 August 2021. DOI:10.1017/pds.2021.588

Question de recherche 1



Question de recherche 1



La performance environnementale n'est pas exprimée dans les mêmes mots

Pour chaque acteur, certaines dimensions sont plus importantes que d'autres

Un lien manque entre performances environnementale et économique

La création de valeur et la légitimité ne sont pas mentionnées en industrie

Question de recherche 2

Piloter la performance environnementale d'un projet:

→ Parler un langage commun entre différents acteurs

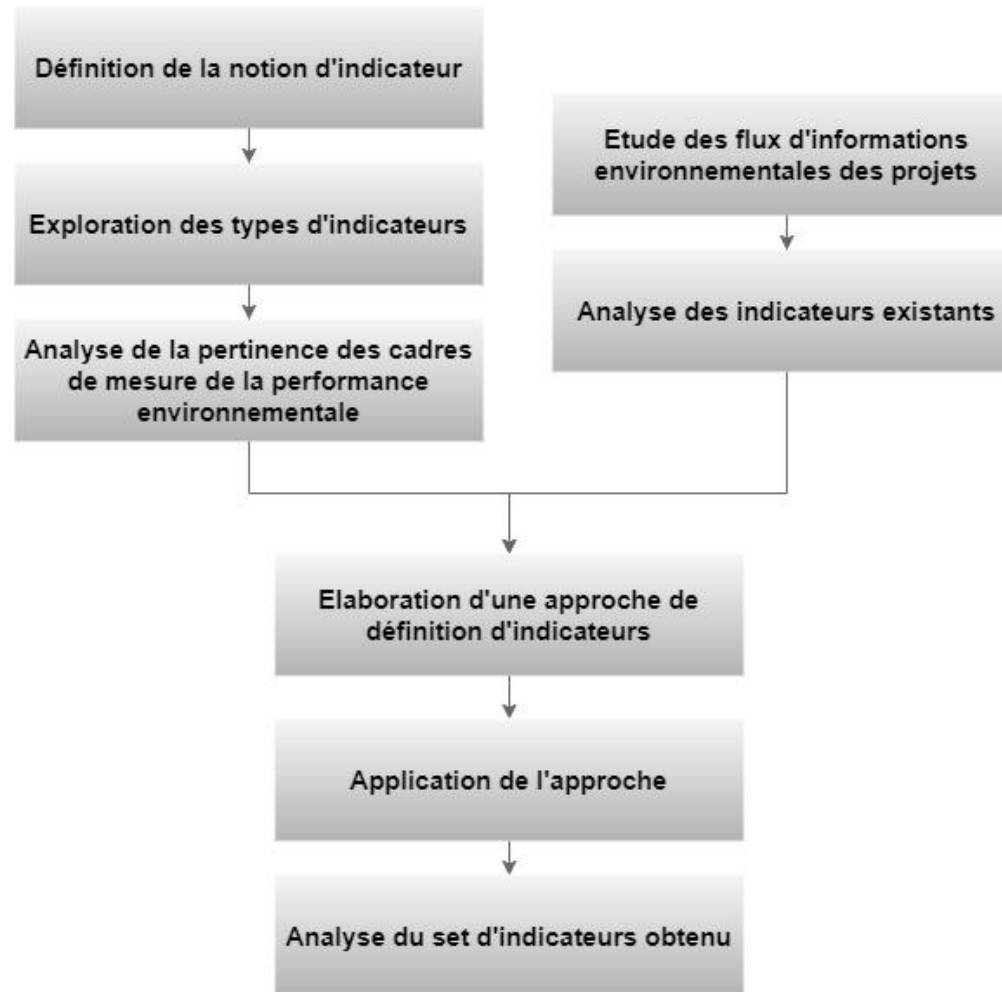
→ Maitriser le flux d'information environnementale

Comment exprimer des indicateurs environnementaux pour le pilotage de la performance environnementale dans les projets d'infrastructure ferroviaire?

1. Englobant les différents impacts de SNCF Réseau
2. Orientant les décisions
3. Permettant le suivi de leur application
4. Liant performance environnementale à performance économie

Question de recherche 2

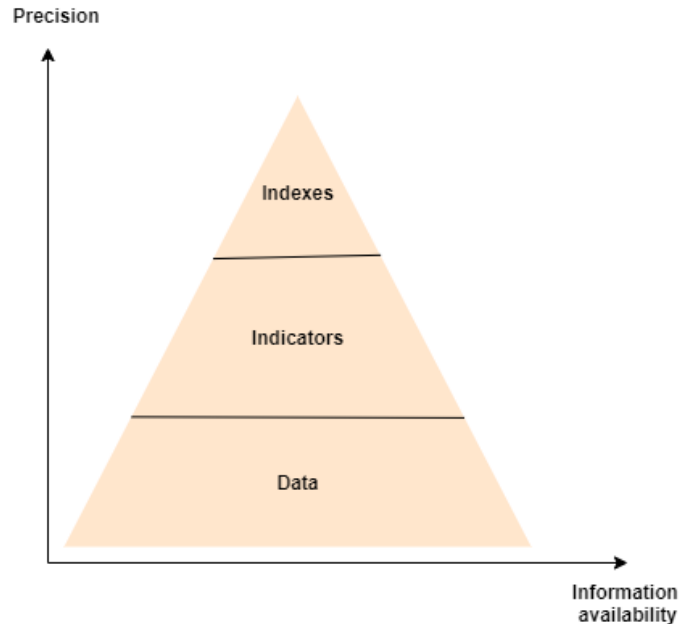
Méthodologie



Question de recherche 2

Etat de l'art

Définition d'un indicateur



Pyramide de l'information adaptée de
Hammond et al., 1995

Critères

Pertinence/ Validité

Mesurabilité/ Bases scientifiques

Disponibilité des ressources

Sensibilité

Fiabilité

Simplicité

Angelakoglou & Gaidajis, 2020

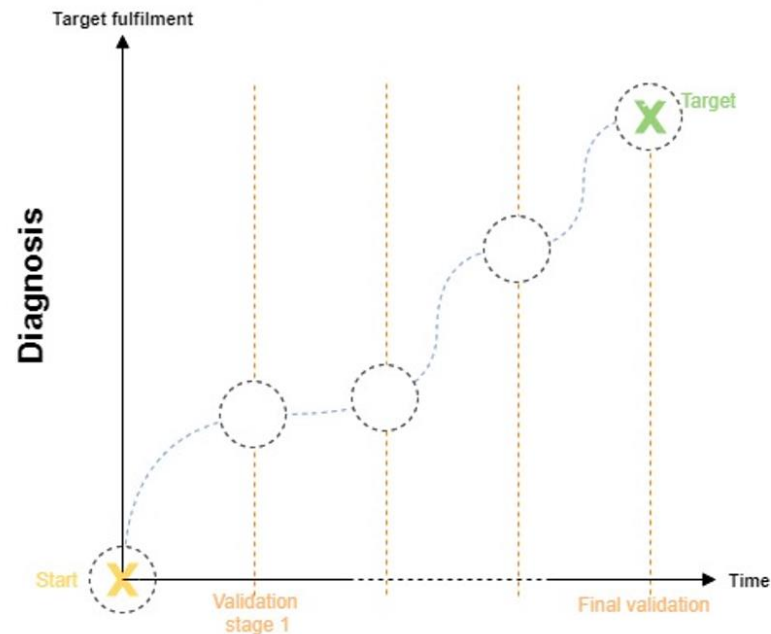
Saidani et al., 2019

Lebacqz et al., 2012

Joumard et al., 2011

Question de recherche 2

Etat de l'art

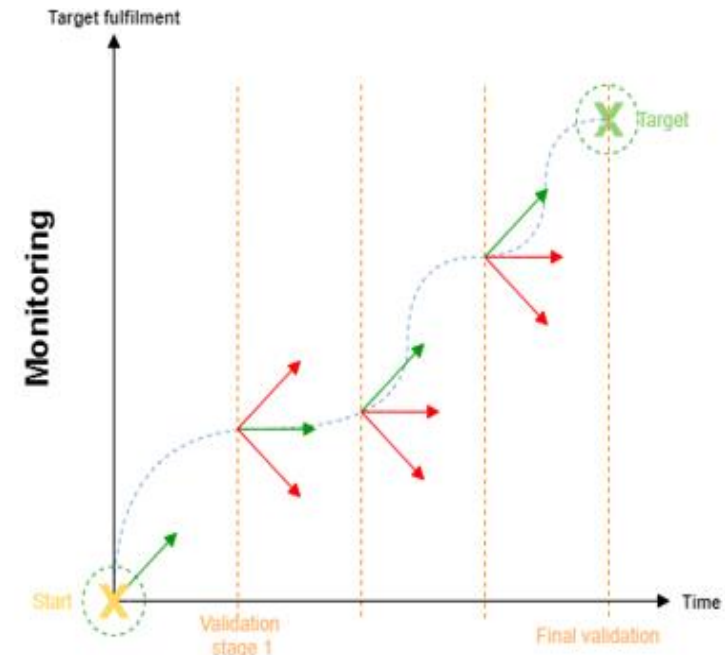


Indicateurs descriptifs

Identifient l'état du projet à un instant donné

Indicateurs normatifs

Permettent de prédire et d'orienter les décisions
Nécessitent un référentiel (objectifs ou état précédent)



Question de recherche 2

Etat de l'art

Framework	Articles en lien	Intérêts	Inconvénients
ISO 14031	Norme	Divise les indicateurs en 3 catégories	Au niveau des organisations et non des projets multi-acteurs
IRS 330	Norme	Fournit divers indicateurs spécifiques au ferroviaire	Utilisée pour le reporting (diagnostic) Ne différencie pas entre gestionnaire et exploitant des rails
Theme-based framework	Wu et al., 2017	Facilite le lien entre indicateurs	Plus ou moins limité pour un système complexe
Top-down / bottom-up	André Feil et al., 2019 Saidani et al., 2017	Permettent de se concentrer sur l'information de départ disponible pour élaborer des indicateurs	Inadaptées pour des projets à multiples interactions
Causal networks: PSR-DPSIR	Glemarec, 2003 Kristensen, 2004	Définit des catégories d'indicateurs permet de lier les actions entre elles	Est orienté vers les écosystèmes plus que vers le pilotage des activités en industrie
EBM-DPSER framework	Kelble et al., 2013	Change de paradigme: met en valeur la performance environnementale	Chaîne causale adaptée pour des écosystèmes
User-oriented framework	Heslouin et al., 2017	Approche méthodologique permettant de structurer les étapes	Orienté produit Difficile à appliquer avec des acteurs changeants dans les projets
Step-by-step approach for product-related indicators	Issa et al., 2015	Permet de tracer l'évolution des indicateurs dans le temps	Suppose que l'information est par définition caractérisable Pas d'informations sur le types d'indicateurs

Question de recherche 2

Positionnement

The image shows a screenshot of a checklist document. It contains several sections with headings in French, such as 'Détermination des besoins en énergie', 'Détermination des besoins en matériaux', and 'Détermination des besoins en eau'. Each section contains a list of items with checkboxes and associated data.

Checklist

Différentes interprétations
Non évolutive
Données non mesurables



	Preliminary studies	Design	Execution
Carbon emissions	Carbon footprint (first evaluation using the existing calculator) [gCO ₂ /km*passenger] Difference with standard project [%]	Carbon footprint (second evaluation) [gCO ₂ /km*passenger] Variant analysis [yes/no]	Carbon footprint (final evaluation) [gCO ₂ /km*passenger]
Materials	Commitment on recycled materials rate [%] Commitment on reused materials rate [%] Compliance with standards [yes/no]	Foreseen recycled material rate [%] Foreseen reused material rate [%] Foreseen economic costs for project [€]	Recycled material rate [%] Reused material rate [%] Related economic costs for project [€]
Energy consumption	Identification of consuming posts [yes/no]	Adopted measures for consumption reduction [yes/no] Foreseen costs of reduction measurements [€]	Energy consumption [kWh] Energy reduction [kWh] Costs of reduction measurements [€]
Renewable energy	Renewable energy commitment [technology & Watt] Comparison with standard commitment [%] Foreseen investment cost [€]	Foreseen renewable power [W] Foreseen selfconsumption rate [%] Foreseen investment cost [€]	Installed renewable power [W] Effective selfconsumption rate [W] Investment cost [€] ROI [%] or LCOE [€/kWh]
Water	<i>In process</i>	<i>In process</i>	Consumption for ballast watering [volume] Total water consumption [volume] Estimated volume for water infiltration [volume]
Waste	Identification of recycling opportunities [yes/no] Identification of waste treatment techniques [yes/no]	<i>In process</i>	Generation of non dangerous waste [volume] Generation of dangerous waste [volume] Recycling rate of non dangerous waste [volume] Treatment of dangerous waste [volume] Recycling gains or losses [€]
Biodiversity	Number of identified protected species [Nb]	Foreseen number of impacted species [Nb] Foreseen number of preserved species due to avoidance measures [Nb] Estimated costs of avoidance measures [€] Estimated costs of compensatory measures [€]	Final number of impacted species [Nb] Final number of preserved species due to avoidance measures [Nb] Costs of avoidance measures [€] Costs of compensatory measures [€] Potential gains of avoided compensatory measures [€] Total costs [€]

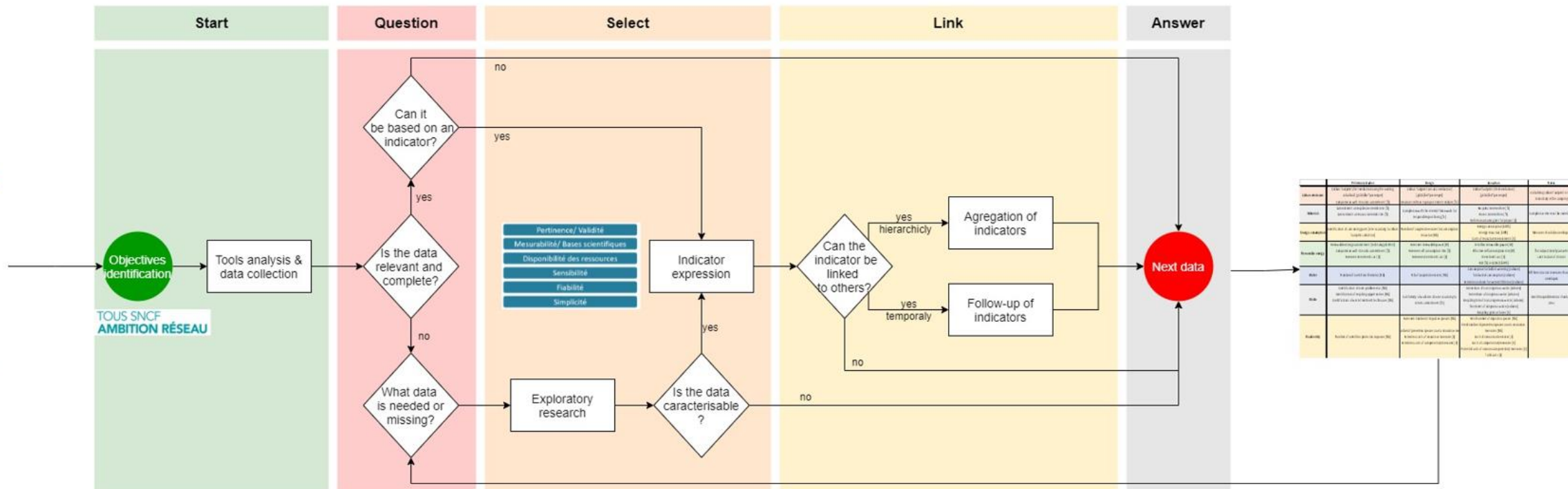
Tableau de bord

Indicateurs mesurables
Evolutifs selon les phases

Question de recherche 2

Résultats

Approche méthodologique pour la conception d'indicateurs environnementaux



Question de recherche 2

Résultats

Première version du set d'indicateurs

	Priliminary studies	Design	Execution
Carbon emissions	Carbon footprint (first evaluation using the existing calculator) [gCO2/km*passenger] Difference with standard project [%]	Carbon footprint (second evaluation) [gCO2/km*passenger] Variant analysis [yes/no]	Carbon footprint (final evaluation) [gCO2/km*passenger]
Materials	Commitment on recycled materials rate [%] Commitment on reused materials rate [%] Compliance with standards [yes/no]	Foreseen recycled material rate [%] Foreseen reused material rate [%] Foreseen economic costs for project [€]	Recycled material rate [%] Reused material rate [%] Related economic costs for project [€]
Energy consumption	Identification of consuming posts [yes/no]	Adopted measures for consumption reduction [yes/no] Foreseen costs of reduction measurments [€]	Energy consumption [kWh] Energy reduction [kWh] Costs of reduction measurments [€]
Renewable energy	Renewable enregy commitment [technology & Watt] Comparaison with standard commitment [%] Foreseen investment cost [€]	Foreseen renewable power [W] Foreseen selfconsumption rate [%] Foreseen investment cost [€]	Installed renewable power [W] Effective selfconsumption rate [W] Investment cost [€] ROI [%] or LCOE [€/kWh]
Water	<i>In process</i>	<i>In process</i>	Consumption for ballast watering [volume] Total water consumption [volume] Estimated volume for water infiltration [volume]
Waste	Identification of recycling opportunities [yes/no] Identification of waste treatment techniques [yes/no]	<i>In process</i>	Generation of non dangerous waste [volume] Generation of dangerous waste [volume] Recycling rate of non dangereous waste [volume] Treatment of dangerous waste [volume] Recycling gains or losses [€]
Biodiversity	Number of identified protected sepecies [Nb]	Foreseen number of impacted species [Nb] Foreseen number of preserved species due to avoidance measures [Nb] Estimated costs of avoidance measures [€] Estimated costs of compensatory measures [€]	Final number of impacted species [Nb] Final number of preserved species due to avoidance measures [Nb] Costs of avoidance measures [€] Costs of compensatory measures [€] Potential gains of avoided compensatory measures [€] Total costs [€]

Perspectives

Le tableau de bord obtenu permet de fournir des informations mesurées pour le pilotage de la performance environnementale

Or,

- Il doit être pris en compte à partir d'un changement de paradigme lors de la prise en compte de la performance environnementale
- Par conséquent, des indicateurs plus économiques doivent être repensés et intégrés à la prise de décision dans l'entreprise
- Une recherche exploratoire plus détaillée est nécessaire

Perspectives

Le tableau de bord obtenu permet de fournir des informations mesurées pour le pilotage de la performance environnementale

Or,

- Vérification par d'autres experts
- Validation: en choisissant différents projets à différentes phases
- Intégration dans un outil de décision multi-critères comprenant tous les aspects de développement durable

Merci ...et à vos questions

« Les questions, en philosophie, sont plus essentielles que les réponses. » (K. Jaspers)



Références

- Angelakoglou, K., & Gaidajis, G. (2020). *A Conceptual Framework to Evaluate the Environmental Sustainability Performance of Mining Industrial Facilities*.
- Baddache, F. and Nicolai, I. (2013), "Follow the leader: how corporate social responsibility influences strategy and practice in the business community", *Journal of Business Strategy*, Vol. 34 No. 6, pp. 26-35. <https://doi.org/10.1108/JBS-01-2013-0002>
- Bajec, P., Tuljak-Suban, D., and Bajor, I. (2020), "A warehouse social and environmental performance metrics framework". *Promet - Traffic & Transportation*, Vol. 32, No. 4, pp. 513–526. <https://doi.org/10.7307/ptt.v32i4.3390>
- Cabello Eras, J. J., Gutiérrez, A. S., Capote, D. H., Hens, L., and Vandecasteele, C. (2013), "Improving the environmental performance of an earthwork project using cleaner production strategies", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 47, pp. 368–376. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.026>
- Dou, G., and Cao, K. (2020), "A joint analysis of environmental and economic performances of closed-loop supply chains under carbon tax regulation", *Computers and Industrial Engineering*, Vol.146. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106624>
- Freil, A. A., Schreiber, D., & Haetinger, C. (2019). Sustainability Indicators for Industrial Organizations : Systematic Review of Literature. *Sustainability*, 11(854), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su11030854>
- Fuertes, A., Casals, M., Gangoellis, M., Forcada, N., Macarulla, M., and Roca, X. (2013), "An Environmental Impact Causal Model for improving the environmental performance of construction processes", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 52, pp. 425–437. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.005>
- Ghalem, Â., Okar, C., Chroqui, R., and Semma, E. (2016), "Performance: A concept to define", *Logistica*, EST Berrechid - Morocco, May 2016, pp. 1–12. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24800.28165>
- Glemarec, Y., & Nations, U. (2017). *Environmental indicators for tropical areas : a methodology applied to forest, water and soil degradation in Thai Nguyen province, Vietnam. January 2003*.
- Hammond, A., Adriaanse, A., Rodenburg, E., Bryant, D., & Woodward, R. (1995). *ENVIRONMENTAL INDICATORS : A Systematic Approach to Measuring Sustainable Development*. World Resources Institute.
- Heslouin, C., Perrot-bernardet, V., Cornier, A., Perry, N., Heslouin, C., Perrot-bernardet, V., Cornier, A., & Perry, N. (2017). *A user oriented framework to support environmental performance indicators selection To cite this version : HAL Id : hal-01620266 Science Arts & Métiers (SAM)*.
- Issa, I. I., Pigosso, D.C.A., McAloone, T.C., Rozenfeld, H. Leading product-related environmental performance indicators: a selection guide and database. *Journal of Cleaner Production* 2015;108:321-330
- Joumard, R., Gudmundsson, H., & Folkesson, L. (2011). Framework for assessing indicators of environmental impacts in the transport sector To cite this version : HAL Id : hal-00657820. *Transportation Research Record, SAGE Journal*, 55–63. <https://doi.org/10.3141/2242-07>
- Kelble, C. R., Loomis, D. K., Lovelace, S., Nuttle, W. K., Ortner, P. B., Fletcher, P., Cook, G. S., Lorenz, J. J., & Boyer, J. N. (2013). *The EBM-DPSER Conceptual Model : Integrating Ecosystem Services into the DPSIR Framework*. 8(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070766>

Références

- Kraus, S., Rehman, S. U., and García, F. J. S. (2020), "Corporate social responsibility and environmental performance: The mediating role of environmental strategy and green innovation", *Technological forecasting and social change*, Vol. 160. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120262>
- Kristensen, P. (2004). *The DPSIR Framework*
- Lebacqz, T., Baret, P. V., & Stilmant, D. (2012). Sustainability indicators for livestock farming . A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 311–327. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0121-x>
- Lebas, M. J. (1995), "Performance measurement and performance management", *International Journal of Production Economics*, Vol. 41, No. 1–3, pp. 23–35. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00081-X](https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00081-X)
- Moullin, M. (2007), "Performance measurement definitions: Linking performance measurement and organisational excellence", *International Journal of Health Care Quality Assurance*, Vol. 20, No. 3, pp. 181–183. <https://doi.org/10.1108/09526860710743327>
- Neri, A., Cagno, E., Lepri, M., & Trianni, A. (2021). *A triple bottom line balanced set of key performance indicators to measure the sustainability performance of industrial supply chains*. 26, 648–691. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.018>
- Niemeijer, D., & de Groot, R. S. (2008). *A conceptual framework for selecting environmental indicator sets*. 8, 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.11.012>
- Nowak, M. (2017), "Defining Project Approach using Decision Tree and Quasi-hierarchical Multiple Criteria Method", *Procedia Engineering*, Vol. 172, pp. 791–799. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.125>
- Onubi, H. O., Yusof, N. A., and Hassan, A. S. (2020), "How environmental performance influence client satisfaction on projects that adopt green construction practices: The role of economic performance and client types", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 272. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122763>
- Rousseaux, P., Gremy-Gros, C., Bonnin, M., Henriel-Ricordel, C., Bernard, P., Floury, L., Staigre, G., & Vincent, P. (2017). "Eco-tool-seeker" : A new and unique business guide for choosing ecodesign tools. *Journal of Cleaner Production*, 151, 546–577. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.089>
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., and Kendall, A. (2019), "A taxonomy of circular economy indicators", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 207, pp. 542-559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014>
- Scruggs, L. (2003), "Environmental performance in industrial democracies", *Cambridge university press*. UK
- Siegel, J. P., and Summermatter, L. (2008), "Defining Performance in Public Management: A Survey of Academic Journals", *Public Administration*, pp. 1–34
- Wang, S., Wang, H., Wang, J., and Yang, F. (2020), "Does environmental information disclosure contribute to improve firm financial performance? An examination of the underlying mechanism", *Science of the Total Environment*, Vol. 714, No.96. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136855>
- Wu, W., Yan, S., Feng, R., Song, D., & Chen, X. (2017). Ocean & Coastal Management Development of an environmental performance indicator framework to evaluate management effectiveness for Jiaozhou Bay Coastal Wetland Special Marine Protected Area , Qingdao , China. *Ocean and Coastal Management*, 142, 71–89. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.021>

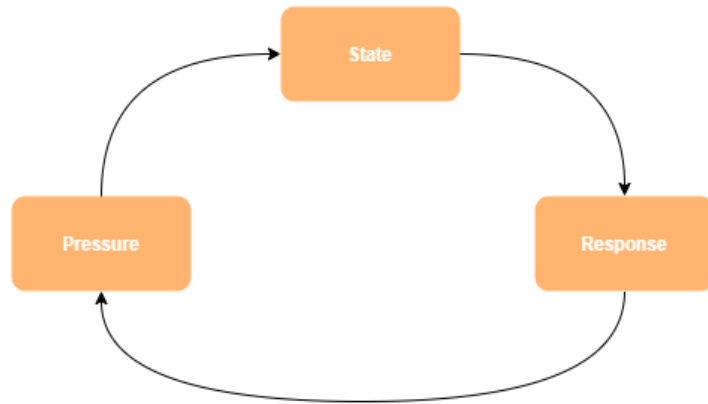
Annexe 1: Résultats QR 1

Definition of env. performance	Percentage of answers from actors in design phase (%)	Percentage of answers from actors in execution phase (%)
Definition of env. objectives		18,2
Env. disclosure		3,0
Env. integration in activities		6,1
Env. progress		3,0
Env. respect		3,0
Env. evaluation		6,1
Impact reduction	30,8	27,3
Involvement		3,0
Managerial issue	7,7	
Quality	7,7	
Reduce env. costs	15,4	
Regulatory compliance	7,7	3,0
Risk management		9,1
Sustainable development	15,4	9,1
No Response	15,4	9,1

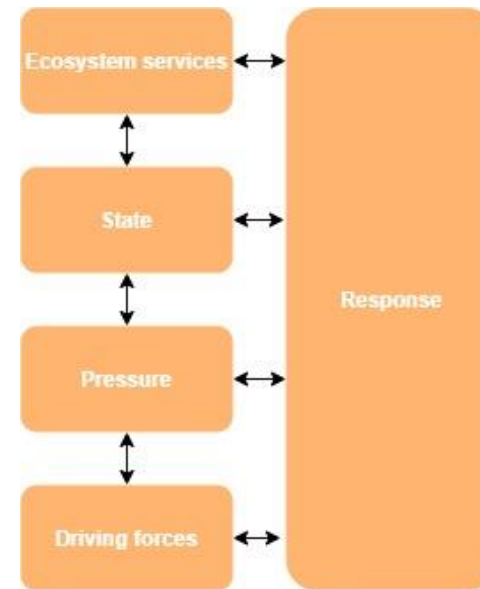
Classification of collaborators returns

Annexe 2: Chaînes causales

PSR / DPSIR framework



EBM-DPSER framework



Kelble et al., 2013