



# Nexus Résilience, Performance, Intelligence du Bâtiment

Thèse de doctorat préparée par **Pauline Abrahams**

Équipe de recherche Building Energy Monitoring and Simulation (BEMS)

Unité de recherche SPHERES



# Étude du nexus résilience, performance énergétique et environnementale et intelligence du bâtiment pour le développement d'un indicateur croisé et intégré



« Nexus » ?



# « Nexus » « Nectere » « nectō »

Lier, attacher, connecter deux ou plusieurs choses

Google Books Ngram Viewer

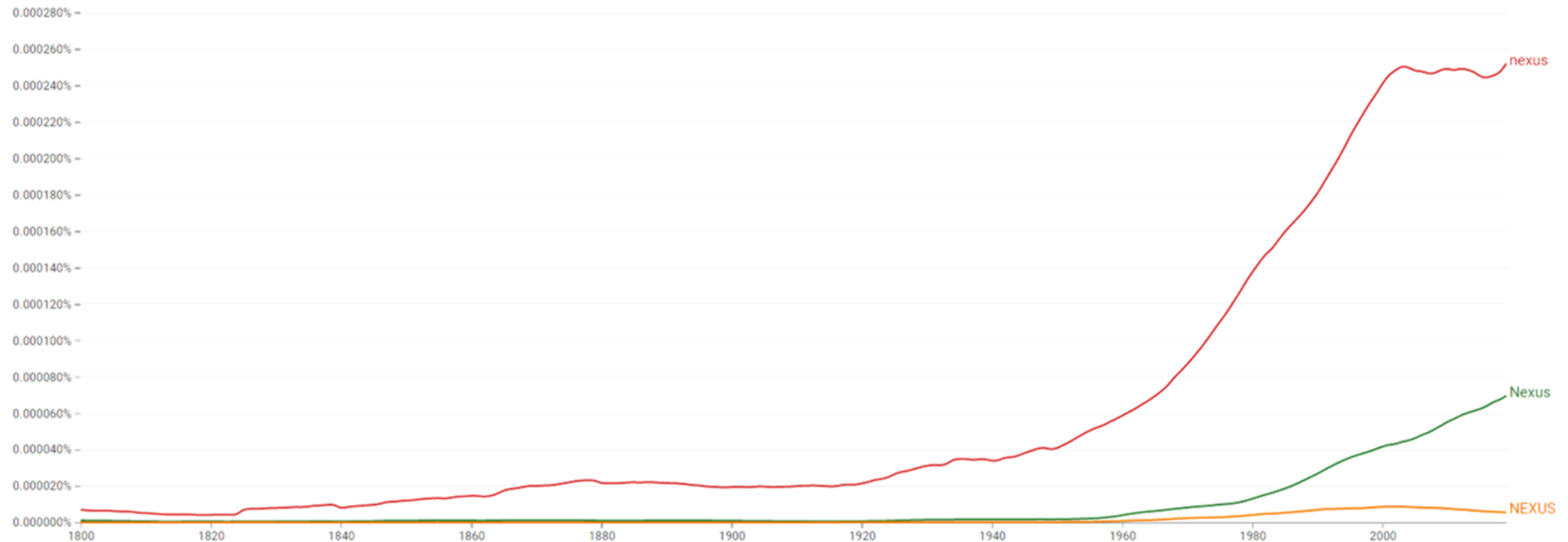
Q nexus

1800 - 2019

English (2019)

Case-Insensitive

Smoothing of 7



(click on line/label for focus, right click to expand/contract wildcards)



Fil rouge

- Évolution du bâtiment
- RPI du bâtiment
- Études des effets croisés et évaluation intégrée
- Développement d'un indicateur intégré



# Évolution du bâtiment

- ▶ Comprendre comment ont évolué les bâtiments permet de comprendre aussi comment ils seraient susceptibles d'évoluer dans le futur.
- ▶ Cette évolution est à la fois architecturale, structurelle, fonctionnelle, technique et technologique
- ▶ Si le bâtiment évolue, l'évaluation de ses performances suit cette évolution



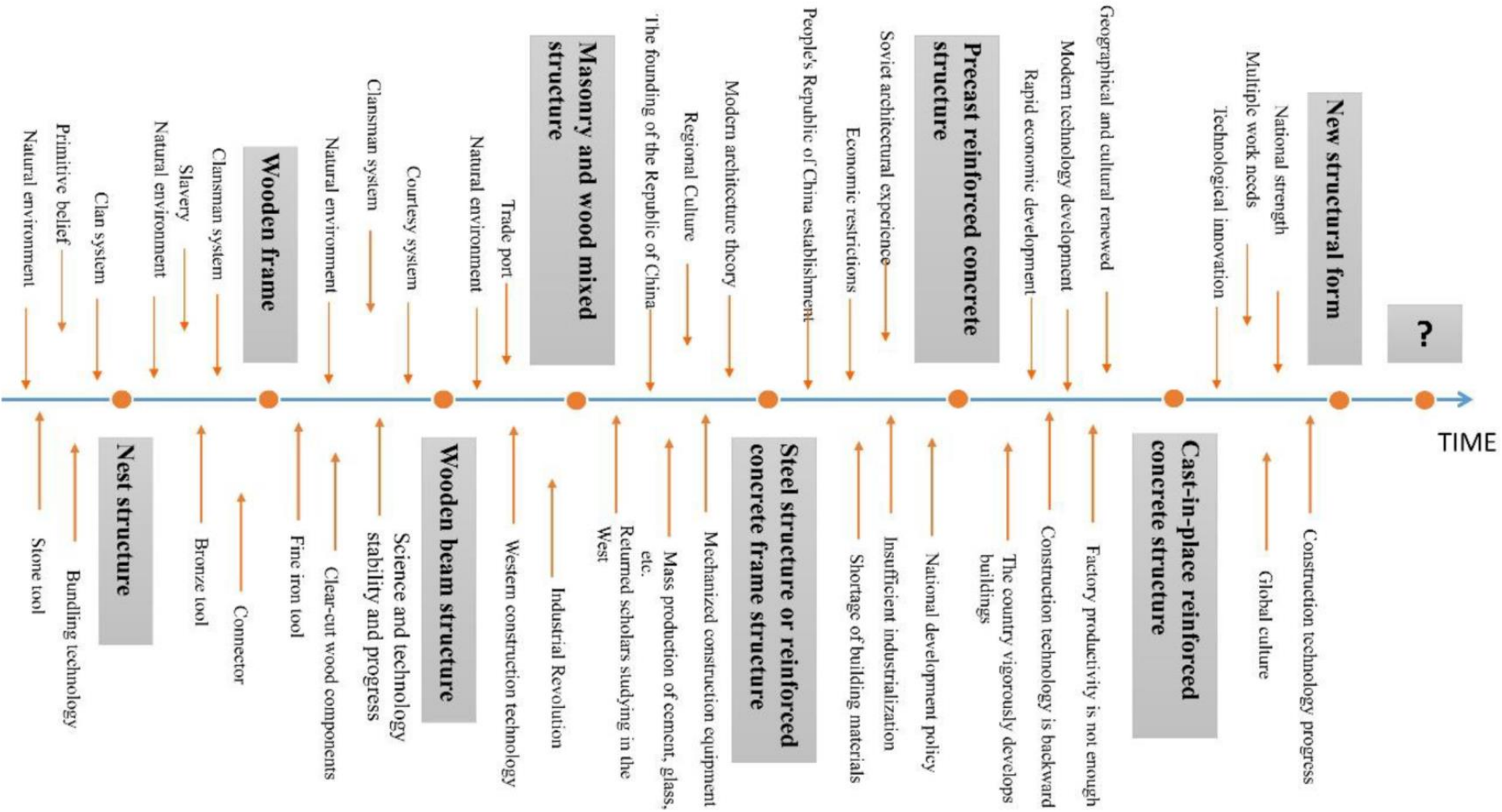
# Évolution du bâtiment



Evolution of building	Periods in time	Formation of types of shelter
Realization of need for shelter	 foraging	
Discovery of building process	 hunting	
Development of building process	 early agriculture	
	 farming	
Refinement of building process due to technological & material evolution	 machine age	
	 electronic age	
	 global network age	

Shashi Caan, Rethinking Design and Interiors: Human Beings in the Built Environment Paperback – August 10, 2011

# Évolution du bâtiment





# Évolution du bâtiment



- *“Although many technologies appear to be revolutionary in nature it is important that we realize that technology will need to find a place within our homes and that our homes will need to change to accommodate this technology.”* The evolution of buildings and implications for the design of ubiquitous domestic environments. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/221514823\\_The\\_evolution\\_of\\_buildings\\_and\\_implications\\_for\\_the\\_design\\_of\\_ubiquitous\\_domestic\\_environments](https://www.researchgate.net/publication/221514823_The_evolution_of_buildings_and_implications_for_the_design_of_ubiquitous_domestic_environments) [accessed Sep 20 2022].
- *“Just like human beings, buildings need to be allowed to develop over time, to mature, grow and evolve, otherwise they often deteriorate. In The Ethical Architect, Spector argues that architecture gains meaning and value through use. This implies some accommodation of change over time as users and their needs alter.”* Understanding how buildings evolve, Mark Gorgolewski , The 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, 27-29 September 2005 (SB05Tokyo)



Fil rouge

- Évolution du bâtiment
- RPI du bâtiment
- Études des effets croisés et évaluation intégrée
- Développement d'un indicateur intégré



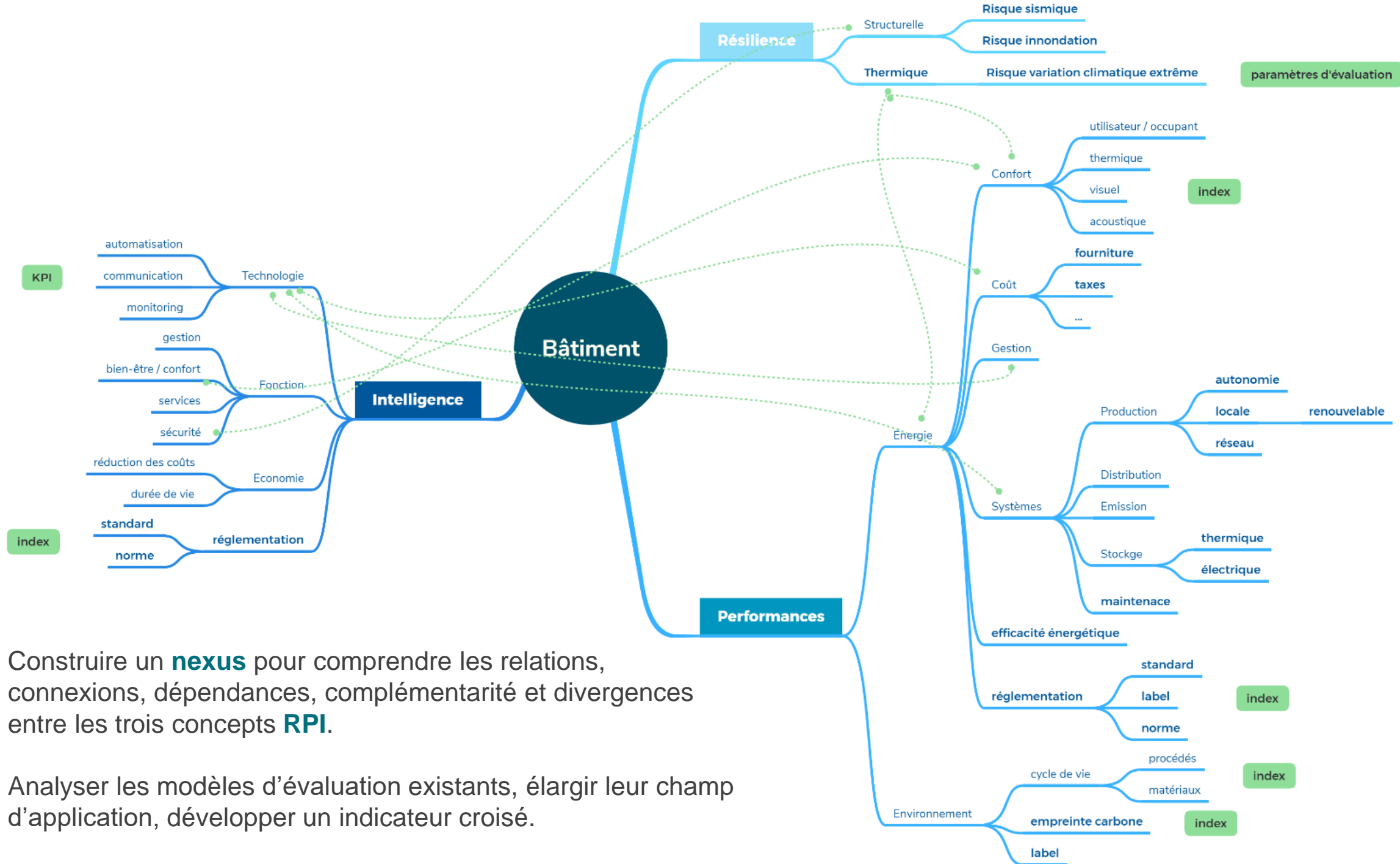
# RPI du bâtiment

- ▶ Résilience (adaptabilité, résistance et transformation du bâtiment face aux risques du changement climatique et du contexte socio-économique)
- ▶ Performance (énergétique et environnementale)
- ▶ Intelligence (niveau d'automatisation, de gestion autonome, d'apprentissage et de prédiction des systèmes)



Fil rouge

- Évolution du bâtiment
- RPI du bâtiment
- Études des effets croisés et évaluation intégrée
- Développement d'un indicateur intégré



Construire un **nexus** pour comprendre les relations, connexions, dépendances, complémentarité et divergences entre les trois concepts **RPI**.

Analyser les modèles d'évaluation existants, élargir leur champ d'application, développer un indicateur croisé.

# Exemple : Nexus Efficacité énergétique – Résilience thermique



Building and Environment  
Volume 177, 15 June 2020, 106842



Nexus of thermal resilience and energy efficiency in buildings: A case study of a nursing home

Kaiyu Sun <sup>a</sup>, Michael Specian <sup>b</sup>, Tianzhen Hong <sup>a</sup>  

*« to understand and quantify how passive and active energy efficiency measures (EEMs) can improve thermal resilience to reduce heat-exposure risk of patients. »*



# Exemple : Bâtiment « Smart » et résilient



Iterative Optimization of a Social Inmotics-Based Method in Order to Make Buildings Smart and Resilient

Beatriz Montalbán Pozas<sup>a,\*</sup>, Beatriz Muriel Holgado<sup>a</sup>, Marta Lucas Bonilla<sup>a</sup>, Sergio Barroso Ramírez<sup>b</sup>, Pablo Bustos García de Castro<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Construcción, Escuela Politécnica de Cáceres, Universidad de Extremadura, Av. de la Universidad s/n 10003, Cáceres, Spain, 0034 927 25 71 95 - 0034 649 271 463

<sup>b</sup> Departamento de los Computadores y de las Comunicaciones, Escuela Politécnica de Cáceres, Universidad de Extremadura, Av. de la Universidad s/n 10003, Cáceres, Spain

*“(...) strategies that will be evaluated in the next cycle through key performance indicators.” (KPI)*



Fil rouge

- Évolution du bâtiment
- RPI du bâtiment
- Études des effets croisés et évaluation intégrée
- Développement d'un indicateur intégré

# Indicateur – quoi/pourquoi/comment ?



- ▶ représenter un système complexe, en donner une **représentation** simple,
- ▶ sert de base de communication et diffusion d'**information**, aide à la décision, répond à un besoin
- ▶ **contextualisation** de l'indicateur

# Indicateurs existants



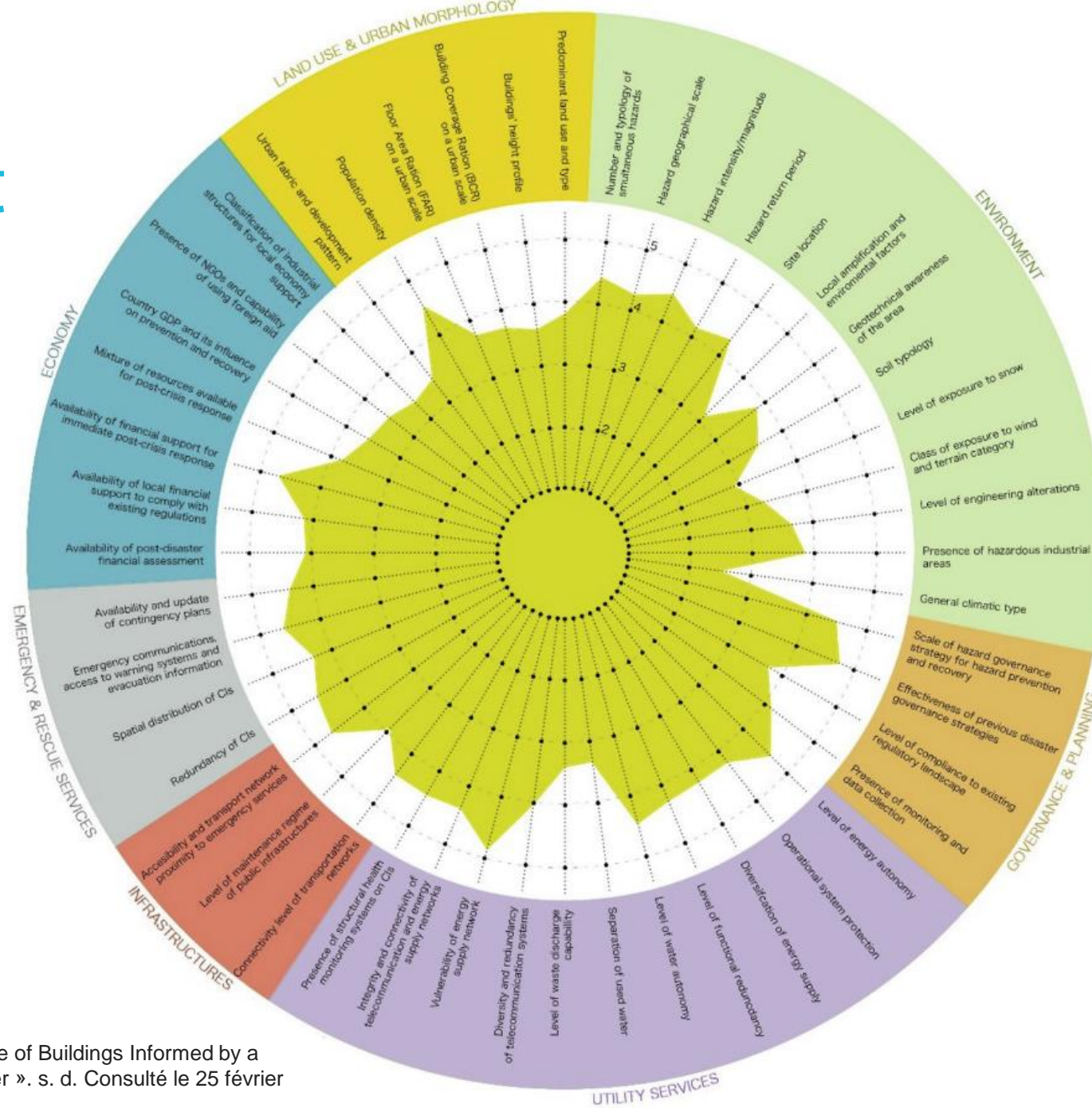
Samples of applying sustainability and resilience in conjunction with each other in the building energy domain.

Fields	Categories	Applied Indicators	Study
Sustainability	Environmental	(1) Primary Energy Demand & (2) Life-cycle CO2 Emission	[37]
		(1) Heating and Cooling Energy Demand & (2) Lighting Energy Demand	[54]
	Environmental & Economic	(1) Net Energy Demand, (2) CO2 Emission & (3) Energy Saving Cost	[32]
		(1) Primary Energy Demand, (2) CO2 Emissions & (3) Initial Investment Cost	[30]
	Environmental & Social	(1) Primary Energy Demand & (2) Life-Cycle Cost	[40]
		(1) Primary Energy Demand, (2) Global Cost & (3) CO2 Emission	[31]
		(1) Primary Energy Demand & (2) Benefit-Cost Ratios	[41]
		(1) Primary Energy Demand & (2) Initial Investment Cost	[43]
		(1) Primary Energy Demand & (2) Life-cycle Cost	[34]
		(1) Thermal Energy Demand, (2) Unmet Hours & (3) Visual Comfort Autonomy	[46]
		(1) Primary Energy Demand & (2) Unmet Hours	[29]
	Environmental & Social	(1) Primary Energy Demand & (2) Unmet Hours	[51]
		(1) Visual Comfort Autonomy & (2) Lighting Energy Demand	[35]
		(1) Primary Energy Demand, (2) Unmet Hours, (3) Initial Investment Cost & (4) Global Cost	[55]

Gholami Rostam, Mehdi, et Alireza Abbasi. 2021. « A Framework for Identifying the Appropriate Quantitative Indicators to Objectively Optimize the Building Energy Consumption Considering Sustainability and Resilience Aspects ». *Journal of Building Engineering* 44 (décembre): 102974. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102974>.

Sustainability & Resilience	Environmental Sustainability & Social Sustainability & Environmental Resilience	(1) Primary Energy Demand & (2) Unmet Hours (In different climates)	[38]	
		(1) Heating Energy Demand & (2) Cooling Energy Demand (In different climates)	[69]	
		(1) Primary Energy Demand & (2) Signal-to-noise Ratio	[70]	
	Environmental Resilience	(1) Primary Energy Demand (In different climates)	[64, 66,67]	
		(1) Energy Use Intensity (In different climates)	[68]	

# Indicateur et consensus



« Urban-Scale Framework for Assessing the Resilience of Buildings Informed by a Delphi Expert Consultation | Elsevier Enhanced Reader ». s. d. Consulté le 25 février 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101079>.

Fig. 10. Final framework for urban-scale resilience assessment.

## Références

Caan, Shashi. 2011. *Rethinking Design and Interiors: Human Beings in the Built Environment*. London: Laurence King.

Ghaffarianhoseini, Amirhosein, Umberto Berardi, Husam AlWaer, Seongju Chang, Edward Halawa, Ali Ghaffarianhoseini, et Derek Clements-Croome. 2016. « What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international perspective ». *Architectural Science Review* 59 (5): 338-57. <https://doi.org/10.1080/00038628.2015.1079164>.

Gholami Rostam, Mehdi, et Alireza Abbasi. 2021. « A Framework for Identifying the Appropriate Quantitative Indicators to Objectively Optimize the Building Energy Consumption Considering Sustainability and Resilience Aspects ». *Journal of Building Engineering* 44 (décembre): 102974. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102974>.

Gorgolewski, Mark. 2005. « UNDERSTANDING HOW BUILDINGS EVOLVE », 8.

Homaei, Shabnam, et Mohamed Hamdy. 2021. « Thermal Resilient Buildings: How to Be Quantified? A Novel Benchmarking Framework and Labelling Metric ». *Building and Environment* 201 (août): 108022. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108022>.

Jany-Catrice, Florence. 2009. « “ Les Indicateurs de Développement Durable ” ». *Natures Sciences Sociétés* 17 (4): 432-34. [https://www.academia.edu/1324279/Les\\_indicateurs\\_de\\_d%C3%A9veloppement\\_durable\\_Fondements\\_et\\_applications](https://www.academia.edu/1324279/Les_indicateurs_de_d%C3%A9veloppement_durable_Fondements_et_applications) Indicators of sustainable development Fundamentals and applications.

Montalbán Pozas, Beatriz, Beatriz Muriel Holgado, Marta Lucas Bonilla, Sergio Barroso Ramírez, et Pablo Bustos García de Castro. 2022. « Iterative Optimization of a Social Inmotics-Based Method in Order to Make Buildings Smart and Resilient ». *Sustainable Cities and Society* 82 (juillet): 103876. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103876>.

Rodden, Tom, et Steve Benford. 2003. *The evolution of buildings and implications for the design of ubiquitous domestic environments*. <https://doi.org/10.1145/642611.642615>.

Sun, Kaiyu, Michael Specian, et Tianzhen Hong. 2020. « Nexus of Thermal Resilience and Energy Efficiency in Buildings: A Case Study of a Nursing Home ». *Building and Environment* 177 (juin): 106842. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106842>.

Wu, Jingjing, Hongyang Wei, et Li Peng. 2019. « Research on the Evolution of Building Technology Based on Regional Revitalization ». *Buildings* 9 (7): 165. <https://doi.org/10.3390/buildings9070165>.

« Urban-Scale Framework for Assessing the Resilience of Buildings Informed by a Delphi Expert Consultation | Elsevier Enhanced Reader ». s. d. Consulté le 25 février 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101079>.



**Merci de votre attention  
Questions / Réponses...**



**LIÈGE université**  
**SPHERES**