

**18<sup>e</sup>**  
édition



# JOURNÉE TECHNIQUE 2024

**Les matériaux alternatifs  
dans les infrastructures  
de demain**

**AVEC LE SOUTIEN D'INFRA 2050**

Pôle de compétitivité de la filière des Travaux Publics



# Décarbonation des ouvrages en béton

## Les nouveaux liants et nouvelles additions pour béton



**Martin CYR & Loïc DIVET**

LMDC TOULOUSE

LDIVET-CONSEIL

# Contexte

Pourquoi des nouveaux liants et de nouvelles additions pour béton ?

Pacte Vert européen :

- Réduction de 55 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990
- Atteinte de la neutralité carbone d'ici 2050

Stratégie Nationale Bas Carbone en France

- Réglementation avec la RE 2020 pour les constructions neuves



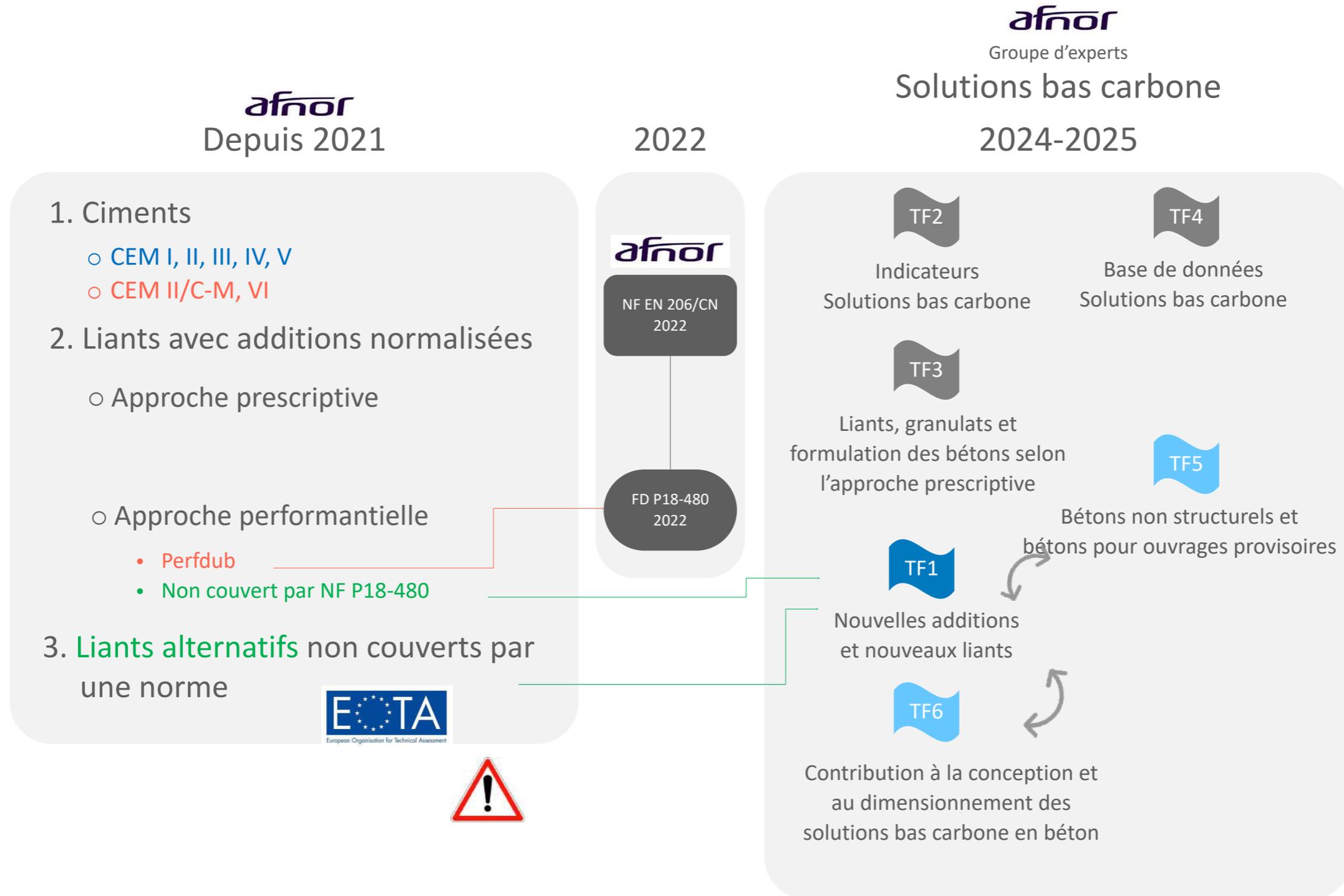
Qu'est-ce qu'un nouveau liant ?

- Tout ce qui n'est pas du ciment Portland pur  
→ CEM II, CEM III, CEM IV, CEM V, CEM VI
- Ce qui est hors EN 197-1 (voire EN 197-5)  
→ CAC, CSA, CSS
- Ce qui n'est pas un ciment normalisé  
→ Liants ternaires/quaternaires  
→ Liants à base de sous-produits ou de matériaux naturels  
→ Liants alcali-activés/géopolymères



**NOUVEAU**

# Organisation du GE SBC



# Objectif de la TF1

Développer une **méthodologie** dans le but de réaliser des études techniques d'un nouveau liant ou d'une nouvelle addition



Travaux antérieurs

normalisation  
française

**FD CEN/TR 16912**

22 Novembre 2017

Indice de classement : P 15-106

ICS : 91.100.10

Lignes directrices concernant la procédure  
de normalisation européenne des ciments



- ETPM, ATEX...

**CSTB**  
le futur en construction

  
RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE  
Liberté  
Égalité  
Fraternité

  
Cerema  
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

- ETE

  
European Organisation for Technical Assessment

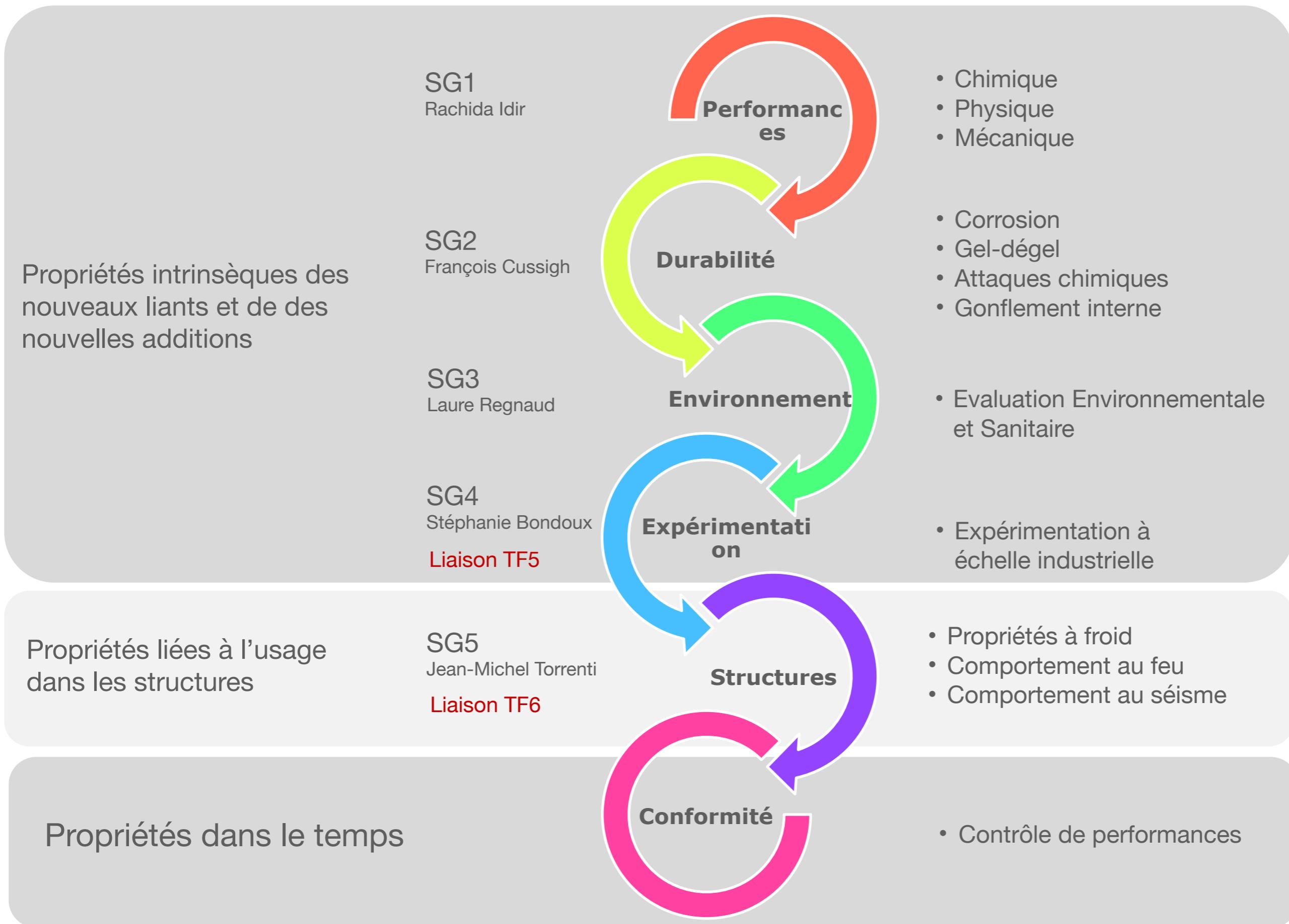
- Normes



## Organisation de la TF1

- Plus de 50 membres
- Cinq sous-groupes de travail
- Responsables : L.Divet, M.Cyr

# Stratégie d'étude des nouveaux liants et de nouvelles additions

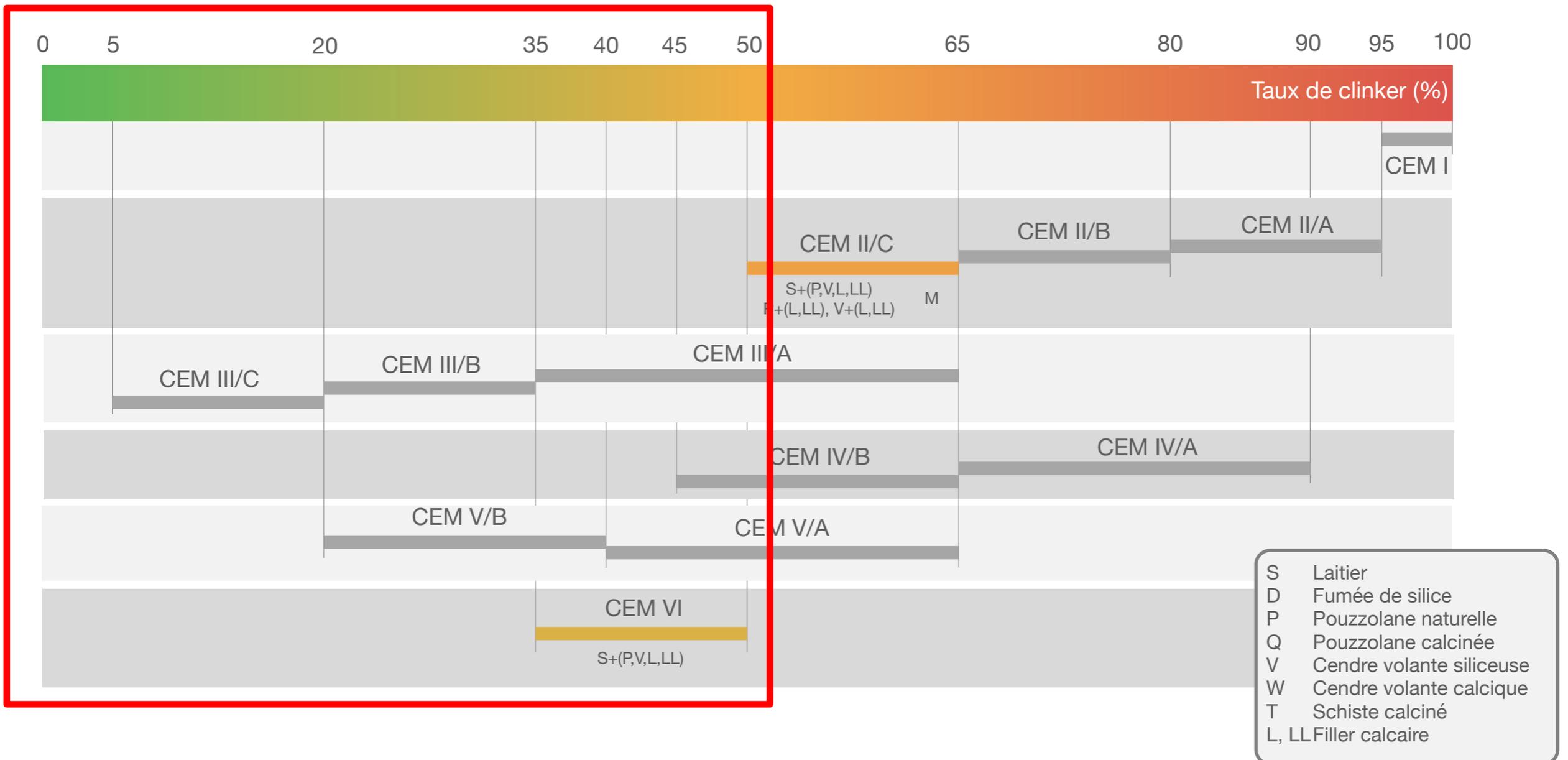


# Exemple 1

Réduire la quantité de clinker en jouant sur les mélanges de constituants reconnus

*Cas 1 - ciment  
Ciment issu d'une nouvelle  
combinaison de constituants reconnus*

*Cas 1 - addition  
Mélange d'additions normalisées*



# Classification des nouvelles additions



## Catégorie 1

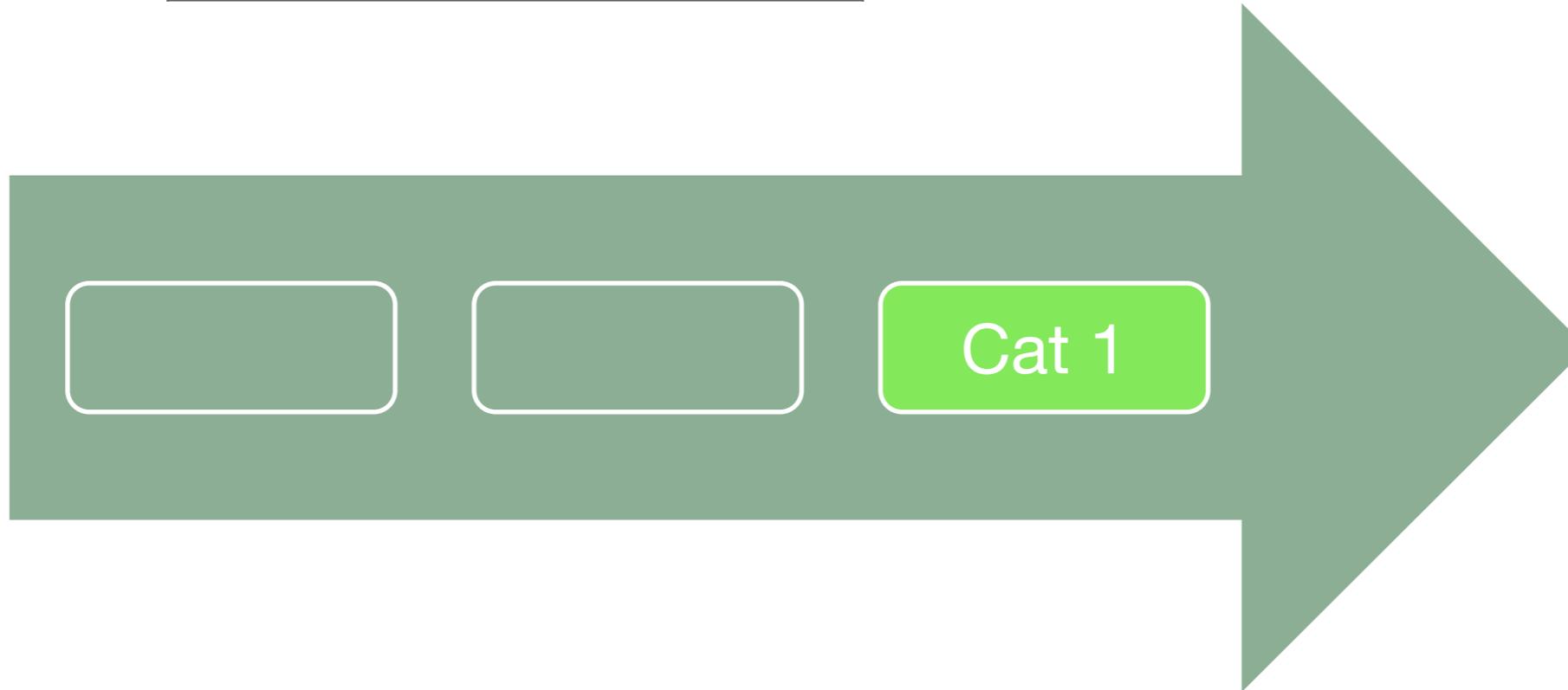
Addition obtenue par mélange d'additions normalisées ou de constituants principaux des ciments

### Constituant défini dans les normes ciments

|                                  |
|----------------------------------|
| Pouzzolanes naturelles           |
| Pouzzolanes naturelles calcinées |
| Schiste calciné                  |

### Norme-produit

|                          |
|--------------------------|
| Additions calcaires      |
| Laitier de haut fourneau |
| Cendres volantes         |
| Additions siliceuses     |
| Fumée de silice          |
| Métakaolin               |



—

Niveau de similitude avec des additions actuellement normalisés

+

# Classification des nouveaux liants

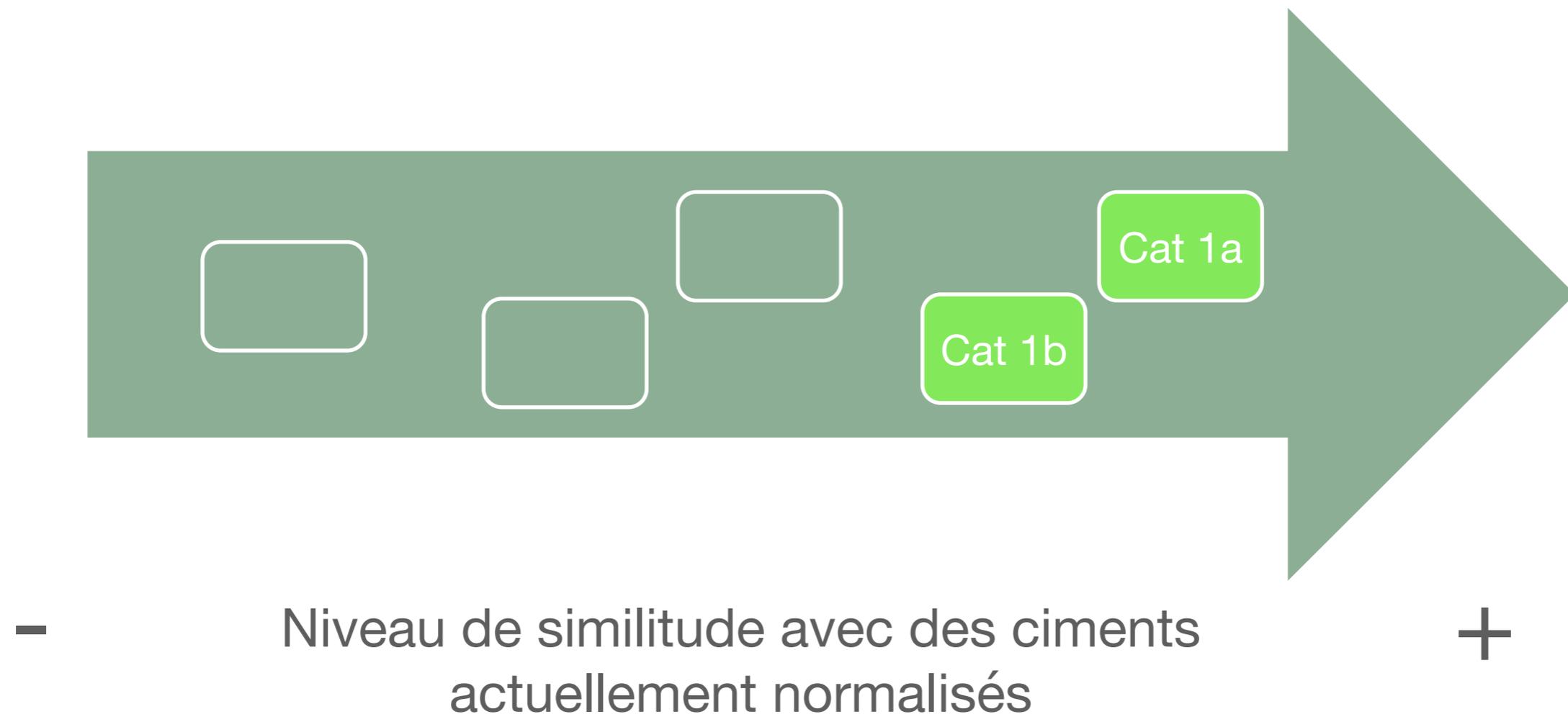


Catégorie 1

Nouvelle combinaison de constituants principaux traditionnels

1a  $\geq 20\%$  de clinker Portland

1b  $< 20\%$  de clinker Portland

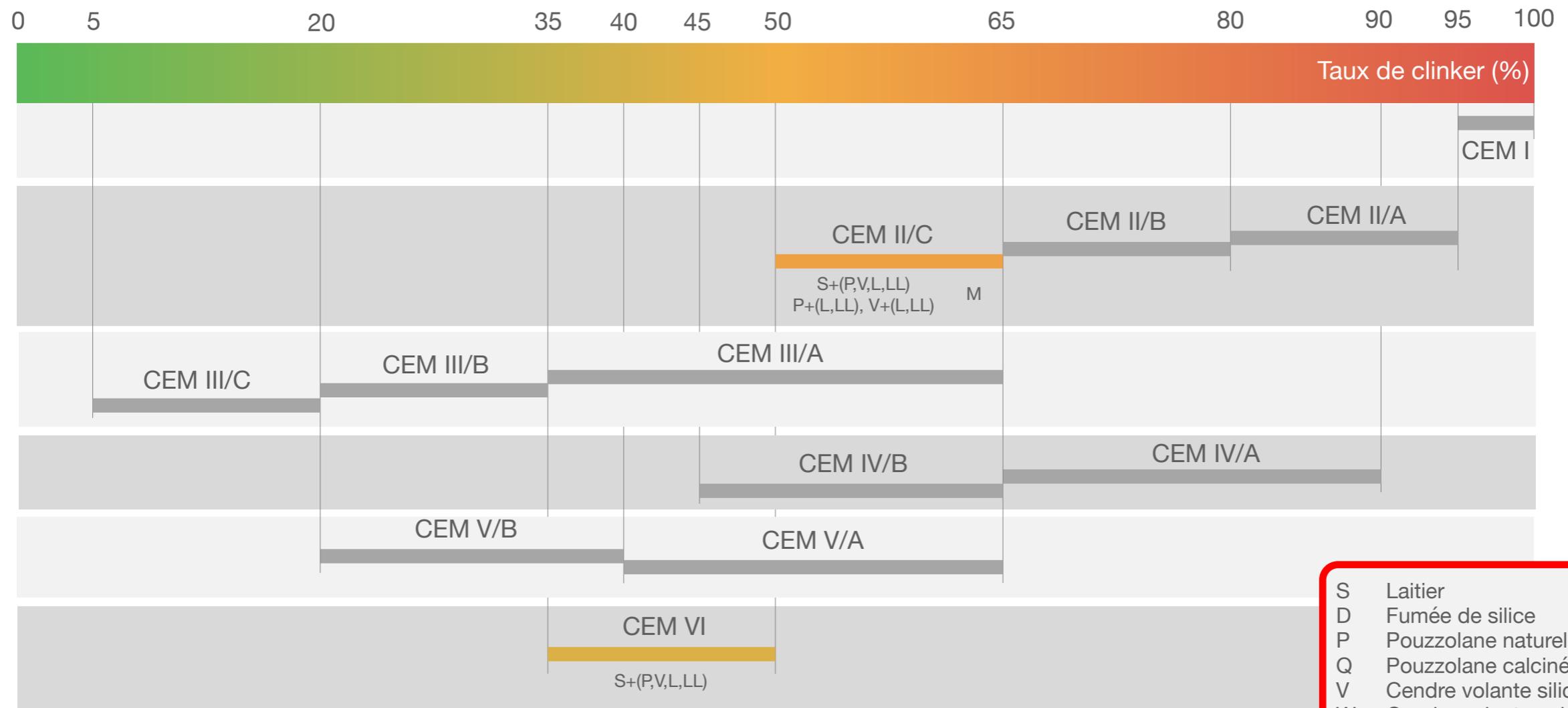


# Exemple 2

Utiliser de nouveaux matériaux pouzzolaniques

*Cas 2 - ciment  
Ciment contenant un ou plusieurs  
nouveaux constituants*

*Cas 2 - addition  
Addition non normalisée*



- S Laitier
- D Fumée de silice
- P Pouzzolane naturelle
- Q Pouzzolane calcinée
- V Cendre volante siliceuse
- W Cendre volante calcique
- T Schiste calciné
- L, LL Filler calcaire

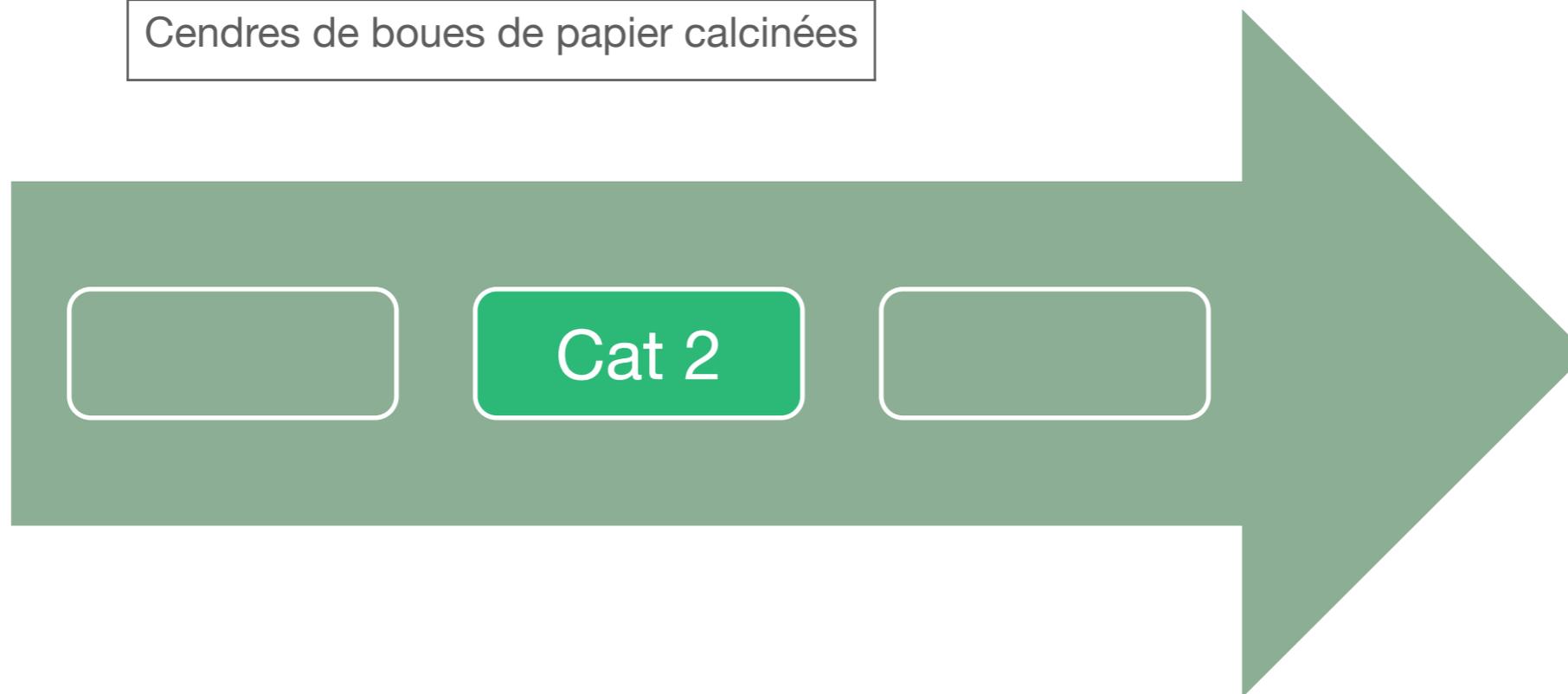
# Classification des nouvelles additions



Addition (ou mélange d'additions) non normalisée, proche d'additions connues

## Exemples non exhaustifs

|                                      |
|--------------------------------------|
| Verre broyé                          |
| Fines de bétons recyclés             |
| Laitier d'aciérie de convertisseur   |
| Cendres de co-combustion             |
| Cendres de boues de papier calcinées |



—

Niveau de similitude avec des additions actuellement normalisés

+

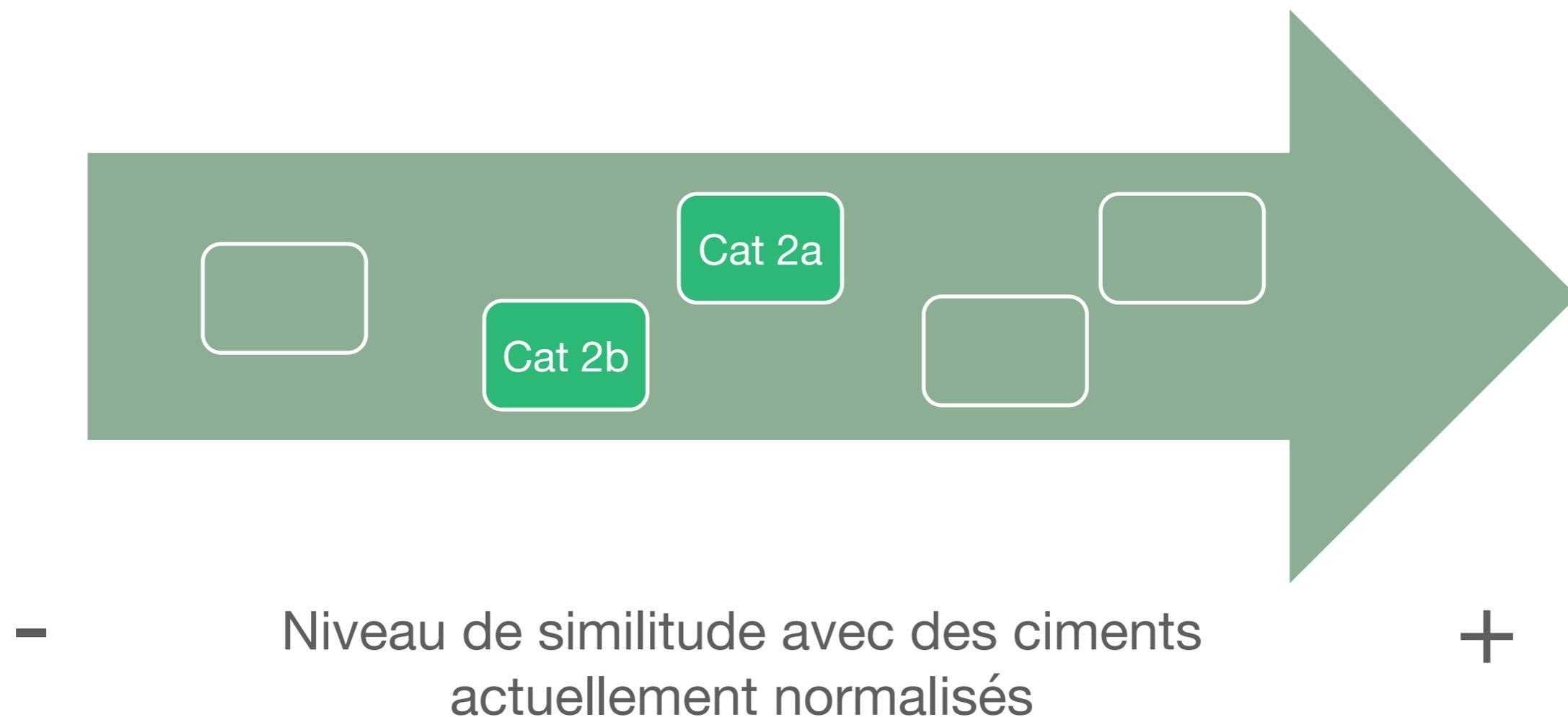
# Classification des nouveaux liants



- Liant hydraulique analogue à des types de ciment définis dans des normes existantes
- Un ou plusieurs constituants non traditionnels ne se trouvant pas dans les catégories 1, mais proche de constituants traditionnels connus

nouveaux constituants  $\leq 35\%$

nouveaux constituants  $> 35\%$



# Exemple 3

Utiliser de nouveaux matériaux/liants s'appuyant sur des chimies différentes

## Cas 3 - ciment

Ciment s'écartant sensiblement des types définis dans des normes existantes

## Cas 3 - addition

Addition dont les propriétés s'éloignent de la pouzzolanité

Géopolymères à base d'argiles calcinées ou de cendres volantes activés par des silicates alcalins, liant phospho-magnésien, liant durcissant sous l'effet de la carbonatation, ...



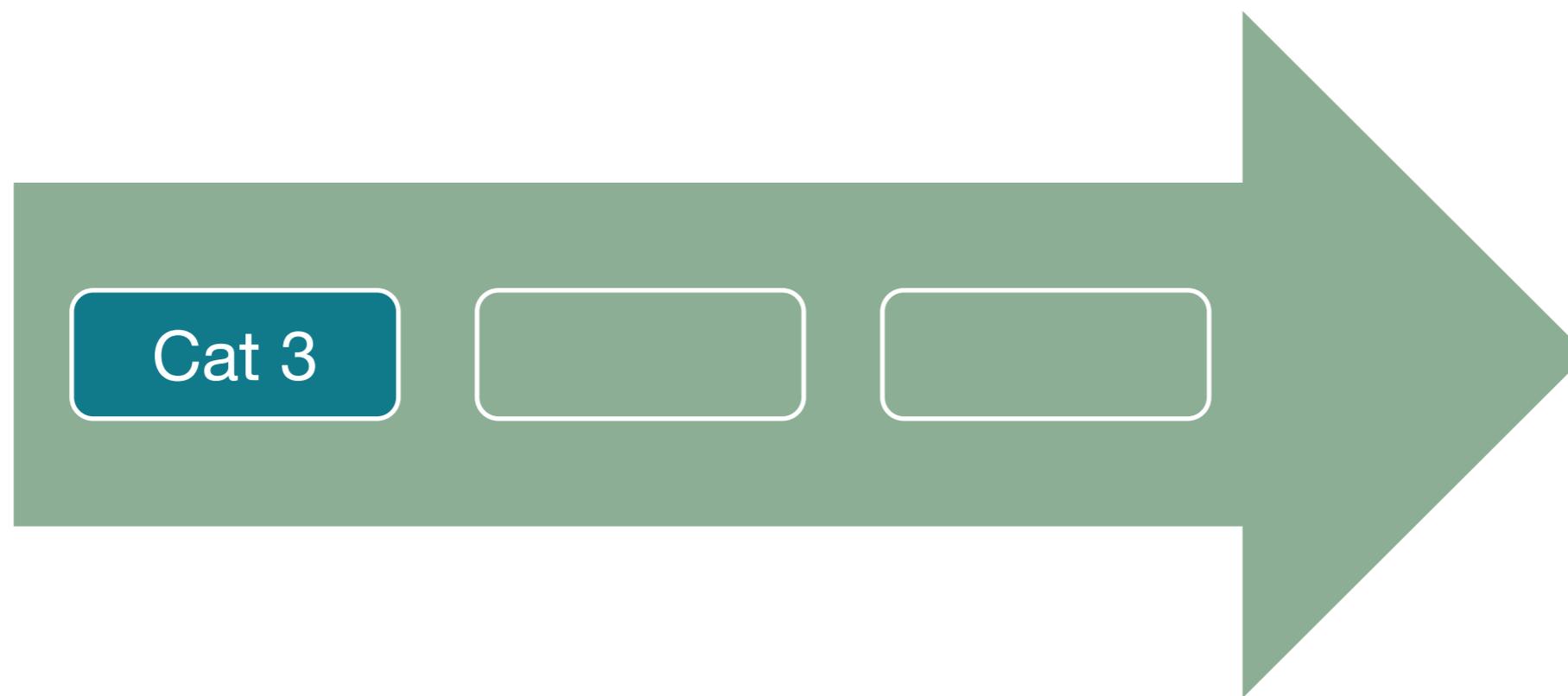
## Exemples non exhaustifs

|   |
|---|
| MIOM broyés   |
| Cendres de boues de station d'épuration                           |
| Laitier d'aciérie de four électrique et de métallurgie secondaire |
| Résidus issus de traitement de la bauxite                         |
| Argile non calcinée   |

# Classification des nouvelles additions



Addition ne rentrant pas dans les catégories 1 et 2  
Peut concerner d'autres ajouts finement divisés



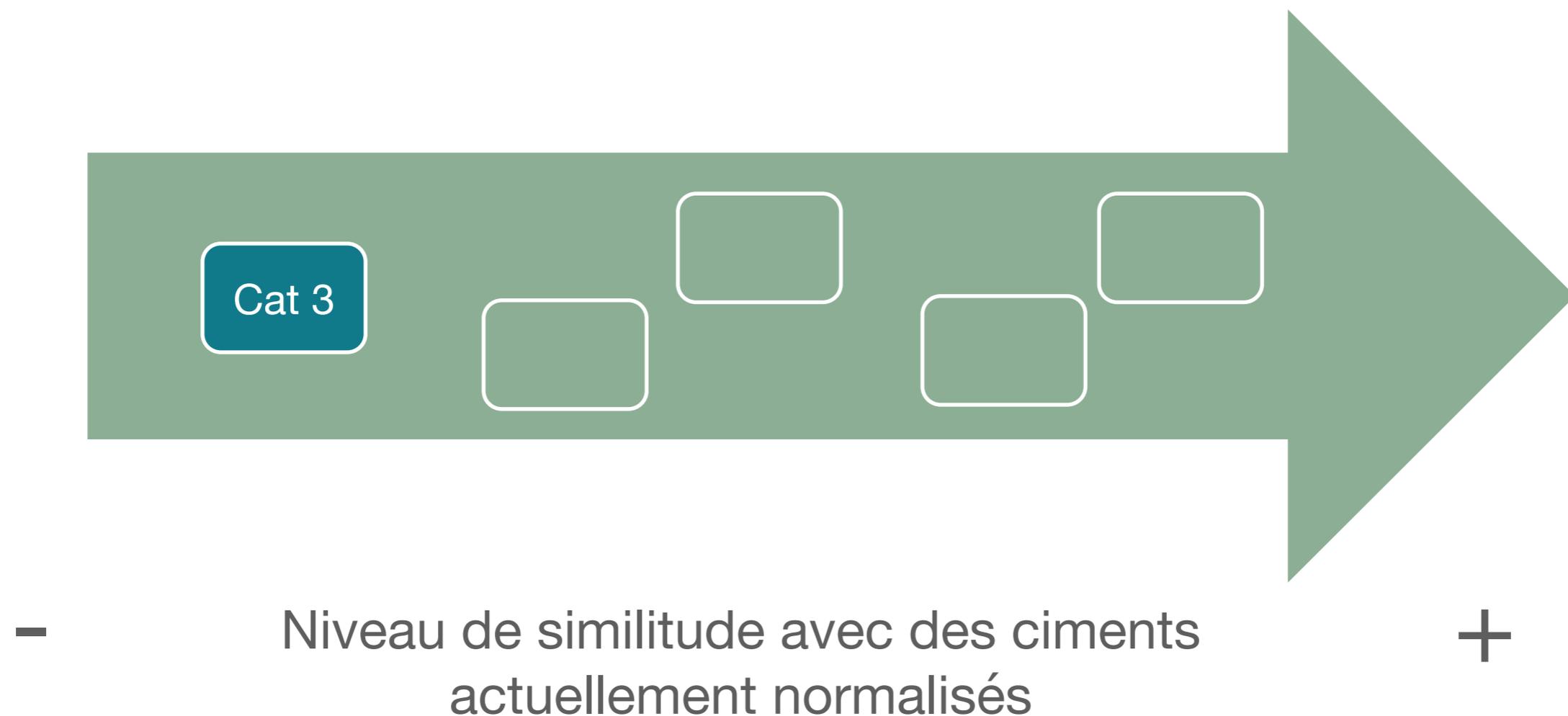
— Niveau de similitude avec des additions actuellement normalisés +

# Classification des nouveaux liants

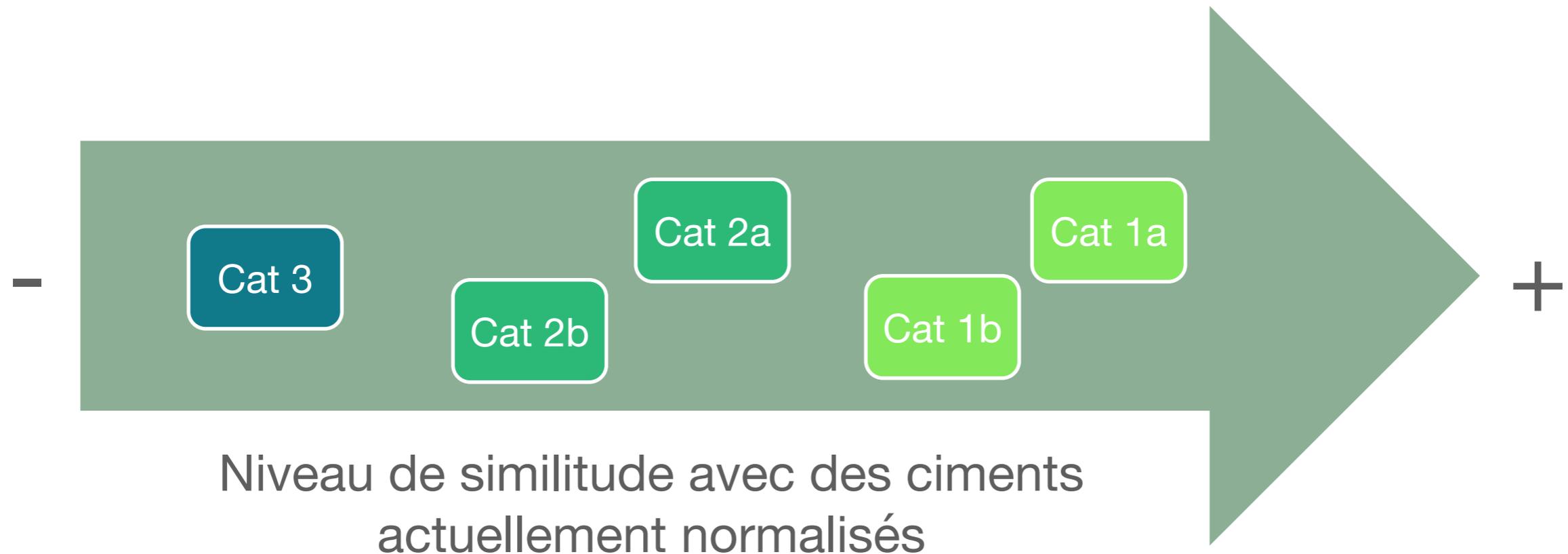


- Liant hydraulique ou non s'écartant sensiblement des types définis dans des normes existantes
- Par exemple produit avec un nouveau type de clinker ou addition, basé sur des phases/principes physico-chimiques différents

*Géopolymères à base d'argiles calcinées ou de cendres volantes activés par des silicates alcalins, liant phospho-magnésien, liant durcissant sous l'effet de la carbonatation, ...*



# Classification des nouveaux liants et des nouvelles additions



# Evaluations des nouveaux liants et des nouvelles additions

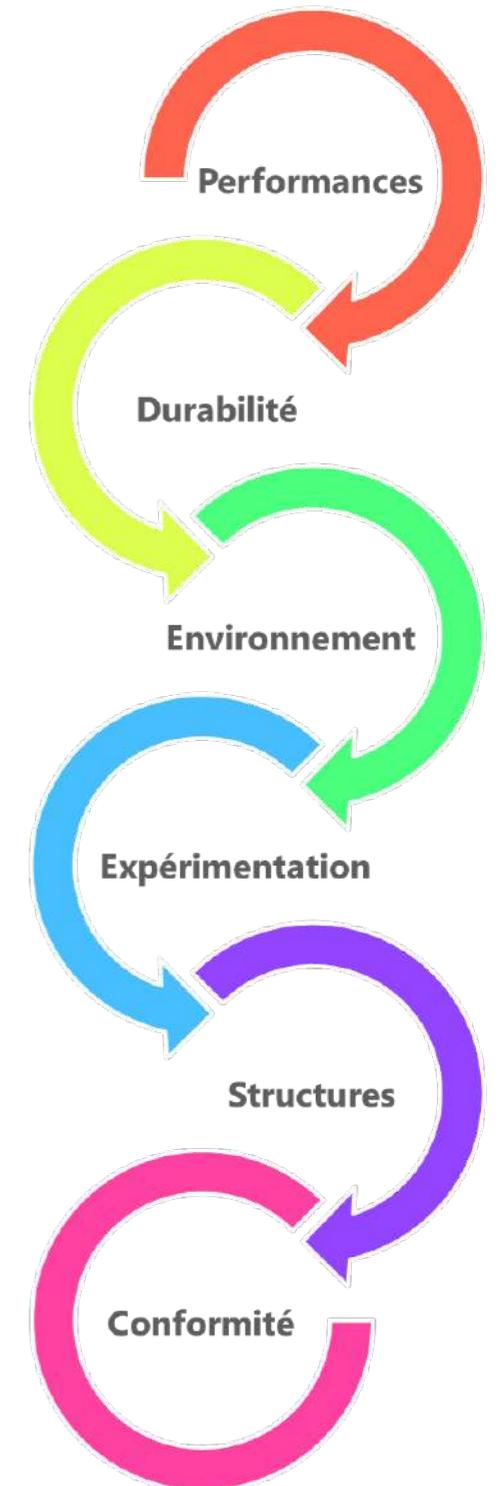


## Evaluations des nouvelles additions

|                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Catégorie 1</b> | <b>Catégorie 2</b> | <b>Catégorie 3</b> |
|--------------------|--------------------|--------------------|

## Evaluations des nouveaux liants

| Catégories 1a et 1b  | Catégories 2a et 2b                                 | Catégorie 3                            |
|--|---|--|
| Evaluation des performances mécaniques, physiques et chimiques |   |  |
| Evaluation des caractéristiques liées à la durabilité          |   |  |
| Propriétés liées à l'usage dans les structures                 |   |  |
|  | Evaluation de l'impact environnemental et sanitaire |  |
|  |   | Expérimentation à échelle industrielle |





# MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Loïc DIVET et Martin CYR

LDIVET-CONSEIL

LMDC TOULOUSE

