

De la constitution de ressources à l'évaluation : premiers pas vers l'adaptation des grands modèles de langue à l'ingénierie hydraulique

Markarit Vartampetian^a , Diandra Fabre^a , Philippe Mulhem^a , Fouad Hassani^b , Didier Schwab^a

^a Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Inria, Grenoble INP*, LIG, 38000 Grenoble, France

^b ARTELIA, 4 Rue Germaine Veyret-Verner, 38130 Échirolles, FRANCE

6 mars 2026



Plan

- 1) **Contexte**
- 2) **Cadre proposé**
- 3) **Spécialisation au domaine**
- 4) **Conclusion & Perspectives**



Contexte

✧ **Grands Modèles de Langue (LLM)** $\Rightarrow$ fortes capacités de généralisation sur des tâches variées

Contexte

✧ **Grands Modèles de Langue (LLM)** $\Rightarrow$ fortes capacités de généralisation sur des tâches variées

LLM généralistes : **pas adaptés aux usages et domaines spécialisés**

Contexte

- ✧ **Grands Modèles de Langue (LLM)** $\Rightarrow$ fortes capacités de généralisation sur des tâches variées

LLM généralistes : **pas adaptés aux usages et domaines spécialisés**

- ✧ Spécialisation & Évaluation des LLM : besoin de **grands jeux de données** sur le domaine, **annotés manuellement** (*coûteux à acquérir auprès d'experts humains*)

Contexte

- ✧ **Grands Modèles de Langue (LLM)** $\Rightarrow$ fortes capacités de généralisation sur des tâches variées

LLM généralistes : **pas adaptés aux usages et domaines spécialisés**

- ✧ Spécialisation & Évaluation des LLM : besoin de **grands jeux de données** sur le domaine, **annotés manuellement** (*coûteux à acquérir auprès d'experts humains*)

L'acquisition de ces jeux de données demeure un **défi majeur**

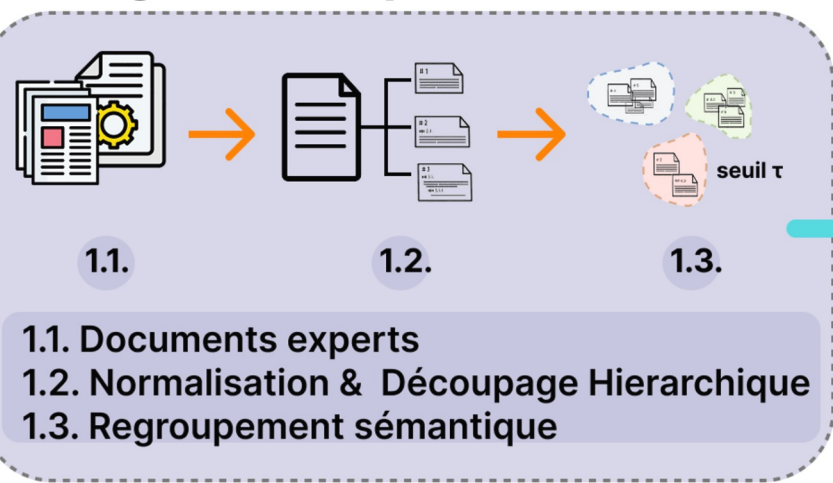
Problématique & cadre proposé

Génération automatique de ressources & évaluation de leur apport

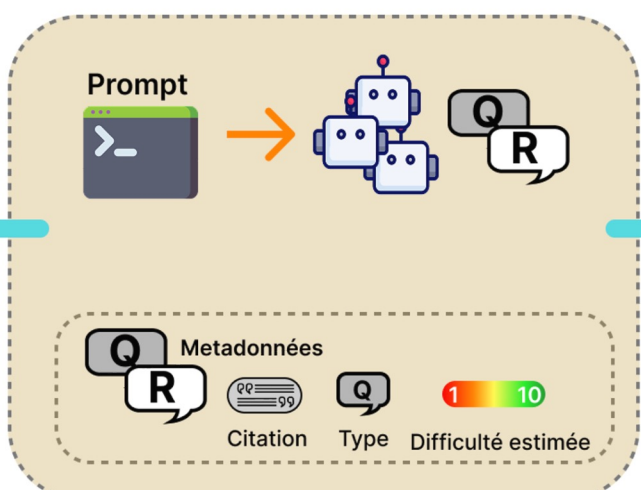
- ✧ pour la spécialisation des LLM au domaine de **l'hydraulique** ; et
- ✧ pour la **tâche de question-réponse**

Cadre proposé

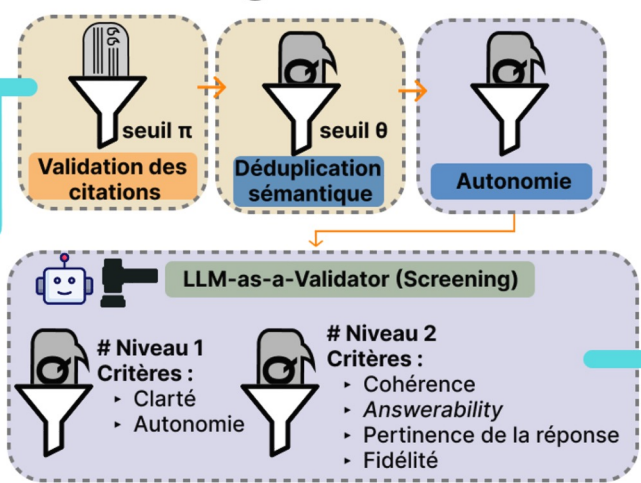
(1) Ingestion et prétraitement



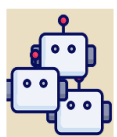
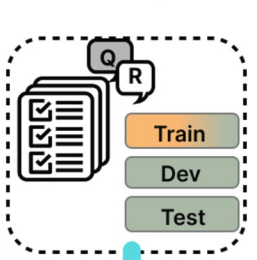
(2) Génération QR



(3) Filtrage et curation



(4) Dataset QR



Ensemble de LLM (ex. Mistral, Qwen, Llama, Deepseek)



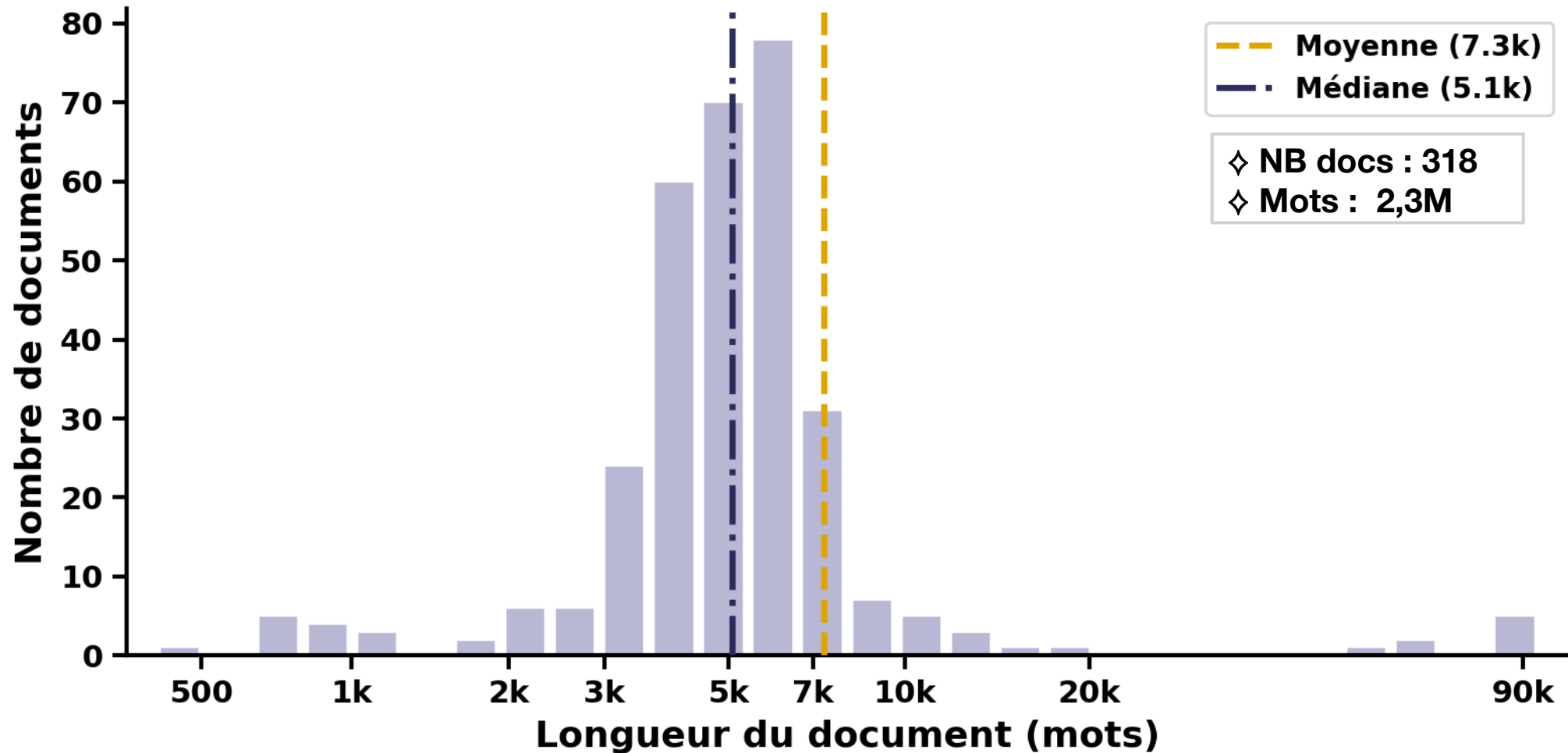
Analytique, Application, Conceptuelle, Factuelle, Contrefactuelle, Fausse prémisse, Cas limite, ...



1-3 : Compréhension superficielle ; 4-7 : Interprétation, analyse, synthèse ; 8-10 : Compréhension approfondie, application, ...

Corpus hydraulique : sources et répartition

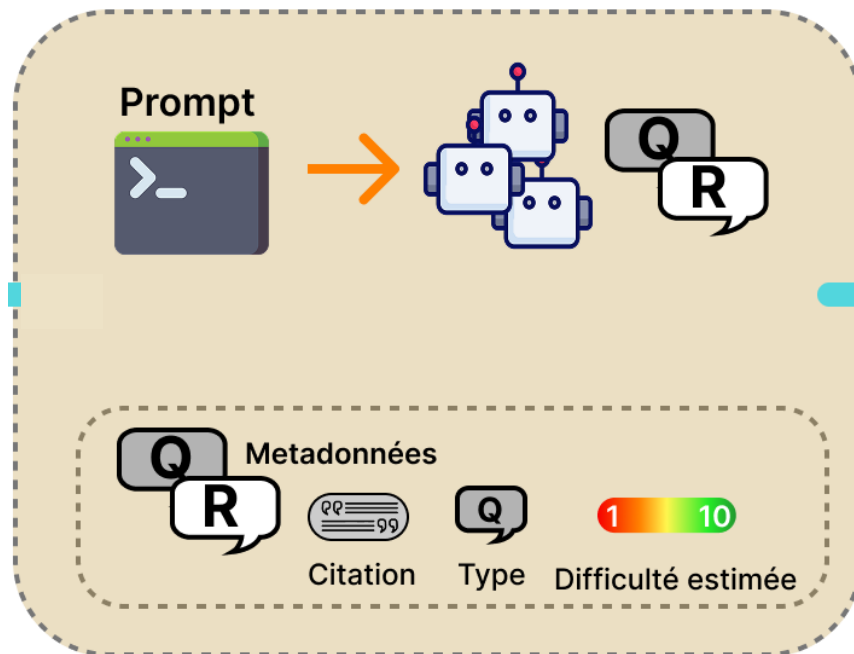
- ✧ Publications scientifiques *ex. articles, actes, thèses*
- ✧ Sources : HAL · Comité Français des Barrages et Réservoirs (CFBR) · La Houille Blanche (LHB)



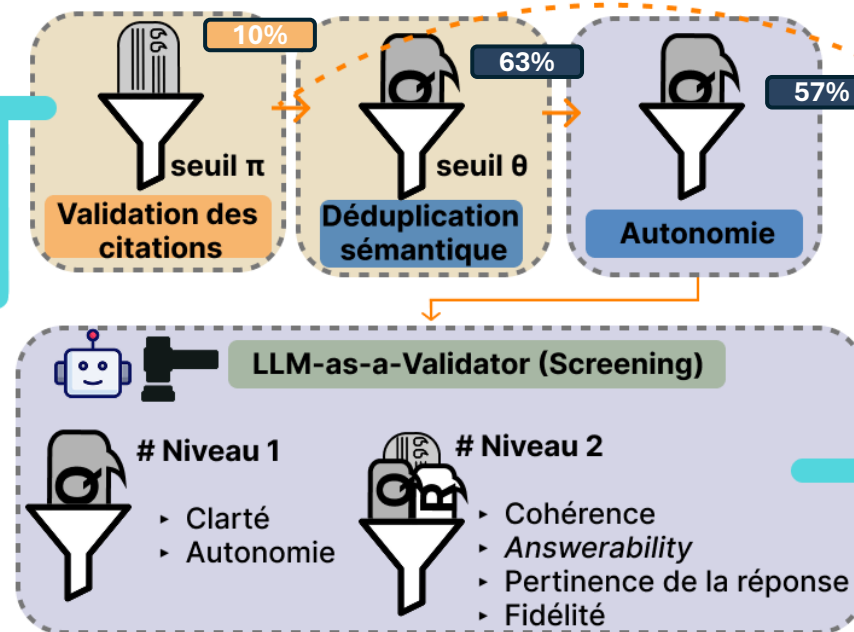
Spécialisation au domaine | Fine-tuning supervisé (SFT)

- ✧ **STF avec les QR générées** ⇒ améliorer les performances des LLM existants
- ✧ **Choix LLM:** Qwen3-8B Base & Qwen3-8B Instruct
- ✧ **SFT avec LoRA** ^[1]: 2 époques sur 2 GPU AMD MI250X)
- ✧ **Répartition du dataset Synthétique de QR :** Dev / Test / Train
 - ✧ Dev & Test validés par tous les filtres (ancrage citations, déduplication sémantique, LLM screening)
 - ✧ Train QR validées par citation sans déduplication sémantique (maximiser des exemples)

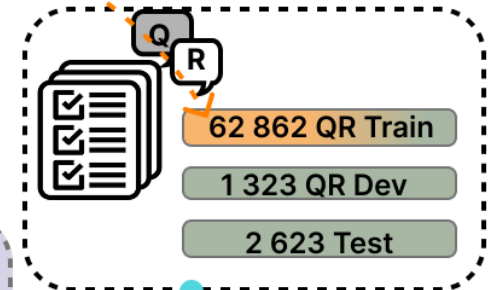
(2) Génération QR



(3) Filtrage et curation



(4) Dataset QR



^[1] Hu, E. J., & Shen, Y., et al. (2021). LoRA: Low-rank adaptation of large language models.

Impact du fine-tuning

◇ SFT : fine-tuning supervisé ◇ **Gras** : meilleur score ◇ Souligné : meilleur gain SFT ◇ ROUGE/F1/KP/KP+ (lexical, %) ◇ BERTScore (sémantique, +x.xx)

Modèle	ROUGE-L	F1	K-Precision	K-Precision+	BERTScore
qwen3-8b-base	0.163	0.218	0.192	0.305	0.022
qwen3-8b-base-sft	0.273 (+67%)	0.349 (+60%)	0.380 (+98%)	0.405 (+33%)	0.231 (+0.21)
qwen3-8b-instruct	0.227	0.306	0.253	0.338	0.163
qwen3-8b-instruct-sft	0.331 (+46%)	0.402 (+31%)	0.489 (+93%)	0.505 (+49%)	0.348 (+0.19)

Impact du fine-tuning

✧ SFT : fine-tuning supervisé ✧ **Gras : meilleur score** ✧ Souligné : meilleur gain SFT ✧ ROUGE/F1/KP/KP+ (lexical, %) ✧ BERTScore (sémantique, +x.xx)

Modèle	ROUGE-L	F1	K-Precision	K-Precision+	BERTScore
qwen3-8b-base	0.163	0.218	0.192	0.305	0.022
qwen3-8b-base-sft	0.273 (+67%)	0.349 (+60%)	0.380 (+98%)	0.405 (+33%)	0.231 (+0.21)
qwen3-8b-instruct	0.227	0.306	0.253	0.338	0.163
qwen3-8b-instruct-sft	0.331 (+46%)	0.402 (+31%)	0.489 (+93%)	0.505 (+49%)	0.348 (+0.19)

✧ **Instruct > Base (avec/sans SFT) pour QR**

Impact du fine-tuning

◇ SFT : fine-tuning supervisé ◇ **Gras** : meilleur score ◇ Souligné : meilleur gain SFT ◇ ROUGE/F1/KP/KP+ (lexical, %) ◇ BERTScore (sémantique, +x.xx)

Modèle	ROUGE-L	F1	K-Precision	K-Precision+	BERTScore
qwen3-8b-base	0.163	0.218	0.192	0.305	0.022
qwen3-8b-base-sft	0.273 (+67%)	0.349 (+60%)	0.380 (+98%)	0.405 (+33%)	0.231 (+0.21)
qwen3-8b-instruct	0.227	0.306	0.253	0.338	0.163
qwen3-8b-instruct-sft	0.331 (+46%)	0.402 (+31%)	0.489 (+93%)	0.505 (+49%)	0.348 (+0.19)

◇ **Instruct > Base (avec/sans SFT) pour QR**

◇ **SFT : impact** ↑ sur Base (+63%) que Instruct (+50%) ; gains positifs dans les deux cas

Base vs Base-SFT : Exemple 1

Q



Question

Quelle crue de protection retenir pour des travaux de courte durée (~18 semaines) sur l'évacuateur d'un barrage en remblai à faible capacité de laminage ?

R



Réponse de référence

Une crue centennale (Q100) peut être retenue comme crue de protection pendant le chantier. Sur une phase travaux courte (~18 semaines), ce niveau assure une probabilité de rupture du même ordre que l'objectif visé à long terme après mise en conformité hydraulique, avec une protection assurée par simple abaissement de la retenue, sans batardeau.

Qwen3-8b-base



Les protections doivent être adaptées au chantier. Lorsqu'il y a **des travaux sur un barrage**, il faut prévoir une **crue adaptée** pour le chantier. Dans ce cas, une **crue plus faible** peut être utilisée pour **protéger le chantier et limiter les risques pendant les travaux**.

Qwen3-8b-base-sft



Une **crue centennale** peut être retenue pour la protection du chantier lors de **travaux courts** sur l'évacuateur. Cette crue est choisie afin de limiter les risques pendant les travaux et assurer une protection par **abaissement de la retenue**.

Instruct vs Instruct-SFT : Exemple 2

Q



Question

Quelle crue de protection retenir pour des travaux de courte durée (~18 semaines) sur l'évacuateur d'un barrage en remblai à faible capacité de laminage ?

R



Réponse de référence

Une crue centennale (Q100) peut être retenue comme crue de protection pendant le chantier. Sur une phase travaux courte (~18 semaines), ce niveau assure une probabilité de rupture du même ordre que l'objectif visé à long terme après mise en conformité hydraulique, avec une protection assurée par simple abaissement de la retenue, sans batardeau.

Qwen3-8b-instruct



Pour un barrage en remblai en phase chantier, une crue de protection est définie afin de garantir un niveau acceptable de sécurité **pendant les travaux**. Une **crue de type centennial** peut être envisagée, car elle permet de réduire le risque de défaillance tout en facilitant la gestion hydraulique du chantier.

Qwen3-8b-instruct-sft



Une **crue centennale (Q100)** est retenue comme protection chantier. Pour une phase **travaux courte (~18 semaines)**, ce niveau permet de conserver une **probabilité de rupture** du même ordre que l'objectif après mise en conformité hydraulique, avec une protection assurée par simple **abaissement de la retenue, sans batardeau**.

Conclusion

Notre framework permet de :

- ❖ **générer des QR techniques sur des domaines spécifiques** à partir des documents d'un domaine considéré (ex. *Ingénierie Hydraulique*) à un **coût relativement faible**.
- ❖ **spécialiser** des LLM au domaine de l'Hydraulique et à la tâche de QR
- ❖ **améliorer** la performance d'un LLM « généraliste » .

Perspectives



**Validation humaine
experte** de la qualité des
QR générées



Compromis coût-qualité :
nombre/taille des LLM VS qualité
des QR

Exploration d'autres configurations
ex. *Retrieval-augmented generation*
(RAG)



Extension & validation
de l'approche à **d'autres
domaines techniques**

AUGMENT^{IA}

BY FONDATION GRENOBLE INP

Merci de votre attention



CHAIRE AUGMENT^{IA}

Hebergée au Laboratoire
d'Informatique de Grenoble
Bâtiment IMAG, 700 Avenue Centrale
38401 SAINT-MARTIN-D'HÈRES

WWW.FONDATION-GRENOBLE-INP.FR

06/03/2026