

Jordi BOLIBAR (CNRS, Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble)

Contexte

Une grande partie des bassins versants des Alpes et les Andes dépendent des glaciers pour leur approvisionnement en eau, où le régime hydrique de ces bassins versants est fortement impacté par le recul des glaciers. La plupart de modèles glacio-hydrologiques ne parviennent pas à capturer la complexité des processus glaciaires à l'échelle des bassins versants, ni à exploiter pleinement les données observationnelles disponibles (télédétection, mesures in situ).

GLADAPT propose une nouvelle approche :

- **Couplage physique et machine learning** : Intégration de la programmation différentiable pour développer des modèles hybrides, capables d'apprendre des lois empiriques tout en respectant les principes physiques.
- **Modélisation haute résolution** : Couplage d'ODINN.jl (glaciers) et Wflow.jl ou LSTM (hydrologie) dans les Andes et Alpes. ★
- **Adaptation climatique** : Projections locales pour anticiper les crises hydriques et fournir des résultats adaptés à la réalité de chaque bassin versant.

→ **Un projet à l'interface entre science fondamentale et science appliquée pour l'adaptation climatique**

Objectifs

1. **Développer un modèle glacio-hydrologique distribué et couplé** :
 - Intégrer ODINN.jl (modèle glaciaire différentiable) et Wflow.jl ou un LSTM (modèle hydrologique).
 - Assimiler des données satellitaires et in situ.
2. **Découvrir des lois empiriques via l'apprentissage automatique** :
 - Appliquer des Équations Différentielles Universelles (UDEs) pour identifier des paramétrisations manquantes.
 - Utiliser des méthodes d'inversion fonctionnelle et de régression symbolique pour traduire ces découvertes en formulations mathématiques interprétables.
3. **Évaluer les impacts du retrait glaciaire** :
 - Simulations glacio-hydrologiques de bassins vulnérables (Alpes, Andes) sous différents scénarios climatiques. ★
 - Collaboration avec les chercheurs locaux pour adapter les sorties des modèles aux problématiques locaux.
4. **Créer des outils open source** :
 - Publier des versions améliorées d'ODINN.jl et du modèle hydrologique, avec documentation pour faciliter leur adoption par la communauté scientifique.



- **Collaborations académiques** : Stanford et MIT (États-Unis) pour l'expertise en scientific machine learning ; Deltares (Pays-Bas) pour l'hydrologie distribuée ; IANIGLA CONICET (Argentine) et Yachay Tech University (Équateur) pour les données et l'expertise locale dans les Andes.
- **Engagement avec les parties prenantes** : Travail avec acteurs et chercheurs locaux pour traduire les résultats en solutions concrètes d'adaptation.

Organisation



Perspectives d'interactions avec TRACCS :

- **PC5 COMPACT** : Exploration de nouvelles approches pour des modèles modulaires et différentiables.
- **PC9 ISCLIM** : Exploration de nouvelles lois de glissement basal des glaciers.
- **PC1 DIALOG** : Engagement avec les parties prenantes des communautés andines et objectifs scientifiques co-construits avec les scientifiques locaux.

★ Bassins versants étudiés

- Cayambe (0°) Ecuador
 - La Paz (16° S) Bolivia
 - Maipo (33° S) Chile
 - Santa Cruz (49° S) Argentina
- Tropical and intertropical Andes
Dry and Central Andes
Patagonia and Tierra del Fuego