

## Stratégie hivernale 2030: anticiper la fin de l'enneigement durable à 1000m d'altitude

Students: SAITTA Beatrice, ZABALA-GARCIA Teresa

EPFL supervisor : LEHNING Michael

Company : La ville de La Chaux-de-Fonds, OMEROVIC Bekir

### UN SERVICE HIVERNAL CRUCIAL

#### LOCALISATION

- Jura neuchâtelois
- 1010 m d'altitude
- Forte dépendance aux routes, trottoirs & transports publics

#### CLIMAT

- Hivers longs, froids, enneigés variables, de novembre à avril
- Janvier : env. -0.6 °C
- Ville proche du seuil pluie-neige

#### BESOIN ACTUEL

- 57 km = routes prioritaires
- 48 km = routes 2ndaires
- Env. 110-120 km de trottoirs
- Arrêts de bus, escaliers à dégager

#### CONTEXTE SOCIO-ECON

- 38000 habitants
- 24000 emplois
- Le déneigement conditionne la mobilité quotidienne

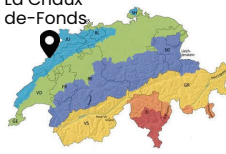
#### STRATÉGIE ACTUELLE

- Priorisation par type de réseau
- Déclenchement par niveaux d'alarme
- Stationnement

#### COÛTS & CONTRAINTES

- 4.8 M CHF / hiver
- Coûts humains : fatigue, sécurité
- Coûts environnementaux : sel, gravier, stockage

La Chaux-de-Fonds



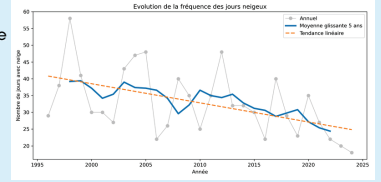
#### MISSION DU SERVICE HIVERNAL

- sécurité
- accessibilité et TP
- continuité urbaine
- maintien activités économiques et quotidiennes

### UN SYSTÈME SURDIMENSIONNÉ ?

Réchauffement climatique en Suisse  
→ Tendances de neige à la baisse

- Fréquence neigeuse
- Volumes de neige



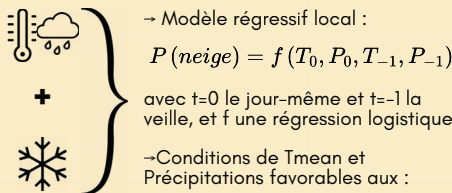
### OBJECTIFS

- Estimer les tendances des dernières années
- Caractériser les hivers des 15 prochaines années
- Quantifier les incertitudes associées aux prédictions
- Evaluer la pertinence du système actuel
- Proposer des recommandations d'adaptation aux conditions changeantes

### MÉTHODOLOGIE

#### 1) APPRENTISSAGE DES CONDITIONS DE NEIGE LOCALES

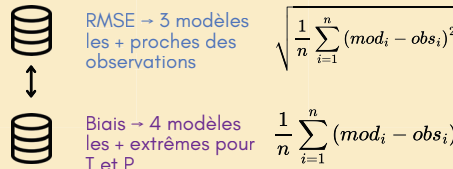
Registres historiques  
MétéoSuisse - LCDF



- Registres neige à LCDF
- Jours de neige
  - Jours de neige >= 7cm

#### 2) SÉLECTION DES MODÈLES CLIMATIQUES

Registres historiques  
MétéoSuisse - LCDF



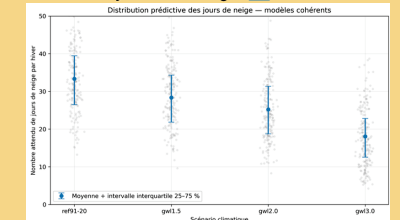
Modélisations  
Climate CH2025

#### 3) PROJECTION FUTURE DE NEIGE

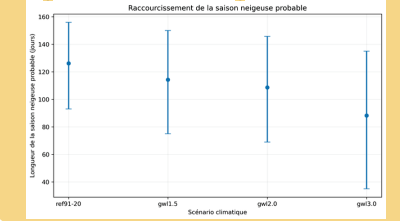
- Application du modèle aux scénarios CH2025
- Trois niveaux de réchauffement : GWL1.5, GWL2.0, GWL3.0
- Indicateurs projetés : jours de neige, fortes neiges, saisonnalité

#### TRADUCTION EN JOURS DE NEIGE

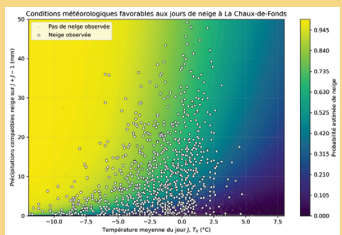
Nombre de jours de neige



#### Longueur de la saison neigeuse



### RÉSULTATS CONDITIONS FAVORABLES À LA NEIGE



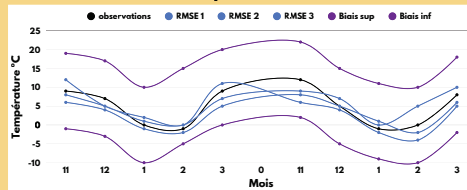
**Neige :**  
T ≤ 2.5 °C  
avec précipitations ;  
probabilité forte surtout entre -5 et 0 °C.

**Fortes neiges :** souvent entre -6 et 0 °C, avec précipitations marquées, typiquement >10 mm sur le jour et/ou la veille.

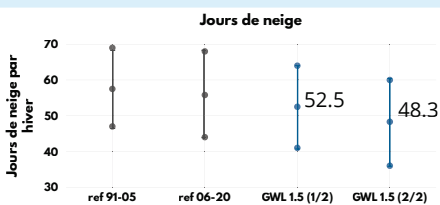
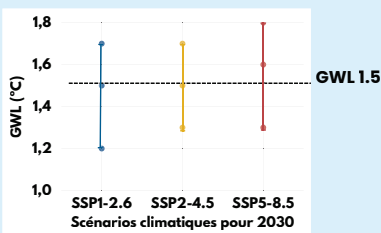
### MEILLEURS MODÈLES : PROJECTIONS DE TMEAN ET P PAR LES MODÈLES CHOISIS

Modèles par RMSE		Modèle par Biais	
CNRM-ALADIN-HADGEM		Température	CLMCOM-CCLM4-MIROC
CLMCOM-CCLM4-HADGEM			CNRM-ALADIN-HADGEM
SMHI-RCA-HADGEM		Précipitation	CLMCOM-CCLM4-MPIESM

Exemple non-réel des résultats sur deux ans pour la température



### FOCUS GWL 1.5 NIVEAU DE RÉCHAUFFEMENT LE PLUS PERTINENT A MOYEN TERME



### RECOMMANDATIONS

- **Adapter sans désarmer :** moins de neige, mais fortes neiges possibles.
- **Protéger les axes critiques :** routes prioritaires, bus, hôpital, gare, écoles.
- **Flexibiliser le secondaire :** délais modulés selon l'intensité.
- **Conserver une capacité de crise :** personnel, stocks, véhicules, prestataires.
- Privilégier du **matériel polyvalent** et quelques moyens lourds.
- **Cibler sel / saumure / antigliss :** risque de glissance maintenu.
- **Clarifier stationnement + communication :** règles, alertes, priorités.

### LIMITES ET DISCUSSION

- Projections par GWL → ordres de grandeur mais pas projection déterministes annuelles
- GWL 1.5 pour 2030 → probable mais pas certain
- Elements locaux pas pris en compte par les modèles: topographie, microclimats, etc

### CONCLUSION

Poursuite de la tendance de baisse des jours de neige des 30 dernières années

**52.5** Jours de neige pour 2030 à GWL1.5

NOV - APR Période hivernale prévue (inchangée)

Service de déneigement doit s'adapter sans perdre sa capacité de crise - les épisodes de neige forte ne disparaîtront pas d'ici 2030