

Le développement de LARSIM en matière de simulation de neige

Ingo Haag, Dirk Aigner, Nicole Henn, Angela Sieber

HYDRON Ingenieurgesellschaft für
Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

Margret Johst

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz LUWG

Introduction

- **Sous-groupe de travail „Neige“ de la communauté des développeurs LARSIM**

Objectifs :

- Identifier les problèmes de neige en mode opérationnel
- Mettre en relief les améliorations potentielles
- Prioriser les travaux

→ La mise en œuvre dans LARSIM

dans le présent exposé

et dans l'ajustement externe
des paramètres niveaux

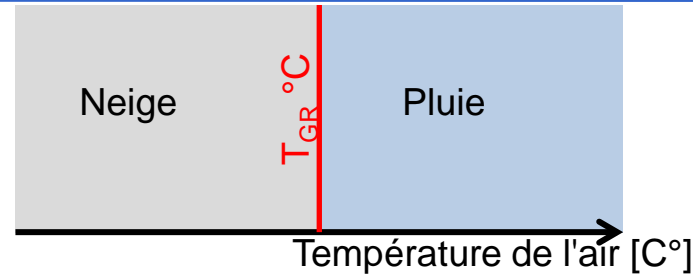
dans un exposé séparé
Les améliorations récentes
de l'ajustement externe
des paramètres niveaux

- **Maîtres d'œuvre : LUBW et LUWG**

Les bases : La neige dans Larsim

• L'accumulation de neige

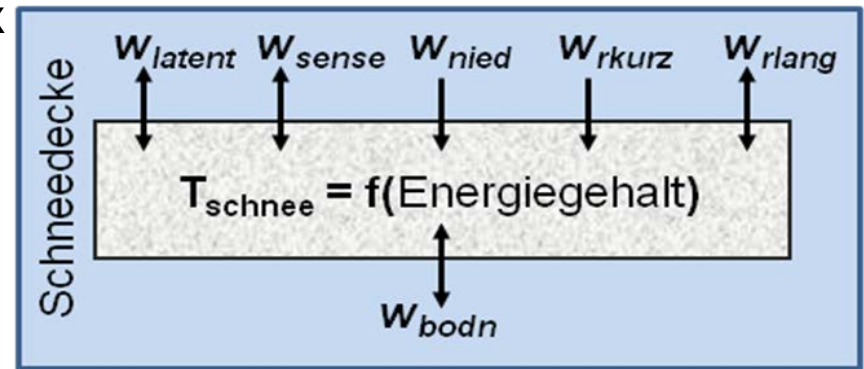
$T_{\text{Luft}} < T_{\text{GR}} \rightarrow$ chute de neige
Formation du manteau neigeux
avec de la neige fraîche sèche



• Le bilan énergétique du manteau neigeux

Température du manteau neigeux et fonte potentielle

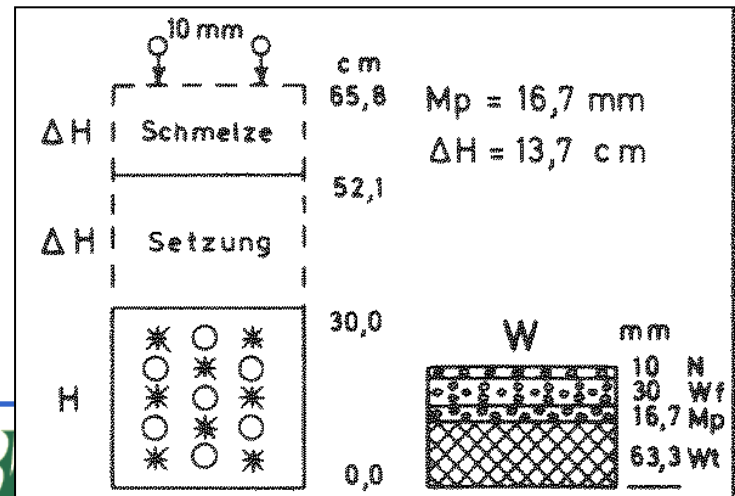
- Méthode degré-jour
- Knauf simplifié
- Knauf étendu
- Approche bilan énergétique UEB
- Bilan énergétique complet



• Le compactage et le dégagement d'eau

Rétention d'eau liquide dans le manteau neigeux et dégagement d'eau effectif

- Approche compactage UEB
- Méthode Bertle



Les bases : La neige dans Larsim

Les combinaisons possibles Bilan énergétique - Compaction

en fonction de la mission et de la disponibilité des données

		Setzung und Wasserabgabe		
		ohne	Bertle- Verfahren	UEB- Retention
Energiebilanz	Grad-Tag-Verfahren	X	X	
	Knauf vereinfacht	X	X	
	Knauf erweitert	X	X	
	Utah Energy Balance Snow Accumulation and Melt Model UEB	X		X
	Vollständige Energiebilanz (mit Zusatzoptionen)	X	X	X

➔ **Les modèles opérationnels des Länder:
Intègrent le bilan énergétique complet + la
méthode Bertle**

Synopsis

Les aspects considérés dans la modélisation de la neige avec LARSIM

L'accumulation de neige

- ➔ Option SCHNEEEREGEN (pluie neigeuse) implémentée dans LARSIM

Le compactage et le dégagement d'eau

- ➔ Analyse et la simplification de la méthode Bertle
- ➔ Option SNOW-COMPACTION 3 implémentée dans LARSIM

Le bilan énergétique du manteau neigeux

- ➔ Validation du bilan énergétique sous couvert forestier
- ➔ Stratégie pour améliorer et assouplir l'implémentation dans LARSIM

L'accumulation de neige / aspects complémentaires

- ➔ Analyse de l'interception (et de la sublimation) de la neige par les couronnes d'arbres
- ➔ Stratégie pour l'intégration dans LARSIM

Synopsis

Les aspects considérés dans la modélisation de la neige avec LARSIM

L'accumulation de neige

- Option SCHNEEREGEN (pluie neigeuse) implémentée dans LARSIM

Le compactage et le dégagement d'eau

- Analyse et la simplification de la méthode Bertle
- Option SNOW-COMPACTION 3 implémentée dans LARSIM

Le bilan énergétique du manteau neigeux

- Validation du bilan énergétique sous couvert forestier
- Stratégie pour améliorer et assouplir l'implémentation dans LARSIM

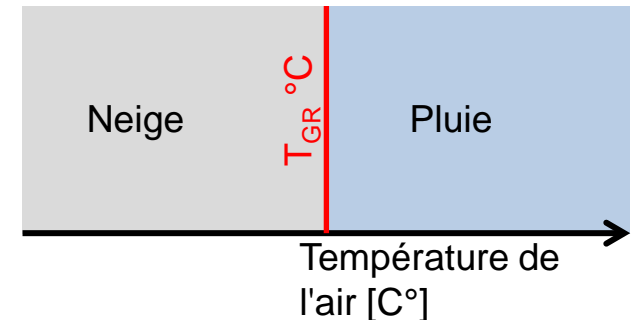
L'accumulation de neige / aspects complémentaires

- Analyse de l'interception (et de la sublimation) de la neige par les couronnes d'arbres
- Stratégie pour l'intégration dans LARSIM

Pluie neigeuse

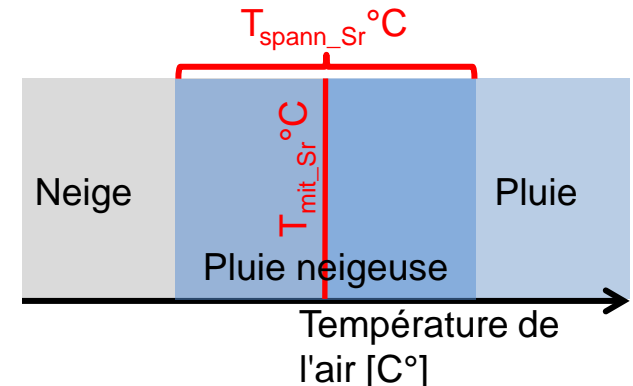
Situation de départ :

- Jusqu'à présent: limite figée (T_{GR}) :
Pluie ou neige (sèche!)
- T_{GR} très sensitive, changement abrupt de la réaction hydrologique
- En cas de chute de neige, le manteau neigeux est toujours complètement sec, ce qui fait que le dégagement d'eau à partir du manteau neigeux tend à intervenir trop tard et trop lentement.

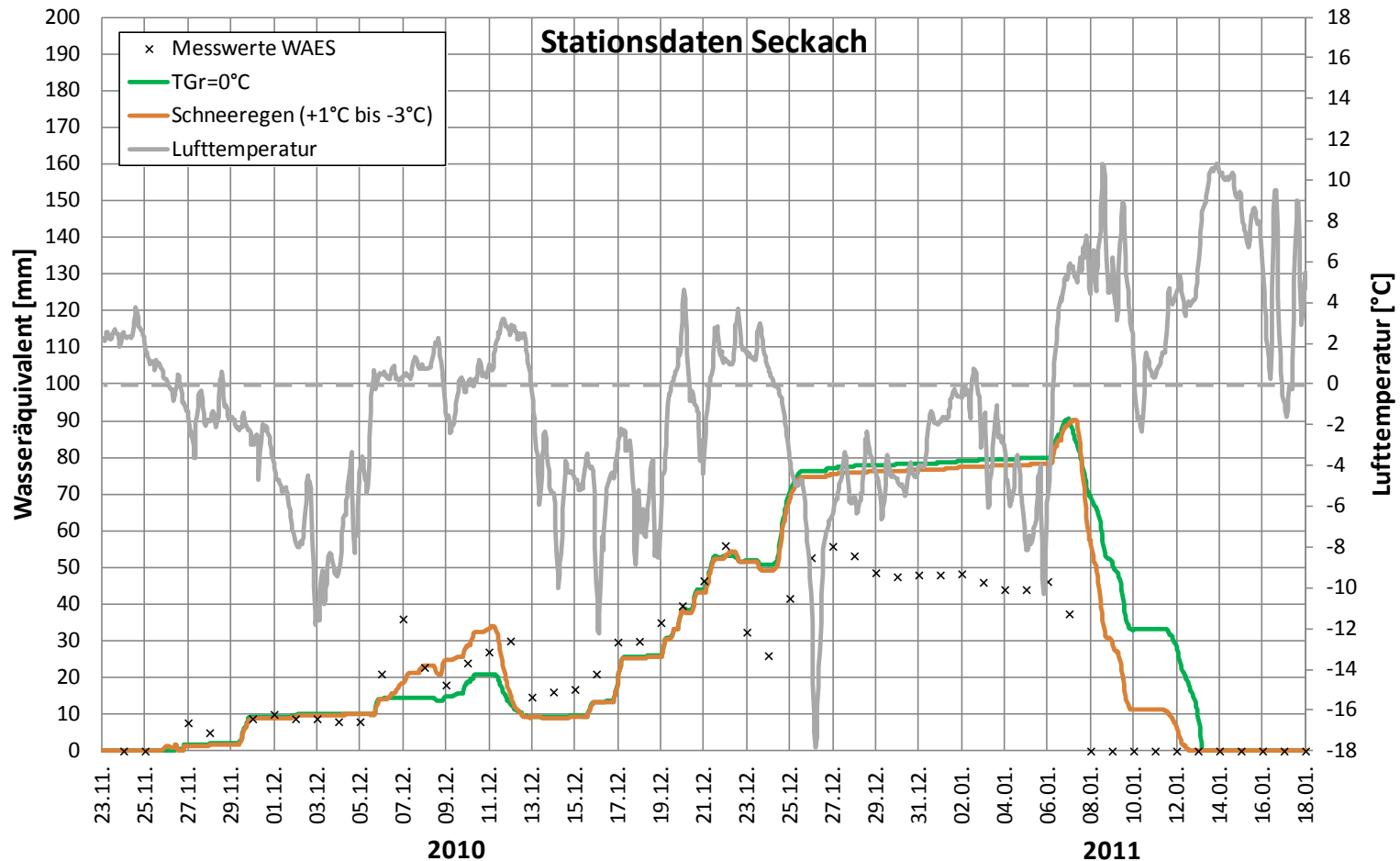


L'option SCHNEEREGEN (pluie neigeuse) dans LARSIM :

- Les paramètres T_{mit_Sr} et T_{spann_Sr} pour la phase de transition entre la neige sèche et la pluie
- Pendant la transition: interpolation linéaire de la part liquide

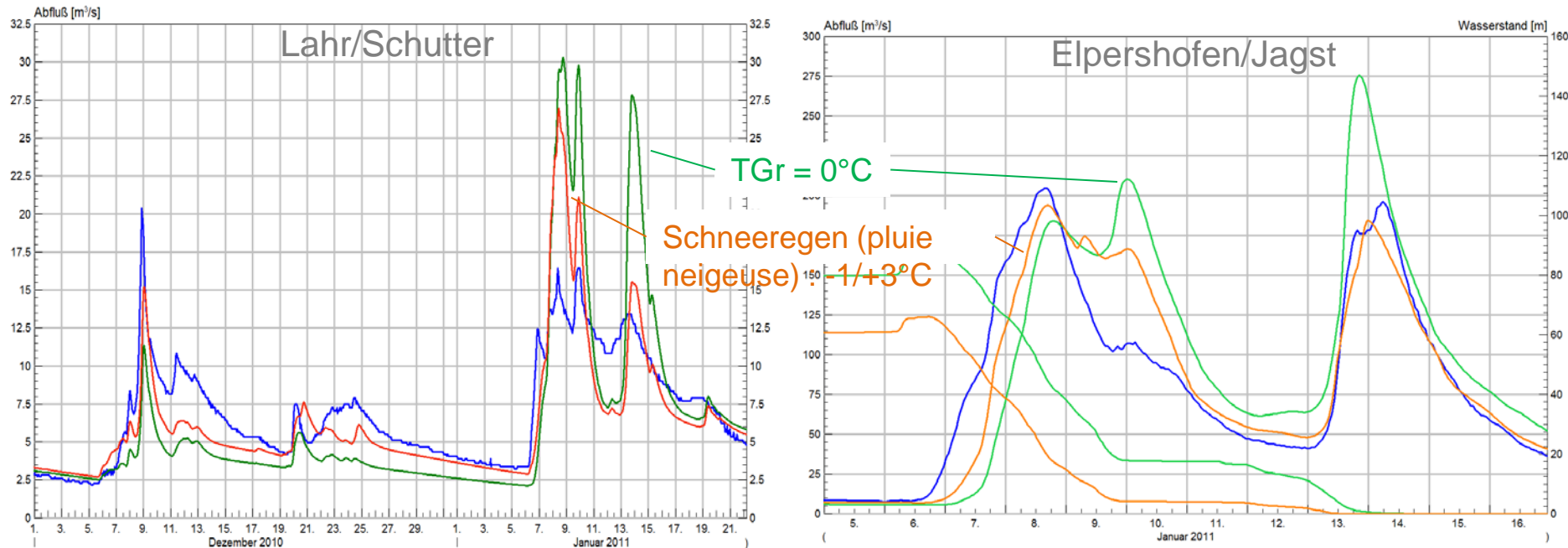


La pluie neigeuse (Schneeregen)



- Paramètre sensitif (surtout en présence d'un manteau neigeux non pérenne, proche de T_{Gr} / T_{mit_Sr})
- Réaction atténuée aux alentours de T_{Gr} / T_{mit_SR}
- Le manteau neigeux a tendance à être plus humide → dégagement d'eau plus important

La pluie neigeuse (Schneeregen)



- Test pour des affluents du Rhin supérieur + Jagst, notamment pour l'hiver 2010/2011
- SCHNEEREGEN (pluie neigeuse) permet d'obtenir des améliorations
- 2010/2011 : Meilleure répartition du débit entre l'évènement de décembre et celui
- Tspann_Sr de 4 °C a fait ses preuves jusqu'ici
- Le secteur de transition n'est pas symétrique autour de TGr, mais tend à être inférieur, p. ex. TGr = 0 °C → -3 °C à +1 °C (Tmit_Sr = -1 °C, Tspann_Sr = 4 °C)

Synopsis

Les aspects considérés dans la modélisation de la neige avec LARSIM

L'accumulation de neige

- Option SCHNEEEREGEN (pluie neigeuse) implémentée dans LARSIM

Le compactage et le dégagement d'eau

- Analyse et la simplification de la méthode Bertle
- Option SNOW-COMPACTION 3 implémentée dans LARSIM

Le bilan énergétique du manteau neigeux

- Validation du bilan énergétique sous couvert forestier
- Stratégie pour améliorer et assouplir l'implémentation dans LARSIM

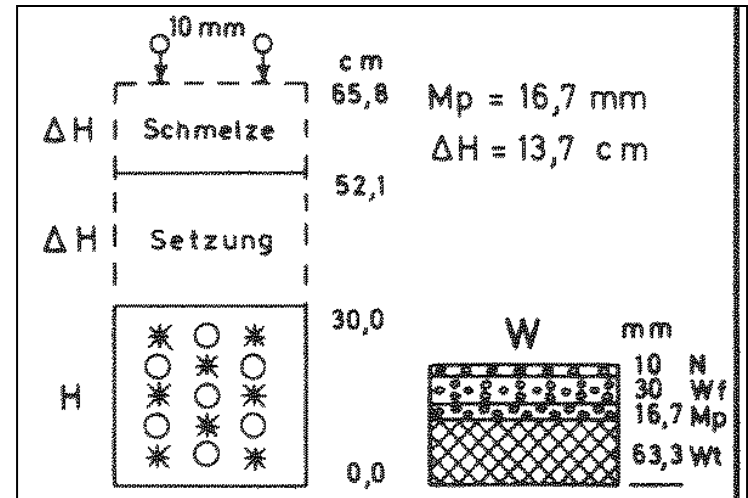
L'accumulation de neige / aspects complémentaires

- Analyse de l'interception (et de la sublimation) de la neige par les couronnes d'arbres
- Stratégie pour l'intégration dans LARSIM

Méthode Bertle

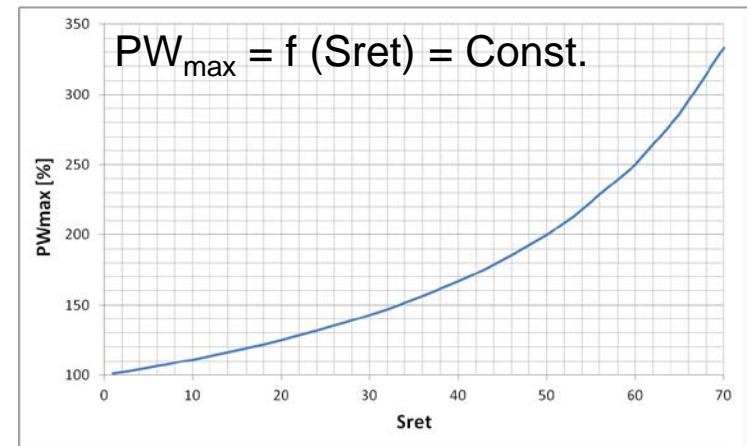
Situation de départ :

- La méthode Bertle (SNOW-COMPACTION 2) est très compliquée et peu transparente,
- ce qui rend difficile tout développement / toute modification (p. ex. intervention dans l'état de la neige)



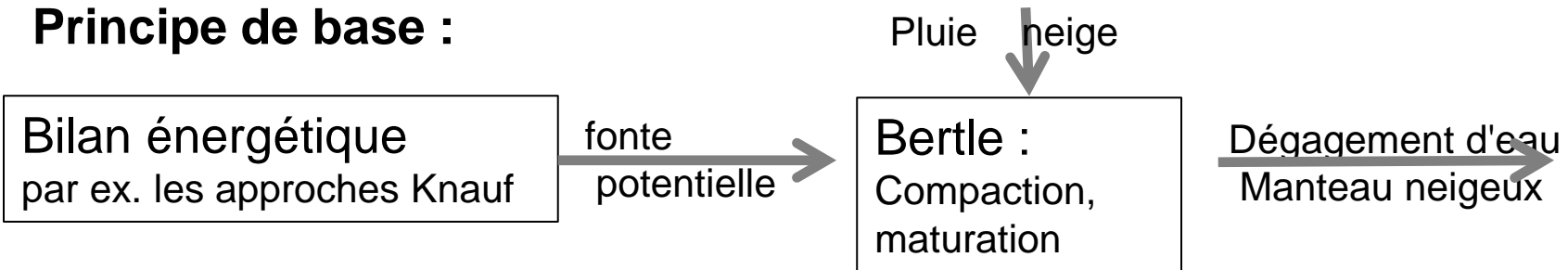
Objectifs :

- Analyse de la méthode Bertle
- Simplification de la méthode Bertle (→ SNOW-COMPACTION 3)
- Simplifier les développements ultérieurs
- Permettre l'intervention directe dans l'état de la neige



La méthode Bertle

Principe de base :



Les paramètres les plus importants dans la méthode Bertle (simplifiée):

$W\ddot{A}_{GS}$ [mm]	Équivalent en eau de la neige (totale)
$W\ddot{A}_{TS}$ [mm]	Équivalent en eau de la neige sèche
PW [%]	Rapport entre l'équivalent en eau totale et l'équivalent en eau de la neige sèche $PW = 100 \frac{W\ddot{A}_{GS}}{W\ddot{A}_{TS}}$
PW_{max} [%]	Maximum de l'équivalent en eau totale pour un équivalent en eau donné de la neige sèche
$PW > PW_{max}$	➔ Dégagement d'eau à partir du manteau neigeux

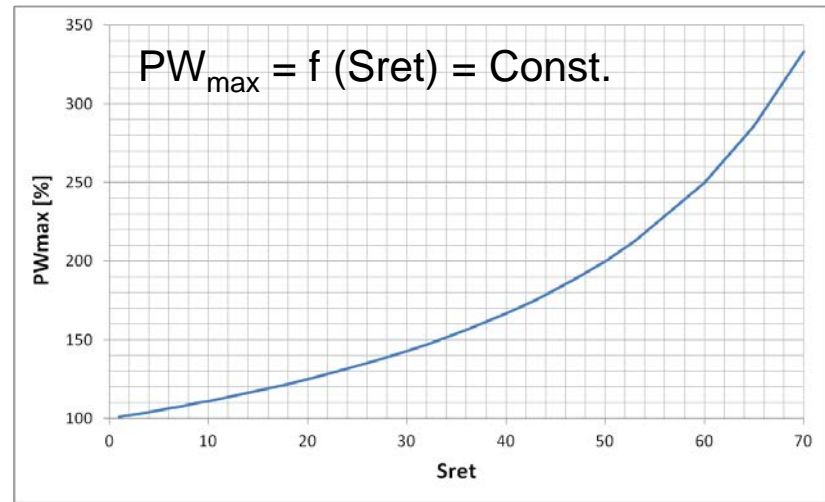
La méthode Bertle

Les bases empiriques d'après Bertle (1966) :

$$PW_{\max} = f(c1, c2, \rho_{TS}, \rho_{\max} \dots)$$

$$c1, c2 = f(S_{ret})$$

$$\dots \rightarrow PW_{\max} = \frac{10000}{100 - S_{ret}}$$



Compaction :

Donnée d'entrée	$W\ddot{A}_{GS}$	$W\ddot{A}_{TS}$
Fonte potentielle		-
Pluie	+	
Neige	+	+
(Re-)Sublimation évaporat./condensat.	+-	+-

Dégagement d'eau à partir du manteau neigeux

$$\rightarrow 100 \frac{W\ddot{A}_{GS}}{W\ddot{A}_{TS}} = PW$$

Lorsque $PW > PW_{\max}$

→ Dégagement d'eau

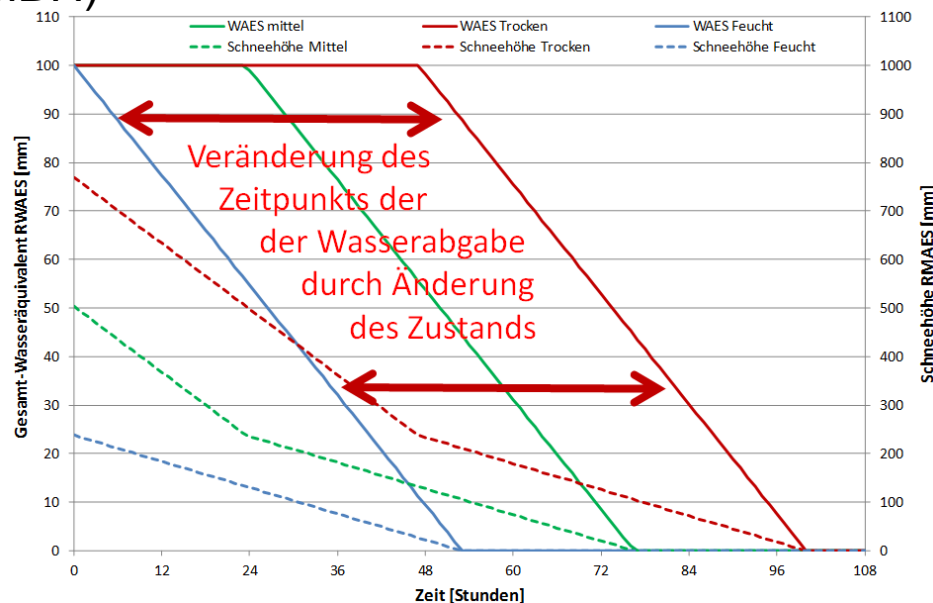
→ Réduction de $W\ddot{A}_{GS}$

→ Tous les autres param. (hauteur et densité de neige, ...) sont calculés sur cette base

La méthode Bertle

Résultats :

- SNOW-COMPACTION 2 et 3 fournissent des résultats pratiquement identiques (imprécisions dues aux arrondis)
 - SNOW-COMPACTION 3 simplifie les adaptations futures (phénomène observé déjà en mettant en œuvre SCHNEEREGEN)
 - SNOW-COMPACTION 3 permet une intervention ciblée dans l'état de la neige (ajustement externe via le fichier d'état MBH)
- Le degré de maturité peut directement être géré via $W\ddot{A}_{GS}/W\ddot{A}_{TS}$
- On peut influencer sur le moment du dégagement d'eau
- Développement ultérieur potentiel



Synopsis

Les aspects considérés dans la modélisation de la neige avec LARSIM

L'accumulation de neige

- Option SCHNEEREGEN (pluie neigeuse) implémentée dans LARSIM

Le compactage et le dégagement d'eau

- Analyse et la simplification de la méthode Bertle
- Option SNOW-COMPACTION 3 implémentée dans LARSIM

Le bilan énergétique du manteau neigeux

- Validation du bilan énergétique sous couvert forestier
- Stratégie pour améliorer et assouplir l'implémentation dans LARSIM

L'accumulation de neige / aspects complémentaires

- Analyse de l'interception (et de la sublimation) de la neige par les couronnes d'arbres
- Stratégie pour l'intégration dans LARSIM

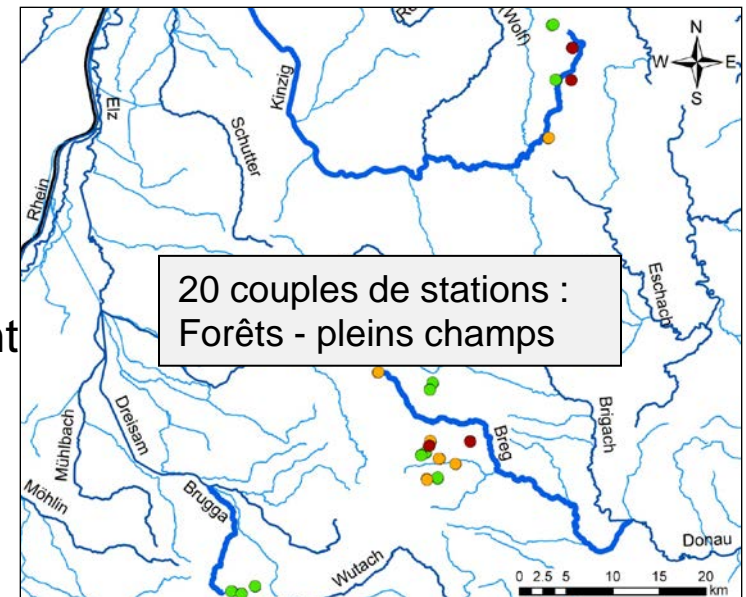
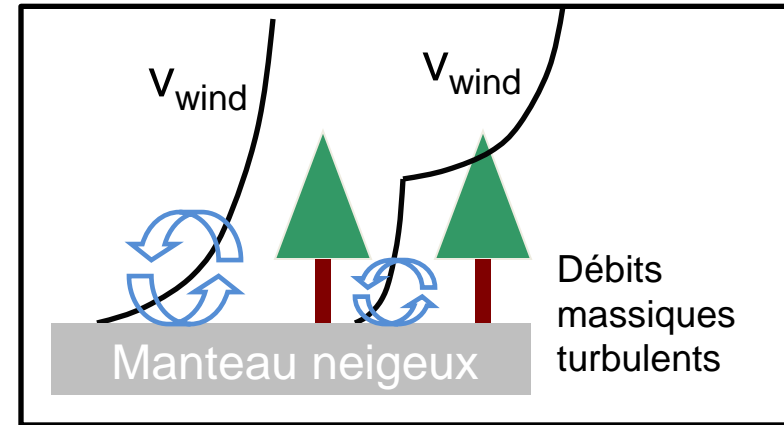
Le bilan énergétique sous couvert forestier

Situation de départ :

- Dans LARSIM, le bilan énergétique du manteau neigeux sous couvert forestier est modifié
- Réduction du rayonnement global, de la vitesse du vent
+ modification du rayonnement à ondes longues
- A défaut de bibliographie internationale:
Paramétrage interne des méthodes
- Données mesurées par l'Université de Fribourg sur de nombreux sites en Forêt Noire (rayonnement global et vent)

Objectifs :

- Vérifier les approches pour le ray. glob. et le vent
- Vérifier le paramétrage
- Propositions d'amélioration (projet)

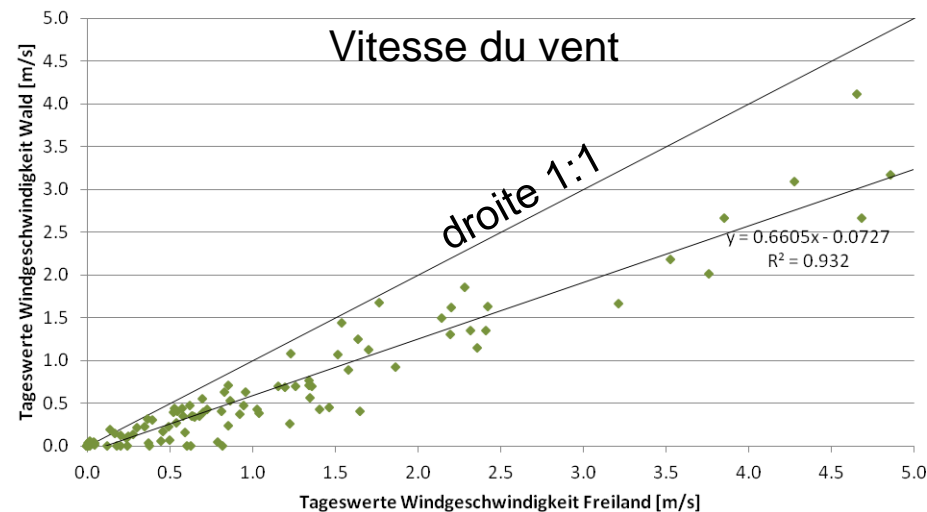
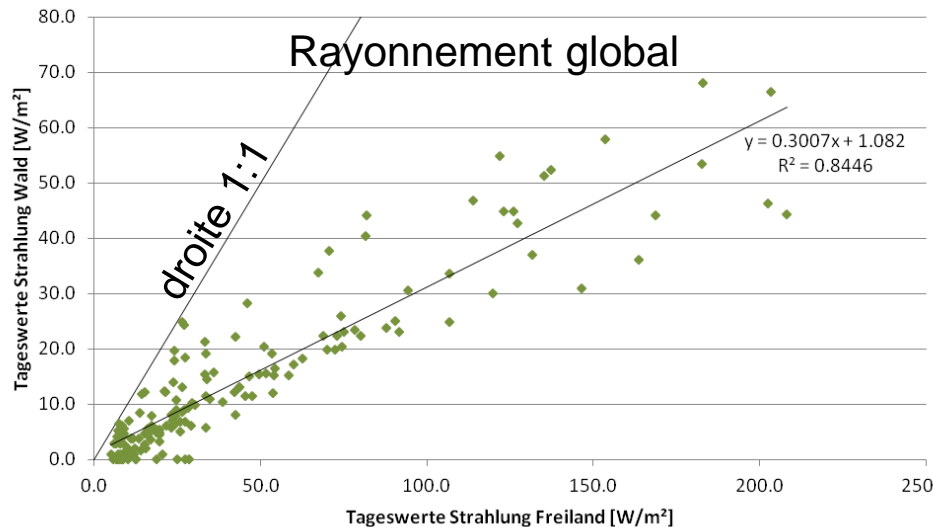


Le bilan énergétique sous couvert

La réduction linéaire simple telle qu'implémentée dans LARSIM est-elle admissible?

Forêt = pleins champs x facteur

20 couples de stations représentatifs :



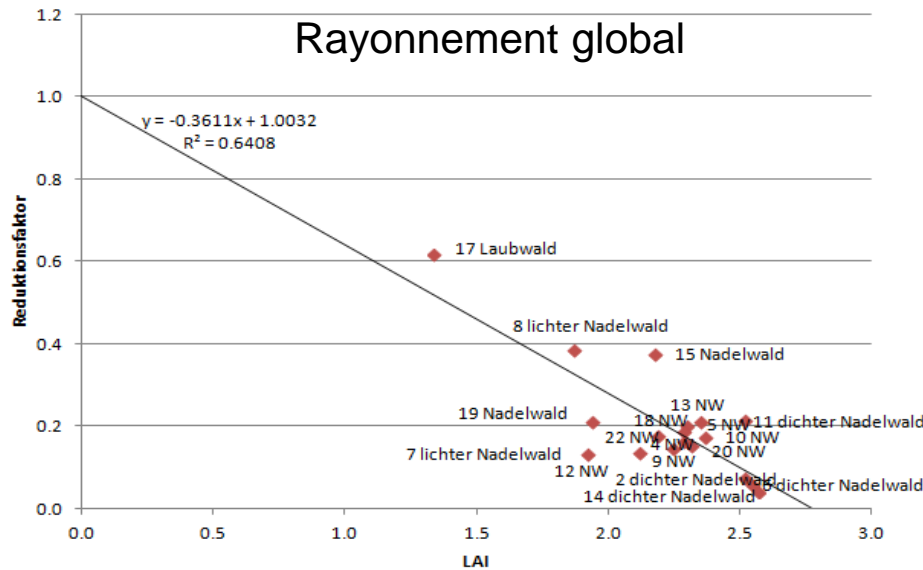
➔ Les facteurs de réduction linéaire sont admissibles dans LARSIM

$$RGlob_{wald} = RGlob_{Freiland} \cdot F_{Strahl}$$

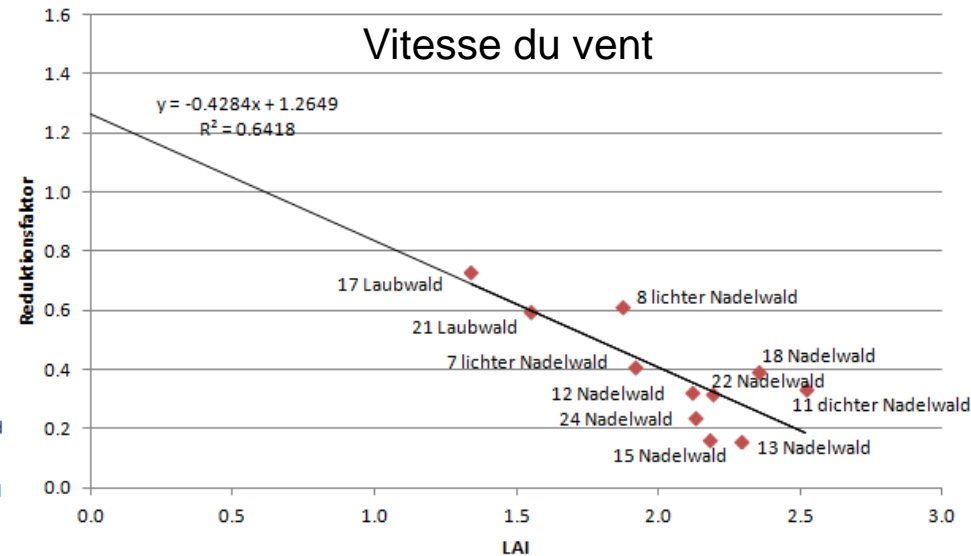
$$VWind_{wald} = VWind_{Freiland} \cdot F_{Wind}$$

Le bilan énergétique sous couvert forestier

Y-a-t-il une relation linéaire entre le facteur de réduction et LAI ?



$$F_{Strahl} = \text{MAX} \left(0,5 - \frac{1}{35} \cdot \text{LAI}; 0 \right)$$



$$F_{Wind} = \text{MAX} \left(0,6 - \frac{1}{70} \cdot \text{LAI}; 0 \right)$$

- ➔ Relation approximativement linéaire entre les facteurs et LAI
- ➔ Différences nettes entre la forêt de feuillus et le forêt résineuse (en hiver)
- ➔ La réduction du rayonnement glob. et du vent est généralement plus ou moins correcte
- ➔ **MAIS** La réduction du vent est trop faible dans la forêt résineuse

Le bilan énergétique sous couvert forestier

En général:

- La réduction du rayonnement global et du vent est bien reflétée par LARSIM

Problématique :

- F_{Wind} un peu trop élevé pour la forêt résineuse
- Le paramétrage fixe et interne à LARSIM rend l'adaptation plus difficile.
- Les facteurs de réduction dépendent du LANU.PAR utilisé

Proposition d'amélioration :

- Paramètres individuels spécifiques au modèle ($a0$ et $a1$) pour:

$$F_{Strahl} = MAX(a0_{Strahl} - a1_{Strahl} \cdot LAI; 0)$$

$$F_{Wind} = MAX(a0_{Wind} - a1_{Wind} \cdot LAI; 0)$$

- ➔ Compatibilité avec des LANU.PAR divers
- ➔ Amélioration simple de F_{Wind} pour la forêt résineuse

Synopsis

Les aspects considérés dans la modélisation de la neige avec LARSIM

L'accumulation de neige

- Option SCHNEEREGEN (pluie neigeuse) implémentée dans LARSIM

Le compactage et le dégagement d'eau

- Analyse et la simplification de la méthode Bertle
- Option SNOW-COMPACTION 3 implémentée dans LARSIM

Le bilan énergétique du manteau neigeux

- Validation du bilan énergétique sous couvert forestier
- Stratégie pour améliorer et assouplir l'implémentation dans LARSIM

L'accumulation de neige / aspects complémentaires

- Analyse de l'interception (et de la sublimation) de la neige par les couronnes d'arbres
- Stratégie pour l'intégration dans LARSIM

L'interception de la neige

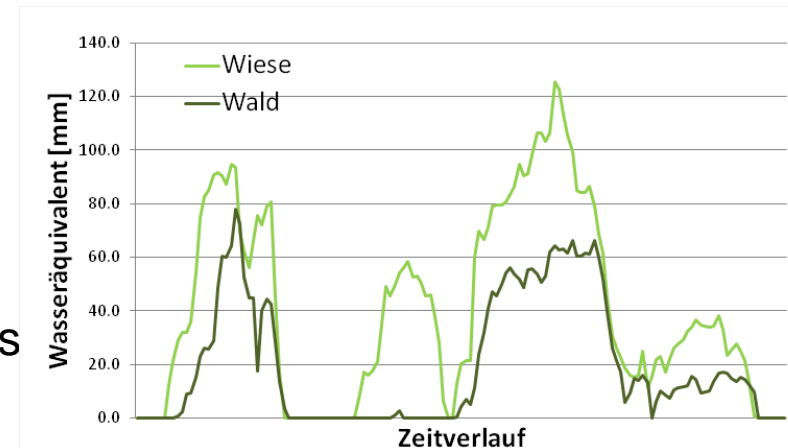
Situation de départ :

- LARSIM considère l'interception de la neige de la même manière que la pluie.
- La neige sur la couverture des couronnes des arbres et la sublimation à partir de là ne sont pas simulées de manière séparée.
- Le manteau neigeux n'est simulé que **sous couvert** forestier.
- Données mesurées par l'Université de Fribourg pour les couples de stations pleins champs - forêt en Forêt Noire



Objectifs :

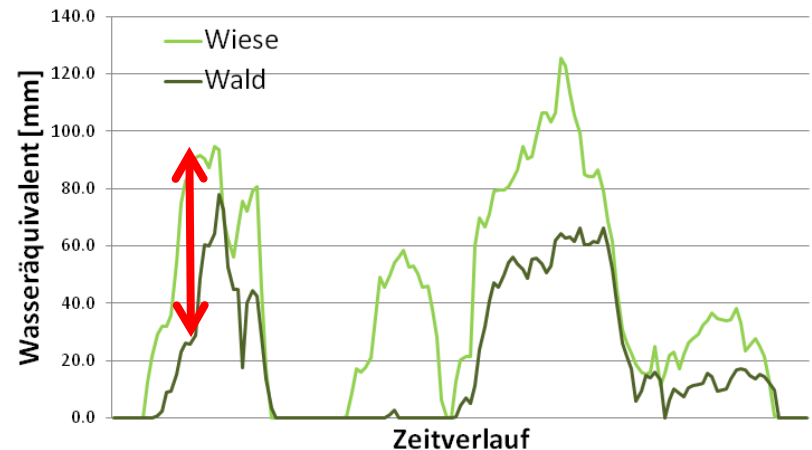
- Vérifier l'approche LARSIM (pour la pluie)
- Pertinence de l'interception de la neige pour les sites typiques de moyenne montagne
- Dédire des propositions d'amélioration (projet)



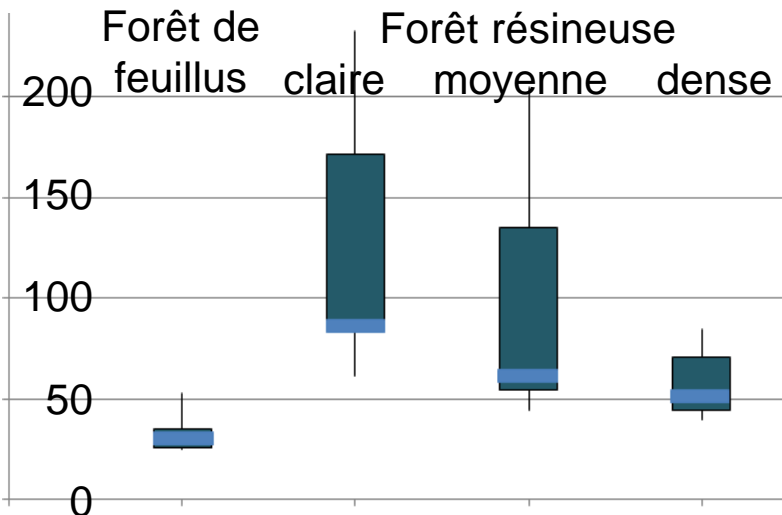
L'interception de la neige

La rétention de la neige est accumulée par la couverture des couronnes.

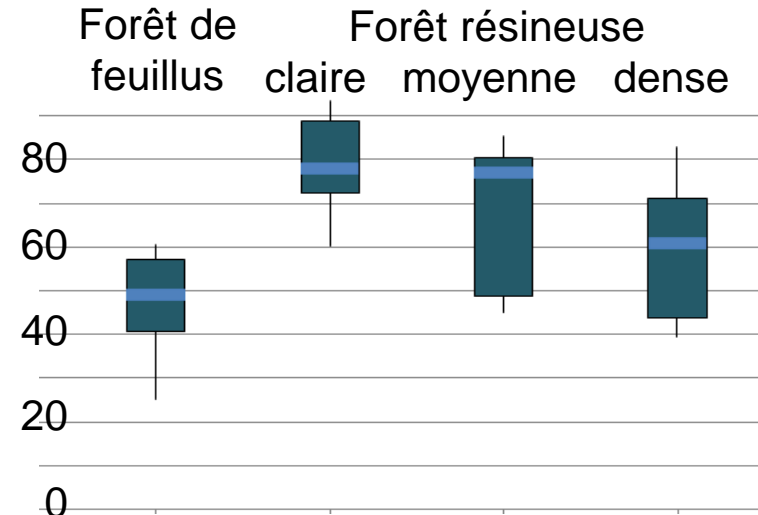
- Différence maximale pleins champs - sous couvert forestier pendant la phase d'accumulation
- Indicateur de : l'interception maximale de la neige + sublimation à partir de la couverture des couronnes



Absolu [mm EE]



Relatif [% de l'EE_{pleins champs}]

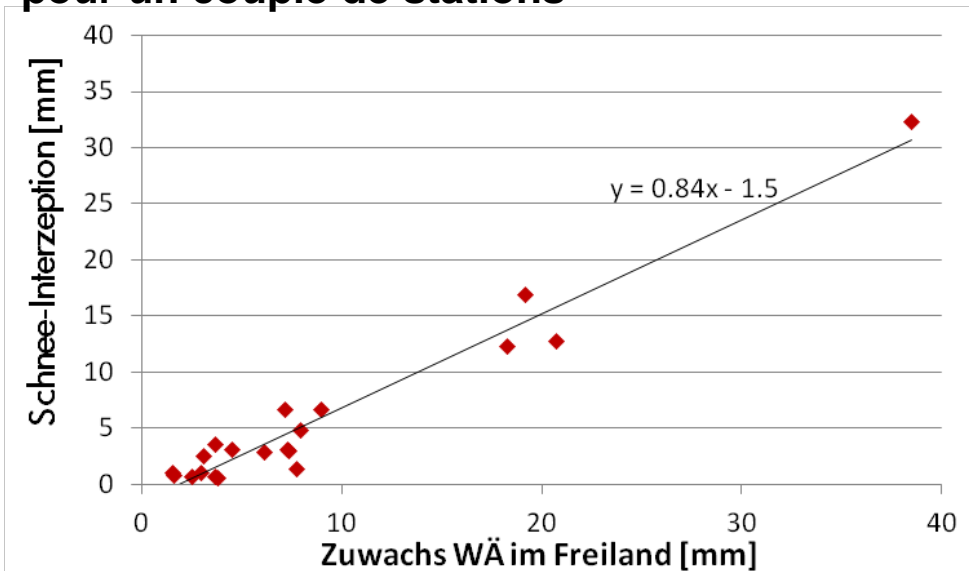


L'interception de la neige

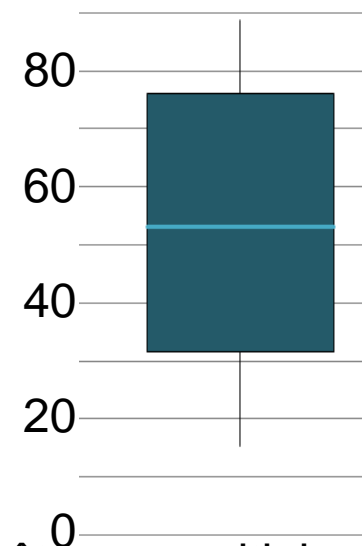
L'interception de la neige par évènement (pas de temps journalier) :

- L'interception de la neige calculée : « accroissement pleins champs » - « accroissement sous couvert forestier »
- Seule la phase de l'accumulation est évaluée.

L'interception de la neige absolue par évènement [mm] pour un couple de stations



L'interception de la neige relative par évènement pour l'ensemble des couples de stations et des évènements [%]



- ➔ L'interception de la neige (spécifique à un évènement) peut être un multiple du maximum de l'interception de la pluie d'environ 2 mm (simulé par LARSIM)
- ➔ Pourcentage de l'interception de la neige par rapport aux précipitations totales ~50%

L'interception de la neige

Conclusions :

- LARSIM ne prend pas suffisamment en compte l'interception (de la pluie) pour représenter d'une manière adéquate l'effet de l'interception de la neige.
- L'interception de la neige influe significativement sur la dynamique nivale des sites forestiers
- Les données disponibles ne permettent guère de procéder à une différenciation plus précise des processus de sublimation, de glissement, d'égouttement etc..

Suites à donner / recommandations :

- Proposer une stratégie praticable sur la base des données évaluées et des modèles présentés au public
- Concerter les résultats, la pertinence et les priorités de LARSIM-communauté des développeurs
- Eventuellement implémenter et valider la stratégie sur la base des données disponibles et d'autres modèles LARSIM

Résumé

Les aspects considérés dans la modélisation de la neige avec LARSIM

Méthodes existantes :

- Analyse / Validation
- Amélioration

Méthodes supplémentaires :

- Pertinence
- Adapter à LARSIM

La méthode Bertle

de compaction du manteau neigeux

Le bilan énergétique
du manteau neigeux
sous couvert forestier

L'interception
et la sublimation par
les couronnes d'arbres

**Le mélange pluie-
neige** dans la formation
du manteau neigeux

Analyse

à l'aide des données de mesure Rain-on-Snow
de l'Université de Fribourg (Dr. Pohl)

Stratégie
de simplification

Stratégie pour l'amélioration voire la nouvelle
intégration dans LARSIM

Stratégie
de mise en œuvre

Option SNOW-
COMPACTION 3

implémentée dans **LARSIM**

?

Option SCHNEEREGEN (pluie
neigeuse)
implémentée dans **LARSIM**

Résumé

L'option SCHNEEREGEN (pluie neigeuse) :

- Application recommandée
- Recommandations :
 - $T_{spann_Sr} \sim 4 \text{ °C}$
 - T_{mit_Sr} est inférieur d'un degré à l'ancienne T_{Gr}
- Le fait problématique que T_{Gr} / T_{spann_Sr} est variable dans le temps persiste.

L'option SNOW-COMPACTION 3 :

- Application recommandée
- Développements futurs sur la base de SNOW-COMPACTION 3 (cette dernière ayant sensiblement été simplifiée)
- SNOW-COMPACTION 3 = Condition préalable à l'ajustement de l'état de la neige (degré de maturité, début du dégagement d'eau)

Résumé

Le bilan énergétique sous couvert forestier :

- L'approche implémentée dans LARSIM est généralement appropriée.
- Proposition : Permettre la gestion des fonctions via les paramètres individuels
 - Améliorer le paramétrage de F_{Wind} sous couvert résineux
 - Compatibilité avec les LANU.PAR divers
(désenchevêtrer le calcul de l'évaporation)
- Concertation au sein de la communauté des développeurs de LARSIM et au sein du sous-groupe de travail Neige

L'interception de la neige :

- L'interception de la pluie par LARSIM est insuffisante pour l'interception de la neige
- L'interception (et la sublimation) de la neige sont significatives pour la dynamique nivale des sites forestiers
- Proposer une stratégie praticable
- Concertation au sein de la communauté des développeurs de LARSIM et au sein du sous-groupe de travail Neige

Avec nos remerciements particuliers au Docteur S. Pohl
(Université de Fribourg) pour la mise à disposition des données
nivométriques.

MERCI pour votre attention!

DANKE für ihre Aufmerksamkeit!