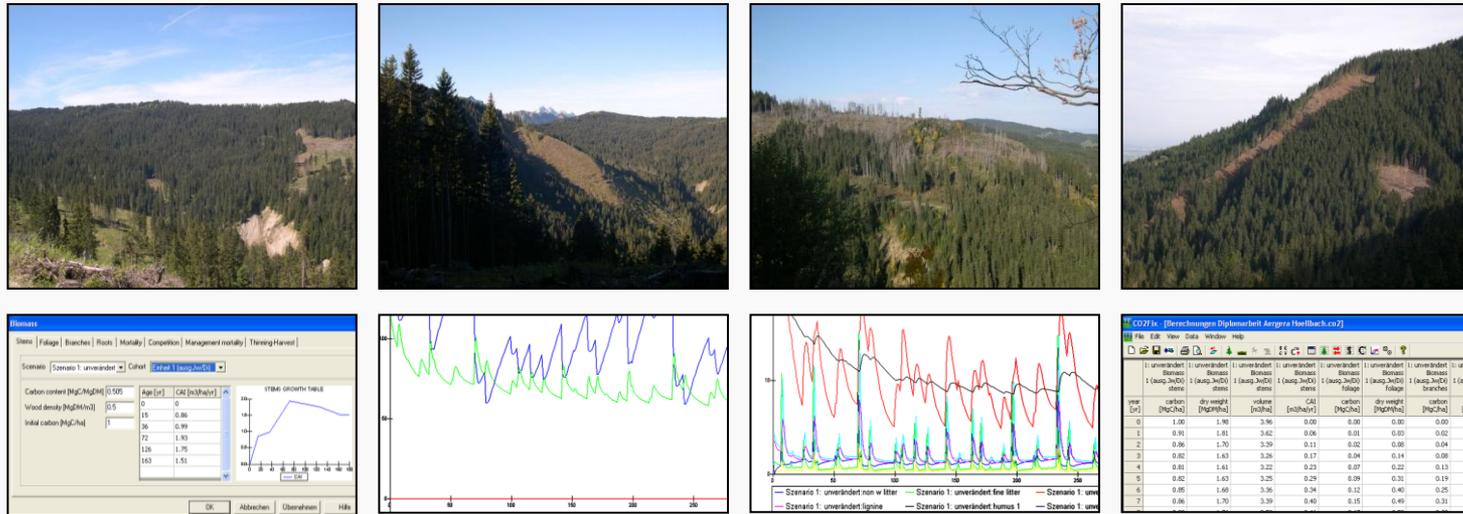


## Ressort écologie forestière

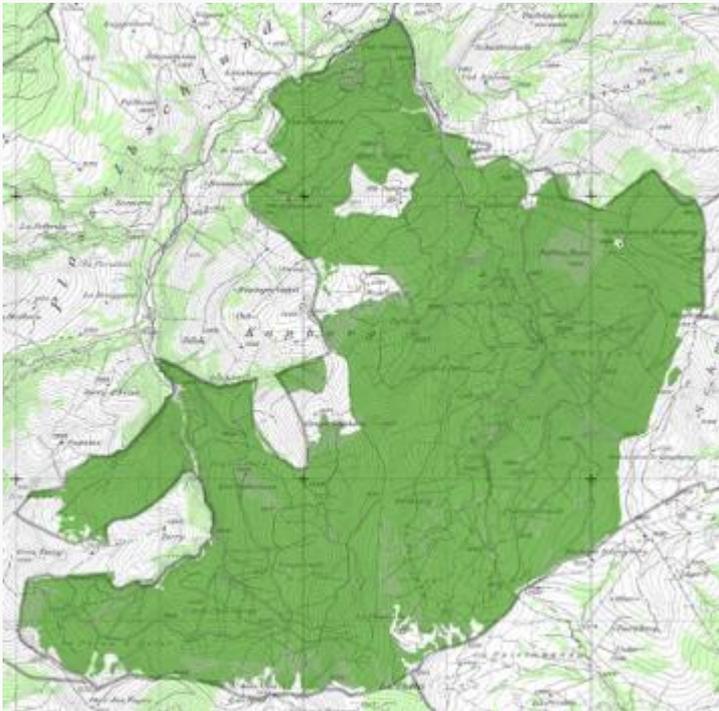
# Modélisation du CO<sub>2</sub> dans les forêts suisses deux exemples de cas et méthodologie



Urs Mühlethaler, professeur en gestion des écosystèmes forestiers

## Deux exemples de cas

### a) Forêt domaniale Höllbach-Aergera à Plasselb (FR)



Restaurant Fallihölli 1995

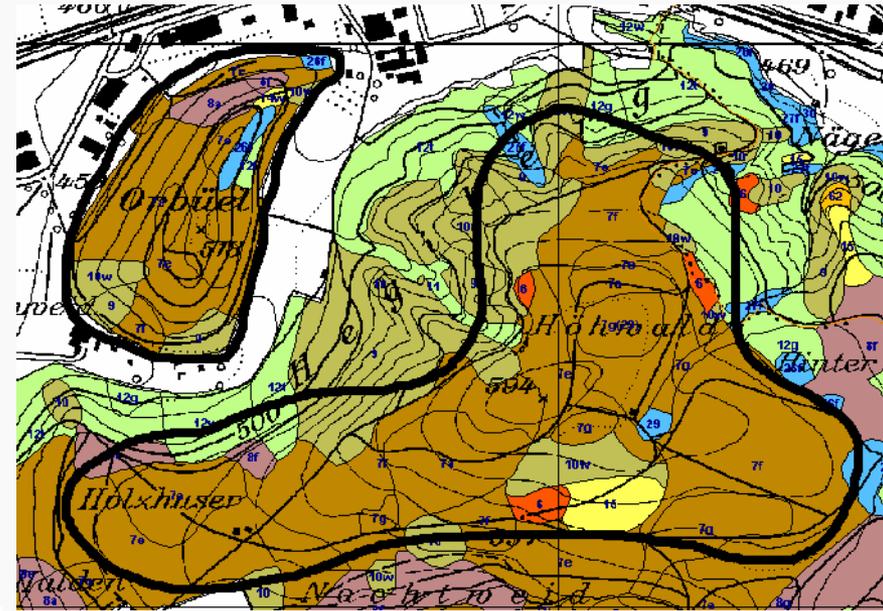
Surface forêts	1'071 ha
Proportion résineux	98% (épicéas)
Volume sur pied	371 sv ha <sup>-1</sup>
Possibilité	6.5 sv ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Nombre de collaborateurs	7

## Deux exemples de cas

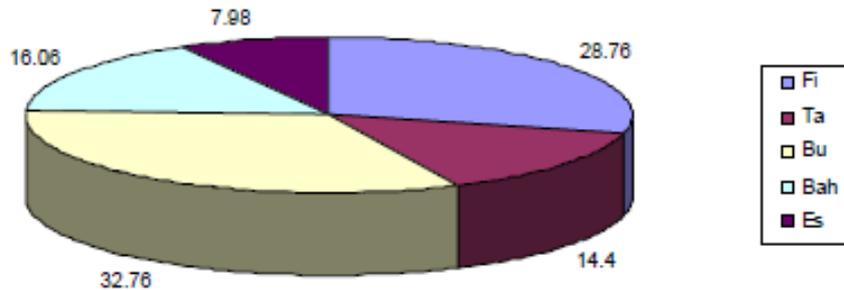
### b) Forêt domaniale Hegi-Töss à Winterthur (ZH)

50 ha de forêts mixtes  
(de 240 ha au total)

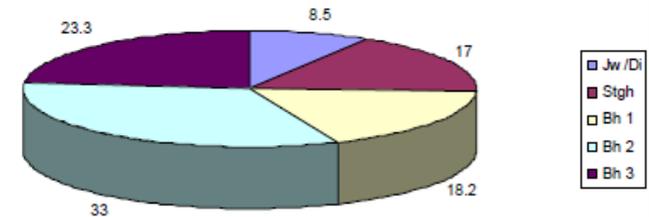
9.7 sv/ha possibilité



Proportion des essences [%]



Proportion des stades de développement [%]



## Principaux résultats...

(Brügger 2006 et Ricci 2007)

### ...issus des études de cas Höllbach-Aergera (FR) et Hegi-Töss (ZH)

1. Le modèle CO<sub>2</sub>-FIX permet de donner des renseignements plausibles pour un périmètre forestier précis.
2. L'intensité de l'exploitation forestière ainsi que la période de délimitation influencent le taux de puits de carbone des forêts.
3. Une exploitation plus intense est envisageable sans problème dans les cas étudiés, pouvant toujours servir de puits de carbone.
4. La réserve de carbone au sol peut augmenter avec une exploitation plus intensive.
5. L'option « Renoncer à l'exploitation pour accroître le stock de CO<sub>2</sub> » n'est rentable qu'avec des revenus nets bas de la vente du bois et une rémunération CO<sub>2</sub> généreuse pour les propriétaires forestiers.
6. La couverture des risques pour les exploitations forestières reste ouverte, si un propriétaire forestier se trouve sous contrat « puits de carbone ».
7. Du point de vue de l'économie nationale, le meilleur bilan CO<sub>2</sub> est donné par une gestion des forêts soutenue et en tenant compte de l'effet de substitution par les produits en bois. Ce n'est pas le propriétaire forestier qui en profite, mais l'économie en général!

## Objectifs de la modélisation

- Tirer un **bilan de puits de carbone** de la **biomasse** et dans le **sol**, en utilisant les données connues issues des inventaires forestiers.
- Estimer **l'évolution du bilan CO<sub>2</sub>** à moyen et à long terme, en définissant des **concepts d'exploitation** et en utilisant les **paramètres de croissance**.
- **Comparer les scénarios** avec des concepts d'exploitations divers.
- Valider les options en considérant l'**aspect monétaire**.

→ **Créer une base de décision pour les gestionnaires de forêts :**

??? **Renoncer à l'exploitation; créer des réserves totales ?**

??? **Forcer l'exploitation ?**

??? **Optimiser le stock de carbone en limitant l'exploitation ?**

??? **Concept par étapes d'interventions ?**

# Modèles et réalité



Réalisé en 5 minutes, mais...



# CO2-FIX – un modèle de bilans pour peuplements

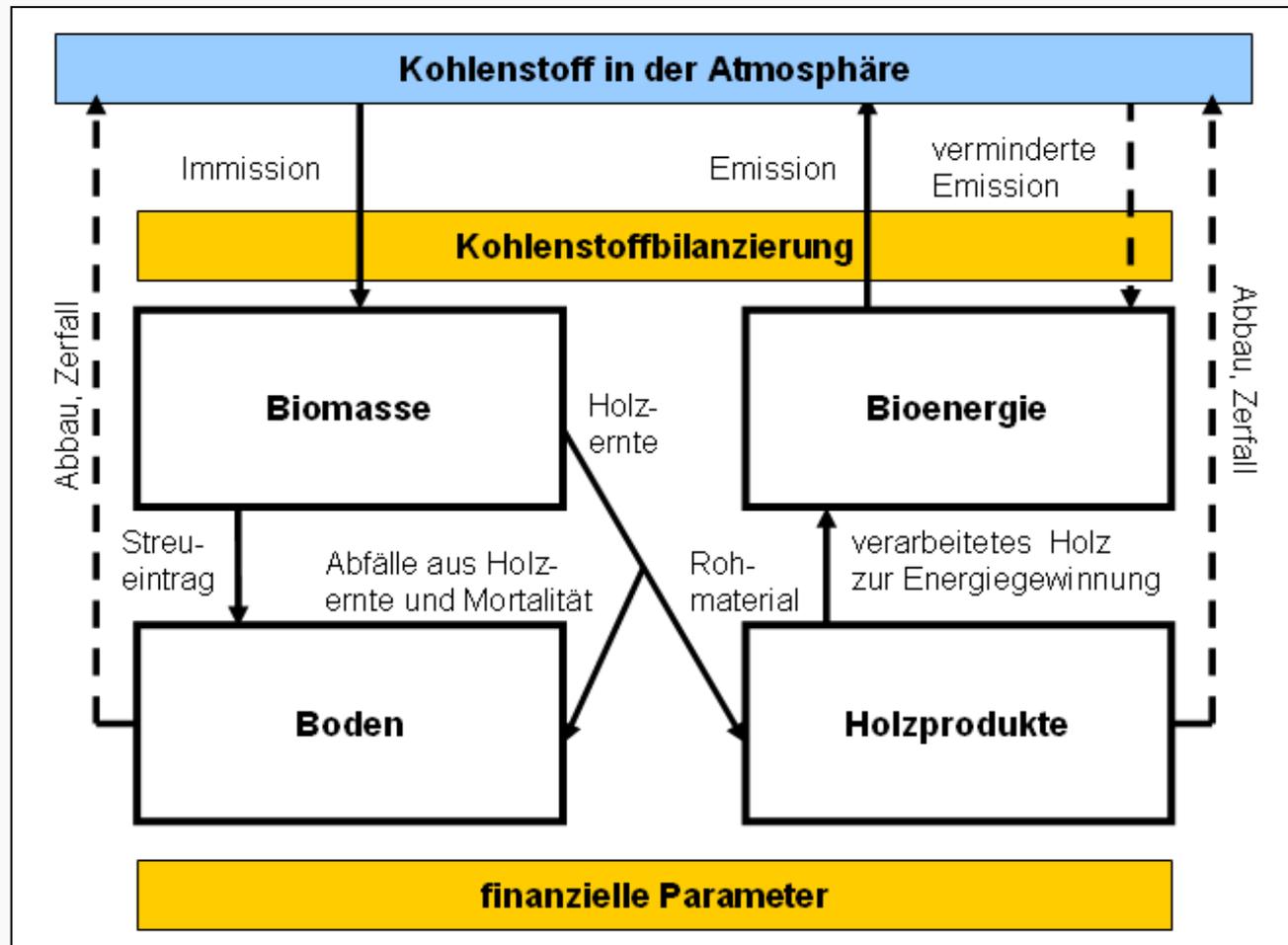
- ✓ Quantifier les stocks et flux de carbone dans la biomasse, au sol et dans le bois utilisé
- ✓ Intégration différenciée de paramètres et processus importants pour un écosystème forestier (p.ex. mortalité naturelle et suite à une coupe de bois)
- ✓ Composition modulaire du logiciel sur base d'Excel
- ✓ Calcul et comparaison de scénarios
- ✓ Impression de graphiques et tableaux; exportation possible des données
- ✓ Manuel détaillé en anglais, avec exemples et aides dans le choix
- ✓ Programmé par la communauté internationale de recherche CASFOR à Wageningen, Patzcuaro, Turrialba, Joensuu (2004)
- ✓ A télécharger gratuitement sous <http://www.efi.int/projects/casfor/models.htm>



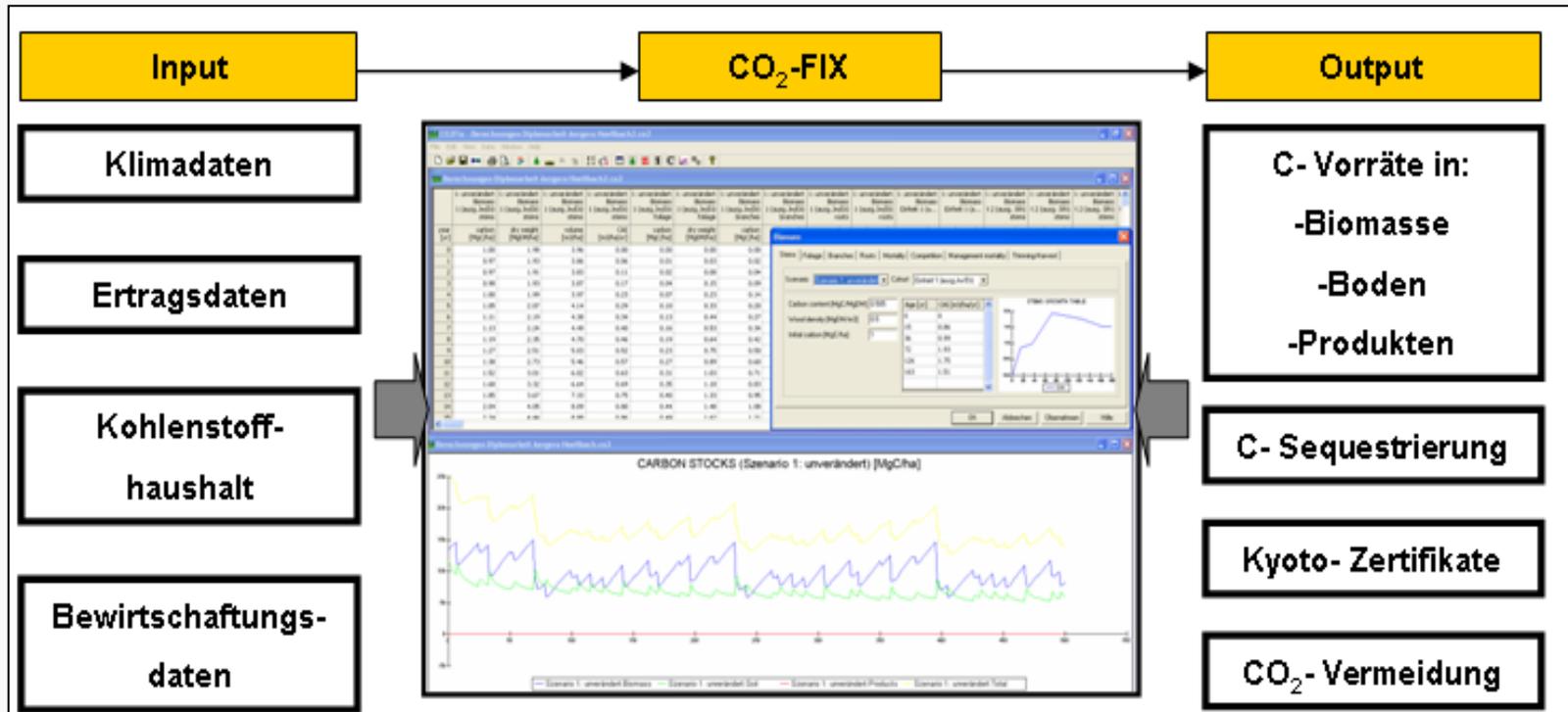
## Ce qui n'est pas possible avec CO2-FIX – ou seulement en investissant beaucoup de temps :

- ❖ Garantir que les calculs correspondent aux valeurs effectives mesurées
- ❖ Simuler en détail des situations complexes, par exemple des forêts mixtes avec des interventions sylvicoles très fines
- ❖ Simuler les incidents périodiques
- ❖ Etablir un bilan national, à partir des études de cas au niveau de peuplements ou triages forestiers
- ❖ Générer des directives d'action pour les propriétaires forestiers ou les autorités

# Structure et fonctionnement du modèle CO2-FIX



# Input - output de CO<sub>2</sub>-FIX



## Données utilisées pour la programmation de CO2-FIX

Données sur l'accroissement et le rendement (y.c. âge des peuplements, mortalité, concurrence)

Proportions des surfaces par stade de développement et par essence

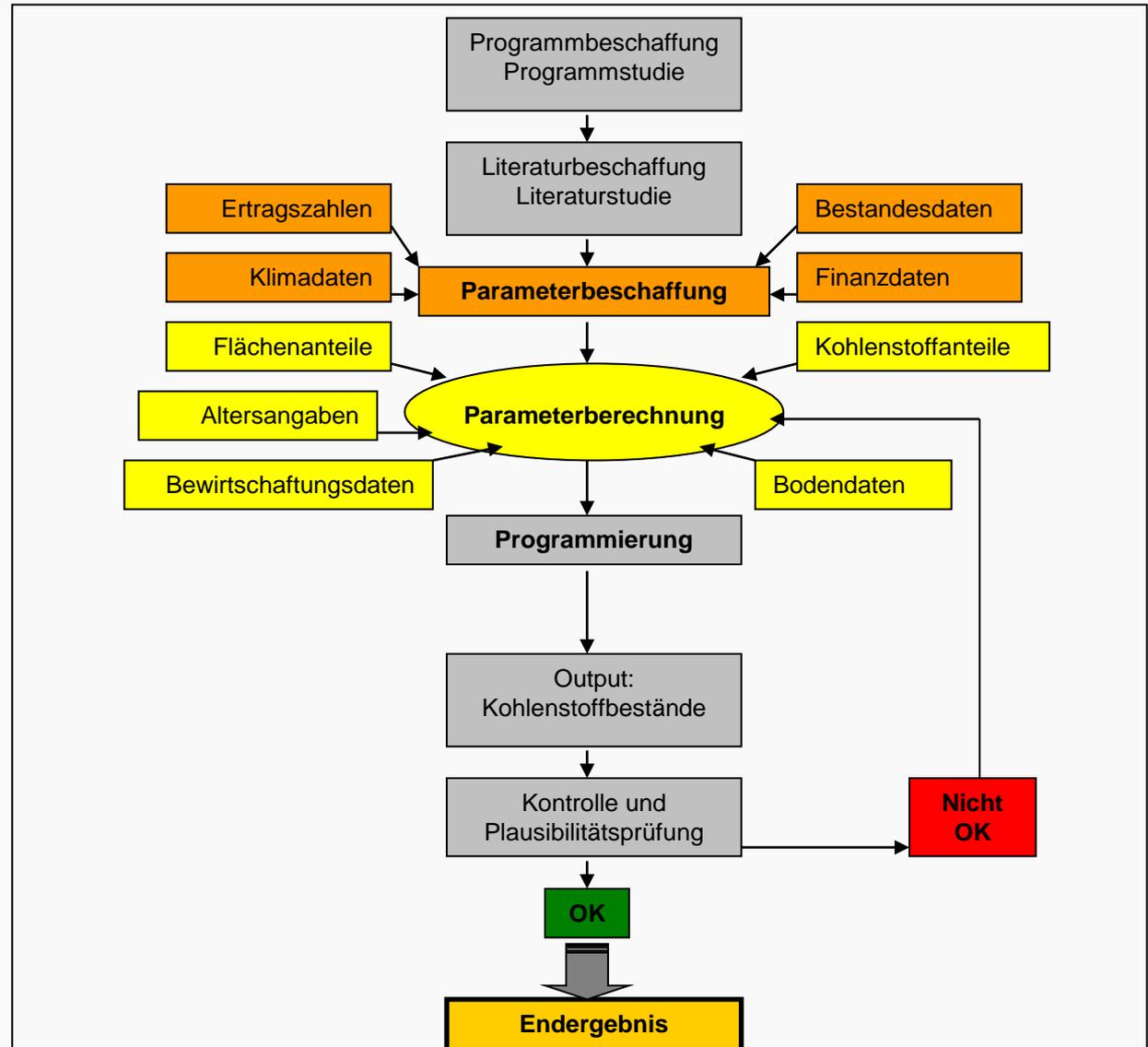
Teneur spécifique en C dans le bois, les aiguilles, les branches et les racines

Données sur le type de sol

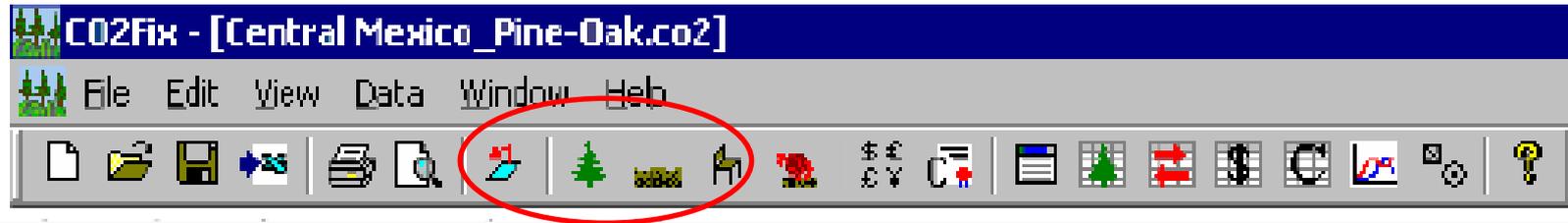
Données sur le climat

Paramètres financiers

# Méthodologie et procédure



# Exemple d'utilisation de CO2-FIX



## Paramètres généraux:

- scénarios, cohortes, laps de temps pour la simulation, bilan avec/sans les produits de bois et l'énergie du bois

## Biomasse

- bois d'œuvre, accroissement, feuilles, branches, racines, mortalité naturelle et après les coupes, concurrence, éclaircies et coupe finale

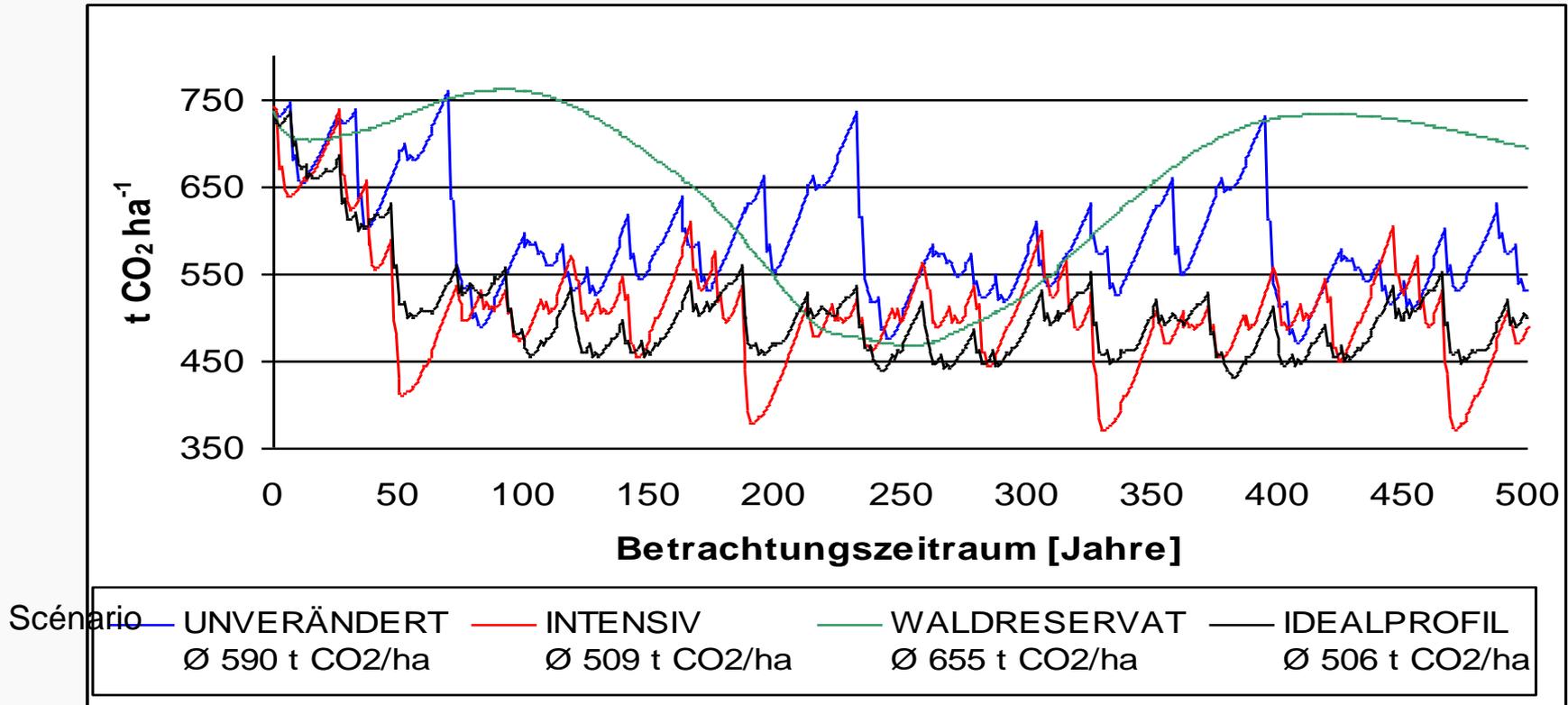
## Sol

- température et précipitations, valeur initiale du carbone au sol

## Produits

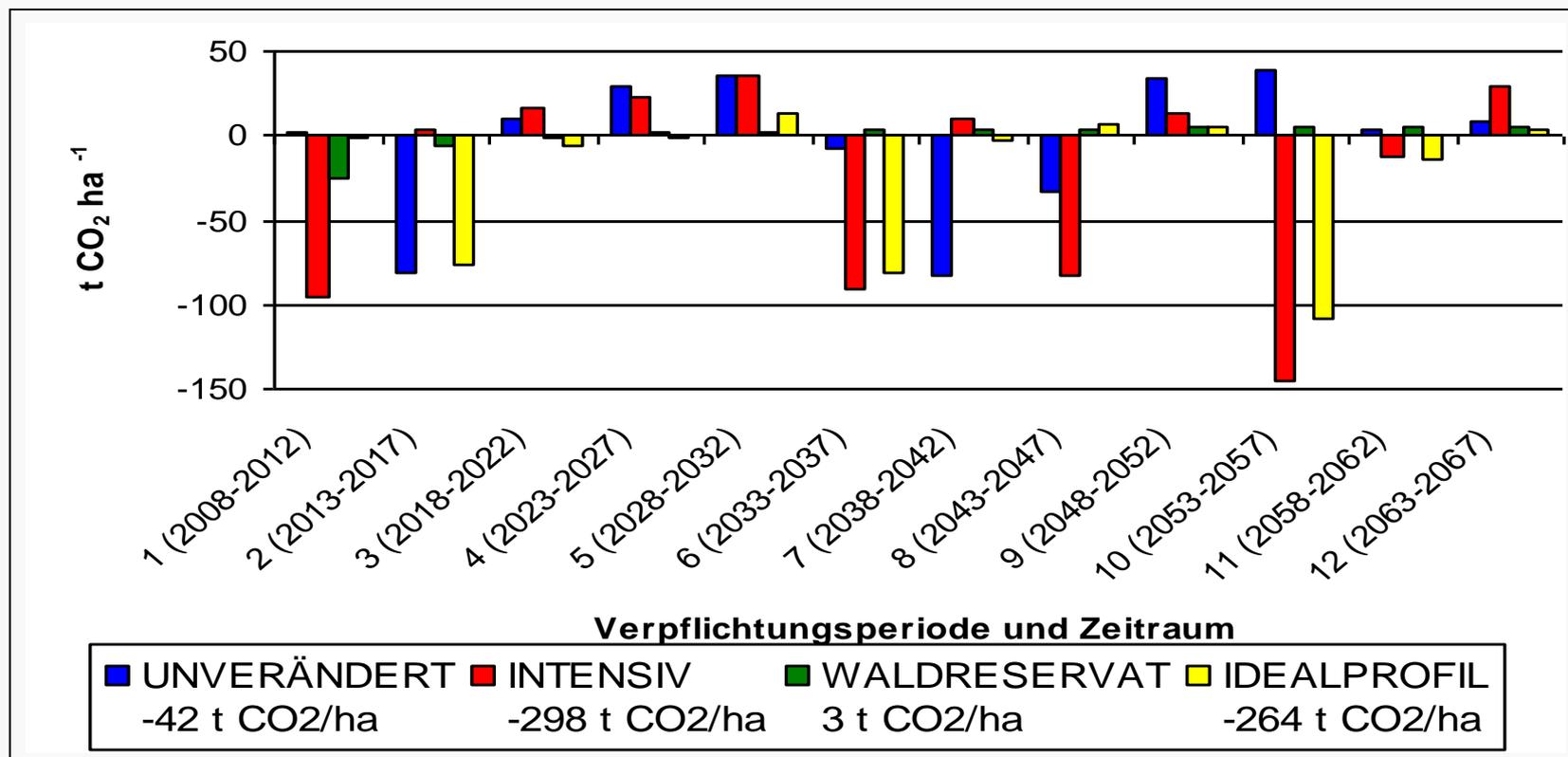
- genres de produits, utilisation finale, recyclage et durée de vie

## Résultats exemplaires des études de cas



Etude de cas FR: variation du stock de CO<sub>2</sub> pour 500 ans

## Résultats FR II: Puits CO<sub>2</sub>



Changement du stock de CO<sub>2</sub> pour les 4 scénarios et pendant 12 périodes de décompte (= 60 ans)

## Résultats FR III: mise en valeur monétaire

Durée	Vision	Unité	INCHANGE	INTENSIF	RESERVE NATURELLE	PROFIL IDEAL
2008-2067	<b>Total 60 ans</b>	CHF/h a	<b>-630</b>	<b>-4470</b>	<b>48</b>	<b>-3960</b>
	Ø 5 ans	CHF/h a	<b>-52.5</b>	<b>-372.5</b>	<b>4</b>	<b>-330</b>

2068-2127	<b>Total 60 ans</b>	CHF/h a	<b>-2625</b>	<b>1395</b>	<b>-30</b>	<b>1005</b>
	Ø 5 ans	CHF/h a	<b>-219</b>	<b>116</b>	<b>-2.5</b>	<b>84</b>

### Vente potentielle de certificats CO<sub>2</sub>: comparaison du revenu net par scénario (estimation: EUR 16.30.-- par t CO<sub>2</sub>)

Pour information: l'exploitation du bois (récolte, mise à disposition et vente) coûte environ 75 CHF m<sup>-3</sup>; il suffit d'obtenir une recette de 76 CHF m<sup>-3</sup> en moyenne pour atteindre un meilleur résultat.

## Exemple de cas avec forêt mixte (ZH)

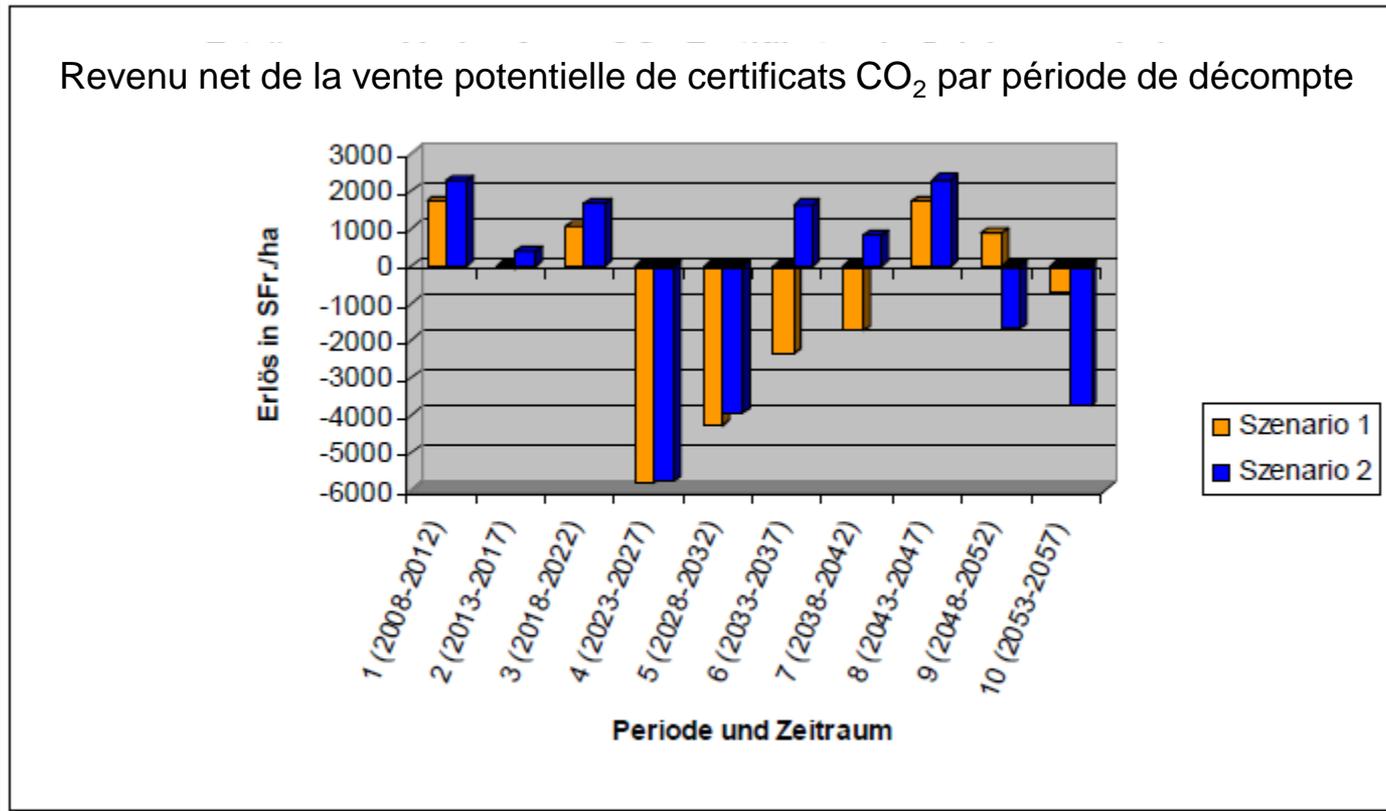


Abb. 18: Monetäre Bewertung der Nettosenkenleistung aus der Biomasse je Szenario und Verpflichtungsperiode

Scénario 1: exploitation annuelle inchangée ( $\geq$  possibilité)

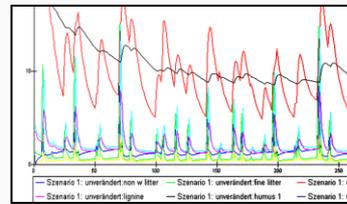
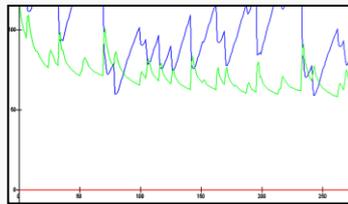
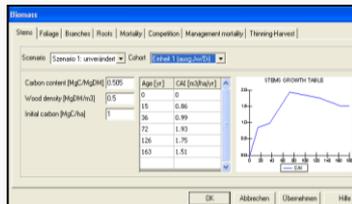
Scénario 2: réduction du volume exploité -40%

# Conclusions

- L'analyse d'une seule période de décompte (2008-2012) mène à des conclusions fausses; la simulation doit porter sur une période contractuelle entière ( $\geq 50$  ans?).
- Dans les deux cas étudiés, une mise sous contrat CO<sub>2</sub> ne peut pas être recommandée, vu que le bilan pour toute la période reste négatif.
- Pour l'exemple I (FR), une nouvelle option peut être intéressante: exploitation intensive pendant 10 à 15 ans sans contrat CO<sub>2</sub> avec coupes de rajeunissement dans les vieilles futaies d'épicéas, et ensuite réévaluer l'option de la mise sous contrat.
- Pour l'exemple II (ZH), c'est le contraire: une sylviculture très fine, combinée à une augmentation du volume sur pied pourrait permettre d'accroître le gain en se soumettant au régime CO<sub>2</sub>; attention à la période critique 2023–2037.
- Le stockage de C au sol réduit l'effet négatif des coupes; il faut en tenir compte lors des calculs généraux.
- Les modèles simples mènent à des injustices, les modèles différenciés exigent beaucoup de travail et les mensurations sur places sont impayables !

## Ressort écologie forestière

# Merci bien ! Vos questions ?



**CO2 flux** [Scenario: Biomasse DigitalerForst | Ansgara Theilacker, et al.]

year	carbon [MgC/ha]	dy weight [MgC/ha/yr]	volume [m <sup>3</sup> /ha]	CMF [MgC/ha/yr]	carbon [MgC/ha]	dy weight [MgC/ha/yr]	carbon [MgC/ha]
0	1.00	1.90	3.96	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.91	1.81	3.62	0.06	0.01	0.03	0.02
2	0.86	1.70	3.39	0.11	0.02	0.08	0.04
3	0.82	1.63	3.26	0.17	0.04	0.14	0.08
4	0.81	1.61	3.22	0.23	0.07	0.22	0.13
5	0.82	1.63	3.25	0.29	0.09	0.31	0.19
6	0.85	1.68	3.36	0.34	0.12	0.40	0.25
7	0.86	1.70	3.39	0.40	0.15	0.49	0.33

Contact [urs.muehlethaler@shl.bfh.ch](mailto:urs.muehlethaler@shl.bfh.ch)