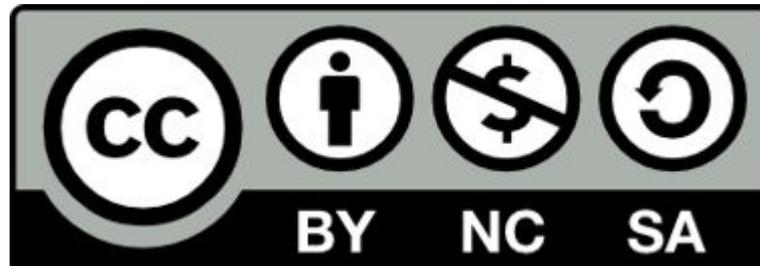


Ce document est autorisé sous la Licence CC BY-NC-SA 4.0.

Pour obtenir une copie de cette License, veuillez consulter :

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Pour les document traduits, nous vous suggérons de donner credit à l'auteur(s) original(s) et au(x) traducteur(s).



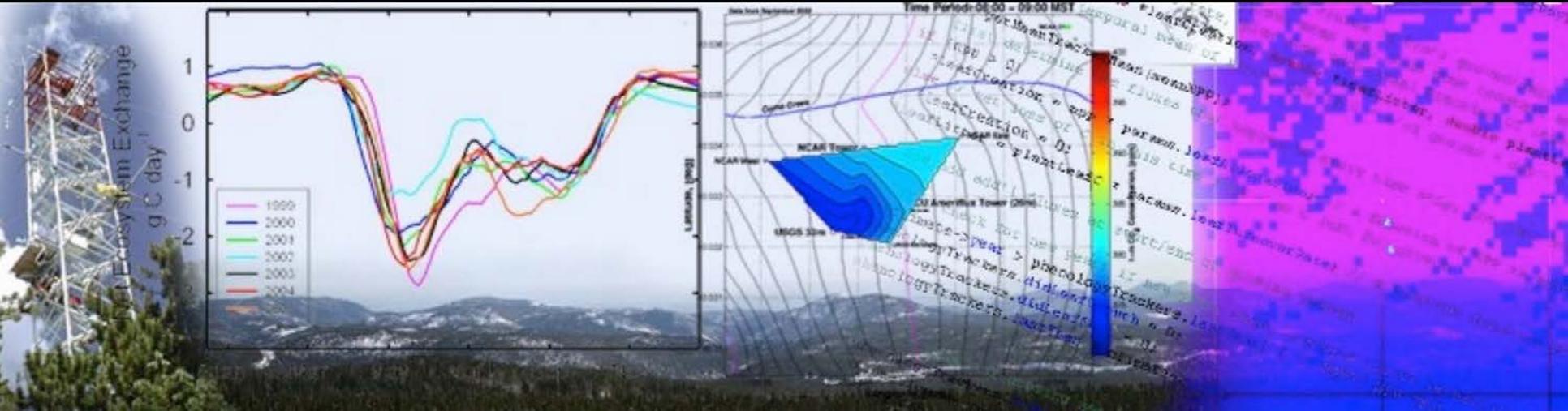


Assimilation de données des Écosystèmes Végétalisés

Dave Moore

Université d'Arizona, École des ressources naturelles et de l'environnement

davidjpmoore@email.arizona.edu



Très brièvement

COMMENT CRÉER UN SYSTÈME D'ASSIMILATION DE DONNÉES



Vous aurez besoin de...

- **Un modèle** (aujourd'hui on peut utiliser SIPNET)
 - Le modèle doit estimer le type de données que vous souhaitez assimiler.
 - Il doit également être adapté au système
- **Les données** (estimer l'INCERTITUDE !)
 - Les données peuvent être n'importe quelles données (aujourd'hui nous limiterons aux données de flux principalement)
- **Un estimateur** (une fonction « coût » itérative)
 - Une façon de trouver «l'ensemble de paramètres optimaux»



N'oubliez pas l'acronyme !

- **A**ssimilation **N** du Filtre de **K**alman pour la **R**espiration du so**U**s-bois (ANKUR)
- **M**odèle **I**nteractif de **K**alman (KIM)
- **E**stimateur de **K**alman **I**nitiié par **M**ontecarlo (MIKE)
- **A**ssimilation des **D**onnées de fixation **N** de l'**A**zote par ass**I**milati**o**n du **C**arbone (DANICA)
- **S**écheresse **A**nnuelle en temps réel sur les zo**N**es humi**D**es Expérimentales (ANDREW)

- **A**ssimilation de **D**onnées des **E**cosystèmes **V**égétalisés (DAVE)
- **D**émographie des **E**cosystèmes (ED)
- **É**vaporation **T**hermique **A**léatoire de la **V**égétation (TREV)



Quelques exemples d'application de l'assimilation de données qui illustrent certains pièges pour aborder certaines questions scientifiques

1. Optimisation des flux
2. Estimation inverse des paramètres
3. Utilisation d'un modèle optimisé pour tester la structure du modèle (grandes hypothèses)



Modèles d'écosystèmes

Tous les modèles sont faux

(mais certains d'entre eux sont utiles)

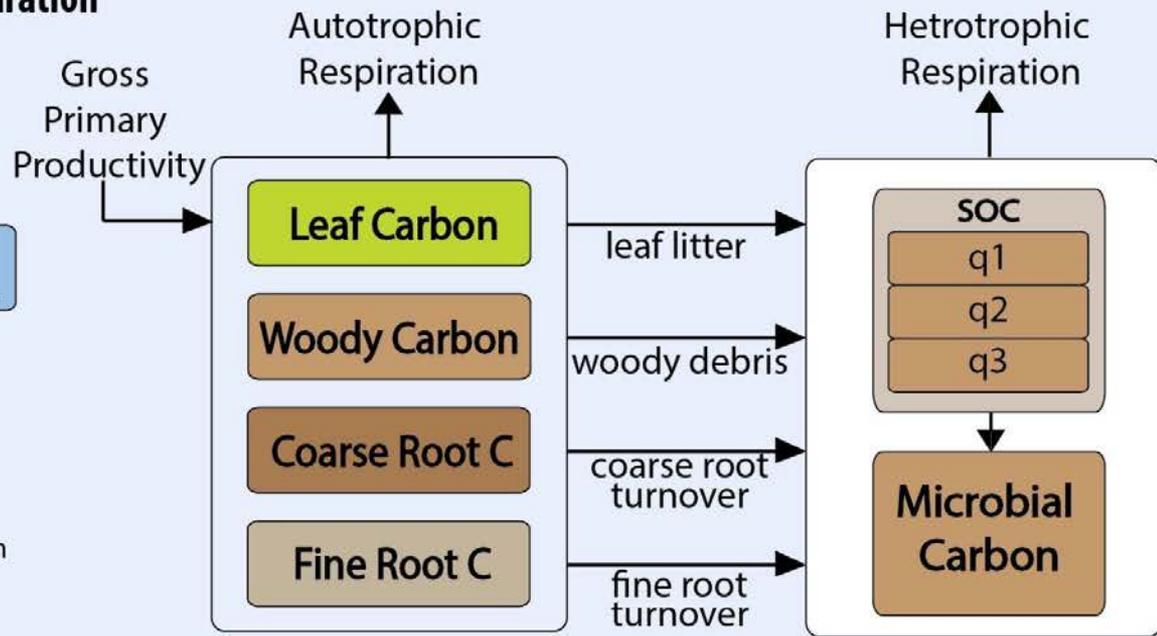
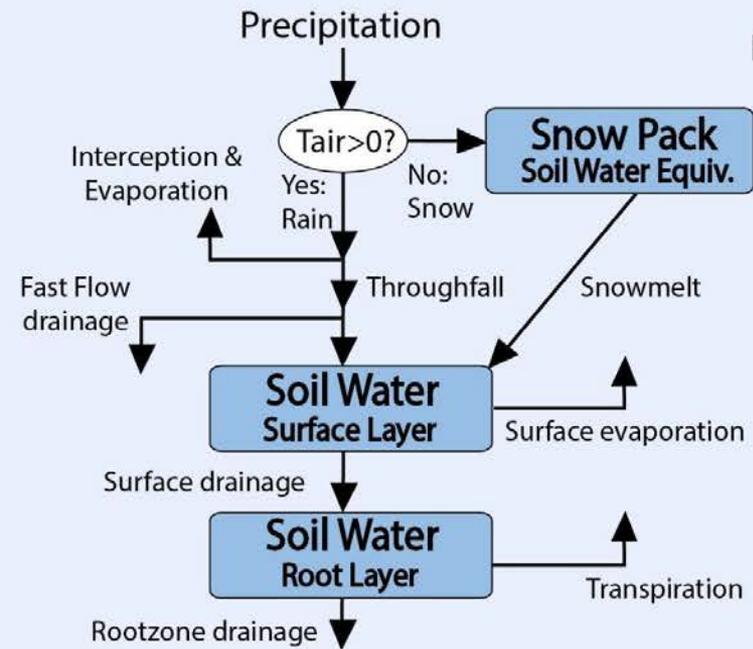


Quel type de modèle serait utile ?

- J'aime que le modèle soit basé sur les processus
 - Nous pouvons donc apprendre de nos échecs et essayer de prédire
- Doit être simple pour éviter le surajustement
 - Peu de paramètres
 - Fonctionne également rapidement !
- Nécessite de calculer les données que vous souhaitez assimiler
 - Nous pouvons ainsi comparer directement les données à la sortie du modèle
- Doit être guidé par des variables climatiques facilement mesurables
 - Si vous souhaitez l'utiliser sur tous les sites de flux



The Simplified Photosynthesis and EvapoTranspiration (SIPNET) data assimilation system



Photosynthèse :

$f(C \text{ foliaire}, T_{air}, VPD, PAR, \text{humidité du sol})$

Respiration autotrophe :

$f(\text{Plante C}, T_{air})$

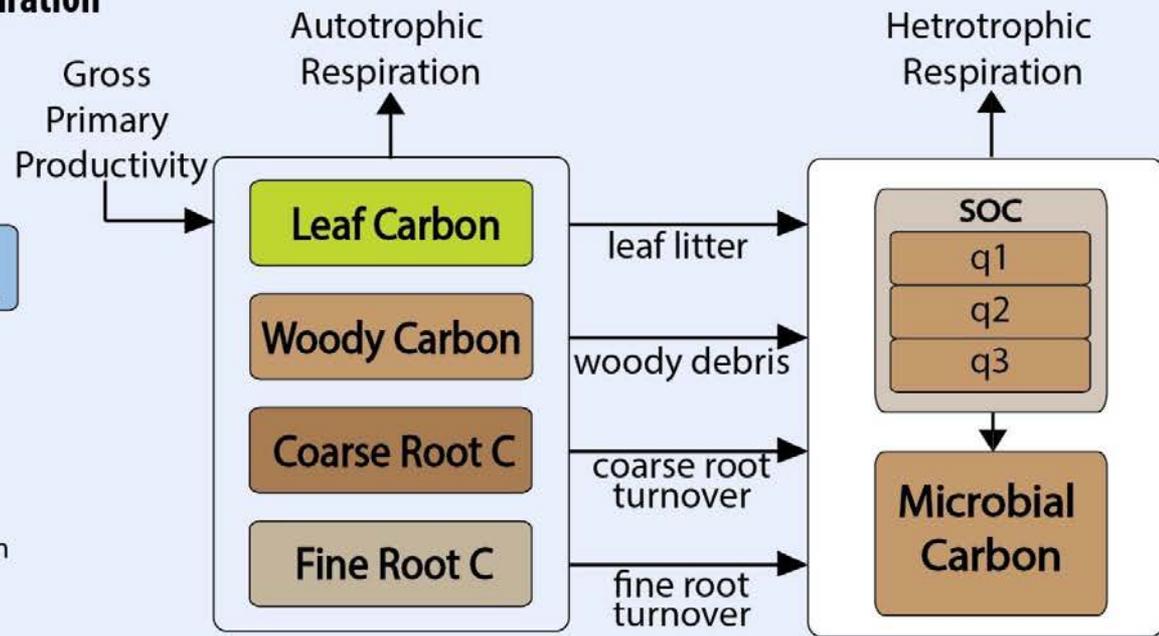
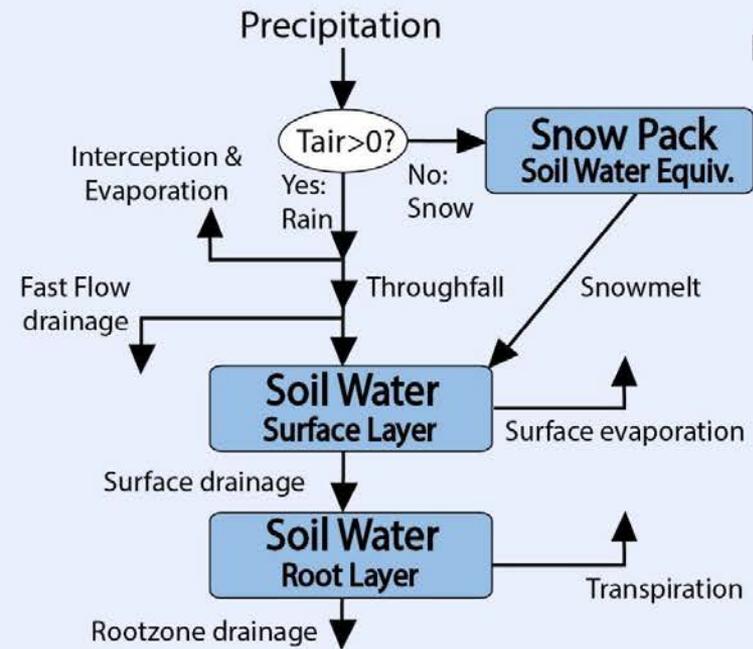
Respiration hétérotrophe :

$f(C \text{ du sol}, T_{sol}, \text{Humidité du sol})$

- Pas de temps bi-journalier (jour et nuit)
- Objectif : garder le modèle aussi simple que possible



The Simplified Photosynthesis and EvapoTranspiration (SIPNET) data assimilation system



Piloté par 8 variables climatiques

- (1) température moyenne de l'air,
- (2) température moyenne du sol
- (3) Précipitation
- (4) PAR

(5) pression de vapeur atmosphérique

(6) déficit de pression de vapeur atmosphérique

(7) déficit de pression de vapeur entre le sol et l'atmosphère

(8) vitesse du vent

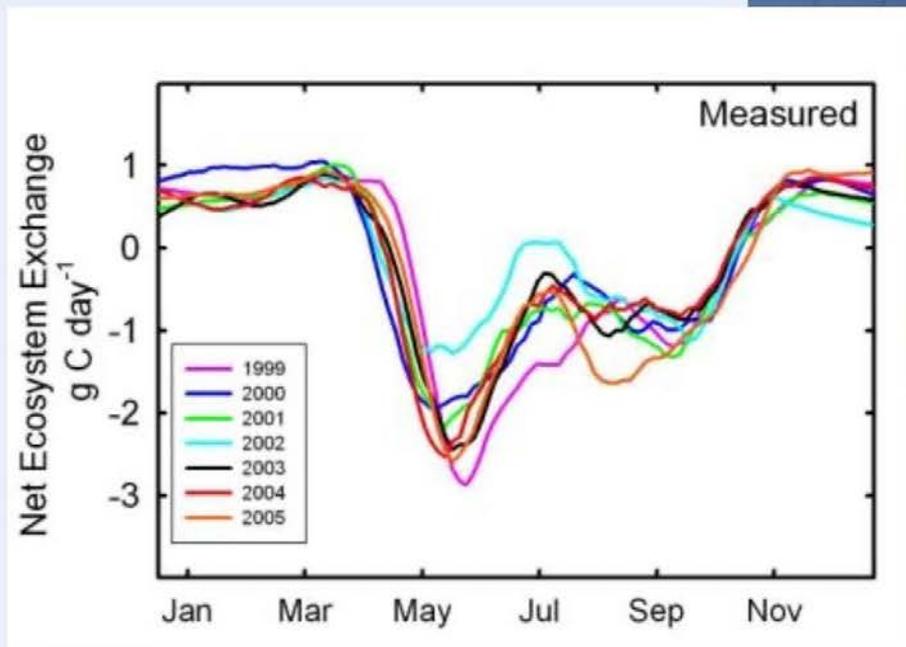
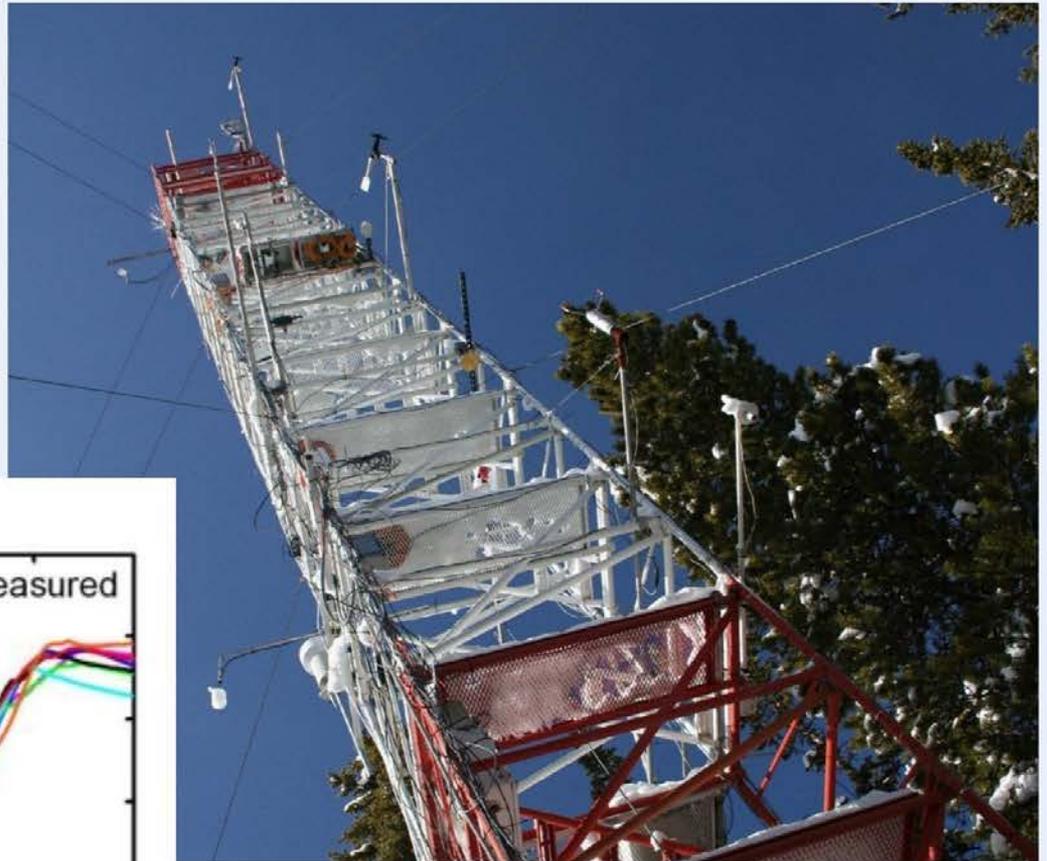


Section 1

OPTIMISER LES FLUX



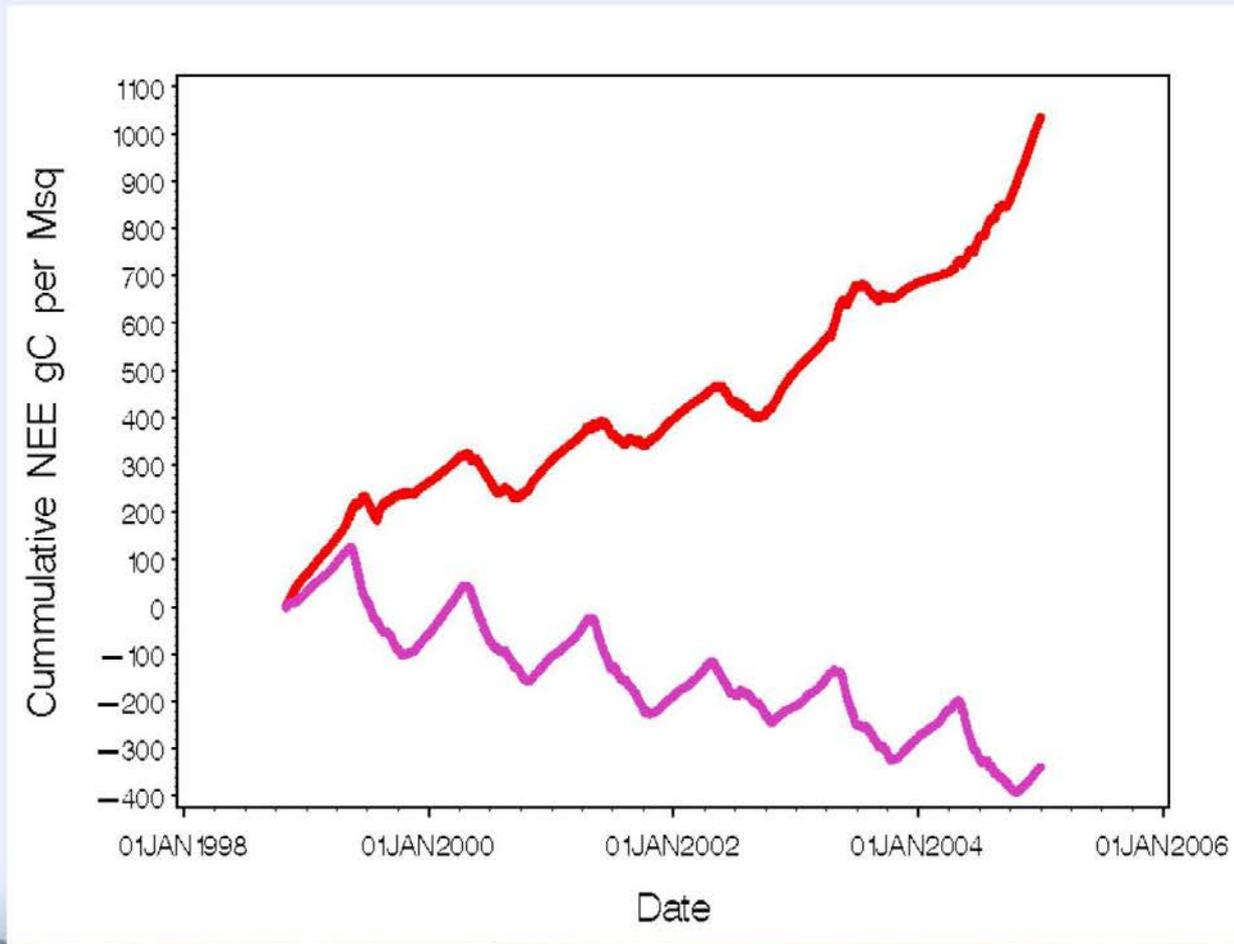
Niwot Ridge, Colorado



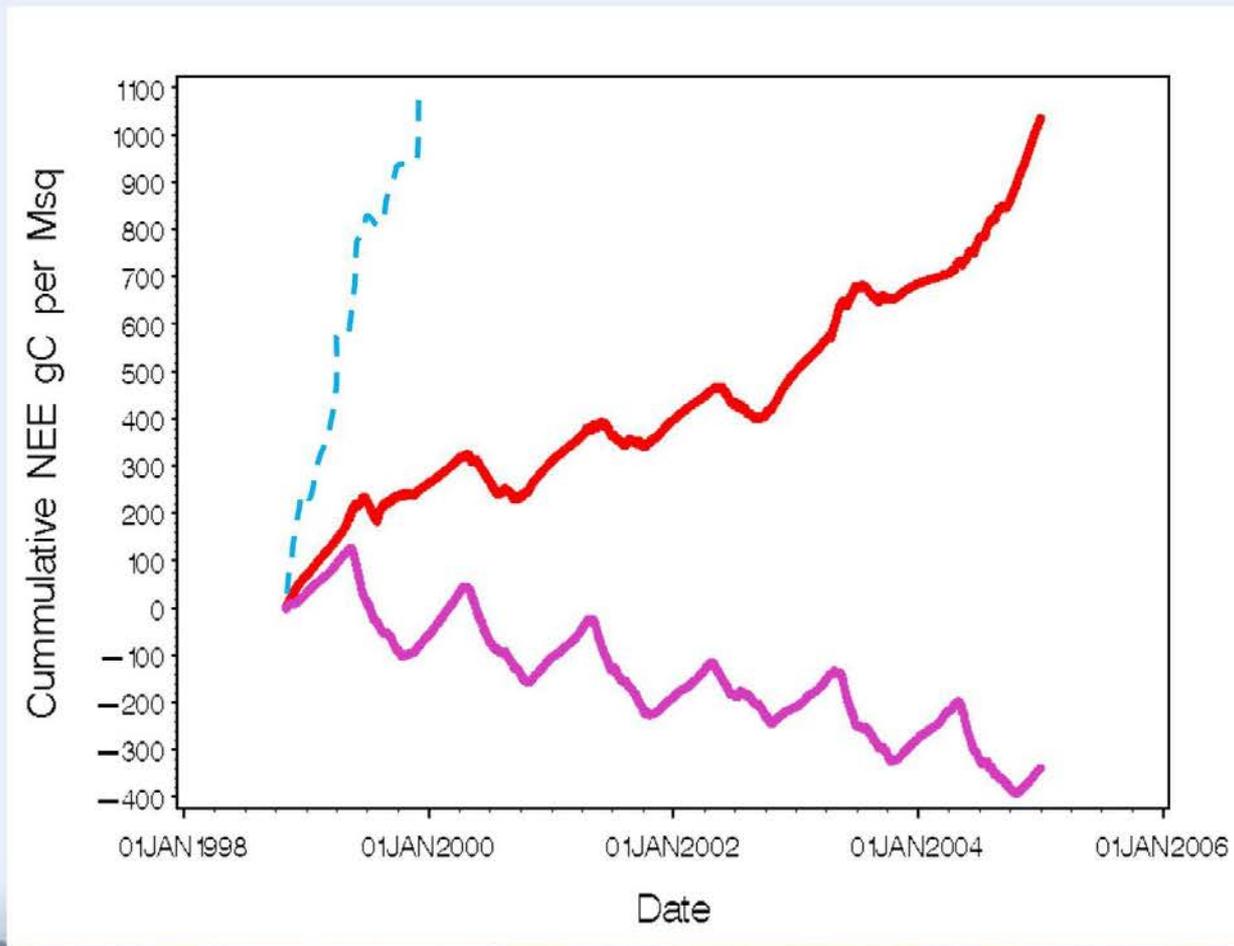
Paramétrisation*

- Premiers paramètres à supposer
 - Travail de terrain assidu
 - De longues heures de travail sur le terrain
 - Travail de devinettes—
 - Sagesse tirée d'une longue expérience de travail sur un chantier

Graphique de sortie de SIPNET par défaut pour des flux observés



Graphique de sortie SIPNET par défaut plus flux observés



Pour référence – un Audi V8

SIPNET à Niwot Ridge

QUE SE PASSE-T-IL LORSQUE NOUS
ASSIMILONS **LES ESTIMATIONS NEE**
DE LA TOUR ?



L'erreur de données du modèle est définie en termes de vraisemblance (L), et minimiser cette erreur revient à maximiser la vraisemblance :

$$L = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x_i - \mu_i)^2}{2\sigma^2}}$$

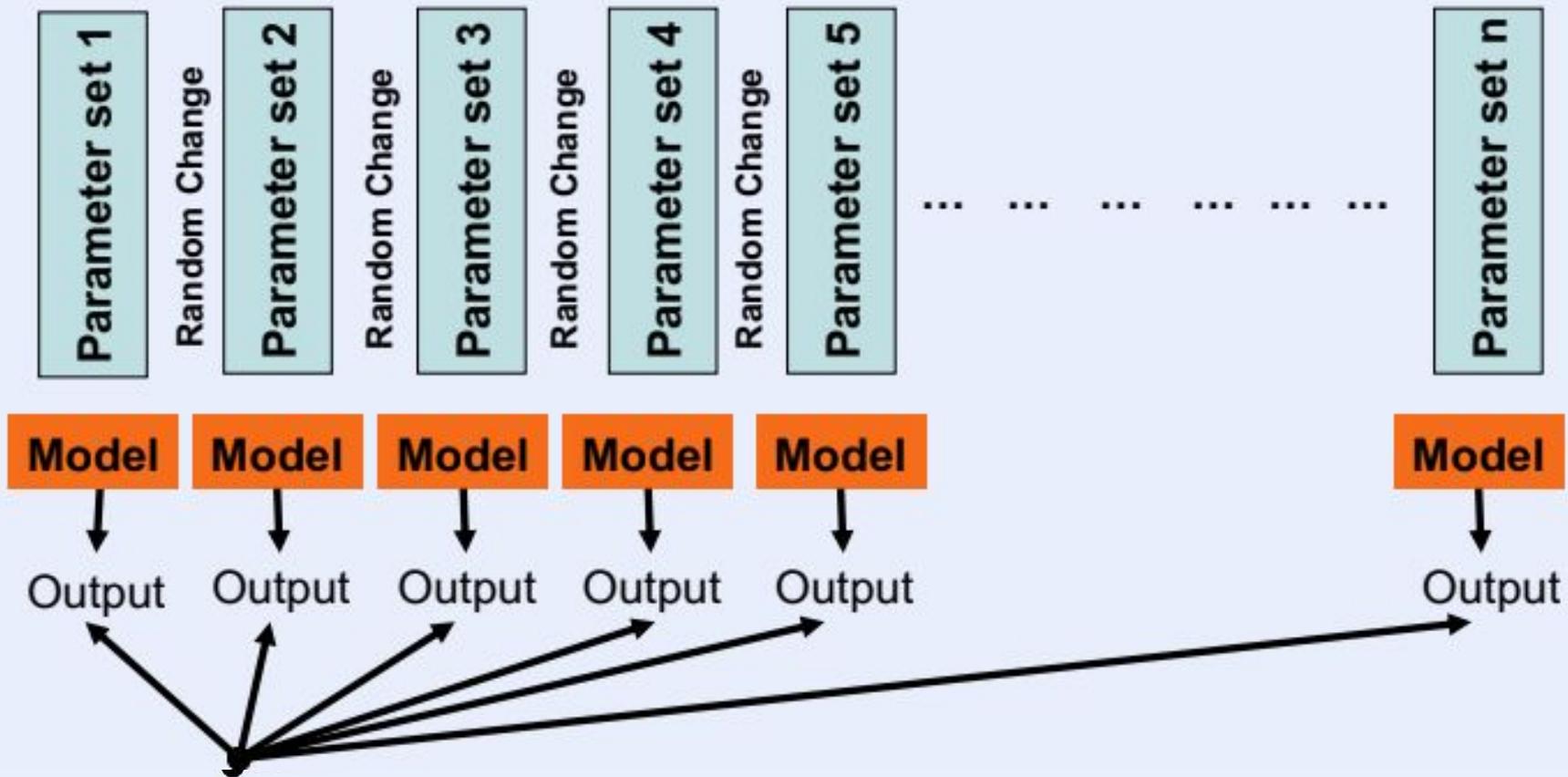
où n est le nombre de points de données et σ l'écart type sur chaque point de données.

Plus le résidu du modèle est petit, mieux c'est

Plus le nombre de points est élevé, mieux c'est



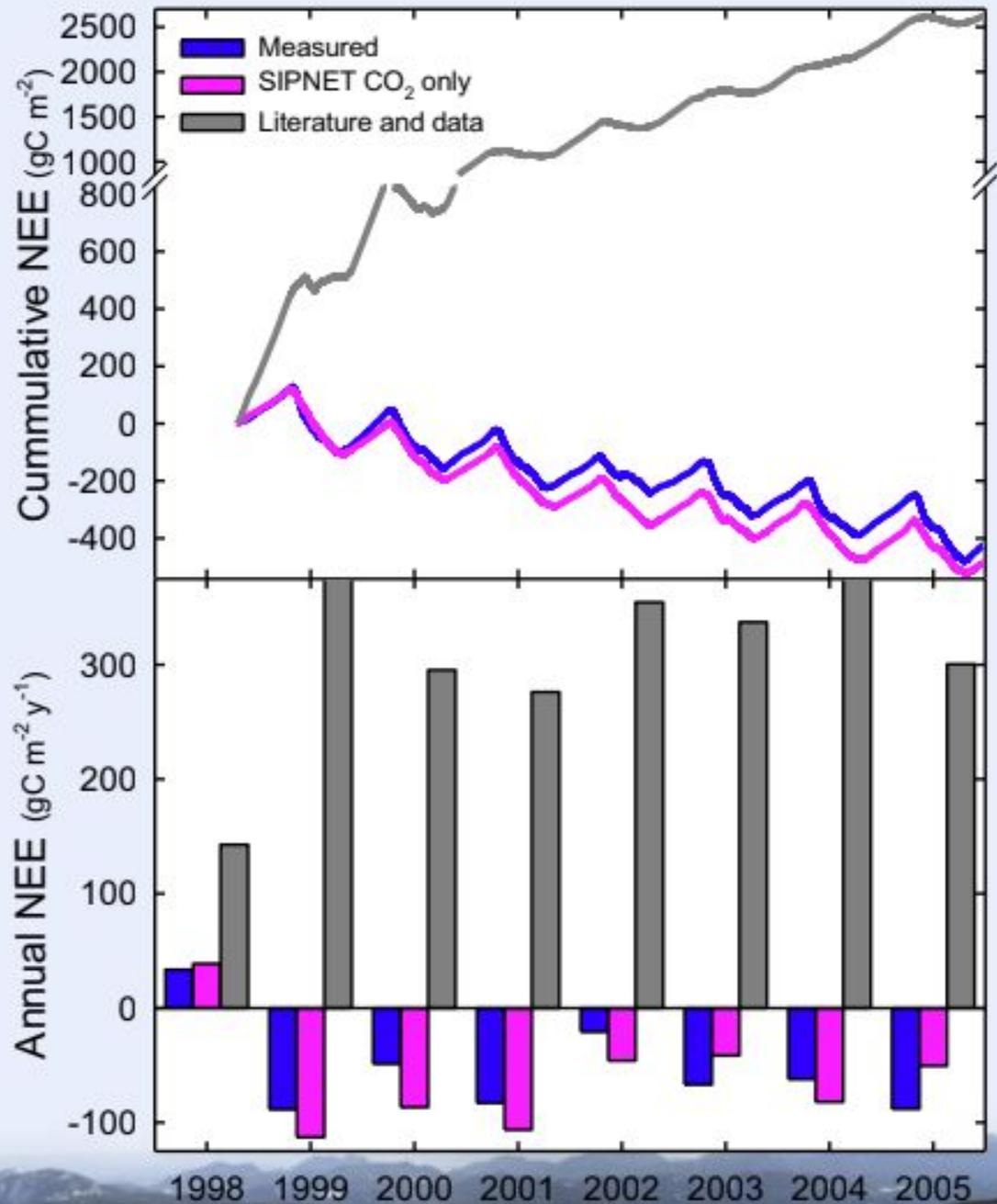
Increased likelihood

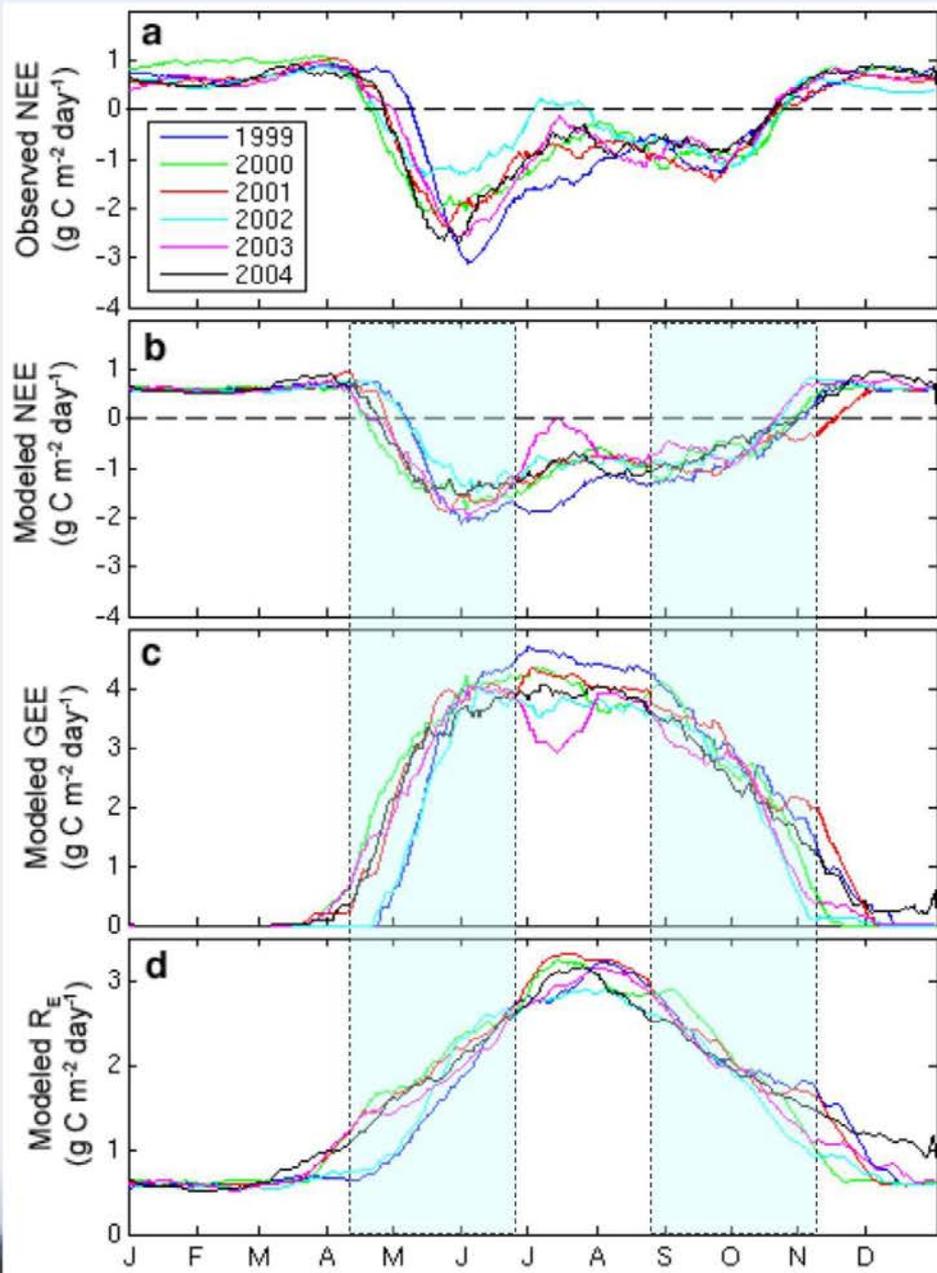


Données de Flux

La sortie du modèle est comparée après chaque itération aux données de flux mesurées. Ensuite, un paramètre est modifié d'une quantité incrémentielle, le modèle s'exécute à nouveau et si la nouvelle sortie est plus adaptée, l'ensemble de paramètres est enregistré... après plusieurs milliers d'itérations, un ensemble de paramètres optimal est atteint

Amélioration importante de la capacité du modèle à représenter les flux mesurés





NEE observé et modélisé et composantes de NEE pour la période d'observation de six ans

Le NEE observé a été extrait de l'acquisition des flux turbulents de la Tour de Niwot.

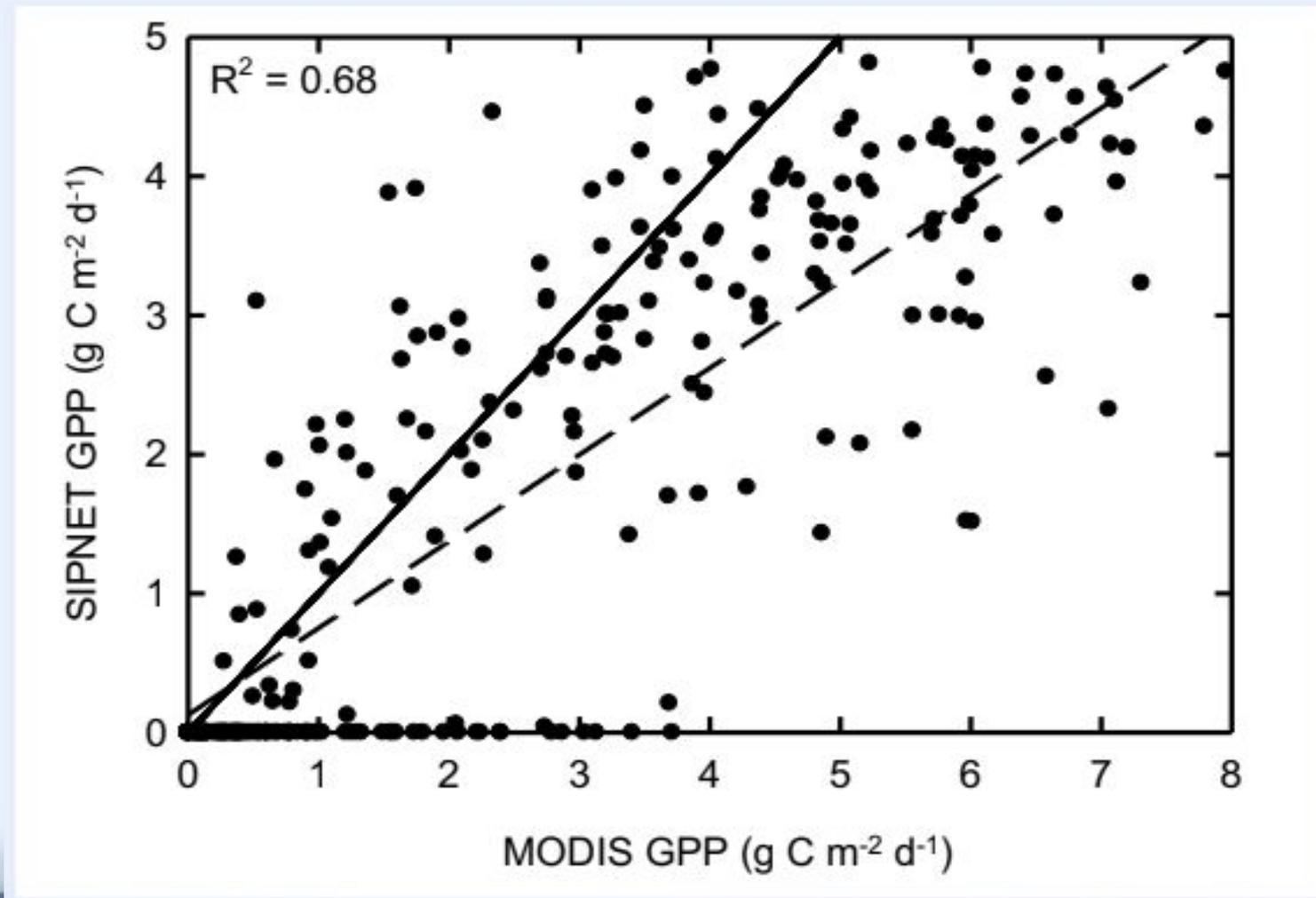
Les modèles NEE, GEE et RE ont été dérivés du modèle SIPNET conditionnés sur l'ensemble des six années d'acquisition des flux turbulents (d'après Sacks et al. 2007)

MODIS à Niwot Ridge

MISE À L'ÉCHELLE DES PROCESSUS AVEC LES DONNEES SATELLITES



GPP estimé à partir du modèle SIPNET conditionné aux flux de la tour
et GPP estimé à l'aide de MODIS

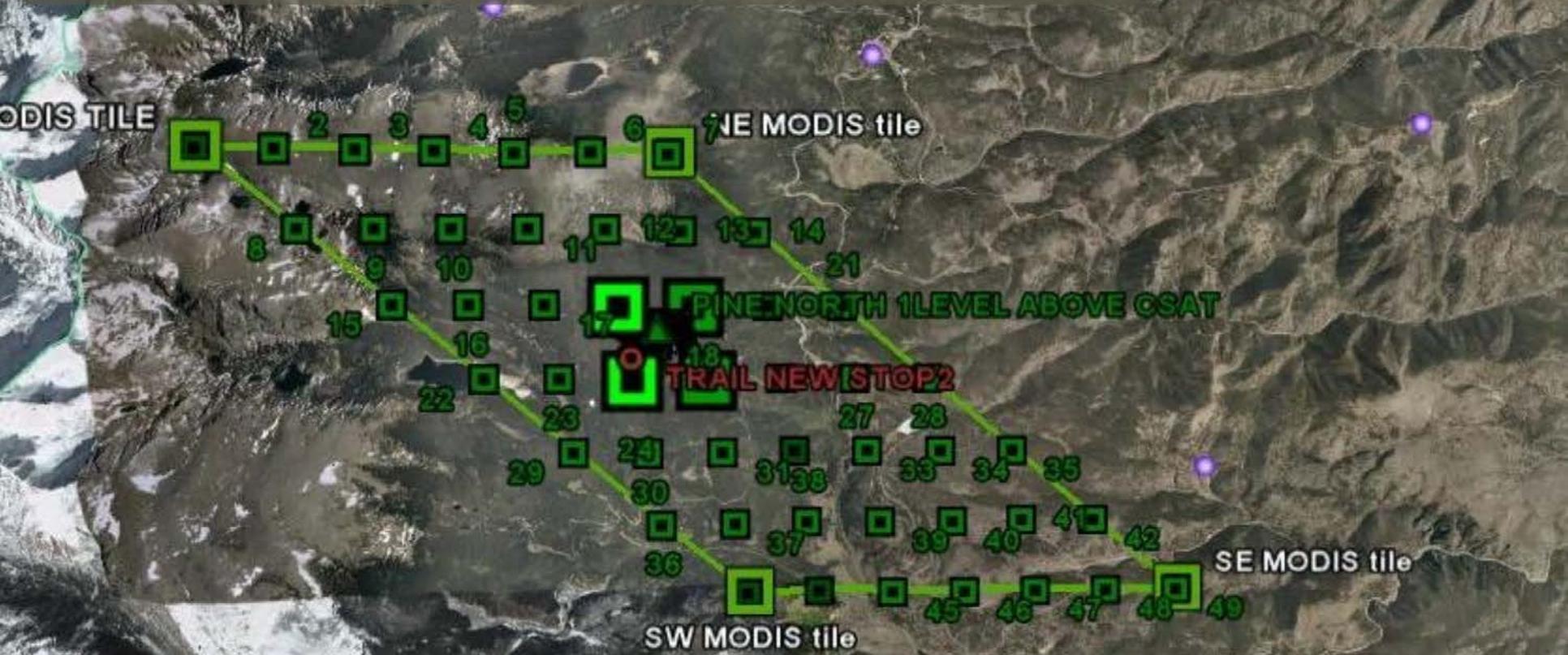


Moore et Monson (2008)

Imagerie à résolution modérée MODIS

Spectroradiomètre

Sous-ensemble de pixels pour Niwot Ridge, CO



© 2007 Europa Technologies
Image © 2007 TerraMetrics

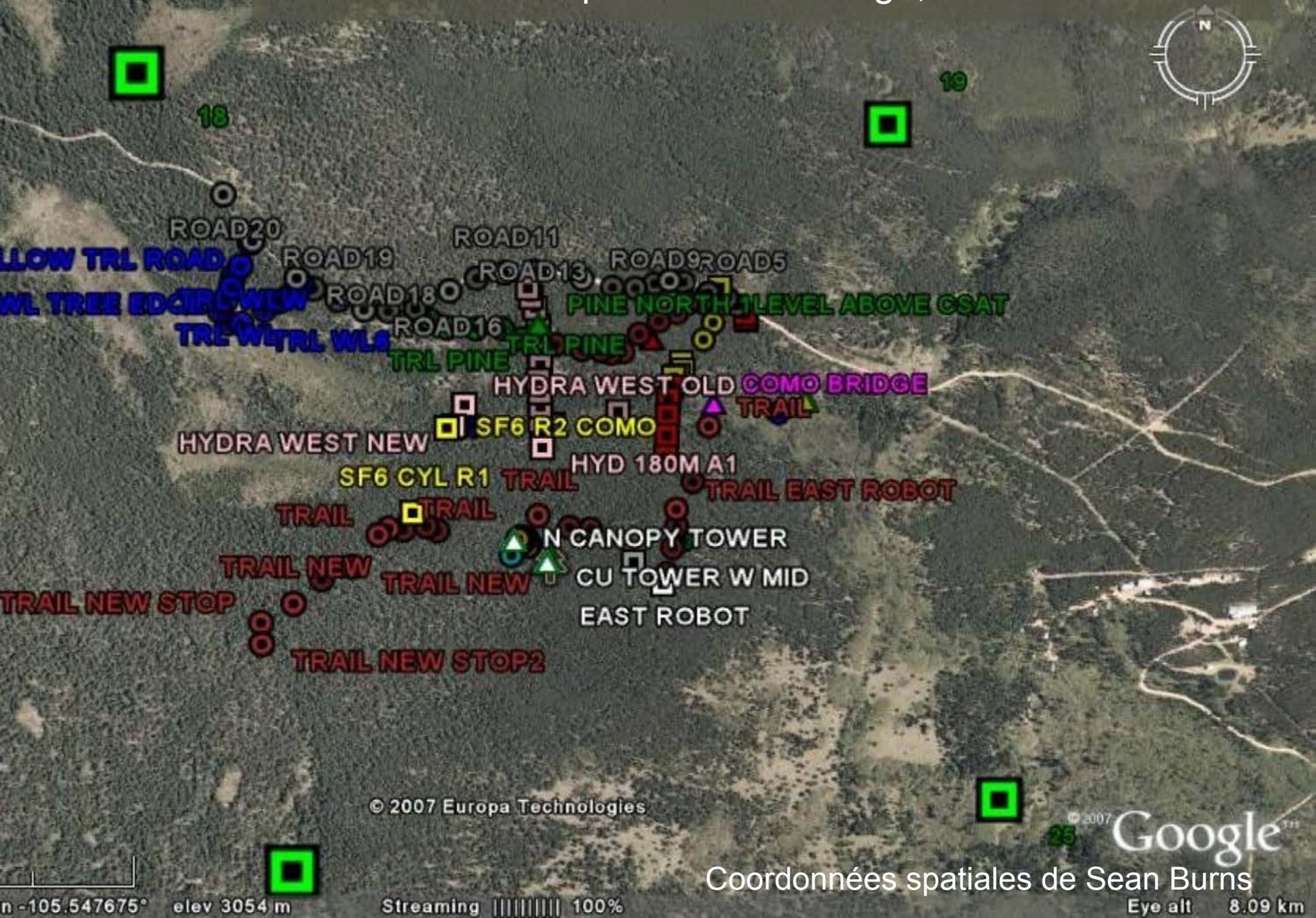
© 2007 Google

lon -105.547675° elev 3057 m

Streaming ||||| 100%

Eye alt 30.22

Sous-ensemble de Pixels MODIS pour le Niwot Ridge, CO



© 2007 Europa Technologies

© 2007 Google™

Coordonnées spatiales de Sean Burns

n -105.547675°

elev 3054 m

Streaming 100%

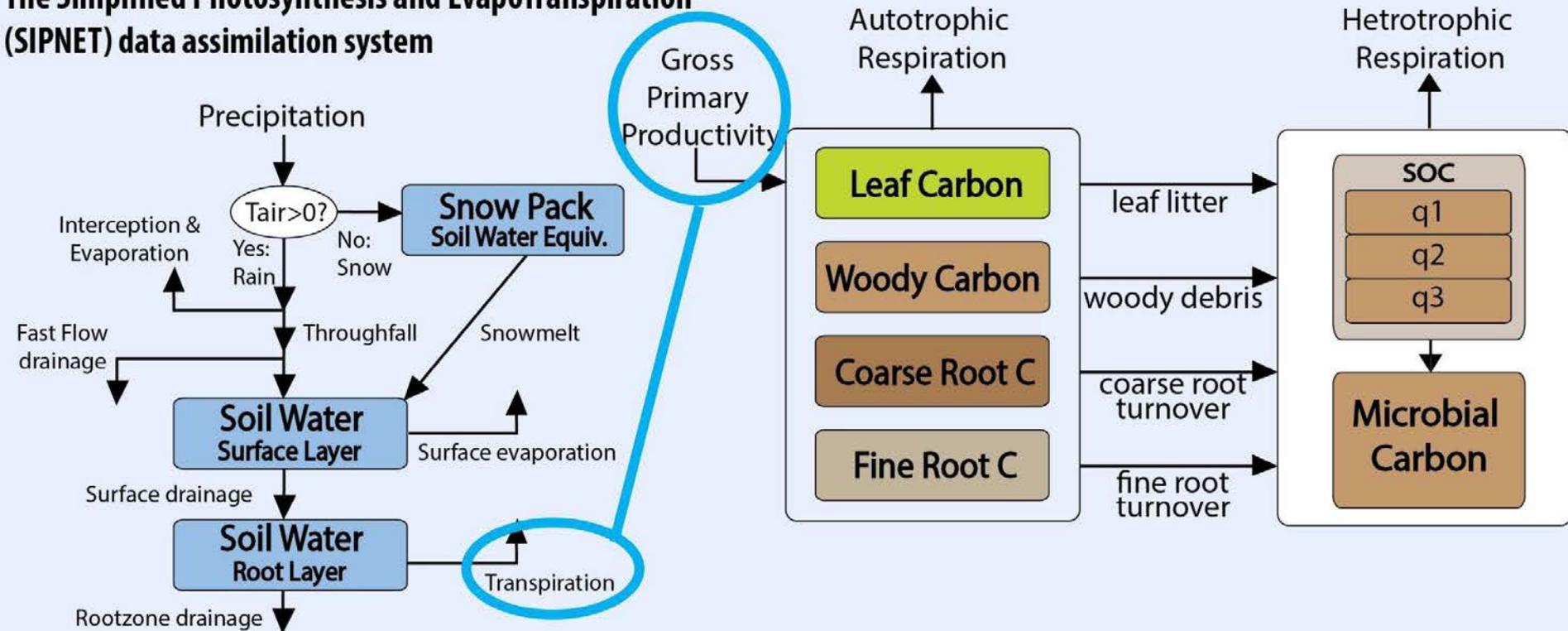
Eye alt 8.09 km

SIPNET à Niwot Ridge

**QUE SE PASSE-T-IL LORSQUE
NOUS ASSIMILONS **NEE** ET
ETR DES ESTIMATIONS DE LA
TOUR ?**



The Simplified Photosynthesis and EvapoTranspiration (SIPNET) data assimilation system



Piloté par 8 variables climatiques

- (1) température moyenne de l'air,
- (2) température moyenne du sol
- (3) précipitations
- (4) PAR

- (5) pression de vapeur atmosphérique
- (6) déficit de pression de vapeur atmosphérique
- (7) déficit de pression de vapeur entre le sol et l'ambiance
- (8) vitesse du vent

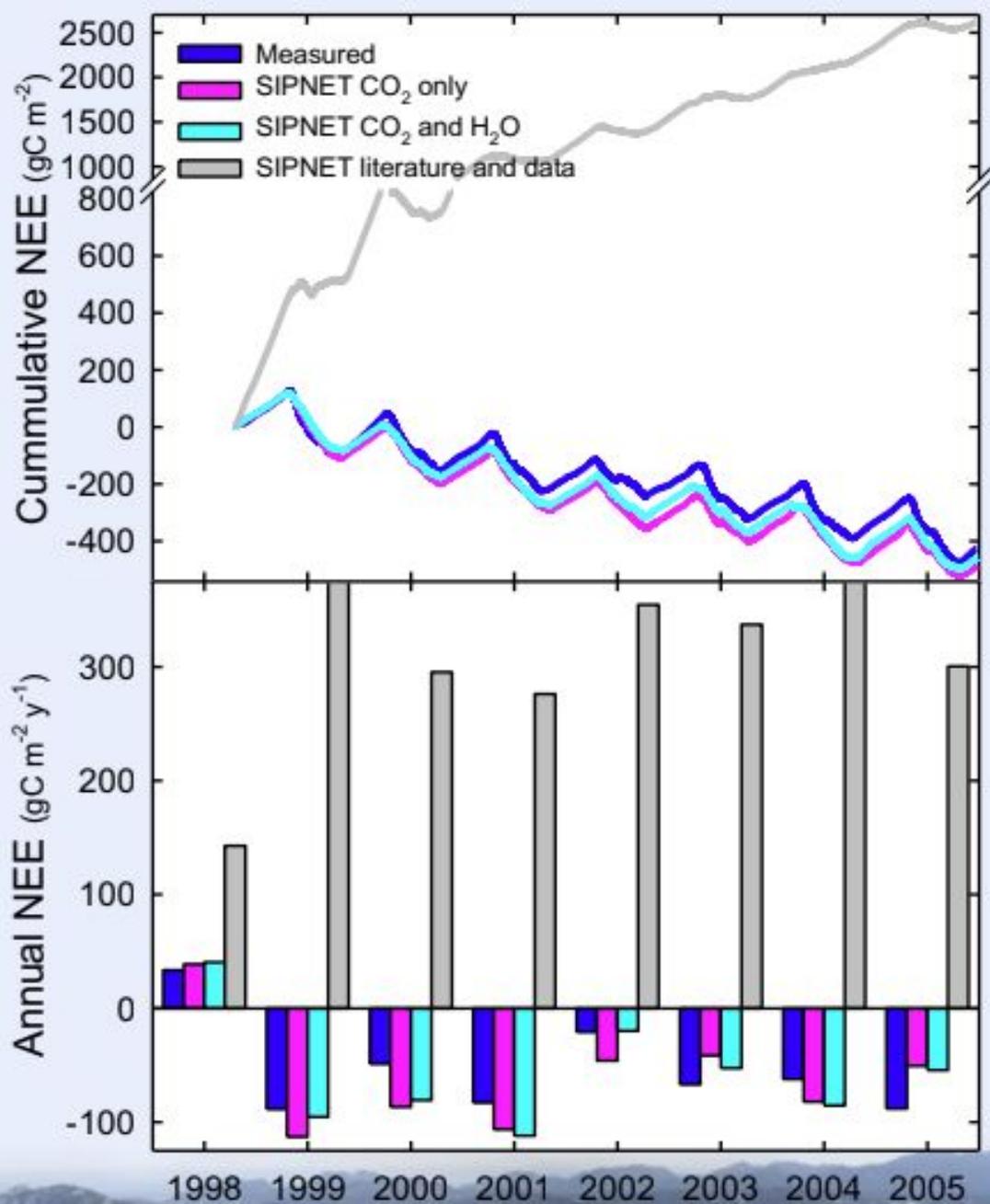


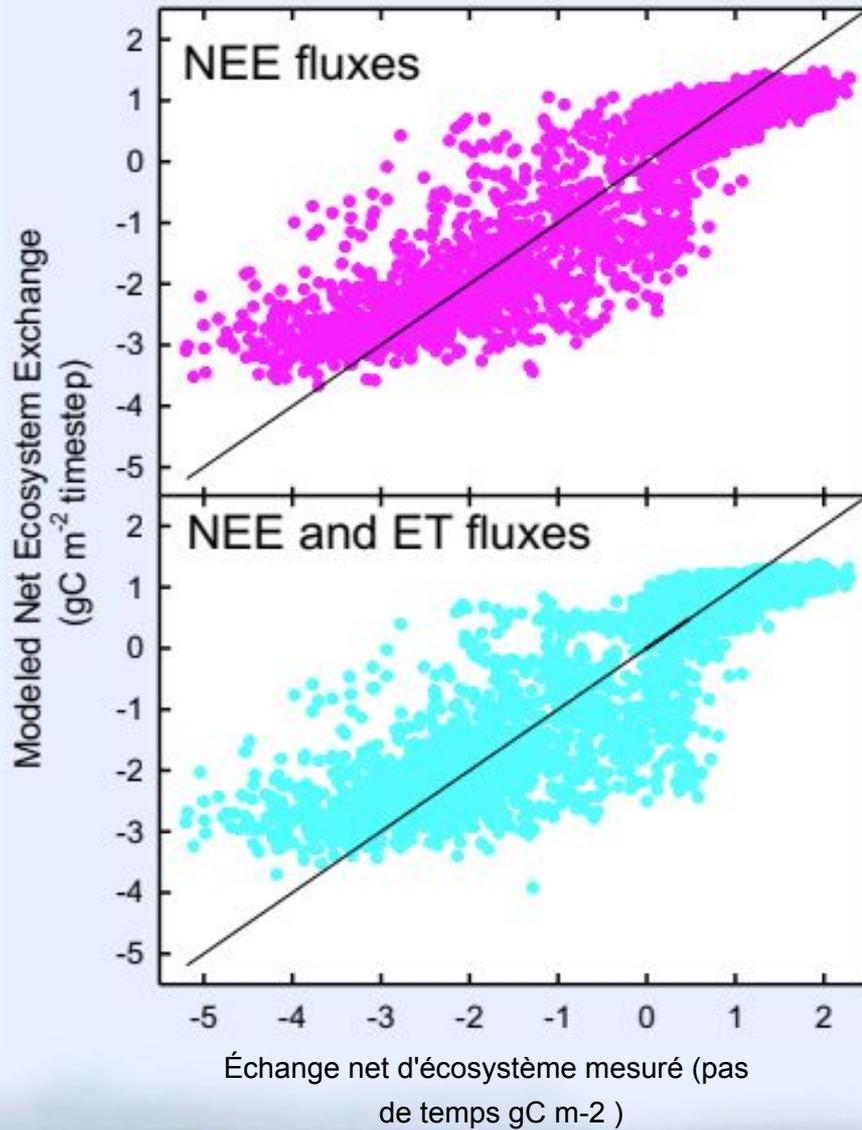
SIPNET, piloté par des données climatiques, peut reproduire les flux NEE

mesurés

- L'estimation des paramètres à l'aide de valeurs issues de la littérature produit de mauvaises estimations de la NEE

- L'utilisation de l'assimilation de données pour estimer les paramètres du modèle donne des estimations de NEE qui correspondent étroitement aux flux mesurés

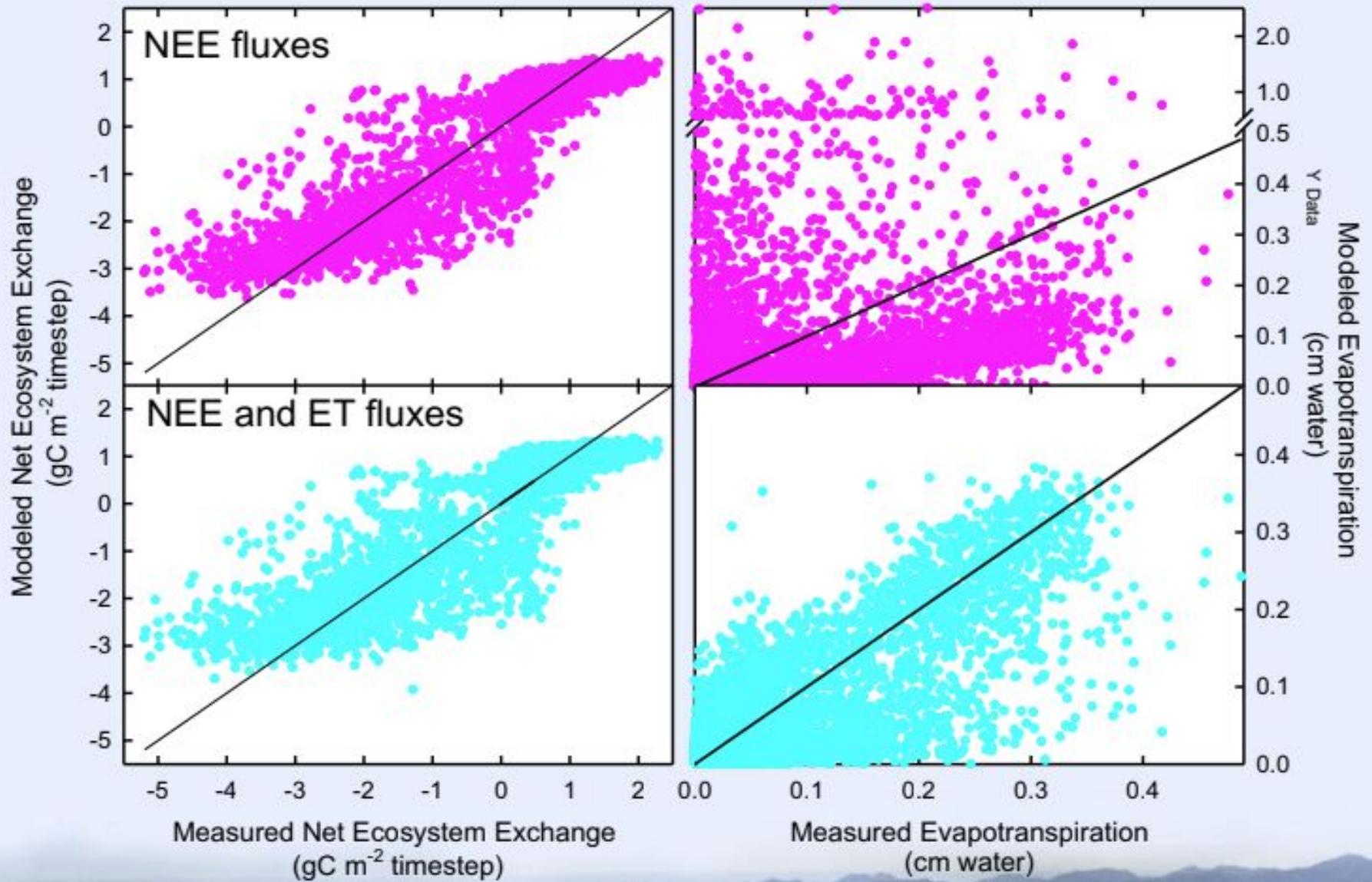




Les flux modélisés suivent la droite de régression 1:1.

L'assimilation ensemble du CO₂ et de l'ETR ne semble faire AUCUNE différence sur le flux NEE.

Les deux ensembles de paramètres entraînent une dispersion et échouent tous les deux aux extrêmes





Nous devons être prudents

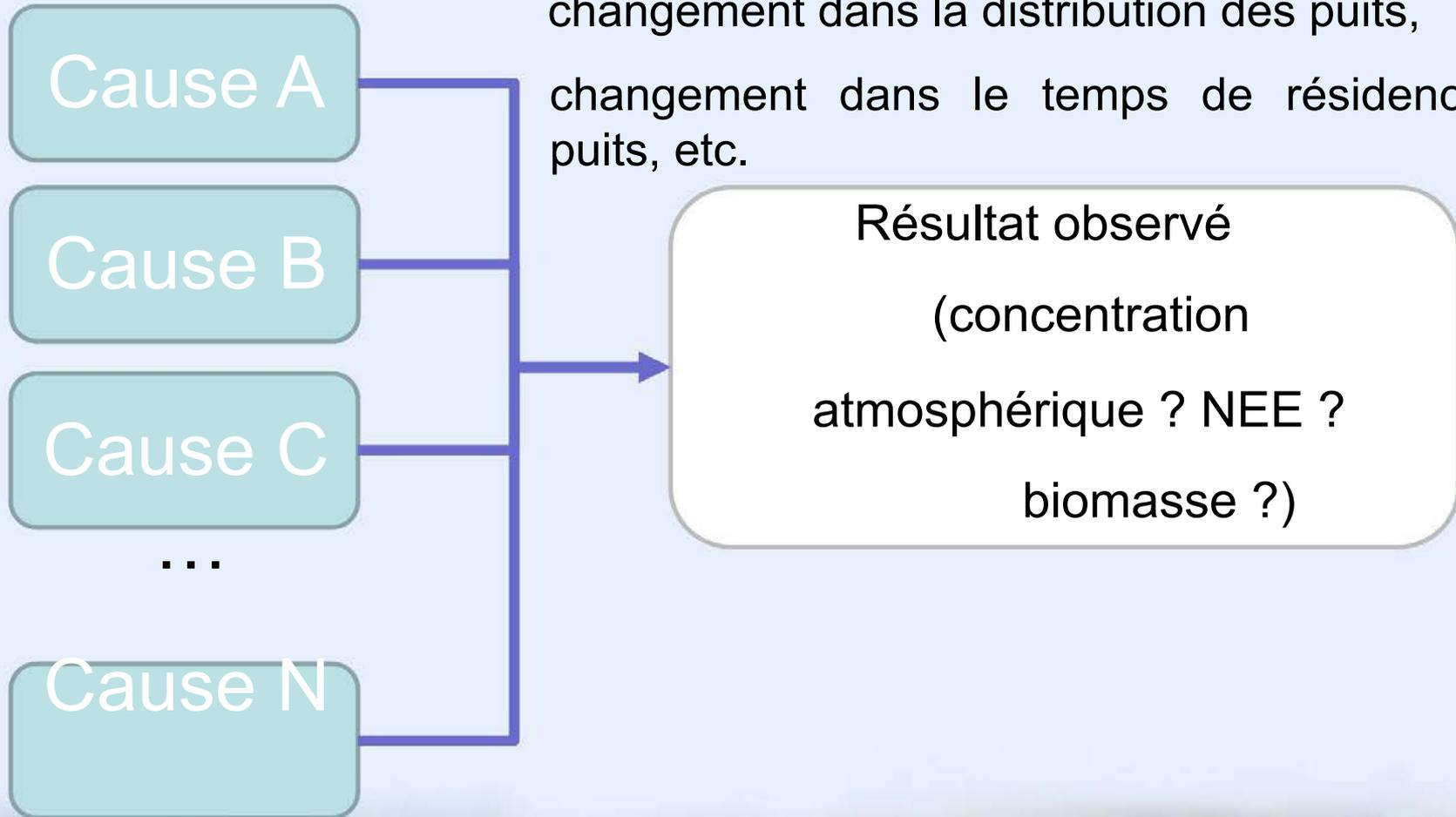
Si nous forçons parfois le modèle, nous amenons d'autres parties du modèle à se comporter de manière incorrecte.

- Choisissez soigneusement les processus qui vous intéressent
- Choisissez soigneusement les paramètres que vous pouvez contraindre
- Effectuez des mesures très précises (les flux entrants = les flux sortants)



Équifinalité

Il existe de nombreuses façons d'expliquer un changement de flux : augmentation de l'absorption, réduction des émissions, changement dans la distribution des puits, changement dans le temps de résidence des puits, etc.



SIPNET à Niwot Ridge

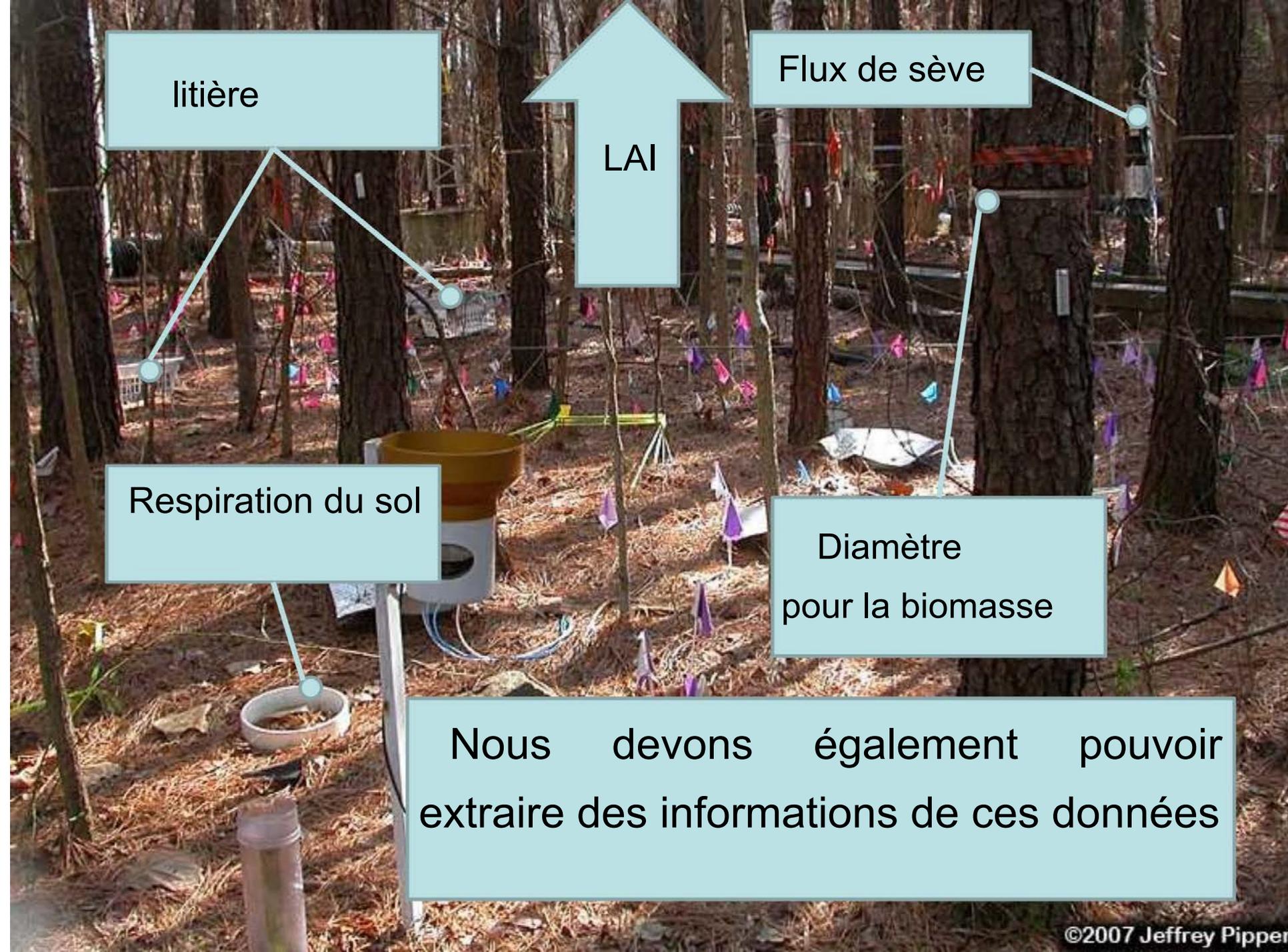
**COMMENT POUVONS-NOUS
VÉRIFIER SI NOS MODÈLES
D'ASSIMILATION SONT UNE
BONNE REPRÉSENTATION ?**



Faites confiance...mais
vérifiez

Les données utilisées
pour calibrer un modèle ne
peuvent pas être utilisées
pour valider le même modèle



A photograph of a forest research plot. The ground is covered in brown pine needles and some green plants. Several trees are visible, some with colorful flags (pink, purple, blue) attached to their trunks. In the foreground, there is a yellow bucket on a stand, a white container, and a clear plastic tube. A large white arrow points upwards from the center of the plot. Various labels in light blue boxes are connected to different parts of the plot by thin white lines.

litière

LAI

Flux de sève

Respiration du sol

Diamètre
pour la biomasse

Nous devons également pouvoir
extraire des informations de ces données

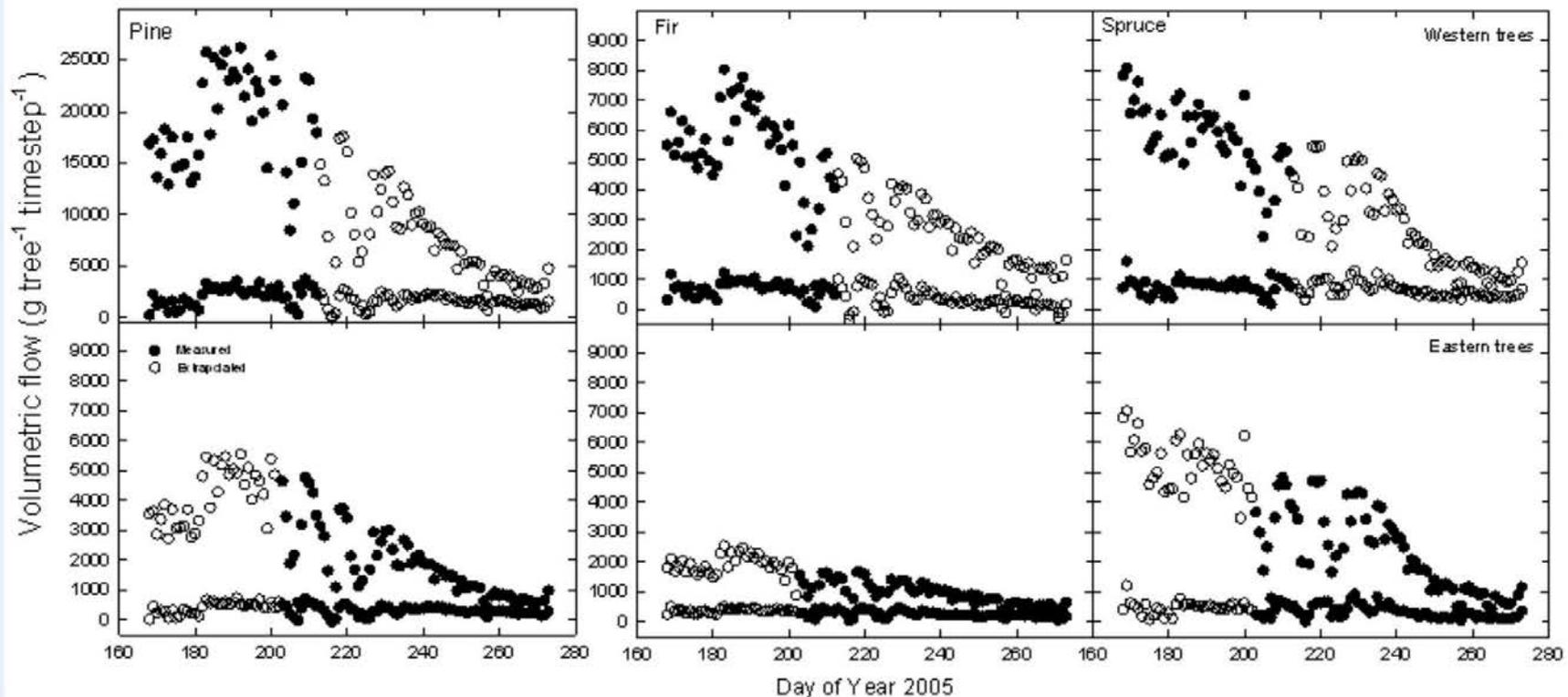
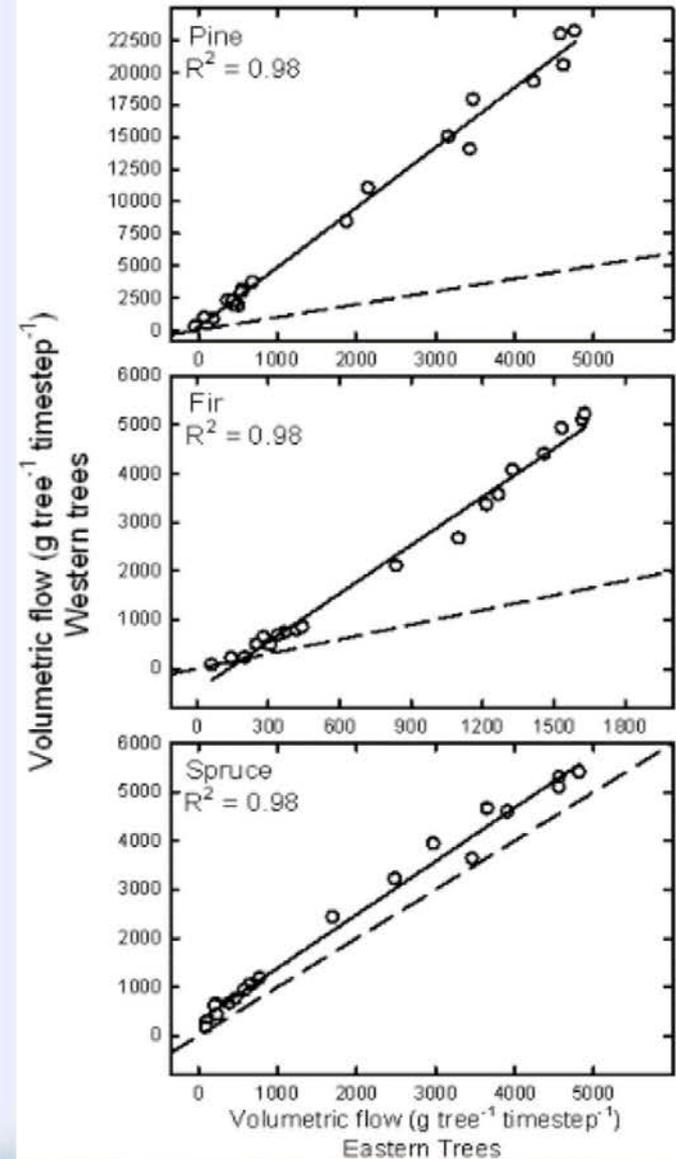
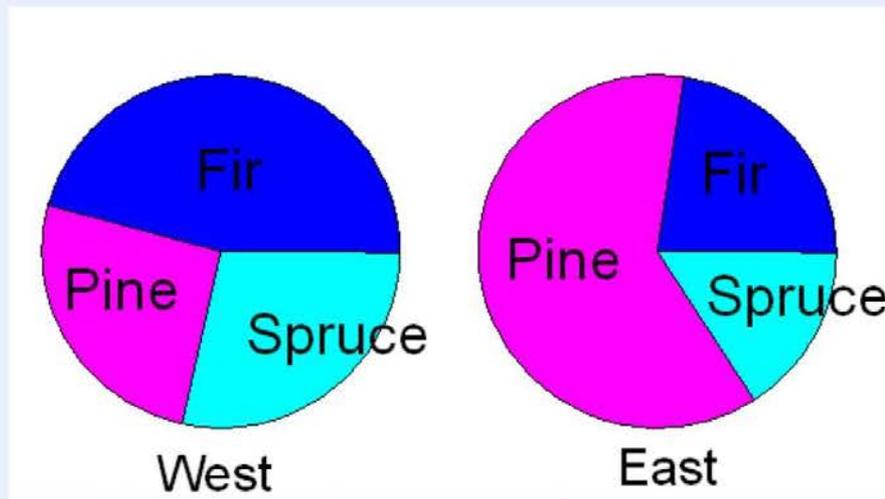
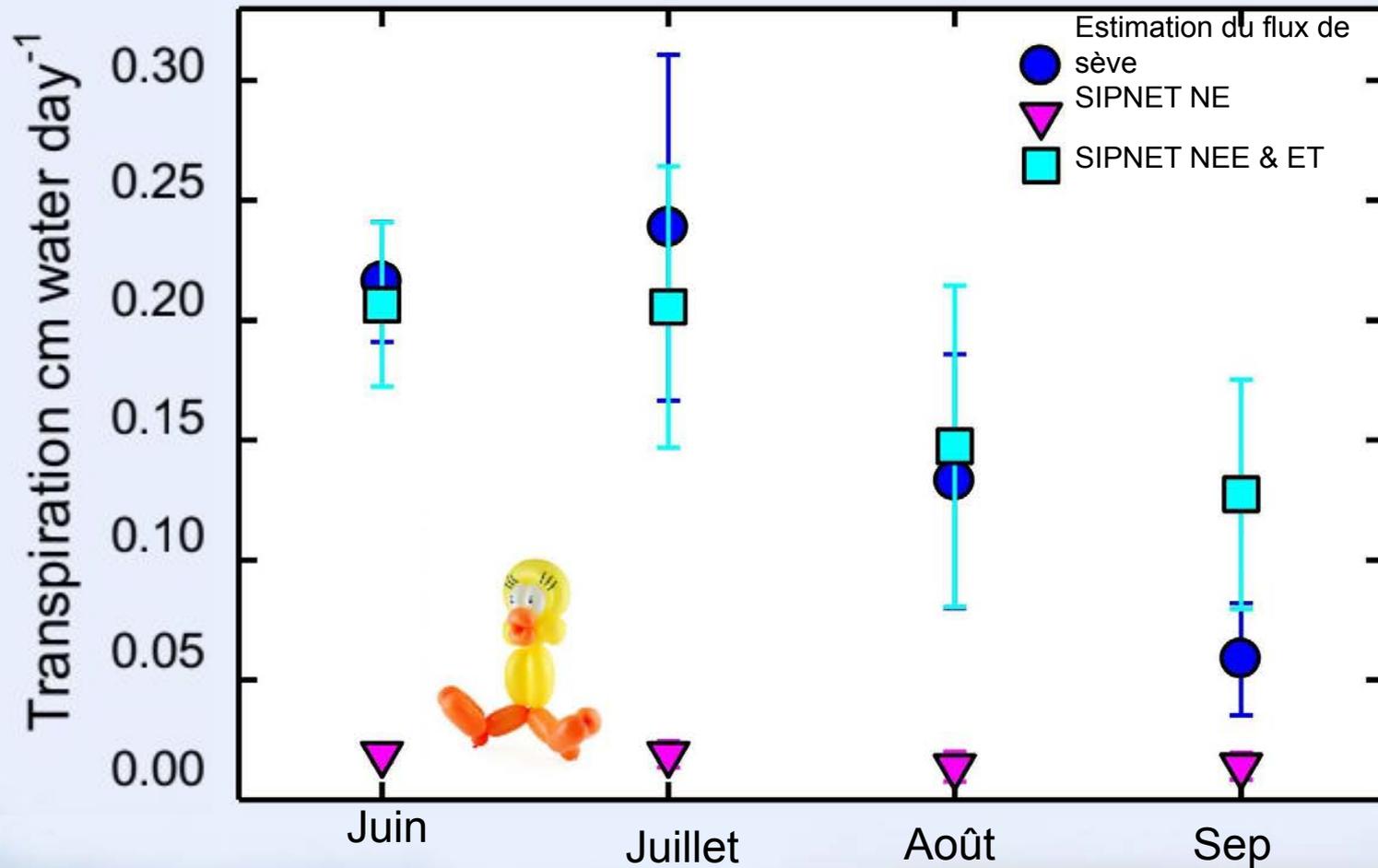


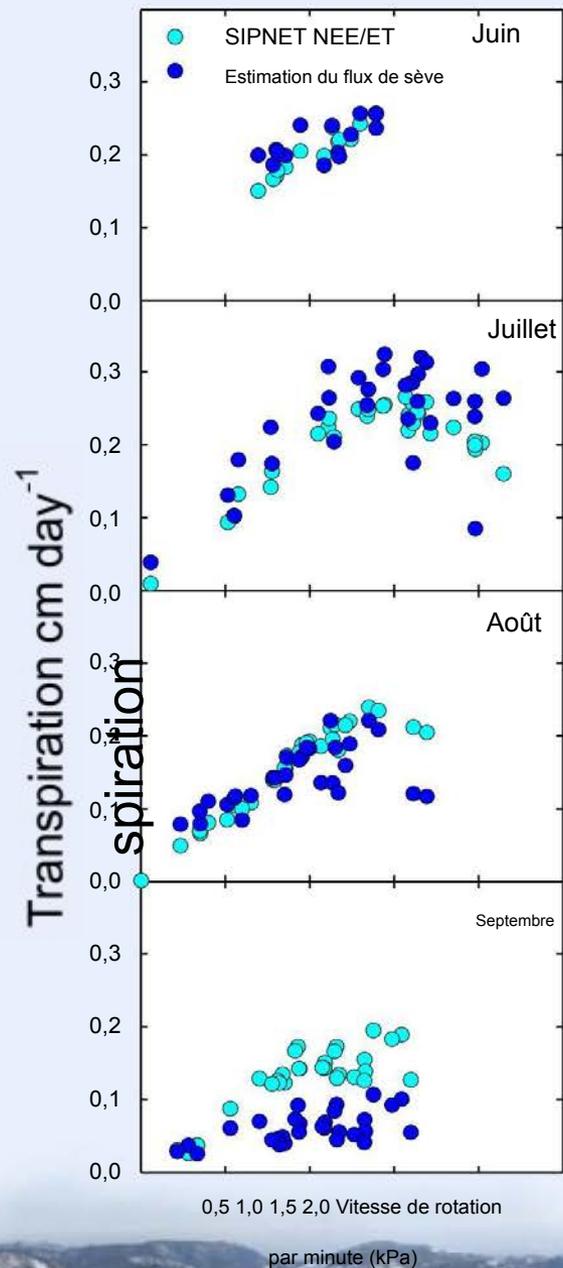
Fig. Flux volumétrique de sève des pins, sapins et épicéas dans les parties occidentale (panneaux supérieurs) et orientale (panneaux inférieurs) de la forêt expérimentale de Niwot Ridge. Les valeurs du flux de sève sont séparées en jour et nuit pour permettre la comparaison avec les résultats du modèle SIPNET. Les points situés le long de la base de chaque graphique représentent la transpiration nocturne. Les symboles fermés représentent le flux volumétrique total moyen pour le pas de temps, les symboles ouverts représentent les données calculées à partir des régressions linéaires ci-dessus. Remarque : les pins de l'Ouest sont à une échelle différente

Flux volumétrique de sève additionné par pas de temps (jour et nuit) dans les parties est et ouest de la forêt expérimentale de Niwot Ridge. Les lignes pleines représentent les valeurs prédites basées sur la régression linéaire des flux ouest et est pour chaque espèce. Les lignes en pointillées montrent la régression linéaire. Remarque : les pins de l'ouest sont à une échelle différente



L'unique utilisation de NEE pour paramétrer le modèle
donne des estimations TRÈS médiocres de la transpiration

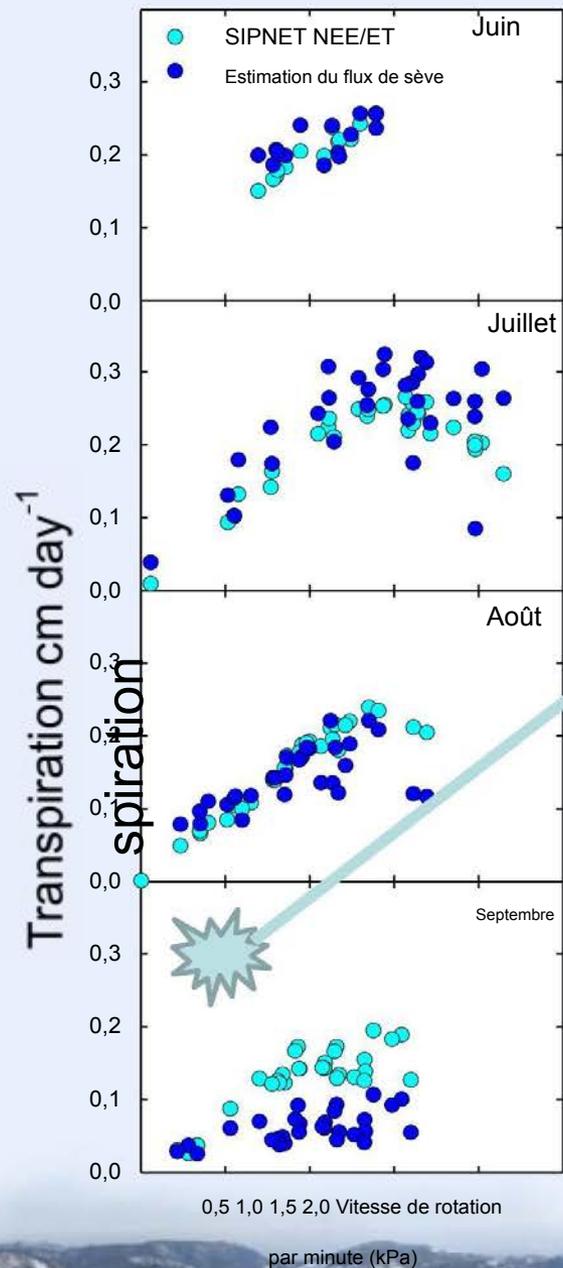




Le modèle optimisé reproduit la transpiration mesurée

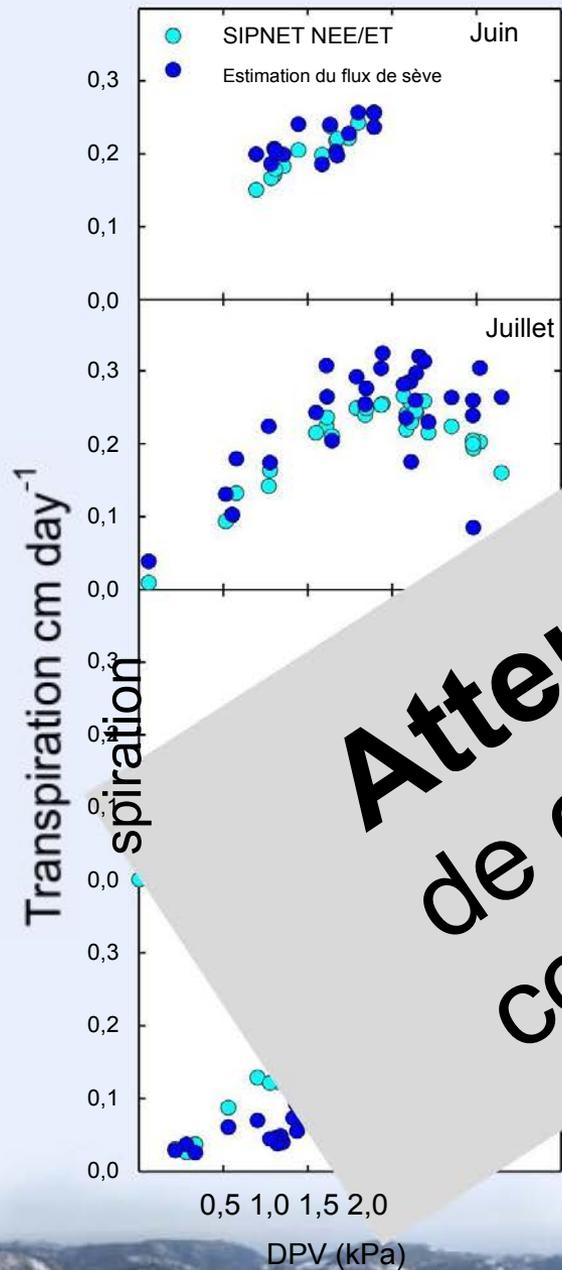
Cela pourrait être utilisé pour prédire l'utilisation de l'eau dans différents régimes de température et de précipitations

Moore et al. 2008



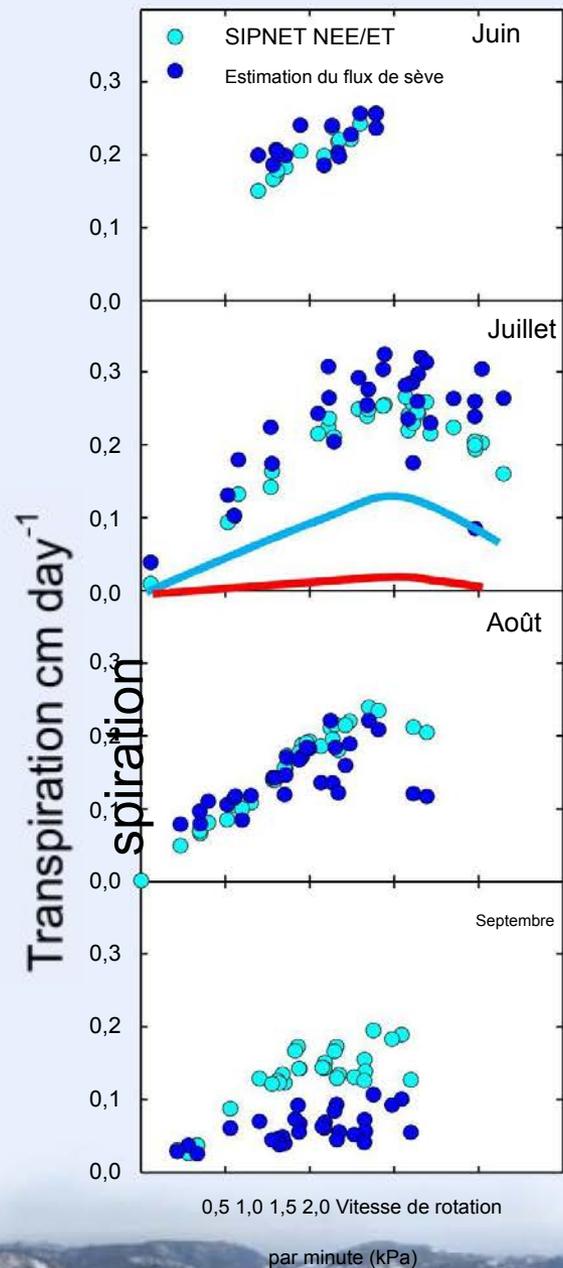
Nous pensons que cette inadéquation est due au fait que le modèle NE SAIT PAS que les températures froides (en Sept) inhibent le flux de sève

Le modèle optimisé reproduit
 la transpiration mesurée
 Cela pourrait être utilisé pour prédire
 l'utilisation de l'eau dans différents régimes
 de température et de précipitations



**Attention !!!! Aucune
 de ces estimations n'est
 correcte**

Le modèle optimisé reproduit
 la transpiration mesurée
 Cela pourrait être utilisé pour prédire
 l'utilisation de l'eau dans différents régimes
 de température et de précipitations



Le modèle optimisé reproduit la transpiration mesurée

Cela pourrait être utilisé pour prédire l'utilisation de l'eau dans différents régimes de température et de précipitations

Ray Leunig a toujours dit qu'un
scientifique du flux devrait
« Connaitre son site »

Pour la même raison
« Connaitre son modèle »



Comment les cycles du carbone et de l'eau sont-ils liés dans SIPNET ?

```
if (potGrossPsn < TINY) { // éviter la division par 0
    *trans = 0.0; // pas de photosynthèse -> pas de transpiration
    *dWater = 1; // dWater n'a pas d'importance, puisque nous n'avons pas de
    photosynthèse
}

autre {
    wue = paramètres.wueConst/vpd;
    potTrans = potGrossPsn/wue * 1000,0 * (44,0/12,0) * (1,0/10000,0); // 1000 convertit g
    en mg; 44/12 convertit g C en g CO2, 1/10000 convertit m^2 en cm^2
    eauretirable = eaudusol * paramètres.waterRemoveFrac
    si (climat->tsoil < params.frozenSoilThreshold) // sol gelé - peu ou pas d'eau disponible
        removedWater *= params.frozenSoilEff; /* effet du sol gelé : fraction d'eau disponible si le sol est
        gelé

    (supposons que la quantité d'eau disponible avec le sol gelé évolue linéairement avec la quantité d'eau disponible avec le sol dégelé)
    eau disponible dans le sol dégelé)
    */ si (Eau amovible >= potTrans)
        *trans =
    potTrans; autre
        *trans = eau amovible;
```



Comment les cycles du carbone et de l'eau sont-ils liés dans SIPNET

?

L'efficacité de l'utilisation de l'eau est calculée à l'aide d'une constante estimée et modifiée par le déficit de pression de vapeur

$$wue = \text{paramètres.wueConst}/vpd$$

$$\text{potTrans} = \text{potGrossPsn}/wue$$

$$dWater = \text{Trans}/\text{potTrans}$$

$$*gpp = \text{potGrossPsn} * dWater$$



Comment les cycles du carbone et de l'eau sont-ils liés dans SIPNET ?

$wue = \text{paramètres.wueConst}/vpd$

$\text{potTrans} = \text{potGrossPsn}/wue$

$dWater = \text{Trans}/\text{potTrans}$

$*gpp = \text{pot}$

La transpiration potentielle est calculée comme le ratio de la photosynthèse et l'efficacité de l'utilisation de l'eau



Comment les cycles du carbone et de l'eau sont-ils liés dans SIPNET ?

S'il y a suffisamment d'eau, la transpiration est la même que la transpiration potentielle... si l'eau est limitante, la transpiration est réduite en conséquence, le ratio dWater est une mesure de cette réduction

$$\text{potTrans} = \text{potGrossPsn} / \text{wue}$$

$$\text{dWater} = \text{Trans} / \text{potTrans}$$

$$*gpp = \text{potGrossPsn} * \text{dWater};$$



Comment les cycles du carbone et de l'eau sont-ils liés dans SIPNET ?

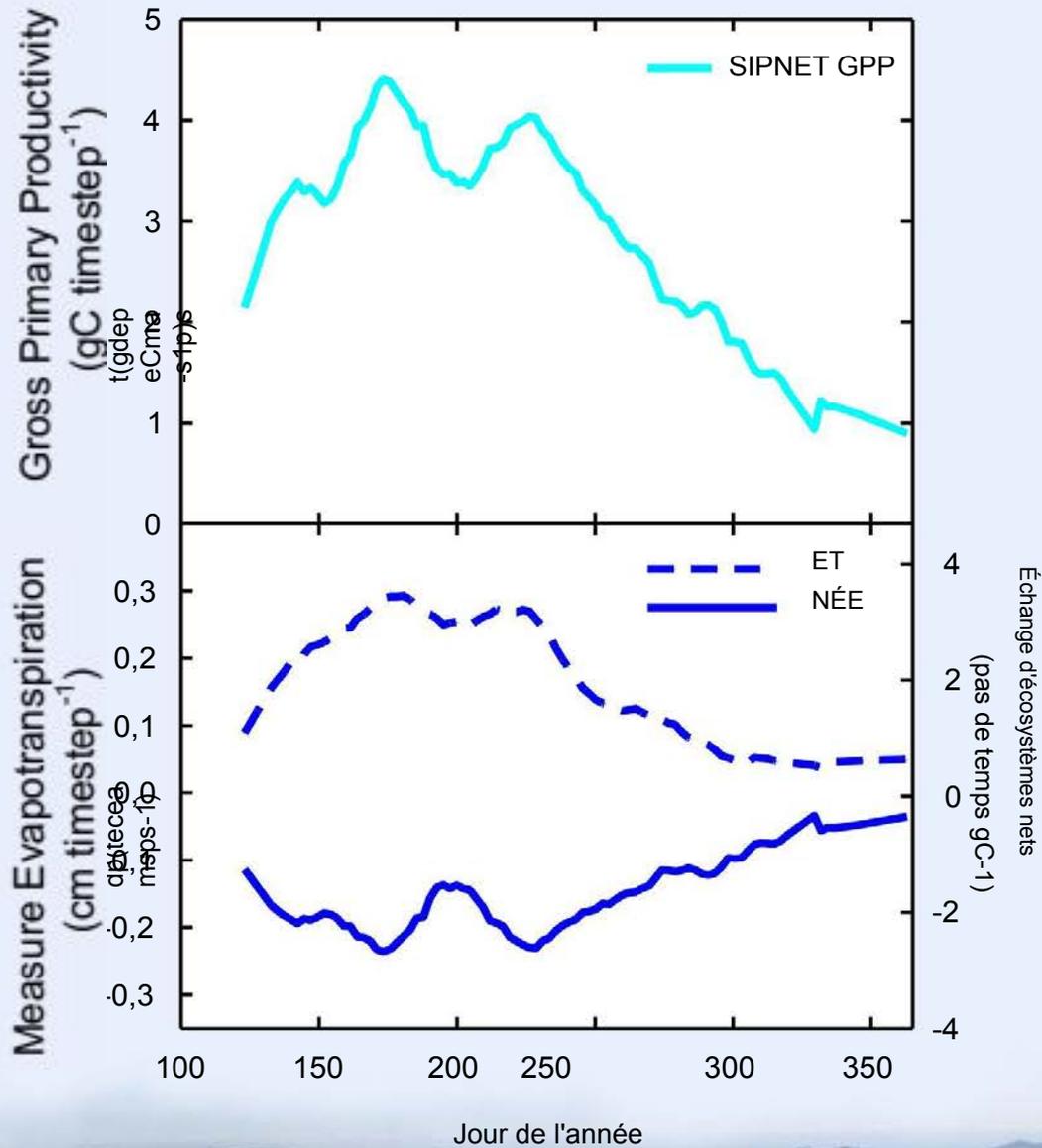
$$wue = \text{paramètres.wueConst}/vpd$$

$$\text{potTrans} = \text{potGrossPsn}/wue$$

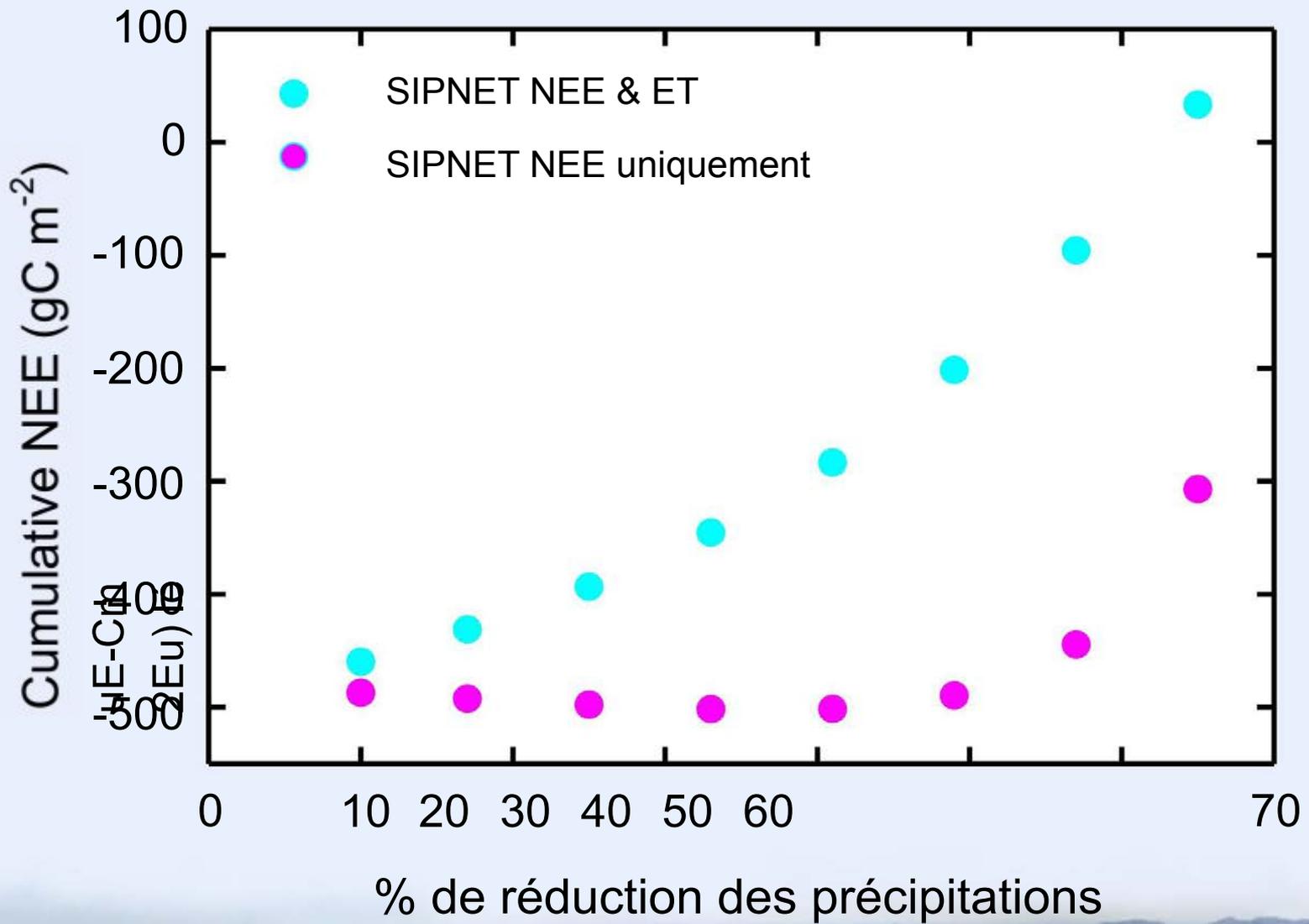
$$dWater = \text{Trans}/\text{potTrans}$$

$$*gpp = \text{potGrossPsn} * dWater;$$

Le GPP est calculé comme la photosynthèse brute potentielle modifiée par le rapport entre la transpiration potentielle et la transpiration réelle (c'est-à-dire que le GPP est réduit s'il n'y a pas suffisamment d'eau dans le sol)



L'optimisation modifie les paramètres traitant de l'efficacité d'utilisation de l'eau et de la résistance de la canopée pour augmenter son estimation de la transpiration au détriment de l'évapotranspiration afin de refléter le G



Conclusion

- ~~• L'utilisation de NEE et ET ne donne pas une estimation correcte de la transpiration~~
- Il y a des INFORMATIONS dans les données ET peuvent nous dire quelque chose sur la transpiration.



Section 2

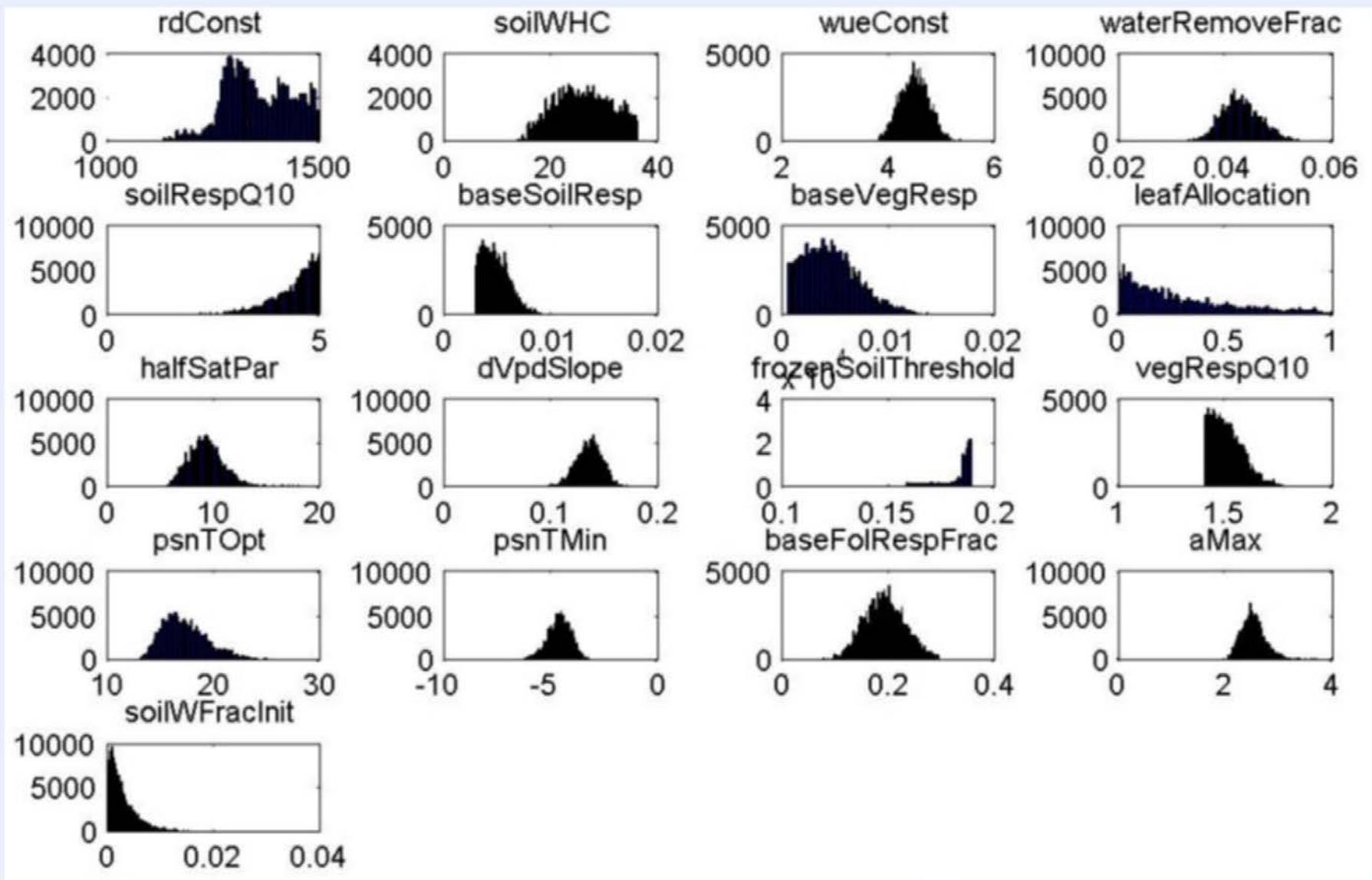
ESTIMATION DES PARAMETRES ET ÉTATS INITIAUX



Table1: SIPNET parameters and initial conditions that are allowed to vary in the optimization, and their allowable ranges. The ranges assume a uniform prior distribution.

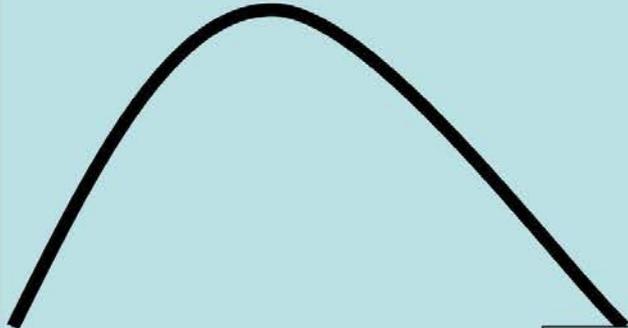
Symbol	Definition	Range
<i>Initial Pool Values:</i>		
$W_{S,0}$	Initial soil moisture content (fraction of $W_{S,c}$)	0 – 1
<i>Photosynthesis/Respiration Parameters:</i>		
A_{max}	Maximum net CO ₂ assimilation rate (nmol CO ₂ g ⁻¹ (leaf biomass) s ⁻¹)	0 – 34
K_F	Foliar maintenance respiration as fraction of A_{max} (no units)	0.05 – 0.30
T_{min}	Minimum temperature for photosynthesis (°C)	-8 – 8
T_{opt}	Optimum temperature for photosynthesis (°C)	5 – 30
Q_{10V}	Vegetation respiration Q_{10} (no units)	1.4 – 2.6
T_s	Soil temperature at which photosynthesis and foliar respiration are shut down (°C)	-5 – 5
K_{VPD}	Slope of VPD-photosynthesis relationship (kPa ⁻¹)	0.01 – 0.25
$PPFD_{1/2}$	Half saturation point of PPFD-photosynthesis relationship (mol m ⁻² day ⁻¹)	4 – 27
NPP_L	Fraction of NPP allocated to leaf growth (no units)	0 – 1
K_A	Wood respiration rate at 0°C (g C g ⁻¹ C yr ⁻¹)	0.0006 – 0.06
K_H	Soil respiration rate at 0°C and moisture-saturated soil (g C g ⁻¹ C yr ⁻¹)	0.003 – 0.6
Q_{10S}	Soil respiration Q_{10} (no units)	1.4 – 5
<i>Moisture Parameters:</i>		
f	Fraction of soil water removable in one day (no units)	0.001 – 0.16
K_{WUE}	VPD-water use efficiency relationship (mg CO ₂ kPa g ⁻¹ H ₂ O)	0.01 – 109
$W_{S,c}$	Soil water holding capacity (cm (precipitation equivalent))	0.1 – 36
R_d	Scalar relating aerodynamic resistance to wind speed (no units) ^a	1 – 1500

Symbole	Description	unités	Paramètre optimisé		Plage autorisée	
			CO	CW	faible	en haut
solWFracInIt	Teneur en humidité initiale du sol	fraction de Teneur en eau du sol	0,39	0,80	0	1
aMax	Taux d'assimilation net maximal du CO2	nmol CO2 g ⁻¹ biomasse foliaire s ⁻¹	4.74	4.94	0	34
baseFolRespFrac	La respiration d'entretien foliaire comme fraction de Amax	-	0,10	0,13	0,05	0,3
psnTMin	Température minimale pour la photosynthèse oC		-2,91	-3,64	-8	8
psnTOpt	Température optimale pour la photosynthèse	oC	14.59	18,75	5	30
vegRespQ10	Respiration de la végétation Q10	-	1,45	1.41	1.4	2.6
seuildusolgelé	Température du sol à laquelle la photosynthèse et la respiration foliaire sont arrêtées	oC	0,02	0,02	-5	5
dVpdSlope	Pente de la relation VPD-photosynthèse	kPa ⁻¹	0,12	0,15	0,01	0,25
demi-SatPar	PAR auquel la photosynthèse est de moitié Amax	E m ⁻² d ⁻¹	7.34	8.17	4	27
allocation de feuilles	Fraction de la moyenne NPP allouée à feuilles	-	0,42	0,52	0	1
baseVegResp	Taux de respiration du bois à 0°C	gC g ⁻¹ PlanteC d ⁻¹	0,03	0,03	0,0006	0,06
baseSoilResp	Taux de respiration du bois à 0°C sans stress hydrique	gC g ⁻¹ solC d ⁻¹	0,01	0,00	0,003	0,6
solRespQ10	Respiration du sol Q10	-	5,00	4.69	1.4	5
eauSupprimerFrac	Fraction d'eau éliminable dans un pas de temps	-	0,04	0,05	0,001	0,16
wueConst	Relation entre VPD et efficacité de l'utilisation de l'eau	(mg CO2 kPa g-1 H2O)	85	8	0,01	109
solWHC	Capacité de rétention d'eau du sol	cm d'eau équivalent	4.19	17,90	0,1	36
rdConst	Résistance aérodynamique en relation scalaire à la vitesse du vent	-	37.17	1467	1	1500

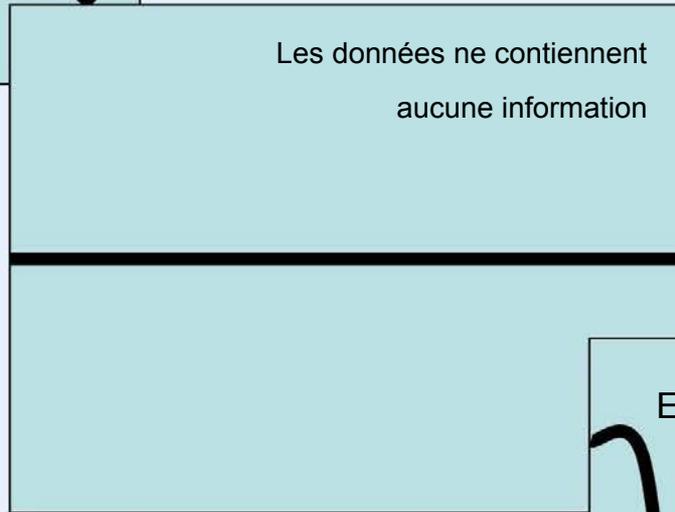


Valeurs des distributions postérieures

Bien contraint



Les données ne contiennent aucune information



Effet sur les bords – erreur probable de structure du modèle



SIPNET à Niwot

**UTILISER UN MODÈLE OPTIMISÉ
POUR TESTER LA STRUCTURE DU
MODÈLE**



Comment savons-nous qu'il y a un problème ?

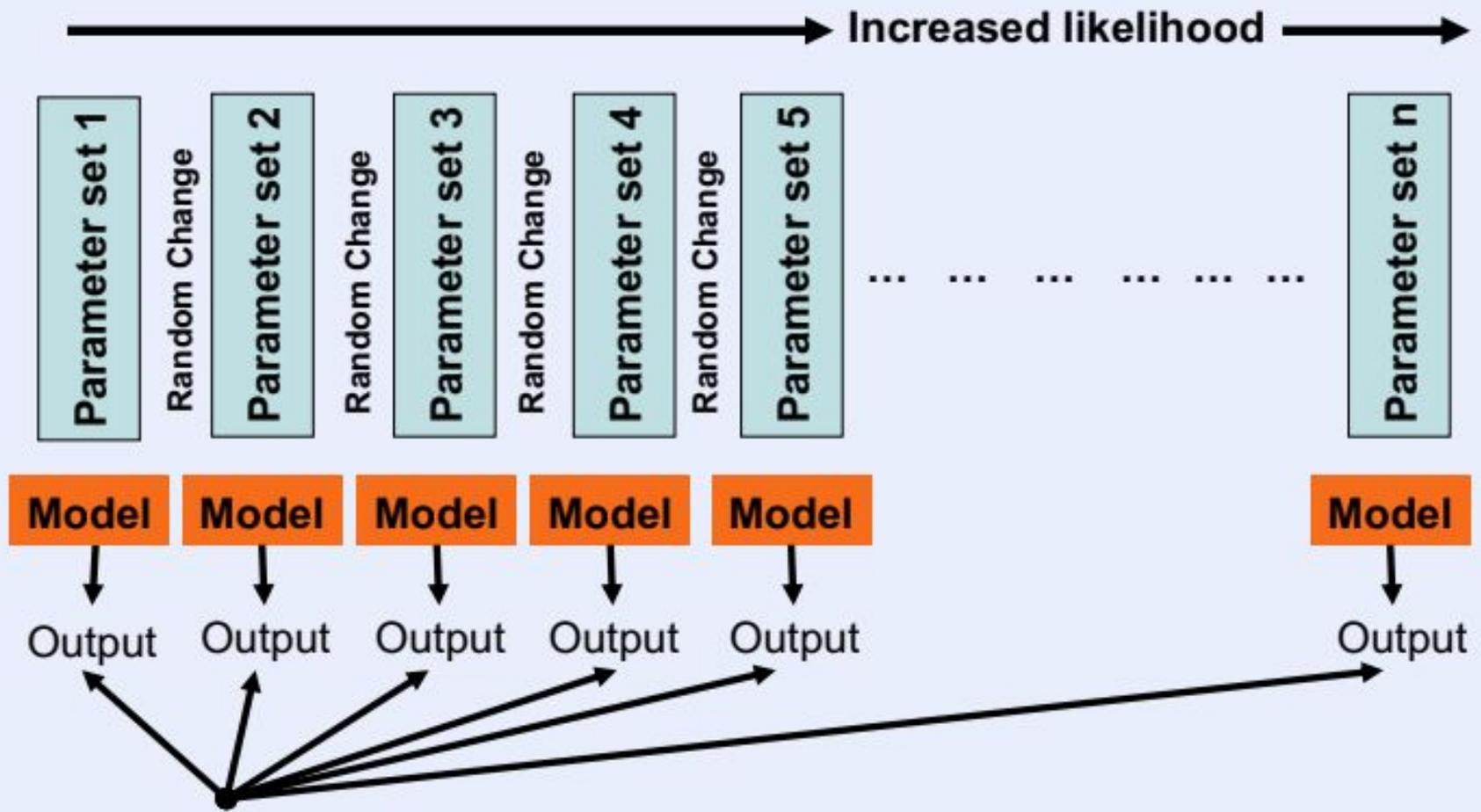
- Les paramètres ne peuvent pas être optimisés efficacement (paramètres d'effet des bords)
- Inadéquation entre le modèle et les données.
 - Le modèle des résidus ressemble-t-il à un autre processus ?



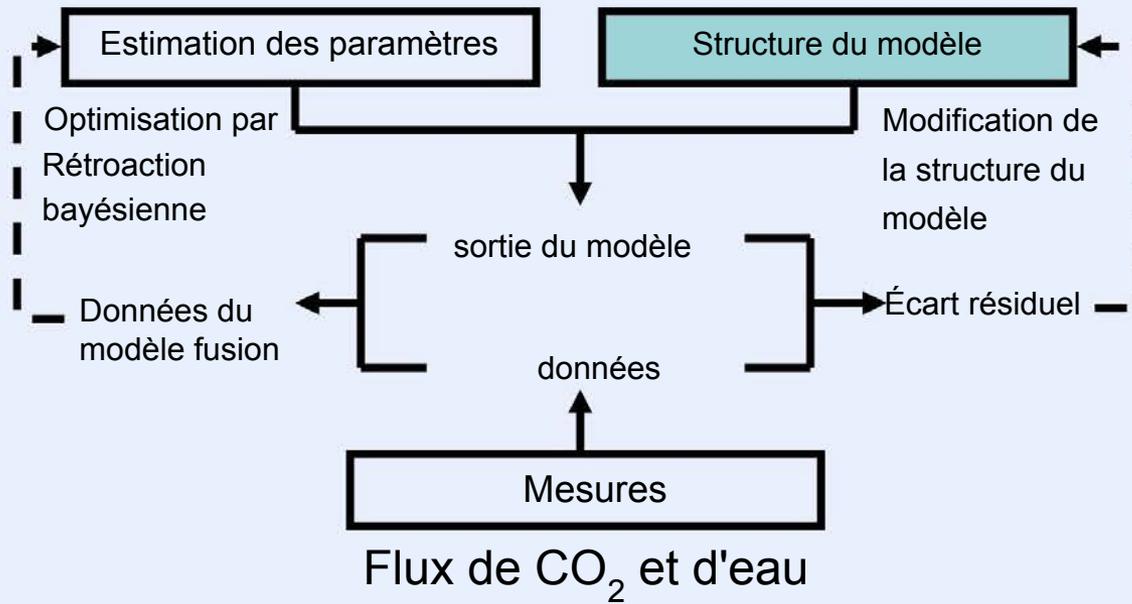
Variation de la structure du modèle

- Quelle est la meilleure façon de modéliser un processus ou un ensemble de processus ?
- Méthodes phénologiques (Harvard Forest Braswell et al 2005
– Richardson et al.)
- Variations dans la façon dont la respiration est modélisée
(Niwot Ridge, Sacks 2006, 2007)
- Cycle du carbone souterrain (Niwot Ridge, Zobitz et al. 2008)





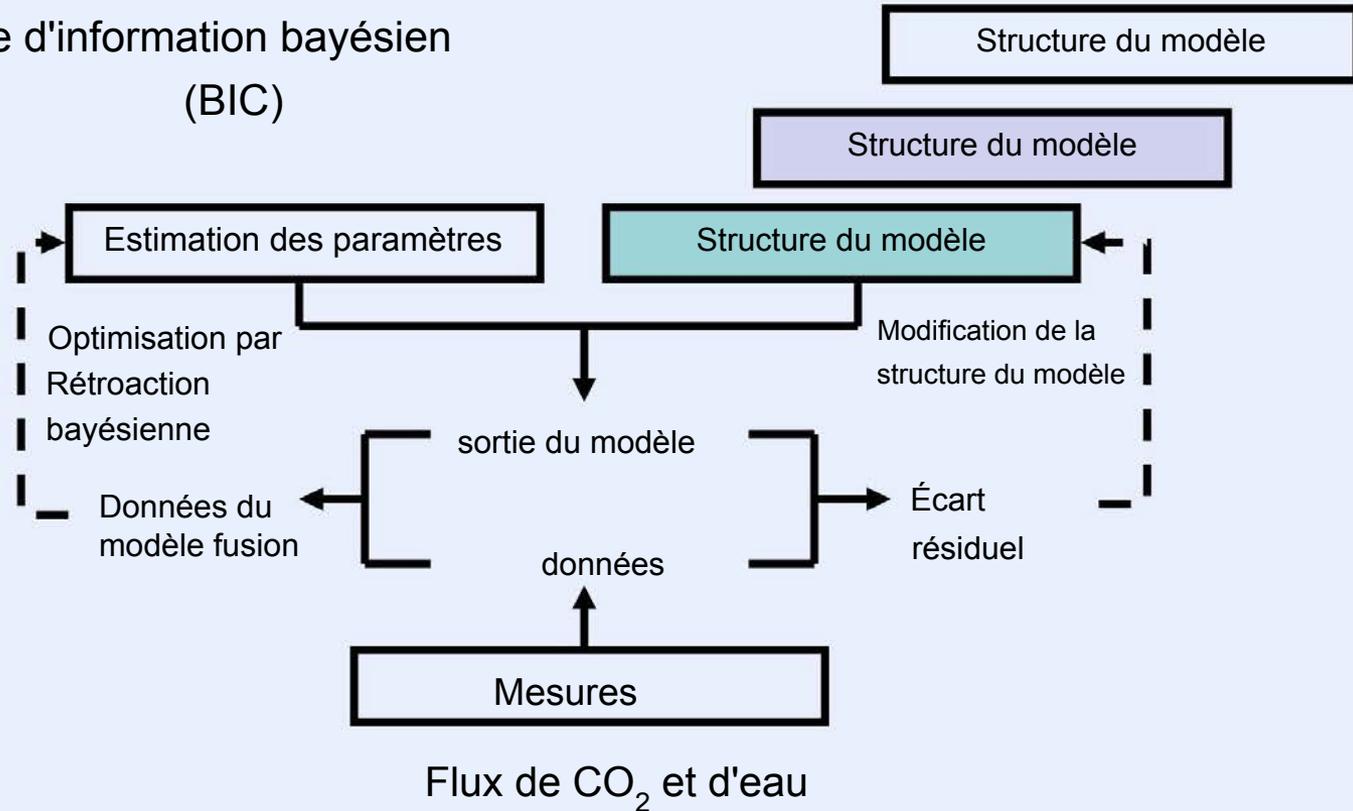
La sortie du modèle est comparée aux données de flux mesurées après chaque itération. Ensuite, un paramètre est modifié d'une quantité incrémentielle, le modèle s'exécute à nouveau et si la nouvelle sortie est plus adaptée, l'ensemble de paramètres est enregistré... après plusieurs milliers d'itérations, un ensemble de paramètres optimal est atteint



Comparer en utilisant le critère d'information.

Critère d'information bayésien

(BIC)



BIC (critère d'information bayésien) = $-2 \cdot LL + K \cdot \ln(n)$, où LL est le logarithme de vraisemblance, K est le nombre de paramètres libres et n est le nombre de points de données utilisés dans l'optimisation

BIC (critère d'information bayésien) =

$$-2 \cdot LL + K \cdot \ln(n)$$

où LL est le logarithme de vraisemblance, K est le nombre de paramètres libres et n est le nombre de points de données utilisés dans l'optimisation

Plus petit c'est mieux !

**Un nombre réduit de paramètres (libres) est
préférable**

Moins de points, c'est mieux



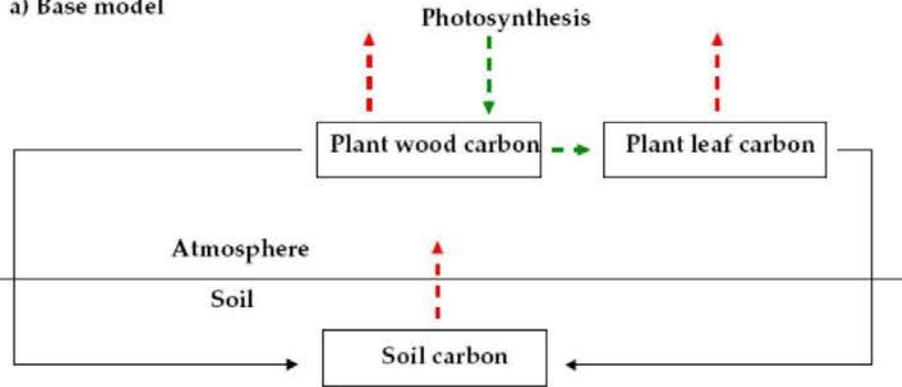
	Base modèle	Pas d'hiver arrêt du psn., foliaire resp.	Saisonnier RH	Bassin à litière supplémentaire	Humidité- RH indépendante
Meilleure vraisemblance logarithmique ^a	-2404,2	-2614,7	-2374.0	-2407.6	-2415.7
Erreur RMS ^b	0,555	0,597	0,550	0,556	0,558
# paramètres libres	32	31	35	35	32
BIC ^c	5063,4	5476,5	5027.0	5094.1	5086.4

Statistiques de comparaison des données du modèle issues de l'exécution de cinq versions de SIPNET en utilisant le meilleur ensemble de paramètres récupéré à partir de l'optimisation de chaque modèle. Voir le texte pour une description des variations du modèle.

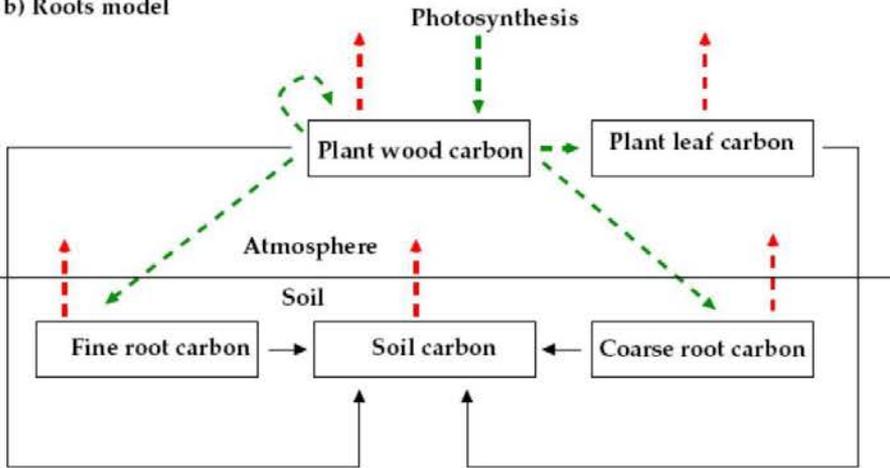
- (a) Des nombres plus grands (c'est-à-dire plus proches de zéro) signifient une plus grande probabilité.
- (b) Erreur quadratique moyenne en $g\ C\ m^{-2}$ sur un seul pas de temps.
- (c) BIC (critère d'information bayésien) = $-2 \cdot LL + K \cdot \ln(n)$, où LL est le logarithme de vraisemblance, K est le nombre de paramètres libres et n est le nombre de points de données utilisés dans l'optimisation (2894). Un BIC inférieur indique un modèle avec un plus grand support des données.

Trois structures de modèles pour gérer le cycle du carbone en dessous du sol

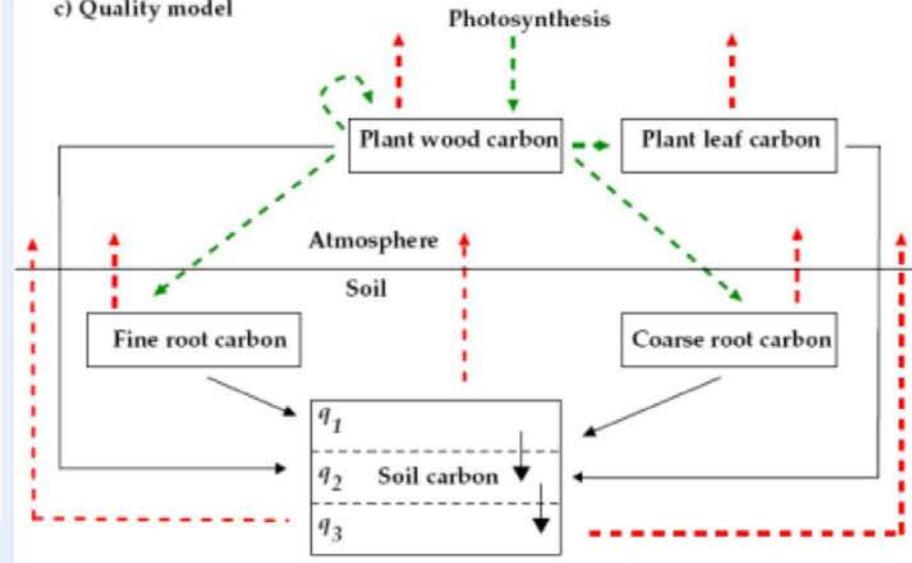
a) Base model



b) Roots model



c) Quality model



Le modèle est optimisé sur la base des trois premières années de données et utilisé pour prédire les années restantes

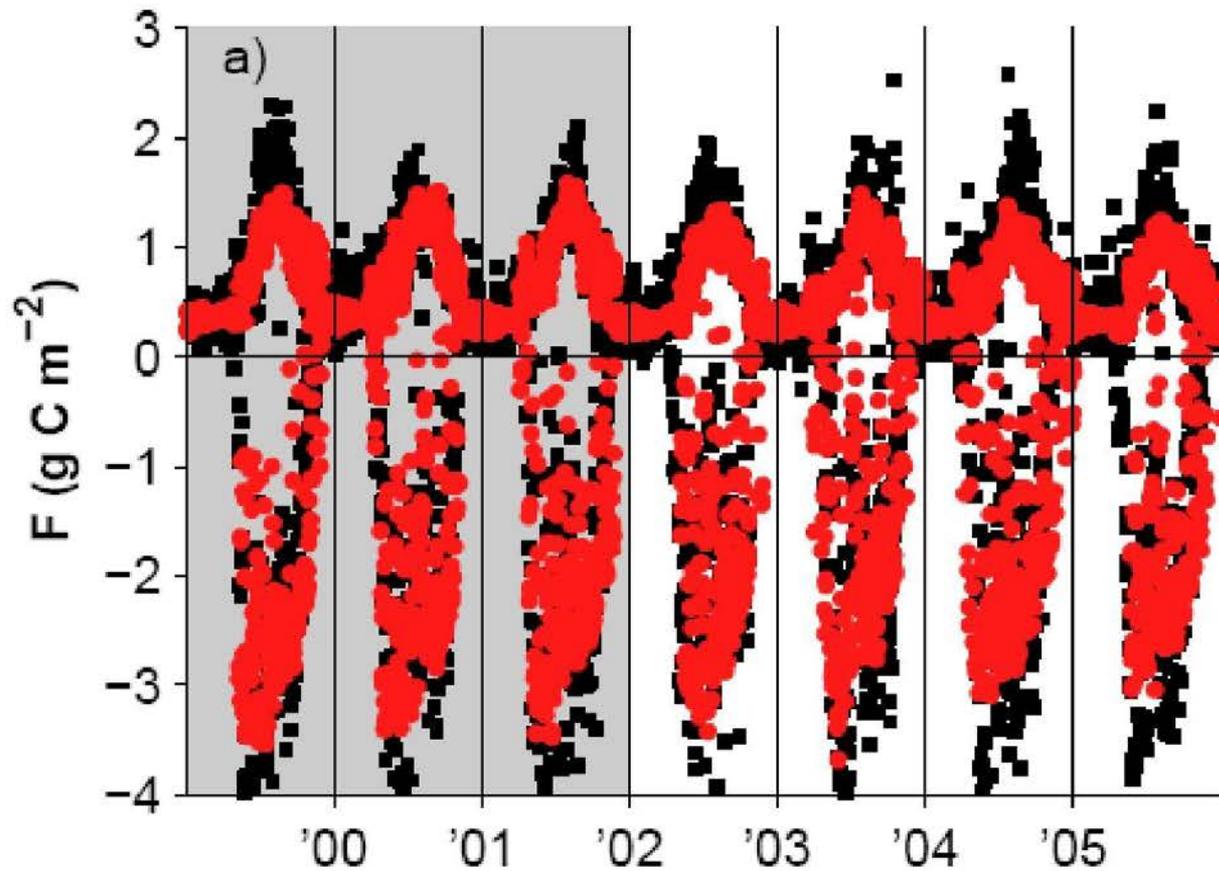


Table 4: Model comparisons using the optimized parameter set retrieved from each model run.

Model:	Base	Roots	Quality	Microbes
Log likelihood (LL):	-1462.5	-1437.8	-1423.7	-1634.7
Root mean square error:	0.45	0.44	0.45	0.48
Number of data points (n):	4463	4463	4463	4463
Number of parameters (M):	17	23	23	24
BIC [†] :	3068	3041	3069	3471

Validation data were used to calculate these values. The root mean square error is calculated from the squared difference between the measured and modeled difference for F and ET . (†): The Bayesian information criterion (BIC) equals $-2LL + M \ln(n)$. A lower BIC indicates a model with greater support from the data.

Le contraste entre le jour (psn) et la nuit (pas de psn) permet la séparation

Séparation de NEE dans GPP et Re

(Sacks et al. 2006, 2007)

Réponses du NEE aux changements de précipitations

(Moore et al. 2008)

La coordination saisonnière du GPP et de l'ET (obs) permet d'extraire une réponse raisonnable

Processus au-dessus et au-dessous du sol confondus dans les mesures basées sur des tours

Les données de flux à elles seules ne permettent pas de bien contraindre les processus du sous-sol (Zobitz et al 2008)

Le NEE ne limite pas les processus à long terme

Biomasse, respiration du sol, LAI, litière peuvent être utilisés pour contraindre différents paramètres dans le modèle

Richardson et al. 2010

Litières

LAI

Flux de sève

Respiration du sol

Diamètre
pour la biomasse

Nous devons également pouvoir
extraire des informations de ces données

Forêt de Howland

LAI

REMARQUE : Calibration / validation

litières

Biomasse ligneuse

NEE

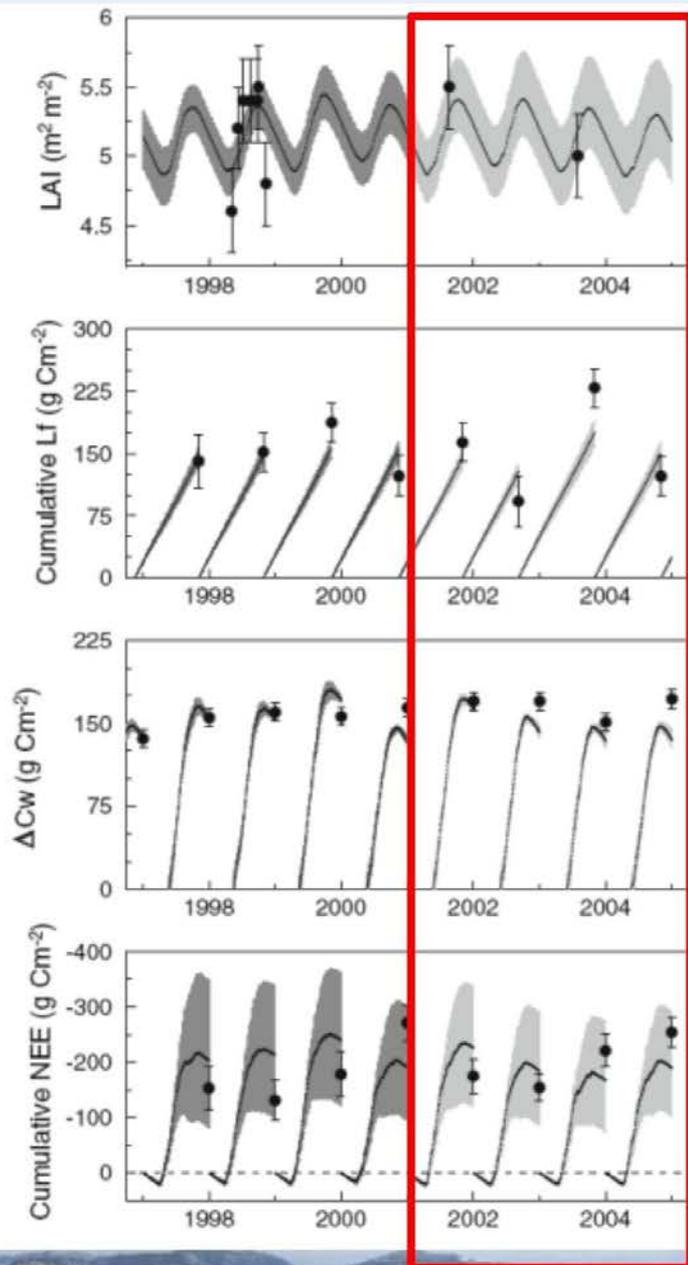


Fig. 4 Time series. Modeled leaf area index, *LAI*; litterfall, *L_f* (cumulative since last collection); annual woody biomass increment, ΔC_w ; and annual cumulative net ecosystem exchange, (*NEE*) of carbon, with uncertainties (90% confidence interval), for the Howland Forest. Modeling was conducted with the DALEC model, constrained (calibration period 1997–2000; validation period 2001–2004) with a variety of different data streams (Run 8 in Table 2); actual measurements are indicated by *filled circles*, with *error bars* indicating estimated measurement uncertainties. For observed cumulative *NEE*, the annual sum was estimated by gap-filling the 30-min eddy covariance record using a standard empirical model

Nous pouvons évaluer des modèles à plusieurs échelles de temps et en utilisant plusieurs ensembles de données

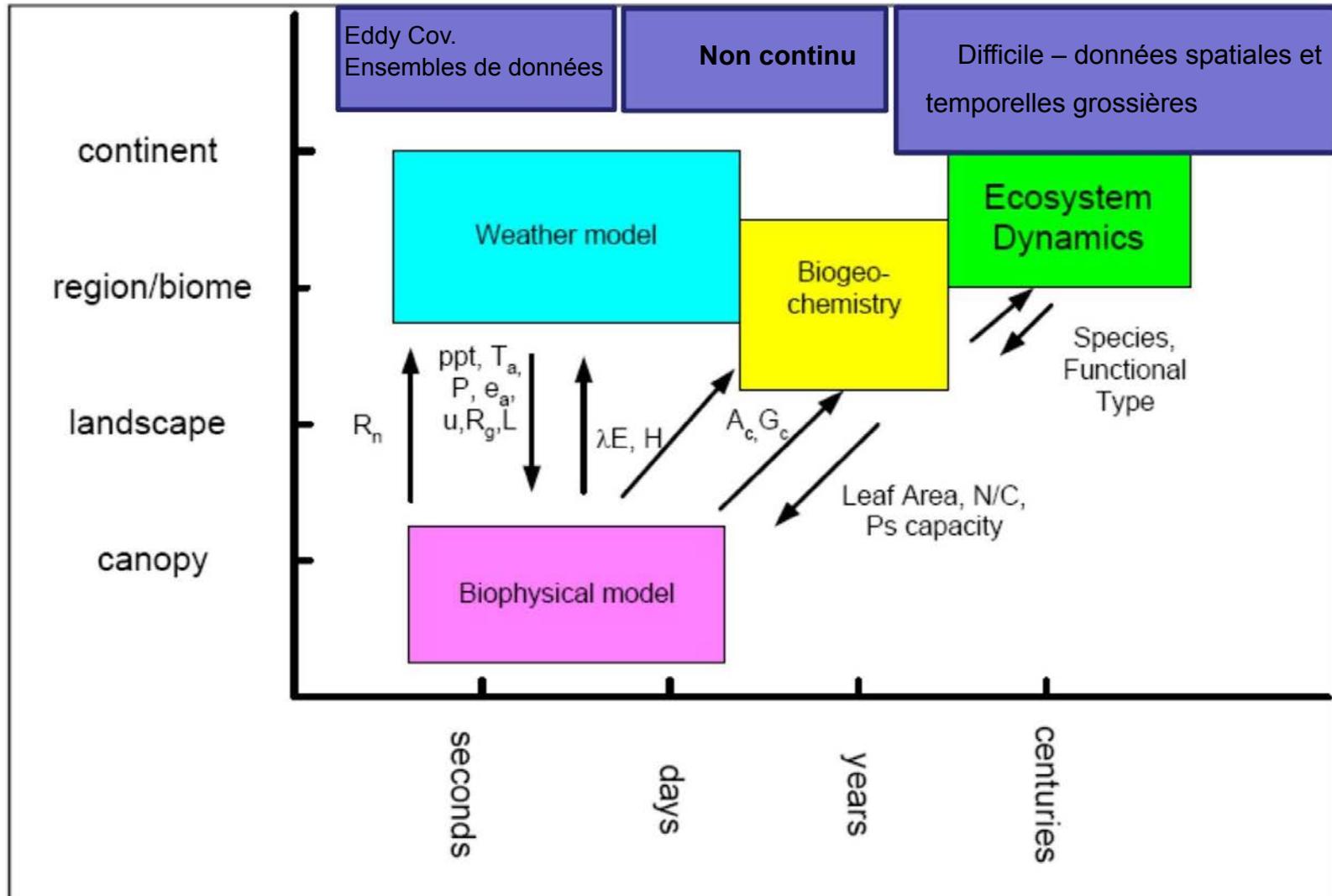
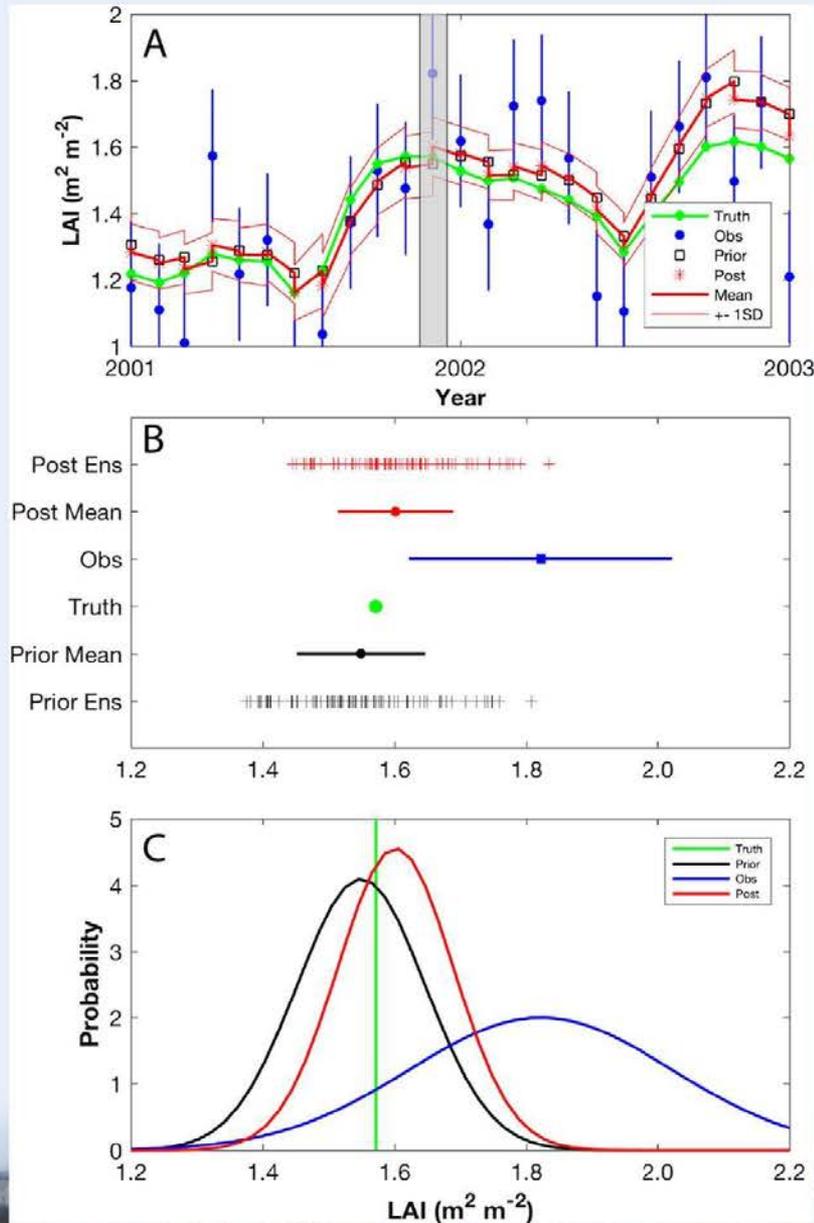


Diagramme modifié de : Dennis Baldocchi

RÉALISER L'ASSIMILATION DES DONNÉES AVEC UN MODÈLE DE SURFACE TERRESTRE

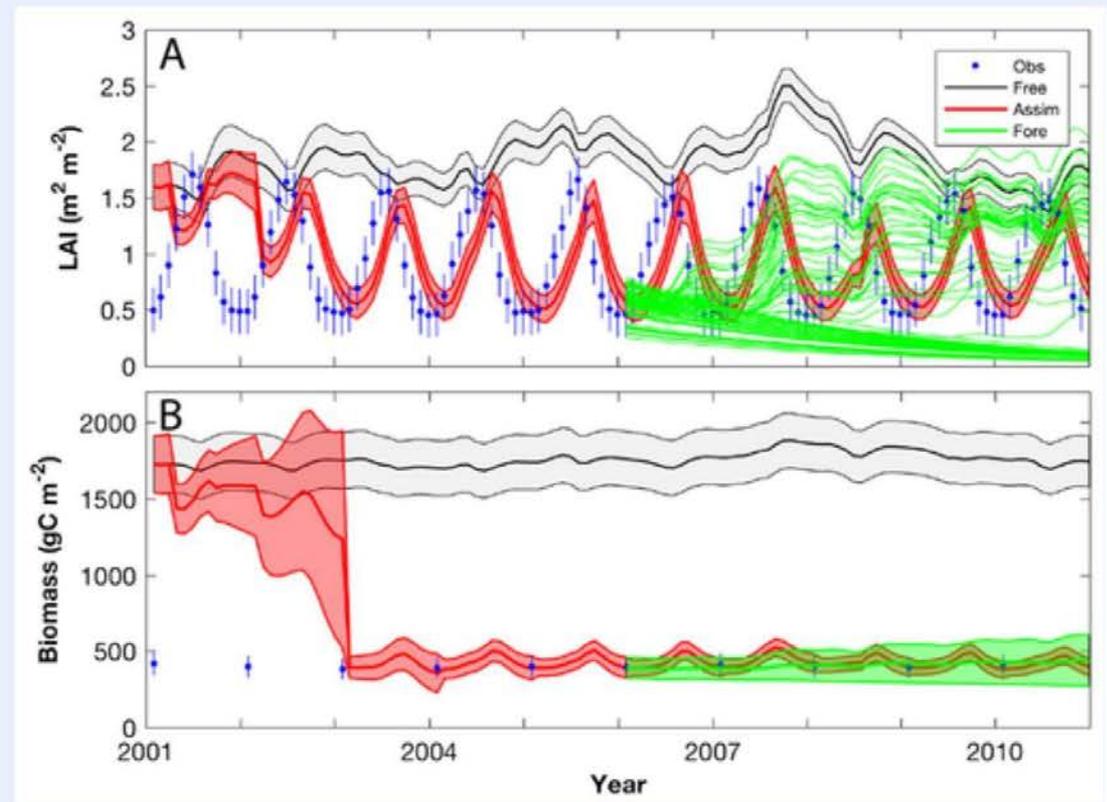
Fox, AM, Hoar, TJ, Anderson, JL, Arellano, AF, Smith, WK, Litvak, ME, ...
& Moore, DJ (2018). Évaluation d'un système d'assimilation de données pour les modèles de surface terrestre à l'aide de CLM4. 5. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 10(10), 2471-2494.





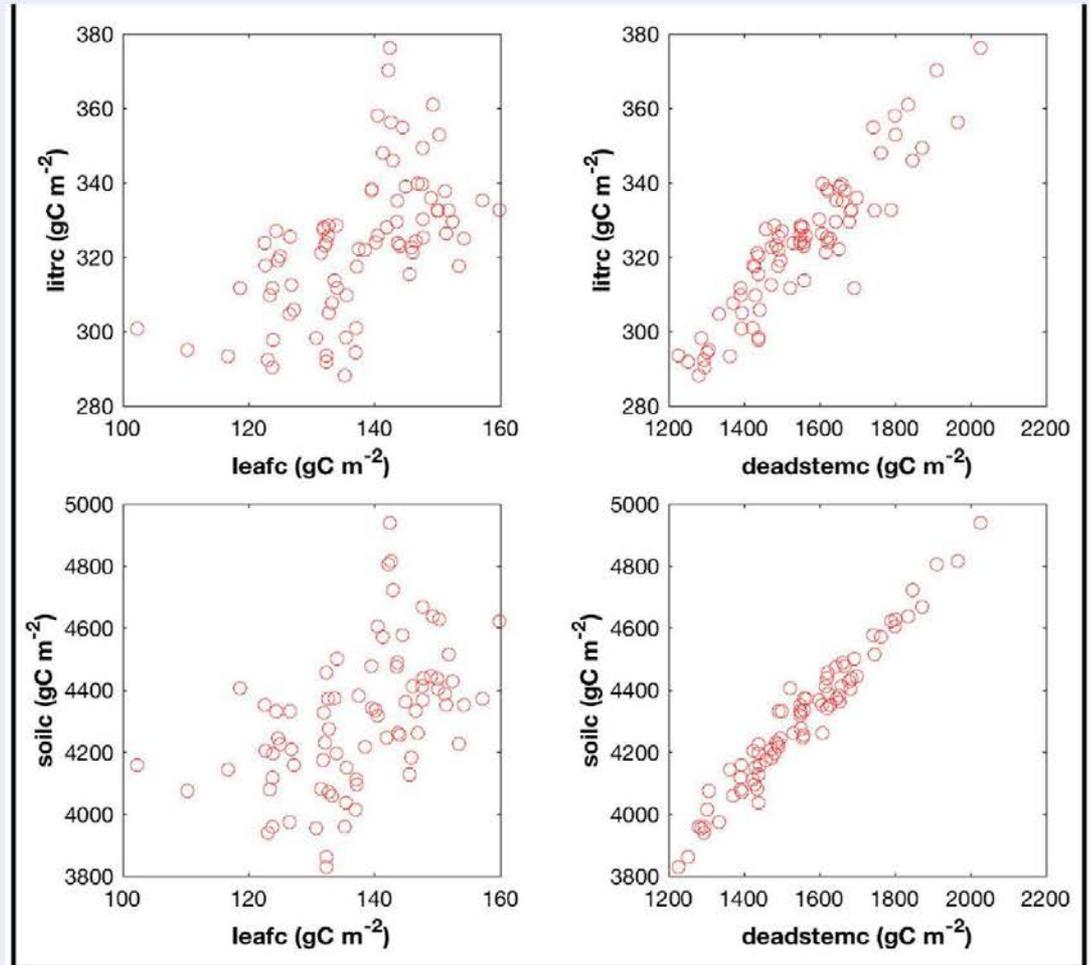
Nous avons assimilé LAI de MODIS dans CLM pour l'un des sites de Marcy à New Mexique

- Assimiler le LAI et la BIOMASSE montre que le modèle est assez biaisé (par rapport aux observations)
- L'assimilation supprime ce biais
- Nous pouvons ensuite examiner ce que le modèle devrait faire pour correspondre à la BIOMASSE et au LAI



- L'assimilation des observations de la surface foliaire dérivées des satellites nous permet d'estimer les quantités que nous ne POUVONS PAS observer

- Nous montrons ici le carbone de la litière et le carbone du sol que le modèle déduit en fonction de la corrélation entre le LAI (leafC) et la biomasse (deadstem)



VISEZ GRAND OU RENTREZ À LA MAISON !!!!

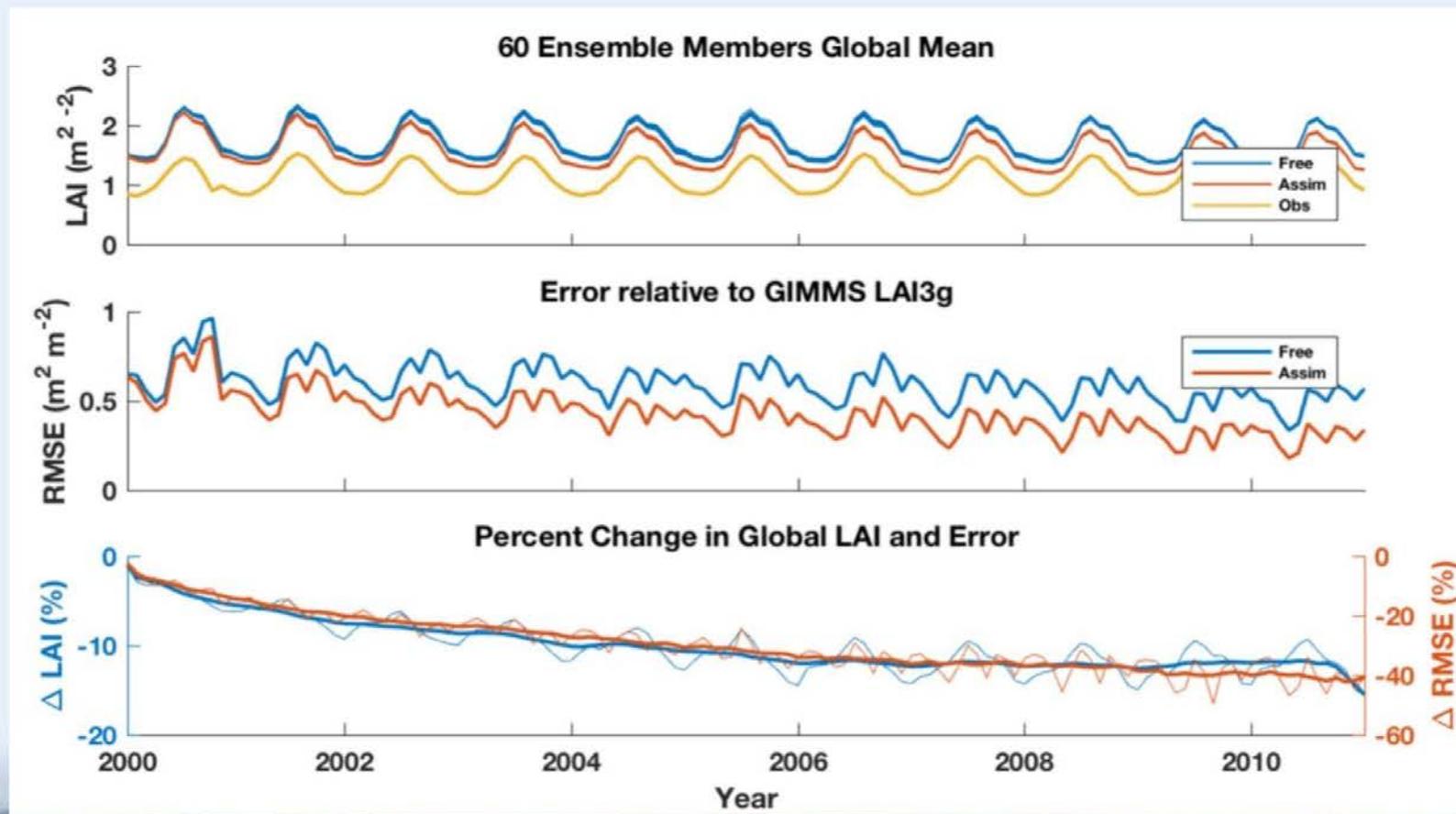
RÉALISER L'ASSIMILATION DES DONNÉES AVEC UN MODÈLE DE SURFACE TERRESTRE POUR LE GLOBE

Fox, AM, Huo, X., Hoar, TJ, Dashti, H., Smith, WK, MacBean, N., ... & Moore, DJ (2022)
L'assimilation des estimations de la surface foliaire mondiale par satellite réduit
l'absorption de carbone et la perte d'énergie modélisées par les écosystèmes
terrestres. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, e2022JG006830.

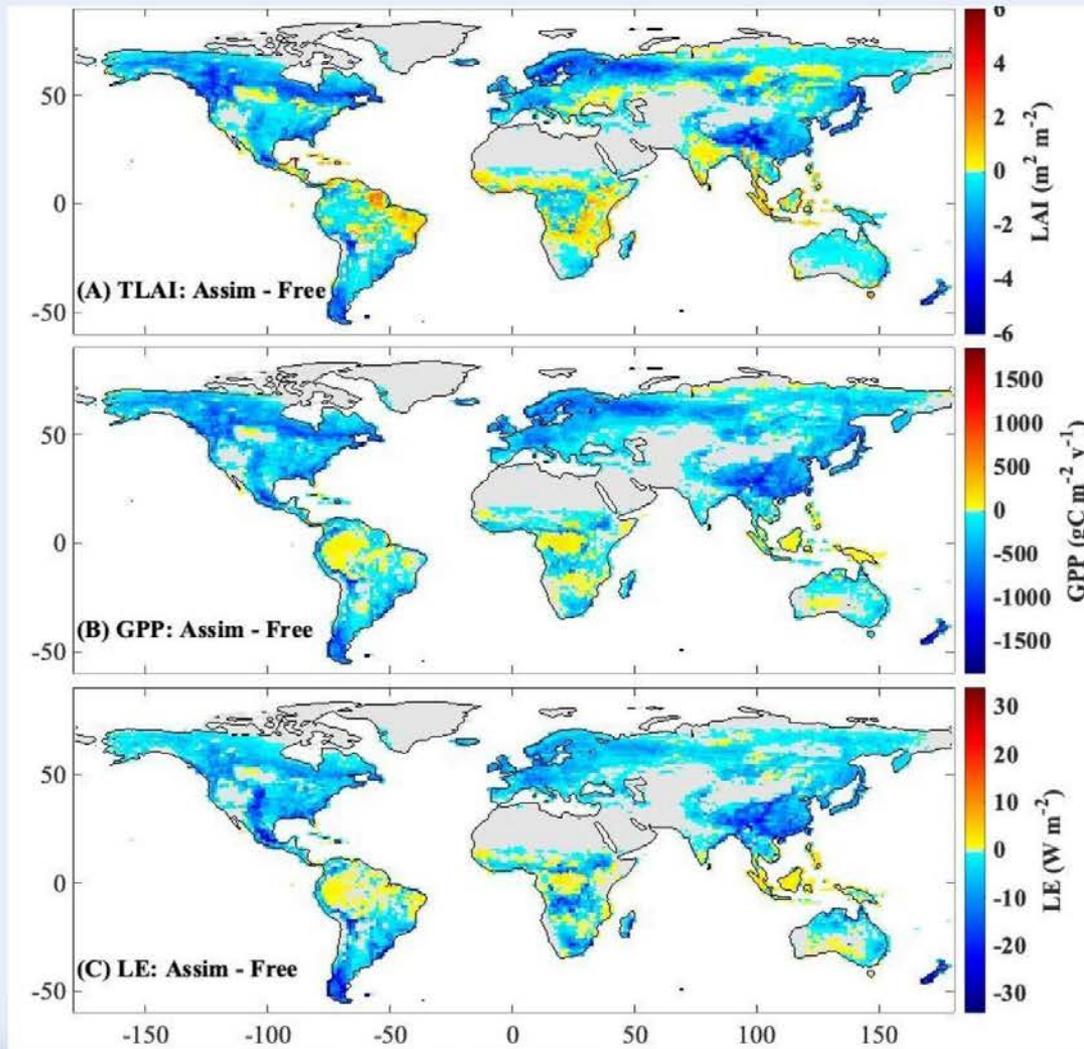


Assimilation des estimations globales de LAI (LAI3g)

- Nous pouvons également assimiler le LAI pour l'ensemble du globe et examiner les conséquences sur les flux



Assimilation des estimations globales de LAI (LAI3g)

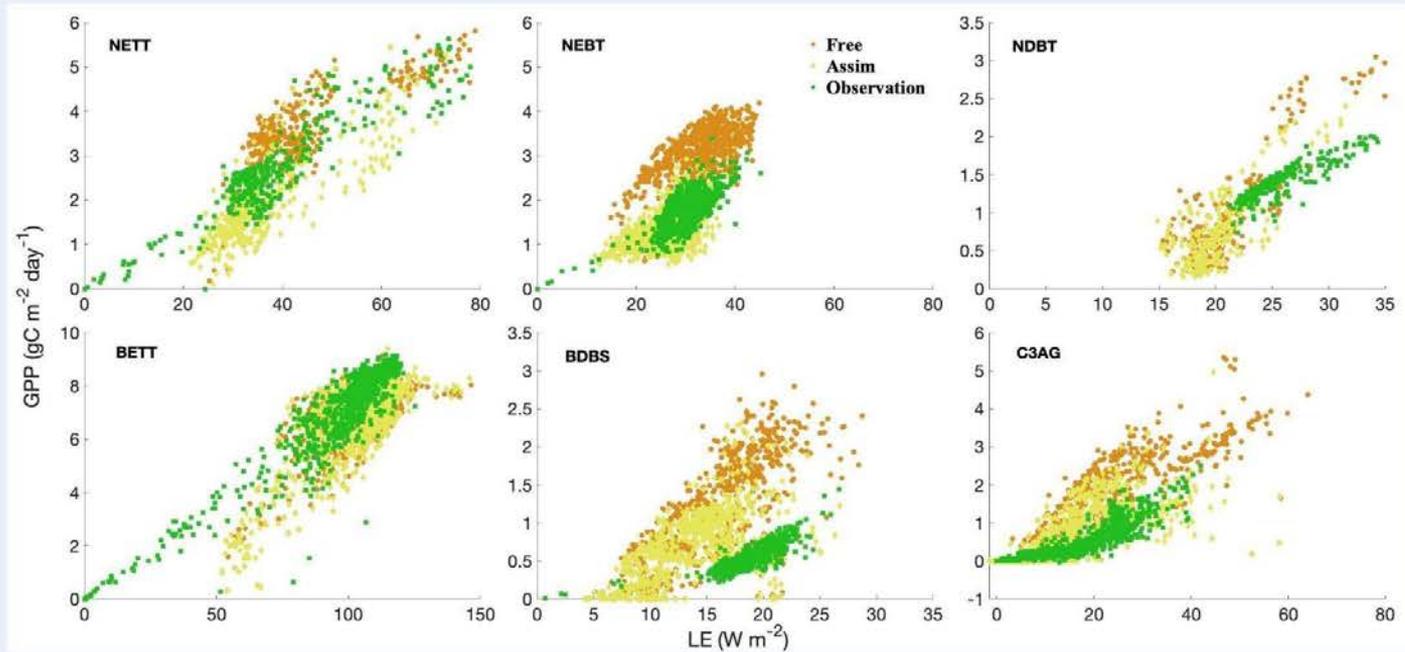


- L'assimilation des observations par satellite de la surface foliaire moyenne a réduit les estimations de l'indice foliaire de la feuille à partir du modèle de Community Land Model

Estimations de l'indice de surface foliaire à partir du modèle terrestre

- Cela a réduit les estimations mondiales de la production primaire brute de 18 % et du flux de chaleur latente de 6 %, améliorant ainsi l'ajustement aux ensembles de données indépendantes.

Assimilation des estimations globales de LAI (LAI3g)



Suggestions selon lesquelles le CLM par défaut est mal paramétré

Relations

GPP vers LE pour certains types de plantes

Pour vérifier la crédibilité des résultats, nous comparons les flux dans CLM avec le produit FLUXCOM – cela nous permet de comparer les flux à

la bonne échelle – cependant, nous devons être conscients que la procédure de mise à l'échelle a introduit de nouveaux facteurs ! Peut-être y a-t-il une certaine circularité ici !

CLM est-il trop simple ?

NOUS POURRIONS JUSTE GARDER

**L'AJOUT DE PROCESSUS POUR
TOUJOURS – FAIRE PLUS COMPLEXE ET
PLUS DE MODÈLES ENCOMBRANTS
N'EST PROBABLEMENT PAS UNE BON
IDÉE**



Il existe une idée fausse selon laquelle les modèles se contentent d'absorber des données et de produire des informations.

Bien que cela se soit déjà produit dans le passé, nous pensons que c'est préférable d'avoir une approche plus intégrée

The Illusion:

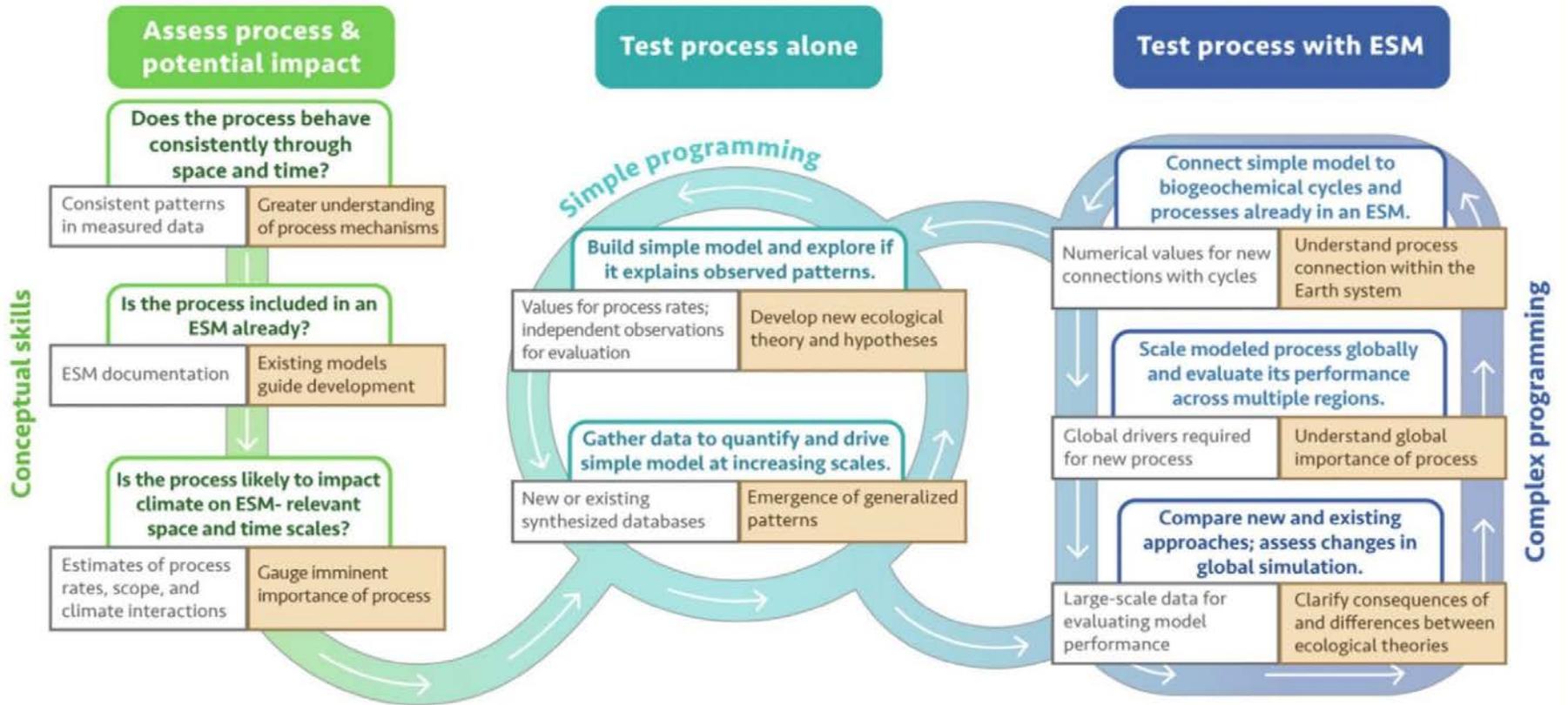


À l'ancienne !

The Illusion:



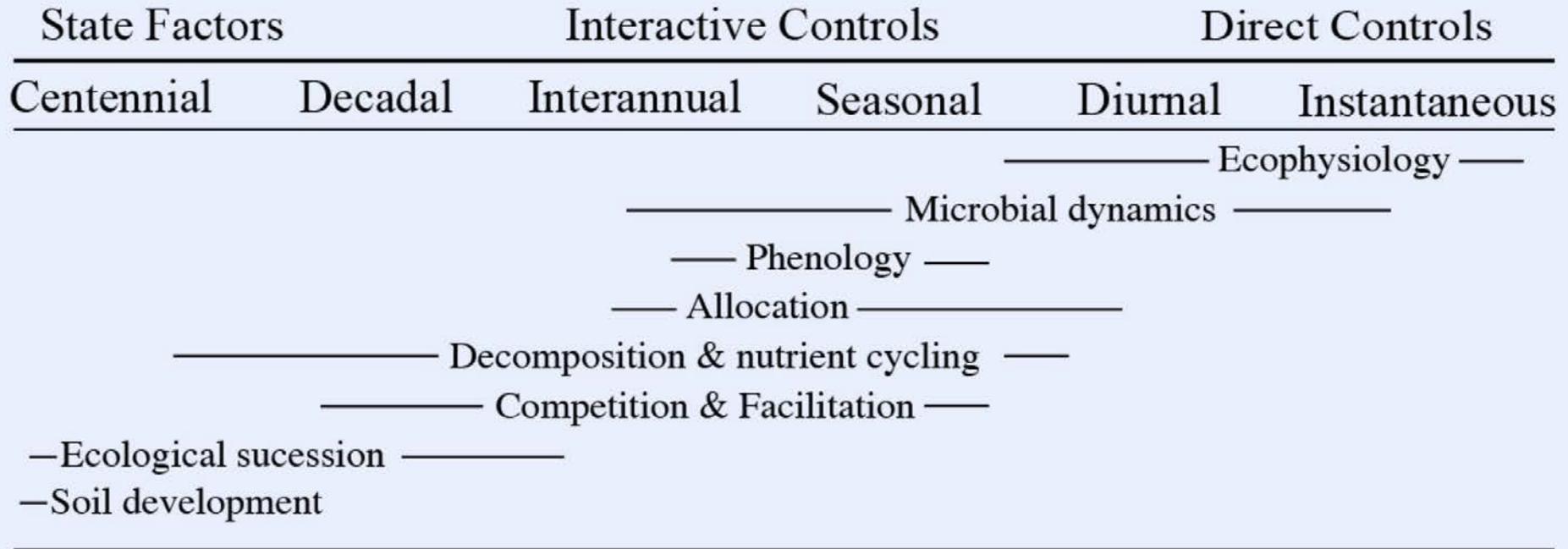
The Reality:



Critères d'ajout de nouveaux processus aux modèles du système terrestre

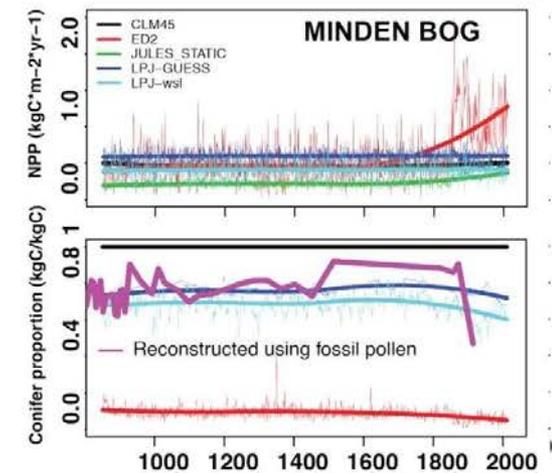
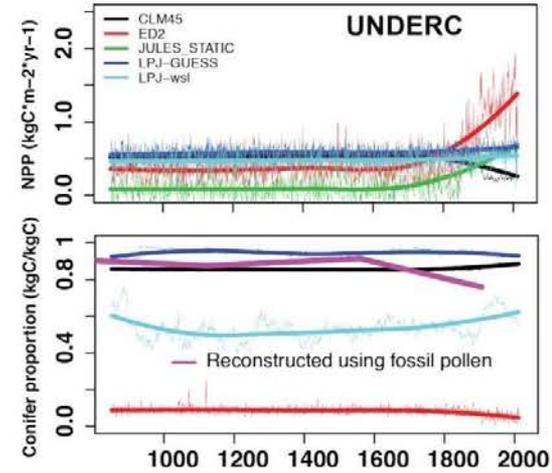
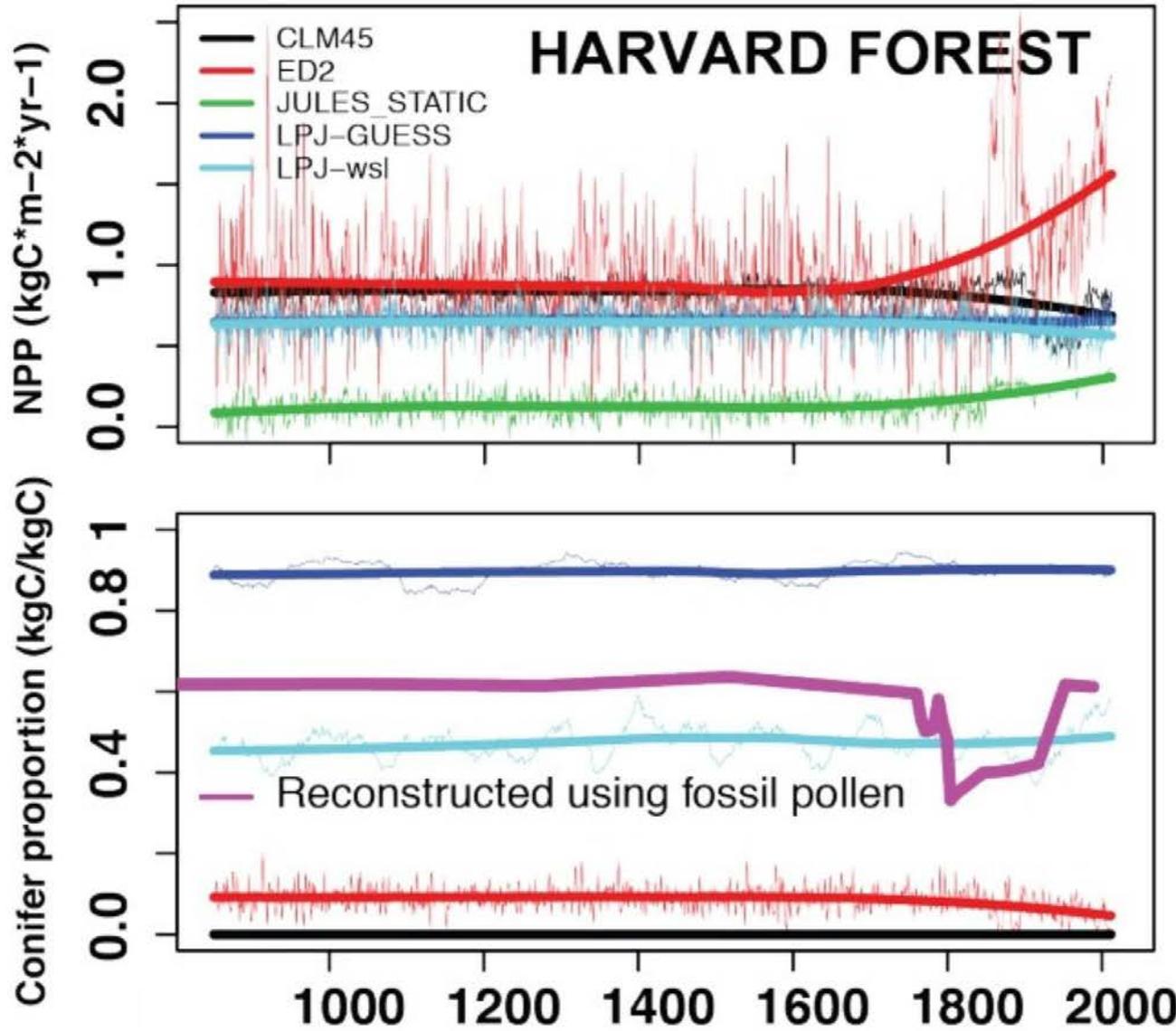
- 1) De nouveaux processus écologiques devraient influencer le climat de la Terre à grande échelle ou le processus devrait entraîner des changements dans le bilan carbone, hydrique ou d'énergie des écosystèmes.
- 2) Aucun nouveau processus ne peut exiger du modèle plus que ce que celui-ci peut actuellement fournir. Par exemple, la lixiviation de nutriments ne peut pas être ajoutée à un modèle sans cycle de nutriments.
- 3) Il devrait y avoir une compréhension suffisante du processus et des données pour tester le processus à l'échelle mondiale ; l'ajout d'une théorie mal établie ou d'une théorie qui ne peut pas être vérifiée de manière indépendante entraînera un biais potentiellement grave et non quantifiable.
- 4) les nouveaux processus doivent être régis par des mathématiques qui sont à la portée de notre capacité de calcul actuelle
- 5) il doit y avoir une communauté de chercheurs dédiée pour développer, tester et maintenir le processus dans le modèle.

Quelques processus candidats du modèle de surface terrestre à étudier



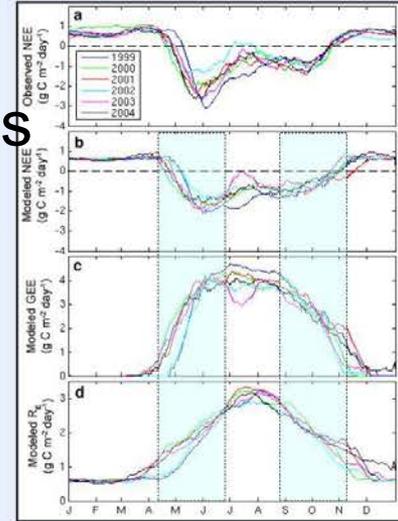
Lors de l'étude des flux, la compréhension écologique est très utile.

Dynamique de la végétation à long terme



Quelques points à retenir

- Des estimations défendables de GPP et de R_{tot} peuvent être extraites de NEE, bien que certaines valeurs extrêmes soient manquées (erreurs ?)
- Nous pouvons obtenir la bonne réponse pour les mauvaises raisons !
- Les ensembles de données uniques ne peuvent contraindre que certains des paramètres et peuvent conduire à des résultats erronés.



Quelques points à retenir

- Tous les modèles n'ont pas besoin d'être complexes : nous devons réfléchir soigneusement aux processus que nous devons ajouter
- Nous pouvons assimiler les ÉTATS comme le LAI et la biomasse et ensuite examiner quel est l'impact sur les flux
- Nous pouvons réaliser cette mission au niveau du site, au niveau régional ou au niveau mondial.

