



CALIBRER L'INTERCEPTION DE LA LUMIÈRE PAR MODÉLISATION INVERSE POUR PRÉDIRE LA CROISSANCE DES ARBRES

Rencontres FOREM 22-24 mars 2022

Capucine Hémonnet-Dal



Interreg
Grande Région | Großregion



Projet financé par les départements régionaux et régionaux de la Grande Région



01 État des lieux

Divers types de forêts
Comprendre leurs dynamiques
Besoin d'outils

02 Prédire la croissance des arbres

Samsara2 : Les hypothèses
La lumière en jeu avec SamsaraLight
LAD

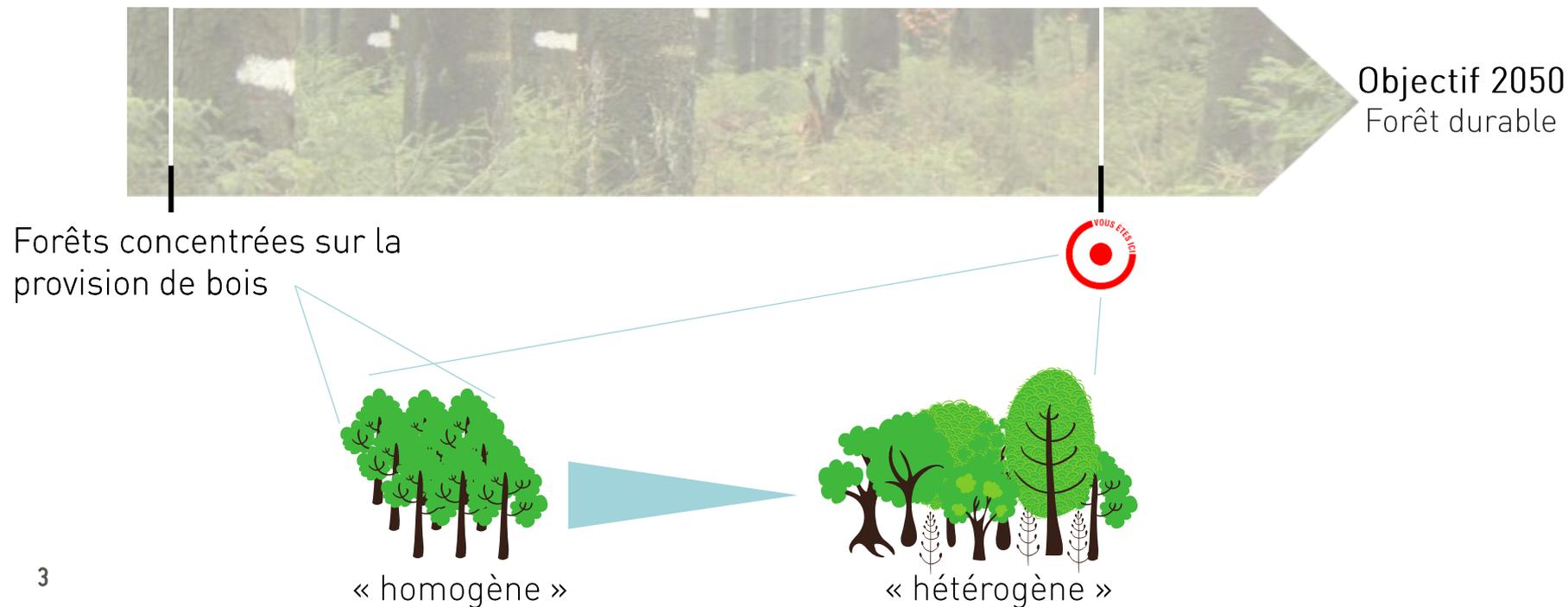
03 Calibration de l'interception de la lumière

Principes de modélisation inverse
Peuplements étudiés
Données disponibles

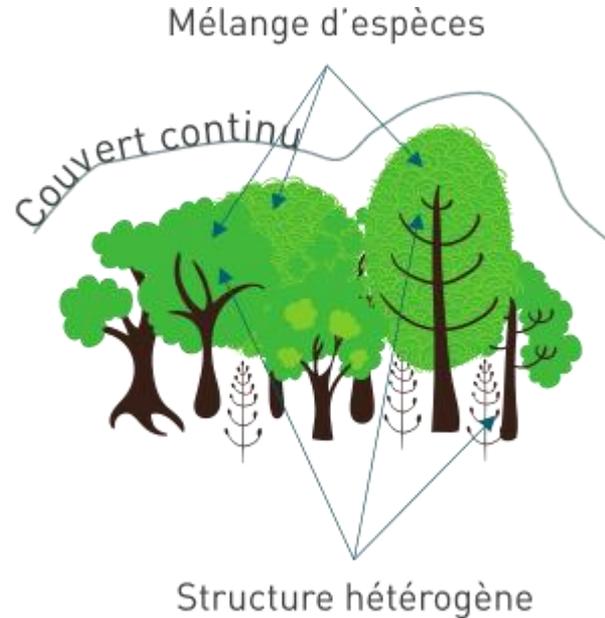
04 Perspectives

Bilan hydrique : une hypothèse supplémentaire
Couplage Régé – Samsara2

Depuis les années 80 : Demande croissante de forêts résilientes

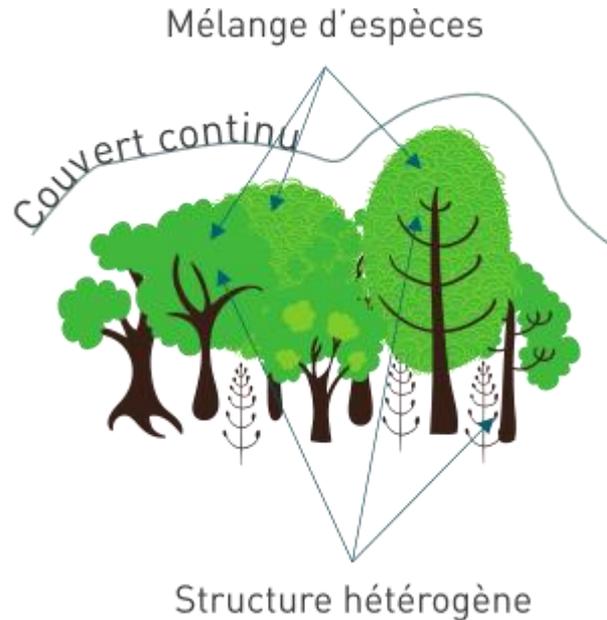


Comprendre les dynamiques des forêts mélangées / hétérogènes



Chaque peuplement est unique

Comprendre les dynamiques des forêts mélangées / hétérogènes



Quel effet a la **structure** sur la **compétition** ?

Comment sont distribuées les ressources ?

- Même effet le long du gradient de structure?
- Comment traduire ça statistiquement ?

Le simulateur Samsara2 : adapté aux forêts hétérogènes



Capsis

Computer-aided projection of strategies in silviculture

Modèles « simples et efficaces »

Déjà validé pour des peuplements hétérogènes

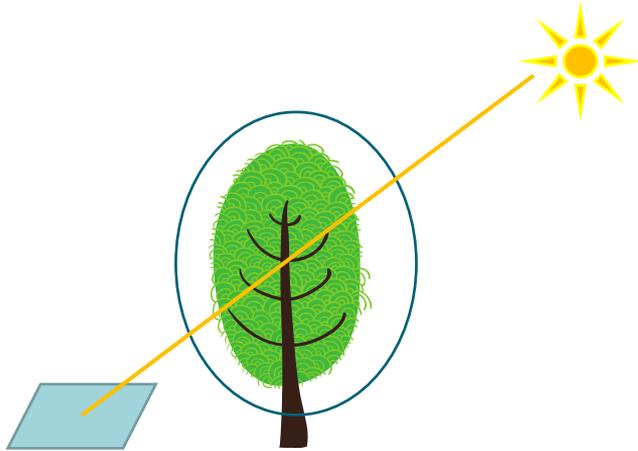
Individu centré spatialement explicite

Calibré pour des forêts irrégulières et mélangées (dans les alpes)

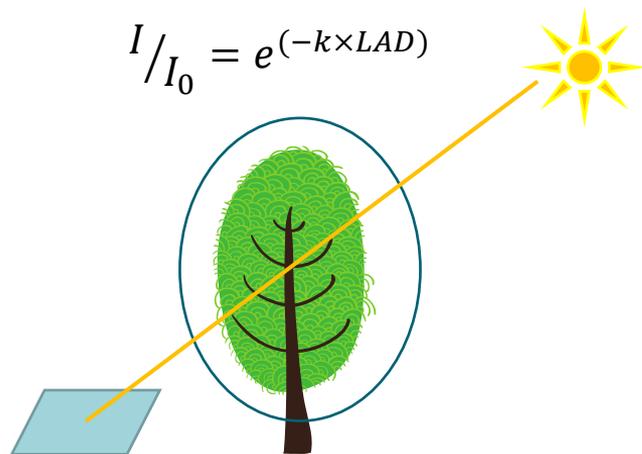


Hypothèse principale : la lumière

La dynamique forestière dépend surtout de la quantité de **lumière** interceptée par les arbres...



Hypothèse principale : la lumière



La dynamique forestière dépend surtout de la quantité de **lumière** interceptée par les arbres...

... Et la lumière dépend de l'architecture du houppier

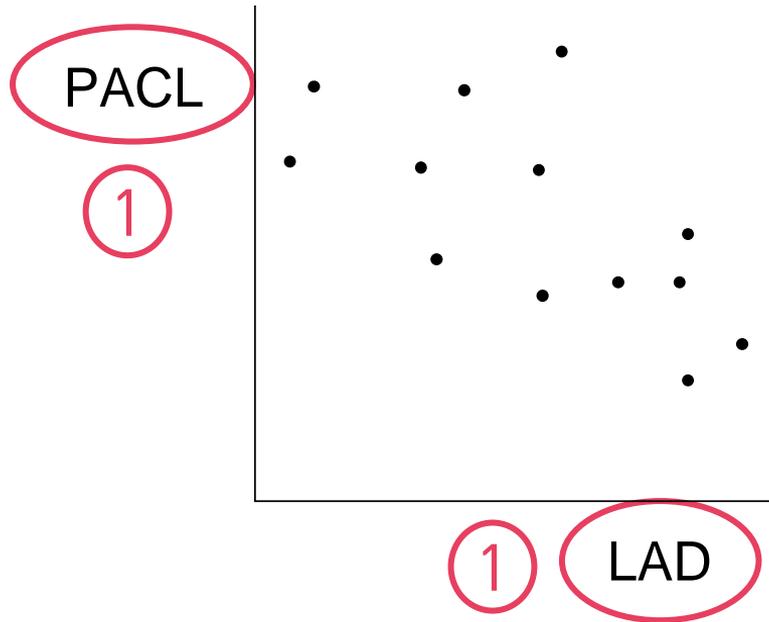
LAD : m² de feuilles / m³ de houppier



Varie

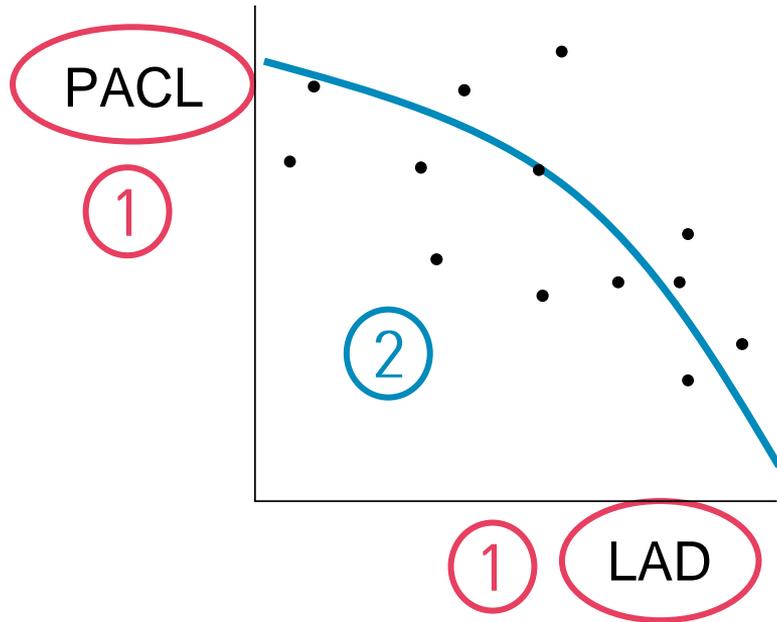
- Entre espèce
- Au sein d'un individu

Modélisation **classique** d'un phénomène



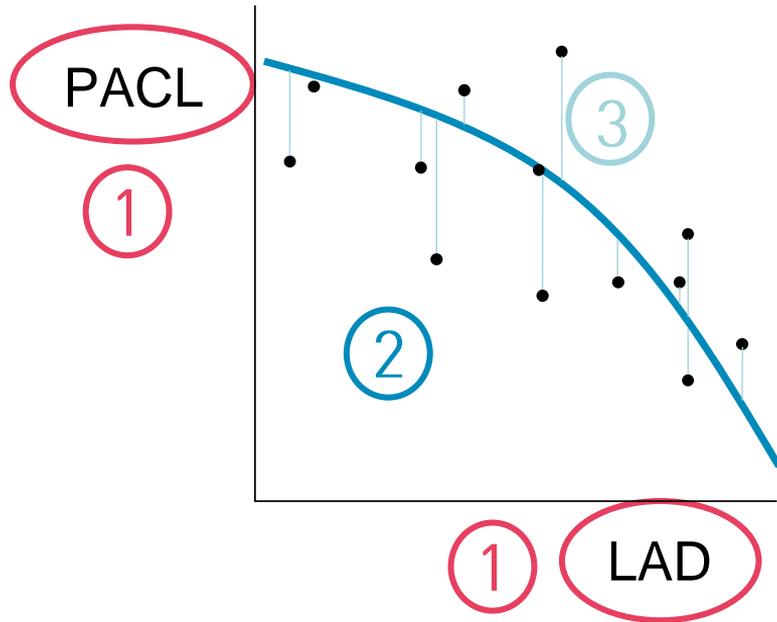
① Mesure des variables
(dans un monde idéal...)

Modélisation classique d'un phénomène



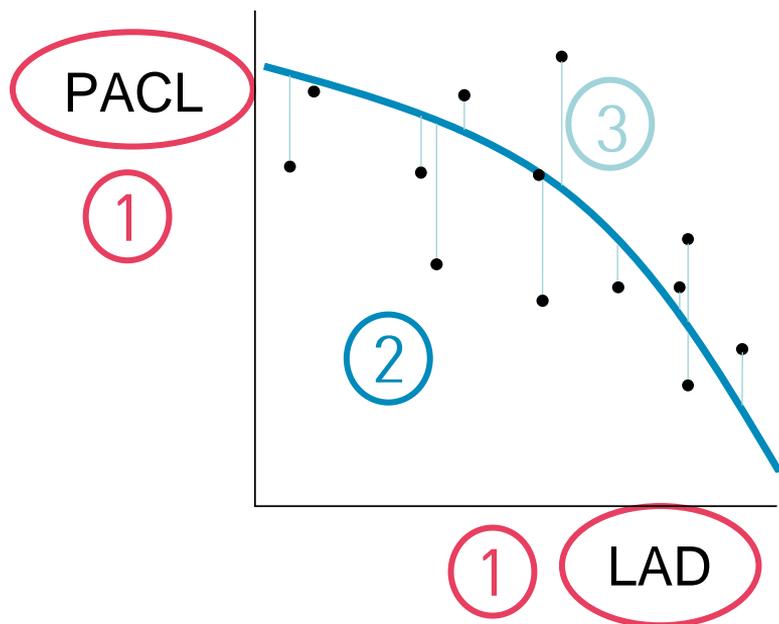
- ① Mesure des variables
- ② Ajustement d'un modèle

Modélisation classique d'un phénomène



- 1 Mesure des variables
- 2 Ajustement d'un modèle
- 3 Étude de la distribution des résidus : est-elle extraordinaire ?

Modélisation classique d'un phénomène

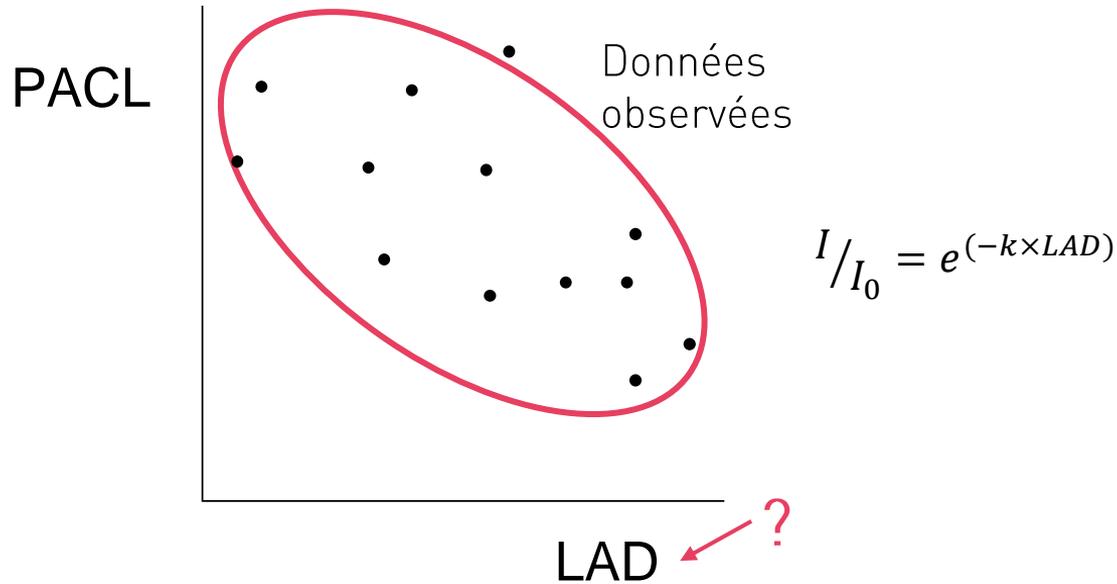


- 1 Mesure des variables
- 2 Ajustement d'un modèle
- 3 Étude de la distribution des résidus : est-elle extraordinaire ?

THE QUESTION:

Quelle est la **probabilité** d'avoir cette **distribution** en supposant ce modèle ?

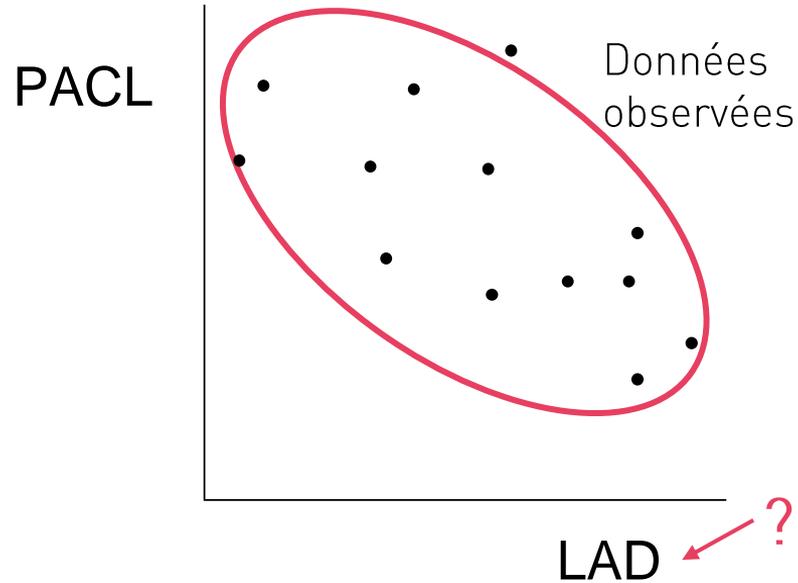
Modélisation **inverse** pour calibrer l'interception de la lumière



THE QUESTION:

Quelle est la **probabilité** d'avoir ces valeurs initiales de LAD, au vu des données observées ?

Utilisation du théorème de Bayes



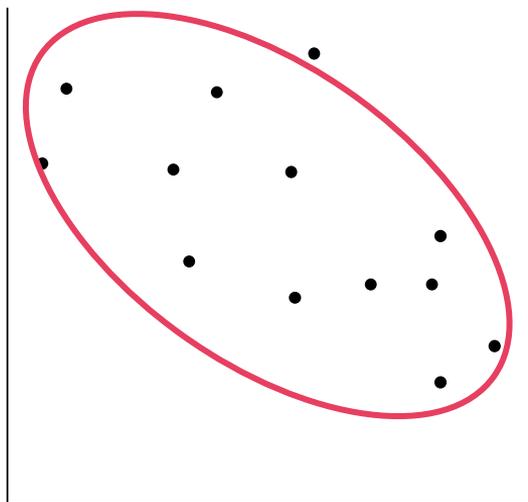
Cette démarche est l'entrée de la pensée Bayésienne

THE QUESTION:

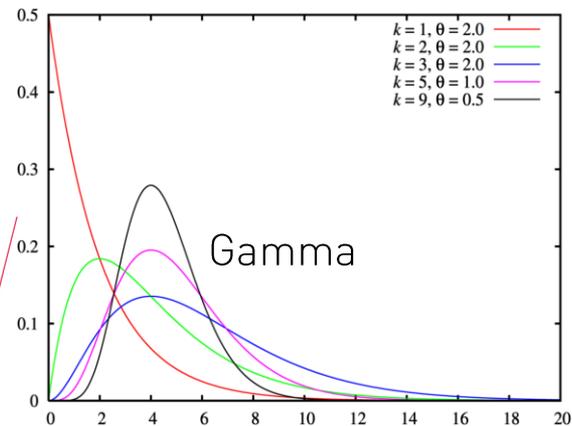
Quelle est la **probabilité** d'avoir ces valeurs initiales de LAD, au vu des données observées ?

Utilisation du théorème de Bayes

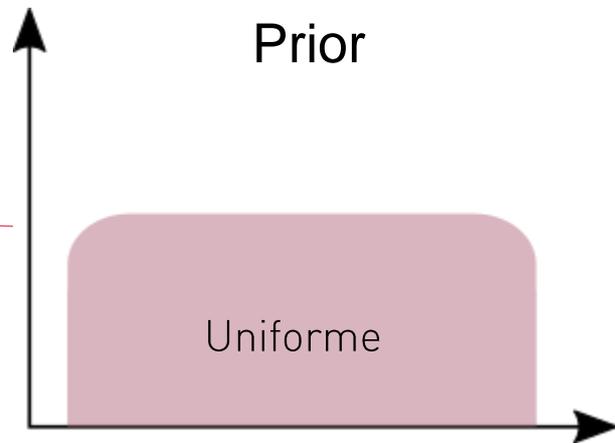
PACL



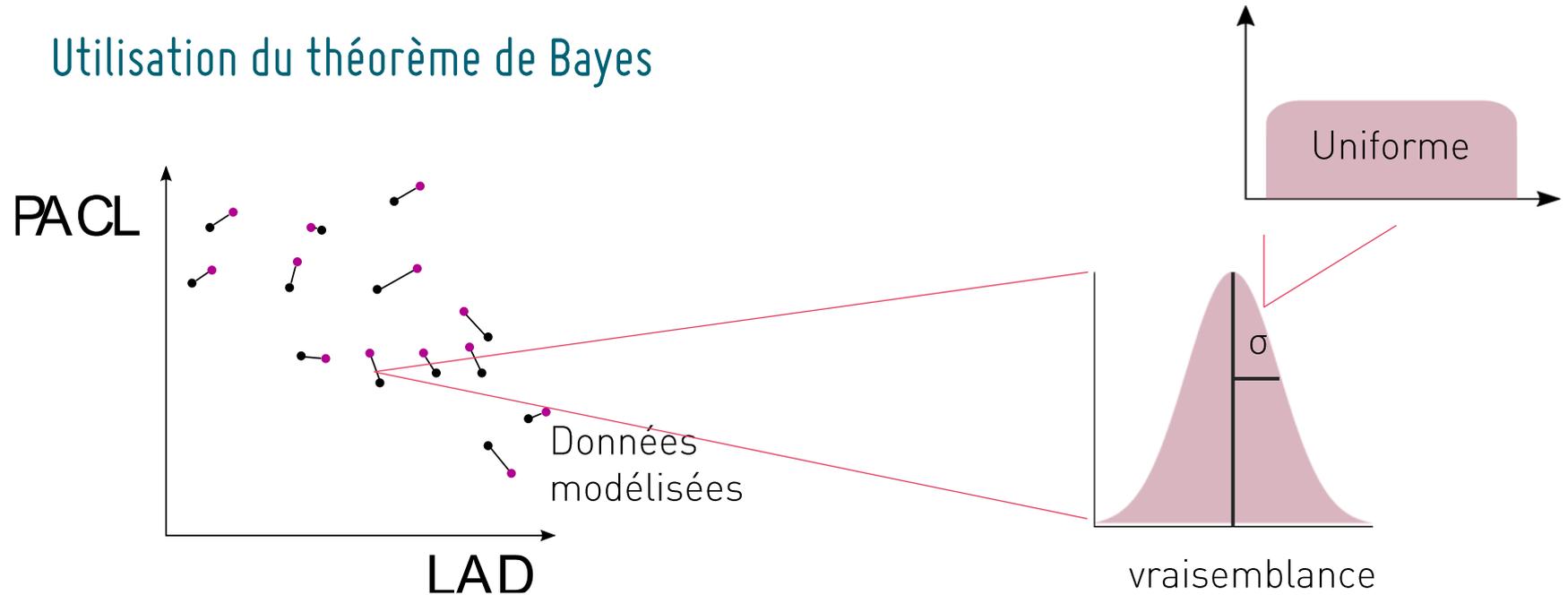
LAD *← Pas de mesure. A priori ?*



Prior



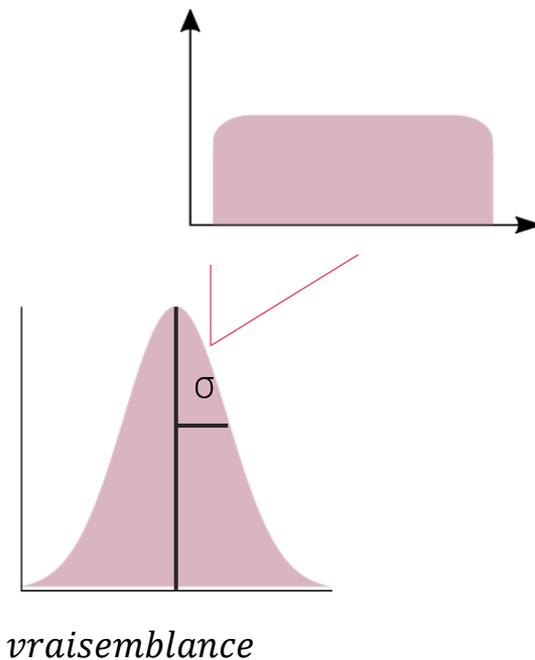
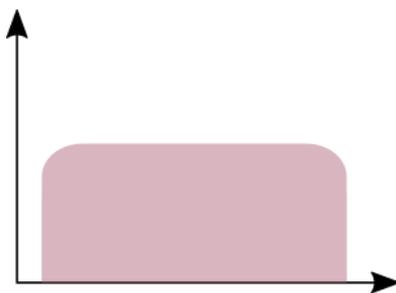
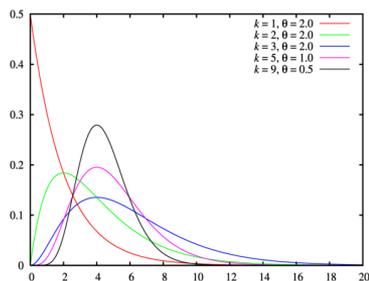
Utilisation du théorème de Bayes



La distribution des écarts-types des résidus est aussi soumise à des *a priori*

Utilisation du théorème de Bayes

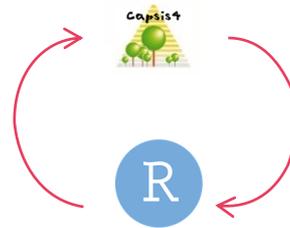
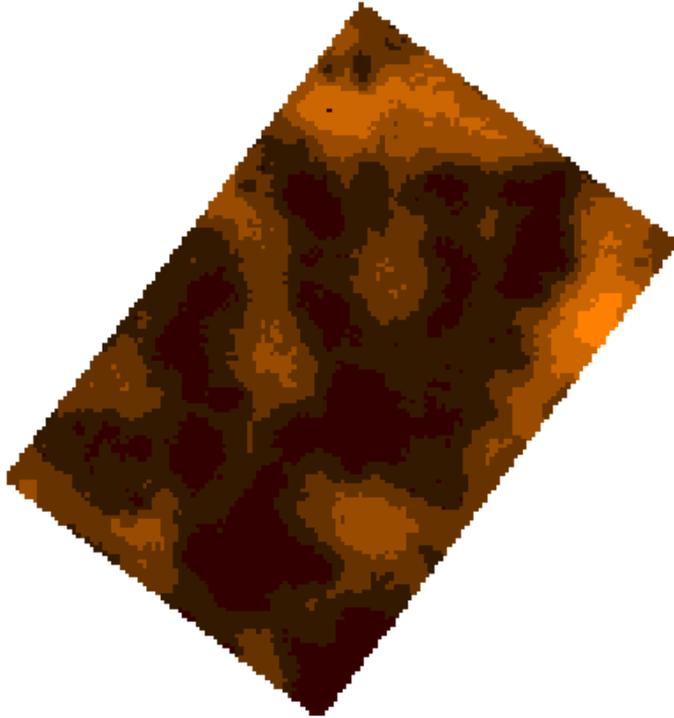
$$\text{posterior} = \text{prior} \times \text{vraisemblance}$$



prior



Concrètement, on fait comment ?



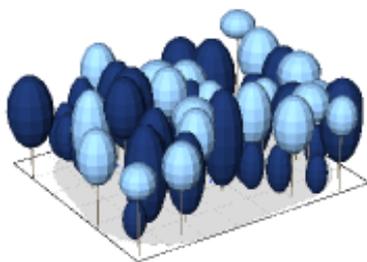
Capsis

- SamsaraLight, RCapsis & J4R
- Connexion R et Capsis, utilisation de classes et d'objets java dans R

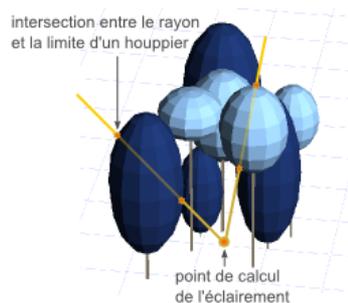
BayesianTools

- Modélisation inverse et paramétrisation bayésienne

Ce dont on a besoin...



Peuplements spatialisés,
Différentes espèces, différents
peuplements, différentes
structures



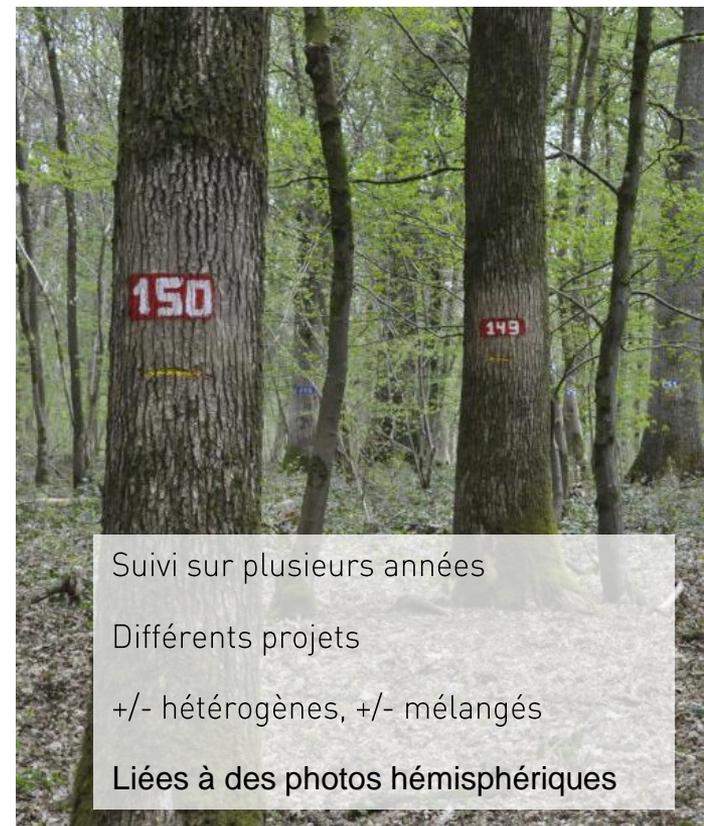
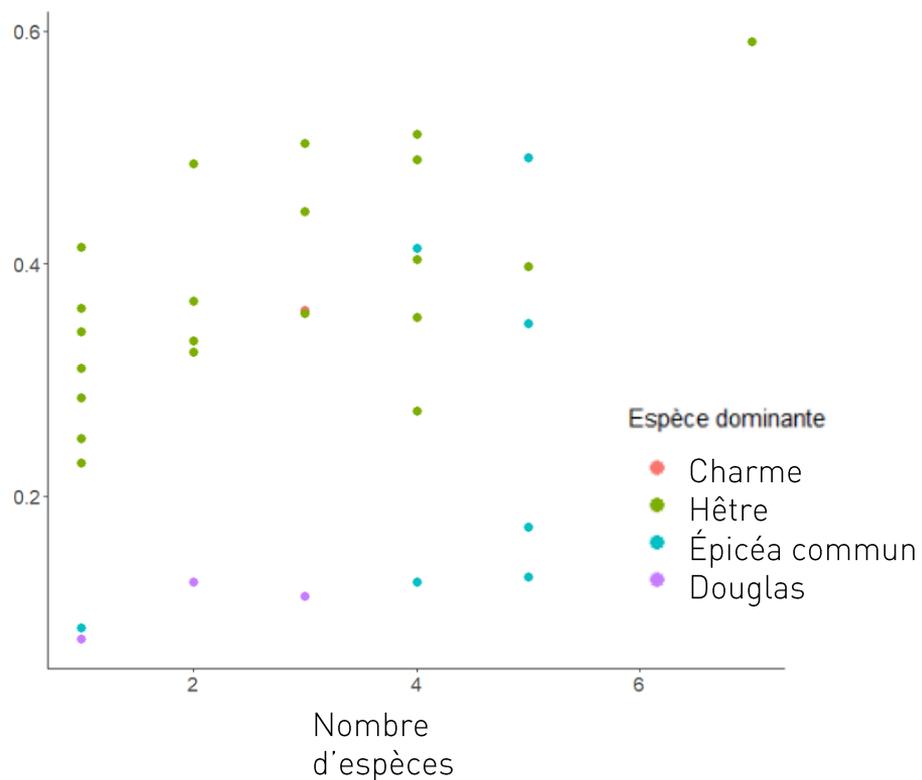
Calcul de l'interception des rayons
par la canopée et de l'éclairement transmis
pour chaque rayon

Photographies hémisphériques :

- PACL ou rayonnement transmis sous le couvert

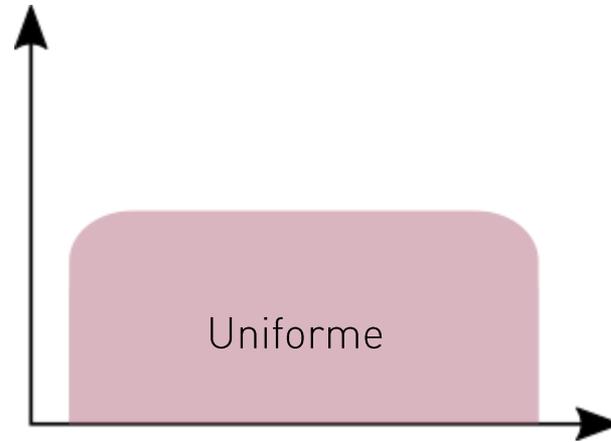
Données disponibles

Gini sur le DBH



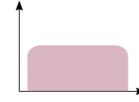
Calibration simple : paramètres de modélisation

2 paramètres recherchés : xLAD, écart-type des résidus (sigma)



Calibration simple : paramètres de modélisation

2 paramètres recherchés : xLAD, écart-type des résidus (sigma)

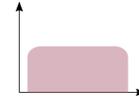


Modèle suivi : Beer Lambert simplifié (simulé dans capsis)

$$I/I_0 = e^{(-k \times LAD)}$$

Calibration simple : paramètres de modélisation

2 paramètres recherchés : xLAD, écart-type des résidus (sigma)



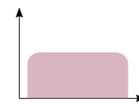
Modèle suivi : Beer Lambert simplifié (simulé dans capsis)

$$I/I_0 = e^{(-k \times LAD)}$$

Modèle très simplifié : pas d'effet site, LAD fixé, pas d'effet du DBH

Calibration simple : paramètres de modélisation

2 paramètres cherchés : xLAD, écart-type des résidus (sigma)

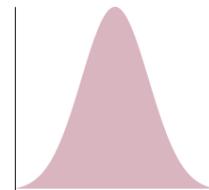


Modèle suivi : Beer Lambert simplifié (simulé dans capsis)

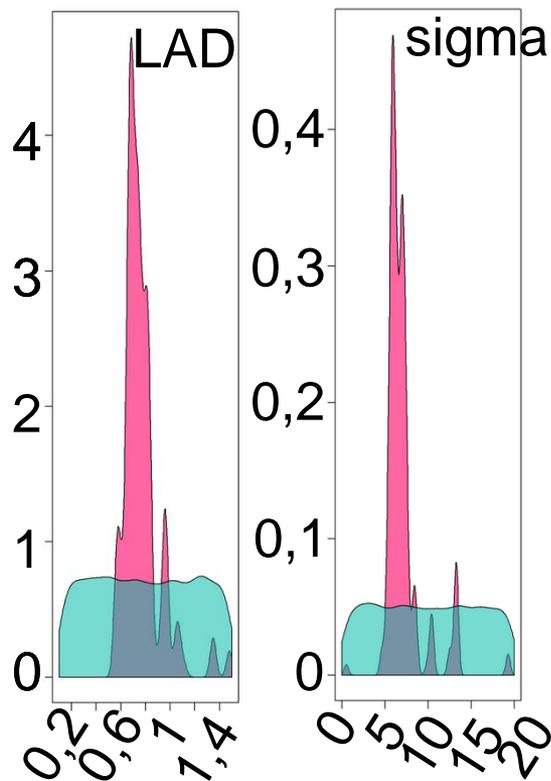
$$I/I_0 = e^{(-k \times LAD)}$$

Modèle très simplifié : pas d'effet site, LAD fixé, pas d'effet du DBH

Fonction de vraisemblance : les résidus sont distribués normalement (0, sigma)



Résultats simplifiés



1000 itérations sur 3 sites d'Épicéas

Convergence LAD de l'Épicéa : 0,67

Convergence sigma : 5.8639124

Implémenter un bilan hydrique dans Samsara2, qui dépend de...



LAI (Indice de surface foliaire, m^2/m^2),
Sol,
Précipitation,
Température,
Évapotranspiration,
Racines

Implémenter un bilan hydrique dans Samsara2, qui dépend de...



LAI (Indice de surface foliaire, m^2/m^2),
Sol,
Précipitation,
Température,
Évapotranspiration,
Racines

Implémenter un bilan hydrique dans Samsara2, qui dépend de...



LAI (Indice de surface foliaire, m^2/m^2),

Sol,

Précipitation,

Température,

Évapotranspiration,

Racines

Implémenter un bilan hydrique dans Samsara2, qui dépend de...



LAI (Indice de surface foliaire, m^2/m^2),

Sol,

Précipitation,

Température,

Évapotranspiration,

Racines

Implémenter un bilan hydrique dans Samsara2, qui dépend de...



Modélisation inverse !!

LAI (Indice de surface foliaire, m^2/m^2),

Sol,

Précipitation,

Température,

Évapotranspiration,

Racines

→ Utilisation de la bibliothèque RReShar
et connexion à Samsara2



Merci



Bibliographie

Johann, E. (2006). Historical development of nature-based forestry in Central Europe. Nature-based forestry in Central Europe. Alternatives to industrial forestry and strict preservation. Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Ljubljana, Slovenia, pages 1–17.

European Commission (2013) Standing Forestry Committee. European Commission, Brussels.

Vieilledent, G., Courbaud, B., Kunstler, G., Dhôte, J.-F., Clark, J.S., 2010. Individual variability in tree allometry determines light resource allocation in forest ecosystems: a hierarchical Bayesian approach. *Oecologia* 163, 759–773. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1581-9>

Forrester, D.I., Limousin, J.-M., Pfautsch, S., 2022. The relationship between tree size and tree water use: Is competition for water size-symmetric or size-asymmetric? *Tree Physiology* tpac018. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpac018>

Courbaud, B., Lafond, V., Lagarrigues, G., Vieilledent, G., Cordonnier, T., Jabot, F., de Coligny, F., 2015. Appendix A: Demographic processes modelled in Samsara2 and initialization. *Ecological Modelling* 314, 12.

Cordonnier, T., Kunstler, G., 2015. The Gini index brings asymmetric competition to light. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 17, 107–115.

Forrester, D.I., Limousin, J.-M., Pfautsch, S., 2022. The relationship between tree size and tree water use: Is competition for water size-symmetric or size-asymmetric? *Tree Physiology* tpac018. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpac018>

Vrugt, J.A., 2016. Markov chain Monte Carlo simulation using the DREAM software package: Theory, concepts, and MATLAB implementation. *Environmental Modelling & Software* 75, 273–316. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.08.013>