Apports méthodologiques et pratiques tirés d'une étude autécologique sur le chêne sessile à l'échelle de la moitié Nord de la France

Laurent Bergès [1], Richard Chevalier [1], Jean-Claude Gégout [2], Alain Franc [3]

[1] *Cemagref*, UR Écosystèmes Forestiers, Domaine des Barres, 45290 Nogent-sur-Vernisson, France

[2] ENGREF, LERFOB, Équipe Écosystèmes Forestiers et Dynamique des Paysages, 14 rue Girardet, 54042 Nancy, France

[3] INRA, Département Écologie des Forêts, Prairies et Milieux Aquatiques, CDA UMR Biodiversité, Gènes et Écosystèmes, 69 route d'Arcachon, Pierroton, 33612 Cestas Cedex, France

Contexte

- Débat à propos des études autécologiques : précision des résultats décevante au regard du coût
- Question de l'échelle d'étude : petite région naturelle *versus* grande région ?
- Débat sur l'utilisation de la flore comme indicateur du type de station en comparaison des variables climat, sol et topographie : quelle est la meilleure approche ?
- Problèmes d'estimation de la réserve utile maximale en eau du sol
- Rôle des tendances à long terme et de la densité du peuplement sur la croissance : poids de ces facteurs ?

Contexte

- Questions propres au chêne sessile :
  - Essence paradoxalement moins étudiée que d'autres
  - Beaucoup de travaux mettant en avant les différences entre les deux espèces de chêne (Lévy *et al.* 1992, Becker *et al.* 1996)
  - Des recherches en écophysiologie ayant mis en avant le fort effet de la disponibilité en eau sur la croissance (Bréda *et al.* 1996)
  - Étude menée sur la forêt de Tronçais (Jacquemin *et al.* 2000) mais pas d'études sur un territoire plus vaste

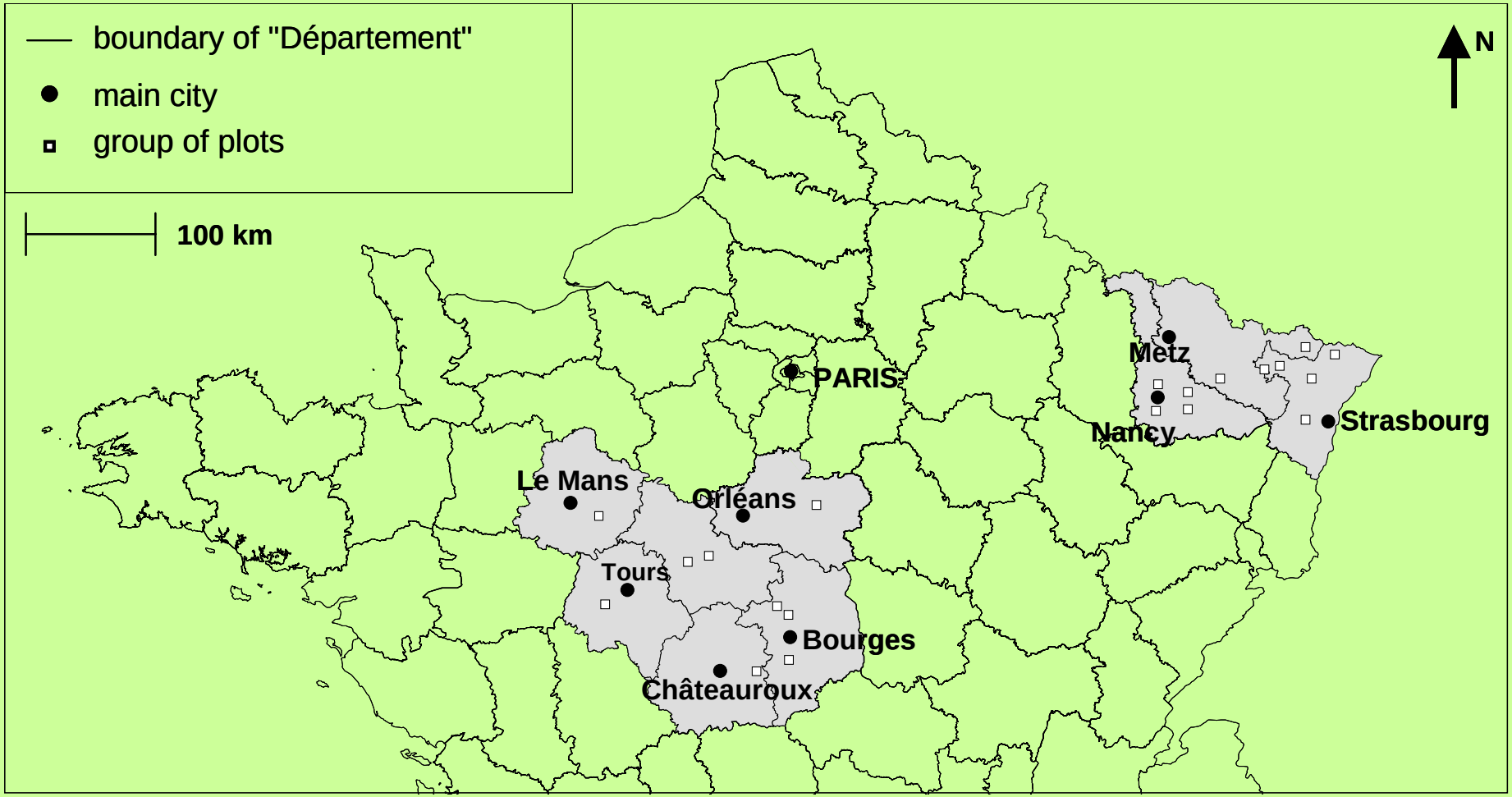
Objectifs et hypothèses

- Tester la faisabilité d'une étude autécologique sur un vaste territoire
  - **Hypothèse : peu ou pas de baisse si mis en place d'une stratégie d'échantillonnage adaptée et mesure de prédicteurs de qualité**
- Quantifier la part respective des bilans radiatif, hydrique et trophique sur la croissance en hauteur
  - **Hypothèse : part importante de chaque facteur dès lors que l'on couvre l'ensemble des gradients stationnels**
- Comparer la qualité de précision de la croissance par des indices floristiques et des indices abiotiques (climat et sol, y compris analyses chimiques), et tester leur complémentarité
  - **Hypothèse : meilleure prédiction par les indices abiotiques**

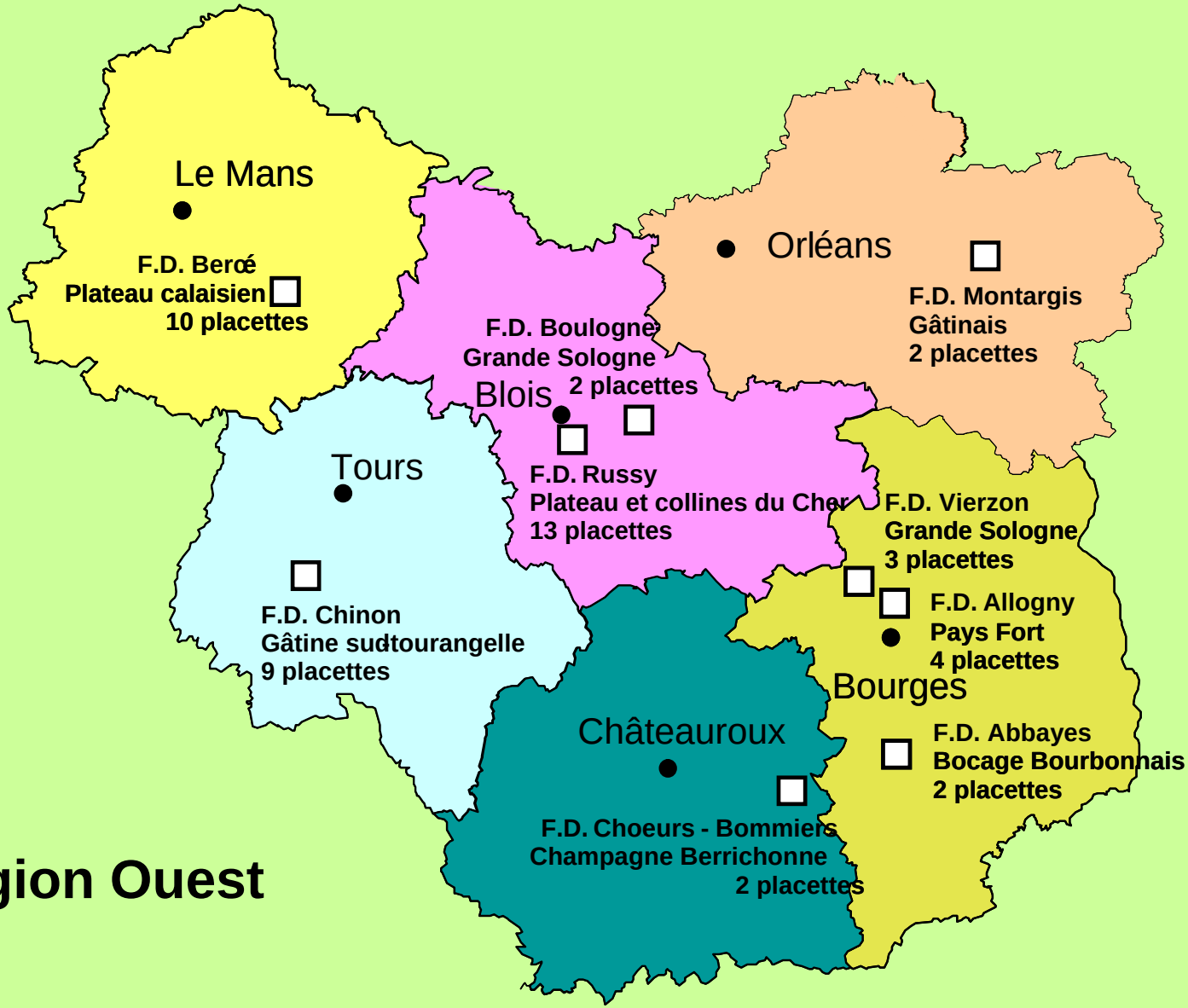
Objectifs et hypothèses

- Évaluer la fiabilité de différents estimateurs de la réserve en eau du sol
  - **Hypothèse : besoin de mesurer avec soin la réserve en eau sur la plus grande profondeur possible**
- Explorer le rôle de l'âge et de la densité du peuplement comme facteurs explicatifs supplémentaires dans les études autécologiques
  - **Hypothèse : effet de l'âge liée à l'augmentation de productivité, et effet faible mais négatif de la densité du peuplement**

Zone d'étude

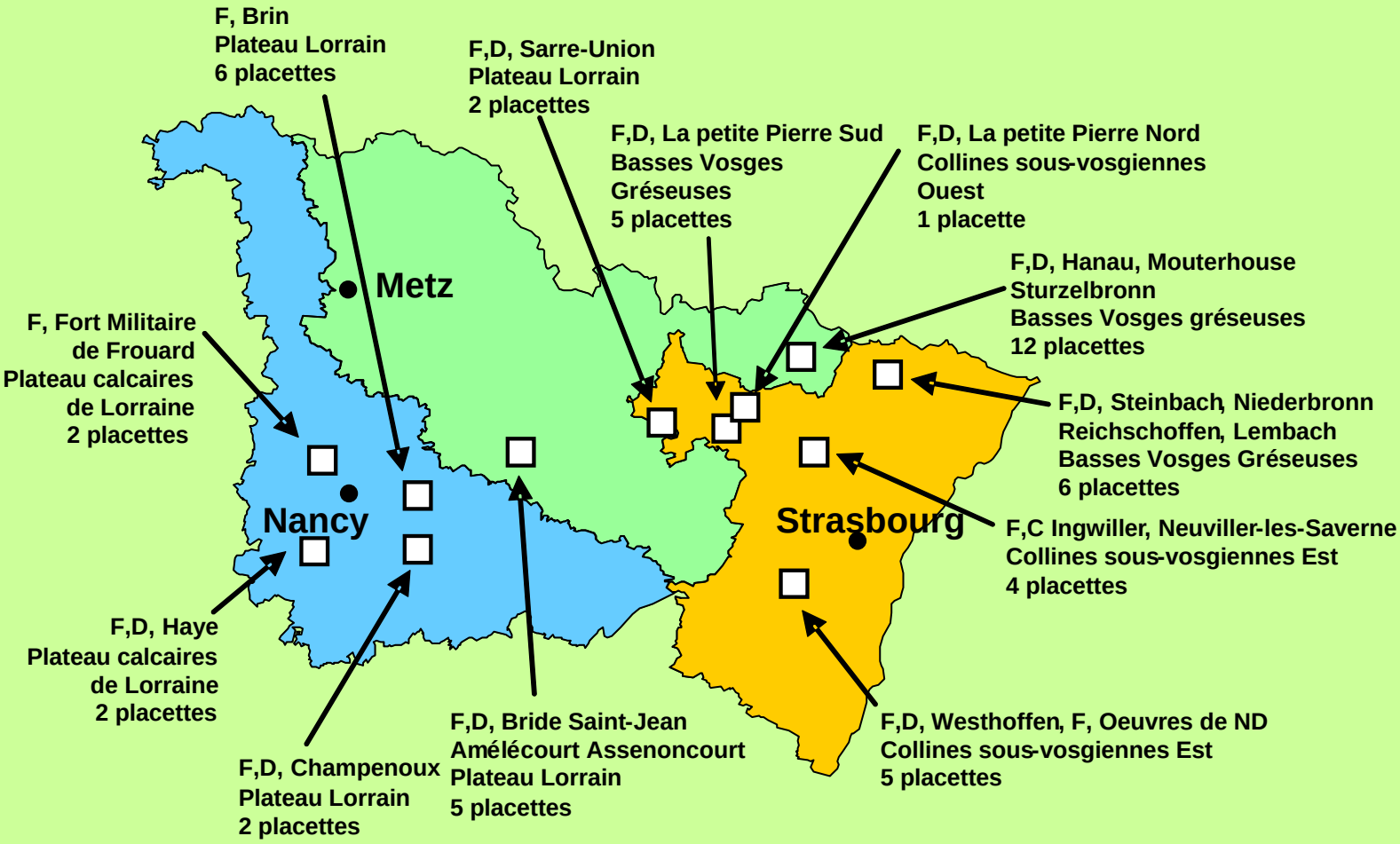

boundary of "Département"
main city
group of plots
100 km
N
PARIS
Metz
Nancy
Strasbourg
Le Mans
Orléans
Tours
Bourges
Châteauroux

Zone d'étude



Région Ouest

Zone d'étude



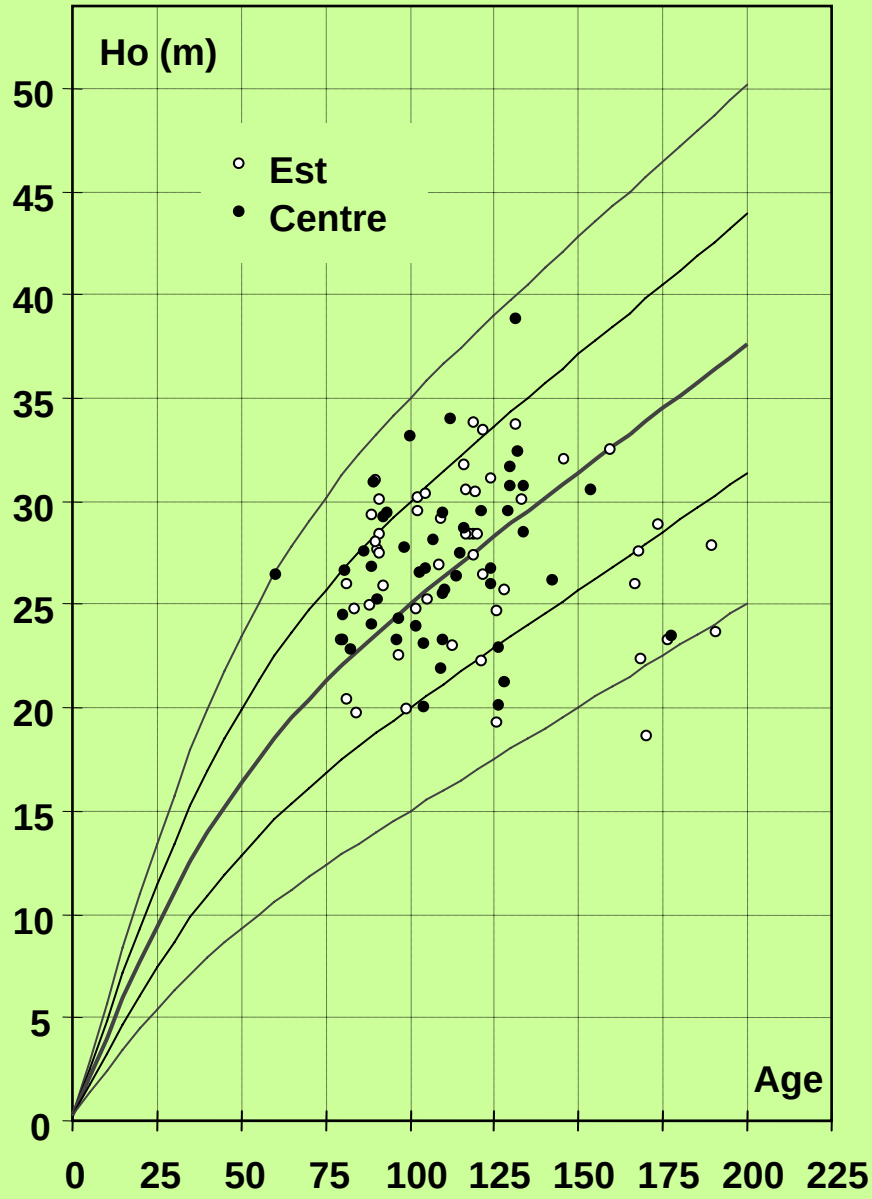
Région Est

Matériel et méthodes

- Plan d'échantillonnage croisant RU et niveau trophique de manière la plus équilibrée possible
- Contrôle des autres facteurs : engorgement, altitude
- Sélection stricte des types de peuplements : futaie régulière adulte, pure et fermée
- 99 placettes répartis dans les deux régions "Ouest" et "Est" de la moitié Nord de la France
- Inventaire dendrométrique avec sondage à la terrière et calcul de l'indice de fertilité = hauteur dominante à 100 ans
- Creusement de fosses pédologiques à la pelle mécanique
- Description des fosses détaillée et analyse de sol complète : granulométrie, propriétés chimiques
- Relevés floristiques en CAD puis analyse par (1) AFC, (2) calcul de VIM avec les coefficients d'Ellenberg et calcul de

Matériel et méthodes

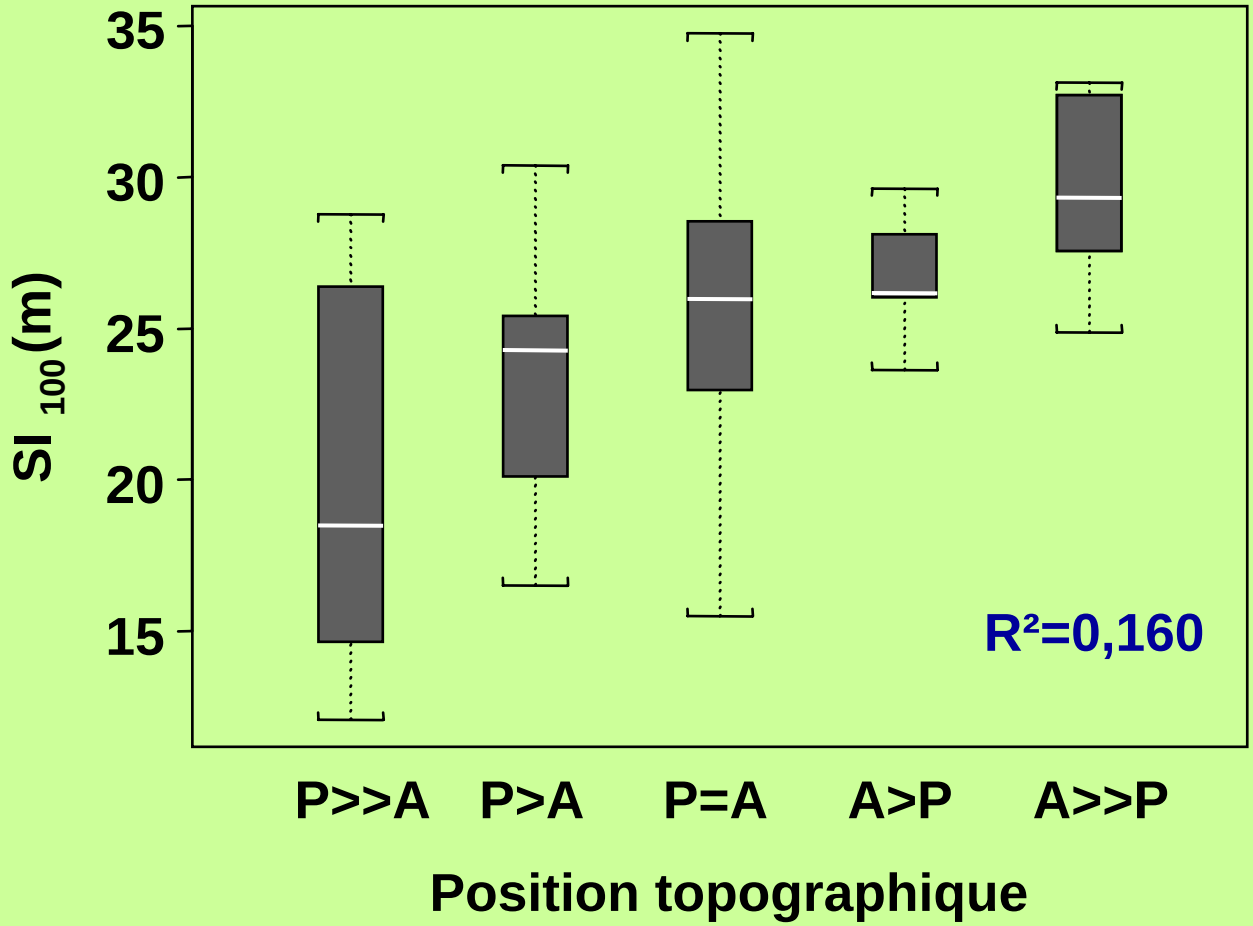
- Utilisation du modèle B de Duplat et Tran-Ha (1997) pour calculer l'indice de fertilité



Duplat, P., and Tran-Ha, M. 1997. Modelling the dominant height growth of sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) in France - Inter-regional variability and effect of the recent period (1959-1993). Ann. Sci. For. 54(7): 611-634

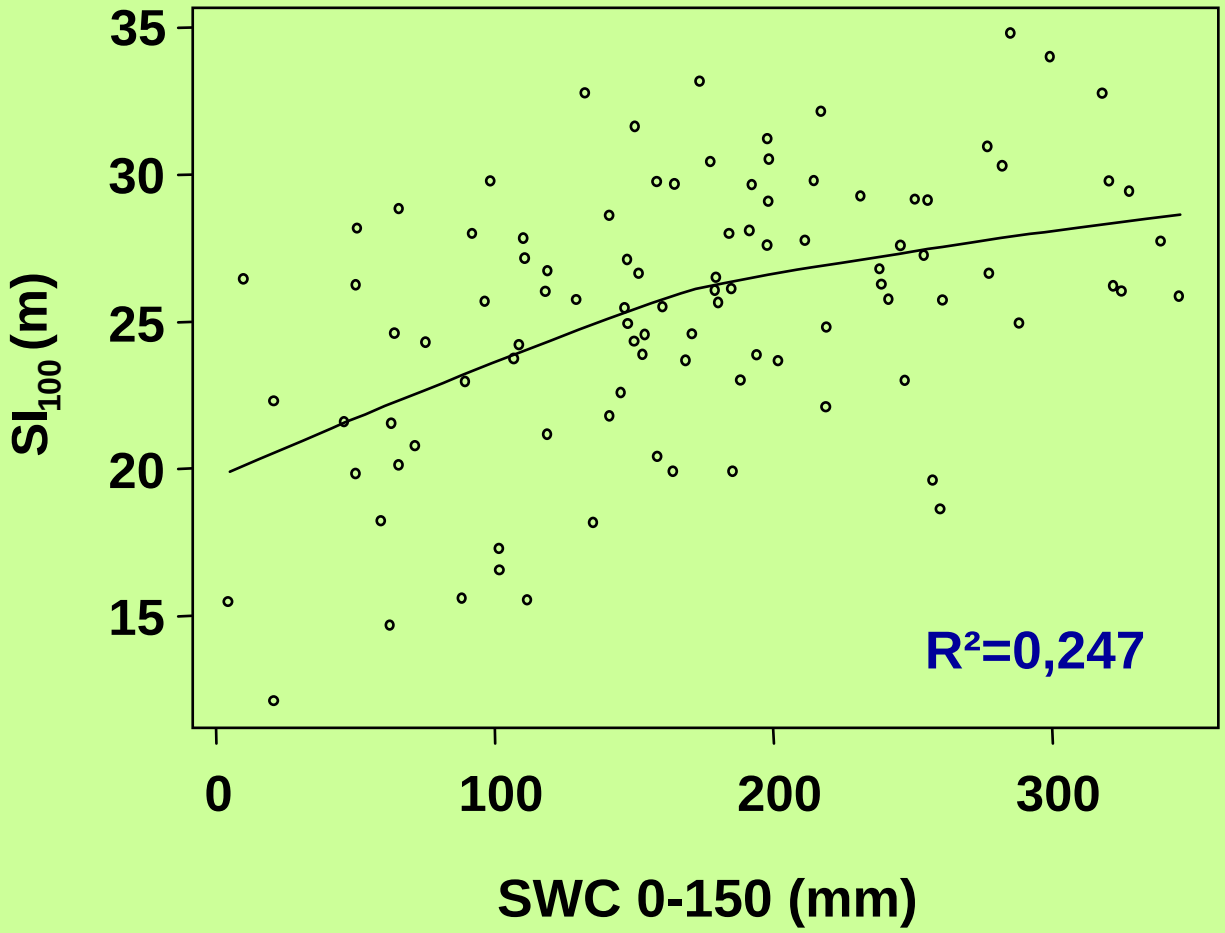
Autécologie du chêne sessile

- Effet de la position topographique



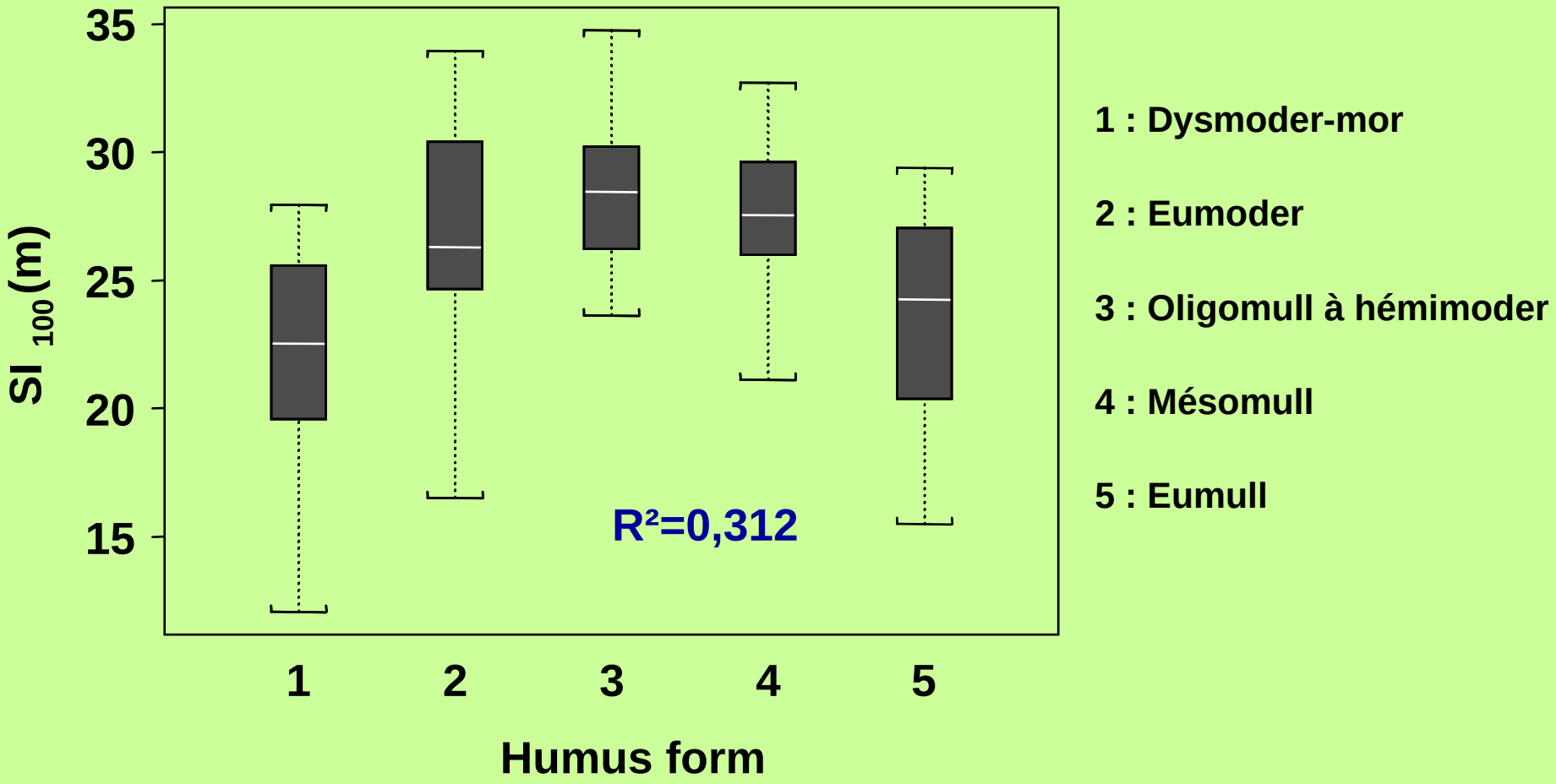
Autécologie du chêne sessile

- Effet de la réserve utile en eau du sol (calculée sur 1,50 m)



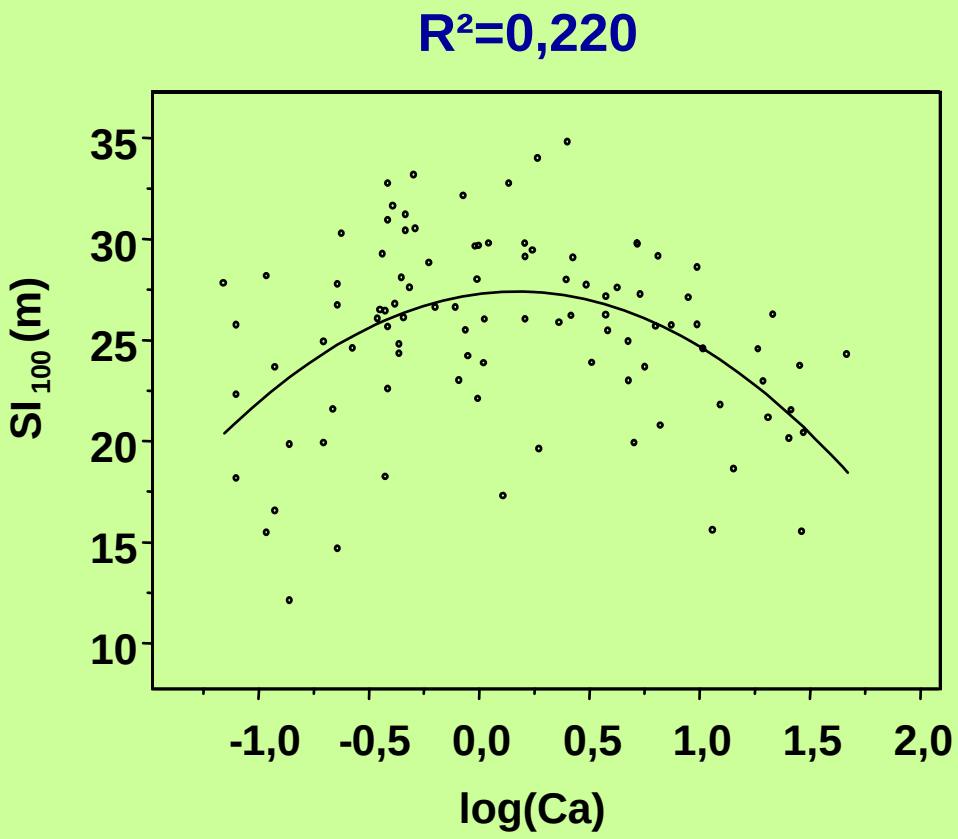
Autécologie du chêne sessile

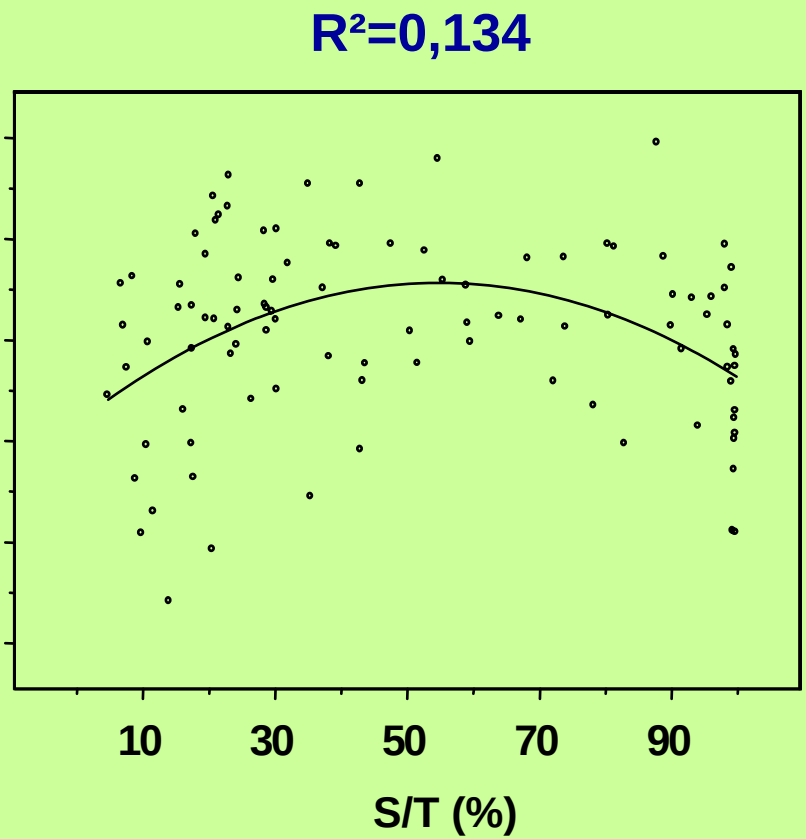
- Effet du type d'humus : optimum



Autécologie du chêne sessile

- Effet de log(Ca) et de S/T





Autécologie du chêne sessile

Sol avec un horizon carbonaté (n=30) :

- Effet négatif de log(Ca)
- Pas d'effet de K/P_2O_5
- Effet de Ca/Mg et de Mg/K :

SI_{100} = 30.4 –0.34 (Ca/Mg)
–1.09 (Mg/K) R^2=0,381

Sol sans horizon carbonaté (n=69) :

- Effet curvilinéaire de log(Ca)
- Effet de K/P_2O_5

SI_{100} = 31.8 –2.15 (K/P_2O_5)
R^2=0,225

- Pas d'effet de Ca/Mg ni de Mg/K

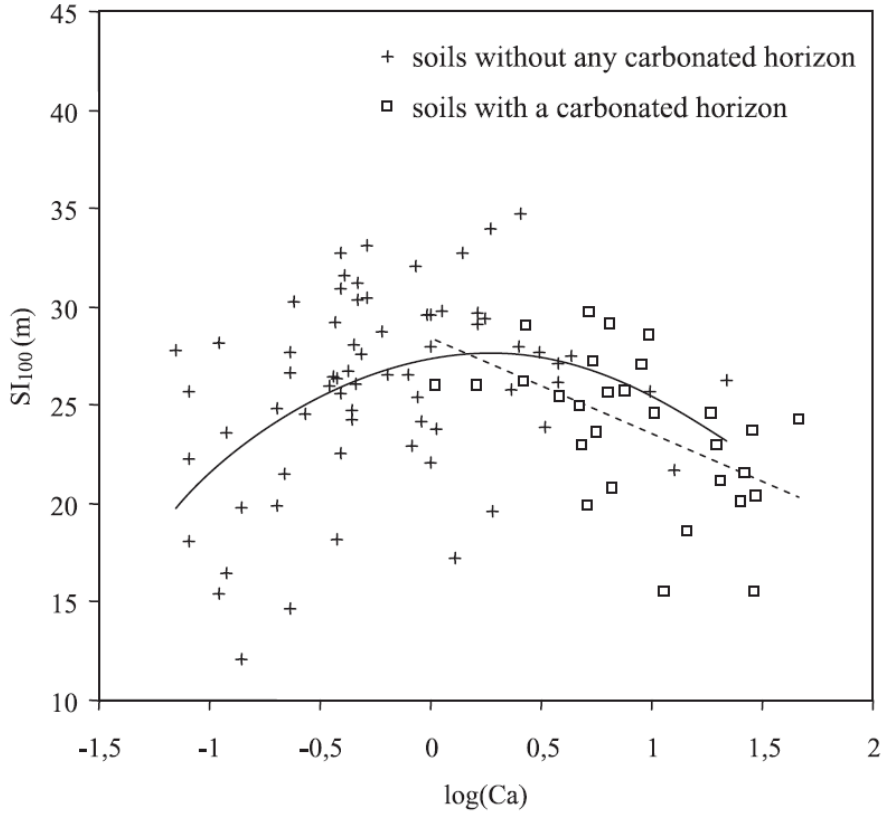


Figure 4. Relationships between SI_{100} and exchangeable Ca in the A-horizon according to soil type (with and without a carbonated horizon) and corresponding regression lines.

Bilan sur l'autécologie du chêne sessile

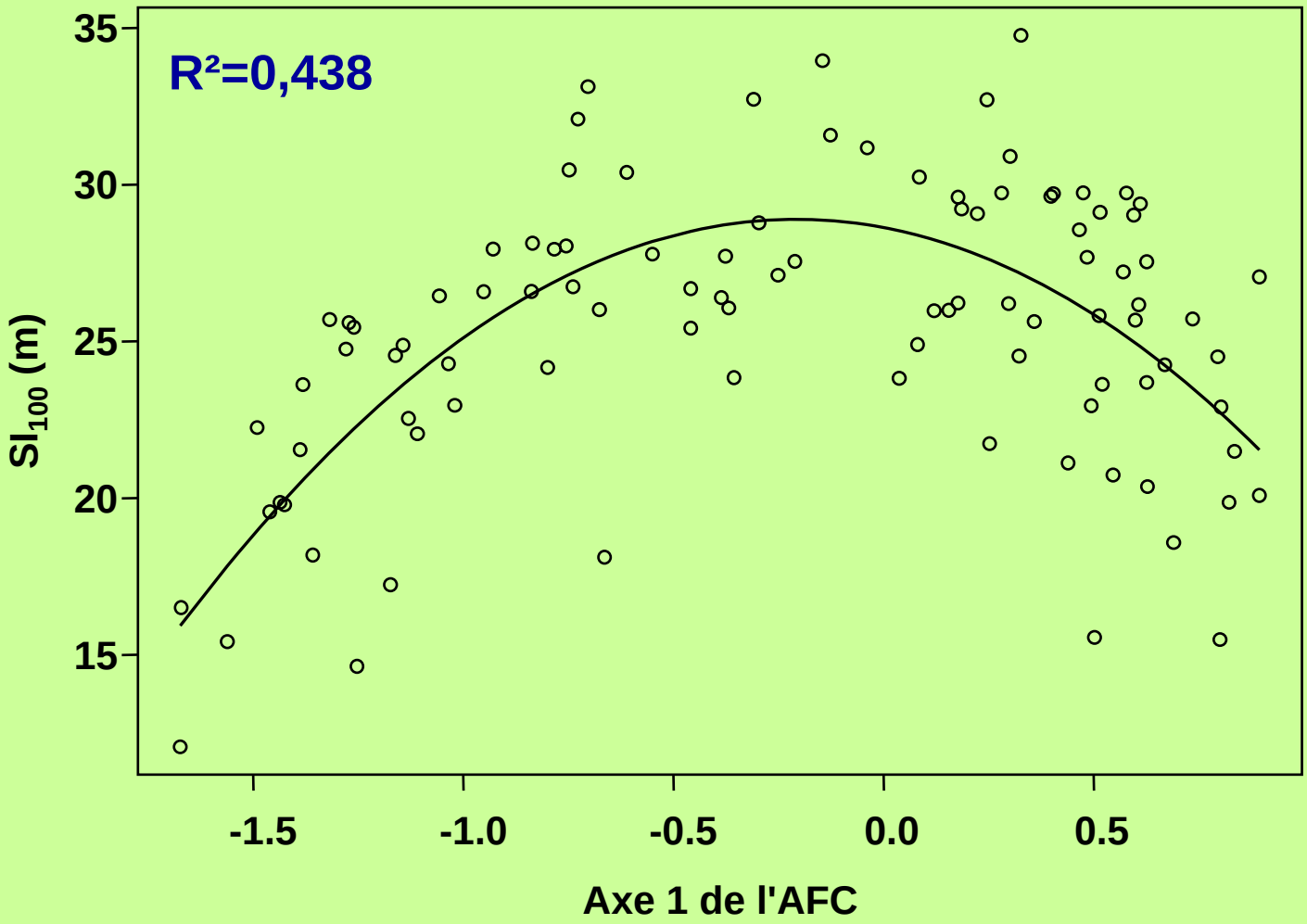
- Rôle de la réserve utile en eau du sol, de la position topographique, de log(Mg), log(Ca), K/P_2O_5, Mg/K et du type d'humus sur l'indice de fertilité
- Aucune différence inter-régionale sur l'indice de fertilité, et faible effet du climat sur la croissance
- Modèles ajustés au niveau de chaque région très proches
- Part de variance de SI_{100} expliquée par le niveau trophique > part liée aux facteurs hydriques et climatiques, mais avec part commune importante

Échelle d'étude

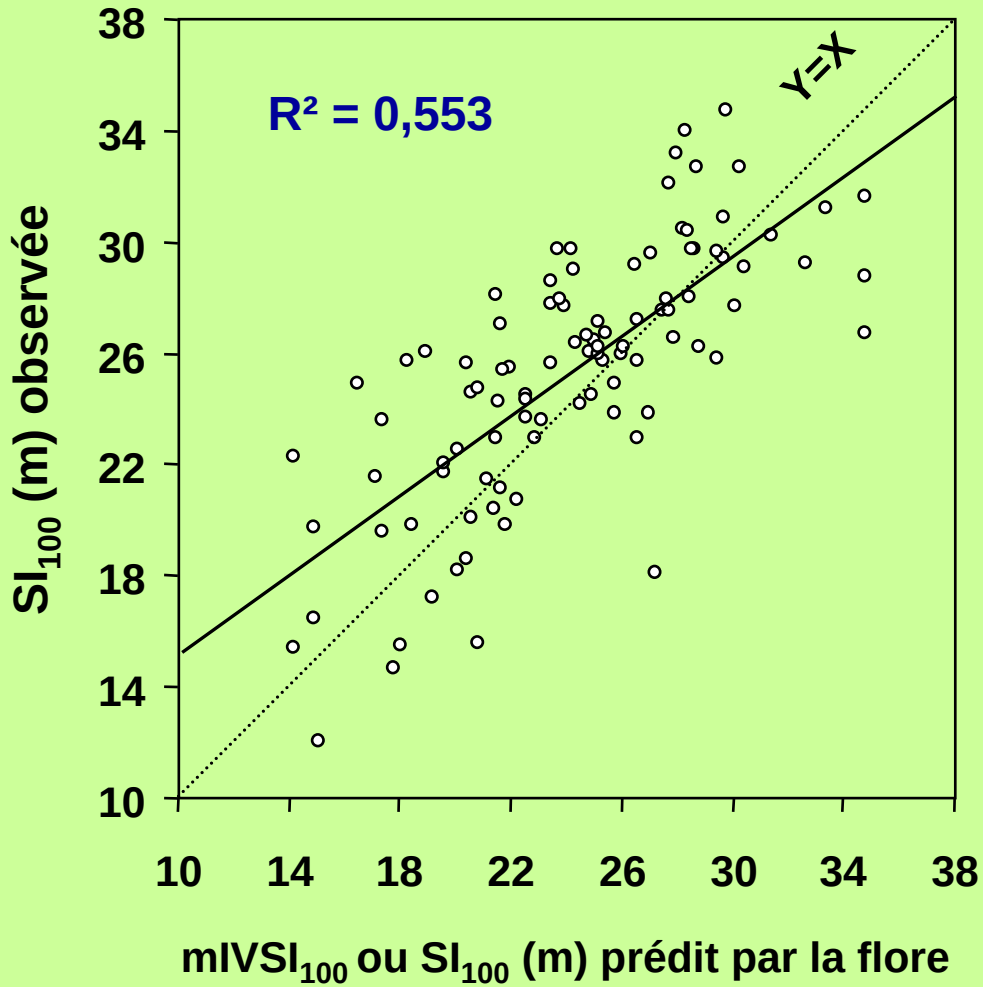
- Le climat, la topographie et le sol expliquent de **49 à 60%** de la variance de l'indice de fertilité du chêne
  - une étude autécologique peut être menée avec succès sur un vaste territoire si une stratégie d'échantillonnage adaptée est appliquée

M1	SI_{100} = 23,0 +0,022 (SWC 0-150) +0 (G<L) +1,8 (G=L) +3,9 (G>L) –5,76 (log(Mg)) –6,59 $(log(Mg))^2$ -0,764 (K/P_2O_5)	0,491	3,36
M2	SI_{100} = 19,2 +0,026 (SWC 0-150) –5,39 (log(Mg)) –6,13 $(log(Mg))^2$ +0 (Dysmoder-Mor) +3,82 (Eumoder) +4,82 (Hemimoder to Oligomull) +4,86 (Mesomull) +1,40 (Eumull)	0,600	3,00
M3	SI_{100} = 21,7 +0,019 (SWC 0-150) +3,70 (log(S)) –3,96 $(log(S))^2$ –0,70 (Mg/K) +0 (Dysmoder-Mor) +4,16 (Eumoder) +5,31 (Hemimoder to Oligomull) + 5,45 (Mesomull) +1,72 (Eumull)	0,596	3,03

Comparaison flore / sol, climat



Comparaison flore / sol, climat



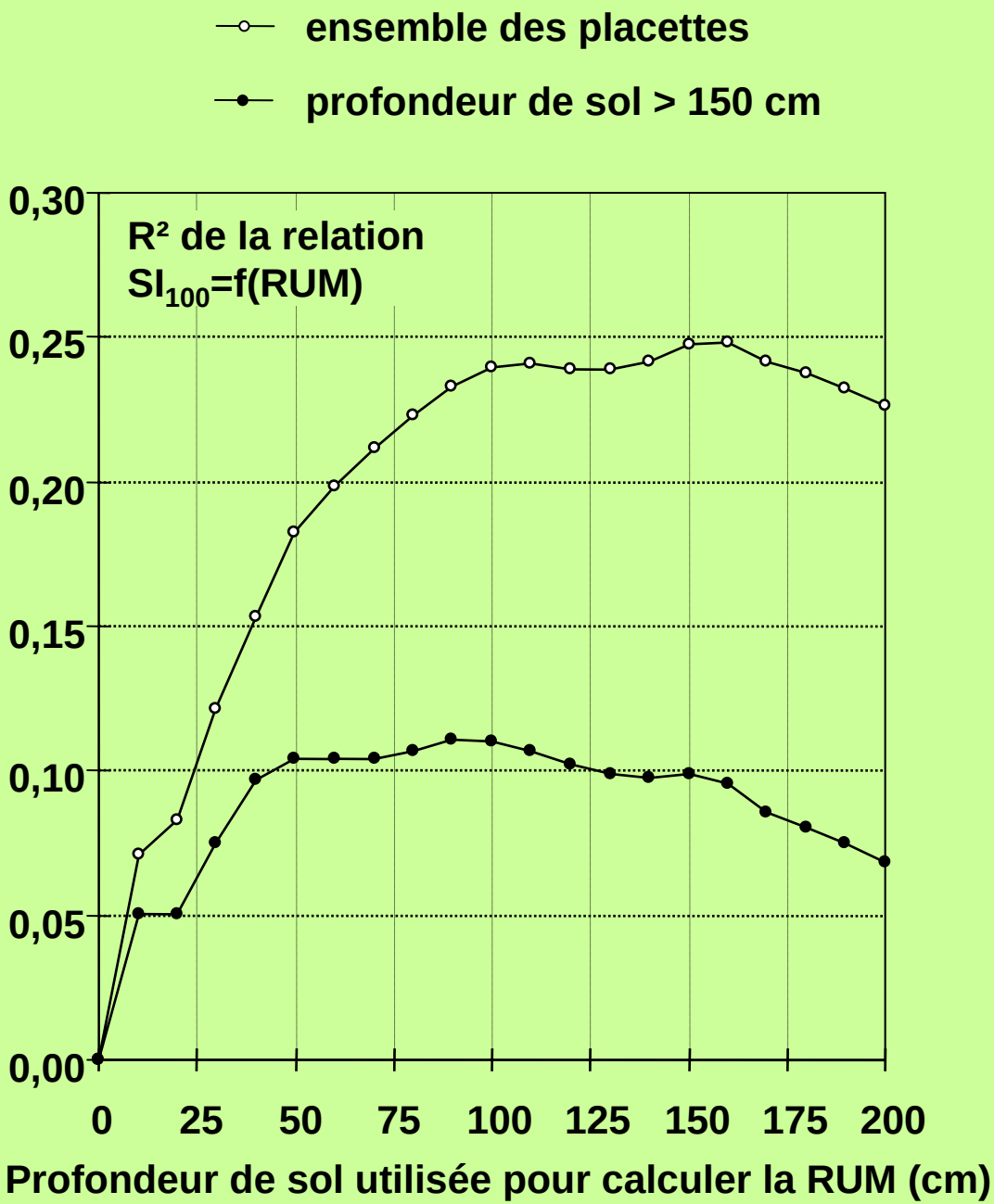
Comparaison flore / sol, climat

- Les indices floristiques expliquent la même part de variance de l'indice de fertilité que les indices basées sur le climat, la topographie et le sol : R^2=0,49 à 0,60
- Modèles meilleurs en combinant les variables floristiques et abiotiques : R^2=0,57 à 0,69

	bilan hydrique	niveau trophique
indices floristiques	**2**	**1**
variables pédoclimatiques	**1**	**2**

M1	SI_{100} = 23,0 +0,022 (SWC 0-150) +0 (G<L) +1,8 (G=L) +3,9 (G>L) –5,76 (log(Mg)) –6,59 $(log(Mg))^2$ -0,764 (K/P_2O_5)	0,491	3,36
M2	SI_{100} = 19,2 +0,026 (SWC 0-150) –5,39 (log(Mg)) –6,13 $(log(Mg))^2$ +0 (Dysmoder-Mor) +3,82 (Eumoder) +4,82 (Hemimoder to Oligomull) +4,86 (Mesomull) +1,40 (Eumull)	0,600	3,00
M3	SI_{100} = 21,7 +0,019 (SWC 0-150) +3,70 (log(S)) –3,96 $(log(S))^2$ –0,70 (Mg/K) +0 (Dysmoder-Mor) +4,16 (Eumoder) +5,31 (Hemimoder to Oligomull) + 5,45 (Mesomull) +1,72 (Eumull)	0,596	3,03
M4	SI_{100} = –5,56 +5,50 (mF) –4,54 (mK) +8,51 (mR) –0,92 $(mR)^2$	0,530	3,19
M5	SI_{100} = 26,3 –0,46 (Axis 1) –2,34 $(Axis\ 1)^2$ +1,47 (Axis 2) –3,66 (Axis 3)	0,553	3,12
M6	SI_{100} = 24,3 +0,011 (SWC 0-150) –1,61 $(Axis\ 1)^2$ +1,25 (Axis 2) –3,54 (Axis 3)	0,571	3,06
M7	SI_{100} = 26,5 +0,015 (SWC 0-150) –0,94 (Mg/K) –2,32 $(Axis\ 1)^2$ –2,92 (Axis 3)	0,625	2,86
M8	SI_{100} = 24,5 +0,017 (SWC 0-150) –0,80 (Mg/K) +0 (Dysmoder-Mor) +2,74 (Eumoder) +1,85 (Hemimoder to Oligomull) +2,75 (Mesomull) +0,03 (Eumull) –1,87 $(Axis\ 1)^2$ –2,53 (Axis 3)	0,686	2,67
M9	SI_{100} = 9,4 +0,014 (SWC 0-150) +0 (G<L) +0,5 (G=L) +3,2 (G>L) –3,37 log(Mg) –3,12 $log(Mg)^2$ +0,54 ($mIVSI_{100}$)	0,660	2,75

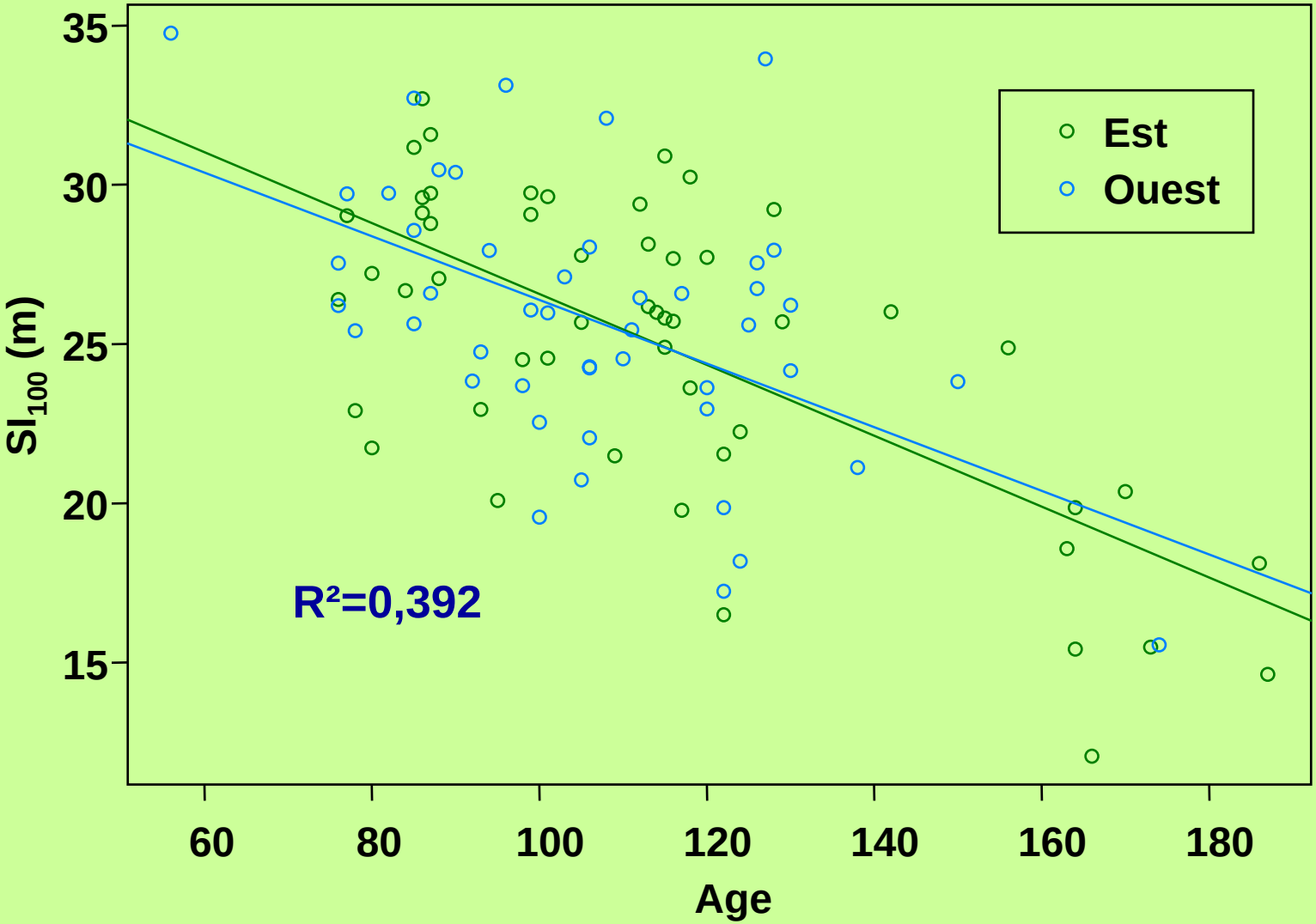
Diagnostic stationnel



Diagnostic stationnel

- Gain d'explication en intégrant la texture des horizons
- Mais faible taux de variance expliquée (25%) en dépit des moyens mis en œuvre
- Prendre en compte la RUM au-delà de 1,50 m de profondeur n'améliore pas la prédiction de la productivité
  - l'eau contenue dans les horizons profonds ne sert pas à la croissance en hauteur et en diamètre (Rambal 1984, Bréda et Granier 1996, Otieno 2006,)
- Comment améliorer l'estimation de la RUM ?
  - Mesure systématique de la densité apparente

Prise en compte de l'âge et de la surface terrière du peuplement



Prise en compte de l'âge et de la surface terrière du peuplement

- Fort "effet" **négatif** de l'âge du peuplement
- Faible "effet" **positif** de la densité du peuplement : indice de densité de Reineke (RDI)
- Amélioration des modèles : R^2=0,80 à 0,82
- Conservation de l'effet de la plupart des variables
- Ajout de certains prédicteurs stationnels : précipitations, température, altitude…

T6	SI_{100} = –20,0 **–0,093 (Age) +7,98 (RDI)** +0,028 (MAP) +2,81 (MAT) +0,016 (SWC 0-150) -0,46 (K/P_2O_5) +2,64 (Axis 1)^2	**0,820**	2,01
T7	SI_{100} = 21,8 -0,100 (Age) +6,09 (RDI) +0,028 (MAP) –4,88 (East) -0,015 (Altitude) +0,021 (SWC 0-150) –0,687 (K/P_2O_5) +2,58 (Axis 1) –0,85 (Mg/K)	**0,810**	2,09
T8	SI_{100} = 17,9 -0,075 (Age) +4,82 (RDI) +0,012 (SWC 0-150) +0,53 (G=L) +2,44 (G>L) +0 (Dysmoder-Mor) +1,85 (Eumoder) +1,00 (Oligomull to Hemimoder) +0,58 (Mésomull) –0,56 (Eumull) +0,379 ($mIVSI_{100}$)	**0,815**	2,07

Les enseignements

- Travailler sur de vastes territoires plutôt qu'à l'échelle de la petite région naturelle
- Bonne prédiction de la croissance, à condition de s'appuyer sur un plan d'échantillonnage adaptée
- Utiliser de manière complémentaire la flore et les variables sol, climat, topographie
  - RUM : diagnostic sur 1 m de profondeur (% cailloux et texture)
  - Niveau trophique : type d'humus ou flore
- Tenir compte des paramètres âge et densité dans les études autécologiques
- Besoin de valider ces résultats sur d'autres essences (*cf.* travaux d'Ingrid Seynave (ENGREF LERFoB Nancy)

Merci de votre attention

- Bergès L., 1998. Variabilités individuelle et collective de la croissance et de la densité du bois de *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. en relation avec les facteurs écologiques. Thèse de Doctorat, Sciences Forestières, ENGREF, Nancy, 390 p.
- Bergès L., Chevalier R., Dumas Y., Franc A. et Gilbert J.M., 2005. Sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) site index variations in relation to climate, topography and soil in even-aged high-forest stands in northern France. *Ann. For. Sci.*, 62, 5, p. 391-402.
- Bergès L., Gégout J.C. et Franc A., 2006. Can understory vegetation accurately predict site index? A comparative study using floristic and abiotic indices in sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) stands in northern France. *Ann. For. Sci.*, 63, 1, p. 31-42.
- Bergès L., soumis. Selection of reliable soil and topography descriptors for moisture and nutrient status by using sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) site production. *Can. J. For. Res.*