

Mise au point d'outils robustes d'estimation de la richesse minérale et de la production d'azote minéral du sol utilisant la Valeur Indicatrice de la flore, des formes d'humus et de la pédofaune - VIFLORHUM

Bergès L., Legrand C., Chevalier R., Gégout J.C., Aubert M.

Coordinateur du projet : Michaël Aubert (Ecodiv, Université de Rouen)

Partenaires :

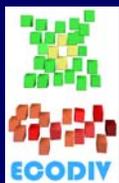
Laurent Bergès, Richard Chevalier – Cemagref Nogent-sur-Vernisson

Michaël Aubert, Fabrice Bureau – Ecodiv Université Rouen

Jean-Claude Gégout, Bernard Jabiol – INRA ENGREF LERFoB Nancy

Jean-François Ponge – MNHN Paris Brunoy

Alain Brêthes – ONF Boigny-sur-Bionne



Contexte

- **Rôle essentiel de la flore et l'épisolum humifère dans les clés de détermination des catalogues de stations**
- Problème des catalogues des stations
 - Inutilisables dans des peuplements perturbés
 - Fiabilité des clés de détermination des typologies pas assez éprouvée
 - Pas de prise en compte de la dynamique des systèmes
- Flore et formes d'humus : éléments de diagnostic stationnel alimités

Contexte

- **Flore**

- Relevés floristique : 30 min (botaniste) et 5 min (forestier)
- Erreur de détermination : diagnostic erroné
- Changement dans les méthodes d'utilisation de la flore : passage au calcul d'une valeur indicatrice moyenne ?
- Qualité de l'outil pour les différentes composantes de la RM du sol : acidité / nutrition azotée ?
- Optimisation de l'outil de prédiction de la RM ?
 - Méthode de calcul de la VIM ?
 - Sélectionner les espèces dans le calcul de la VIM ?
 - Difficulté d'application dans les ppts ouverts et/ou jeunes
- Qualité de prédiction à partir de relevés de qualité variable ou faible ?

Contexte

- **Humus**

- Peu de confrontations entre formes d'humus et variables édaphiques liées à la nutrition
 - Sauf Ponge *et al.* (2002)
 - FH : indicateur synthétique à tester au niveau national
- Pas de test du lien entre épaisseur des couches OL, OF, OH et caractéristiques chimiques
- Mull–Moder–Mor : gradient décroissant de minéralisation N, d'activité biologique
 - Mais remise en cause récente avec Moder à nitrification importante ou Dysmull à faible efficacité biologique (Michalet *et al.* 2001, Aubert *et al.* 2005)
 - Besoin de préciser les liens entre macro-morphologie, pédofaune et caractéristiques chimiques du sol pour affiner la classification des FH par des subdivisions fonc.

Objectifs

- **Volet 1**

- Tester la robustesse de la valeur indicatrice de la flore pour la richesse minérale du sol
 - Valider la pertinence des nouvelles valeurs indicatrices (VI) calibrées récemment sur la France avec la BD Ecoplant (indices de pH, S/T, et C/N) pour prédire la RM du sol en les comparant aux VI d'Ellenberg
 - En se basant sur le calcul de la VIM
- Comparer la précision de l'outil à différentes échelles : locale, régionale et nationale

Objectifs

- **Volet 1**

- Tester différentes voies possibles d'optimisation de l'outil de caractérisation de la richesse minérale
- Tester les limites d'une simplification de la méthode de calcul des valeurs indicatrices moyennes ou de l'allègement des méthodes d'inventaire floristique

Objectifs

- **Volet 2**

- Tester si les formes d'humus sont un indicateur robuste de la richesse minérale du sol :
 - Pertinence de la typologie française pour rendre compte de la disponibilité en nutriments du sol
 - Comparer la précision de l'outil à différentes échelles : locale, régionale et nationale
 - Tester l'intérêt de prendre en compte les caractéristiques fines de la FH pour améliorer l'estimation de la RM du sol

Objectifs

- **Volet 2**

- Approfondir le lien entre morphologie, biologie et fonctionnement des humus de type Moder en prenant en compte l'âge des peuplements :
 - fournir des indices synthétiques de fonctionnement du milieu en terme de production d'azote minéral assimilable
 - affiner les outils d'estimation de la richesse minérale du sol (formes d'humus et faune du sol)
 - leur conférer une applicabilité sur une large échelle géographique

Intérêt des thèmes de recherche

- Insertion dans le premier volet de l'APR :
 - *"Améliorer et compléter la connaissance et la caractérisation des stations"*
- Répond aux objectifs de la partie
 - *"Description du milieu : construire des indices synthétiques"*
- Focalise sur les formes d'humus de type moder des stations de niveau de production intermédiaire
- Mise au point d'indicateurs fonctionnels du milieu et de suivi des écosystèmes forestiers
- Nouvel outil pouvant être utilisé à la fois lors de la conception des nouvelles typologies et de leur utilisation
- Portée nationale de l'outil

Résultats attendus

- Un outil de caractérisation de la RM
 - assemblant : méthode de relevé, valeur indicatrice de la flore, prise en compte de la morphologie et du fonctionnement de l'épisolum humifère
 - fiable, reproductible, de portée nationale
- Utilisation pour l'amélioration de la qualité des diagnostics stationnels
- Affiner la classification française des formes d'humus de type Moder (Brêthes *et al.* 1995) par des subdivisions fonctionnelles
- Associer la caractérisation classique des formes d'humus avec des indices biologiques simples de fonctionnement

Hypothèses de travail volet 1

- H1 : "les VI de pH, S/T et C/N d'Ecoplant apportent un gain de qualité de prédiction par rapport aux coefficients d'Ellenberg R d'acidité et N de nutrition azotée"
- H2.1 : "la qualité de prédiction de la RM par les VI d'Ecoplant s'améliore en passant d'une échelle régionale à une échelle nationale"
- H2.2 : "l'utilisation de VI calibrées sur un échantillon régional améliore les prédictions de la RM à cette échelle régionale par rapport à des VI calibrées sur un échantillon national (VI Ecoplant)"

Hypothèses de travail volet 1

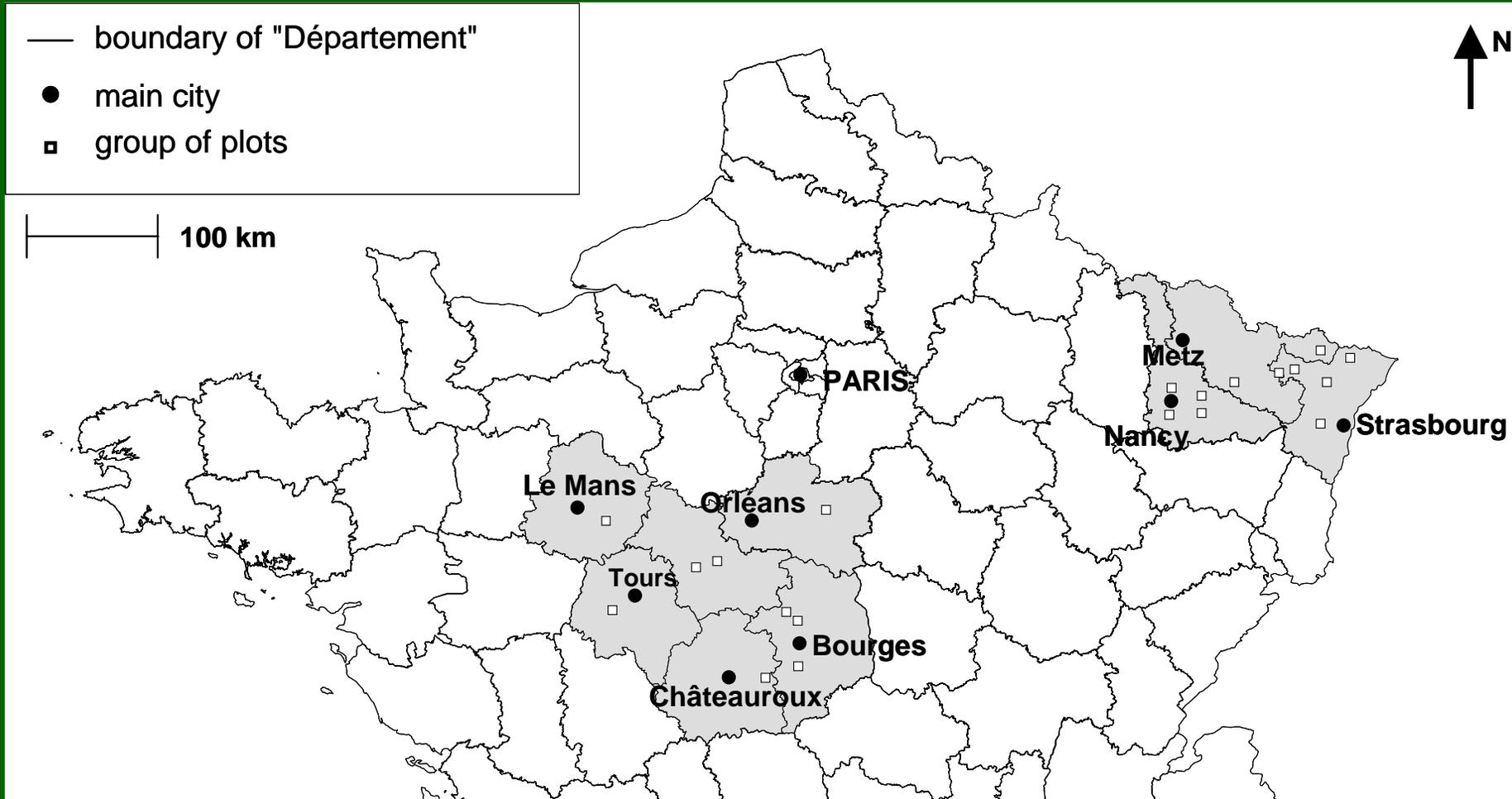
- H3.1 : "la précision de la prédiction augmente lorsque l'on tient compte du CAD dans le calcul de la VIM"
- H3.2 : "la précision de la prédiction par la flore augmente si on limite aux espèces à amplitude faible ou moyenne vis-à-vis du gradient étudié"
- H3.3 : "la prise en compte des caractéristiques dendrométriques du peuplement permet d'affiner la prédiction obtenue avec la flore"
- H3.4 : "la prédiction est meilleure en ne sélectionnant que les espèces typiquement forestières, quel que soit le type de peuplement"

Hypothèses de travail volet 1

- H4.1 : "l'élimination des bryophytes des relevés diminue la qualité de la prédiction de pH ou de S/T obtenues par la flore, mais cette baisse dépend du type de station considéré"
- H4.2 : "le fait de ne garder que les espèces facilement identifiables une grande partie de l'année diminue sensiblement la précision de la prédiction"
- H4.3 : "la diminution de l'effort de recherche des espèces présentes dans un relevé diminue la précision de la prédiction"

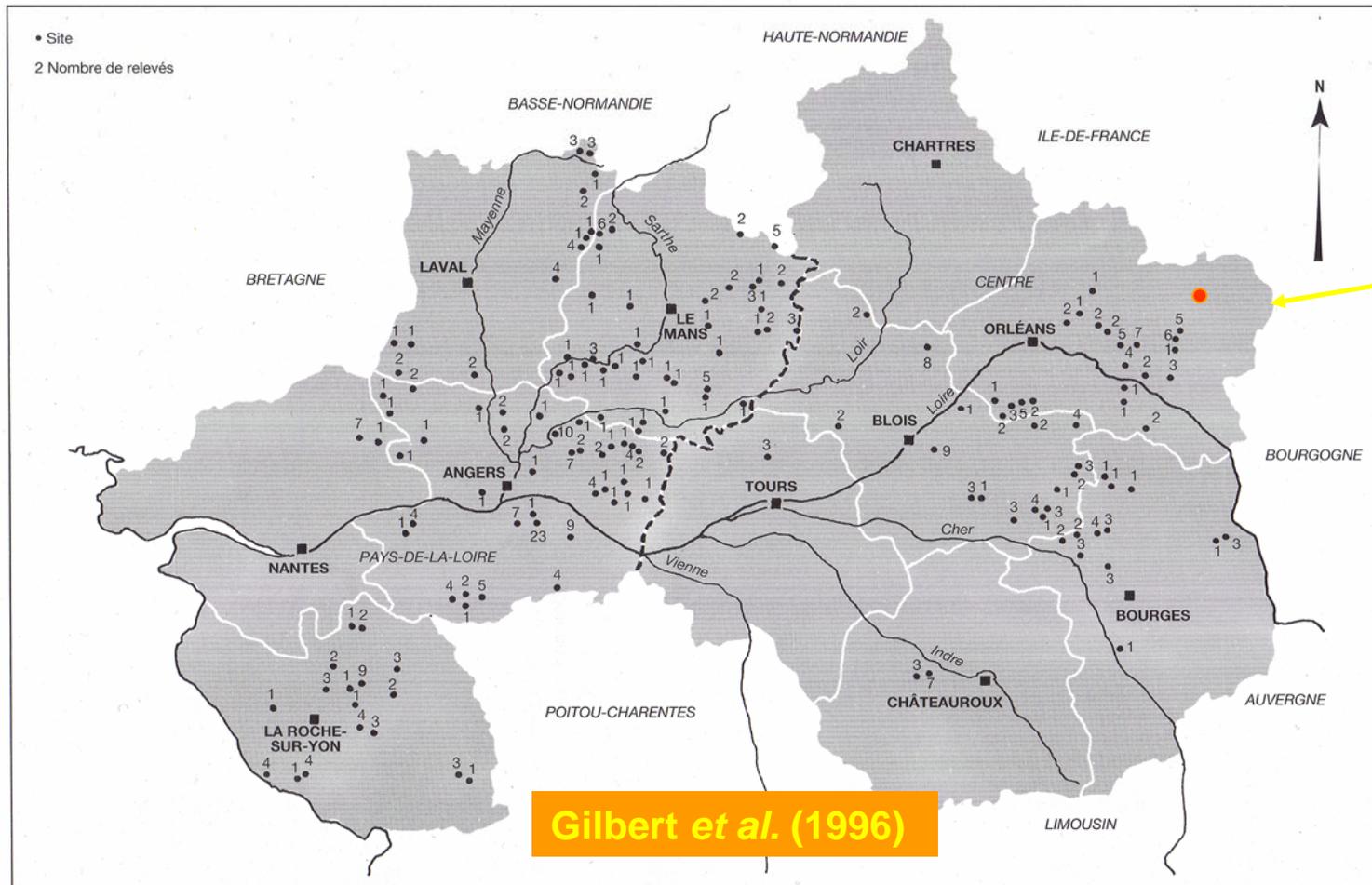
**Premiers résultats
pour le Volet 1 Flore
Legrand (2006)**

Zones couvertes par les données Bergès (1998)



Zones couvertes par les données Gilbert et al. (1996) et Chevalier (2003)

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES 400 RELEVÉS EFFECTUÉS EN VUE D'ÉTUDIER
L'AUTÉCOLOGIE DU PIN LARICIO DE CORSE DANS LES PAYS-DE-LA-LOIRE ET LA RÉGION CENTRE



Forêt de
Montargis
(Chevalier
2003)

Jeux de données analysés

Etudes	Autécologie du <i>Chêne sessile</i>	Autécologie du <i>Pin laricio</i>	Biodiversité végétale des chênaies
Auteurs	Bergès (1998)	Gilbert <i>et al.</i> (1996)	Chevalier (2003)
Types de peuplements	<i>Chêne sessile</i> 80-200 ans, futaie régulière	<i>Pin laricio</i> 15 à 200 ans, en futaie régulière	Chênaies avec vaste gamme de types de peuplements
Types de station	Vaste gamme stationnelle	Vaste gamme stationnelle	Faible gamme stationnelle (més-acidiphile)
Nombre de relevés	99	365	96
Nombre total d'espèces	185	207	140

Variables étudiées

- Paramètres chimiques (horizon A) :
 - pH eau et pH KCl
 - S/T
 - C/N
- Valeurs indicatrices :
 - R (acidité) et N (azote) d'Ellenberg
 - pH, S/T et C/N Ecoplant + amplitudes écologiques (Gégout *et al.* 2002)
- Autres traits de vie des espèces :
 - Forme biologique : arbre, herbacée, ...
 - Habitats préférentiels : forêts, ...
 - Facilité de reconnaissance

Méthodes

- Calcul de la VIM :
 - V_i = la valeur indicatrice de l'espèce i
 - n_j = nombre d'espèce dans le relevé j

$$VIM_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} VI_i$$

- Pondération éventuelle par les coefficients d'abondance-dominance (cad) des espèces :

$$VIM_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_j} cad_i} \sum_{i=1}^{n_j} cad_i \cdot VI_i$$

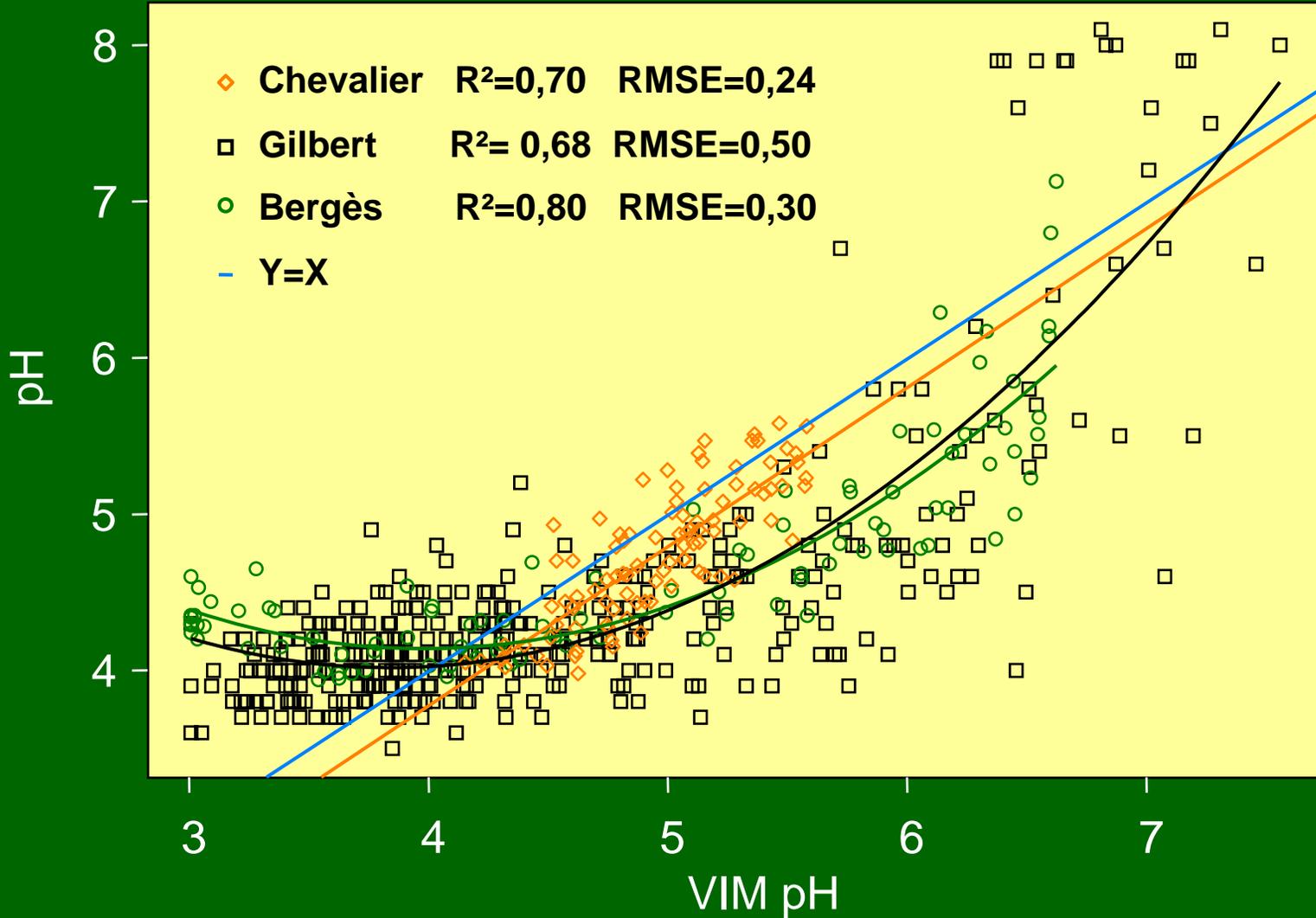
Méthodes

- Evaluation de la qualité de la prédiction :
 - Racine carrée de l'erreur quadratique moyenne ou "root mean square error" :
 - $RMSE_0$: modèle $Y=X$
 - $RMSE_1$: modèle $Y=a+b.X$
 - $RMSE_2$: modèle $Y=a+b.X+c.X^2$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y_j - \hat{y}_j)^2}$$

- Coefficient de détermination :
 - R_1^2 du modèle : $Y=a+b.X$
 - R_2^2 du modèle : $Y=a+b.X+c.X^2$

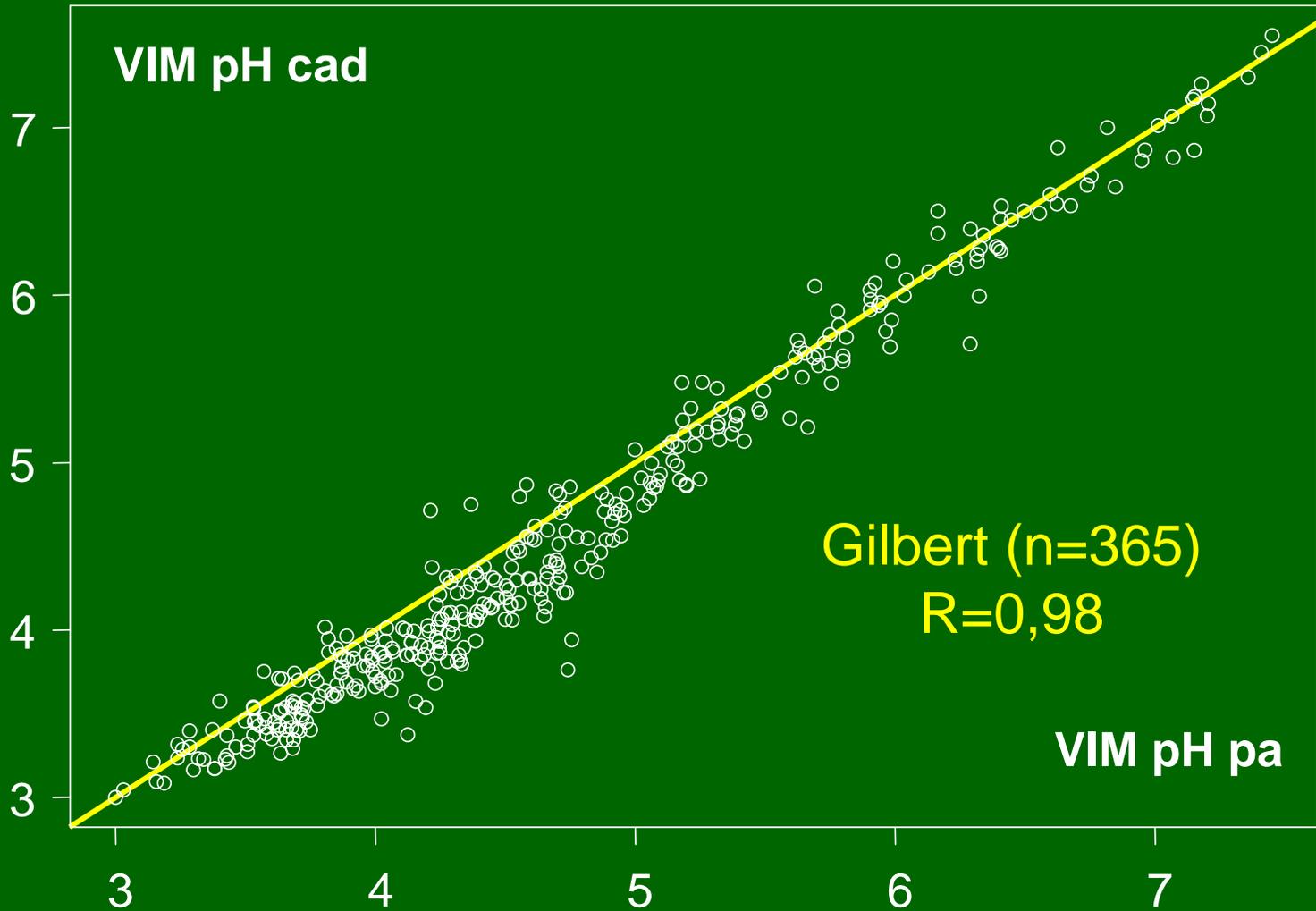
Résultats



Résultats

- H1 : "les valeurs indicatrices de pH, S/T et C/N de Gégout apportent un gain de qualité de prédiction par rapport aux coefficients d'Ellenberg R d'acidité et N de nutrition azotée"
- **H1 globalement vérifiée :**
 - gain de précision toujours observé, mais pas toujours très fort, et gain plus net sur données *Chevalier*
 - biais de prédiction très faible sur données *Chevalier* en comparaison des deux autres jeux de données
 - qualité de prédiction bien supérieure pour le pH H₂O, le pH KCl et le S/T que pour C/N
 - Cohérent avec les résultats de Gégout *et al.* (2003) dans les Vosges et de Schaffers et Sykora (2000) au Pays-Bas

Résultats



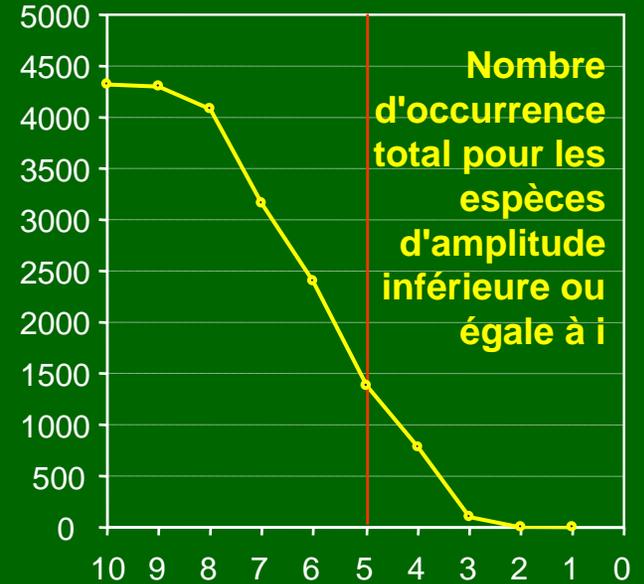
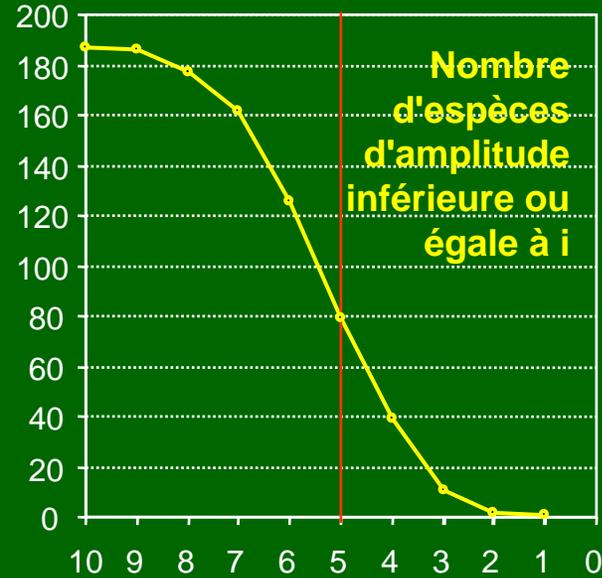
Résultats

- H3.1 : "la précision de la prédiction augmente lorsque l'on tient compte du coefficient d'abondance dominance dans le calcul de la VIM"
- **H3.1 non vérifiée :**
 - faibles écarts entre les deux types de VIM : de 0 à 5 points de variance expliquée en plus ou en moins
 - très forte corrélation entre prédicteurs : $R > 0,96$ quels que soient le jeu de données et le prédicteur
 - résultats conformes à ceux de Schaffers et Sykora (2000)
 - abondance de l'espèce :
 - liée au cycle de développement de l'espèce et à d'autres facteurs de milieu comme la lumière (Diekmann 2003)
 - fort effet "observateur" sur le CAD (Archaux *et al.* 2006)

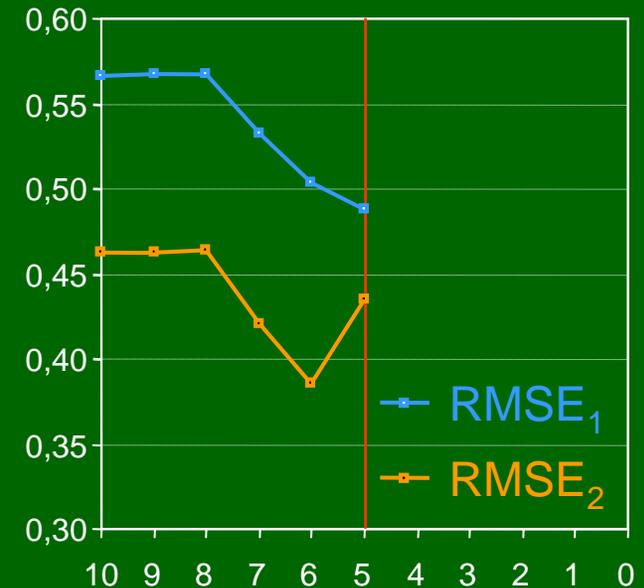
Résultats

Jeu de données
Gilbert

prédiction de
pH H₂O



Amplitude i de l'espèce en dixième



Résultats

- H3.2 : " la précision de la prédiction par la flore augmente si on limite aux espèces à amplitude faible ou moyenne vis-à-vis du gradient étudié"
- **H3.2 globalement non vérifiée :**
 - la restriction aux espèces à amplitude inférieure à 10/10 améliore un peu la précision de l'estimation du pH H₂O (cas des deux jeux de données *Chevalier* et *Bergès*)
 - la restriction du calcul de la VIM aux espèces à amplitude inférieure à 10/10 pour le S/T dégrade nettement la précision (cas des deux jeux de données *Gilbert* et *Chevalier*)

Conclusions

- Les nouvelles valeurs indicatrices semblent prometteuses pour le pH et le S/T mais
 - les prédictions sont souvent fortement biaisées
 - les difficultés persistent pour estimer la disponibilité en azote
- La prise en compte du coefficient d'abondance-dominance n'apporte rien
- Restreindre le calcul aux espèces à amplitude moyenne à étroite n'améliore pas la précision

Merci de votre attention

- **Archaux F., Bergès L. et Chevalier R.**, sous presse. *Are plant censuses carried out on small quadrats more reliable than on larger ones?* Plant Ecology.
- **Aubert, M., Bureau, F., Vicenslas-Akpa, M.**, 2005. Sources of spatial and temporal variability of inorganic nitrogen in pure and mixed deciduous forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 67-79.
- **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.
- **Brêthes, A., Brun, J.J., Jabiol, B., Ponge, J.F., Toutain, F.**, 1995. Classification of forest humus forms: a French proposal. *Annales des Sciences Forestières* 52, 535-546.
- **Chevalier R.**, 2003. Sylviculture du Chêne et biodiversité végétale spécifique. Étude d'une forêt en conversion vers la futaie régulière : la forêt domaniale de Montargis (45). Cemagref, Nogent-sur-Vernisson, , 111 p.
- **Diekmann M.**, 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology - a review. *Basic Appl. Ecol.* 4, 6:493-506.
- **Gégout, J.C., C. Coudun, H. Brisse et L. Bergès.**, 2002. Comportement écologique des espèces forestières vis-à-vis du climat et du sol en France. Application à l'évaluation des charges critiques d'acidité et d'azote. INRA, ENGREF, Nancy, 51 p.
- **Gilbert J.M., Chevalier R. et Dumas Y.**, 1996. Autécologie du pin Laricio de Corse dans le secteur ligérien. *Revue forestière française*, 48, 3, p. 201-216.
- **Legrand C.**, 2006. La mise au point d'outils robustes d'estimation de la richesse minérale du sol utilisant la valeur indicatrice de la flore forestière. Rapport de Master 2 Recherche, Mention Sciences du Vivant, Spécialité Ecosystèmes Terrestres et Action de l'Homme, Université d'Orléans, 29 p.
- **Michalet, R., Gandoy, C., Cadel, G., Girard, G., Grossi, J., Joud, D., Pache, G.**, 2001. Modes de fonctionnement d'humus des forêts sempervirentes des Alpes internes françaises. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Serie III, Sciences de la Vie* 324, 59-70.
- **Ponge J.F., Chevalier R. et Loussot P.**, 2002. Humus index : an integrated tool for the assessment of forest floor and topsoil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 6, p. 1996-2001.
- **Schaffers A.P. et Sykora K.V.**, 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *J. Veg. Sci.* 11, 2:225-244.