

Compétition entre le chêne sessile et le hêtre en régénération naturelle de peuplements irréguliers et mélangés

Gauthier Ligot

ULg, Gembloux Agro-Bio Tech
Unité de Gestion des Ressources forestières et des Milieux naturels

8-10 avril 2013



La succession des espèces dans le cycle forestier est largement déterminée par des variations interspécifiques de tolérance à l'ombrage

J. Emborg / Forest Ecology and Management 106 (1998) 83–95

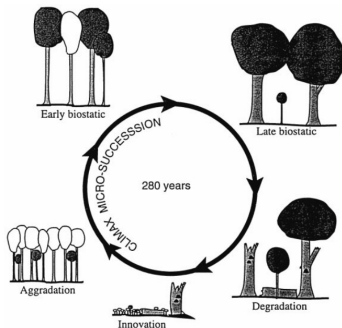


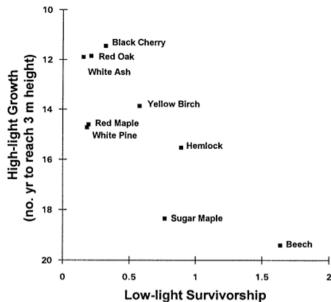
Fig. 1. The forest cycle of Suserup Skov occurring through time, in principle at any given place in the forest. In Suserup Skov, one turn of the ideal cycle takes some 280 yr (after Emborg, 1996).

La tolérance à l'ombrage est formalisée tel un compromis entre la survie en milieux ombragés et la croissance dans de bonnes conditions d'éclaircissement.

Ecological Applications, 5(2), 1995, pp. 517-532
© 1995 by the Ecological Society of America

JUVENILE TREE SURVIVORSHIP AS A COMPONENT OF SHADE TOLERANCE¹

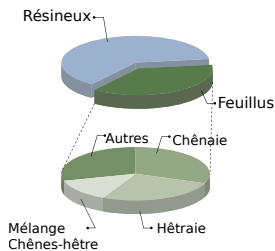
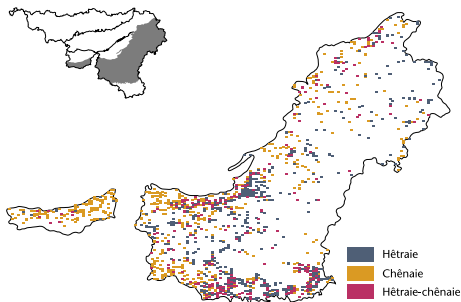
RICHARD K. KOBE, STEPHEN W. PACALA, AND JOHN A. SILANDER, JR.
CHARLES D. CANHAM



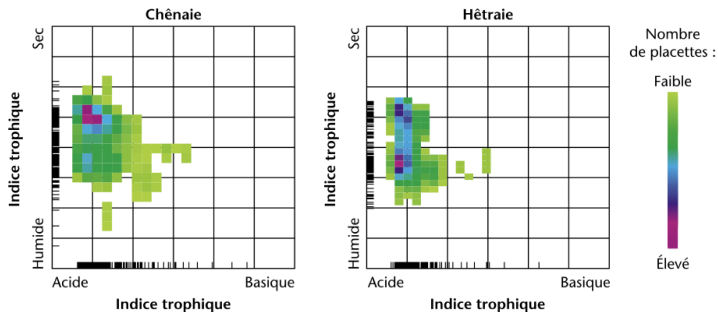
Le hêtre et le chêne, deux espèces déjà bien étudiées, aux tempéraments contrastés

		Hêtre	Chêne
Point de compensation	semis d'1 an	très faible	très faible
	jeune semis	2-5%	10%
Point de saturation	jeune semis	10%	20%
	vieux seedling (> 10 ans)	20%	30%
Plasticité morphologique liées aux conditions d'éclaircissement		forte	faible
Sensibilité à la compétition herbacée		medium	low

Deux espèces majeures des forêts tempérées en Europe qui représentent près de 3/4 des peuplements feuillus ardennais



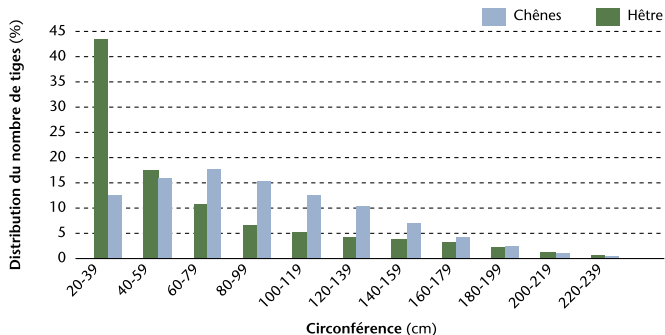
Occupant une même niche écologique (niveaux trophiques et hydriques)



Conditions trophiques et hydriques dans lesquelles les chênes (pédonculé et sessile) et le hêtre sont trouvés en Ardenne.

Le hêtre, espèce climacique, s'impose au chêne.

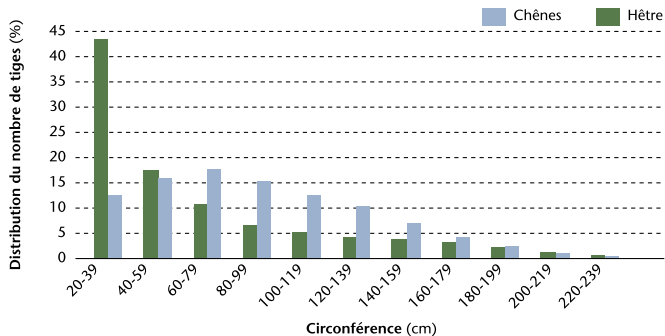
- ▶ Tendance naturelle
- ▶ Maintient de futaies denses et abandon du taillis-sous-futaie
- ▶ Pression du gibier



Structure des populations de chênes (*Quercus* sp.) et de hêtre en Ardennes.

Le hêtre, espèce climacique, s'impose au chêne.

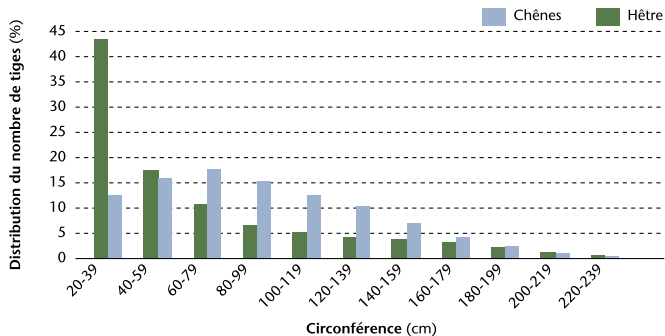
- ▶ Tendance naturelle
- ▶ Maintient de futaies denses et abandon du taillis-sous-futaie
- ▶ Pression du gibier



Structure des populations de chênes (*Quercus* sp.) et de hêtre en Ardennes.

Le hêtre, espèce climacique, s'impose au chêne.

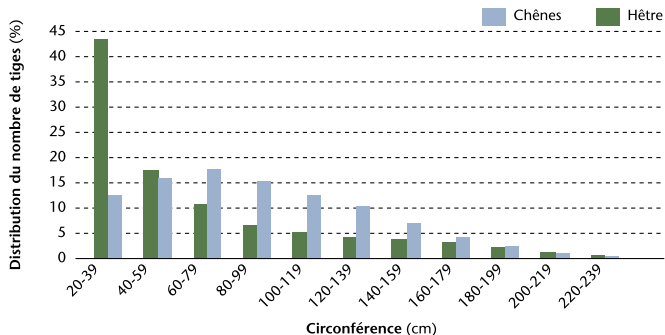
- ▶ Tendance naturelle
- ▶ Maintient de futaies denses et abandon du taillis-sous-futaie
- ▶ Pression du gibier



Structure des populations de chênes (*Quercus* sp.) et de hêtre en Ardennes.

Le hêtre, espèce climacique, s'impose au chêne.

- ▶ Tendance naturelle
- ▶ Maintient de futaies denses et abandon du taillis-sous-futaie
- ▶ Pression du gibier



Structure des populations de chênes (*Quercus* sp.) et de hêtre en Ardennes.

Pourtant, le chêne peut jouer un rôle important dans cet écosystème

Le mélange augmenterait :

- ▶ la résilience (surtout dans le contexte de la maladie du hêtre)
- ▶ la qualité des services écosystémiques
- ▶ la biodiversité
- ▶ la minéralisation et la fertilité des sols et l'exploitation optimale des stations
- ▶ la production de bois de qualité



Pourtant, le chêne peut jouer un rôle important dans cet écosystème

Le mélange augmenterait :

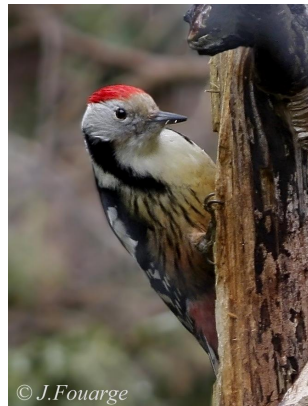
- ▶ la résilience (surtout dans le contexte de la maladie du hêtre)
- ▶ la qualité des services écosystémiques
- ▶ la biodiversité
- ▶ la minéralisation et la fertilité des sols et l'exploitation optimale des stations
- ▶ la production de bois de qualité



Pourtant, le chêne peut jouer un rôle important dans cet écosystème

Le mélange augmenterait :

- ▶ la résilience (surtout dans le contexte de la maladie du hêtre)
- ▶ la qualité des services écosystémiques
- ▶ la biodiversité
- ▶ la minéralisation et la fertilité des sols et l'exploitation optimale des stations
- ▶ la production de bois de qualité



Pourtant, le chêne peut jouer un rôle important dans cet écosystème

Le mélange augmenterait :

- ▶ la résilience (surtout dans le contexte de la maladie du hêtre)
- ▶ la qualité des services écosystémiques
- ▶ la biodiversité
- ▶ la minéralisation et la fertilité des sols et l'exploitation optimale des stations
- ▶ la production de bois de qualité



Pourtant, le chêne peut jouer un rôle important dans cet écosystème

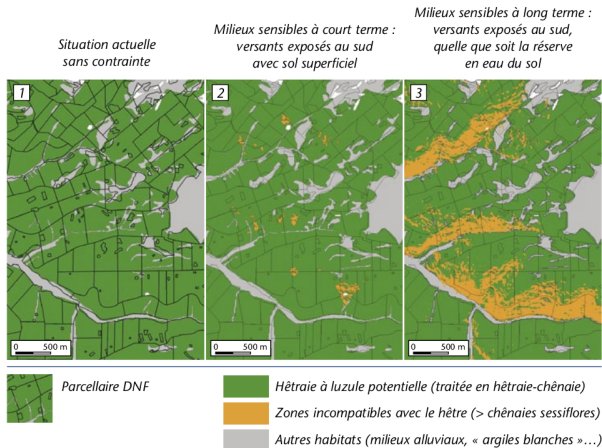
Le mélange augmenterait :

- ▶ la résilience (surtout dans le contexte de la maladie du hêtre)
- ▶ la qualité des services écosystémiques
- ▶ la biodiversité
- ▶ la minéralisation et la fertilité des sols et l'exploitation optimale des stations
- ▶ la production de bois de qualité



► Le chêne serait également moins sensible aux changements climatiques

Impact possible d'une contrainte climatique sur la hêtraie ardennaise. Exemple : zone forestière dans le massif de Saint-Hubert.



Contexte

Objectifs

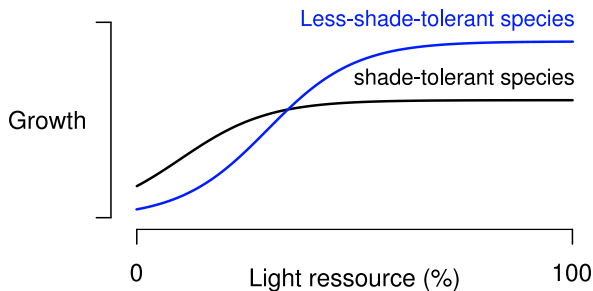
Matériel et méthode

Resultats

Discussion

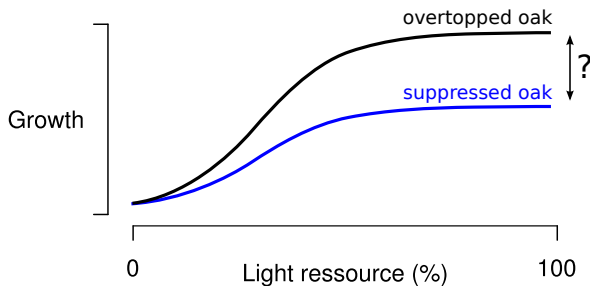
Objectifs

- 1 Puisque le hêtre est plus tolérant à l'ombrage, quelle est la gamme de conditions d'éclaircissement permettant aux chênes de dominer les hêtres



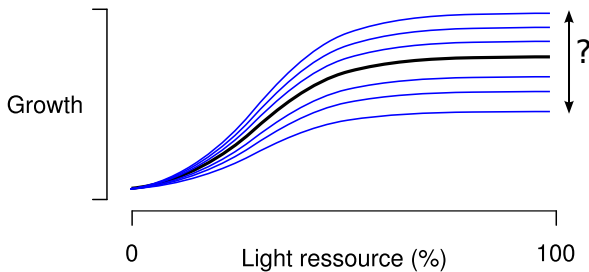
Objectifs

- 2 Comment la croissance des chênes est-elle affectée si ils sont dominés par d'autres espèces (dont le hêtre) ?



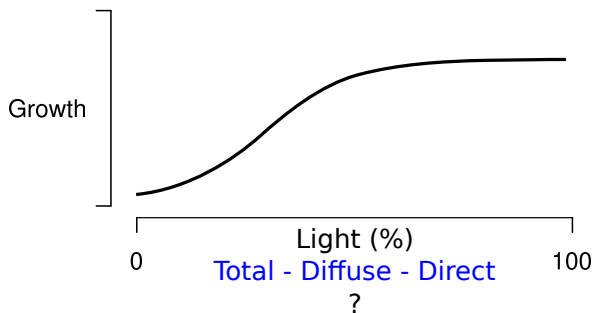
Objectifs

- 3 Est-ce que la réponse observée varie entre sites ? Dans quelle ampleur et peut-on l'expliquer ?



Objectifs

- 4 L'éclairage diffus est régulièrement utilisé comme indicateur de l'éclairage annuel. Est-ce que l'éclairage direct influence la croissance des semis ?
- ▶ Les rayons directs transportent plus d'énergie
 - ▶ L'éclairage direct dans le sous-bois est limité spatialement et temporellement



Objectifs

- 5 Comment favoriser la régénération naturelle du chêne dans les hêtraies-chênaies wallonnes ?



Contexte

Objectifs

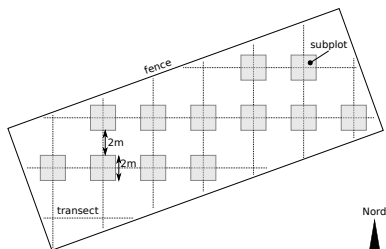
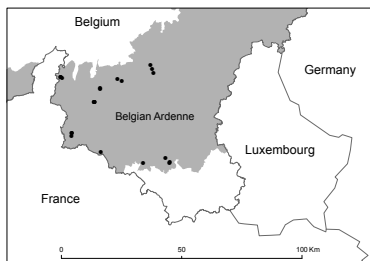
Matériel et méthode

Resultats

Discussion

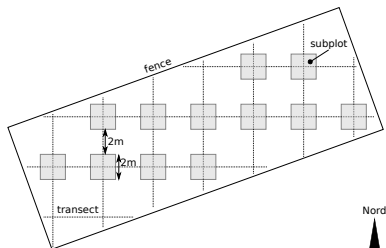
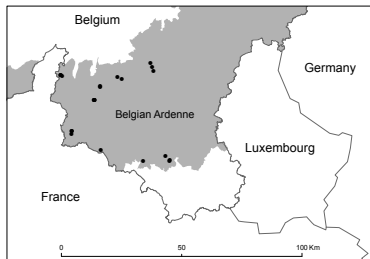
Zone d'étude

- ▶ 23 sites clôturés
- ▶ 242 placettes carrées de 4 m², installées le long de transects
- ▶ Placettes installées si : recouvrement de la végét. > 20% et H < 3 m
- ▶ Cartographie et mesures des arbres (dbh > 6,4 cm) dans un rayon de 20 m
- ▶ Relevés floristiques, pédologiques, type d'humus, indices micro-climatiques



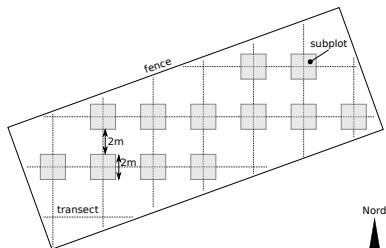
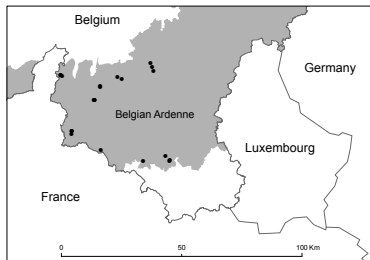
Zone d'étude

- ▶ 23 sites clôturés
- ▶ 242 placettes carrées de 4 m², installées le long de transects
- ▶ Placettes installées si : recouvrement de la végét. > 20% et H < 3 m
- ▶ Cartographie et mesures des arbres (dbh > 6,4 cm) dans un rayon de 20 m
- ▶ Relevés floristiques, pédologiques, type d'humus, indices micro-climatiques



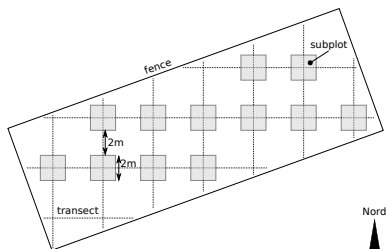
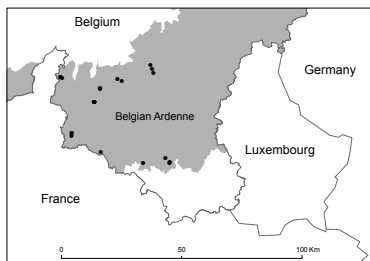
Zone d'étude

- ▶ 23 sites clôturés
- ▶ 242 placettes carrées de 4 m², installées le long de transects
- ▶ Placettes installées si : recouvrement de la végét. > 20% et H < 3 m
- ▶ Cartographie et mesures des arbres (dbh > 6,4 cm) dans un rayon de 20 m
- ▶ Relevés floristiques, pédologiques, type d'humus, indices micro-climatiques



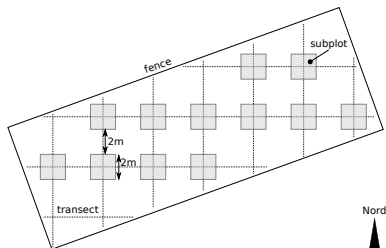
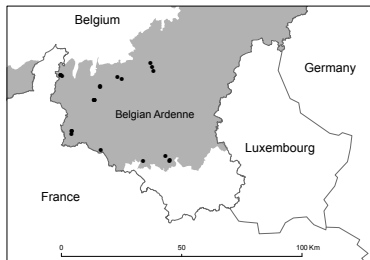
Zone d'étude

- ▶ 23 sites clôturés
- ▶ 242 placettes carrées de 4 m², installées le long de transects
- ▶ Placettes installées si : recouvrement de la végét. > 20% et H < 3 m
- ▶ Cartographie et mesures des arbres (dbh > 6,4cm) dans un rayon de 20m
- ▶ Relevés floristiques, pédologiques, type d'humus, indices micro-climatiques



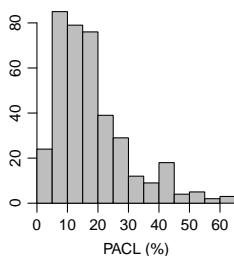
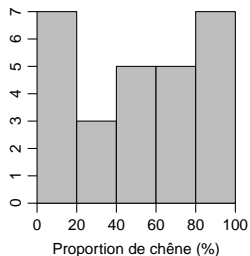
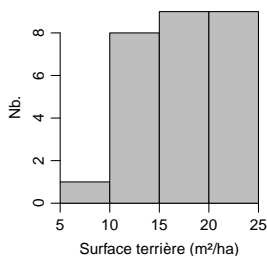
Zone d'étude

- ▶ 23 sites clôturés
- ▶ 242 placettes carrées de 4 m², installées le long de transects
- ▶ Placettes installées si : recouvrement de la végét. > 20% et H < 3 m
- ▶ Cartographie et mesures des arbres (dbh > 6,4cm) dans un rayon de 20m
- ▶ Relevés floristiques, pédologiques, type d'humus, indices micro-climatiques



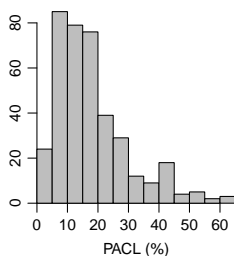
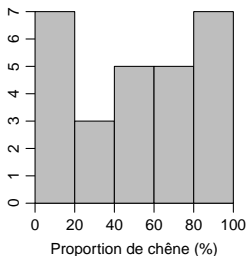
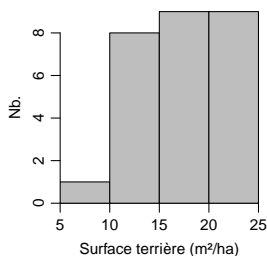
Les peuplements étudiés sont hétérogènes

- ▶ Conditions trophiques et hydriques homogènes
- ▶ Diversité des structures et compositions des peuplements étudiés (jusqu'à 20% d'espèce autres que le chêne et le hêtre)
- ▶ PACL (Percentage of above canopy light) varie entre 1 et 61%
- ▶ Large gradient d'ouverture de la canopée (avec des trouées jusqu'à 1200 m²).



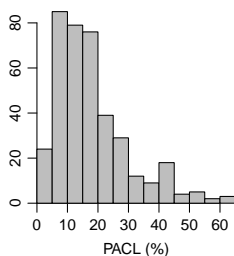
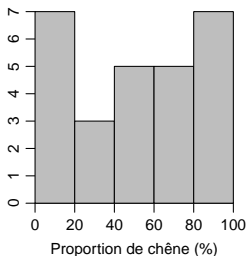
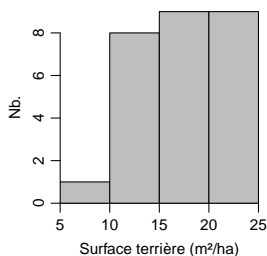
Les peuplements étudiés sont hétérogènes

- ▶ Conditions trophiques et hydriques homogènes
- ▶ Diversité des structures et compositions des peuplements étudiés (jusqu'à 20% d'espèce autres que le chêne et le hêtre)
- ▶ PACL (Percentage of above canopy light) varie entre 1 et 61%
- ▶ Large gradient d'ouverture de la canopée (avec des trouées jusqu'à 1200 m²).



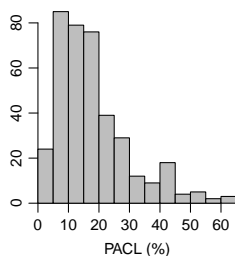
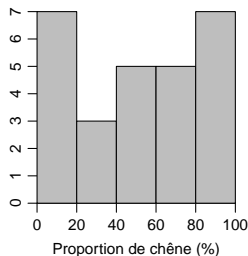
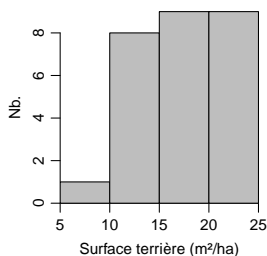
Les peuplements étudiés sont hétérogènes

- ▶ Conditions trophiques et hydriques homogènes
- ▶ Diversité des structures et compositions des peuplements étudiés (jusqu'à 20% d'espèce autres que le chêne et le hêtre)
- ▶ PACL (Percentage of above canopy light) varie entre 1 et 61%
- ▶ Large gradient d'ouverture de la canopée (avec des trouées jusqu'à 1200 m²).



Les peuplements étudiés sont hétérogènes

- ▶ Conditions trophiques et hydriques homogènes
- ▶ Diversité des structures et compositions des peuplements étudiés (jusqu'à 20% d'espèce autres que le chêne et le hêtre)
- ▶ PACL (Percentage of above canopy light) varie entre 1 et 61%
- ▶ Large gradient d'ouverture de la canopée (avec des trouées jusqu'à 1200 m²).



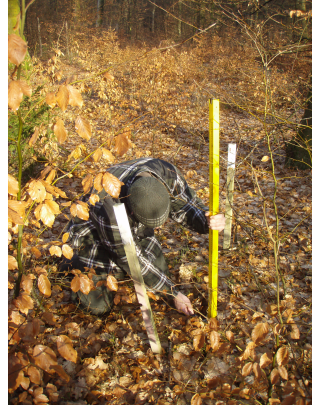


Régénération

- ▶ Hauteur des 3 plus grands semis
- ▶ Effectifs par espèce en 2007 et 2012
- ▶ Age de 5 chênes et 5 hêtres par site

$$iH_s = (\overline{H11}_s - \overline{H09}_s)/2$$

$$HREL_s = \overline{H09}_s / \max(\overline{H09})$$

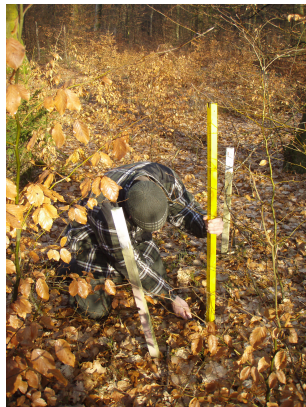


Régénération

- ▶ Hauteur des 3 plus grands semis
- ▶ Effectifs par espèce en 2007 et 2012
- ▶ Age de 5 chênes et 5 hêtres par site

$$iH_s = (\overline{H11}_s - \overline{H09}_s)/2$$

$$HREL_s = \overline{H09}_s / \max(\overline{H09})$$

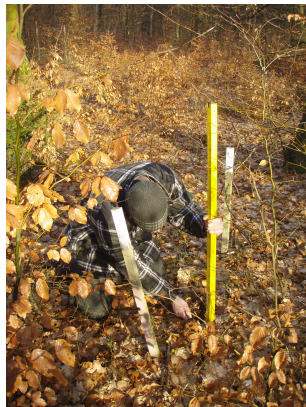


Régénération

- ▶ Hauteur des 3 plus grands semis
- ▶ Effectifs par espèce en 2007 et 2012
- ▶ Age de 5 chênes et 5 hêtres par site

$$iH_s = (\overline{H11}_s - \overline{H09}_s)/2$$

$$HREL_s = \overline{H09}_s / \max(\overline{H09})$$

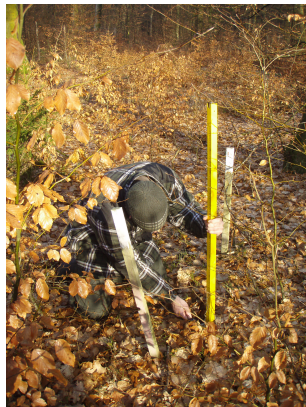


Régénération

- ▶ Hauteur des 3 plus grands semis
- ▶ Effectifs par espèce en 2007 et 2012
- ▶ Age de 5 chênes et 5 hêtres par site

$$iH_s = (\overline{H11}_s - \overline{H09}_s)/2$$

$$HREL_s = \overline{H09}_s / \max(\overline{H09})$$

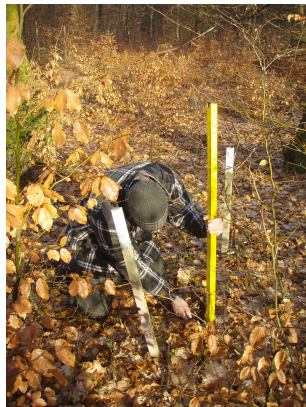


Régénération

- ▶ Hauteur des 3 plus grands semis
- ▶ Effectifs par espèce en 2007 et 2012
- ▶ Age de 5 chênes et 5 hêtres par site

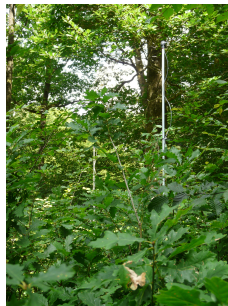
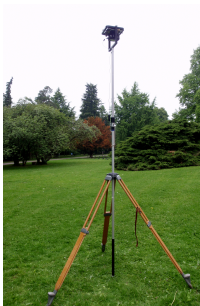
$$iH_s = (\overline{H11_s} - \overline{H09_s})/2$$

$$HREL_s = \overline{H09_s} / \max(\overline{H09})$$



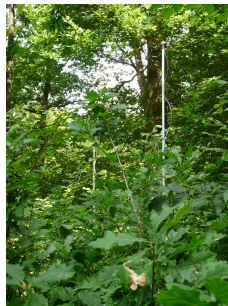
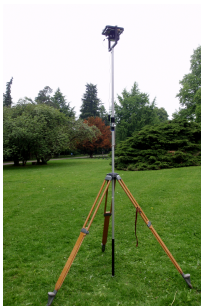
Photographies hémisphériques

- ▶ Mesure de l'ouverture de la canopée pendant la période de végétation
- ▶ Calcul de la lumière transmise : totale, diffuse et directe
- ▶ Validation avec des capteurs PAR
($r = 0.91, P < 0.001, n = 70$)



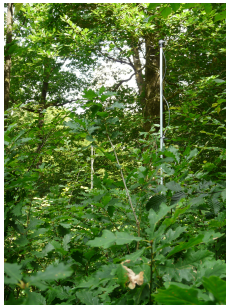
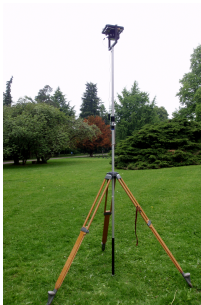
Photographies hémisphériques

- ▶ Mesure de l'ouverture de la canopée pendant la période de végétation
- ▶ Calcul de la lumière transmise : totale, diffuse et directe
- ▶ Validation avec des capteurs PAR
($r = 0.91, P < 0.001, n = 70$)



Photographies hémisphériques

- ▶ Mesure de l'ouverture de la canopée pendant la période de végétation
- ▶ Calcul de la lumière transmise : totale, diffuse et directe
- ▶ Validation avec des capteurs PAR
($r = 0.91, P < 0.001, n = 70$)



Des modèles non-linéaires et mixtes

- ▶ Recherche de modèles mécanistes
- ▶ Les semis d'un même site ne sont pas indépendants et un "effet site" est possible
- ▶ Ajout d'un facteur aléatoire permettant de quantifier la variabilité entre sites : α_j

Des modèles non-linéaires et mixtes

- ▶ Recherche de modèles mécanistes
- ▶ Les semis d'un même site ne sont pas indépendants et un "effet site" est possible
- ▶ Ajout d'un facteur aléatoire permettant de quantifier la variabilité entre sites : α_j

Des modèles non-linéaires et mixtes

- ▶ Recherche de modèles mécanistes
- ▶ Les semis d'un même site ne sont pas indépendants et un "effet site" est possible
- ▶ Ajout d'un facteur aléatoire permettant de quantifier la variabilité entre sites : α_j

Démarches de modélisation : potentiel \times réducteur

$$croissance_{ij} = f [MAX(\alpha, H, age), RED_1(light), RED_2(HREL)]$$

1. Choix entre différents modèles non-linéaires : $RED_1(light)$
2. Choix entre différentes expressions de la croissance maximum : $MAX(\alpha, H, age)$
3. Ajout de l'effet de la compétition interspécifique : $RED_2(HREL)$
4. Analyse de sensibilité du modèle par rapport à l'éclairement total, diffus ou direct
5. Analyse de l'effet site : α

Démarches de modélisation : potentiel \times réducteur

$$croissance_{ij} = f [MAX(\alpha, H, age), RED_1(light), RED_2(HREL)]$$

1. Choix entre différents modèles non-linéaires : $RED_1(light)$
2. Choix entre différentes expressions de la croissance maximum : $MAX(\alpha, H, age)$
3. Ajout de l'effet de la compétition interspécifique : $RED_2(HREL)$
4. Analyse de sensibilité du modèle par rapport à l'éclairement total, diffus ou direct
5. Analyse de l'effet site : α

Démarches de modélisation : potentiel × réducteur

$$croissance_{ij} = f [MAX(\alpha, H, age), RED_1(light), RED_2(HREL)]$$

1. Choix entre différents modèles non-linéaires : $RED_1(light)$
2. Choix entre différentes expressions de la croissance maximum : $MAX(\alpha, H, age)$
3. Ajout de l'effet de la compétition interspécifique : $RED_2(HREL)$
4. Analyse de sensibilité du modèle par rapport à l'éclairement total, diffus ou direct
5. Analyse de l'effet site : α

Démarches de modélisation : potentiel × réducteur

$$croissance_{ij} = f [MAX(\alpha, H, age), RED_1(light), RED_2(HREL)]$$

1. Choix entre différents modèles non-linéaires : $RED_1(light)$
2. Choix entre différentes expressions de la croissance maximum : $MAX(\alpha, H, age)$
3. Ajout de l'effet de la compétition interspécifique : $RED_2(HREL)$
4. Analyse de sensibilité du modèle par rapport à l'éclairement total, diffus ou direct
5. Analyse de l'effet site : α

Démarches de modélisation : potentiel × réducteur

$$croissance_{ij} = f [MAX(\alpha, H, age), RED_1(light), RED_2(HREL)]$$

1. Choix entre différents modèles non-linéaires : $RED_1(light)$
2. Choix entre différentes expressions de la croissance maximum : $MAX(\alpha, H, age)$
3. Ajout de l'effet de la compétition interspécifique : $RED_2(HREL)$
4. Analyse de sensibilité du modèle par rapport à l'éclairement total, diffus ou direct
5. Analyse de l'effet site : α

Contexte

Objectifs

Matériel et méthode

Resultats

Discussion

Caractéristique de la régénération

- ▶ La densité varie de 3 à 110 semis/m²
- ▶ Les espèces compagnes (charme, érable) sont parfois abondantes
- ▶ Les hêtres ont en moyenne 11 ans et les chênes sont significativement plus jeunes d'1.5 ans

	n	Hauteur initiale (cm)	Accroissement (cm)
Hêtre	149	153 (23 - 277)	26 (- 9 ; 62)
Chêne	174	125 (13 273)	16 (-10 ; 52)

Caractéristique de la régénération

- ▶ La densité varie de 3 à 110 semis/m²
- ▶ Les espèces compagnes (charme, érable) sont parfois abondantes
- ▶ Les hêtres ont en moyenne 11 ans et les chênes sont significativement plus jeunes d'1.5 ans

	n	Hauteur initiale (cm)	Accroissement (cm)
Hêtre	149	153 (23 - 277)	26 (- 9 ; 62)
Chêne	174	125 (13 273)	16 (-10 ; 52)

Caractéristique de la régénération

- ▶ La densité varie de 3 à 110 semis/m²
- ▶ Les espèces compagnes (charme, érable) sont parfois abondantes
- ▶ Les hêtres ont en moyenne 11 ans et les chênes sont significativement plus jeunes d'1.5 ans

	n	Hauteur initiale (cm)	Accroissement (cm)
Hêtre	149	153 (23 - 277)	26 (- 9 ; 62)
Chêne	174	125 (13 273)	16 (-10 ; 52)

Caractéristique de la régénération

- ▶ La densité varie de 3 à 110 semis/m²
- ▶ Les espèces compagnes (charme, érable) sont parfois abondantes
- ▶ Les hêtres ont en moyenne 11 ans et les chênes sont significativement plus jeunes d'1.5 ans

	n	Hauteur initiale (cm)	Accroissement (cm)
Hêtre	149	153 (23 - 277)	26 (- 9 ; 62)
Chêne	174	125 (13 273)	16 (-10 ; 52)

Caractéristique de la régénération

- ▶ La densité varie de 3 à 110 semis/m²
- ▶ Les espèces compagnes (charme, érable) sont parfois abondantes
- ▶ Les hêtres ont en moyenne 11 ans et les chênes sont significativement plus jeunes d'1.5 ans

	n	Hauteur initiale (cm)	Accroissement (cm)
Hêtre	149	153 (23 - 277)	26 (- 9 ; 62)
Chêne	174	125 (13 273)	16 (-10 ; 52)

Modèle retenu

- ▶ Pour les chênes, deux points d'inflexion : un pour les régénérations dominées et un pour les régénérations dominantes.
- ▶ Pour les hêtres, un modèle commun

$$iH = \frac{\alpha + b * \sqrt{(H)}}{1 + \exp(-PA CL / c_{hrel})}$$

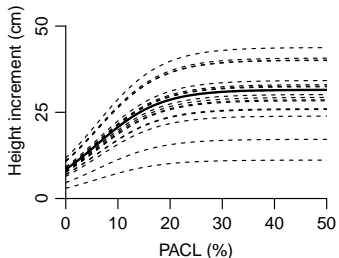
	b	c (Dominant)	c (Dominé)	θ_{α}	θ_{ϵ}
Chêne	2.06 (1.642 ; 2.476)	6.06 (3.468 ; 8.648)	10.26 (6.469 ; 14.046)	7.26	6.76
Hêtre	2.43 (2.035 ; 2.828)	3.96 (2.378 ; 5.55)		7.26	10.49

Variation entre sites

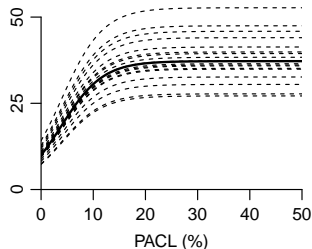
$$iH = \frac{\alpha + b * \sqrt{(H)}}{1 + \exp(-PACL/c_{Hrel})}$$

avec $\theta_{\alpha} \approx 7\text{cm}$

Oak (H=150cm)

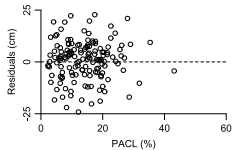
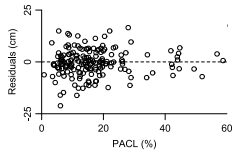
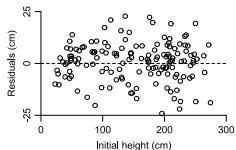
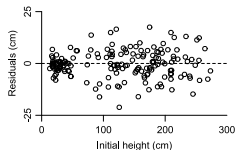
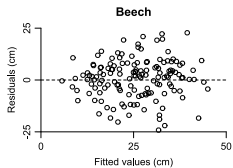
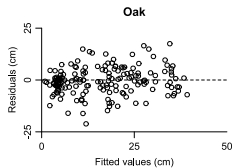


Beech (H=150cm)



Variation résiduelle importante

- ▶ $R^2 \approx 76\%$ et 45%



Importance des radiations directes

- ▶ En remplaçant PACL par $e * DIR + (1 - e) * DIFF$ on a testé l'importance du rayonnement direct ($H_0 : e = 0$)

	N	Sites	K	e	RSS	AIC	L	P
Chêne	174	18	6	1.001 (0.783 - 7.989)	154929	1193	8.022	0.005
Hêtre	149	18	5	0.300 (-0.184 - 0.784)	326710	11560	0.218	0.641

- ▶ Rejet de H_0 pour les chênes et pas H_0 pour les hêtres

Importance des radiations directes

- ▶ En remplaçant PACL par $e * DIR + (1 - e) * DIFF$ on a testé l'importance du rayonnement direct ($H_0 : e = 0$)

	N	Sites	K	e	RSS	AIC	L	P
Chêne	174	18	6	1.001 (0.783 - 7.989)	154929	1193	8.022	0.005
Hêtre	149	18	5	0.300 (-0.184 - 0.784)	326710	11560	0.218	0.641

- ▶ Rejet de H_0 pour les chênes et pas H_0 pour les hêtres

Importance des radiations directes

- ▶ En remplaçant PACL par $e * DIR + (1 - e) * DIFF$ on a testé l'importance du rayonnement direct ($H_0 : e = 0$)

	N	Sites	K	e	RSS	AIC	L	P
Chêne	174	18	6	1.001 (0.783 - 7.989)	154929	1193	8.022	0.005
Hêtre	149	18	5	0.300 (-0.184 - 0.784)	326710	11560	0.218	0.641

- ▶ Rejet de H_0 pour les chênes et pas H_0 pour les hêtres

Variation entre sites

Corrélations avec les estimations de α :

Pour les semis de chênes

- ▶ niveau trophique écoflore
($r=0.562$, $P=0.015$)
- ▶ altitude
($r=-0.631$, $P=0.005$)
- ▶ précipitations annuelles
($r=-0.689$, $P=0.002$)
- ▶ températures annuelles
($r=0.638$, $P=0.004$)

Pour les semis de hêtres

- ▶ niveau trophique écoflore
($r=0.553$, $P=0.001$)

Variation entre sites

Corrélations avec les estimations de α :

Pour les semis de chênes

- ▶ niveau trophique écoflore
($r=0.562$, $P=0.015$)
- ▶ altitude
($r=-0.631$, $P=0.005$)
- ▶ précipitations annuelles
($r=-0.689$, $P=0.002$)
- ▶ températures annuelles
($r=0.638$, $P=0.004$)

Pour les semis de hêtres

- ▶ niveau trophique écoflore
($r=0.553$, $P=0.001$)

Variation entre sites

Corrélations avec les estimations de α :

Pour les semis de chênes

- ▶ niveau trophique écoflore
($r=0.562$, $P=0.015$)
- ▶ altitude
($r=-0.631$, $P=0.005$)
- ▶ précipitations annuelles
($r=-0.689$, $P=0.002$)
- ▶ températures annuelles
($r=0.638$, $P=0.004$)

Pour les semis de hêtres

- ▶ niveau trophique écoflore
($r=0.553$, $P=0.001$)

Variation entre sites

Corrélations avec les estimations de α :

Pour les semis de chênes

- ▶ niveau trophique écoflore
($r=0.562$, $P=0.015$)
- ▶ altitude
($r=-0.631$, $P=0.005$)
- ▶ précipitations annuelles
($r=-0.689$, $P=0.002$)
- ▶ températures annuelles
($r=0.638$, $P=0.004$)

Pour les semis de hêtres

- ▶ niveau trophique écoflore
($r=0.553$, $P=0.001$)

Contexte

Objectifs

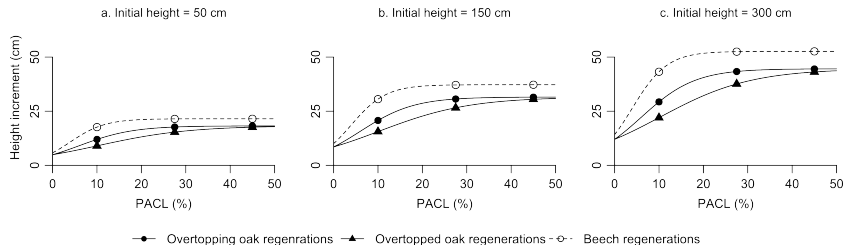
Matériel et méthode

Resultats

Discussion

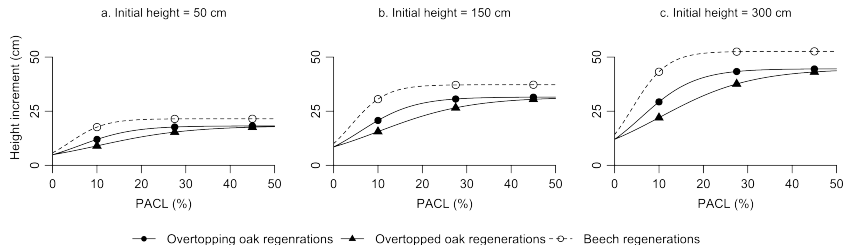
Les hêtres grandissent plus vite dans toutes les conditions

- ▶ La croissance optimum (asymptote) est resp. atteinte à 10 et 20% d'éclairage pour les hêtres et les chênes
- ▶ Le chêne a donc besoin de plus d'éclairage, et notamment d'éclairage direct (impact de la couverture nuageuse, et corrélation avec les précipitations)
- ▶ Contrairement à la théorie de tolérance à l'ombrage, le hêtre grandit plus vite dans toutes les conditions



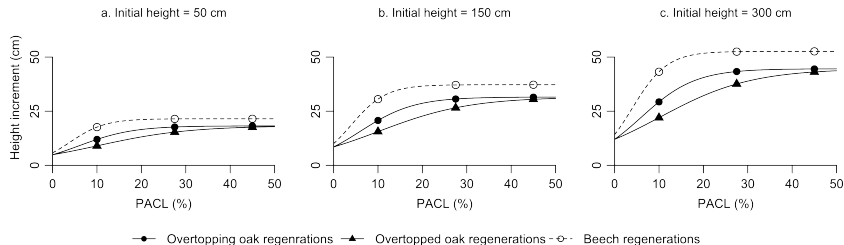
Les hêtres grandissent plus vite dans toutes les conditions

- ▶ La croissance optimum (assymptote) est resp. atteinte à 10 et 20% d'éclairciment pour les hêtres et les chênes
- ▶ Le chêne a donc besoin de plus d'éclairciment, et notamment d'éclairciment direct (impact de la couverture nuageuse, et corrélation avec les précipitations)
- ▶ Contrairement à la théorie de tolérance à l'ombrage, le hêtre grandit plus vite dans toutes les conditions



Les hêtres grandissent plus vite dans toutes les conditions

- ▶ La croissance optimum (asymptote) est resp. atteinte à 10 et 20% d'éclairage pour les hêtres et les chênes
- ▶ Le chêne a donc besoin de plus d'éclairage, et notamment d'éclairage direct (impact de la couverture nuageuse, et corrélation avec les précipitations)
- ▶ Contrairement à la théorie de tolérance à l'ombrage, le hêtre grandit plus vite dans toutes les conditions



Des résultats similaires ont été reportés pour *Quercus rubra*

Ecology, 77(3), 1996, pp. 841–853
© 1996 by the Ecological Society of America

ARE SHADE TOLERANCE, SURVIVAL, AND GROWTH LINKED? LOW LIGHT AND NITROGEN EFFECTS ON HARDWOOD SEEDLINGS¹

MICHAEL B. WALTERS

Department of Natural Resources and Environmental Studies, University of Northern British Columbia,
Prince George, British Columbia, Canada V2N 4Z9

PETER B. REICH

Department of Forest Resources, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota 55108 USA

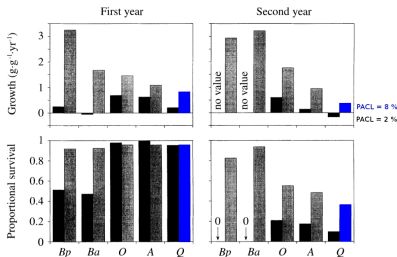
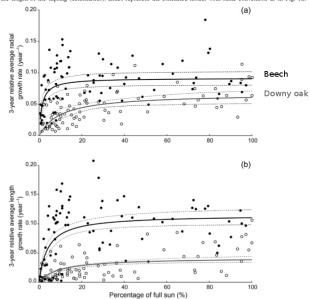


FIG. 1. Growth (proportional change in biomass) and proportional survival for the first and second growing seasons in 2% (black bars) and 8% (gray bars) light. Species are ordered (left to right) according to increasing initial seedling mass (Appendix) and seed mass (Walters et al. 1993a) and decreasing relative growth rate in high light (Walters et al. 1993a). Species acronyms are: Bp = *Betula papyrifera*, Ba = *Betula alleghaniensis*, O = *Ostrya virginiana*, A = *Acer saccharum*, and Q = *Quercus rubra*.

Growth, mortality, and morphological response of European beech and downy oak along a light gradient in sub-Mediterranean forest

Georges Kunstler, Thomas Curt, Monique Bouchaud, and Jacques Lepart

Fig. 1. (a) Relative 3-year average radial growth rate (year^{-1}) versus percentage of full sun for beech (solid circle) and oak (open circle). Relative 3-year average radial growth rate was the 3-year average radial growth (millimetres) divided by the basal radius (millimetres). Solid lines are fitted functions for beech (black line) and oak (grey line). Broken lines are bootstrapped 95% confidence intervals for beech (black) and oak (grey). (b) Relative 3-year average length growth rate (year^{-1}) versus percentage of full sun for beech (solid circle) and oak (open circle). The relative 3-year average length growth rate is the 3-year average length growth (centimetres) divided by the length of the sapling (centimetres). Lines represent the estimated model with same convention as in Fig. 1a.



“Trade-off” également avec la croissance en diamètre, l’élaboration de réserves et de capacités de défenses

- ▶ Nous n’avons étudié que la croissance en hauteur par rapport à l’éclaircissement
- ▶ Le chêne pourrait investir d’avantage dans la biomasse racinaire et dans la croissance en diamètre
- ▶ Les semis de chênes ont la capacité de rejeter (rarement vraiment morts)

“Trade-off” également avec la croissance en diamètre, l’élaboration de réserves et de capacités de défenses

- ▶ Nous n’avons étudié que la croissance en hauteur par rapport à l’éclaircissement
- ▶ Le chêne pourrait investir d’avantage dans la biomasse racinaire et dans la croissance en diamètre
- ▶ Les semis de chênes ont la capacité de rejeter (rarement vraiment morts)

“Trade-off” également avec la croissance en diamètre, l’élaboration de réserves et de capacités de défenses

- ▶ Nous n’avons étudié que la croissance en hauteur par rapport à l’éclaircissement
- ▶ Le chêne pourrait investir d’avantage dans la biomasse racinaire et dans la croissance en diamètre
- ▶ Les semis de chênes ont la capacité de rejeter (rarement vraiment morts)

Le classement des espèces ne dépend pas que de l'éclairement

- ▶ Notre expérience est limitée au contexte Ardennais
- ▶ Nos résultats auraient sans doute été différents pour d'autres environnements : plus secs, plus riches ou plus lumineux...
- ▶ Le chêne pourrait être plus compétitif dans les environnements plus pauvres et secs

Le classement des espèces ne dépend pas que de l'éclairement

- ▶ Notre expérience est limitée au contexte Ardennais
- ▶ Nos résultats auraient sans doute été différents pour d'autres environnements : plus secs, plus riches ou plus lumineux...
- ▶ Le chêne pourrait être plus compétitif dans les environnements plus pauvres et secs

Le classement des espèces ne dépend pas que de l'éclairement

- ▶ Notre expérience est limitée au contexte Ardennais
- ▶ Nos résultats auraient sans doute été différents pour d'autres environnements : plus secs, plus riches ou plus lumineux...
- ▶ Le chêne pourrait être plus compétitif dans les environnements plus pauvres et secs

Le classement des espèces ne dépend pas que de l'éclairement

- ▶ Notre expérience concerne des semis de 7-13 ans de moins de 3 m
- ▶ La réponse à l'éclairement est vraisemblablement différente chez des semis plus jeunes ou plus grands

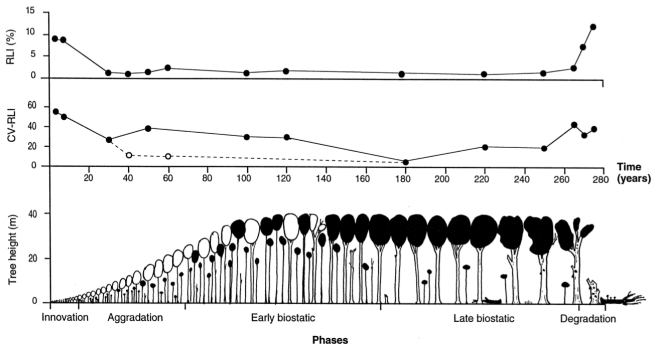
Le classement des espèces ne dépend pas que de l'éclairement

- ▶ Notre expérience concerne des semis de 7-13 ans de moins de 3 m
- ▶ La réponse à l'éclairement est vraisemblablement différente chez des semis plus jeunes ou plus grands

Conclusions

- ▶ Large échantillon de régénération de chênes et de hêtres avec un bon gradient d'éclairément (de 1 à 60%)

J. Emborg / Forest Ecology and Management 106 (1998) 83–95



Conclusions

Pour favoriser la régénération de chêne en peuplement mélangé, il faut donc :

- ▶ ouvrir la canopée pour obtenir un éclaircissement de plus de 20%
- ▶ diminuer la compétition interspécifique (hêtre et charme)

Perspectives

- ▶ Construction d'un programme de simulation de la dynamique de régénération
- ▶ Simulation de scénarios sylvicoles

