

Système racinaire

Architecture et réponse aux contraintes Autécologie des essences sur sols hydromorphes



F. Lebourgeois

Enseignant-Chercheur
UMR INRA-ENGREF LERFOB 1092
Equipe Ecologie Forestière
francois.lebourgeois@agroparistech.fr

Février 2009

Sommaire

- Architecture sans contrainte
- Réponses aux contraintes :
 - physique : la charge en éléments grossiers
 - biologique : l'engorgement



aplati

globuleux



(Synthèse dans Stones et Kalisz 1991 ; Vogt et al. 1996 ; Cairns et al. 1997 ; Polomski et Kuhn 1998)

L'extension verticale et horizontale

→ Écosystèmes tempérés : 4-5 m ; plus de 20 m

La biomasse totale... de 1 à 200 tonnes / ha

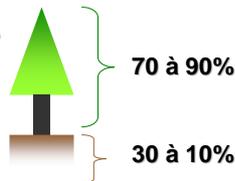
→ Écosystèmes tempérés : 5 à 50 tonnes / ha

Le rapport biomasse souterraine / biomasse aérienne (Root/Shoot ratio ; R/S)

→ Écosystèmes tempérés : 0,1 à 0,3
(synthèse dans Nielsen 1992)

Relations Dia / Vol(m³)

Hêtre-FR : 45 cm / 15 m³ ; 60 cm / 20 m³



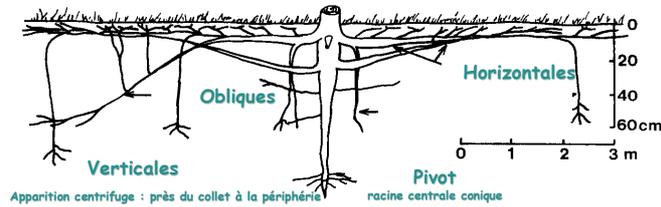
Croissance racinaire

- dia. > 1 cm : 5 à 70 cm par an
- renouvellement racines fines (1 à 2 mm) : 2 à 10 t/ha/an (automne; printemps)

Architecture sans contrainte

Les types et les dimensions des racines

(Dickmann et Pregitzer 1992)



Système de surface

- prospection latérale du sol
- alimentation hydrique et minérale
(en condition normale)

Système profond

- prospection verticale du sol
- ancrage
- alimentation hydrique
(en condition de sécheresse)

Racines > 5 mm

Ancrage du végétal et architecture générale

Racines < 1 mm

Jeunes racines rapidement renouvelées non subérisées

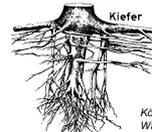
Absorption eau et éléments minéraux

Mycorhizes

Racines 2-5 mm

Transport des racines les plus fines vers le tronc

Architecture sans contrainte



Pivotant (sapins, ormes, juvéniles)
pivots primaires et racines horizontales

Köstler J.N., Brückner E., Bibliethier E., 1968. Die Wurzeln des Waldbäume. Verlag Paul Parey, Hamburg, Allemagne, 284 pages.



Traçant (épicéas, frênes, tremble, sorbier)
racines horizontales et pivots secondaires



En coeur (douglas, mélèzes, bouleau, tilleul, charme, aune)
racines obliques et racines verticales ; chevelu racinaire



En coeur-traçant (hêtre, érables)
racines obliques et racines horizontales
chevelu racinaire

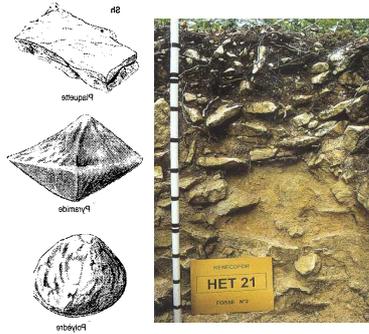


Pivotant-cœur-traçant (chênes)
pivots primaires et secondaires
racines obliques et racines horizontales



Réponses aux contraintes

éléments grossiers
(type, taille, orientation, charge)



Engorgement
(intensité, durée...)
(taches grises, rouilles...)



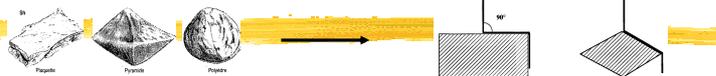
Alternance
engorgement - sécheresse

Déformation, limitation de la prospection => ancrage, nutrition, eau

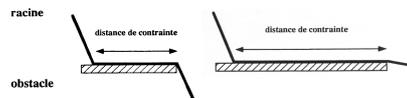
Réponses aux contraintes

éléments grossiers
(type, taille, orientation, charge)

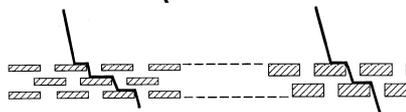
La forme



La longueur



L'épaisseur



L'organisation



La charge

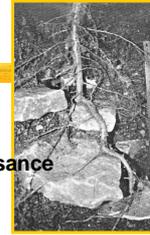


(d'après Lucot 1994 ; Lucot et Gaiffe 1995)

Réponses aux contraintes

éléments grossiers
(type, taille, orientation, charge)

(Lucot 1994 ; Lucot et Gaiffe 1995)



La pierrosité a pour conséquences de....

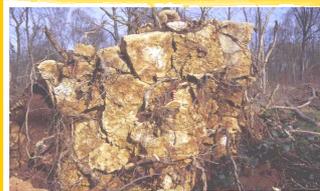
- ➔ Dévier l'angle de croissance du pivot et de ralentir sa croissance
- ➔ D'augmenter le nombre de racines latérales
- ➔ Diminuer le diamètre des « pivots » de remplacement
- ➔ Développer un système traçant



Niveaux d'obstacle dus aux éléments grossiers en fonction : de leur forme, de leur taille et de leur disposition

➔ 1. Surfaces horizontales : pendage horizontal, éléments non remaniés

Contrainte décroissante



Débit en dalles



Débit en pavé et plaquettes

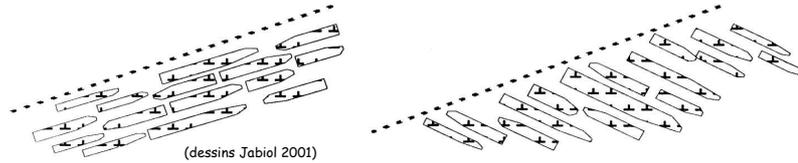


Niveaux d'obstacle dus aux éléments grossiers en fonction : de leur forme, de leur taille et de leur disposition

Contrainte décroissante



2. Surfaces obliques : pendage non horizontal, éléments non remaniés



(dessins Jabiol 2001)

Niveaux d'obstacle dus aux éléments grossiers en fonction : de leur forme, de leur taille et de leur disposition

Contrainte décroissante

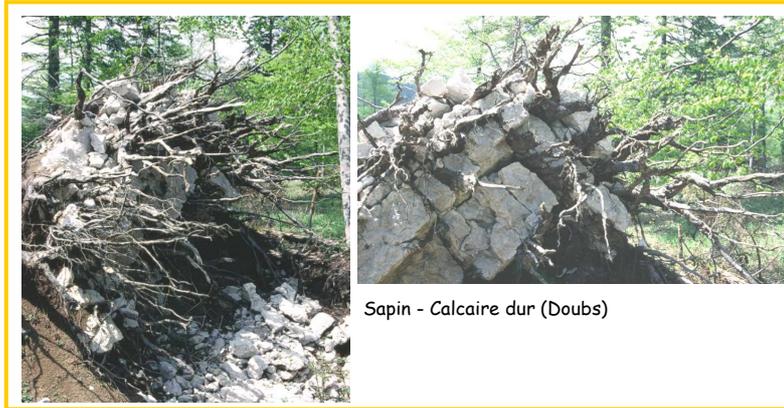


3. Surfaces obliques : éléments remaniés, débits globuleux, galets...



Niveaux d'obstacle dus aux éléments grossiers en fonction : de leur forme, de leur taille et de leur disposition

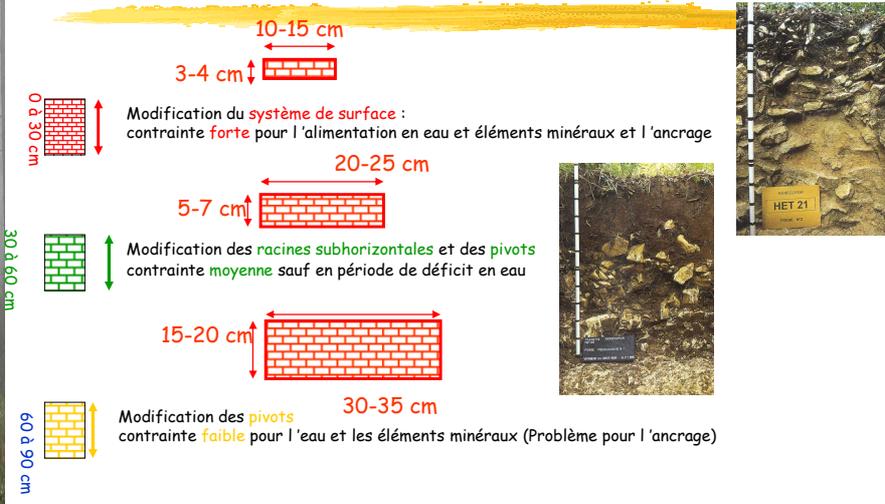
Contrainte décroissante



Sapin - Calcaire dur (Doubs)

Réponses aux contraintes

Niveaux d'obstacle dus aux éléments grossiers en fonction : de leur forme, de leur taille et de leur disposition



Sol avec une contrainte forte à très forte (calcisols) (Str. Irrég. - Chapitre)
Dalle calcaire à disposition horizontale associée avec des EG plats ou globuleux



À
50-60 cm

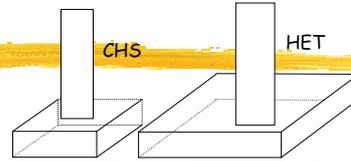
	HET	CHS
Ht:	24,3 m	23,2
Dia:	62 cm	53,5
Sm:	10,2 m ²	5,0
Vp:	13,3 m ³	7,2



nutrition - eau (HET)



stabilité

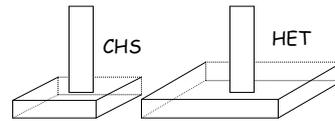


À
30 cm

	HET	CHS
Ht:	23,4 m	20,5
Dia:	49,3 cm	44,8
Sm:	6,4 m ²	3,6
Vp:	7,9 m ³	4,9



nutrition, eau, stabilité



Sol avec une contrainte forte à très forte (calcisols) (Str. Irrég. - Chapitre)
Dalle calcaire à disposition horizontale associée avec des EG plats ou globuleux



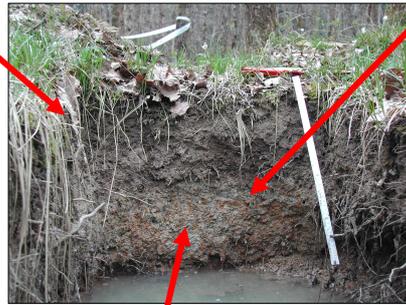
Racines déformées
aplaties

Engorgement

Origine de l'engorgement
et cause de sa stagnation

Profondeur d'action
(proximité de la surface...)

Horizon perméable
/ Horizon imperméable



Anoxie

Adaptations

- morphologique
- anatomique
- métabolique

Durée
nappe temporaire / permanente
(engorgements en hiver ou au printemps)

Adaptation des espèces à l'engorgement (Belgrand 1983 ; Beckel 1983)

Adaptation MORPHOLOGIQUE

- Système racinaire traçant (milieu oxygéné)
- Fort pouvoir rhizogène
- Racines d'adaptation

→ gros diamètres, croissance racine, forte porosité

Espèce tolérante
systèmes d'adaptation

↓

Taux de survie élevé
Croissance aérienne « correcte »
Régénération possible

Adaptation ANATOMIQUE : augmentation du transport interne de l'oxygène

- Hypertrophie des lenticelles du tronc et des racines

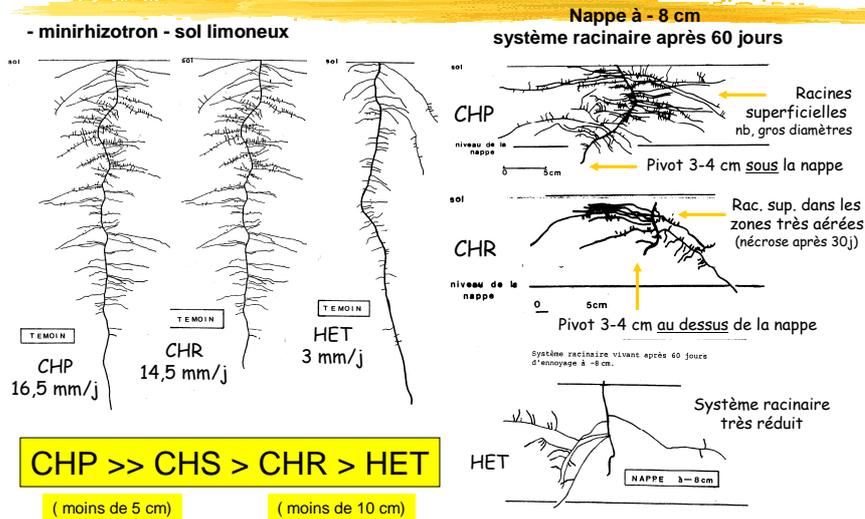
↳ Tissu lâche au niveau du tronc et des racines
Expulsion des cellules mortes de liège hors de l'écorce

↳ Augmentation des échanges par élimination des cloisons
et augmentation des surfaces de contact

- Augmentation de la porosité racinaire (sur racines en croissance)

↳ Augmentation du volume intercellulaire / volume total de la racine

Adaptation des espèces à l'ennoyage (Belgrand 1983)



Lebourgeois François - AgroParisTech-Engref - UMR INRA-ENGREF 1092 LERFOB - Equipe Ecologie Forestière - ENGREF Nancy - francois.lebourgeois@agroparistech.fr

La forêt et sa culture sur sol à nappe temporaire Lévy G et Lefèvre Y (2001)

IL EST ESSENTIEL DE CONSIDERER

- Le stade de développement...** Régénération, croissance en hauteur, production
- La texture des horizons de fluctuations...** sable, LS, SL, LA, A
- Le type d'hydromorphie dans ces horizons...** blanchi, taches rouilles
- La profondeur d'apparition du plancher...** avant ou après 50 cm
- La richesse minérale...** substrat acide, argiles riches recouvertes ou non de limon
- La topographie...** drainage ou accumulation



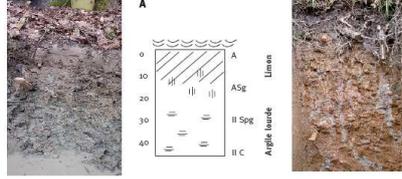
Alternance ennoyage-sécheresse

Lebourgeois François - AgroParisTech-Engref - UMR INRA-ENGREF 1092 LERFOB - Equipe Ecologie Forestière - ENGREF Nancy - francois.lebourgeois@agroparistech.fr

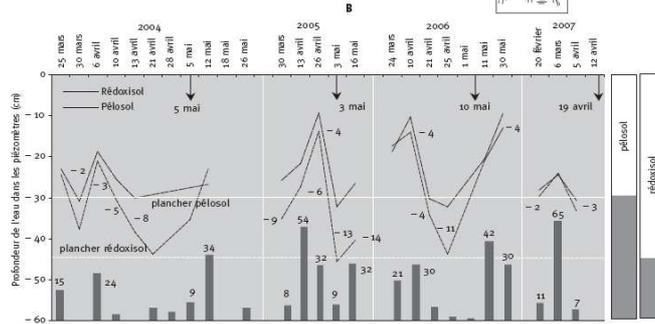
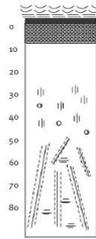
(РЕДОКСИСОФ УЧІВЕ ЕЛ ЛЕГОЗОФ ДІЛЛЕНСІЕ) У ІВУБЕ ЛЕМОВІНІЕ ЕМ ГОСВІНІЕ ЕЛ СІМУЛІ ЗІВ ДЕНХ ЛАБЕЗ ДЕ ЗОГ ВЕГЕТАЦІОН СВОІЗВІСІЕ ДИ СІМЕ РЕДОКСІСГЕ

Lebourgeois et al. 2008, Revue Forestière Française, 60, 4, 411-424

Pélosol différencié



Rédoxisol acide

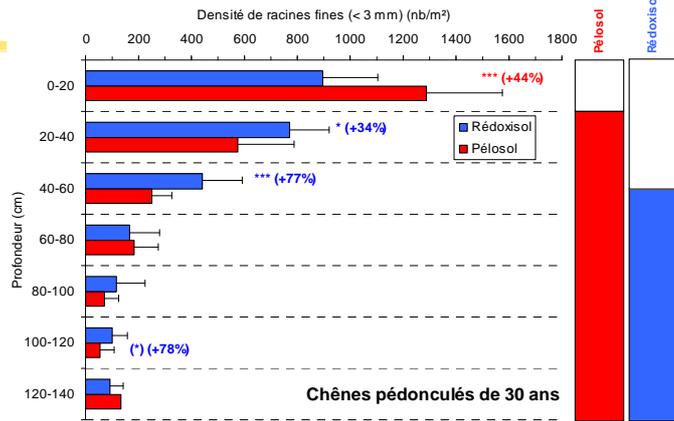


Nappe plus profonde sur rédoxisol (moyenne 5 cm)

Lebourgeois François - AgroParisTech-Engref - UMR INRA-ENGREF 1092 LERFOB - Equipe Ecologie Forestière - ENGREF Nancy - francois.lebourgeois@agroparistech.fr

(РЕДОКСИСОФ УЧІВЕ ЕЛ ЛЕГОЗОФ ДІЛЛЕНСІЕ) У ІВУБЕ ЛЕМОВІНІЕ ЕМ ГОСВІНІЕ ЕЛ СІМУЛІ ЗІВ ДЕНХ ЛАБЕЗ ДЕ ЗОГ ВЕГЕТАЦІОН СВОІЗВІСІЕ ДИ СІМЕ РЕДОКСІСГЕ

Lebourgeois et al. 2008, Revue Forestière Française, 60, 4, 411-424



Chênes pédonculés de 30 ans

Ht (m) : 12.7 (0.8) 14 (0.8)
 Cir (mm) : 351 (48) 433 (63)

+10% Ht et +23% Circonf.

Lebourgeois François - AgroParisTech-Engref - UMR INRA-ENGREF 1092 LERFOB - Equipe Ecologie Forestière - ENGREF Nancy - francois.lebourgeois@agroparistech.fr

TABLEAU III
Coefficient de corrélation "bootstrapped"
entre les paramètres climatiques et les indices de croissance
des chênes pédonculés selon les modalités pour les deux sols

Un signe - indique une corrélation négative. Seules les corrélations au moins significatives au seuil de 5 % sont présentées (programme DENDROCLIM2002). Pour le rédoxisol, ce sont les températures minimales qui sont significatives. Sur pélosol, ce sont les températures maximales. Période analysée 1975-2005. F10 et F20 = fossés 10 et 20 m ; TFE et TGE = témoin à faible et grand écartement.

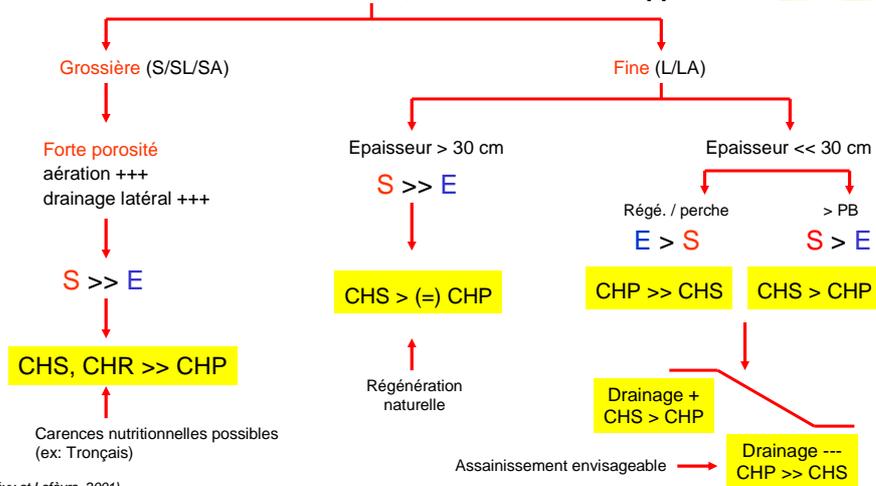
			Rédoxisol acide					Pélosol différencié			
			Billon	F10	F20	TFE	TGE	Billon	F10	F20	TFE
Pluie (mm)	n-1	Oct	0,361	0,397	0,429	0,352	0,532		0,35		
	n	Mai Juin				-0,38	-0,384	0,313	0,318		0,338
Temp. (°C)	n-1	Sept Nov	-0,388	-0,337	-0,392	-0,41		-0,31	-0,335	-0,323	
	n	Mai Juin	0,316	0,316	0,323	0,294		-0,343			-0,314

Oct-Nov. (n-1): pluvieux et frais
Mai : chaud et sec

Sept. (n-1): frais
Juin : frais et pluvieux

En conditions naturelles, la difficulté consiste à bien appréhender l'alternance
sécheresse estivale et ennoyage (hiver et printemps)...ex. CHS et CHP quart Nord-Est

Texture dans l'horizon de fluctuation de la nappe

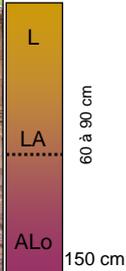


(Lévy et Lefèvre, 2001)

Comparaison du comportement du chêne sessile et du hêtre (Lebourgeois et Jabiol 2002)

Sol avec une contrainte modérée - Str. Régulière (Amance-Brin)

Brunisol mésosaturé de limon sur marne



	HET	CHS
Ht:	25,8 m	26,6
Dia:	41,1 cm	42,5
Sm:	8,2 m ²	5,0
Vp:	11,5 m ³	11,3



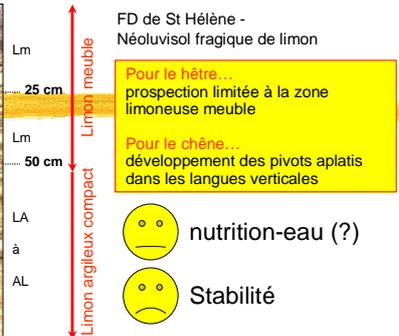
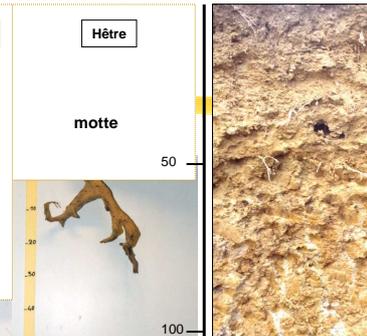
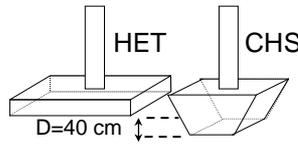
nutrition-eau



Stabilité (HET)



Compact-gros agrégats
traces d'hydromorphie
=> mauvais DRAINAGE



FD de St Héliène - Néoluvisol fragique de limon

Pour le hêtre...
prospérité limitée à la zone
limoneuse meuble

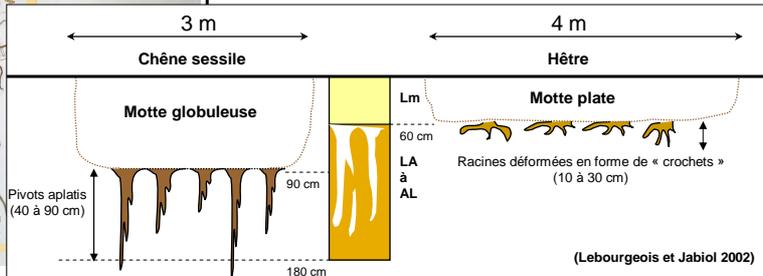
Pour le chêne...
développement des pivots aplatis
dans les langues verticales



nutrition-eau (?)

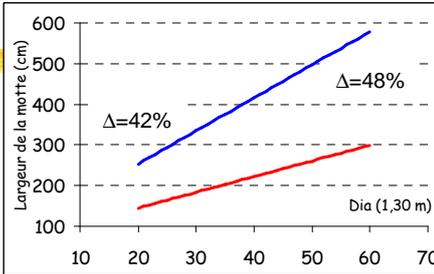
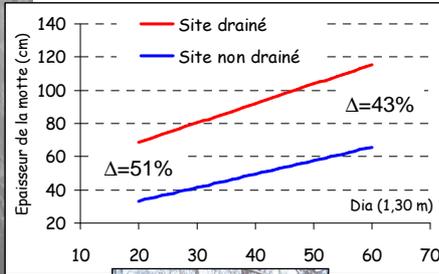


Stabilité

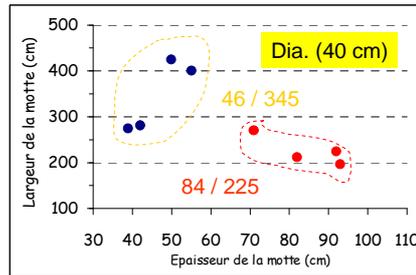


(Lebourgeois et Jabiol 2002)

Epicéa commun, Slovaquie, 10 sites, 333 arbres ; sol « sain » ou hydro LS, L et AL



(Konôpka, 2002)



Lebourgeois François - AgroParisTech-Engref - UMR INRA-ENGREF 1092 LERFOB - Equipe Ecologie Forestière - ENGREF Nancy - francois.lebourgeois@agroparistech.fr

Adaptation des espèces à l'ennoyage :

Proposition de classement selon la tolérance (quart Nord-Est ; L/A)

	RESINEUX	FEUILLUS
Espèces très tolérantes (risque d'échec faible à très faible et croissance satisfaisante à forte)	Pin sylvestre Pin noir d'Autriche Pin laricio de Calabre Pin lodgepole	Chêne pédonculé Charme Tilleul cordé Tremble, Aulne, Bouleau
Espèces tolérantes (risque d'échec faible et/ou croissance satisfaisante)	Epicéa commun Sapin pectiné (démarrage très lent) Sapin de Nordmann (démarrage très lent) Pin de Weymouth (problème de la rouille vésiculeuse)	Alisier torminal Chêne sessile
Espèces sensibles (risque d'échec élevé et/ou faible croissance)	Mélèze d'Europe Mélèze du Japon Thuya géant Cyprés de Lawson	Chêne rouge Frêne Érable plane Érable sycomore
Espèces très sensibles (risque d'échec très élevé)	Douglas vert Sapin de Vancouver Epicéa de Sitka	Hêtre Merisier

Lebourgeois François - AgroParisTech-Engref - UMR INRA-ENGREF 1092 LERFOB - Equipe Ecologie Forestière - ENGREF Nancy - francois.lebourgeois@agroparistech.fr

