

Carte des aptitudes stationnelles de la forêt au Grand-Duché de Luxembourg

Base d'un aménagement pour un développement forestier durable

Jean-Claude Kieffer¹, Robert Janssens², Frantz Weissen³ et Marc Wagner⁴

Cet article constitue la traduction en langue française d'un article original en langue allemande des mêmes auteurs, publié sous le titre "Standortskartierung im Großherzogtum Luxemburg, Grundlage für eine nachhaltige Forsteinrichtung" dans le no.42 / août 2003 de "Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung" Freiburg (D) (ISBN 0506-7049).

1. Introduction

Depuis quelques décennies, les exigences de la société à l'égard de la forêt évoluent. A côté des aspects directement économiques, toujours importants pour la plupart des forêts privées et communales, la conservation de la nature et l'écologie générale sont devenues une préoccupation parfois dominante. En même temps, sous l'influence de facteurs extra-stationnels, comme la pollution de l'atmosphère, des événements météorologiques extrêmes et rares, bon nombre d'écosystèmes forestiers ont été fragilisés directement ou indirectement (Laurent 1997).

Dans un contexte social et écologique en évolution, il a paru normal de s'orienter vers une sylviculture respectant au mieux les potentialités actuelles voire futures du milieu et en particulier celles du sol (Devillez et Weissen 1986 ; Weissen 1995).

Au début des années 90', suite à plusieurs périodes de chablis massifs (AEF, 1993, 1999), la politique forestière au Grand-Duché de Luxembourg est redéfinie, notamment en matière d'aptitude stationnelle (AEF, 1995).

Pour atteindre les objectifs fixés, il fallait fournir à l'aménagiste un ensemble d'éléments vérifiables et pertinents pour lui permettre d'argumenter le choix des essences et éventuellement celui des orientations sylvicoles nouvelles.

Séduite par son caractère objectif, reproductible et évolutif, l'Administration forestière luxembourgeoise s'oriente vers une méthode développée en Région Wallonne dont la partie Sud-Est est située dans la continuité climatique, géologique et pédologique des régions du Luxembourg. Ce choix a été d'autant plus aisé que les codifications pédologiques et écologiques en vigueur dans les deux pays sont largement comparables.

A l'initiative du Service de l'Aménagement des Bois grand-ducal, le guide de boisement belge (Weissen et al., 1994) est donc appliqué et testé dans plusieurs massifs forestiers soumis du Gutland. Ces tests permettent de confirmer l'applicabilité générale de la méthode (EFOR & Weissen 1992, EFOR 1996 (a), 1996 (b), 1997). Néanmoins, à l'issue de ces tests, des spécificités nationales sont identifiées impliquant la nécessité d'adaptation de certains paramètres de la méthode originelle et l'intégration de situations propres au Grand-Duché, principalement aux forêts du centre et du Sud du pays (EFOR & Weissen, 1998).

De plus, afin de satisfaire leurs besoins futurs, les responsables de l'Administration souhaitaient adapter la version grand-ducale pour :

¹ Jean-Claude Kieffer est "Ingénieur des Eaux et Forêts" bureau d'études EFOR ingénieurs-conseils Luxembourg, 7 rue Renert, L-2422 Luxembourg, efor@pt.lu; <http://www.efor.lu>.

² Robert Janssens est "Ingénieur des Eaux et Forêts" bureau d'études EFOR ingénieurs-conseils Luxembourg, 7 rue Renert, L-2422 Luxembourg, efor@pt.lu; <http://www.efor.lu>.

³ Frantz Weissen est chercheur - chef de travaux; Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, Unité des Sciences du Sol et de la Terre, 27 avenue Maréchal Juin, B-9030 Gembloux (Belgique).

⁴ Marc Wagner est "Ingénieur des Eaux et Forêts" Chef du Service Aménagement des Bois et Economie Forestière - Administration des Eaux et Forêts, 16 rue Eugène Ruppert, L-2453 Luxembourg, marc.wagner@ef.etat.lu; <http://www.mev.etat.lu>.

- disposer d'informations multiples sur l'adaptation des essences dans des contextes de :
 - o sylviculture de production,
 - o sylviculture proche de la nature (diversification des essences),
 - o sylviculture à vocation écologique (forêt néo-naturelle)
- étendre le champ d'application des grilles à plusieurs essences feuillues de l'étage secondaire portant à 42 (dont 28 feuillus et 14 résineux) le nombre total d'essences possibles,
- présenter des grilles de choix des essences au Grand-Duché de Luxembourg pour chaque région écologique (définie comme un ensemble de secteurs écologiques) (EFOR, 1994),
- étendre la proposition d'aptitude forestière à la strate arbustive.

Pour répondre à ces considérations, une campagne de récolte d'informations complémentaires a été effectuée (EFOR & Weissen 1999). En collaboration avec l'Administration des Eaux et Forêts et le Service Pédologique, les données disponibles ont été évaluées et intégrées dans le modèle sélectionné afin de constituer un guide de boisement propre au Grand-Duché de Luxembourg.

Les pages suivantes s'attachent à rappeler les grandes lignes de la méthode originelle, à évaluer leur applicabilité au contexte grand-ducal et à décrire les travaux successifs d'adaptation aux forêts luxembourgeoises (**chapitre 2**). Enfin, la méthodologie d'utilisation du Guide de boisement pour le choix des essences est résumé (**chapitre 3**) et quelques exemples d'utilisation sont présentés (**chapitre 4**) afin d'en familiariser l'usage auprès d'un public initié à ce type de technique.

2. Méthode de construction des grilles de choix des essences

2.1 Description, évaluation et adaptation de la méthode de base.

En Belgique, dès 1962, différents types de cartographie sont élaborés (Galoux 1967; Onclincx et al. 1987; Avril 1987). Vers le milieu des années 80', l'Administration forestière wallonne, initie un projet de cartographie des aptitudes stationnelles qui permet successivement à un " *Fichier écologique des essences* " et un " *Guide de boisement des stations forestières de Wallonie* " de voir le jour (Weissen et al., 1991 et 1994).

Cette méthode fait la synthèse des connaissances actuelles sur la relation qui, dans une région écologique et un contexte sylvicole donnés, unit l'essence et ses exigences aux conditions offertes par le milieu stationnel. La richesse chimique et le niveau d'approvisionnement en eau du sol, évalués au travers de clés d'identification respectivement trophique et hydrique, servent de paramètres d'entrée dans des tableaux ou grilles établis pour chaque secteur écologique (Weissen & al. 1994). Ce modèle méthodologique déjà adopté par des gestionnaires forestiers canadiens (Green & al. 1986) et plus récemment par la *Forestry Commission* du Royaume-Uni tranche assez nettement avec d'autres basés notamment sur une typologie stationnelle avec choix d'essences associées (par exemple Thill & al. 1988).

L'adaptation de cette méthode au contexte national a nécessité l'élaboration de secteurs écologiques propres au Luxembourg (EFOR & Weissen 1998) (**chapitre 2.2**), l'évaluation successive des clés hydrique et trophique et des grilles de choix d'essences (**chapitre 2.3**), suivie de l'adaptation de chacun de ces documents (**chapitre 2.4**).

2.2 Définition des secteurs et régions écologiques

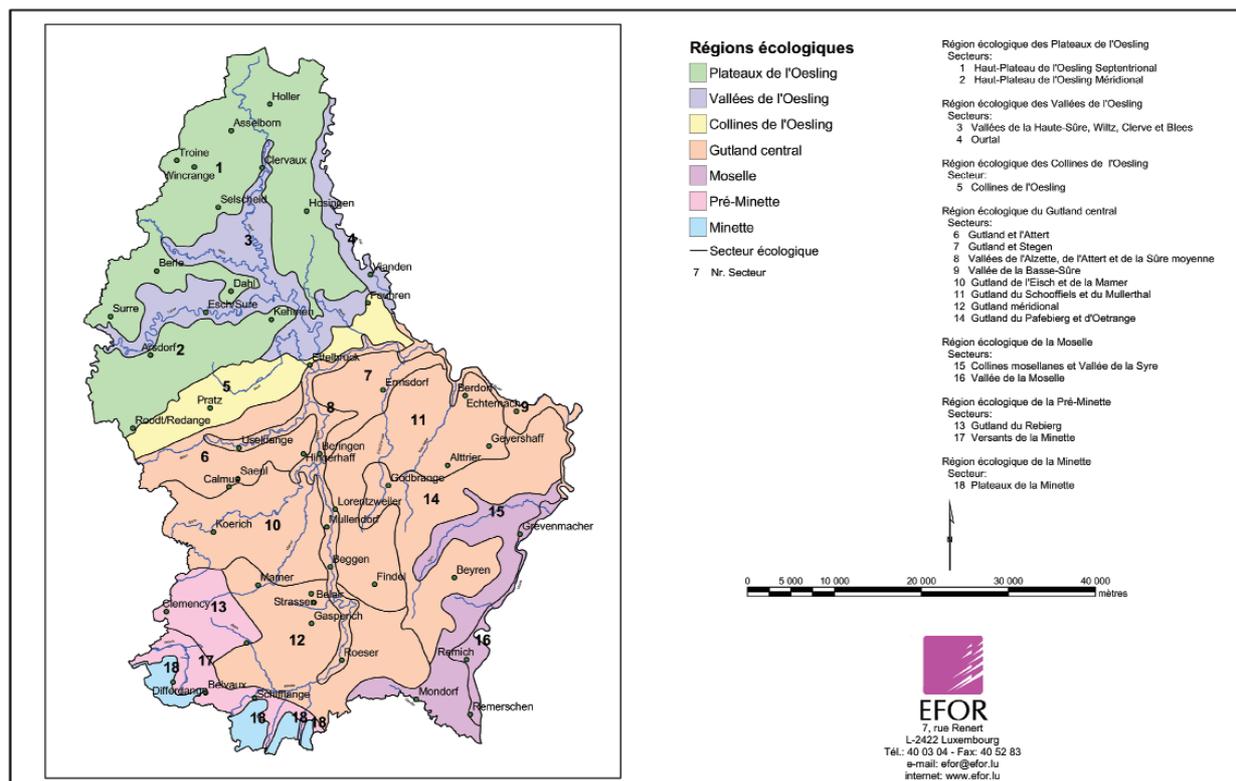
Les secteurs écologiques du Grand-Duché (figure 1) sont définis sur base de considérations climatiques, topographiques, géologiques, pédologiques, forestières ou d'évolution paysagère (EFOR, 1994). Ils sont au nombre de 18 et comprennent une présélection d'essences au niveau régional ainsi que des listes de facteurs de risque de sensibilité et de compensation. Ultérieurement, lors de la mise en application des clés, cette pré-sélection d'essences sera affinée sur base des caractéristiques stationnelles.

Le **tableau 1** présente les secteurs écologiques luxembourgeois, les surfaces boisées correspondantes ainsi que les secteurs apparentés du territoire wallon.

Tableau 1: Composition et superficie forestière des régions et secteurs écologiques du Grand-Duché de Luxembourg et secteurs apparentés du territoire wallon (Belgique).

Régions écologiques	Secteurs écologiques	Secteur wallon apparenté	Superficie forestière approximative
1 : Plateaux de l'Oesling	1 : Haut-plateau de l'Oesling septentrional 2 : Haut-plateau de l'Oesling méridional	Ardenne centro-orientale (22)	23 000 ha
2 : Vallées de l'Oesling	3 : Vallées de la Haute-Sûre, Wiltz, Clerve et Bles 4 : Vallée de l'Our	Côtes de Florenville (25)	16 000 ha
3 : Pré-Oesling	5 : Collines de l'Oesling	Côtes d'Ethé et de Messancy (26)	4 000 ha
4 : Gutland central	6 : Gutland de l'Attert 7 : Gutland de Stegen 8 : Vallées de l'Alzette, de l'Attert et de Sûre Moyenne 9 : Vallées de la Basse-Sûre 10 : Gutland de: l'Eisch et de la Mamer 11 : Gutland du Schooffiels et du Müllerthal 12 : Gutland méridional 14 : Gutland du Pafeberg et d'Oetrange	Côtes d'Ethé et de Messancy (26)	44 000 ha
5 : Moselle	15 : Collines mosellanes et Vallée de la Syre 16 : Vallée de la Moselle	Côtes d'Ethé et de Messancy (26)	3 800 ha
6 : Pré-Minette	13 : Gutland du Rebiert 17 : Versants de la Minette	Côtes de Florenville (25)	1 700 ha
7 : Minette	18 : Minette	Côtes de Florenville (25)	3 400 ha

Figure 1 : Carte des régions écologiques du Grand-Duché de Luxembourg



2.3 Evaluation du guide de boisement

2.3.1 Evaluation de la clé trophique

La clé trophique belge appliquée à la forêt luxembourgeoise fournit des choix d'essences tout à fait cohérents. Cette cohérence se justifie par l'excellente équivalence des codes pédologiques belges et luxembourgeois impliqués dans la clé trophique, par la proximité géographique des deux régions et par l'indépendance de la richesse du sol à l'égard des principales variations écologiques régionales.

En conséquence, dans ses grandes lignes, la clé trophique wallonne nous semble en principe parfaitement transposable à la situation grand-ducale.

2.3.2 Evaluation de la clé hydrique

Dans certaines situations, l'application de la clé hydrique belge aux stations grand-ducales semble inadaptée. Ainsi, les niveaux hydriques de certains sols luxembourgeois et en particulier des sols marneux développés sur les assises du Keuper (Trias) sont mal évalués au travers de la clé belge. Les propositions d'essences qui en résultent s'écartent notablement du constat de terrain.

Les causes de cette mauvaise évaluation sont multiples :

- difficulté d'appréciation de la présence de pseudogley en raison de la coloration naturelle bariolée (bleu et ocre) du matériau marneux,
- inadéquation partielle entre la pseudogleyification au sein des agrégats et le développement racinaire réel, limité à l'espace poreux entre les agrégats,
- mauvaise évaluation de la porosité du sol, de son niveau de structuration et donc de la pénétration racinaire et de la circulation de l'eau en raison de la faible stabilité de la structure du sol détruite par le passage dans la sonde pédologique,
- décalage entre les classifications pédologiques belge et luxembourgeoise en ce qui concerne la classe de drainage (EFOR & Puraye, A. 1997),
- niveau hydrique des sols développés sur marnes non traité explicitement dans le guide belge en raison de sa faible fréquence en Région Wallonne.

La détermination du niveau hydrique des sols marneux lourds du centre et du Sud du pays a donc fait l'objet d'une étude complémentaire (EFOR & Weissen 1999), réalisée en collaboration avec le Service Pédologique et après avoir consulté le travail de Levy & Lefevre (publiés en 2001).

2.3.3 Evaluation des grilles de choix d'essences

Dans des régions géographiquement et topographiquement proches, sans influence majeure des paramètres climatiques, la relation entre les caractéristiques du milieu et l'essence sur laquelle repose la construction des grilles de choix d'essences, est assez constante. Compte tenu des ressemblances entre les régions écologiques luxembourgeoises et celles du Sud de la Belgique, des parallélismes entre les grilles de ces deux pays ont été établis. La correspondance est effectuée par région écologique représentant un groupe de secteurs aux conditions similaires (**tableau 1 et figure 1**). Au total, 7 régions écologiques ont ainsi été définies au Grand-Duché pour les besoins des grilles de choix d'essences.

2.4 Adaptation des documents de base

2.4.1 Adaptation de la clé trophique

La clé de détermination trophique qui définit le degré de richesse potentielle du sol, est maintenue inchangée exception faite de quelques détails de présentation destinés à en faciliter l'utilisation (**figure 2**). Comme son homologue, elle est présentée dans une échelle divisée en six niveaux (**tableau 2**) et s'utilise comme une clé dichotomique classique. Elle fait appel aux trois informations décrites dans le **tableau 3**.

Abréviations utilisées dans les figures 2 à 4:

- Classe de drainage du sol:

- sec, non gleyifié	b
- faiblement gleyifié	c
- fortement gleyifié	h
- très fortement gleyifié	i
- horizon réduit en profondeur	f
- nappe permanente en surface	g

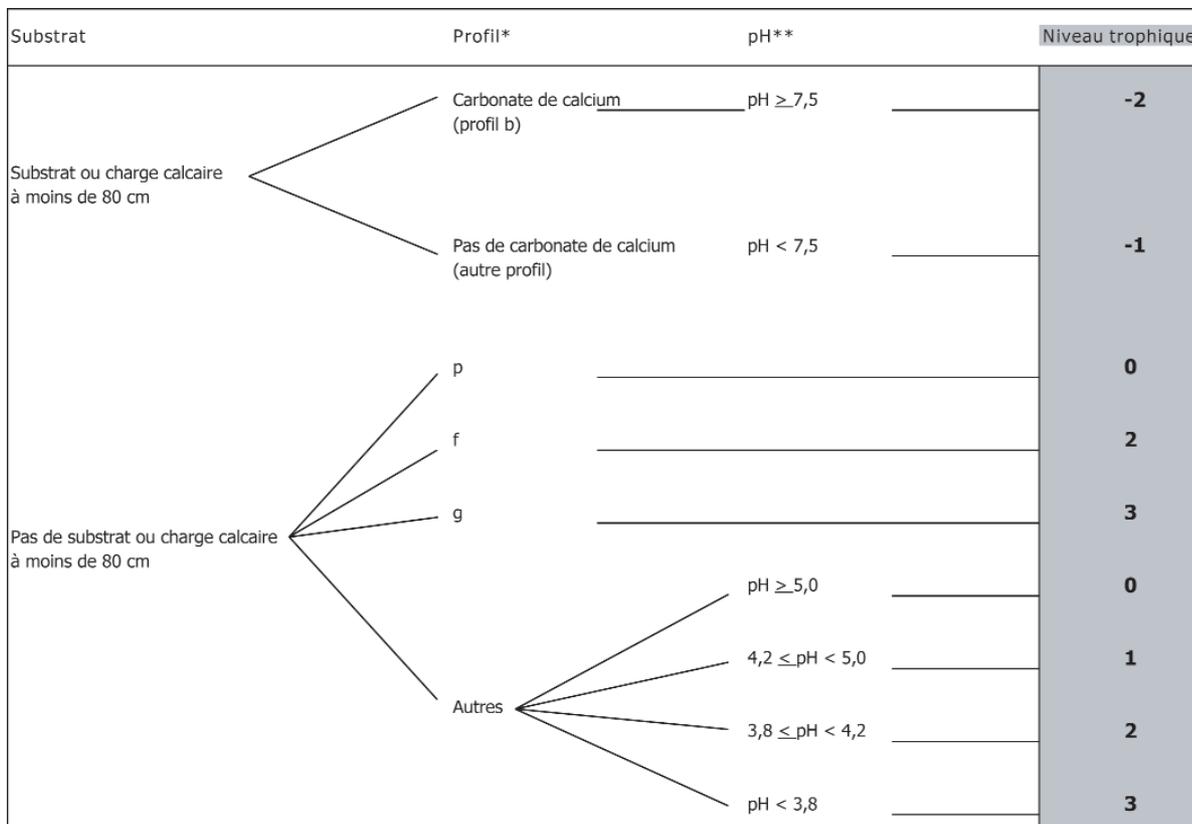
- Texture du sol

- sable grossier	Z
- sable limoneux ou argileux	S
- limons ou argiles à charge caillouteuse > 5%	G
- limon (léger à lourd)	A
- limon sableux	L
- argile légère (sableuse ou argileuse)	E

- Profondeur d'apparition (phase) du substrat non altéré, suivant 6 niveaux décroissants (de 1 à 6):

- sols très profonds (>80 cm)	1
- sols très superficiels (<20 cm)	6

Figure 2 : Clé de détermination du niveau trophique



* Développement de profil:

a' = sol brun décarbonaté
 b' = sol brun carbonaté
 f = sol brun podzologique
 g' = podzols
 p' = sol sans développement de profil (fonds alluviaux)
 x' = sol é développement de profil non défini

** : Sur marnes, si épaisseur du limon > 50 cm: prélèvement pH entre 0 et 20 cm;

si épaisseur du limon < 50 cm, prélèvement pH dans la partie supérieure de l'argile d'altération

Tableau 2 : Signification des niveaux trophiques

Niveau trophique	Signification
Zéro (0)	<i>Nutrition des essences équilibrée</i>
Valeurs positives (1 à 3)	<i>Acidité et pauvreté croissantes selon 3 niveaux</i>
Valeurs négatives (-1 à -2)	<i>Sols riches à déséquilibre chimique croissant avec l'augmentation des carbonates selon 2 niveaux.</i>

Tableau 3 : Nature et origine des informations utilisées dans la clé trophique

Nature de l'information	Origine de l'information
Substrat <i>Présence de calcaire dans le substrat ou dans la charge caillouteuse à moins de 80 cm.</i>	<i>Appréciation de terrain obligatoire (test HCl).</i>
Profil <i>Nature du développement de profil</i>	- Détermination par examen du contenu de la sonde pédologique - Information fournie par la carte pédologique (ASTA, cartes des sols).
pH-eau	<i>Mesure en laboratoire</i> <i>Mesure du pH eau d'un échantillon de sol prélevé entre 0 et 20 cm.</i> Compte tenu du niveau trophique élevé de la marne non-altérée et de l'argile d'altération par rapport au limon de surface, les analyses de pH doivent être réalisées sur des échantillons prélevés soit: - dans l'horizon de surface (0 -20 cm de profondeur), pour les sols à placage limoneux épais (>50 cm). - dans la partie supérieure de l'argile d'altération, pour les sols à placage limoneux peu épais (<50 cm).

2.4.2 Adaptation de la clé hydrique

Au cours de la prospection complémentaire sur les sols marneux lourds du pays (EFOR & Weissen 1999), notre attention s'est focalisée sur la recherche de paramètres discriminants et facilement identifiables, afin de délivrer un outil d'application plus aisé et de contourner les difficultés de reconnaissance et d'interprétation du pseudogley.

A l'examen de l'ensemble des données disponibles, la profondeur d'apparition de la marne non-altérée qui, par sa compacité, entrave l'enracinement et la circulation de l'eau dans le sol nous a paru être l'un de ces facteurs recherchés.

Cette caractéristique des marnes non-altérées, facilement discernable à la sonde, a donc été intégrée pour créer, empiriquement, une nouvelle clé de détermination hydrique dont les significations sont détaillées au **tableau 4**.

Tableau 4 : Signification des niveaux hydriques

<i>Niveau hydrique</i>	<i>Signification</i>
Zéro (0)	<i>Bon approvisionnement en eau et bonne aération du sol</i>
Valeurs positives (1 à 6)	<i>Sécheresse croissante selon 6 niveaux</i>
Valeurs négatives (-1 à -4)	<i>Anaérobiose croissante selon 4 niveaux</i>
RHA (-1RHA à -4 RHA)	<i>Régime hydrique alternatif des sols hydromorphes de plateau</i>

Pour des raisons pratiques, la clé est présentée en deux parties : la première traite les substrats marneux (tableau 5, figure 3) l'autre les substrats non-marneux (tableau 6, figure 4).

2.4.2.1 La clé hydrique des substrats marneux

La clé hydrique pour les substrats marneux fait appel aux six informations décrites dans le **tableau 5** et **figure 3**.

Tableau 5 : Nature et origine des informations utilisées dans la clé hydrique pour substrats marneux

<i>Nature de l'information</i>	<i>Origine de l'information</i>
Profondeur d'apparition de la couche compacte <i>Profondeur à laquelle apparaît soit la marne non-altérée soit le fragipan tous deux identifiés comme des couches très compactes, mal structurées et donc quasi imperméables aux racines et à l'eau.</i>	- par sondage à la tarière pédologique (cas le plus fréquent), - par la carte pédologique (ASTA) (dans des situations extrêmes : sols très superficiels ou très profonds) - par la fosse pédologique.
Exposition <i>Appartenance de la station à l'un des trois sous-secteurs climatiques (froid, chaud et neutre) définis par l'exposition et la pente.</i>	- Généralement par la carte topographique ; - Eventuellement délimitation sur le terrain.
Texture du sol <i>Texture du sol en surface (10-20 cm de profondeur).</i>	- Détermination par examen au toucher du contenu de la sonde - Par la carte pédologique (ASTA).
Drainage <i>Description du degré de pseudogleyification du matériau de surface non-marneux au travers des classes de drainage</i>	- Détermination par examen visuel du contenu de la sonde - Par la carte pédologique (ASTA).
Indicatrices hydriques <i>Appréciation, en fonction du degré de fermeture du couvert, de la présence-abondance d'espèces indicatrices hydriques végétales apparaissant dans des zones non perturbées.</i>	Appréciation de terrain obligatoire.
Apport latéral d'eau <i>Evaluation de l'apport d'eau dans le sol selon la situation topographique,</i>	- Interprétation empirique de la carte topographique - Directement sur le terrain.

Figure 3 : Clé de détermination du niveau hydrique des substrats marneux

Profondeur d'apparition de la couche compacte	Exposition	Texture	Drainage ***	Indicatrices hydriques	Niveau hydrique						
					Apport latéral d'eau						
					Nul	Variable	Permanent				
Couche compacte* apparaissant au-delà de 50 cm	Sous-secteur neutre ou froid	Limon dont épaisseur ≥40 cm	Drainage i	_____	-3RHA	-3	-3				
					Drainage h	-2RHA	-2	-2			
						Drainage d	-1RHA	-1	-1		
							Drainage c, b	0	0	0	
								Limon dont épaisseur <40 cm ou argile	Espèces indic hydriques abondantes	-2RHA	-2
	Peu d'espèces indic hydriques	0	0	/							
		Sous-secteur chaud	1	0	/						
		Couche compacte* apparaissant entre 25 et 50 cm	Sous-secteur neutre	Limon dont épaisseur ≥40 cm	Drainage i	_____				-3RHA	-3
							Drainage h			-2RHA	-2
								Drainage d	-1RHA	-1	-1
Drainage c, b	2								1	0	
	Limon dont épaisseur <40 cm ou argile								Espèces indic hydriques abondantes	-2RHA	-2
			Peu d'espèces indic hydriques	2 à 3**	1	/					
				Sous-secteur froid	1 à 2**	1	/				
				Couche compacte* apparaissant entre 0 et 25 cm	Sous-secteur neutre	_____	4	3		1	
Sous-secteur froid							3	2		/	
	Sous-secteur chaud						5	4	/		

*: La couche compacte est constituée de marnes ou de fragipan non ou peu colonisés par des racines
 **: Valeur la plus faible dans les situations les moins asséchantes

***: drainage
 b' = sol non fleyifié, apparition tâches > 80 cm de profondeur
 c = sol faiblement fleyifié, apparition tâches entre 60 et 80 cm de profondeur
 d' = sol modérément fleyifié, apparition tâches entre 30 et 60 cm de profondeur
 h' = sol fortement fleyifié, apparition tâches entre 15 et 30 cm de profondeur
 i' = sol très fortement fleyifié, apparition tâches dès 0 - 15 cm de profondeur

2.4.2.2 La clé hydrique des substrats non-marneux

La clé hydrique pour les substrats non-marneux fait appel aux cinq informations décrites dans le **tableau 6** et **figure 4**.

Tableau 6 : Nature et origine des informations utilisées dans la clé hydrique pour substrats non-marneux

<i>Nature de l'information</i>	<i>Origine de l'information</i>
Drainage Description du degré de pseudogleyification au travers des classes de drainage .	- Détermination par examen visuel du contenu de la sonde, - par la carte pédologique (ASTA, cartes des sols).
Texture Texture du sol de surface (10-20 cm) au point considéré.	- Détermination par examen au toucher du contenu de la sonde, - par la carte pédologique (ASTA).
Profondeur de phase Profondeur d'apparition du substrat non-altéré.	- Détermination par examen du contenu de la sonde, - par la carte pédologique (ASTA).
Exposition Appartenance de la station à l'un des trois sous-secteurs définis par GALOUX (1962) selon l'exposition et la pente ; à savoir : les sous-secteurs neutre, froid et chaud.	- Généralement par la carte topographique ; - Eventuellement délimitation sur le terrain.
Apport latéral d'eau Evaluation de l'apport d'eau dans le sol selon la situation topographique.	- Par la carte topographique, - sur le terrain.

Figure 4 : Clé de détermination du niveau hydrique pour les substrats non-marneux

Gleyification	Drainage** Texture	Profondeur Exposition de phase***	Niveau hydrique			
			Nul	Variable	permanent	
Gleyification	Horizon réduit	g	-4RHA	-4	-4	
		F	/	-3	-3	
	Pas horizon réduit	i ou h	-3RHA	-3	-3	
		d	-2RHA	-2	-2	
Pas gleyification	L, A ou E (L = limon sableux) (A = limon léger à lourd) (E = argile légère, limoneuse ou sableuse)	0 ou 1	1	0	0	
		2	2	1	0	
		3	3	2	/	
		4	4	3	1	
		5	5	4	/	
		6	6	5	/	
		G (G = texture A, L ou E avec teneur en cailloux > 5%)	0 ou 1	1	0	0
			2	2	1	0
			3	3	2	/
			4	4	3	1
	5		5	4	/	
	6		6	5	/	
	Z ou S (Z = sable grossier) (S = sable limoneux ou argileux)	0 ou 1	2	1	0	
		2	3	2	1	
		3	4	3	/	
		4	5	4	2	

*: Valeur la plus faible dans les situations les moins asséchantes

**** : drainage**

- a = sol non gleyifié, apparition tâches > 125 cm de profondeur
- b' = sol non gleyifié, apparition tâches > 80 cm de profondeur
- c' = sol faiblement fleyifié, apparition tâches entre 60 et 80 cm de profondeur
- d' = sol modérément fleyifié, apparition tâches entre 30 et 60 cm de profondeur
- h' = sol fortement fleyifié, apparition tâches entre 15 et 30 cm de profondeur
- i' = sol très fortement fleyifié, apparition tâches dès 0 - 15 cm de profondeur
- F = sols à drainage 'f' et 'i' et présence d'horizon réduit (nappe permanente en profondeur)
- g' = sol réduit en surface, à nappe phréatique permanente en surface

***** : Profondeur de phase**

- 1' = 80 - 120 cm
- 2' = 40 - 80 cm, charge < 50%
- 3' = 40 - 80 cm, charge > 50%
- 4' = 20 - 40 cm, charge < 50%
- 5' = 20 - 40 cm, charge > 50%
- 6' = 0 - 20 cm

2.4.3 Adaptation des grilles de choix d'essences

Le schéma général des grilles de choix d'essences pour le Grand-Duché reste inchangé par rapport au modèle belge.

Sur base de l'évaluation précédente (voir 2.3.3) et afin de tenir compte des souhaits de l'AEF tout en garantissant la lisibilité des grilles, les choix suivants ont été adoptés :

- pour chaque région luxembourgeoise, une grille de choix d'essences apparentée est sélectionnée sur base de parallélismes climatiques et géographiques avec les secteurs belges (tableau 1 et figure 1),
- avec le concours de spécialistes et des forestiers de l'AEF, la répartition des 42 essences sur des bases hydriques et chimiques est réévaluée et adaptée empiriquement aux spécificités écologiques de chaque région,
- les 42 essences sont réparties en 4 groupes sur base de leur place dans les strates de végétation, de leur rôle et leur potentiel de production dans le peuplement. Ces groupes d'essences (principales feuillues et résineuses, secondaires et d'accompagnement), sont dénommés et décrits dans le (tableau 7).

Cette ventilation en 4 groupes (1F, 2F, 3F et 1R) a certes pour but de répartir les essences selon le rôle probable qui leur sera assigné dans le peuplement mais également d'améliorer la lisibilité des grilles.

Tableau 7 : Liste des essences des grilles luxembourgeoises et répartition par type de grille.

Grille 1 F : essences principales feuillues	Symbole (*)
<i>Acer pseudoplatanus</i>	BAh
<i>Fagus sylvatica</i>	Bu
<i>Fraxinus excelsior</i>	Es
<i>Peupliers euraméricains Ghoy, Gaver, Primo, Isières</i>	EPa
<i>Peupliers interaméricains Beaupré, Boelare</i>	IPa
<i>Peupliers trichocarpas Trichobel, Columbia River</i>	TPa
<i>Prunus avium</i>	Kir
<i>Quercus petraea</i>	TEi
<i>Quercus robur</i>	SEi
<i>Quercus rubra</i>	REi
Grille 1R : essences résineuses	Symbole
<i>Abies alba</i>	WTA
<i>Abies grandis</i>	KTa
<i>Abies procera</i>	ETa
<i>Larix decidua</i>	ELä
<i>LarixX eurolepis</i>	XLä
<i>Larix kaempferi</i>	JLä
<i>Picea abies</i>	Fi
<i>Picea sitchensis</i>	SFi
<i>Pinus nigra var. corsicana</i>	CKie
<i>Pinus nigra var. austriaca</i>	SKie
<i>Pinus sylvestris</i>	Kie
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Dgl
<i>Thuja plicata</i>	Thu
<i>Tsuga heterophylla</i>	Tsu
Grille 2F: essences secondaires	Symbole
<i>Alnus glutinosa</i>	SErl
<i>Betula pendula</i>	WBi
<i>Betula pubescens</i>	MBi
<i>Carpinus betulus</i>	Hbu
<i>Castanea sativa</i>	EKa
<i>Juglans nigra</i>	SNu
<i>Juglans regia</i>	WNu
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Ro
<i>Sorbus torminalis</i>	Els
<i>Tilia cordata</i>	WLi
<i>Tilia platyphyllos</i>	SLi
Grille 3 F: essences d'accompagnement	Symbole
<i>Acer campestre</i>	FAh
<i>Malus sylvestris</i>	Apf
<i>Populus canescens</i>	GPa
<i>Populus tremula</i>	Asp
<i>Pyrus pyraister</i>	Birn
<i>Salix alba</i>	SWei
<i>Sorbus aucuparia</i>	Vbe

* : suivant convention interne de l'Administration des Eaux et Forêts, les symboles des essences sont des abréviations des noms d'espèces allemands

- Dans chaque grille, les essences sont représentées sous des formes distinctes qui correspondent **aux différents niveaux d'adaptation à la station des essences**. Ces niveaux d'adaptation (tableau 8) sont traduits dans les grilles par trois présentations différentes (couleur, police), en plus de l'absence du symbole signifiant l'inadaptation de l'essence. Cette présentation multiple des essences doit permettre à l'aménagiste de trouver l'information nécessaire quel que soit l'objectif forestier poursuivi (**figure 5**).

Tableau 8 : Symboles utilisés dans les grilles pour traduire l'état d'adaptation de l'essence à la station, en vue d'objectifs sylvicoles définis.

<i>Objectif sylvicole principal</i>	<i>Degré d'adaptation de l'essence requis</i>	<i>Symbole utilisé</i>
Production	Parfait à bon	Caractère gras, couleur verte
Peuplement diversifié	Satisfaisant	Caractère standard, couleur orange
Forêt néo-naturelle	Compatibilité écologique*	<i>Italique, couleur jaune</i>
Inadaptation totale	Mauvais	Aucun symbole (case vide)

* Survie et régénération naturelle assurées.

- Une liste d'arbustes écologiquement compatibles dans chaque région écologique est annexée à la grille des essences d'accompagnement.

Figure 5 : Exemple de grille de choix d'essences : Essences principales résineuses (1R) pour la région écologique Pré-Minette (Bassin Minier)

Tableau 1R: Résineux

	-2	-1	0	1	2	3
-4						
-4RHA						
-3						
-3RHA						
-2		Thu	Thu Kie	Thu Kie	Thu Kie	Kie
-2RHA		Thu	Thu Kie	Thu Kie	Thu Kie	Kie
-1	SKie	XLä JLä Dgl Thu SKie	XLä JLä Dgl Tsu Thu CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl Tsu Thu CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl Tsu Thu CKie Kie	Fi Kie
-1RHA	SKie	XLä JLä Dgl Thu SKie	XLä JLä Dgl Tsu Thu CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl Tsu Thu CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl Tsu Thu CKie Kie	Fi Kie
0	SKie	XLä JLä Dgl Thu SKie	XLä JLä Dgl Tsu Thu CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl Tsu Thu CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl Tsu Thu CKie Kie	Fi Kie
1	SKie	XLä JLä Dgl Thu SKie	XLä JLä Dgl Tsu Thu CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl Tsu Thu CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl Tsu Thu CKie Kie	Fi Kie
2	SKie	XLä JLä Dgl Thu SKie	XLä JLä Dgl Tsu Thu CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl Tsu Thu CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl Tsu Thu CKie Kie	Fi Kie
3	SKie	XLä JLä Dgl SKie	XLä JLä Dgl CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl CKie SKie Kie	XLä JLä Fi Dgl CKie Kie	Fi Kie
4	SKie	XLä SKie	XLä CKie SKie Kie	XLä CKie SKie Kie	XLä CKie Kie	Kie
5	SKie	SKie	CKie SKie Kie	CKie SKie Kie	CKie Kie	Kie
6						

Production optimale Production limitée Adaptation écologique Exclusion (inadaptation)

Les essences résineuses ne connaissent pas d'extension écologique (italique), sauf Larix decidua.

Tableau 1F: Essences principales feuilles

	-2	-1	0	1	2	3
-4						
-4RHA	SEi	SEi	SEi	SEi	SEi	SEi
-3	Bu Es SEi TEi	Bu Es SEi TEi	Bu Es SEi TEi	Bu SEi TEi	SEi TEi	SEi TEi
-3RHA	Bu Es SEi TEi	Bu Es SEi TEi	Bu Es SEi TEi	Bu SEi TEi	SEi TEi	SEi TEi
-2	BAh Bu Es EPa IPa SEi TEi	BAh Bu Es EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es REi SEi TEi	Bu SEi TEi
-2RHA	BAh Bu Es EPa IPa SEi TEi	BAh Bu Es EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es REi SEi TEi	Bu SEi TEi
-1	BAh Bu Es Kir EPa IPa SEi TEi	BAh Bu Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu* Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu* Es Kir REi SEi TEi	Bu SEi TEi
-1RHA	BAh Bu Es Kir EPa IPa SEi TEi	BAh Bu Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu* Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu* Es Kir REi SEi TEi	Bu SEi TEi
0	BAh Bu Es Kir EPa IPa SEi TEi	BAh Bu Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir REi SEi TEi	Bu TEi
1	BAh Bu Es Kir EPa IPa SEi TEi	BAh Bu Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir EPa IPa TPa REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir REi SEi TEi	Bu TEi
2	BAh Bu Es Kir SEi TEi	BAh Bu Es Kir REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir REi SEi TEi	BAh Bu Es Kir REi SEi TEi	Bu TEi
3	BAh Bu Es Kir TEi	BAh Bu Es Kir REi TEi	BAh Bu Es Kir REi TEi	BAh Bu Es Kir REi TEi	BAh Bu Es Kir REi TEi	Bu TEi
4	BAh Bu Es Kir TEi	BAh Bu Es Kir REi TEi	BAh Bu Es Kir REi TEi	BAh Bu Es Kir REi TEi	BAh Bu Es Kir REi TEi	Bu TEi
5	Bu Es Kir TEi	Bu Es Kir REi TEi	Bu Es Kir REi TEi	Bu Es Kir REi TEi	Bu REi TEi	Bu TEi
6	Kir TEi	Kir TEi	Kir TEi	Kir TEi	TEi	TEi

Production optimale production limitée Adaptation écologique Exclusion
 Bu*: excepté sur matériaux limoneux épais => Bu

Tableau 2F: Essences secondaires feuillues

	-2	-1	0	1	2	3
-4	SErl MBi	SErl MBi	SErl MBi	SErl MBi	SErl MBi	SErl MBi
-4RHA	SErl WBi MBi	SErl WBi MBi	SErl WBi MBi	SErl WBi MBi	SErl WBi MBi	SErl WBi MBi
-3	SErl WBi MBi	SErl WBi MBi	SErl WBi MBi	SErl WBi MBi	SErl WBi MBi	SErl WBi MBi
-3RHA	SErl WBi MBi Hbu	SErl WBi MBi Hbu	SErl WBi MBi Hbu	SErl WBi MBi Hbu	SErl WBi MBi Hbu	SErl WBi MBi
-2	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els	SErl WBi MBi Hbu WLi Els	SErl WBi MBi Hbu WLi Els	SErl WBi MBi Els
-2RHA	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els	SErl WBi MBi Hbu WLi Els	SErl WBi MBi Hbu WLi Els	SErl WBi MBi Els
-1	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els WNU	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	SErl WBi MBi Hbu WLi Els EKa SNU Ro	SErl WBi MBi Hbu WLi Els EKa Ro	SErl WBi MBi Els EKa Ro
-1RHA	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els WNU	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	SErl WBi MBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	SErl WBi MBi Hbu WLi Els EKa SNU Ro	SErl WBi MBi Hbu WLi Els EKa Ro	SErl WBi MBi Els EKa Ro
0	SErl WBi Hbu WLi SLi Els WNU	SErl WBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	SErl WBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	SErl WBi Hbu WLi Els EKa SNU Ro	SErl WBi Hbu WLi Els EKa Ro	SErl WBi Els EKa Ro
1	SErl WBi Hbu WLi SLi Els WNU	SErl WBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	SErl WBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	SErl WBi Hbu WLi Els EKa SNU Ro	SErl WBi Hbu WLi Els EKa Ro	SErl WBi Els EKa Ro
2	WBi Hbu WLi SLi Els WNU	WBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	WBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	WBi Hbu WLi Els EKa SNU Ro	WBi Hbu WLi Els EKa Ro	WBi Els EKa Ro
3	WBi Hbu WLi SLi Els WNU	WBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	WBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	WBi Hbu WLi Els EKa SNU Ro	WBi Hbu WLi Els EKa Ro	WBi Els EKa Ro
4	WBi Hbu WLi SLi Els WNU	WBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	WBi Hbu WLi SLi Els EKa SNU WNU Ro	WBi Hbu WLi Els EKa SNU Ro	WBi Hbu WLi Els EKa Ro	WBi Els EKa Ro
5	WBi Hbu WLi SLi Els	WBi Hbu WLi SLi Els	WBi Hbu WLi SLi Els	WBi Hbu WLi Els	WBi Hbu WLi Els	WBi Els
6	WBi Hbu WLi Els	WBi Hbu WLi Els	WBi Hbu WLi Els	WBi Hbu WLi Els	WBi Hbu WLi Els	WBi Els

Production optimale

Production limitée

Adaptation écologique

Exclusion (inadaptation) (case vide)

Tableau 3F: Essences secondaires feuillues

	-2	-1	0	1	2	3
-4	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp Vbe	Asp Vbe
-4RHA	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp Vbe	Asp Vbe
-3	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp Vbe	Asp Vbe
-3RHA	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp SWei Vbe	Asp Vbe	Asp Vbe
-2	FAh GPa Asp SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp SWei Vbe	Apf GPa Asp SWei Vbe	Apf Asp Vbe	Asp Vbe
-2RHA	FAh GPa Asp SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp SWei Vbe	Apf GPa Asp SWei Vbe	Apf Asp Vbe	Asp Vbe
-1	FAh GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	Apf Asp Birn Vbe	Asp Vbe
-1RHA	FAh GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	Apf Asp Birn Vbe	Asp Vbe
0	FAh GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	Apf Asp Birn Vbe	Asp Vbe
1	FAh GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	Apf Asp Birn Vbe	Asp Vbe
2	FAh GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	FAh Apf GPa Asp Birn SWei Vbe	Apf Asp Birn Vbe	Asp Vbe
3	FAh Asp Birn Vbe	FAh Apf Asp Birn Vbe	FAh Apf Asp Birn Vbe	FAh Apf Asp Birn Vbe	Apf Asp Birn Vbe	Asp Vbe
4	FAh Asp Birn Vbe	FAh Apf Asp Birn Vbe	FAh Apf Asp Birn Vbe	FAh Apf Asp Birn Vbe	Apf Asp Birn Vbe	Asp Vbe
5	FAh Asp Birn Vbe	FAh Apf Asp Birn Vbe	FAh Apf Asp Birn Vbe	FAh Apf Asp Birn Vbe	Apf Asp Birn Vbe	Asp Vbe
6	FAh Asp Vbe	FAh Asp Vbe	FAh Asp Vbe	FAh Asp Vbe	Asp Vbe	Asp Vbe
	Production optimale	Production limitée	Adaptation écologique	Exclusion (inadaptation) (case vide)		

Arbustes adaptés sur marnes: Schl, Wdo, Hro, (Lig), (WSch), Kdo, Rhe, RHR, Pfh, HaNu, GSch, SHol, Bro, Zwet, Joha, Him, TKir
 Arbustes adaptés sur grès: Schl, Wdo, Hro, RHol, Fba, HaNu, GSch, SHol, Spa, BesG, Bro, Him

3. Méthodologie d'utilisation du guide

L'ensemble du processus du choix des essences peut être décrit succinctement de la manière suivante :

- 1: Choix de la région écologique avec ses quatre grilles associées dont trois pour les essences feuillues (1F : ess. principales ; 2F : ess. secondaires ; 3F : ess. d'accompagnement) et une pour les résineux (1R);
- 2: Pour chaque station, récolte des données nécessaires (pédologie, topographie, pH, caractéristiques hydriques, ...). Le nombre, la disposition et l'origine des informations stationnelles dépendent essentiellement de l'objectif et du degré de précision recherché ainsi que de l'hétérogénéité des types stationnels. Dans les situations les plus favorables, les informations pédologiques peuvent être extraites des cartes existantes, exception faite des valeurs de pH toujours tributaires d'une récolte de terrain. En moyenne, 1 sondage complet par hectare, complété par des coups de sonde intermédiaires destinés à s'assurer de la continuité de certaines caractéristiques nous paraît être une densité de sondage raisonnable pour les besoins de projets d'aménagement forestiers réalisés à l'échelle du 1/10.000;
- 3: Choix de la clé hydrique (sols marneux ou non-marneux) et détermination du niveau hydrique (de -4 à +6) pour chaque station par injection des données stationnelles dans la clé sélectionnée;
- 4: Détermination du niveau trophique (de -2 à +3) pour chaque station par injection des données stationnelles dans la clé trophique;
- 5: Choix des essences dans les grilles sélectionnées sur base de la combinaison des niveaux hydrique et trophique déterminés (sou 3) et 4);
- 6: Vérification de la cohérence de la proposition d'essences, compte tenu de l'existence d'éventuelles sensibilités particulières des essences ou de facteurs de compensation (**tableaux 9 et 10**);
- 7: Réalisation des cartes d'aptitude par regroupement des zones à choix d'essences identiques ou sensiblement similaires. Délimitation des zones à risques de dégradation et de compactage du sol.

Tableau 9 : Quelques exemples de sensibilités et risques de dégât des essences.

<i>Essences principales</i>	<i>Sensibilité et risque de malformation dans les situations suivantes :</i>
<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Gel tardif</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Fond à gelée, gel tardif, sécheresse.</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Altitude > 400m, gel tardif, sécheresse.</i>
<i>Peupliers euraméricains « Ghoj, Gaver, Primo, Isières »</i>	<i>Altitude > 450m, versant froid, gel tardif, sécheresse.</i>
<i>Picea abies</i>	<i>Versant chaud, altitude <350m, neige collante, gel tardif, sécheresse.</i>

Tableau 10 : Exemples de facteurs de compensation.

<i>Essences principales</i>	<i>Compensation dans les situations suivantes :</i>
<i>Abies grandis</i>	<i>Gutland central, Minette et Pré-minette: sous-secteur froid et sol humide</i>
<i>Sorbus torminalis</i>	<i>Vallées de l'Oesling : sous-secteur chaud</i>
<i>Tilia cordata</i>	<i>Vallées de l'Oesling : sous-secteur chaud</i>
<i>Pyrus pyraster</i>	<i>Vallées de l'Oesling : sous-secteur chaud</i>

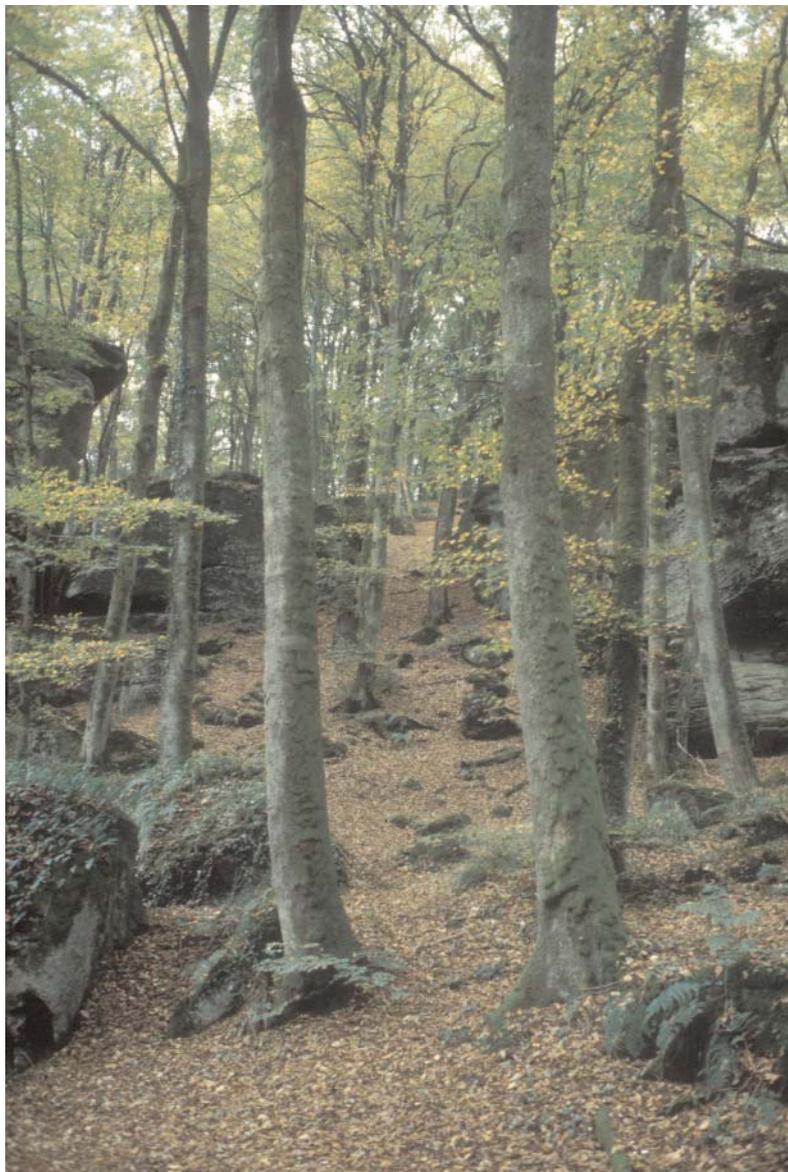
4. Exemples d'utilisation du Guide de choix des essences au Luxembourg

4.1 Exemple 1 : Station située sur assise sableuse du Grès de Luxembourg

Description de la station forestière:

Station forestière (**photo 1**) située dans la région écologique du Gutland central, sur sable limoneux ('S'), bien drainé ('b'), de type sol brun non lessivé ('a') développé sur le Grès de Luxembourg (li2), en haut d'un versant chaud, sol peu profond (40-80cm) ('2').
Sol de type cartographique 'Sba2', à pH = 4,1.

Photo 1 : Hêtraie pure sur versant sableux du "Grès de Luxembourg "



© Mike Wagner

4.2 Exemple 2 : Station sur sols lourds marneux

Description de la station forestière:

Station (**photo 2**) située dans la région de la Pré-Minette, sur plateau en pente très douce, substrat marneux du Domérien (lm2) recouvert d'un sol superficiel, argileux ('E'), très fortement gleyifié ('h'), à profil peu développé ('x'), sans effervescence de la terre fine mais présence de la marne non-altérée calcaire ('i') à partir de 35 cm de profondeur.

Sol de type iEhx3, à pH = 6,9.

Les abords immédiats du point de sondage sont couverts par une végétation dense parmi laquelle figure les indicatrices hydriques : *Deschampsia cespitosa*, *Cardamine pratensis* et *Circaea lutetiana*.

Photo 2 : Forêt mélangée de chênes et charme en station fraîche



© Marc Wagner

Démarche pour le choix des essences adaptées :

Les informations ci-dessus permettent de déterminer la voie suivante (figure 7) :

La présence de marnes du Domérien détermine le choix de la clé hydrique des substrats *marneux*.

En appliquant la clé hydrique dichotomique (figure 4) on détermine :

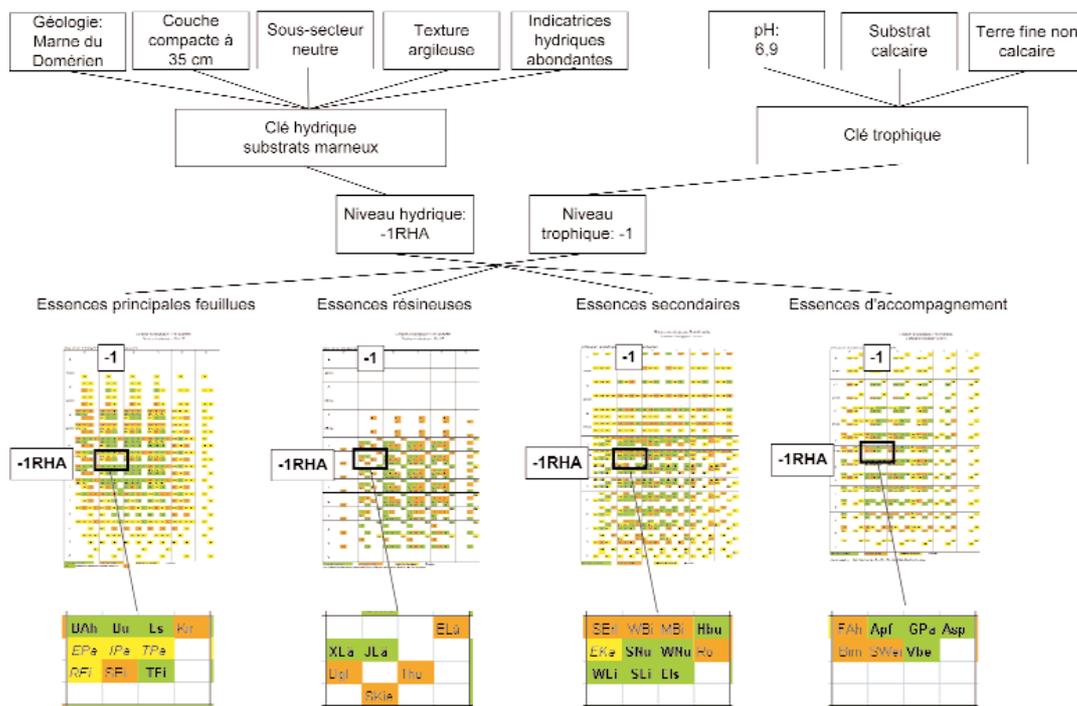
- présence d'une marne non-altérée apparaissant entre 25 et 50 cm de profondeur,
 - sous-secteur neutre,
 - texture argileuse,
 - profondeur de phase 2 ,
 - indicatrices hydriques abondantes et apport hydrique nul (position de plateau) :
- **niveau hydrique=-1RHA**

En appliquant la clé trophique (figure 2) on détermine :

- présence de marne calcaire à moins de 80 cm,
 - profil non-carbonaté,
 - pH<7,5 :
- **niveau trophique = -1**

La figure 7 illustre cette démarche ainsi que les choix d'essences correspondant à l'intersection du niveau hydrique -1RHA avec le niveau trophique -1, dans les quatre grilles (1F, 2F, 3F, 1R) de la région écologique de la Pré-Minette.

Figure 7 : Illustration de la démarche de choix d'essences adaptées, exemple 2



Commentaires et contrôle de cohérence:

Les essences permettant d'assurer une production optimale sont nombreuses : érable sycomore, hêtre, frêne, chêne sessile, mélèzes hybride et du Japon ainsi qu'accessoirement le charme, les noyers, les tilleuls, le sorbier torminal, le pommier, les peupliers grisard et tremble et le sorbier des oiseleurs.

Toutefois, le fichier écologique nous renseigne sur la grande sensibilité à la compacité et à l'anaérobiose de nombreuses essences notamment les hêtre, frêne, érable sycomore et mélèzes. Les merisier, chêne pédonculé, mélèze d'Europe, douglas, thuya, pin noir, bouleaux, robinier, érable champêtre et poirier peuvent en proportion limitée contribuer à diversifier la production.

Sur le plan écologique, l'ensemble des autres essences apparaissant dans le tableau sont compatibles avec les conditions stationnelles et peuvent être utilisées, néanmoins sans atteindre des niveaux élevés de production.

5. Commentaires et perspectives

Le guide de boisement luxembourgeois est une adaptation d'un procédé existant, sélectionné pour son caractère objectif et évolutif, par l'Administration des Eaux et Forêts grand-ducale. L'adaptation de ce modèle ne repose pas sur de longues investigations mais, pour une part importante, sur l'expérience des forestiers nationaux.

Dans cette méthode, toute station forestière peut, par l'entremise de ses principales caractéristiques, être décrite par une évaluation objective et précise de son niveau hydrique et trophique. Quel que soit le contexte socio-économique, ces niveaux resteront immuables dans le temps. Par contre, le choix des essences associé à ceux-ci et proposé dans le guide de boisement varie selon le rôle attribué à la forêt : production de bois de haute qualité, conservation de la nature, récréation, sylviculture multifonctionnelle, ...

Les mises à jour futures des cartes d'aptitude ne devraient plus représenter un problème majeur car leur informatisation est devenue possible, parfois après des mises au point techniques et méthodologiques adéquates (Devillez & al. 1992; Lejeune 1995; Claessens & al. 2002).

Le recours à des cartes existantes (cartes géologique, climatique, pédologique) pour élaborer les cartes d'aptitude forestières comporte, à côté d'avantages incontestables, certaines contraintes ou inconvénients. En effet, même dans les cas où l'information de base existe, elle n'est pas nécessairement présentée sous la forme adéquate pour une utilisation directe dans le cadre de l'aptitude stationnelle.

Dans les sols marneux, en particulier sur les assises du Keuper, les codifications habituelles des cartes pédologiques ne permettent pas d'apprécier correctement la structure du sol, le développement racinaire, les capacités de drainage ou les réserves en eau utile pour la végétation. Pour ces situations qui concernent une grande partie des forêts luxembourgeoises, une nouvelle clé hydrique a donc été élaborée, basée sur des paramètres écologiques plus fiables que ne le sont les marques d'hydromorphie dans ce type de sol.

Cependant, face à la grande diversité et complexité de ces sols, il importe de garder à l'esprit que des situations intermédiaires subsisteront et qu'en fonction de l'évolution de nos connaissances, des adaptations et mises à jour pourront s'avérer nécessaires (de Tillesse & Devillez 1997).

Malgré quelques imperfections de jeunesse, la méthode proposée paraît efficace. Elle permettra à l'aménagiste de mieux apprécier les surfaces forestières dans leur contexte écostationnel global et de procéder à des choix d'options sylvicoles plus particulièrement aptes à satisfaire l'un ou l'autre objectif défini par la politique forestière nationale.

Les cartes d'aptitude réalisées permettront d'attirer l'attention du gestionnaire également sur la fragilité des peuplements croissant sur certains sols et l'intérêt d'y appliquer une exploitation précautionneuse afin de conserver les faibles réserves utiles du système. Dans cette optique, les essences à enracinement profond, aptes à intercepter des éléments percolants et à s'alimenter en profondeur, seraient à favoriser ainsi que les essences secondaires et d'accompagnement capables de mobiliser des réserves nutritives inaccessibles aux essences principales pour les réinjecter dans les cycles écosystémiques (Weissen & Michaux 1997).

6. Remerciements

Nous remercions tout particulièrement Messieurs Aloyse Puraye et Albert Schaack du Service Pédologique de l'Administration des Services Techniques de l'Agriculture (ASTA) pour leur assistance et leur aide précieuse apportée dans la récolte et l'interprétation des données de terrain.

7. Bibliographie

AEF (Administration des Eaux et Forêts) (1995): Eléments de politique forestière. Administration des Eaux et Forêts, Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement Rural, Grand-Duché de Luxembourg, p.99

AEF (LIES, E.) (1994): Die Forstwirtschaft in Luxemburg - Holznutzung, Erholung und Naturschutz spielen gleichermaßen eine bedeutende Rolle. Holz Zentralblatt Stuttgart, Nr 126, Oktober 1994.

AEF (LIES, E) (1999): La gestion durable de la forêt au Grand-Duché de Luxembourg. Veröffentlichung der Administration des Eaux et Forêts, Luxembourg.

ASTA (Administration des Services Techniques de l'Agriculture): Cartes des sols du Grand-Duché de Luxembourg, échelle 1:25.000, sur 13 feuilles. Ministère de l'Agriculture, du Remembrement Rural et de la Viticulture du Grand-Duché de Luxembourg.

Avril, P. (1987): La légende de la carte des sols de Belgique. Science du Sol. Faculté des Sciences Agronomiques. B-5030 Gembloux, p.26

Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. 3. Aufl. p.865 Wien, New York (Springer).

Claessens H.; Lejeune P.; Cuvelier M.; Dierstein A.; Rondeux J. (2002): Mise au point d'un modèle cartographique pour la description des stations forestières en Ardenne belge.- Agron. Soc. Environ. 6 (4), p.209-220.

Tillesse, M. de; Devillez F. (1997): Concours de la phytosociologie à la cartographie de l'aptitude stationnelle de sols forestiers. Silva Belgica 104 (1), p.29-34.

Devillez, F.; Quevy, B.; Andre, P. (1992): Applications de la cartographie assistée par ordinateur: les aptitudes des sols forestiers en Fagne occidentale de Chimay. Silva Belgica, 99 (1), p.23-30.

Devillez, F.; Weissen, F. (1986): Eléments de base pour un développement forestier intégré. La définition des aptitudes des stations forestières. Actes coll. A.V.E., novembre 1985, B- 348, Louvain-la-Neuve.

EFOR (Studienbüro EFOR ingénieurs-conseils) (1994): Naturräumliche Gliederung Luxemburgs - Wuchsgebiete und Wuchsbezirke Luxemburgs (Biogeoklimatische Karte), Ministère de l'Environnement et Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement Rural du Luxembourg, p.65

EFOR (1996a): Aptitude stationnelle, forêt communale de Mersch. Rapport à l'Administration des Eaux et Forêts, Service de l'Aménagement des Bois, p.69.

EFOR (1996 b): Aptitude stationnelle, forêt communale d'Ettelbrück. Rapport à l'Administration des Eaux et Forêts, Service de l'Aménagement des Bois, p.58

EFOR (1997): Aptitude stationnelle, forêt communale de Medernach. Administration des Eaux et Forêts, Service de l'Aménagement des Bois, p.57

EFOR; Weissen, F. (1992): Aptitude stationnelle, forêt domaniale du Grunewald - Rapport à l'Administration des Eaux et Forêts, Service de l'Aménagement des Bois, p.25

EFOR; Weissen, F. (1998): Expertise à la réalisation des Grilles de Choix d'essences Forestières pour les secteurs écologiques au Luxembourg. - Rapport à l'Administration des Eaux et Forêts, Service de l'Aménagement des Bois, p.29 (nicht veröffentlicht).

EFOR; Weissen, F. (1999): Etude du comportement et choix des essences forestières sur sols du Keuper. Administration des Eaux et Forêts, Service de l'Aménagement des Bois, p.39 (nicht veröffentlicht).

EFOR; Puraye A. (1997): Comparaison des sigles pédologique belge et Luxembourgeois, p.1 (nicht veröffentlicht).

- Galoux A. (1967): Les territoires écologiques, Analyse, description et classification. *Lejeunia*, N.5, n°41, 20S., 1 Karte.
- Green R.N.; Courtin, P.J.; Klinka, K.; Slaco, R.J.; Ray, C.A. (1986): Site diagnosis, tree species selection, and slashburning guidelines for the Vancouver forest region. *Land Management Handbook*, number 8 - Province of British Columbia, Ministry of Forestry, p.143
- Laurent, C. (1997): Etat sanitaire des forêts en Europe et en Wallonie. Actes des colloques "Santé et Biodiversité en forêt wallonne". Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, B-5100 Namur, travaux n° 20, p.9-18.
- Lejeune, P. (1995): Cartes des sols de Belgique et SIG : un traitement préalable visant à la concordance géométrique. *Bulletin de la Recherche Agronomique de Gembloux* 30, p.239-251.
- Levy, G.; Lefevre Y. (2001): La forêt et sa culture sur sol à nappe temporaire. *Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts*, p.223
- Lucius, M. (1948): *Geologie Luxemburgs, Das Gutland. Band VI: Erläuterungen zu der geologischen Spezialkarte Luxemburgs.* Ministère des Travaux Publics du Grand-Duché de Luxembourg, Service Géologique. *Veröffentlichungen des Luxemburger geologischen Dienstes*, p.408
- Neven, C. et al. (1996): Le fichier écologique des essences. Volume 3. - Ministère de la Région Wallonie (Belgique), Division de la Nature et des Forêts. Service Documentation-Communication de la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE). *Sammelordner*, nicht paginiert.
- Onclincx, F.; Tanghe, M.; Galoux, A.; Weissen, F. (1987): La carte des territoires écologiques de la Wallonie. *Revue Belge de Géographie* 111(1-2), p.53-59.
- Thill, A.; Dethioux, M.; Delecour, F. (1988): Typologie et potentialités forestières des hêtraies naturelles de l'Ardenne centrale. Centre de Recherche et de Promotion Forestière (IRSIA), Faculté des Sciences Agronomiques B-5800 Gembloux, p.135
- Weissen, F. et al. (1991): Le fichier écologique des essences, Volumes 1 et 2. Ministère de la Région Wallonie (Belgique), Service Documentation-Communication de la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE), Division Nature et Forêts, B-5100 Namur.
- Weissen, F.; Bronchart, L.; Piret A. (1994): Guide de boisement des stations forestières de Wallonie. Ministère de la Région Wallonie (Belgique), Service Documentation-Communication de la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE), Division Nature et Forêts, B-5100 Namur.
- Weissen, F. (1995): Sur le chemin d'une sylviculture toujours plus respectueuse de l'environnement. *Association Française des Eaux et Forêts*, Nancy 5, p.36-41 .
- Weissen, F.; Michaux, Ch. (1997): Complémentarité nutritionnelle des essences, un facteur de stabilisation d'écosystèmes forestiers. Actes des colloques "Santé et Biodiversité en forêt wallonne". Ministère de la Région Wallonie (Belgique), Service Documentation-Communication de la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE), DGRNE, B-5100 Namur. *Travaux n°20*, p.253-264.

Résumé

Carte des aptitudes stationnelles de la forêt au Grand-Duché de Luxembourg - Base d'un aménagement pour un développement forestier durable -

Au début des années 90', l'Administration forestière luxembourgeoise souhaite modifier son outil d'aptitude stationnelle. Pour ce faire, elle s'oriente vers une méthode développée dans la région qui est située dans la continuité climatique, géologique et pédologique du Luxembourg : la Région Wallonne. Cette méthode fait la synthèse des connaissances actuelles sur la relation qui, dans une région écologique et un contexte sylvicole donnés, unit l'essence et ses exigences aux conditions offertes par le milieu stationnel. La richesse chimique et le niveau d'approvisionnement en eau du sol, évalués au travers de clés d'identification respectivement trophique et hydrique, servent de paramètres d'entrée dans des tableaux établis pour chaque secteur écologique.

Quelques tests réalisés dans les forêts du Gutland ont permis de transposer la clef trophique belge au modèle luxembourgeois. Par contre, l'inadaptation de la clef hydrique belge sur les sols marneux du Grand-Duché est largement confirmée notamment en raison des difficultés de reconnaissance et d'interprétation du pseudogley dans ce type de sol. Par ailleurs, l'Administration des Eaux et Forêts souhaite adapter et étoffer le guide de boisement, notamment par extension des grilles aux essences secondaires et par évaluation de l'aptitude dans des optiques sylvicoles multiples : production, sylviculture proche de la nature, sylviculture à vocation écologique.

Pour répondre à ces considérations, une campagne de récolte d'informations complémentaires est effectuée sur les assises marneuses du pays. A l'examen des données récoltées, la profondeur d'apparition de la marne non-altérée qui, par sa compacité, entrave l'enracinement et la circulation de l'eau dans le sol, paraît être un facteur discriminant significatif. Cette caractéristique des marnes non-altérées, facilement discernable à la sonde, a été intégrée pour créer, empiriquement, une nouvelle clé hydrique adaptée au territoire luxembourgeois.

L'utilisation des clés d'identification et des grilles de choix des essences est illustrée à l'aide d'exemples concrets.

Malgré quelques imperfections de jeunesse, la méthode proposée paraît efficace. Elle permettra à l'aménagiste d'apprécier les surfaces forestières plus particulièrement aptes à satisfaire l'un ou l'autre objectif défini par la politique forestière nationale et d'adapter sa sylviculture en fonction de la fragilité de la station.

Abstract

Mapping soil suitability and identification of adapted tree choice in the forests of the Grand-Duchy of Luxembourg. - A basic instrument for sustainable forest management -

In the earlier '90, the National Forest Administration of Luxembourg planned to modify her instrument for determination of soil suitability and to make a choice of adapted forest tree species for the territory of the Grand-Duchy. A former method established in the adjacent Walloon region (Belgium) was chosen as a basic input. The Walloon region has similar conditions regarding climate, geology and soils. This basic method makes a synthesis of existing knowledge about relationships between ecological requirements of major forest tree species and natural station conditions, considering different ecological regions in a given forestry context. Chemical soil fertility and water supplying are evaluated with either trophic or hydrous identification keys and constitute main input parameters to access regional tables allowing choice of adapted forest trees.

Experimental tests made in some of Luxembourg's forests concluded in a possible transposition of Belgian trophic identification key to the local model. At the opposite, these tests confirmed the partial inadaptation of Belgian hydrous identification key especially for marlic soil types in Luxembourg, due to serious difficulties concerning identification or interpretation of pseudo-gley in this specific type of soil. In addition, the Forest Administration wanted to adapt and complete the Belgian afforestation guide in order to extend Luxembourg's version to forest tree species of secondary order and to give possibility to make a suitability evaluation of forest stations with regard to various forestry options: optimal wood production, near-to-nature forestry, silviculture focused on ecological purpose.

In response to these objectives, a campaign of complementary field recognition was realized on marl substrata across southern parts of the country. An extensive analysis on gathered information revealed the depth of appearance of the non altered marl substratum to be a significant and discriminating factor, as it enables development of the roots and water circulation in the soil due to its huge compactness. These characteristics of non altered marls, easy to detect by soil sampling, has thus been integrated in the new model so to create, by empiric means, a newly designed hydrous identification key adapted to the conditions of Luxembourg's territory.

The use of these newly built identification keys and tree species tables is illustrated by some practical examples.

In spite of some imperfections of youth, the proposed method appears to be quite effective. It should give possibility to forest administrators to make a better choice of forest lands that are suitable to achieve various forest objectives defined by national policy as well as to adapt forestry management with regards to soil conditions and sensibility of forest stations.

translated by the authors.

Zusammenfassung

Standortskartierung im Grossherzogtum Luxemburg, Grundlage für eine nachhaltige Forsteinrichtung

Anfang der neunziger Jahre, angesichts mehrerer schwerer Stürme, unternahm die Forstverwaltung eine Neuausrichtung der forstlichen Standortkunde. Dabei orientierte sie sich an einem Verfahren der Standortskartierung, das in der benachbarten Region Wallonien entwickelt wurde und deren süd-östlicher Teil vergleichbare klimatische, geologische und bodenkundliche Verhältnisse aufweist. Das ausgewählte Verfahren beruht auf einer Synthese des aktuellen Kenntnisstandes über die Beziehung zwischen den ökologischen Ansprüchen der Baumarten einerseits und andererseits den vor Ort anzutreffenden Standortbedingungen, unter Berücksichtigung des naturräumlichen und forstpolitischen Umfeldes. Die Nährstoffversorgung des Bodens und der Wasserhaushalt der Station werden mit Hilfe von zwei Bestimmungsschlüsseln bewertet und bilden die Eingangsparameter in eine zweidimensionale Baumartentabelle, die für jedes Wuchsgebiet erstellt wurde und eine Auswahl von geeigneten Baumarten vorschlägt.

Tests, die bei Gelegenheit von mehreren Standortskartierungen in den luxemburgischen Wäldern durchgeführt wurden, haben die Anwendbarkeit dieser Methode und des belgischen Bestimmungsschlüssels zur Nährstoffversorgung auf die luxemburgischen Standortverhältnisse gezeigt. Dagegen bestätigte sich die Unzulänglichkeit des ursprünglichen Bestimmungsschlüssels zur Wasserversorgung auf den schweren Mergelböden Luxemburgs, vor allem wegen der schwierigen Interpretation der Verfärbungen (Pseudogley) in diesem Substrattyp. Hinzu kam, dass die Forstverwaltung Luxemburgs den Anwendungsbereich der Standortskartierung auf Baumarten zweiter Ordnung ausdehnen wollte, sowie eine Differenzierung der Standortanpassung der verschiedenen Baumarten nach verschiedenen forstlichen Optionen anstrebte: produktionsorientierte Forstwirtschaft, naturnaher Waldbau und Waldbau mit schwerpunktmässig ökologischer Ausrichtung.

Um diesen Anforderungen bestmöglichst zu entsprechen, wurden zusätzliche bodenkundliche Untersuchungen auf den Mergelböden der Keuperschichten (Trias) im Süden Luxemburgs vorgenommen. Die Auswertung dieser Untersuchungen ergab, dass die Tiefe ab der die kompakte, nicht verwitterte Mergelschicht auftritt, der wichtigste und ausschlaggebende Parameter ist, da sie mit ihrer sehr ausgeprägten Kompaktheit ein schweres Hindernis für das Wurzelwachstum sowie die Wasserzirkulation darstellt. Dieses Merkmal der kompakten, unverwitterten Mergelschichten, welches man mit Hilfe des Bodenbohrers leicht ausmachen kann, wurde alsdann in das Modell eingebaut. Somit entstand ein neuer, überarbeiteter und auf luxemburger Bodenverhältnisse angepasster Bestimmungsschlüssel zur Beurteilung der Wasserversorgung.

Die Nutzung der Bestimmungsschlüssel sowie die Anwendung des Handbuchs zur Standortskartierung und Baumartenwahl in Luxemburg wird anhand von praktischen Fallbeispielen erklärt.

Obwohl anfangs mit einigen Schwächen behaftet, hat sich die vorgestellte Methode mittlerweile als zuverlässig und wirksam erwiesen. Sie wird es dem Forsteinrichter ermöglichen, die forstlichen Flächen in ihrem gesamtökologischen Kontext besser einzuschätzen und sinnvolle und akkurat ausgerichtete forstliche Entscheidungen zu treffen, entsprechend der Zielsetzungen der nationalen Forstpolitik, sowie die erforderliche Rücksicht auf die Sensibilität (Bodenverdichtung, Schäden) der Standorte zu nehmen.

Übersetzt von den Autoren.