

Nom pour BDD:

- Fertilisation sapin Vosges

Nom complet :

- Modifications observées à la suite d'une fertilisation dans diverses sapinières dépérissantes des Vosges. Etude phytoécologique et dendrochronologique.

Abrégé :

- SapVF

Résumé :

- L'étude menée par François Lebourgeois dans le cadre de son DEA, encadré par Michel Becker, a porté sur l'analyse des modifications observées à la suite de quatre traitements fertilisants (Ca, CaMg, KMg, NPKCaMg) mis en place en 1985 dans diverses sapinières dépérissantes des Vosges par Maurice Bonneau. Les 906 sapins adultes échantillonnés se répartissent sur 4 sites (deux en Lorraine et deux en Alsace) caractéristiques de quatre types de comportement préalablement observés vis-à-vis des variations de défoliation et de jaunissement. C'est par une approche dendroécologique c'est-à-dire en associant *étude phytoécologique* (fondée sur l'analyse de la végétation) et *étude dendrochronologique* (fondée sur la mesure d'accroissement radial annuel de cerne) que l'analyse a été effectuée.

L'étude phytoécologique :

- i. Discrimine nettement les sites quant à leur richesse minérale et à leur condition d'alimentation en eau : sols peu profonds, caillouteux, pauvres et acides sur grès vosgien en Lorraine ; sols profonds et beaucoup plus riches sur granite de Kagenfels en Alsace ;
- ii. Montre que sur cette période de 5 ans, l'impact de la fertilisation sur la composition floristique du milieu est encore peu marquée ;
- iii. Met en évidence une amélioration de l'activité biologique de l'humus, qui de modéré en 1985, a évolué vers un mull acide sur les placettes fertilisées avec du calcium.

L'étude dendrochronologique met en évidence :

- i. L'effet rapide et durable de l'ensemble des traitements sur l'accroissement radial et dans une moindre mesure sur la restauration de l'état du houppier ; l'effet des traitements sur ce paramètre n'est observable que pour des pertes foliaires supérieures à 30%. Sur ces dispositifs, cette valeur de 30% correspond à un seuil entre la variabilité normale de l'état des houppiers (<30%), et le domaine pathologique (>30%) ;

- ii. L'existence de facteurs limitants (niveau de fertilité et réserve utile en eau), déclenchant (sécheresse de 1976) et aggravant (traitement sylvicole) les phénomènes de dépérissement, ainsi que leur incidence sur l'état sanitaire initial et sur l'effet des traitements.

Sur ces dispositifs, le niveau trophique est un facteur limitant, et la fertilisation est un excellent moyen :

- i. De corriger la malnutrition des peuplements en amenant les éléments minéraux à leur disposition
- ii. De les garantir contre les conséquences d'accidents « physiques » (sécheresse...).

Objectifs :

- Dans le cadre du dépérissement, et de l'hypothèse selon laquelle les carences nutritionnelles pourraient être un facteur important dans l'expression de celui-ci, la fertilisation sur peuplements adultes semblait être le meilleur moyen de vérifier expérimentalement cette hypothèse ; et d'enrayer, peut-être, le déclin observé depuis quelques années.

Protocole de prélèvement et d'observation :

- **Fichier Placettes :** (SapVF_placettes_pour_BDD.xlsx)

Le choix des sites d'étude repose sur les résultats préalablement obtenus par Maurice Bonneau et son équipe sur l'ensemble des 8 essais installés en 1985 sur des peuplements adultes de sapin, dans des conditions écologiques variées. L'analyse des premiers résultats fait ressortir quatre types de comportement vis-à-vis de la fertilisation, comportements fondés sur les variations de défoliation et de jaunissement dans la période 1985-1990. Chaque site retenu est typique d'une de ces réactions ; schématiquement :

- i. Vologne (SapVF_V) : dégradation des témoins et rétablissement des fertilisés,
- ii. Mortagne (SapVF_M) : dégradation des témoins et rétablissement, dégradation ou stabilité des fertilisés,
- iii. Grendelbruch (SapVF_G) : rétablissement des témoins et stabilité des fertilisés,
- iv. Russ (SapVF_R) : rétablissement des témoins et des fertilisés

Les sites Vologne et Mortagne sont situés sur le versant lorrain des Vosges, sur grès. Les sites Grendelbruch et Russ sont situés sur le versant alsacien des Vosges, sur des granites de Kagenfels.

✓ Colonne A : la **localisation** correspond à la placette de mesure qui est un carré de 30 mètres de côté, entouré d'une bande d'isolement de 10 mètres. Son identifiant combine les identifiants du site, du bloc et du traitement. On distingue 2 blocs sur chacun des 4 sites ; et les traitements, au nombre de 5 sont identiques pour tous les sites. On distingue :

- **Témoin** : pas d'apport.
- **Ca** : 2500kg /ha de calcaire broyé (Recalcit) et 400kg de chaux vive afin qu'une partie du calcium soit sous forme soluble. Ce traitement apporte au total 1520kg de CAO, dont 400 sous forme soluble ;
- **CaMg** : 2500kg/ha de Recalcit magnésien à 12% de MgO , mélange de calcaire broyé et de chaux magnésienne, et 400kg/ha de chaux magnésienne vive, soit 590kg de CaO sous forme rapidement soluble , 1000kg de CAO sous forme peu soluble et 450kg de MgO sous forme soluble. Ce traitement diffère du précédent par la présence du magnésium, mais aussi par la plus forte quantité de calcium sous forme soluble.
- **KMg** : 500kg/ha de Kalimagnésia (appelé aussi Patentkali), sulfate double de potassium et de magnésium. Ce traitement qui s'écarte délibérément du postulat de la nécessité du calcium dans la fertilisation, était motivé par l'action bénéfique du Kalimagnésia observée dans certains peuplements de Bavière ; mais était à priori peu logique ici, car la nutrition du sapin dans les Vosges est déjà caractérisé par un déséquilibre au détriment du magnésium, et ce type d'engrais, qui dose 30% de K₂O et 10% de MgO, risquait de l'accentuer.
- **NPKCaMg** : à un apport de Ca et Mg identique à celui du traitement CaMg, on a ajouté 200 kg/ha d'azote (ammonitrate à 34,5%), 200kg/ha de P₂O₅ (sous forme de superphosphate triple) et 150kg/ha de K₂O (sous forme de sulfate de potassium).

site	Bloc	traitement	Abrégé localisation
Vologne	1	Témoin	SapVF_V1_T
Vologne	1	Ca	SapVF_V1_Ca
Vologne	1	CaMg	SapVF_V1_CaMg
Vologne	1	KMg	SapVF_V1_KMg
Vologne	1	NPKCaMg	SapVF_V1_NPKCaMg
Vologne	2	Témoin	SapVF_V2_T
Vologne	2	Ca	SapVF_V2_Ca
Vologne	2	CaMg	SapVF_V2_CaMg
Vologne	2	KMg	SapVF_V2_KMg
Vologne	2	NPKCaMg	SapVF_V2_NPKCaMg
Mortagne	1	Témoin	SapVF_M1_T
Mortagne	1	Ca	SapVF_M1_Ca
Mortagne	1	CaMg	SapVF_M1_CaMg
Mortagne	1	KMg	SapVF_M1_KMg
Mortagne	1	NPKCaMg	SapVF_M1_NPKCaMg
Mortagne	2	Témoin	SapVF_M2_T
Mortagne	2	Ca	SapVF_M2_Ca
Mortagne	2	CaMg	SapVF_M2_CaMg
Mortagne	2	KMg	SapVF_M2_KMg
Mortagne	2	NPKCaMg	SapVF_M2_NPKCaMg
Grendelbruch	1	Témoin	SapVF_G1_T
Grendelbruch	1	Ca	SapVF_G1_Ca
Grendelbruch	1	CaMg	SapVF_G1_CaMg
Grendelbruch	1	KMg	SapVF_G1_KMg
Grendelbruch	1	NPKCaMg	SapVF_G1_NPKCaMg
Grendelbruch	2	Témoin	SapVF_G2_T
Grendelbruch	2	Ca	SapVF_G2_Ca
Grendelbruch	2	CaMg	SapVF_G2_CaMg

Grendelbruch	2	KMg	SapVF_G2_KMg
Grendelbruch	2	NPKCaMg	SapVF_G2_NPKCaMg
Russ	1	Témoin	SapVF_R1_T
Russ ✓	1	Ca	SapVF_R1_Ca
Russ ✓	1	CaMg	SapVF_R1_CaMg
Russ ✓	1	KMg	SapVF_R1_KMg
Russ ✓	1	NPKCaMg	SapVF_R1_NPKCaMg
Russ ✓	2	Témoin	SapVF_R2_T
Russ ✓	2	Ca	SapVF_R2_Ca
Russ ✓	2	CaMg	SapVF_R2_CaMg
Russ ✓	2	KMg	SapVF_R2_KMg
Russ ✓	2	NPKCaMg	SapVF_R2_NPKCaMg

ANNEXE 1

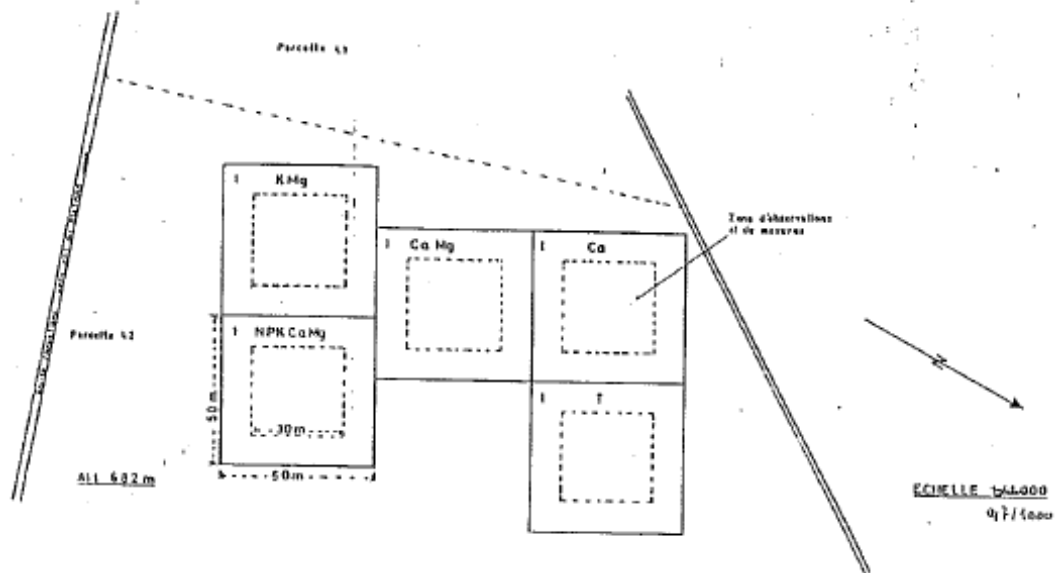
Dispositif de Vologne

EXPERIENCE DE FERTILISATION

C.N.R.F.
Sols Forestiers
D.E.F.O.R.P.A

VOLOGNE Parcelle 42

O.N.F.
S¹ Dié (88)
F.D de Vologne

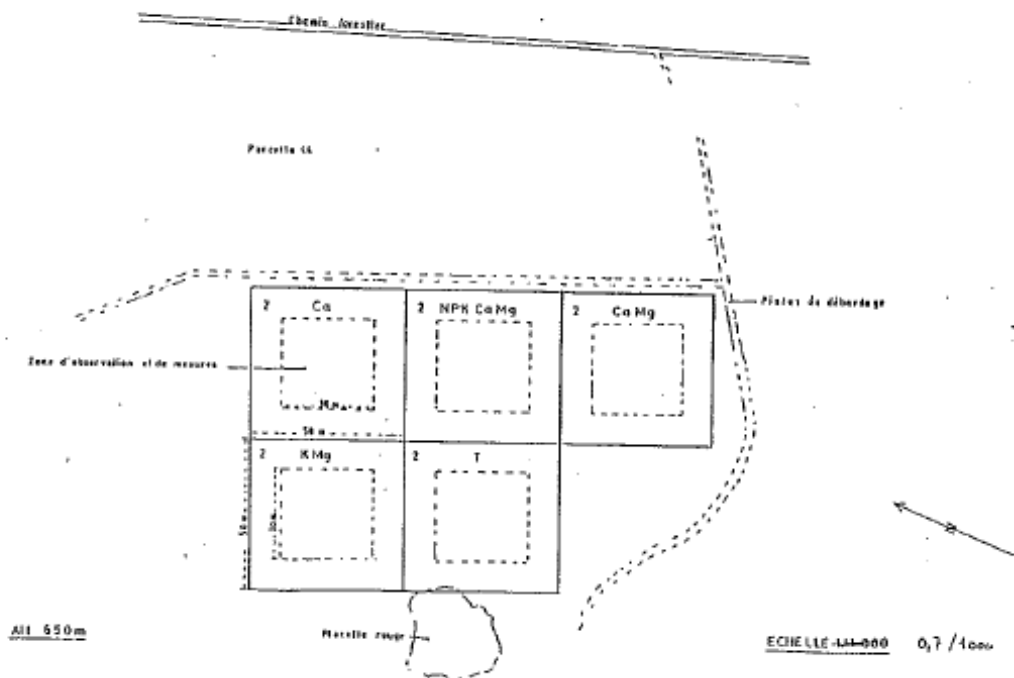


EXPERIENCE DE FERTILISATION

C.N.R.F.
Sols Forestiers
D.E.F.O.R.P.A

VOLOGNE Parcelle 44

O.N.F.
S¹ Dié (88)
F.D de Vologne



ANNEXE 2

Dispositif de Mortagne

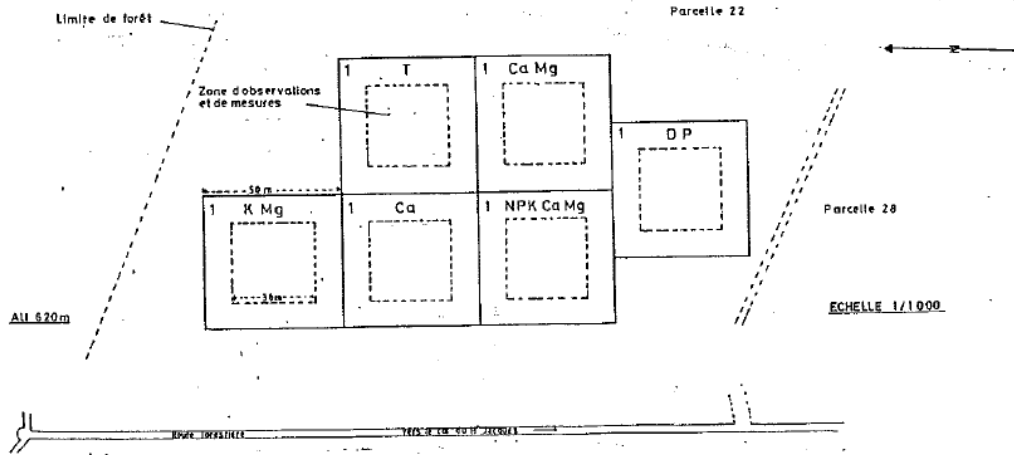
EXPERIENCE DE FERTILISATION

MORTAGNE Parcelle 22

O.N.F.

S^t Dié (88)

F.D de Mortagne



EXPERIENCE DE FERTILISATION

C. N. R. F.

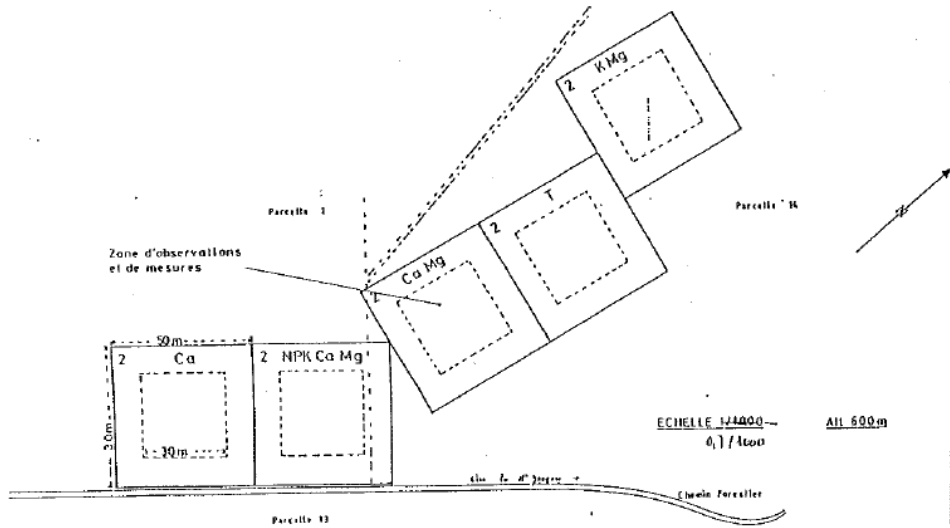
Sols Forestiers
D.E.F.O.R.P.A.

MORTAGNE Parcelles 2 et 14

O.N.F.

S^t Dié (88)

F.D de Mortagne



C.N.R.F
Sols Forestiers
D.E.F.O.R.P.A

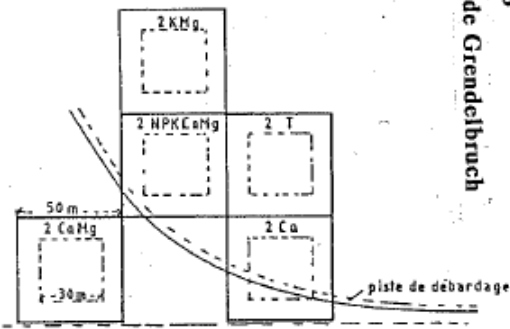
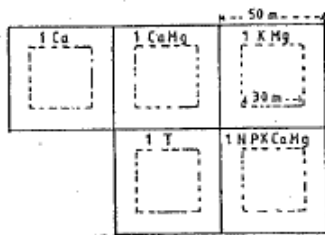
GREDELBRUCH
Parcelles 36 et 37

O.N.F
Centre de Schirmec
Forêt Communale
de Grendelbruch

Parcelle 36

Parcelle 37

ANNEXE 3
Dispositif de Grendelbruch



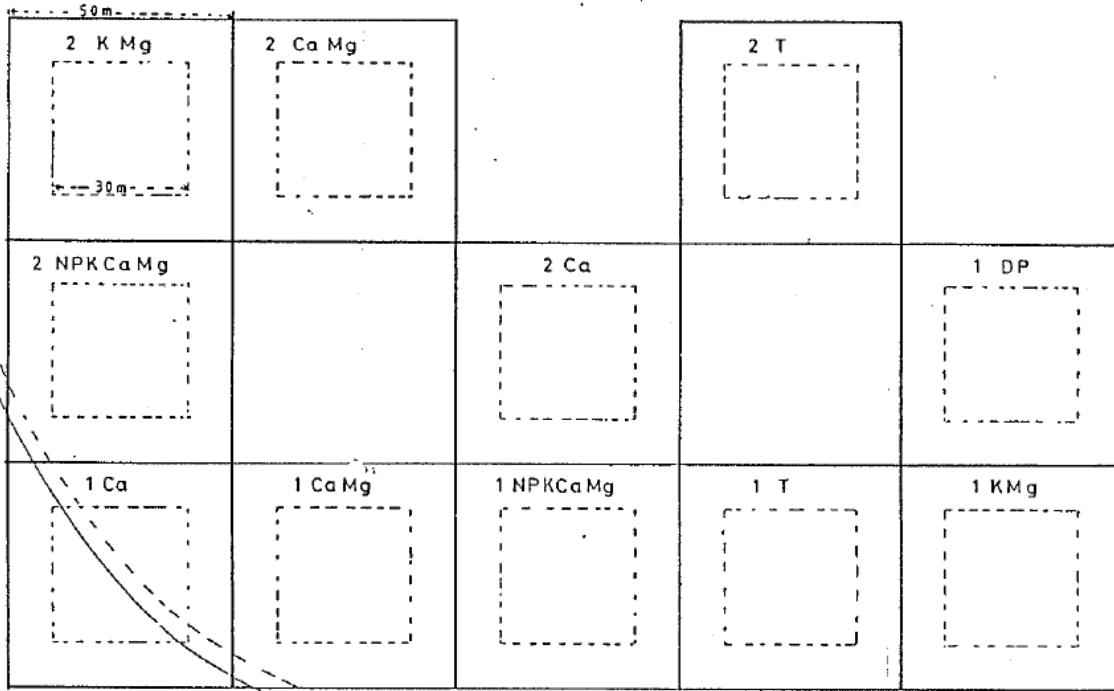
ECHELLE $\frac{1}{2000}$
 $\frac{0,35}{1000}$

EXPERIENCE DE FERTILISATION

C.N.R.F
Sols Forestiers
D. E. F. O. R. P. A

RUSS Parcelle 20

O.N.F
Centre de Schirmeck
Forêt communale de Russ



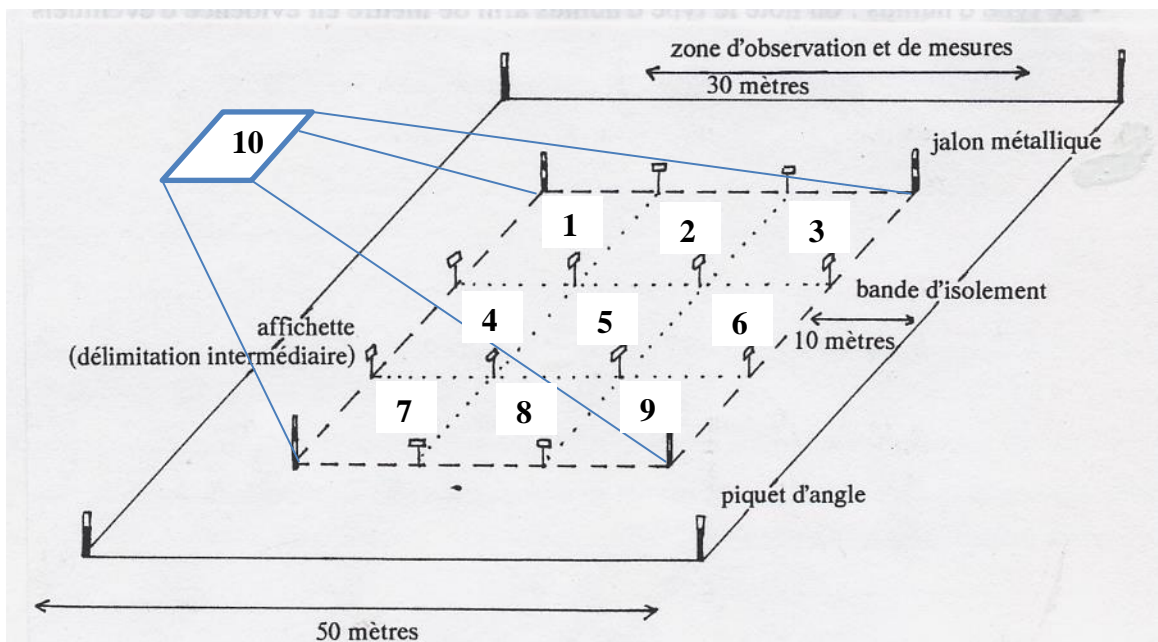
ECHELLE 1/1000
01/1000

Russ →

✓ Colonne B : Placette unitaire (PAU)

Chaque placette a été subdivisée en 9 sous-placeaux de mesure de 10 mètres de côté, de forme carrée, pour étudier les effets des micro-variations de milieu éventuelles. Ils sont numérotés de gauche à droite et de haut en bas en regardant le plan à l'endroit (voir dessin). Pour chaque sous-placeau, on réalise un inventaire des arbres présents et un relevé floristique complet. Les placeaux et les sous-placeaux ont été numérotés de 1 à 400. Les numéros des sous-placeaux se terminent pas des unités allant de 1 à 9 ; ceux des placeaux prenant la valeur de la dizaine, donc se terminant par un 0.

Schéma d'implantation d'après Lebougeois 1991 :



✓ Colonne H : altitude

Elle est mesurée à l'altimètre et exprimée en mètres.

✓ Colonne J : pente

La pente du terrain est mesurée à l'aide d'un clisimètre et elle est exprimée en degré

✓ Colonne L : exposition

Elle a été mesurée à la boussole de poche, exprimée en degré et notée dans l'étude comme l'angle que fait avec le nord, dans le sens trigonométrique direct (sens inverse des aiguilles d'une montre), la direction de la plus grande pente du terrain en observant le haut de celle-ci. Pour la base, c'est l'angle formé entre le nord magnétique et la plus grande pente du terrain en visant vers l'aval, dans le sens anti-trigonométrique (sens des aiguilles d'une montre).

✓ Colonne N : position topographique

Situation de la placette dans le relief environnant.

définition

Code base

bas de pente de versant long	BPvl
plateau	P
rebord de plateau	Rb
haut de pente de versant court	HPvc
haut de pente de versant long	HPvl
mi-pente de versant court	MPvc
mi-pente de versant long	MPvl
sommet	S

● **Fichier Arbres** : SapVF_arbres_pour_BDD

- ✓ A l'installation de l'essai, en 1986, 25 arbres ont été choisis par Bonneau sur chacun des 40 placeaux. En 1990, parmi ces 1000 arbres, 3 étaient chablis, 55 étaient exploités et 36 étaient des épicéas. On disposait donc de 906 sapins à étudier, de 100 ans d'âge moyen.
- ✓ Tableau du nombre d'arbres par placeau :

site	Bloc	traitement	Nombre d'arbres
Vologne	1	Témoin	22
Vologne	1	Ca	24
Vologne	1	CaMg	25
Vologne	1	KMg	25
Vologne	1	NPKCaMg	18
Vologne	2	Témoin	16
Vologne	2	Ca	24
Vologne	2	CaMg	23
Vologne	2	KMg	20
Vologne	2	NPKCaMg	17
Mortagne	1	Témoin	24
Mortagne	1	Ca	25
Mortagne	1	CaMg	25
Mortagne	1	KMg	25
Mortagne	1	NPKCaMg	25
Mortagne	2	Témoin	25
Mortagne	2	Ca	25
Mortagne	2	CaMg	25
Mortagne	2	KMg	25
Mortagne	2	NPKCaMg	23
Grendelbruch	1	Témoin	20
Grendelbruch	1	Ca	21
Grendelbruch	1	CaMg	25
Grendelbruch	1	KMg	25
Grendelbruch	1	NPKCaMg	24
Grendelbruch	2	Témoin	24
Grendelbruch	2	Ca	13
Grendelbruch	2	CaMg	10

Grendelbruch	2	KMg	25
Grendelbruch	2	NPKCaMg	25
Russ	1	Témoin	23
Russ	1	Ca	25
Russ	1	CaMg	24
Russ	1	KMg	23
Russ	1	NPKCaMg	24
Russ	2	Témoin	24
Russ	2	Ca	22
Russ	2	CaMg	24
Russ	2	KMg	21
Russ	2	NPKCaMg	23

✓ mesures :

- En 1986, Bonneau a noté l'indice de transparence et l'indice de jaunissement, des arbres. En 1990, François Lebourgeois les a observés également.
- L'indice de transparence est défini comme le pourcentage d'aiguilles supposées manquantes par rapport à la quantité que l'arbre devrait posséder s'il était parfaitement sain.
- Indice de jaunissement (SapJDe_Jaun) correspondant aux classes de pourcentage de jaunissement du houppier :

Définition	Code
0 à 10% du houppier	0
11 à 25% du houppier	1
26 à 60 % du houppier	2
61 à 100% du houppier	3
Sec sur pied	4

- Le statut social, codé de 1 à 3 dans l'étude initiale a été encodé selon l'échelle de la base qui est la suivante :

Définition	Code base
dominant	2
codominant	3

dominé	4
--------	---

▪ Etat de la cime de l'arbre (abrégé étude_eC)

cassée	3
partiellement sèche	2
descente de cime	1
sèche avec feuilles/aiguilles adhérentes	6
morte	0

● **Fichier Dendrochronologie** : SapVF_Lc_pour_BDD

- ✓ Chaque sapin échantillonné est carotté à cœur à 1,30m dans une des deux directions perpendiculaires à la pente, avec une tarière dendrologique de Pressler de 5 mm de diamètre intérieur. Les arbres de numéro pair sont carottés du côté gauche, en regardant vers le bas de la pente, et les arbres de numéro impair du côté droit.
- ✓ François Lebourgeois a compté les cernes jusqu'à la moelle et mesuré les 51 derniers cernes (1940 à 1990) des carottes, au 1/100 mm, sur une chaîne de mesure informatisée (caméra numérique, chambre claire, table à digitaliser, ordinateur QL). Il a effectué aussi l'interdatation avec le programme mis au point par Michel Becker. La parfaite synchronisation des dendrochronogrammes a été vérifiée en s'aidant de la courbe de référence précédemment établie par Becker pour le sapin du massif vosgien (voir étude « dépérissement dans la sapinière vosgienne»).
 - ✓ En janvier 2013, les séries chronologiques dont le pourcentage d'interdatation était inférieur à 61% de celles de la population d'arbres du site, ont été ré-interdatées par François Géréma avec le programme de Jean-Luc Dupouey « interdat » qui offre plus de fonctionnalités, notamment par la souplesse de choix des séries de références.

Ont été modifiées les séries suivantes :

- SapVF_V1_KMg_40_2 : remesuré ; + 2 cm en 1979 et 1980
- SapVF_V2_T_60_9 : + 5 cm de 1986 à 1990
- SapVF_V2_CaMg_80_11 : 1956 (28) + 1957 (60)
- SapVF_M1_T_110_3 : suppression de 4 cm de 1976 à 1979 (passage de 56% à 84%)
- SapVF_M1_T_110_21 : suppression de 15 cm de 1970 à 1984 , et +1cm en 1956
- SapVF_M1_KMg_140_3 : suppression des 22 cm, de 1960 à 1981
- SapVF_M1_KMg_140_17 : 2 cm supprimés en 1977 et 1978
- SapVF_M1_NPKCaMg_150_4 : suppression 4 cm de 1973 à 1976

- SapVF_M1_NPKCaMg_150_7 : 4 cm supprimés de 1976 à 1979
- SapVF_M1_NPKCaMg_150_12 : suppression 4 cm de 1969 à 1978
- SapVF_M1_NPKCaMg_150_16 : remesurée ; puis 7 cm de 1984 à 1990
- SapVF_M1_NPKCaMg_150_17 : suppression de 6 cm de 1978 à 1987
- SapVF_M1_NPKCaMg_150_19 : suppression de 5 cm de 1971 à 1975
- SapVF_M1_NPKCaMg_150_23 : suppression de 12 cm de 1971 à 1982
- SapVF_M2_T_160_1 : suppression de 12 cm de 1976 à 1987
- SapVF_M2_NPKCaMg_200_2 : + 2 cm en 1976 et 1977
- SapVF_M2_CaMg_180_10 : + 4 cm de 1974 à 1978
- SapVF_M2_CaMg_180_25 : suppression de 4 cm de 1971 à 1976
- SapVF_M2_NPKCaMg_200_23 : suppression de 4 cm, de 1967 à 1971
- SapVF_G1_Ca_220_6 : + 7cm de 1969 à 1975
- SapVF_G1_Ca_220_8 : pas modifiée mais 2 périodes d'accroissement anormalement élevé.
- SapVF_G1_Ca_220_21 : carotte remesurée ; puis + 5 cm de 1976 à 1980
- SapVF_G1_NPKCaMg_250_18 : suppression des cm 1974 et 1976 ; puis + 10 cm de 1974 à 1983
- SapVF_G1_NPKCaMg_250_19 : suppression 1 cm en 1976 et 1970/2 (42,9)
- SapVF_G2_T_260_11 : suppression de 12 cm de 1979 à 1990 ; puis 1967/2 (65,13) ; puis 1cm en 1976
- SapVF_R1_T_310_16 : suppression de 5 cm de 1986 à 1990 et + 1 cm en 1976
- SapVF_R1_T_310_21 : 1939 (~~74~~, 57) et 1cs en 1940 (14)
- SapVF_R1_Ca_320_7 : suppression de 5 cm de 1976 à 1980 et + 1cm en 1974
- SapVF_R1_Ca_320_9 : + 6cm de 1978 à 1984
- SapVF_R1_Ca_320_15 : suppression 6 cm de 1975 à 1980
- SapVF_R1_Ca_320_25 :
- SapVF_R1_CaMg_330_9 : suppression de 4 cm de 1974 à 1977
- SapVF_R1_KMg_340_12 : + 8 cm de 1968 à 1975
- SapVF_R1_KMg_340_18 : suppression de 11 cm de 1967 à 1977; puis + 2cm en 1989 et 1990, sans changement de date de premier cerne ; puis suppression 1968 (14) ; puis + 3 cm de 1977 à 1979
- SapVF_R1_KMg_340_25 : suppression de 12 cm de 1969 à 1980 ; et + 1 cm en 1976
- SapVF_R1_NPKCaMg_350_3 : + 10 cm de 1973 à 1982
- SapVF_R2_CaMg_380_4 : suppression de 4 cm de 1974 à 1977

- SapVF_R2_CaMg_380_5 : suppression de 12 cm de 1977 à 1988
 - SapVF_R2_NPKCaMg_400_15 : suppression de 4 cm de 1972 à 1975
 - SapVF_R1_NPKCaMg_350_10 : suppression de 18 cm de 1962 à 1980, et suppression 1966(164) et 1967 (140)
 - SapVF_R1_NPKCaMg_350_15 : + 3 cm de 1988 à 1990, sans changement de date de premier cerne
 - SapVF_R2_T360_16 : + 6cm de 1985 à 1990, sans changement de date de premier cerne
 - SapVF_CaMg_380_7 : + 3cm de 1988 à 1990, sans changement de date de premier cerne
 - SapVF_R2_T_360_6 :
 - SapVF_R1_NPKCaMg_350_23 : suppression 5 cm de 1969 à 1974
 - SapVF_R2_T_360_10 : + 19cm de 1962 à 1980
 - SapVF_R2_T_360_6 : suppression 5 cm de 1976 à 1980 ; et 1960/2 (122,7); et + 4 cm de 1974 à 1977
 - SapVF_R2_CaMg_380_25 : remesuré
 - SapVF_R2_KMg_390_4 : +11cm de 1956 à 1967
- ✓ Colonne H : Certaines carottes des provenances Vologne 1 et Vologne 2 ont été découpées pour Gérard Lévy, pour effectuer des analyses chimiques. Ce manque d'intégrité est renseigné par la note 1. Les carottes intactes sont signalées par la note 2. Les carottes du plateau Ca de Mortagne 1 qui n'ont pas été retrouvées ont été notées 0.

✓ **Fichier floristique** : SapVF_flo_pour_BDD

- ✓ Le tableau floristique a été reconstitué à partir du fichier texte Q-Dos d'encodage initial. Il a été complété et vérifié en le confrontant aux relevés de terrain. Chaque plateau et chaque sous-placeau a été inventorié aux dates suivantes :

Site	Date de début	Date de fin
Vologne	15/10/1990	23/10/1990
Mortagne	28/09/1990	02/10/1990
Grendelbruch	04/06/1991	06/06/1991
Russ	10/06/1991	14/06/1991

- ✓ Les espèces sont désignées dans la base par le référentiel de la BDNFF5 pour les spermaphytes, et la BDNBE1 pour les Hepaticophyta et les Bryophyta.
- ✓ Une espèce, *Daucus carota*, parce que son genre et son espèce sont incertains a été affectée d'un « confère 3 ».
- ✓ On a indiqué comme singularité (Pi ou Ch), les espèces qui poussent sur les chemins ou les pierres.
- ✓ Les strates utilisées sont les suivantes :

Dénomination strate	définition	code
Arborescente	Espèces ligneuses > 7m	A
Arbustive et/ou herbacée	Espèces ligneuses < 7m	a/h
herbacée	Espèces herbacées	h
mousse	Hepaticophyta et Bryophyta humicole	m

- ✓ Les coefficients indiqués sont ceux de l'échelle de Braun-Blanquet ci-dessous :

coefficient	définition
+	Espèce rare que l'on peut manquer.
1	Espèce de recouvrement < 5% de la surface du relevé et que l'on ne peut pas manquer.
2	Espèce très abondante couvrant moins de 5% de la surface, ou couvrant entre 5 et 25 % de la surface du relevé
3	Espèce couvrant entre 25 et 50% de la surface du relevé
4	Espèce couvrant entre 50 et 75% de la surface du relevé
5	Espèce couvrant entre 75 et 100% de la surface du relevé

- ✓ Pédologie : pas de fichier pour le moment

10.10. ANNEXE 10 : DESCRIPTION DU PROFIL DE SOL POUR LE SITE DES VOSGES

Site	Type de sol	Horizons			Couleur	Texture	Structure	Taches	Compacité	Éléments grossiers (%)	Racines (%)	Couche	Référence				
		Nomenclature	Profondeur	Limites													
Vologne	sols superficiels acides et pauvres		0-40 cm		brun	LSA				25	60	1	Lebourgeois, 1991; Lefèvre, 2013				
			40-150cm							30	40	2					
Mortagne 22	sols plus profonds, acides et pauvres		0-40 cm		/	SA				20	70	1		Lebourgeois, 1991; Lefèvre, 2013			
			40-150cm							30	30	2					
Mortagne 2-14	sols plus profonds, acides et pauvres	/	0-40 cm	/	/	S				20	70	1			Lebourgeois, 1991; Lefèvre, 2013		
			40-150cm							30	30	2					
Greendelbruch	pauvres-acides		0-40 cm			SL				50	60	1				Lebourgeois, 1991; Lefèvre, 2013	
			40-150cm							40	40	2					
Russ	sols profonds et riches en minéraux		0-40			LSA				60	70	1					Lebourgeois, 1991; Lefèvre, 2013
										40	30	2					

Publications :

LEBOURGEOIS F., 1991. Modifications observées à la suite d'une fertilisation dans diverses sapinières déperissantes des Vosges. Etude phytoécologique et dendrochronologique. Mémoire de DEA en Ecologie générale et production végétale, Université d'Orsay 1991,47p +annexes

LEBOURGEOIS F., BECKER M., BONNEAU M., 1993. Influence d'une fertilisation minérale sur la croissance radiale de sapinières déperissantes dans les Vosges. Revue Forestière Française, 45(6), 639-650