



HAL
open science

Impacts des anciennes utilisations agricoles sur la fertilité du milieu forestier actuel

Waltraud Koerner

► **To cite this version:**

Waltraud Koerner. Impacts des anciennes utilisations agricoles sur la fertilité du milieu forestier actuel. Sciences du Vivant [q-bio]. Université Paris Diderot - Paris 7, 1999. Français. NNT: . tel-02842463

HAL Id: tel-02842463

<https://hal.inrae.fr/tel-02842463v1>

Submitted on 7 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



INRA - SAD, MIRECOURT
INRA - CRF, NANCY
Equipe Cycles Biogéochimiques et Equipe Phytoécologie

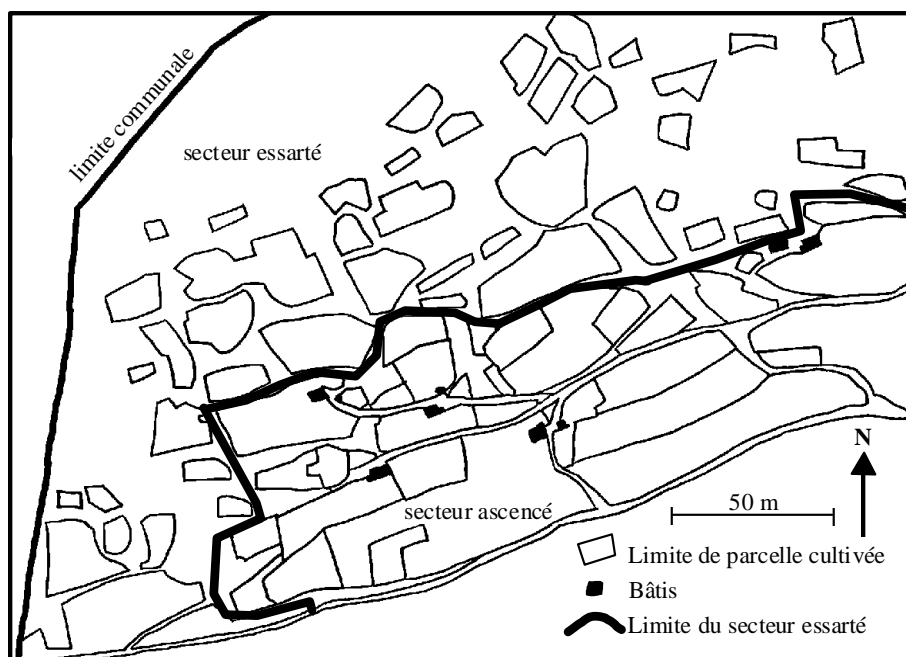
Université Paris 7
Denis Diderot
UFR de Géographie

THESE

pour l'obtention du Diplôme de Docteur
Spécialité Géographie présentée et soutenue publiquement le 5 février 1999 par

Waltraud KOERNER

IMPACTS DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES SUR LA FERTILITE DU MILIEU FORESTIER ACTUEL



Directrice de Thèse : Mme Y. VEYRET

Jury : M. P. ARNOULD, président
M. J. C. RAMEAU, rapporteur
M. B. VALADAS, rapporteur
M. M. BENOIT, examinateur
M. C. MILLIER, examinateur

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION - LA PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE.....	10
2	LA RECHERCHE DE SITES ET DE LEURS ANCIENNES UTILISATIONS	16
2.1	L'IDENTIFICATION PREALABLE D'UN SITE	16
2.1.1	<i>Les jardins.....</i>	20
2.1.2	<i>Les champs.....</i>	22
2.1.3	<i>Les prés.....</i>	24
2.1.4	<i>Les pâtures.....</i>	25
2.1.5	<i>La forêt.....</i>	29
2.2	LES METHODES POUR RETROUVER LES ANCIENNES PARCELLES AGRICOLES EN FORET	31
2.3	L'ORGANISATION DU TERRITOIRE AGRICOLE AU DEBUT DU XIXEME SIECLE ET LE TRANSFERT DE FERTILITE	31
2.3.1	<i>L'organisation du territoire agricole au début du XIXème siècle.....</i>	31
2.3.2	<i>Le transfert de fertilité</i>	33
2.3.2.1	<i>Définition.....</i>	33
2.3.2.2	<i>Les problèmes du calcul du bilan du transfert de fertilité</i>	35
2.4	L'ABANDON DES ANCIENNES TERRES AGRICOLES.....	36
2.4.1	<i>Le boisement dans le Massif Vosgien.....</i>	36
2.4.1.1	<i>Le boisement des terrains communaux.....</i>	36
2.4.1.2	<i>Le boisement des parcelles privées.....</i>	39
2.4.1.3	<i>Le boisement en "timbre-poste"</i>	39
2.4.2	<i>Les méthodes pour obtenir les dates d'abandon</i>	41
2.5	CONCLUSION	43
3	LES CARACTERISTIQUES DES SITES ET DES PARCELLES CHOISIS.....	44
3.1	LE GROUPEMENT DES SITES	44
3.1.1	<i>Les groupes de fertilité d'après le profil pédologique.....</i>	44
3.1.2	<i>Les groupes de sites</i>	50
3.1.2.1	<i>Les sites du plateau du Haut-du-Tôt</i>	50
3.1.2.2	<i>Les versants "Vers" de Vagney, du Syndicat et de Rochesson</i>	52
3.1.2.3	<i>Les fermes de la crête des Vosges</i>	56
3.1.2.4	<i>Les fermes anabaptistes des fonds du vallon</i>	57
3.1.2.5	<i>Les versants "Droit" de Vagney (Malracine), de Sapois et de Gerbepal (Haut-de-la-Sappe).....</i>	57
3.1.2.6	<i>L'exception du versant "Vers" de Gemaingoutte</i>	58
3.2	LES PARCELLES AGRICOLES : TAILLE ET REPARTITION	58
3.2.1	<i>La taille des surfaces des anciennes parcelles agricoles étudiées</i>	58
3.3	3.3 CONCLUSIONS	64
3.3	CONCLUSIONS.....	65
4	IMPACT DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES SUR LA RICHESSE DU SOL	66
4.1	INTRODUCTION - POURQUOI S'INTERESSER AUX SOLS ?.....	66
4.2	METHODES D'ANALYSES DES SOLS.....	66
4.2.1	<i>Les paramètres étudiés.....</i>	66
4.2.1.1	<i>L'azote</i>	67
4.2.1.2	<i>La Capacité d'Echange Cationique (C.E.C.)</i>	69
4.2.1.3	<i>Le phosphore assimilable.....</i>	70
4.2.2	<i>L'échantillonnage sur le terrain et les analyses</i>	71
4.3	RESULTATS - LES CONSEQUENCES DES ANCIENNES UTILISATIONS SUR LES SOLS	72
4.3.1	<i>Les comparaisons des profils pédologiques.....</i>	72
4.3.2	<i>Les matériaux grossiers et la granulométrie.....</i>	73
4.3.3	<i>Le rapport carbone sur azote (C/N).....</i>	79
4.3.4	<i>Le $\delta^{15}N$</i>	81
4.3.5	<i>Le pH.....</i>	83
4.3.6	<i>Le calcium (Ca^{2+}), le potassium (K^+) et le magnésium (Mg^{2+}) échangeable.....</i>	85
4.3.7	<i>L'aluminium échangeable (Al^{3+}) par rapport aux cations "basiques", le rapport S/T.....</i>	88
4.3.8	<i>Le phosphore assimilable.....</i>	90
4.4	CONCLUSIONS.....	94
5	IMPACT DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES SUR LA VEGETATION ET LA CROISSANCE DES FORETS ACTUELLES.....	96
5.1	INTRODUCTION - POURQUOI S'INTERESSER A LA VEGETATION ?.....	96
5.2	LES METHODES D'ANALYSE DE LA VEGETATION	97

5.2.1	<i>Les relevés floristiques.....</i>	97
5.2.2	<i>Les paramètres étudiés et les méthodes de calcul.....</i>	97
5.3	RESULTATS - LES CONSEQUENCES DES ANCIENNES UTILISATIONS SUR LA VEGETATION FORESTIERE	102
5.3.1	<i>La structure de la végétation.....</i>	102
5.3.2	<i>La diversité : nombre d'espèces, indices de diversité et de régularité.....</i>	105
5.3.3	<i>Les espèces caractéristiques des anciennes utilisations agricoles.....</i>	109
5.3.4	<i>Les coefficients d'Ellenberg.....</i>	123
5.3.5	<i>La sylviculture.....</i>	128
5.4	CONCLUSIONS.....	131
6	DISCUSSION - CONCLUSIONS :.....	134
6.1	CRITIQUES DES METHODES APPLIQUEES.....	134
6.1.1	<i>Les bases historiques.....</i>	134
6.1.2	<i>Les méthodes d'analyses au laboratoire.....</i>	135
6.1.3	<i>Les problèmes d'échantillonnage.....</i>	135
6.2	CONCLUSIONS CONCERNANT LES RESULTATS OBTENUS.....	136
6.2.1	<i>L'impact du type de l'ancienne utilisation agricole.....</i>	136
6.2.2	<i>L'impact de l'intensité des pratiques anciennes.....</i>	137
6.2.3	<i>L'impact de la richesse du milieu physique.....</i>	138
6.3	APPLICATIONS ET PERSPECTIVES.....	139
6.3.1	<i>Comment reconnaître une plantation - La grille de lecture de la forêt actuelle.....</i>	139
6.3.1.1	Les plantations et leur image dans le paysage.....	139
6.3.1.2	La grille de lecture du paysage forestier.....	140
6.3.2	<i>La forêt : élément de réponse à certains problèmes.....</i>	142
7	BIBLIOGRAPHIE.....	144
8	ANNEXES.....	153
8.1	RESUME DE LA THESE.....	154
	<i>Le contexte de l'étude.....</i>	154
	<i>Les anciennes utilisations agricoles et les reboisements.....</i>	154
	<i>Les sites choisis.....</i>	155
	<i>Les anciennes utilisations agricoles et les conséquences sur les sols.....</i>	155
	<i>Les anciennes utilisations agricoles et les conséquences sur la végétation.....</i>	157
	<i>Les impacts des anciennes pratiques agricoles sur le milieu forestier.....</i>	159
	LES TESTS STATISTIQUES.....	160
8.2	FICHES DE TERRAIN.....	163
	<i>Géomorphologique.....</i>	164
	<i>Pédologique.....</i>	165
	<i>Végétation.....</i>	166
	<i>Croissance.....</i>	167
9	ATLAS DES SITES.....	168
9.1	LES SITES DU PLATEAU DU HAUT-DU-TOT.....	170
9.1.1	<i>La Feigne des Brûleux.....</i>	170
9.1.1.1	Le milieu physique.....	170
9.1.1.2	L'impact anthropique.....	170
9.1.2	<i>La Feigne des Gandes.....</i>	172
9.1.2.1	Le milieu physique.....	172
9.1.2.2	L'impact anthropique.....	172
9.1.3	<i>Le site des Celles.....</i>	174
9.1.3.1	Le milieu physique.....	174
9.1.3.2	L'impact anthropique.....	174
9.1.4	<i>Les sites de la Grange des Celles et du Bas de Cellet.....</i>	177
9.1.4.1	Le milieu physique.....	177
9.1.4.2	L'impact anthropique.....	177
9.1.5	<i>Le site de la Pissoire.....</i>	178
9.1.5.1	Le milieu physique.....	178
9.1.5.2	L'impact anthropique.....	178
9.1.6	<i>Le site du Senêt.....</i>	180
9.1.6.1	Le milieu physique.....	180
9.1.6.2	L'impact anthropique.....	180
9.2	LES VERSANTS "VERS" DE VAGNEY, DU SYNDICAT ET DE ROCHESSON.....	183
9.2.1	<i>Les sites du Solem, des Pennecières et du Demixiard.....</i>	183

9.2.1.1	Le milieu physique	183
9.2.1.2	L'impact anthropique	183
9.2.2	<i>Le site de la Haniroche</i>	187
9.2.2.1	Le milieu physique	187
9.2.2.2	L'impact anthropique	187
9.2.3	<i>Le site du Jossonfaing</i>	188
9.2.3.1	Le milieu physique	188
9.2.3.2	L'impact anthropique	188
9.2.4	<i>Le site du Piéta</i>	190
9.2.4.1	Le milieu physique	190
9.2.4.2	L'impact anthropique	190
9.3	LES FERMES DE LA CRETE DES VOSGES	190
9.3.1	<i>La Capitaine et le Pré-de-raves</i>	190
9.3.1.1	Le milieu physique	190
9.3.1.2	L'impact anthropique	191
9.4	LES FERMES ANABAPTISTES DES FONDS DU VALLON	193
9.4.1	<i>Le Muesbach et la Cude</i>	193
9.4.1.1	Le milieu physique	193
9.4.1.2	L'impact anthropique	193
9.5	LES VERSANTS "DROIT" DE VAGNEY (MALRACINE), DE SAPOIS ET DE GERBEPAL (HAUT-DE-LA-SAPPE) 195	
9.5.1	<i>Le Droit de Sapois</i>	195
9.5.1.1	Le milieu physique	195
9.5.1.2	L'impact anthropique	195
9.5.2	<i>Le site de la Malracine</i>	196
9.5.2.1	Le milieu physique	196
9.5.2.2	L'impact anthropique	196
9.5.3	<i>Le Haut-de-la-Sappe</i>	199
9.5.3.1	Le milieu physique	199
9.5.3.2	L'impact anthropique	199
9.6	L'EXCEPTION DU VERSANT "VERS" DE GEMAINGOUTTE	200
9.6.1	<i>le site du Beulay</i>	200

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1-1 DEUX PLANTATIONS D'EPICEAS DANS LES VOSGES	13
FIGURE 1-2 REPARTITION DES SITES DANS LE MASSIF VOSGIEN (FOND : EXTRAIT DE LA CARTE MICHELIN N° 278 PAYS RHENANN)	15
FIGURE 1-3 PROGRESSION DE LA SURFACE BOISEE EN FRANCE DEPUIS 1820	16
FIGURE 2-1 EXTRAIT DE LA CARTE IGN TOP 25, 36180T : FORET DOMANIALE DE HOUSSERAMONT SUR LA LIMITE COMMUNALE ENTRE LE THOLY ET VAGNEY	16
FIGURE 2-2 EXTRAIT DU CADASTRE DE 1812 (1:5000) DE LA CROIX AUX MINES	18
FIGURE 2-3 EXTRAIT DE L'ETAT DES SOLS DE LA CROIX-AUX-MINES, SECTION D, 1812	19
FIGURE 2-4 FERME TRADITIONNELLE A LA BRESSE	21
FIGURE 2-5 TYPE DE JARDIN ETUDIE - REPLAT ARTIFICIEL	21
FIGURE 2-6 BANQUETTE ANTHROPIQUE SANS MUR AU BAN-DE-LAVELINE SITUEE A QUELQUES CENTAINES DE METRES D'UN SITE ETUDIE APPELE LE "BEULAY"	23
FIGURE 2-7 SCHEMA DES "BANQUETTES ANTHROPIQUES" AVEC MUR	23
FIGURE 2-8 DISPOSITION HYDRAULIQUE TRADITIONNELLE D'UNE FERME A LA FRESSE-SUR-MOSELLE	24
FIGURE 2-9 LE VERSANT "DROIT" A SAPOIS D'APRES UN EXTRAIT DU PLAN CADASTRAL SECTION B, 2EME FEUILLE, LEVEE PAR THIRIET EN 1834	25
FIGURE 2-10 ANCIENNES UTILISATIONS DU SOL AU BEULAY A GEMAINGOUTTE ET ETAT ACTUEL	27
FIGURE 2-11 D'APRES UN EXTRAIT DU PLAN CADASTRAL DE VAGNEY SECTION B, FEUILLE 1, LEVEE EN 1835 : LA PETITE ET LA GRANDE FEIGNE DES BRULEUX DU HAUT-DU-TOT (LES PARCELLES 3 A 14 DE LA GRANDE FEIGNE ONT ETE ETUDIEES)	28
FIGURE 2-12 LES CHARBONNIERS	29
FIGURE 2-13 LE FLOTTAGE DU BOIS A RAON-L'ETAPE AU XVIIIEME SIECLE	30
FIGURE 2-14 FERME DANS UNE TETE DE VALLON SUR LA COMMUNE DU SYNDICAT AU-DESSUS DU HAMEAU "NOL"	32
FIGURE 2-15 LES TERROIRS LE LONG D'UN VERSANT AU XIXEME SIECLE (SOURCE KOERNER, 1993)	33
FIGURE 2-16 LE TRANSFERT DE FERTILITE LE LONG D'UN VERSANT AU XIXEME SIECLE	34
FIGURE 2-17 VUE SUR QUELQUES LIEUX-DITS DE LA COMMUNE DU BAN-DE-SAPT EN 1995 ET EN 1914	41
FIGURE 2-18 D'APRES UN EXTRAIT DU PLAN CADASTRAL DU SYNDICAT SECTION F, FEUILLE 1, LEVEE EN 1829 : LA PETITE LONGE ROYE ET LES PENNECIERES (LES PARCELLES 361 A 379 ONT ETE ETUDIEES)	42
FIGURE 2-19 LES CERNES D'UN ARBRE	43
FIGURE 3-1 EXEMPLE D'UN PROFIL PEDOLOGIQUE D'UN SOL BRUN ACIDE D'UNE FORET ANCIENNE AU SOLEM	46
FIGURE 3-2 EXEMPLE D'UN PROFIL PEDOLOGIQUE D'UN SOL BRUN OCREUX A LA PISSOIRE	46
FIGURE 3-3 EXEMPLE D'UN PROFIL PEDOLOGIQUE D'UN STAGNOGLEY A LA FEIGNE DES BRULEUX	47
FIGURE 3-4 EXEMPLE D'UN PROFIL PEDOLOGIQUE D'UN SOL A GLEY AU BAS DE CELLET	47
FIGURE 3-5 LES SITES SUR HAUT-DU-TOT	52
FIGURE 3-6 LA SITUATION DE L'ENSEMBLE DES NICHES SUR LE VERSANT EST DE LA VALLEE DE LA MOSELOTTE	54
FIGURE 3-7 D'APRES UN EXTRAIT DU PLAN GENERAL ET ARPENTAGE DE TOUS LES BOIS APPARTENANT AU BAN DE VAGNEY DRESSE EN 1764 (ADV 2-FI-2770)	55
FIGURE 3-8 PROFIL D'UNE ARENE EN PLACE (GODARD, 1977)	56
FIGURE 3-9 CONVOI A BLOCS PROCHE DE LA CAPITAINE	57
FIGURE 3-10 PENTE EN FONCTION DE LA DISTANCE A LA RUINE	64
FIGURE 4-1 SCHEMA DE LA CAPACITE D'ECHANGE EN CATIONS POUR UN PROFIL	70
FIGURE 4-2 SCHEMA DES HORIZONS PEDOLOGIQUES LE PLUS FREQUEMMENT OBSERVE DANS LES FORETS ANCIENNES, DANS LES ANCIENNES TERRES AGRICOLES ET DANS LES ANCIENS JARDINS	73
FIGURE 4-3 DISTRIBUTION DU TAUX MOYEN DE MATERIAUX GROSSIERS SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES A LA FEIGNE DES BRULEUX	74
FIGURE 4-4 DISTRIBUTION DE LA TAILLE MAXIMALE DES MATERIAUX GROSSIERS SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES A LA FEIGNE DES BRULEUX	74
FIGURE 4-5 DISTRIBUTION DU TAUX MOYEN DE MATERIAUX GROSSIERS SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES AU SOLEM	76

FIGURE 4-6 DISTRIBUTION DE LA TAILLE MAXIMALE DES MATERIAUX GROSSIERS SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES AU SOLEM	76
FIGURE 4-7 DISTRIBUTION DE LA PROPORTION DE SABLE DE LA TERRE FINE SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES A LA FEIGNE DES BRULEUX	77
FIGURE 4-8 DISTRIBUTION DE LA PROPORTION D'ARGILE DE LA TERRE FINE SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES A LA FEIGNE DES BRULEUX	77
FIGURE 4-9 DISTRIBUTION DE LA PROPORTION DE SABLE DE LA TERRE FINE SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES AU SOLEM	78
FIGURE 4-10 DISTRIBUTION DE LA PROPORTION D'ARGILE DE LA TERRE FINE SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES AU SOLEM	78
FIGURE 4-11 DISTRIBUTION DANS LES DEUX PREMIERS HORIZONS DU RAPPORT C/N EN FONCTION DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES POUR L'ENSEMBLE DES SITES (FIG. A) POUR LE GROUPE "PAUVRE" (FIG. B) ET POUR LE GROUPE "RICHE" (FIG. C)	80
FIGURE 4-12 RELATION ENTRE $\delta^{15}\text{N}$ DU <i>DRYOPTERIS</i> ET CELUI DU $\delta^{15}\text{N}$ DE LA TERRE FINE	82
FIGURE 4-13 RELATION ENTRE LA VALEUR RELATIVE DU $\delta^{15}\text{N}$ ET LA VALEUR RELATIVE DU NITRATE FORME	82
FIGURE 4-14 LA MOYENNE DES PH PAR ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES ET PAR HORIZONS DE PROFONDEUR	84
FIGURE 4-15 LE PH EN FONCTION DE LA DISTANCE A LA RUINE	84
FIGURE 4-16 DISTRIBUTION DE LA TENEUR MOYENNE EN CA^{2+} EXPRIME EN CMOL_c/KG	86
FIGURE 4-17 LA TENEUR EN CA^{2+} (CMOL_c/KG) EN FONCTION DE LA DISTANCE A LA RUINE	87
FIGURE 4-18 DISTRIBUTION DU RAPPORT S/T (EN %) SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	89
FIGURE 4-19 DISTRIBUTION DES TENEURS EN PHOSPHORE ASSIMILABLE SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	92
FIGURE 5-1 SCHEMA DE L'EVOLUTION DE LA HAUTEUR DOMINANTE EN FONCTION DE L'AGE (HAUTEUR = F(AGE))	100
FIGURE 5-2 SOUCHE FRAICHEMENT COUPEE AVEC POURRITURE AU SOLEM	101
FIGURE 5-3 NOMBRE TOTAL D'ESPECES EN FONCTION DE LA DISTANCE A LA RUINE POUR LES ANCIENS CHAMPS ET LES ANCIENS PRES DES SITES RICHES	107
FIGURE 5-4 RAPPORT C/N EN FONCTION DU COEFFICIENT D'ELLENBERG POUR L'AZOTE	124
FIGURE 5-5 PH EN FONCTION DU COEFFICIENT D'ELLENBERG POUR L'ACIDITE	125
FIGURE 5-6 COEFFICIENT D'ELLENBERG POUR L'ACIDITE EN FONCTION DE LA DISTANCE A LA RUINE DES ANCIENS CHAMPS ET PRES DES SITES DU GROUPE "RICHE"	127
FIGURE 5-7 COEFFICIENT D'ELLENBERG POUR LA NUTRITION AZOTE EN FONCTION DE LA DISTANCE A LA RUINE DES ANCIENS CHAMPS ET PRES DES SITES DU GROUPE "RICHE"	127
FIGURE 6-1 PROPOSITION DE FICHE DE TERRAIN POUR L'IDENTIFICATION DES ANCIENNES TERRES AGRICOLES BOISEES :	141
FIGURE 6-2 PROSPECTUS PUBLICITAIRE POUR LA LOCATION DES CHALET DE VACANCES DANS LE MASSIF VOSGIEN (IMPRIME PAR PRIM+ A VAGNEY)	143
FIGURE 1 LA FEIGNE DES BRULEUX, SCHEMA GEOMORPHOLOGIQUE ET PLAN CADASTRAL DE 1835	171
FIGURE 2 LA FEIGNE DES GANDES, SCHEMA GEOMORPHOLOGIQUE ET PLAN CADASTRAL DE 1835	173
FIGURE 3 LES CELLES D'APRES L'ANCIEN CADASTRE ET LES OBSERVATIONS DE TERRAIN	174
FIGURE 4 LES CELLES ET LA GRANGE DES CELLES, SCHEMA GEOMORPHOLOGIQUE ET PLAN CADASTRAL DE 1835	175
FIGURE 5 LA PISSOIRE D'APRES L'ANCIEN CADASTRE ET LES OBSERVATIONS DE TERRAIN	178
FIGURE 6 LA PISSOIRE D'APRES UN EXTRAIT DU CADASTRE DE 1835	180
FIGURE 7 LE SENET D'APRES UN EXTRAIT DU CADASTRE DE 1834	181
FIGURE 8 COUPE DU SITE DU SENET	182
FIGURE 9 SITUATION DES SITES DU DEMIXIARD, DES PENNECIERES, DU SOLEM ET DE LA HANIROCHE (FOND : IGN, TOP 3615)	184
FIGURE 10 LE SOLEM ET LA HANIROCHE, SCHEMA GEOMORPHOLOGIQUE ET PLAN CADASTRAL DE 1835	185
FIGURE 11 LE DEMIXIARD D'APRES L'ANCIEN CADASTRE ET LES OBSERVATIONS DE TERRAIN	186
FIGURE 12 SITUATION D'UNE RUINE AU DEMIXIARD	186
FIGURE 13 LE SITE DE LA HANIROCHE EN LIMITE DE LA PAROI DE LA NICHE	187
FIGURE 14 LES SITES DU JOSSONFAING ET DU PIETA (EXTRAIT DE LA CARTE IGN TOP 25 3618 OT)	189

FIGURE 15 LE SITE DE LA CAPITAINIE D'APRES LE CADASTRE DE 1814 (FOND : IGN TOP 25 3617 ET 3618)	192
FIGURE 16 L'ANCIENNE OCCUPATION DU SOL A LA CUDE EN 1894 D'APRES UN PLAN DE CERTIFICAT DE VENTE (ADV 193-O, FOND : IGN TOP25, 3617 OT)	194
FIGURE 17 LE MUESBACH D'APRES L'ANCIEN CADASTRE DE 1830 DE RIBEAUVILLE (FOND : IGN TOP25, 3617 OT)	194
FIGURE 18 LOCALISATION DE LA MALRACINE SUR LE FOND IGN, TOP 25, 3618 OT	197
FIGURE 19 LA MALRACINE, SCHEMA ET PLAN CADASTRAL DE 1835	197
FIGURE 20 LOCALISATION DU HAUT-DE-LA-SAPPE SUR LA CARTE IGN AU 1/50 000 (CLUB VOSGIEN, FEUILLE DE COLMAR DE 1985)	199
FIGURE 21 LE SITE DU HAUT-DE-LA-SAPPE D'APRES UN EXTRAIT DU CADASTRE DE GERBEPAL DE 1833	200
FIGURE 22 LE SITE DU BEULAY A GEMAINGOUTTE	201

Liste des tableaux

TABLEAU 2-1 LES INDICATIONS DU CADASTRE ET LES CATEGORIES DES UTILISATIONS EMPLOYEES DANS CETTE ETUDE	20
TABLEAU 2-2 REPARTITION DES UTILISATIONS AGRICOLES A GEMAINGOUTTE ET REcul DE LA SURFACE AGRICOLE UTILISEE	34
TABLEAU 2-3 PRELEVEMENT PAR LE BLE EN ELEMENTS FERTILISANT SELON HEUZE (1897), DESIROT (1909) ET SOLTNER (1971)	35
TABLEAU 2-4 ANALYSES DE FUMIER FRAIS DE VACHE (REGION PARISIENNE) :	36
TABLEAU 3-1 LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET ECOLOGIQUES DES SITES	49
TABLEAU 3-2 AGE D'ABANDON D'APRES LES CERNES (EN EXCLUANT LES ARBRES DES FORETS ANCIENNES)	49
TABLEAU 3-3 CARACTERISTIQUES DE L'IMPACT ANTHROPIQUE SUR LES SITES	50
TABLEAU 3-4 SURFACES DES ANCIENNES FERMES (EN HECTARES) D'APRES LE PREMIER CADASTRE	59
TABLEAU 3-5 TABLEAU DE CONVERSION POUR L'ENSOLEILLEMENT	61
TABLEAU 3-6 ANALYSE DE QUATRE PARAMETRES GEOGRAPHIQUES EN FONCTION DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	61
TABLEAU 3-7 ANALYSE PAR GROUPE DE FERTILITE DE QUATRE PARAMETRES GEOGRAPHIQUES EN FONCTION DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	62
TABLEAU 3-8 DISTANCE PAR GROUPE DE SITES DE LA PLACETTE A LA RUINE (VALEURS ABSOLUES ET VALEURS RELATIVES)	62
TABLEAU 3-9 DISTANCE PAR GROUPE DE SITES DE LA PLACETTE AU RUISSEAU OU A LA SOURCE (VALEURS ABSOLUES ET VALEURS RELATIVES)	63
TABLEAU 3-10 PENTE PAR GROUPE DE SITES (VALEURS ABSOLUES ET VALEURS RELATIVES)	63
TABLEAU 3-11 LE NOMBRE DE PLACETTES	63
TABLEAU 4-1 NOMBRE D'ECHANTILLONS ETUDIES POUR L'ANALYSE DU 15N PAR ANCIENNE UTILISATION AGRICOLE	69
TABLEAU 4-2 PROFONDEUR DE PRELEVEMENT DU SOL SUR LE TERRAIN	71
TABLEAU 4-3 NOMBRE DE PLACETTES ET TYPES D'ANALYSE EFFECTUEE	72
TABLEAU 4-4 LES MOYENNES DU RAPPORT C/N PAR GROUPE DE SITES ET PAR ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	80
TABLEAU 4-5 LES MOYENNES DU $\delta^{15}N$ PAR TYPES D'ANALYSE ET SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	81
TABLEAU 4-6 VALEURS MOYENNES DU PH PAR GROUPE DE SITES ET SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	83
TABLEAU 4-7 MOYENNES DES TENEURS EN Ca^{2+} (CMOL _c /KG) PAR GROUPE DE SITES ET SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES DANS LE PREMIER HORIZON	86
TABLEAU 4-8 COEFFICIENTS DE CORRELATION ENTRE LES TENEURS EN K^+ ET EN Mg^{2+} ET CELLE EN Ca^{2+}	88
TABLEAU 4-9 MOYENNES DES TENEURS EN K^+ (CMOL _c /KG) PAR GROUPE DE SITES ET SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	88
TABLEAU 4-10 LES MOYENNES DES TENEURS EN Mg^{2+} (CMOL _c /KG) PAR GROUPE DE SITES ET SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	88
TABLEAU 4-11 LE RAPPORT S/T (EN %) POUR LE PREMIER HORIZON SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES ET PAR GROUPE DE SITES	89
TABLEAU 4-12 LES TENEURS EN PHOSPHORE ASSIMILABLE DANS LE PREMIER HORIZON SELON LES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES ET PAR GROUPE DE SITES	91
TABLEAU 4-13 IMPACT DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES SUR LES DIFFERENTS PARAMETRES ETUDIES	95
TABLEAU 4-14 VARIATION OU NON DES PARAMETRES ETUDIES EN FONCTION DE DIFFERENTS CRITERES	96
TABLEAU 5-1 NOMBRE D'ARBRES MESURES/NOMBRE DE PLACETTES SUR LESQUELLES LES ARBRES ONT ETE ECHANTILLONNES (EN GRAS)	101
TABLEAU 5-2 RECOUVREMENT MOYEN DES DIFFERENTES STRATES DE VEGETATION EN FONCTION DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	103
TABLEAU 5-3 MOYENNE DU TAUX DE RECOUVREMENT DE LA STRATE ARBORESCENTE PAR GROUPE DE SITES / MOYENNE DU TAUX DE RECOUVREMENT DE LA STRATE HERBACEE PAR GROUPE DE SITES	104
TABLEAU 5-4 NOMBRE D'ESPECES SUR LA TOTALITE DES PLACETTES PAR ANCIENNES UTILISATIONS	105

TABLEAU 5-5 NOMBRE D'ESPECES MOYEN PAR GROUPE DE SITES	106
TABLEAU 5-6 INDICE DE DIVERSITE DE SHANNON PAR ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	108
TABLEAU 5-7 INDICE DE REGULARITE PAR ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	109
TABLEAU 5-8 NOMBRE DE PLACETTES PAR ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES ET ESPECES ARBORESCENTES DOMINANTES ET SECONDAIRES (MAIS COEFFICIENT ABONDANCE-DOMINANCE >A 3)	109
TABLEAU 5-9 ESPECES RECENSEES POUR L'ENSEMBLE DES PLACETTES PAR ANCIENNES UTILISATIONS	112
TABLEAU 5-10 ESPECES RECENSEES DANS LE GROUPE "PAUVRE" PAR ANCIENNES UTILISATIONS	115
TABLEAU 5-11 ESPECES RECENSEES DANS LE GROUPE "RICHE" PAR ANCIENNES UTILISATIONS	118
TABLEAU 5-12 ESPECES SUSCEPTIBLES D'ETRE DES "VESTIGES" D'UN ANCIEN GROUPEMENT VEGETAL	122
TABLEAU 5-13 COEFFICIENTS D'ELLENBERG PAR ANCIENNES UTILISATIONS (LES RELEVES AYANT MOINS DE 10 ESPECES ONT ETE ELIMINES, LA FIABILITE DES VALEURS OBTENUES ETANT TROP FAIBLE)	124
TABLEAU 5-14 CORRELATION ENTRE LES COEFFICIENTS D'ELLENBERG POUR L'ACIDITE ET L'ALIMENTATION AZOTEE ET QUELQUES PARAMETRES DU PREMIER HORIZON DU SOL	124
TABLEAU 5-15 VALEURS D'ELLENBERG PAR ANCIENNE UTILISATION ET PAR GROUPE DE FERTILITE (LES RELEVES AYANT MOINS DE 10 ESPECES ONT ETE ELIMINES, LA FIABILITE DES VALEURS OBTENUES ETANT TROP FAIBLE)	126
TABLEAU 5-16 COEFFICIENTS D'ELLENBERG (HUMIDITE/ACIDITE/AZOTE) PAR GROUPE DE SITES	126
TABLEAU 5-17 INDICE DE FERTILITE PAR ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	128
TABLEAU 5-18 CORRELATIONS ENTRE L'INDICE DE FERTILITE ET QUELQUES PARAMETRES DU SOL	129
TABLEAU 5-19 MOYENNE DES INDICES DE FERTILITE PAR GROUPE DES SITES	129
TABLEAU 5-20 DEGRE DE POURRITURE EN FONCTION DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES	130
TABLEAU 5-21 IMPACT DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES SUR LES DIFFERENTS PARAMETRES ETUDIES	133
TABLEAU 5-22 VARIATION OU NON DES PARAMETRES PHYTOECOLOGIQUES ETUDIES EN FONCTION DE LA DISTANCE A LA RUINE ET AU RUISSEAU	133
TABLEAU 1 LE PRE DE RAVES DECLARE EN 1812 ET EN 1882 (SOURCE : ADV, 3P1167, FOLIO 149)	192

1 Introduction - La Problématique de l'étude

L'origine du sujet de cette thèse est à relier au dépérissement des forêts du Massif Vosgien dans les années 1980, à un moment où les conifères, notamment les épicéas, ont commencé à jaunir et à perdre leurs aiguilles. La pollution atmosphérique connue sous le nom de "pluies acides" a été mise en cause pour expliquer ces phénomènes. Des recherches approfondies, particulièrement celles du programme "DEFORPA", menées principalement au Centre de Recherche Forestière de Nancy (DAMBRINE, RANGER, GRANIER, 1992) ont montré que l'effet de la pollution atmosphérique a été accentué par plusieurs années successives de sécheresses estivales et par les faibles ressources nutritives des sols. Cependant, un problème d'interprétation des résultats se posait concernant la distribution spatiale des arbres atteints. Une analyse spatiale de la direction des vents et de la distribution des dépôts atmosphériques a apporté des réponses satisfaisantes à l'échelle du Massif Vosgien (ASCHAN, 1991). Une autre étude a mis en rapport le substrat géologique et l'état sanitaire des arbres. Un vol spécial sous la direction de l'IGN a été entrepris pour prendre des photos aériennes. L'interprétation des ces photos et une analyse croisée avec les cartes géologiques du secteur ont abouti à la réalisation d'un document dont l'échelle est de 1/33 000. Les auteurs (BONNEAU et FICHTER, 1991) ont montré que l'étude du dépérissement doit intégrer le rôle des substrats géologiques. Les différents degrés de dégradation des arbres à l'échelle hectométrique étaient à relier à l'inégale fertilité des sols. Ainsi, en nous inscrivant dans cette problématique nous avons effectué une première étude dans quatre communes du Massif Vosgien (Bonhomme, Fréland, Aubure et Gemaingoutte ; KOERNER, 1993). Les objectifs étaient d'examiner à l'échelle hectométrique la variable "sol" en fonction de son ancienne utilisation agricole et d'analyser l'impact de cette utilisation sur l'état sanitaire des arbres. Le travail s'appuyait sur une recherche historique, des observations de terrain et des analyses de sol. Nous avons alors défini la "parcelle" comme unité spatiale à l'échelle hectométrique : il s'agit des parcelles des anciens cadastres établis pendant la première moitié du XIX^{ème} siècle (cadastres napoléoniens). Nous avons comparé les cartes de dépérissement avec des cartes de l'ancienne utilisation du sol établies grâce à ces cadastres. Il nous est alors apparu que les secteurs où les arbres sont les plus atteints sont ceux qui ont été utilisés anciennement comme pâturage de transhumance, nommé dans le langage local "Chaumes". Ces secteurs se trouvent en altitude sur des sols très minces et peu fertiles.

A partir de cette première réflexion, il a paru nécessaire d'approfondir l'analyse, de dépasser la seule question des pluies acides et de leurs effets sur l'état sanitaire des arbres pour intégrer l'effet de l'anthropisation ancienne sur le milieu forestier actuel.

Pour conduire ce travail, nous avons d'abord identifié un certain nombre de sites anciennement utilisés à des fins agricoles puis abandonnés et reboisés. Suite à ce long travail d'historien, nous avons analysé en détail des paramètres du sol et de la végétation sur un certain nombre de placettes, selon des protocoles qui seront expliqués plus loin.

Ce travail a bien montré la difficulté de distinguer entre les effets propres de l'action humaine et l'existence de différences préexistantes dans la qualité physique et écologique du milieu (KOERNER, 1994, KOERNER et al., 1997). Il est en effet logique de penser que l'agriculteur a choisi d'utiliser les sols en fonction de leurs différentes qualités agronomiques notamment. Dans un système non modifié par l'homme, les conditions naturelles de l'environnement sont très variables. En particulier, les pentes induisent des différences de fertilité des sols et d'alimentation en eau. Les phénomènes de colluvionnement peuvent entraîner un transfert de terre du haut vers le bas. VALADAS (1991) a ainsi montré que l'organisation spatiale de l'agriculture dans le Massif Central du XIX^{ème} siècle suivait une logique qui tenait compte

des potentialités du milieu physique. Dans le Massif Vosgien nous avons observé une organisation semblable : les anciennes pâtures et les forêts anciennes se trouvaient sur des sols moins fertiles que les anciens champs, prés et jardins.

Cependant, l'activité agricole modifie le milieu physique. On a remarqué que l'homme, lors de l'exploitation des anciennes terres agricoles, contribuait à aménager les pentes sous la forme de grande marche d'escalier (VALADAS, 1991, VALADAS et VEYRET, 1998). Ces formes existent également dans le Massif Vosgien.

Nos travaux rejoignent certains travaux antérieurs. KARLSON, ALBREKTSON et SONESSON (1997) soulignent que la productivité des essences forestières en Suède sur d'anciennes terres agricoles est plus élevée que celles des forêts anciennes. En revanche, des travaux allemands (ZEITVOGEL et FEGER, 1990, HÜTTL et SCHAF, 1995) montrent que certains sols de Forêt Noire, qui ont subi des activités agricoles, sont plus pauvres que les sols des forêts anciennes. Cependant, dans ce dernier exemple, le site étudié est loin du village, en altitude, sur des sols peu profonds et anciennement utilisés comme pâture tandis que le site suédois mieux exposé, présente des sols plus profonds, proche d'une ancienne ferme et correspond probablement à un ancien champ. L'intérêt d'une telle réflexion est considérable, en effet, envisager l'effet du type d'utilisation ancienne du milieu agricole sur la qualité actuelle des milieux forestiers ouvre de larges perspectives quant à l'étude des "aptitudes" des milieux.

L'objectif de cette thèse est donc de mieux connaître la fertilité et les potentialités de production de la forêt du Massif Vosgien et de les mettre en relation avec les impacts des anciennes utilisations agricoles. Cette étude doit permettre de montrer les traits caractéristiques des forêts plantées sur d'anciennes terres agricoles et de proposer une grille de lecture de la forêt qui permettra aux gestionnaires d'intégrer sur le terrain l'approche historique de la forêt. Cette grille de lecture doit se baser uniquement sur des observations de terrain.

Cette thèse ne tient pas compte des surfaces ayant subi un abandon suivi d'une recree naturelle, comme ce fut le cas dans la "Petite Montagne Jurassienne" (premier plateau du Massif Jurassien) ou sur les côtes de Meuse. Cette évolution a abouti à des forêts aux essences plus variées conservant les traces des anciennes installations, telles que des anciens murs et des ruines (communication personnelle avec D. SCIAMA, l'ENGREF-Nancy, RAMEAU, 1991).

Pour parvenir au but poursuivi, nous avons étudié la fertilité du sol, les aspects qualitatifs et quantitatifs de la flore et la croissance d'essences forestières notamment de l'épicéa (*Picea abies*) et du sapin (*Abies alba*). Ces aspects ont été choisis car ils indiquent le niveau de fertilité du milieu et sa biodiversité.

Notre étude se fonde sur l'approche géographique d'une problématique actuelle d'écologie forestière. Analyser les anciennes utilisations agricoles n'a pas toujours été aisé, les seules indications du cadastre en catégories d'usage (par exemple : champs, prés, jardins, pâtures et forêts) sont apparues souvent insuffisantes. Il est en effet impossible de savoir plus en détail comment les agriculteurs ont utilisé individuellement leur terrain (profondeur de semis, quantité d'engrais appliqué, ...). Les cinq catégories retenues ont été étudiées grâce à une étude bibliographique approfondie qui nous a permis d'utiliser la structure socio-économique de l'ancien système agraire des villageois ou du terroir. Cette étude nous a fourni des éléments de réponse quant aux conséquences des anciennes utilisations agricoles sur la forêt actuelle.

Le cadastre napoléonien reste le support historique principal que nous avons utilisé. LEPART, DERVIEUX et DEBUSSCHE (1996) ont employé dans le sud de la France d'anciennes cartes postales pour déterminer l'utilisation du sol et pour avoir des indications concernant l'état de la forêt. Ces auteurs constatent que les anciennes cartes postales sont avantageuses comparées aux cadastres napoléoniens et aux recensements agricoles, mais les sites de notre étude, trop excentrés par rapport aux sites touristiques ou aux villages, n'ont pas été photographiés.

L'analyse des conséquences des anciennes pratiques agricoles sur l'état actuel du milieu forestier demande une stratégie de choix des sites, passant par une étude comparative des parcelles forestières actuelles. Mais, cette comparaison est faussée par la dynamique de la régression de l'agriculture dans le territoire. En effet, les différentes vagues de boisement ont abouti au paysage forestier actuel où les plantations anciennes se trouvent sur les sols appauvris des anciens grands pâturages communaux (notamment des "chaumes") alors que les peuplements jeunes se situent sur des sols fertilisés d'anciennes parcelles agricoles privées. En conséquence, il est impossible de comparer les anciens boisements sur les chaumes et ceux effectués sur les terres anciennement enrichies. Ceci rend parfois délicat l'interprétation des résultats, les différences de fertilité du milieu pouvant être difficilement séparées des effets des anciennes pratiques agricoles. En conséquence, nous n'avons pas étudié de chronoséquences (même type de peuplements d'âges différents). KUBINIOK et MÜLLER (1993) ont comparé des chronoséquences de boisements (400 ans, 140 ans, 60-80 ans et 30 ans en Forêt Noire, R.F.A.) et n'ont pas effectué une recherche approfondie du milieu et de l'histoire des anciennes utilisations. Ils n'ont notamment pas tenu compte des changements de la qualité du terrain lors des boisements successifs alors qu'il est logique de penser que les sols les moins fertiles ont été boisés en premier et les sols les plus fertiles en dernier.

Notre étude écologique exige **des futaies régulières et "mûres" :**

- En effet, la plantation de résineux sur d'anciennes terres agricoles entraîne des changements importants dans l'évolution du sol. On passe d'un écosystème agricole à un écosystème forestier entraînant un changement des conditions édaphiques. Dans les jeunes plantations, le fort recouvrement du sol par les arbres empêche la lumière de pénétrer (Fig. 1-1) : la flore des strates inférieures est peu ou pas développée, ce qui limite l'établissement de comparaisons de relevés floristiques selon les utilisations anciennes. Dans un peuplement mûr, les coupes d'éclaircissement aboutissent à des peuplements plus clairs dans lesquels la flore peut se développer. De plus, dans une futaie régulière, la lumière est répartie de façon assez homogène sur la parcelle et de manière relativement similaire entre différentes placettes, ce qui rend plus facile les comparaisons entre parcelles.

- **Les peuplements étudiés sont de première génération.** En effet, les arbres d'une première génération vivent grâce au stock d'éléments nutritifs des sols issus des anciennes occupations agricoles. Lors de leur croissance, les arbres appauvrissent ce sol en intégrant des éléments nutritifs dans leur biomasse. Une partie de ces éléments retournent au sol par les chutes de litière, mais une autre est perdue pour l'écosystème après une coupe et l'exportation du bois. Par la suite, la deuxième génération ne dispose pas de la même quantité d'éléments nutritifs que la première (RANGER et al., 1992). Il est à noter, que dans le Massif Vosgien, beaucoup de boisements sur des terrains privés sont déjà de deuxième génération. Dans les années 1950, une épidémie de bostryche¹ très intense a entraîné un renouvellement des peuplements, notamment dans les secteurs de Remiremont et de St. Dié (communication personnelle avec un agent de l'ONF). En conséquence, de nombreux peuplements du Massif Vosgien ont dû être exclus de notre travail de recherche.

¹ Insecte coléoptère à élytres rouge, dont la larve vit dans le bois (Petit Larousse).

Figure 1-1 Deux plantations d'épicéas dans les Vosges

Fig. a) jeune peuplement (30 ans)
à la Sausse à Gemaingoutte (janvier, 1993)



ancien champ boisé
sans éclaircissement

sol de prairie de fauche

Fig. b) peuplement "mûr" (60 ans)
au Solem à Vagney (janvier, 1998)



ancien champ boisé
avec éclaircissement

banquette de culture d'ancien champ

L'objectif de l'échantillonnage est donc de retrouver d'anciens espaces agricoles hétérogènes dans des milieux physiques les plus homogènes possible portant un peuplement "mûr" de première génération. Cet échantillonnage doit tout de même se trouver sur des zones diverses en terme de milieu, à l'échelle du Massif Vosgien (géologie, géomorphologie, zones de végétation, systèmes agraires) pour assurer une bonne représentativité des résultats.

Pour répondre à ces conditions, les placettes choisies se situent dans d'anciennes clairières ou à proximité d'anciennes lisières pour pouvoir comparer les forêts anciennes et les anciennes terres agricoles. Les sites sont caractérisés par divers modes d'occupation du sol anciens sur une zone restreinte (échelle hectométrique), couvertes aujourd'hui par des peuplements forestiers homogènes. Il s'agit en grande partie **des terrains d'anciennes fermes abandonnées**, entièrement boisées aujourd'hui. Par ailleurs, pour élargir la représentativité des résultats, nous avons échantillonné des essarts et des terrains communaux.

La contrainte majeure qui limite le nombre de sites susceptibles d'être étudiés relève des effets de la Première Guerre Mondiale. Dans certaines communes, les documents nécessaires à une étude comme celle que nous souhaitons effectuer ont été détruits. De plus, certains sols

forestiers ont été perturbés. Nos recherches (visites du terrain, enquête auprès des habitants et consultation intensive de photos aériennes de 1918) indiquent que les événements de la première guerre mondiale ont perturbé le Val de Sénones et le secteur proche de S^t Dié (Bande-Sapt, Lusse, Lubine, Châtas, Provenchères-sur-Faves) de telle sorte qu'une étude dans cette région est impossible. Les perturbations de la Première Guerre se prolongent le long de la crête jusqu'au Grand Ballon. Une partie des sites étudiés (KOERNER, 1993, 1994) se trouve cependant à proximité des secteurs perturbés (La Cude, Le Beulay et Le Pré de Raves) comme le montre la présence de casemates, de tranchées et de morceaux de ferraille dans le sol. Toutefois, les sols des parcelles étudiées n'ont pas été perturbés par les bombardements ou les travaux militaires. La plupart des placettes sont situées dans le secteur de Remiremont, moins touché par la première Guerre.

Les 21 sites choisis se trouvent dans une zone qui correspond approximativement à un transect est-ouest depuis le massif cristallin près de Remiremont jusqu'en Alsace (Fig. 1-2). Ce transect permet d'intégrer les nuances du climat et de la géologie des secteurs anciennement englacés et non-englacés. En conséquence, les matériaux superficiels observés sont divers : des moraines, des éboulis et des formations glissées sur le versant (par des processus de solifluxion). Les sites étudiés correspondent également à différentes topographies, notamment des niches, des fonds de vallon, des versants "Droit" (exposés au sud) et "Vers" (exposés au nord).

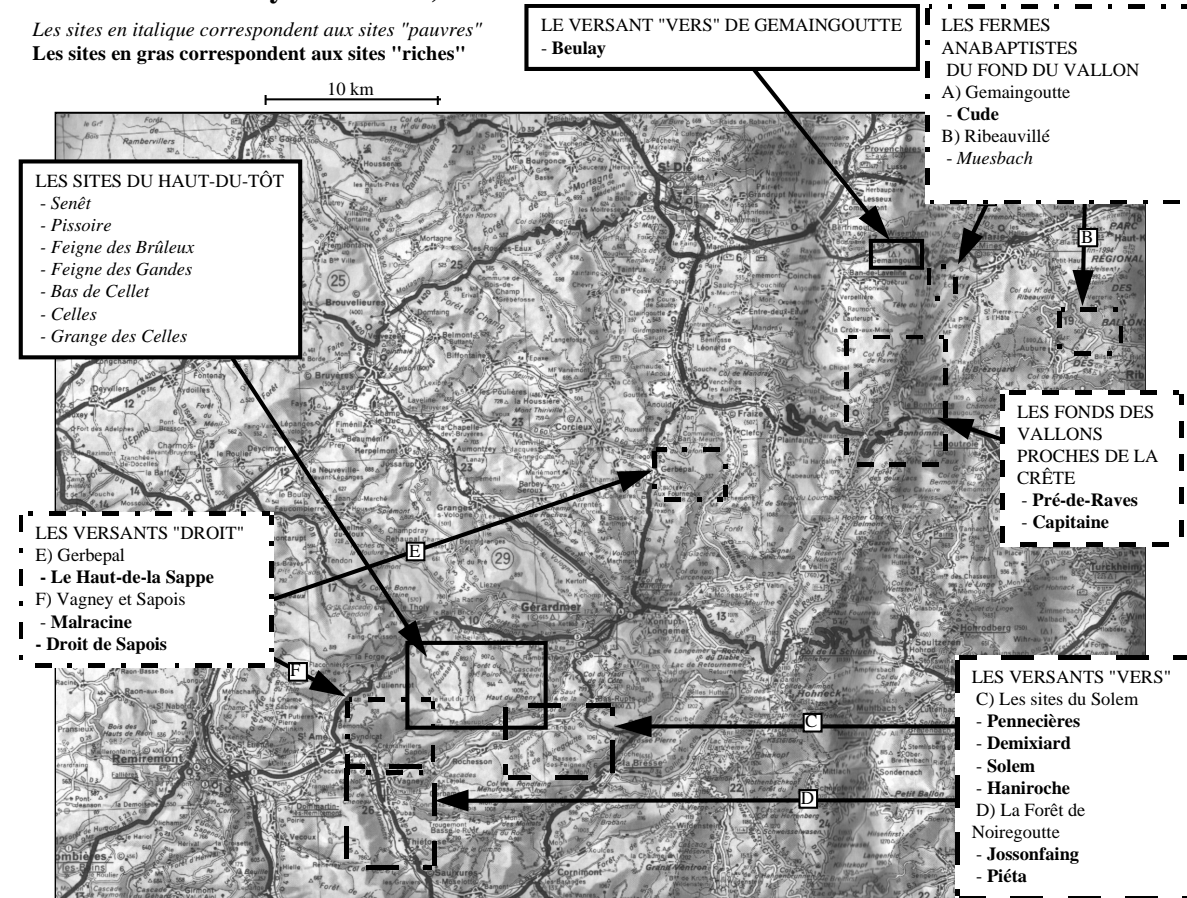
Les sites se distinguent par les divers aspects de leurs anciens aménagements, alors que leurs traitements sylvicoles sont partout identiques. Ils portent des peuplements de résineux (sapin, ou, plus fréquemment épicéa).

Dix-huit des sites correspondent aux terrains d'anciennes fermes. Seize de ces sites sont des enclaves en forêt ou sont situés en lisière. Les deux autres (Senêt et Malracine) se trouvent à proximité immédiate d'une zone essartée. Les anciennes exploitations représentent des "minisystèmes de cultures" clos dans lesquels les distances entre l'étable (fumier) et le champ sont quasi invariables. Or, la quantité d'engrais utilisé sur une parcelle dépendait de la distance de l'étable à la parcelle et du nombre de têtes de bétail existant sur la ferme (THIRIAT, 1866). Ce nombre peut être considéré comme relativement stable, en raison de la situation excentrée de la ferme, entourée généralement de parcelles forestières publiques interdisant l'expansion de l'exploitation.

Les trois derniers sites ne correspondent pas à d'anciennes exploitations. L'un des sites est placé sur un versant essarté (Le-Droit-de-Sapois), les deux autres se situent sur de grandes parcelles communales divisées entre plusieurs particuliers après la création du cadastre (Haut-de-la-Sappe et Beulay).

Les changements de propriétaire rendent difficile l'interprétation des résultats concernant la fertilité actuelle. Il arrivait fréquemment que, suite à un changement de l'exploitant, certaines parcelles soient moins entretenues ou délaissées. Par la suite, elles ont pu être reprises par d'autres agriculteurs qui les utilisaient différemment.

Figure 1-2 Répartition des sites dans le Massif Vosgien (Fond : Extrait de la carte Michelin n° 278 Pays Rhénann)



Notre travail a intégré les aspects de plusieurs disciplines : l'histoire, la pédologie et la phytoécologie. Pour les deux derniers aspects, nous avons préféré employer des méthodes courantes pour déterminer la fertilité du sol, la biodiversité et la croissance. Ces méthodes sont bien connues car utilisées depuis au moins vingt ans par les Instituts de recherches et les organismes de gestion forestière tel que l'ONF (Office Nationale des Forêts). Les analyses chimiques et physiques du sol ont été en grande partie effectuées dans des laboratoires d'analyses du CNRS et de l'INRA. Les teneurs en isotope 15 de l'azote (^{15}N) d'une espèce de fougère et dans des échantillons de sol ne donnent aucun renseignement direct sur la fertilité du sol, mais servent comme traceurs des anciennes utilisations agricoles. Les noms des végétaux cités se réfèrent à la flore de TUTIN et al. (1966-1980). Par ailleurs, nous avons traité les données grâce au logiciel statistique SAS.

Cette thèse est structurée de la façon suivante :

Dans une première partie, nous avons détaillé les différentes utilisations anciennes étudiées, leur distribution spatiale dans le système agricole, ainsi que les mécanismes d'abandon de ces terres agricoles. Dans la deuxième partie, les différents sites étudiés sont décrits et rassemblés par groupe, selon des critères physiques, écologiques et anthropiques du milieu pour faciliter les analyses. La troisième partie comprend une analyse détaillée des différents paramètres des sols étudiés en fonction des anciennes utilisations agricoles. La flore et la productivité forestière sont traitées dans une quatrième partie.

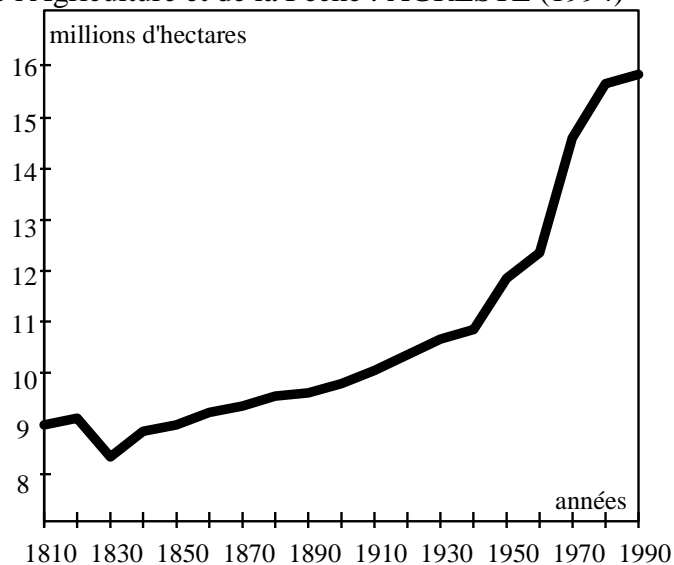
Les résultats de la thèse pourront donner des indications générales sur la fertilité des grandes surfaces boisées en France. Les boisements récents dans le Massif Vosgien ne sont en effet

pas des phénomènes isolés, mais s'inscrivent dans une évolution générale en France et en Europe, associée à la déprise agricole qui libère des terres. Rappelons qu'en France, depuis le XIX^{ème} siècle, la surface boisée est passé de 9 à 16 millions d'hectares (Fig. 1-3).

Les boisements en France ont été largement effectués dans les années passées en résineux, ce qui correspond aux cas que nous avons étudiés. Les essences favorites sont les différentes espèces de pin qui couvrent 3,12 millions d'hectares (dont 1,38 millions d'hectares en pin maritime et 1,17 en pin sylvestre). La plantation d'épicéa commun occupe "seulement" 734 000 hectares (AGRESTE, 1992), ce qui correspond à 4,6 % de la totalité de la surface boisée en France et 9,8 % des boisements artificiels.

Figure 1-3 Progression de la surface boisée en France depuis 1820

source : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche : AGRESTE (1994)

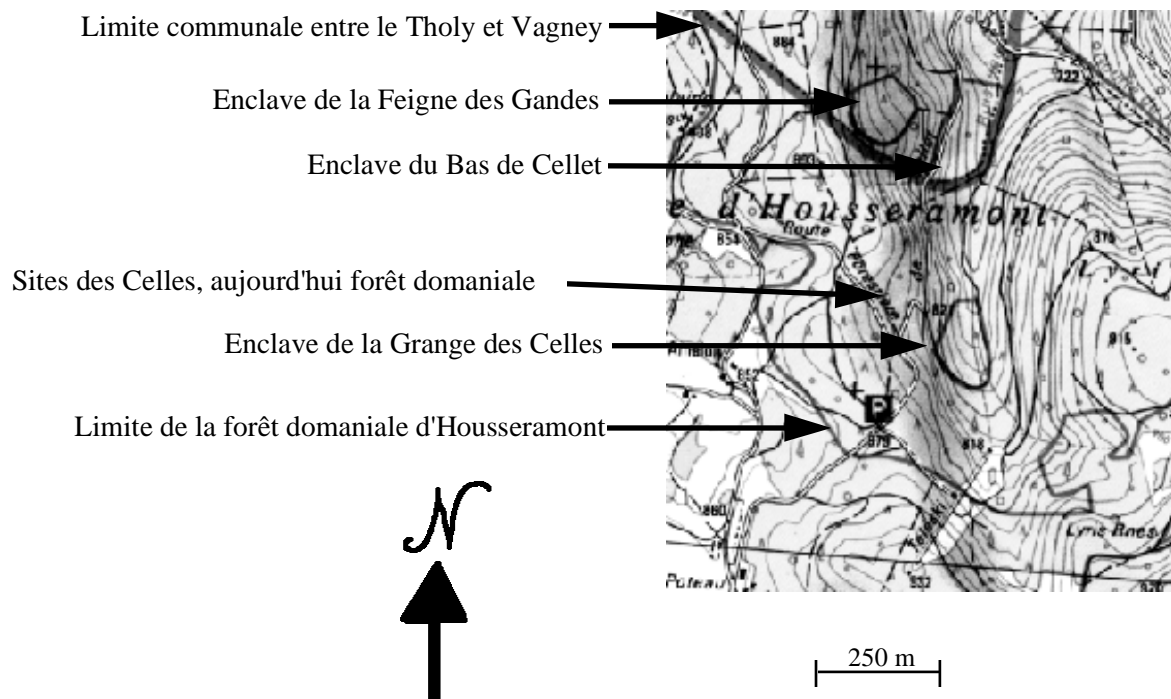


2 La recherche de sites et de leurs anciennes utilisations

2.1 L'IDENTIFICATION PREALABLE D'UN SITE

Une première approche pour trouver des sites répondant aux critères précédemment établis passe par une enquête auprès des forestiers de terrain (ONF, experts forestiers, CRPF, FOREST VOSGES), les plus à même d'indiquer les sites possédant des ruines d'habitation, signes d'ancienne présence humaine dans des parcelles actuellement forestières. Par ailleurs, la consultation de la carte IGN (série Top 25 au 1/25 000) s'est avérée très efficace pour l'identification des sites : les limites des forêts domaniales y sont indiquées, de même que des enclos de forêts privées, marquant l'emplacement d'anciennes clairières cultivées (Fig. 2-1). Nous avons également utilisé les photos aériennes de l'Inventaire Forestier National (IFN) qui montrent l'état actuel des peuplements.

Figure 2-1 Extrait de la carte IGN Top 25, 3618OT : forêt domaniale de Housseramont sur la limite communale entre le Tholy et Vagney



A partir de ces renseignements, nous avons consulté les anciens plans cadastraux des communes dans lesquelles se trouvent les sites susceptibles d'être choisis. Ces plans cadastraux ont été établis de manière systématique dans la première moitié du siècle dernier pour faciliter la gestion des impôts fonciers. Ils sont stockés dans les centres régionaux des impôts. La feuille d'assemblage de l'ancien plan cadastral (en général à l'échelle 1/10 000) représente la totalité de la surface de la commune avec les numéros des plans détaillés. Elle doit être mise en relation avec un extrait de carte topographique.

Les plans cadastraux n'indiquent pas l'occupation du sol. Seul un numéro de chaque parcelle sur le plan permet une première identification (Fig. 2-2). Ces numéros correspondent aux données de deux cahiers différents : "la matrice" cadastrale et "l'état des sols des propriétés bâties et non-bâties". Ces deux cahiers sont stockés aux archives départementales et/ou dans les communes. "La matrice" est un répertoire des propriétaires selon l'ordre alphabétique suivi d'une description des parcelles. "L'état des sols" est la description des parcelles selon l'ordre numérique, suivie des noms des propriétaires (Fig. 2-3). La description concerne l'utilisation, la surface, la classe imposable et la valeur imposable des parcelles. La classe d'imposition a été déterminée lors de l'établissement du premier cadastre par une commission composée du maire, du topographe en chef et de représentants de la préfecture. Plus la parcelle était productive, plus sa classe était élevée, et en conséquence sa valeur était grande. Les classes étaient variables d'une commune à l'autre.

Figure 2-2 Extrait du cadastre de 1812 (1:5000) de La Croix aux Mines

(le Pré de Raves, un des sites étudiés ; les numéros rapportent à l'Etat de section, voir Fig. 2-3)

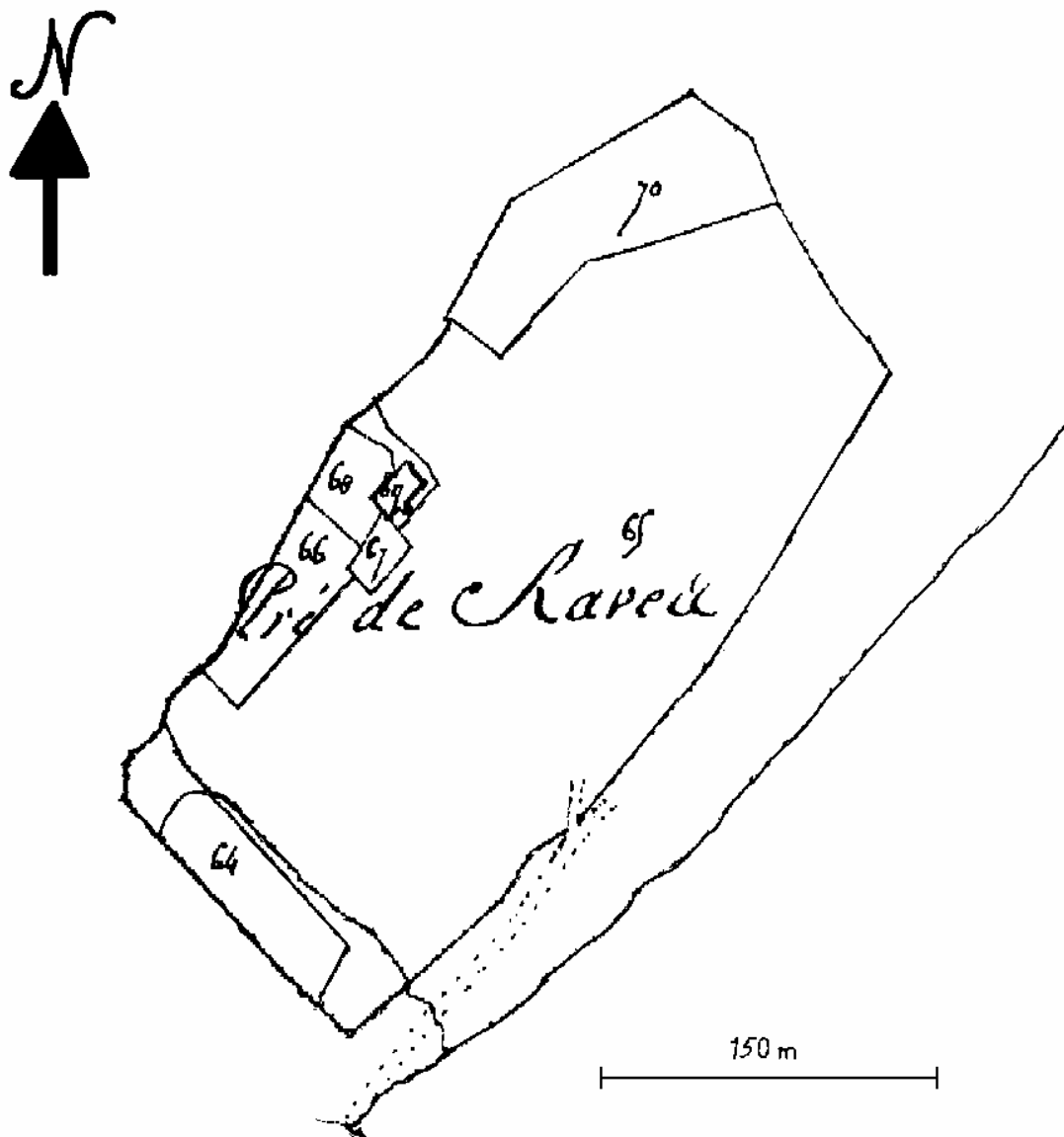


Figure 2-3 Extrait de l'état des sols de la Croix-aux-Mines, section D, 1812

(le cadre correspond au Pré de Raves, un des sites étudiés)

CANTONS, TRIAGES, ou Lieux-dits.	NUMÉROS		NOMS, PROFESSIONS, DEMEURES DES PROPRIÉTAIRES ET USUFRUITIERS.	NATURE des propriétés.	CONTENANCE par parcelle de propriété.		CONTENANCE par nature de culture.
	de table alphabé- tique.	de la section.			Imposable a. p. m.	Non imposable. a. p. m.	
Le pré de	288		Le Gouvernement	Pré		13.80	
Bois	293	80	Le sieur Leguier de France et de la Roche	Pré	8.80		8.80
	14	81	Antoine Joly, cult. au fiscal	Pré	1.20.90		
	293	86	Le sieur Lebrun, à Lincelles	Pré	2.10.70		
	177	87	Grandjean, part. cult. au fiscal	Pré	04.80		
					6.28.60		6.28.60
	294		Le Gouvernement	Pré		1.18.60	
	293	80	Le sieur Leguier de France et de la Roche	Pré	3.07.30		3.07.30
Le pré de	280	60	Le sieur Joly, cult. au fiscal	Pré	1.19.70		
ville	147	81	Le sieur Joly, cult. au fiscal	Pré	68.80		
					1.81.90		1.81.90
	284	68	Le Gouvernement	Pré		1.04.30	
	283	68	Le sieur Leguier de France et de la Roche	Pré	2.84.70		2.84.70
	284	68	Le Gouvernement	Pré		21.70	
	283	68	Le sieur Leguier de France et de la Roche	Pré	68.50		68.50
Le pré de	60	61	Le sieur Joly, cult. au fiscal	Pré	38.90		38.90
Raves	60	62	Le sieur Joly, cult. au fiscal	Pré	4.78.10		4.78.10
	60	63	Le sieur Joly, cult. au fiscal	Pré	23.00		23.00
	60	64	Le sieur Joly, cult. au fiscal	Pré	4.80		4.80
	60	65	Le sieur Joly, cult. au fiscal	Pré	9.90		9.90
	60	66	Le sieur Joly, cult. au fiscal	Pré	6.80		6.80
							18.29.70

Le cadastre est une bonne approche pour reconstituer le paysage ancien, mais il ne permet pas de reconstituer une évolution. En effet, les plans cadastraux donnent une image statique de l'utilisation des sols au moment où ils ont été établis. D'autres sources doivent être consultées pour combler cette lacune (archives départementales, mairies, littérature).

L'évolution du paysage et les dates des boisements peuvent être connues d'une manière approximative grâce aux "folios" stockés aux archives départementales et dans les mairies. Ces cahiers indiquent les propriétaires et l'état de la parcelle lors du changement de propriétaire. Il est à noter que le changement de nature de l'utilisation des parcelles a été indiqué uniquement lorsque le propriétaire a changé. Ainsi, les folios donnent seulement une date approximative de boisement.

2.2 L'utilisation du sol
Le cadastre indique des "natures de propriété" différentes. Sept d'entre elles ont été retenues, que nous avons regroupées en cinq types d'utilisation (Tabl. 2-1). La différence entre pâture et pâquis est administrative : une pâture fait partie d'un territoire d'une ferme et elle est privée alors qu'un pâquis est communal. De même pour bois et forêt : le "bois" appartient aux particuliers du milieu agricole et la "forêt" à l'Etat, aux communes, à des particuliers du milieu noble ou bourgeois. Les catégories suivantes n'ont pas été étudiées : chemin, canaux, chemin de fer, vigne, verger, chanvrière et friche.

Tableau 2-1 Les indications du cadastre et les catégories des utilisations employées dans cette étude

Indication du cadastre ("natures des propriétés")	Catégorie d'utilisation du sol
Jardin	Jardin
Terre (= champ)	Champ
Pré (=pré fauché et irrigué)	Pré
Pâtture (parcelle privée)	Pâtture
Pâquis (terrain communal)	Pâtture
Bois (= taillis ou forêt privée)	Forêt
Forêt	Forêt

Les utilisations des sols étudiés dans le Massif Vosgien sont exposées brièvement ici :

2.1.1 Les jardins

Les observations de terrain montrent qu'il existe deux types de jardin. Le premier type, qui n'a pas été étudié, est celui situé à proximité des habitations (Fig. 2-4). Dans les anciens cadastres napoléoniens, ces terrains faisaient partie du "sol de la maison". L'autre type de jardin (Fig. 2-5) était situé un peu plus loin des maisons (au cours de l'étude, une distance maximale de 90 m à vol d'oiseau a été observée) et occupait un espace un peu plus vaste que celui du "sol de la maison". Les sols de ce deuxième type étaient en général apportés et déposés sur une couche de blocs, mise en place auparavant, qui assurait un bon drainage du sol. La terre apportée était stabilisée vers l'aval par un mur ce qui aboutissait à une sorte de terrasse. Il est fréquent d'y trouver dans les fosses pédologiques des morceaux de poterie qui prouvent que des déchets ménagers y ont été apportés, cela augmentait leur fertilité.

Figure 2-4 Ferme traditionnelle à la Bresse

(Dessin : G. SAVOURET, 1987)

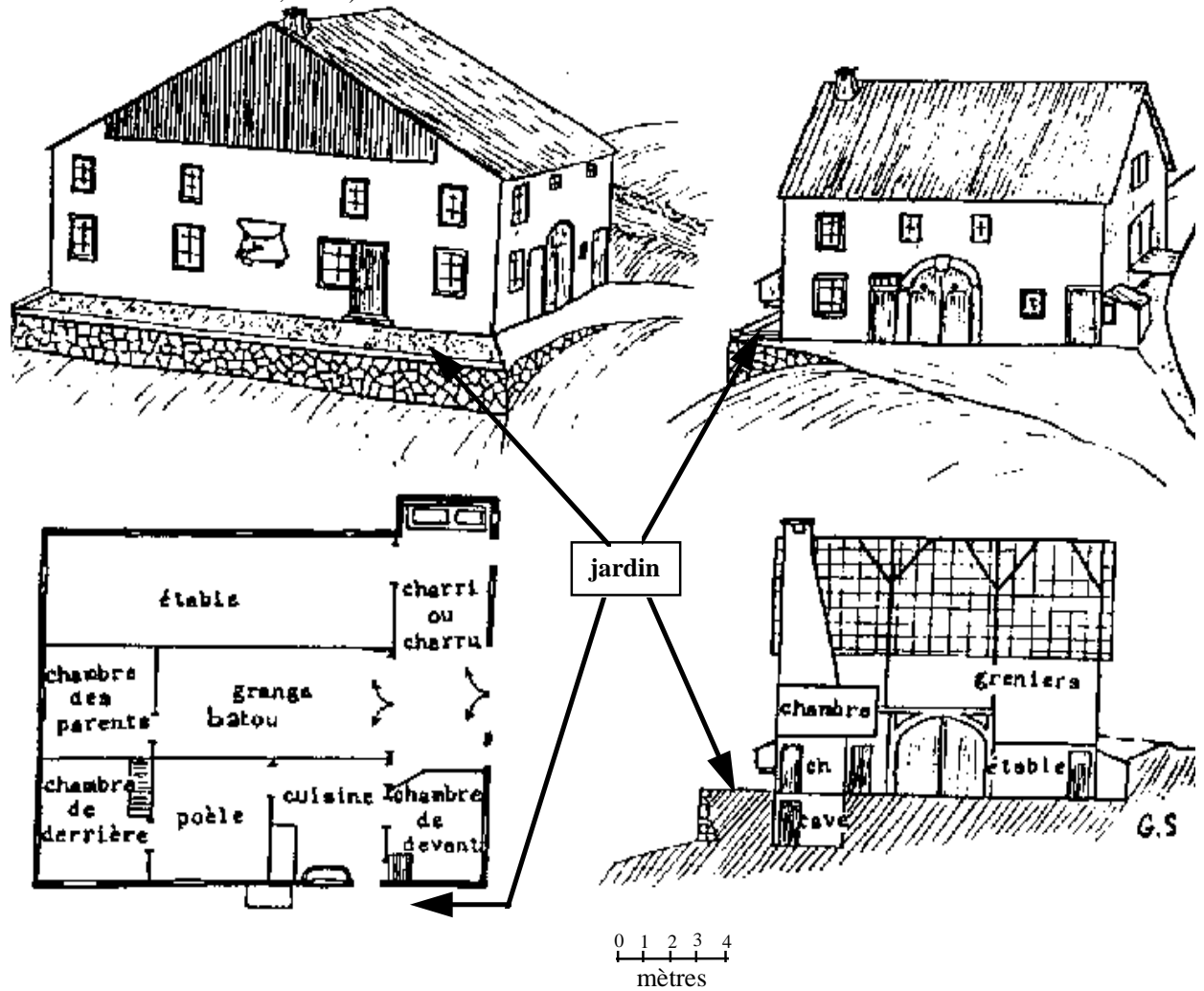
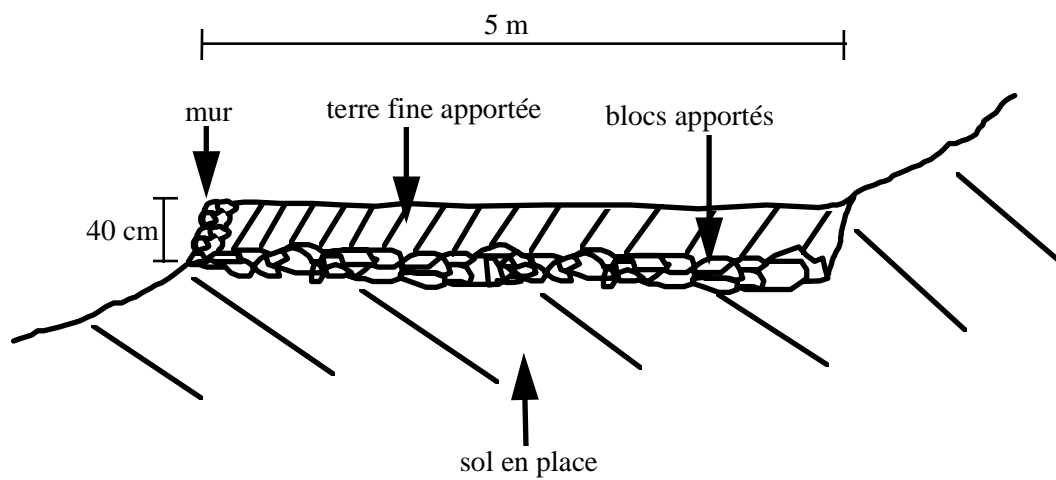


Figure 2-5 Type de jardin étudié - replat artificiel



2.1.2 Les champs

Les champs sont souvent facilement reconnaissables puisqu'ils correspondent aujourd'hui encore à des "banquettes anthropiques". Ce terme utilisé par VALADAS (1983, 1991) décrit les anciennes parcelles dans le Massif Central ayant "une allure en grand escalier" mais ces banquettes existent aussi dans le Massif Vosgien (Fig. 2-6). Les banquettes anthropiques du Massif Vosgien sont de longues bandes d'une largeur de 2 à 15 m suivant les courbes de niveau. D'après les enquêtes auprès des agriculteurs âgés, elles ont été construites en remontant à la hotte la terre du dernier sillon dans le haut du champ. Cette action, répétée au cours des années, réduisait la pente de la parcelle et entraînait un certain brassage du sol en surface. La Fig. 2-7 montre l'ancien niveau de la surface et les surfaces des banquettes actuelles. Dans le Massif Vosgien, la terre était généralement maintenue par des buissons, qui ont été souvent supprimés lors de la conversion de l'ancien champ en pré de fauche pour faciliter la coupe de l'herbe. La terre pouvait être également fixée par des murs en bas de la parcelle ; ceux-ci sont encore visibles (Fig. 2-6). Il était effectivement nécessaire de fixer la terre labourée contre l'action des fortes pluies. Dans le Massif Central, VALADAS (1983, 1991) a mis en évidence que la surface du sol est fortement brassée et émiettée par les pipkrakes pendant l'hiver. Elle est affectée, au printemps notamment, par le ruissellement qui transporte vers le bas les matériaux fins précédemment amenuisés par le phénomène pipkrake. En bas de la parcelle, le sol s'épaissit alors qu'il s'amincit en amont.

La fréquence d'apparition des banquettes n'est pas la même dans tout le secteur étudié. Aux alentours de St Dié, jusqu'à Fraize, celles-ci occupent pratiquement la totalité des versants jusqu'à une altitude de 700 à 800 m. Dans le secteur de Vagney et dans le Massif Vosgien Alsacien, elles n'apparaissent que sporadiquement. Il est probable que cette différence due au mode de production et notamment à l'importance des champs par rapport aux terrains d'élevage. En effet, dans les alentours de St. Dié le climat est plus favorable aux cultures que dans le secteur de Vagney.

Les types de cultures comprenaient des céréales (seigle, avoine), des racines et des tubercules consommés par l'homme et par le bétail. LAFITE (1904) note qu'un assolement biennal ou triennal, (avoine-blé-seigle), complété à partir du XVII^{ème} siècle par la culture de la pomme de terre, était fréquent dans les Vosges. Dès cette période, la jachère a régressé avec l'introduction de cette nouvelle plante, et a disparu totalement au XIX^{ème} siècle avec l'introduction de légumineuses comme le trèfle ou des crucifères (le colza). Le fertilisant principal apporté selon THIRIAT (1866) et LAFITE (1904) était le fumier. La litière était constituée de paille, de bruyères et de fougères prélevées dans les bois. Au voisinage des scieries, les sciures ont été également utilisées.

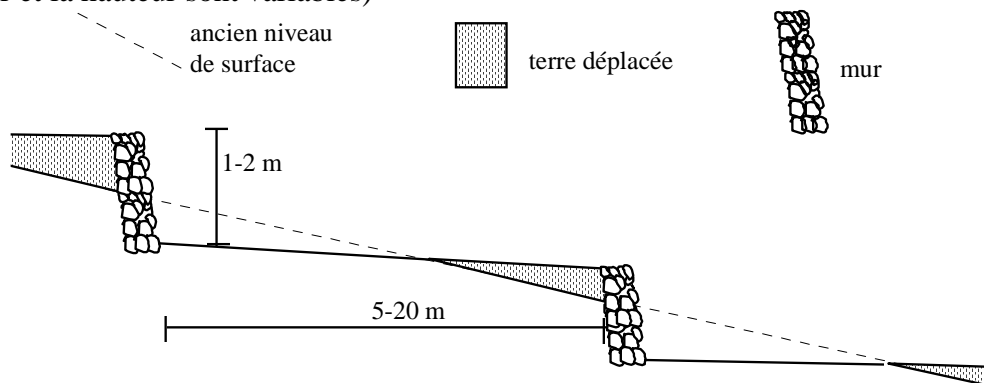
Figure 2-6 Banquette anthropique sans mur au Ban-de-Laveline située à quelques centaines de mètres d'un site étudié appelé le "Beulay"

(photo : C. HOLLARD, 1995)



Figure 2-7 Schéma des "banquettes anthropiques" avec mur

(la longueur et la hauteur sont variables)

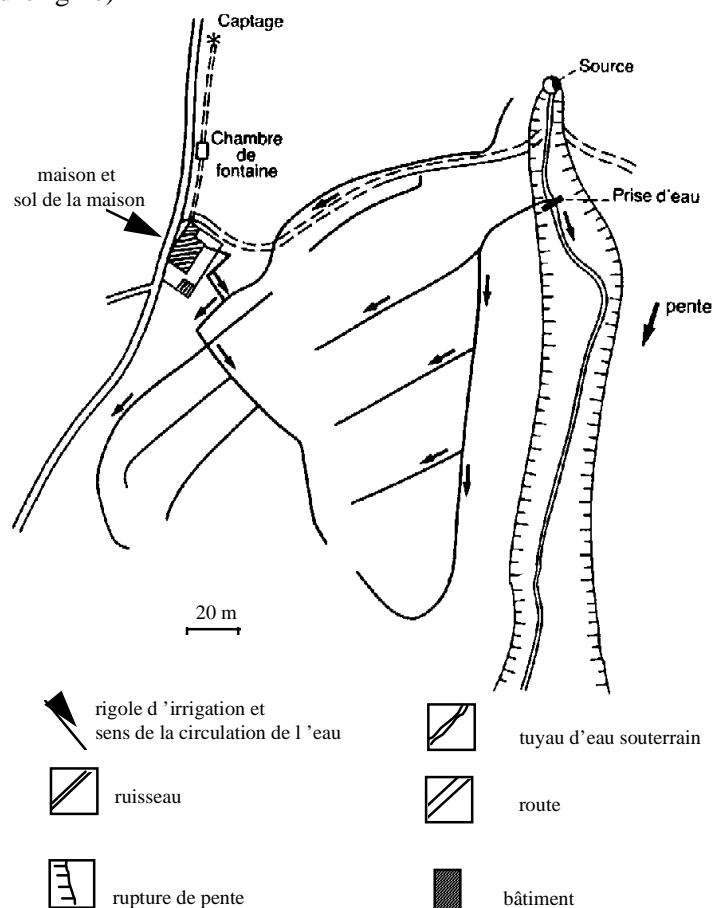


2.1.3 Les prés

Dans les Vosges, différents auteurs (THIRIAT, 1866, 1868, LAFITE, 1904, TEISSIER et al., 1986) soulignent que les prés ont été, selon les traditions anciennes, des prés de fauche. Ils étaient installés sur des terrains souvent trop humides pour la culture. Les prés de fauche des fonds de vallon, qui correspondent à la zone humide (voire inondable), se distinguent de ceux qui sont situés à l'aval des fermes sur les versants. Ces derniers sont fréquemment localisés sur des arènes fortement compactées ("crassin") et imperméables ou sur des zones de sources à l'origine de mouillères aménagées par l'homme. Les prés de fauche ont été drainés pour assainir et irriguer. L'irrigation avait pour objet de réchauffer la terre gelée au printemps avec de l'eau courante et permettait d'avancer le début de la saison végétative d'une quinzaine de jours. De plus, l'eau véhiculait des fertilisants (purin) issus des étables des fermes et apportait quelques minéraux notamment s'il s'agissait d'eau de source (BONNEMAIRE et al., 1977). Ce système a été maintenu dans quelques fermes jusqu'à maintenant, ce qui permet d'utiliser un cas actuel pour l'illustrer (Fig. 2-8). Dans la plupart des cas, l'eau d'une source captée en amont de la ferme, retenue dans une cavité souterraine appelée "chambre de fontaine" est conduite par des tuyaux en bois jusqu'à la ferme. L'eau s'écoulait en permanence dans un bassin en pierre situé dans l'avant-grange appelé "charri" (Fig. 2-4). Le trop plein s'écoulait en traversant l'étable, derrière les animaux pour s'enrichir de purin. Cette eau alimentait, tout au long de l'année, partiellement ou complètement, le réseau d'irrigation des prés en contrebas (CUSSENOT, 1967, BONNEMAIRE, 1986).

Figure 2-8 Disposition hydraulique traditionnelle d'une ferme à la Fresse-sur-Moselle

(source : d'après TEISSIER et al. 1986, l'orientation (le nord) n'était pas indiquée sur le document d'origine)

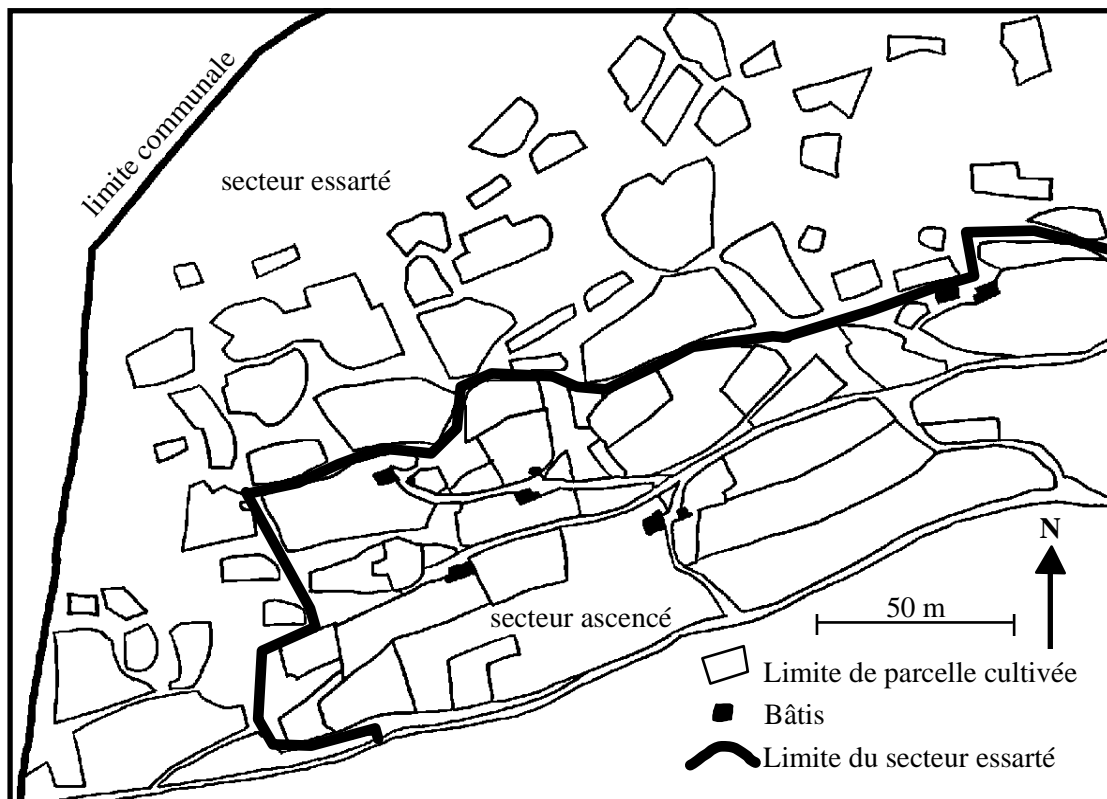


2.1.4 Les pâtures

La détermination précise de l'ancienne utilisation des pâtures pose quelques problèmes. Toutefois, on peut retenir quelques types de pâtures : les essarts (dans leur partie non cultivée), les pâturages communaux, les Hautes-Chaumes et les pâturages privés qui font partie du territoire d'une ferme.

- Les essarts sont des zones étendues de quelques centaines d'hectares, dans lesquelles les habitants profitaient de différents droits d'usage, notamment du pâturage et de l'affouage. Ces zones possédaient des enclaves cultivées de taille et de formes variées (Fig. 2-9) et elles étaient situées loin du village. Les enclaves cultivées, moins imposées que les fermes, portaient le surnom de "champs du pauvre". Elles étaient entourées de murs pour être protégées du bétail qui pâturait autour. Le droit d'utilisation d'un "champ du pauvre" revenait à la personne qui l'avait défriché. Ainsi, la zone essartée était répartie entre plusieurs exploitants qui habitaient rarement sur place. Comme pour les fermes, les droits d'usage étaient transmis par héritage (TEISSIER et al., 1986). Dans le Massif Vosgien, presque toutes les communes possédaient une ou plusieurs zones essartées. BOYER (1978) note que sous l'Ancien Régime les essarts ont été cultivés d'abord temporairement pour devenir des pâtures par la suite. Après la Révolution, ils ont été cultivés de façon continue. Suite à la déprise agricole, ils ont été utilisés quelquefois comme prés de fauche ou pâture et parfois fertilisés (BONNEMAIRE et al., 1977).

Figure 2-9 Le versant "Droit" à Sapois d'après un extrait du plan cadastral section B, 2ème feuille, levée par THIRIET en 1834



- Les parcelles communales mentionnées dans le cadastre comme "pâturage" ou "pâtis" ont été divisées au cours du XIX^{ème} siècle, vendues aux particuliers et en partie labourées. Les actes de location et les actes de vente sont dans la plupart des cas dépourvus de plan. Il est donc très difficile de reconstituer l'histoire des parcelles communales devenues privées. La division au cours du temps des parcelles 1571-1574 à Gerbepal, anciennement cadastrées comme pâturages, en témoigne (voir "Atlas des sites", Le Haut-de-la-Sappe). Sur ces parcelles, des maisons ont été construites, possédant jardins et champs. A Gemaingoutte, au Beulay, l'ancienne parcelle 741 (Fig. 2-10) a été divisée et vendue de la même manière (ADV, 193-O).

- En 1866 THIRIAT note qu'avant 1848 les vastes pâturages (Hautes-Chaumes) ont été "*couverts de troupeaux depuis le début du printemps jusqu'en octobre*". Les Hautes-Chaumes n'ont pas été étudiées à cause de l'éloignement par rapport au territoire des fermes étudiées.

- En consultant les cadastres, on observe deux types de pâturage privé. Les uns correspondent aux emplacements proches de l'habitat d'une ferme isolée (Fig. 2-11). Ils ont une allure de chemins. Toutefois, l'utilisation précise de ces parcelles reste assez obscure de sorte que nous ne les avons pas étudiées en détail. L'autre type de pâture privée correspond aux parcelles cadastrées comme pâture mais qui ont pu être transformées en pré de fauche par la suite. D'après THIRIAT (1866), à partir des années 1850, les pâtures sont devenues plus rares, peu étendues. Elles étaient alors situées à proximité des fermes. Le bétail les occupait seulement d'avril à septembre. Les agriculteurs préféraient garder le bétail, notamment les vaches laitières, dans les étables pour récupérer le fumier et le purin. Il était plus avantageux d'avoir des pratiques intensives avec fertilisation (prés de fauche ou champs) pour atteindre un maximum de productivité. THIRIAT note en 1868 : "*depuis une quinzaine d'années, l'immense majorité des cultivateurs de la région a raisonné les avantages de la stabulation permanente, car nulle part dans les Vosges on attache plus de prix au fumier. A mesure que les pâturages ont été abandonnés, ils se sont couverts de bruyères et de broussailles et sont devenus des bois tout-à-fait improductifs ... La stabulation permanente va être un fait accompli, car les habitants auxquels les communes ont loué des communaux vont essayer de les mettre en valeur et d'en obtenir des prés. La culture fourragère prendra forcément de l'extension au grand bénéfice de toute l'agriculture de la montagne. Avec plus de prés le cultivateur nourrira plus de bétail, aura plus d'engrais pour les terres, et il augmentera ses recettes d'amélioration fourragère.*" Il est donc possible que les parcelles cadastrées vers 1830 comme "pâturage, pâquis ou essart" aient été transformées au cours de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle en prés, fertilisés et irrigués. Les prés étant imposés plus fortement que les pâtures, cette transformation n'apparaît pas dans le cadastre puisque les agriculteurs voulaient éviter de payer un impôt plus lourd et que les contrôles n'existaient pas. En 1812, par exemple, dans la Commune de La-Croix-aux-Mines, 3,50 ha de pré en 2^{ème} classe apportaient à la commune 214,23 francs alors que 63 ha de pâture de deuxième classe apportaient seulement 31,50 francs.

Figure 2-10 Anciennes utilisations du sol au Beulay à Gemaingoutte et état actuel

Fig. a D'après un extrait du plan cadastral de Gemaingoutte, 2ème feuille, levée par M. RICHARD en 1825

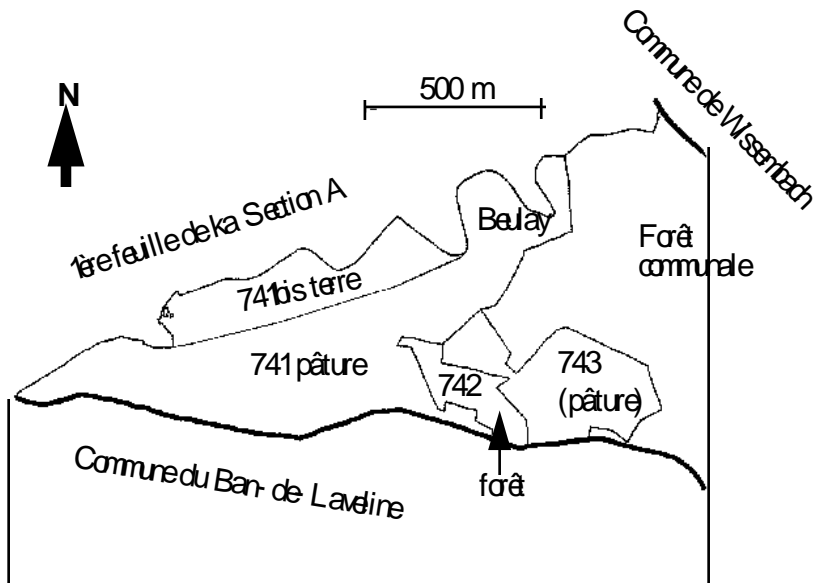
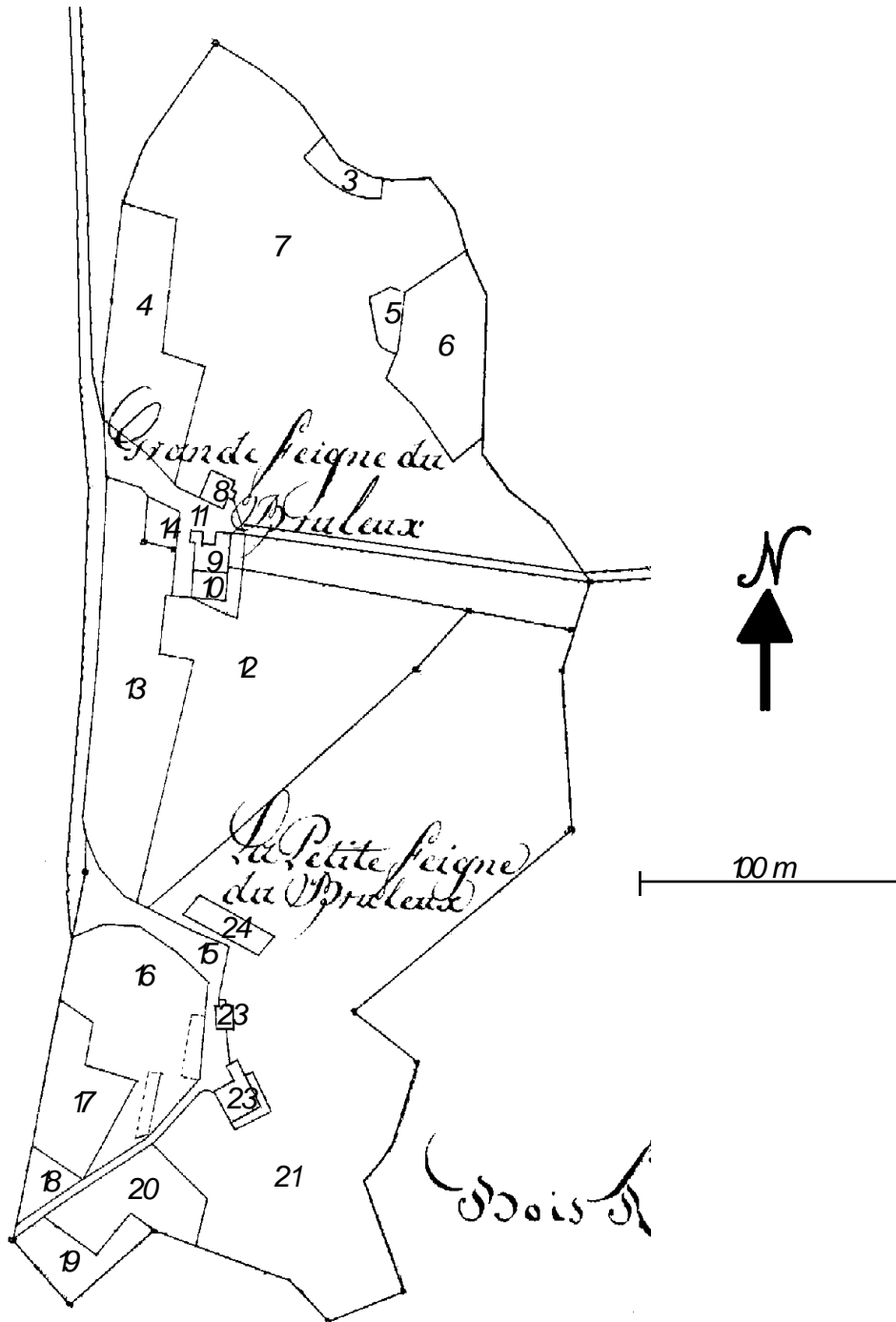


Fig. b Extrait de la carte IGN Top 25 3617ET, 1993 (les lignes marquent les limites de la figure ci-dessus)



Figure 2-11 D'après un extrait du plan cadastral de Vagney section B, feuille 1, levée en 1835 :
 La Petite et la Grande Feigne des Brûleux du Haut-du-Tôt (les parcelles 3 à 14 de la Grande
 Feigne ont été étudiées)



anciennes utilisations des parcelles d'après les "états du sol" de l'ancien cadastre :

- pâtures : parcelles 11 et 15
- bois : parcelles 6, 19
- prés : parcelles 7, 12, 16, 18, 21
- champs : parcelles 3, 4, 5, 13, 17, 20, 24
- jardin : parcelle 14
- bâti : parcelles 8, 9, 10, 23

2.1.5 La forêt

La forêt était toujours située sur les pentes des interfluvies et loin des villages. La forêt au lendemain de la Révolution n'était pas un continuum de grands arbres tel que l'on peut l'observer aujourd'hui. Au contraire, les nombreux "vides" servaient de parcours pour le bétail. On y pratiquait également l'extraction du bois comme ressource de combustible et la forêt était réduite en "rapaille" (taillis) sur de très grandes surfaces. Les bois privés, cadastrés comme "bois", avaient certainement une allure de taillis (JEHIN, 1990, HUSSON, 1991).

La forêt a également joué un rôle dans l'industrie. Depuis le Haut Moyen Age, elle était un atout économique considérable notamment pour les activités métallurgiques, la verrerie, le gemmage et les scieries. La forêt a été exploitée du XVIème au XVIIIème siècle, par exemple à Wisembach (dont Gemaingoutte était une annexe à cette époque) pour la fonderie de La-Croix-aux-Mines (LOUIS, 1889). On y produisait du charbon de bois qui servait de combustible pour cette industrie (Fig. 2-12).

La Révolution Française a créé un vide législatif qui a aggravé la détérioration de la forêt : presque toutes les propriétés seigneuriales sont devenues domaniales (LAFOUGE, 1991). Les habitants en ont profité pour exploiter des surfaces occupées jusqu'alors par la forêt (ROUGIER-LABERGERIE, 1801).

Au XIXème siècle, les "beaux bois" des Vosges (futaies destinées à la construction) étaient flottés sur la Meurthe et la Moselle pour les villes d'Epinal, de Nancy, de Metz et de Thionville. A Raon-l'Etape, en 1869, environ 500 ouvriers travaillaient quotidiennement aux diverses tâches du flottage (ADV 1000-S-23). Cette ville a connu une certaine richesse grâce au bois. La Fig. 2-13 montre le port de Raon-l'Etape avec l'arrivée des nouvelles planches et des entrepôts du bord de la Meurthe.

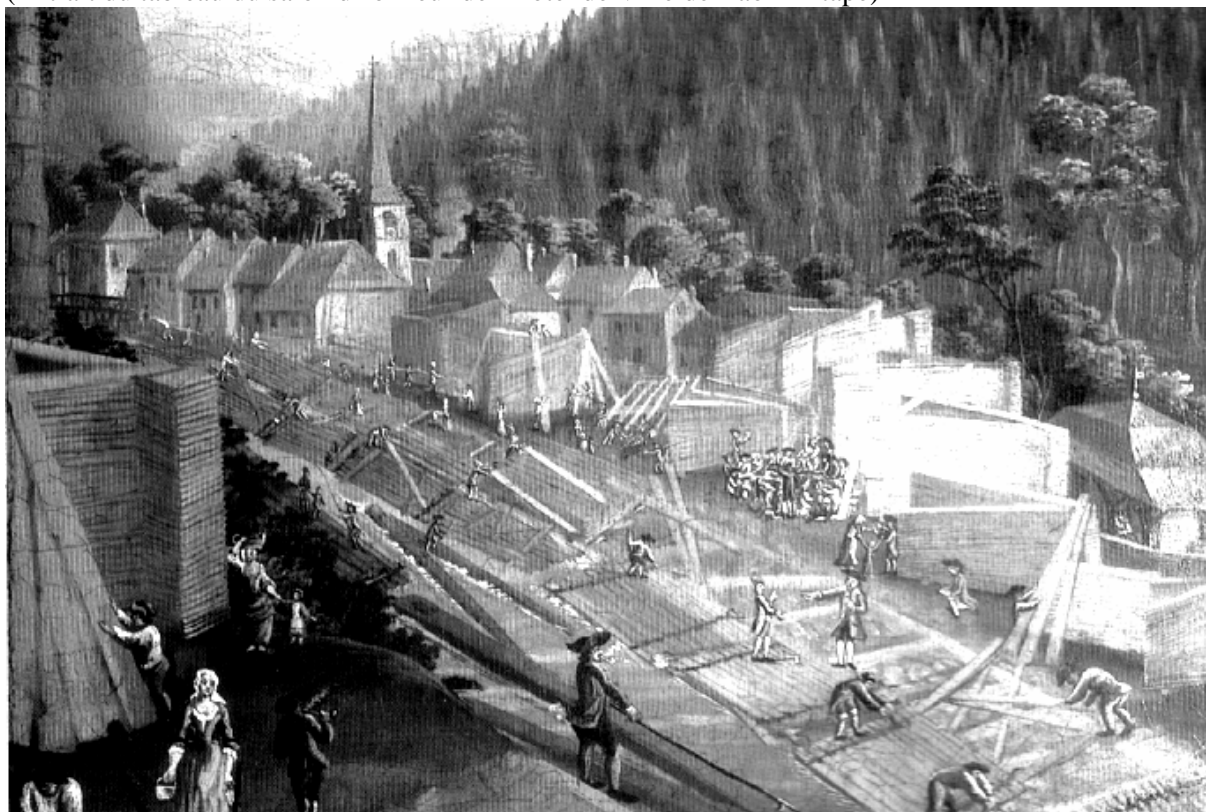
Figure 2-12 Les Charbonniers

(Extrait de l'ouvrage : GROSS H. - Les Mines de La-Croix-aux-Mines Nancy, 1909, déposé à la Bibliothèque municipale de St. Dié)



Figure 2-13 Le Flottage du bois à Raon-l'Étape au XVIIIème siècle

(Extrait du tableau du salon d'honneur de l'Hôtel de Ville de Raon-l'Étape)



2.2 LES METHODES POUR RETROUVER LES ANCIENNES PARCELLES AGRICOLES EN FORET

Pour retrouver une ancienne parcelle agricole de quelques ares, nous avons d'abord repéré sur le terrain les ruines, les anciens murs (limites des parcelles) et d'autres points de repère comme la limite communale ou les lieux-dits. Ces "points fixes" servent de lien entre le passé et l'état actuel du terrain. Chaque "point fixe" doit être vérifié : la localisation d'une maison peut avoir changé suite à une destruction et une reconstruction, les limites des communes ont pu varier comme c'est le cas au Tholy et à Vagney, etc.

A partir de ces "points fixes", la recherche des parcelles cadastrales s'effectue à l'aide d'une boussole, d'une règle (mesure de la distance sur le plan) et d'un topofil (mesure de la distance sur le terrain). Ces points ont été notés sur une carte topographique (au 1/25 000) et sur la feuille d'assemblage du cadastre pour faire le lien avec le plan cadastral.

Souvent, les limites des sites étudiés dans le premier cadastre correspondent sur le terrain aux anciens murs encore visibles actuellement et les cas sont rares (< 10 %) où ces limites ne correspondent pas aux murs (KOERNER et al. 1998).

2.3 L'ORGANISATION DU TERRITOIRE AGRICOLE AU DEBUT DU XIXEME SIECLE ET LE TRANSFERT DE FERTILITE

2.3.1 L'organisation du territoire agricole au début du XIXème siècle

L'analyse de l'ancien cadastre et l'observation du terrain permettent d'identifier les grands traits d'utilisation de l'espace du Massif Vosgien. L'opposition des versants "Droits" et "Vers" vis-à-vis de l'ensoleillement se répercute dans l'organisation du territoire agricole. Les versants exposés au soleil ("Droits") ont été des lieux privilégiés d'implantation des cultures. Au XIXème siècle, par suite des acensements et des essartages antérieurs, les versants "Droits" étaient en grande partie défrichés alors que la forêt dominait encore sur les versants "Vers" (BONNEMAIRE et al., 1977). La commune de Gemaingoutte faisait exception, la majeure partie de son finage étant exposée au nord-ouest, les habitants ont exploité le versant "Vers" comme un "Droit".

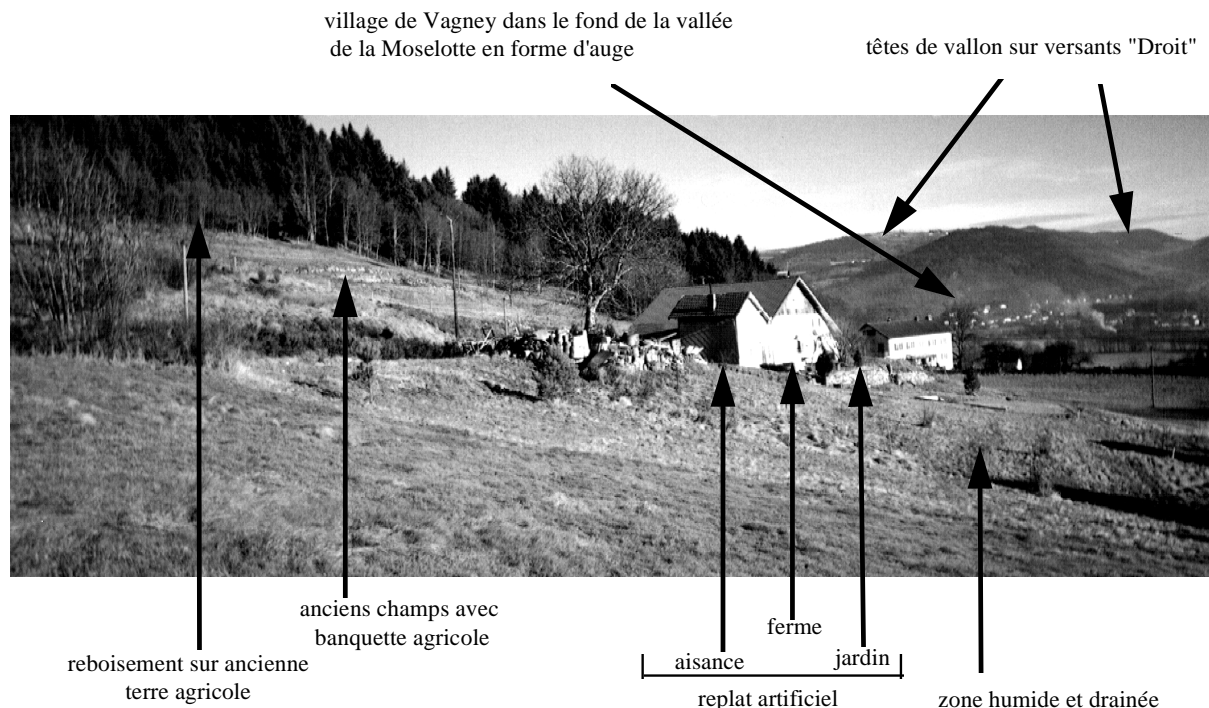
Les fermes isolées, construites sur les versants exposés au sud, étaient généralement situées sur des replats naturels ou artificiels, souvent au-dessous des terrains communaux et des essarts (Fig. 2-14). Ces versants ont été, en général, déboisés jusqu'à des altitudes plus élevées que les versants "Vers". Pour installer des fermes isolées sur les versants "Vers", on défrichait des fonds de vallon, des niches de nivation ou des cirques glaciaires² où les sols étaient profonds et l'eau abondante. Ces fermes étaient installées sur des petits replats parfois artificiels près d'un ruisseau ou d'une source. D'après nos observations sur le terrain, dans certains cas l'eau superficielle n'existait pas. Pour assurer l'alimentation en eau, les fermiers construisaient des captages de sources d'eaux souterraines ou installaient des canaux reliés au ruisseau le plus proche.

² Les anciennes terres agricoles installées dans les cirques glaciaires n'ont pas été étudiées. Toutefois on peut les observer au-dessus de Saulxures-sur-Mosellotte à 10 kilomètres de Vagney (source : SERET, 1967, ANDRE, 1991).

L'organisation des modes d'utilisation des territoires des fermes est caractéristique (Fig. 2-14). La surface labourée se trouvait toujours au-dessus de la ferme, les prés de fauche au-dessous. Les jardins étaient à proximité de la maison, et les pâtures éloignées. Les forêts étaient encore plus éloignées.

En général, la taille de l'habitat était très variable. La surface des exploitations était également très variable, notamment en fonction des partages survenus lors d'un héritage (HOLLARD, 1996).

Figure 2-14 Ferme dans une tête de vallon sur la commune du Syndicat au-dessus du hameau "Nol"



Les fermes correspondent en général à des **censes**. L'**acensement** était la façon la plus courante de coloniser les versants au XVIème siècle (GRANIER, 1998, HOLLARD, 1996). Il s'agissait de défrichements (= "cense") sur une surface de 1 à 10 ha, effectués pour l'installation d'une ferme, ou, moins fréquemment, d'un moulin ou d'une scierie. Le censitaire installé devait une redevance à l'autorité. Au XVIIème siècle, les acensements ont atteint une extension maximale avant de voir leur nombre diminuer avec la Guerre de Trente ans. Au XVIIIème siècle, les terres abandonnées ont été en grande partie recolonisées. Elles formaient des enclaves cultivées dans l'ancienne forêt à l'exception des sites de la Pissoire et du Senêt qui se trouvaient en lisière.

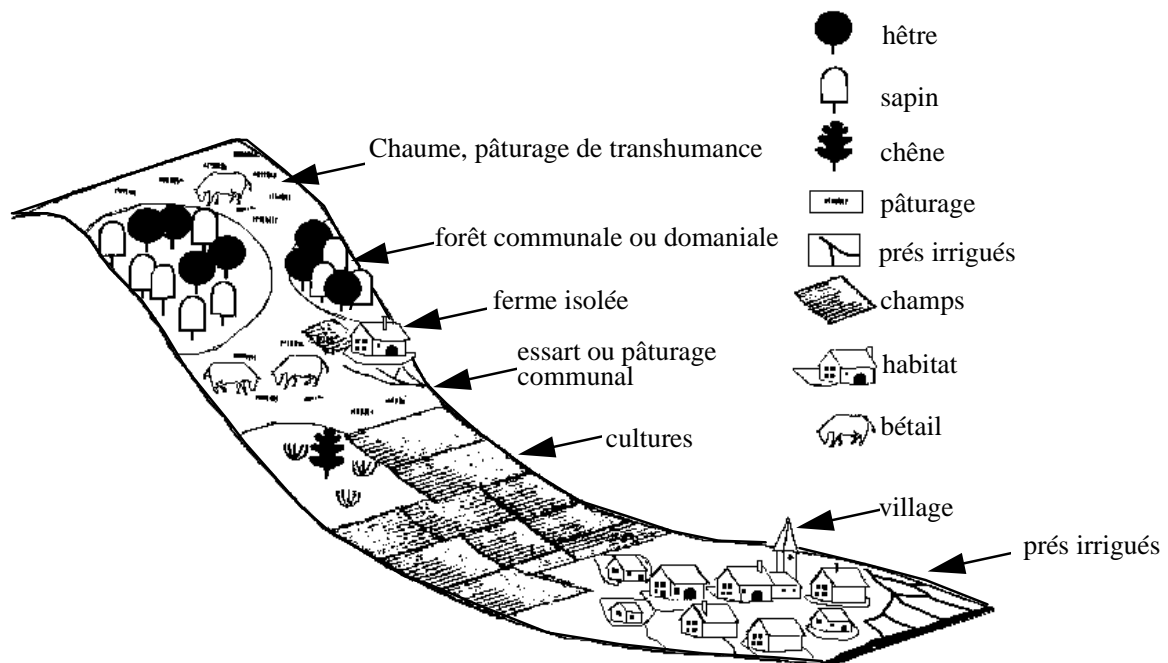
Au XIXème siècle, **les versants** proches des villages se partageaient en différents terroirs³ (BONNEMAIRE et al. 1977, TEISSIER et al., 1986, KOERNER 1993, KOERNER et TABEAU, 1993). L'organisation était comparable à celle décrite par VALADAS (1987) dans le Massif Central (Fig. 2-15). En bas de versant ou au fond des alvéoles, près des ruisseaux, se

³ Dans cette étude, le terme "terroir" est utilisé selon une des définitions proposées par LACHIVER (1996) : "Terrain considéré par rapport à l'agriculture, étendue d'un canton considérée par rapport aux productions de la terre, et qui se distingue au point de vue agronomique des territoires voisins : on parle ainsi d'un terroir de fond de vallée, de flanc de butte, de côte, de plateau, chaque fois qu'on rencontre un ensemble de parcelles homogènes permettant une culture dominante."

trouvaient les prés de fauche irrigués. Les habitats étaient situés sur des terrasses alluviales ou des replats. A proximité du village se situaient les terres labourées. Le secteur labouré était limité par des essarts et des terrains communaux pâturés. Ces derniers étaient établis sur des sols superficiels et, en conséquence, peu aptes à la culture. Au-dessus, loin des habitations, se trouvaient la forêt et les fermes isolées. Les sommets servaient de pâturages de transhumances appelés "Hautes-Chaumes" dans le Massif Vosgien.

Suite aux événements de la Révolution Française, les grandes parcelles communales des versants et les censes ont été, dès 1793, partagées et louées aux particuliers, puis, plus tard, en partie vendues. Elles ont subi des morcellements importants liés aux multiples partages entre les enfants lors des successions. A Gemaingoutte, en 1825, le territoire communal comportait 750 parcelles réparties entre 140 propriétaires et en 1902, on comptait 184 propriétaires pour 948 parcelles (SCHOENDORFF, 1902). Au lieu-dit "Le Beulay" par exemple, des parcelles tantôt cultivées tantôt pâturées sont désignées comme "incultes" au début du XIXème siècle. Elles sont passées sous régime forestier en 1861 (ADV 193-O).

Figure 2-15 Les terroirs le long d'un versant au XIXème siècle (source KOERNER, 1993)



2.3.2 Le transfert de fertilité

2.3.2.1 Définition

Les principales utilisations anciennes du sol ont été déjà envisagées précédemment. Ces utilisations font partie d'un système agraire. Ce terme exprime l'interaction entre le milieu physique et un système économique et socioculturel. Il caractérise l'espace, l'association des productions et des techniques mises en œuvre par une société en vue de satisfaire ses besoins. Il comprend également les flux formant le transfert de fertilité (BONNEVAL, 1993). Celui-ci est défini comme l'ensemble des flux d'éléments nutritifs liés à des utilisations agricoles et forestières, à travers des prélèvements de biomasse (moisson, fauche ou extraction du bois, pâture), et sa restitution par le fumier ou les purins (Fig. 2-16). Nous supposons que dans le Massif Vosgien ces flux ont été importants au cours du XIXème et au début du XXème siècle. En effet, THIRIAT (1866, 1868), SCHOENDORFF (1902), LAFITE (1904), TEISSIER et al. (1986) insistent sur l'amélioration et les changements des pratiques agricoles et sur l'augmentation de la production animale et végétale pour cette période.

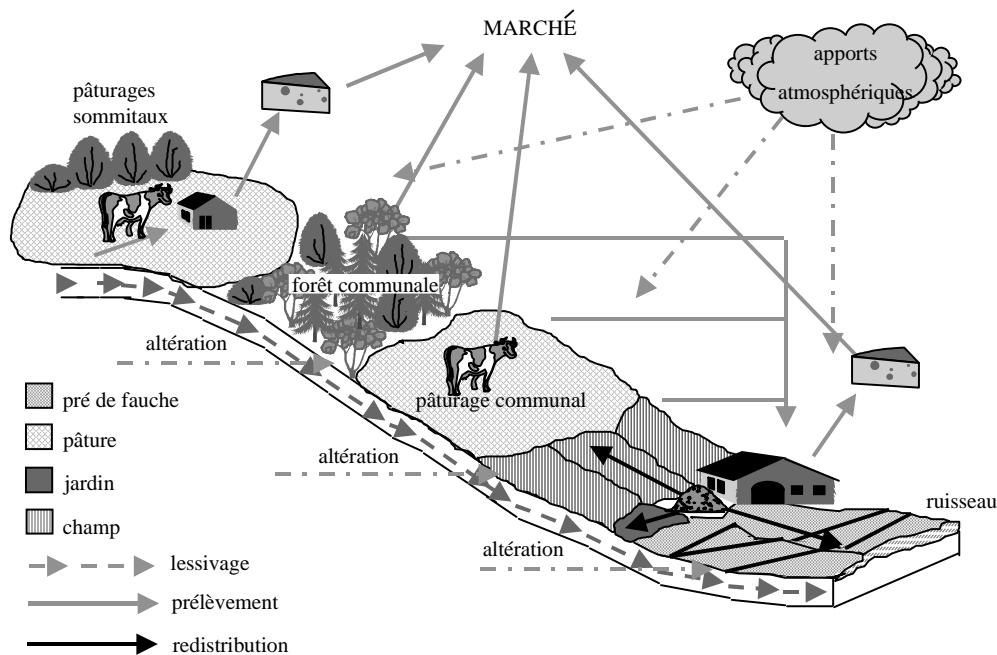
A partir du XXème siècle, on constate un changement de l'utilisation du sol. A Gemaingoutte par exemple, les prairies et les prés ont gagné en surface par rapport aux surfaces labourées (Tabl. 2-2). La surface agricole dans son ensemble a beaucoup diminué. Les grandes exploitations possèdent désormais une surface en herbe importante rapportée au nombre de bovins, qui a lui aussi diminué. Les champs ont quasi disparu et les prés sont sous-exploités, mal entretenus et envahis par le genêt. Souvent, ils ne sont plus fauchés, car ceci nécessite un matériel adapté et coûteux sur des pentes fortes et difficiles d'accès. A moyen terme, ils seront boisés (TEISSIER et al., 1986).

Tableau 2-2 Répartition des utilisations agricoles à Gemaingoutte et recul de la surface agricole utilisée

surface totale de Gemaingoutte 390 ha	1902 ⁴	1955 ⁵	1970 ⁶	1979 ⁷	1988 ⁸
terres labourables	113.27 ha	29 ha	5 ha	3 ha	2 ha
prairies naturelles et pâturages	85 ha	90 ha	78 ha	31 ha	23 ha

Lors des transferts de fertilité, la biomasse transformée (cendre, fumier, purin, compost) n'est pas toujours restituée à l'endroit du prélèvement ; elle est utilisée pour enrichir des champs, des jardins ou des prés de fauche. Au cours du temps, les zones les plus favorables à l'agriculture (sols profonds) ont donc été cultivées et enrichies. En revanche, les moins favorables ont été appauvries notamment par la pâture, à laquelle s'ajoute en forêt l'extraction du bois et de la litière. Globalement, le système agraire (forêt pâturée comprise) s'appauvrit à long terme puisque des éléments sortent du système par l'exportation des produits agricoles et par le lessivage du sol lié aux pluies (Fig. 2-16).

Figure 2-16 Le transfert de fertilité le long d'un versant au XIXème siècle



⁴ selon SCHOENDORFF (1902)

⁵ Recensement général agricole de 1955

⁶ SCEES - INSEE, recensement agricole 1988 : comparaison 1970 - 1979 - 1988

⁷ voir note précédente

⁸ voir note précédente

2.3.2.2 Les problèmes du calcul du bilan du transfert de fertilité

Les flux sont impossibles à estimer. En premier lieu, les flux ont varié : ils ont augmenté jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle et ont diminué au XX^{ème} siècle suite à la déprise agricole.

Par ailleurs, les flux ne peuvent pas être calculés à l'échelle d'une ferme. En effet, les recensements agricoles du XIX^{ème} siècle indiquent les récoltes de l'ensemble d'un village, alors que les disparités des quantités récoltées à l'intérieur d'un village sont grandes. Les agriculteurs qui produisaient en bas de versant profitaient de sols plus fertiles que ceux installés le long des versants.

Les pratiques des agriculteurs influençaient également la quantité de céréales récoltée. DESIROT (1909) note que si la semence est triée avant d'être semée, la récolte sera plus importante : dans le Bassin Parisien, la semence n'ayant pas été passée au trieur donnait une récolte de 2720 kg/ha par an. Si seuls les gros grains ont été semés, la récolte, était de 2960 kg/ha par an. Par contre, les petits grains ne fournissaient que 2450 kg/ha d'après l'auteur. Actuellement, il est impossible de savoir si les agriculteurs vosgiens ont trié leurs semences avant de les semer. D'autres pratiques importantes pour la récolte sont également inconnues : la profondeur de labour, le désherbage (sarclage), la date de semis et de récolte, l'utilisation ou non d'engrais organiques (matières fécales, sang, os broyés, ...) ou minéraux (chaux, potasse, cendre, ...).

Les concentrations des éléments chimiques contenus dans les récoltes, nécessaires pour calculer les bilans, dépendent également des pratiques agricoles. Il est clair que les concentrations de ces éléments dans les céréales actuelles ne sont pas comparables avec celles des céréales anciennes. SOLTNER (1971) note des variations importantes de la teneur des plantes en chaque élément, selon le sol, l'année, la fertilisation reçue, la variété, le stade de la récolte etc. Il montre donc qu'il est difficile de s'appuyer sur des chiffres moyens. De plus, les teneurs anciennes proposées par la littérature sont très variables en fonction des auteurs (Tableau 2-3). Enfin, la précision des anciennes méthodes d'analyse reste inconnue. Prenons par exemple les travaux de HEUZE (1897) et de DESIROT (1909) et, à titre comparatif, ceux de SOLTNER (1971) :

Tableau 2-3 Prélèvement par le blé en éléments fertilisant selon HEUZE (1897), DESIROT (1909) et SOLTNER (1971)

	HEUZE (1897) a calculé pour une récolte de 6855 kg (grains et paille)	DESIROT ⁹ (1909) propose pour une récolte de 3200 kg (grains et paille)	SOLTNER (1971) propose en kg par quintal (%) (grains et paille)
Azote	60.83 kg - 0.89%	92.6 kg - 2.89%	2.4%
Acide phosphorique	27.2 kg - 0.40%	37 kg - 1.16%	1.25%
Potasse	47.94 kg - 0.70%	116 kg - 3.36%	1.7%
Chaux	45.79 kg - 0.67%	25.2 kg - 0.79%	0.15%

Quelques données peuvent néanmoins être estimées de manière plus précise : il s'agit par exemple du nombre de vaches. D'après THIRIAT (1866, 1868) et LAFITE (1904) qui se réfèrent à leurs observations du fonctionnement des fermes, il fallait au minimum un hectare de pré pour nourrir une petite vache vosgienne.

Par contre, la composition chimique du fumier est très variable (Tableau 2-4). Elle dépend notamment de la qualité de la nourriture des vaches, de l'époque de l'année, de la race, de la quantité et de la qualité de litière.

⁹ Désirot (1909) se réfère aux travaux d'un certain JOULIE qui a calculé les valeurs indiquées.

Tableau 2-4 Analyses de fumier frais de vache (région parisienne) :

	RENARD (1891)	GRANDEAU (1893)	CHANCRIN (1923)	BEAUDOUIN, PAILLOU (1961)	ZIEGLER, HEDUIT (1991)
Azote	0.61%	0.5%	0.81 %	0.4 - 0.5%	0.55%
acide phosphorique	0.14%	2.6%	0.40 %	0.25 - 0.3%	0.35%
Potasse	0.91%	0.63%	1.45%	0.5 - 0.6%	0.8%

Cependant, même si les flux ne peuvent pas être estimés dans le cadre de notre étude, on peut retenir qu'au cours de l'histoire, le transfert de fertilité a renforcé les disparités physiques. Les endroits utilisés pour la culture et la prairie de fauche ont reçu des traitements favorables (aération et mélange du sol suite au labour, épierrement, engrais, drainage, etc). En revanche, les forêts et les pâtures ont été appauvries. Seules quelques rares forêts jamais pâturées et non exploitées ont pu échapper à ce phénomène. Le transfert de fertilité a été très important dans des contextes agricoles comme dans les communes étudiées où les fertilisants minéraux et industriels ont été peu (ou pas) employés (BONNEMAIRE et al., 1986 ; TAMM, 1991, KOERNER, 1993).

2.4 L'ABANDON DES ANCIENNES TERRES AGRICOLES

2.4.1 Le boisement dans le Massif Vosgien

Le boisement des anciennes terres agricoles est un phénomène généralisé dans les régions de moyennes montagnes européennes. Jusqu'à la fin du XVIIIème siècle, toutes les tentatives de boisement entreprises par les seigneurs et les paroisses avaient échoué. Par la suite, dans les Vosges, on peut distinguer, suivant l'ampleur et la répartition géographique, deux vagues de boisement. La première correspond au boisement des sols communaux ou d'Etat (vers 1820 jusqu'à 1920) et la deuxième au boisement des terrains privés (depuis 1920 jusqu'aux années 1990).

2.4.1.1 Le boisement des terrains communaux

Pour de multiples raisons, tant écologiques qu'économiques, **une première vague** de boisements a débuté vers 1820, touchant les terrains les moins rentables pour l'agriculture qui ont alors été abandonnés. A cette époque, les plaintes des agriculteurs auprès de la préfecture se multipliaient : les agriculteurs réclamaient, par exemple, des indemnités pour les dommages créés par des pluies importantes (ADV 193-O). Par ailleurs, le bois était trop rare pour les industries naissantes. Ainsi, les plantations ont été imposées par une politique de l'Etat, du département ou des communes.

En même temps que certaines terres étaient abandonnées et boisées, l'industrie se développait et prenait une place de plus en plus importante dans la vie des agriculteurs. Ainsi, les productions agricoles et forestières ne constituaient plus les seules ressources des Vosgiens. L'industrie principale était le tissage. Elle était inégalement développée en fonction de l'accessibilité : les zones reliées aux voies de communication relativement rapides se sont industrialisées, tandis que les zones reculées ne l'étaient pas. FIEDLER (1881) compare dans le département du Haut-Rhin le nombre des exploitations agricoles (51 216) et celui des exploitations industrielles (26 201). Toutefois, les ouvriers qui travaillaient dans les usines gardaient leur exploitation agricole. Le niveau de vie s'améliorait lentement. Néanmoins, FIEDLER (1881) regrette les conditions pitoyables des employés agricoles et l'augmentation du nombre de personnes sans domicile (vagabonds). Il montre que l'augmentation des salaires

des ouvriers agricoles a été de 40% entre 1830 et 1877, contre 50 à 60% pour les ouvriers de l'industrie, avec une accumulation de petits capitaux et de biens pour ces derniers.

Les habitants pouvaient acheter des produits agricoles avec l'argent gagné dans les usines. Cette amélioration relative du niveau de vie dans les années 1860 - 1870 s'est traduite dans les habitudes alimentaires des habitants de Gemaingoutte. Ainsi selon SCHOENDORFF (1902) : *" ... chez les familles moins riches ou chez les pauvres, la viande était chose rare ; la nourriture s'est améliorée surtout depuis 1870. Auparavant, les pommes de terre avec le lait caillé et quelques légumes ou des farineux formaient la base principale de l'alimentation."* En 1912, le socialiste AUGÉ-LARIBÉ notait *"On ne va pas jusqu'à dire que les paysans n'économisent plus; la passion héréditaire les dirige encore. Mais ils économisent moins. Les besoins de luxe deviennent plus impérieux. Le tabac, l'alcool, la toilette occupent dans les budgets ruraux une place qu'on leur eût refusée il y a cinquante ans. On ne verrait plus les paysans aller pieds nus jusqu'aux portes de la ville portant leurs chaussures à la main pour les épargner"*. Dans le Massif Vosgien, l'agriculteur-ouvrier a maintenu jusqu'en 1950 des systèmes agraires, qui, depuis cette date, sont en crise (BONNEMAIRE et al., 1977).

Avec l'industrialisation croissante, la population a pu respecter les lois concernant l'exploitation des pâturages, des fourrières (bords des parcelles labourées), notamment la loi contre la vaine pâture¹⁰ de 1847 et les lois concernant la protection de la forêt. En effet, les délits forestiers (coupes illégales, défrichement, braconnage) sont devenus plus rares. Ceci a également entraîné le boisement d'anciens terrains communaux non-forestiers dès les années 1860 (HUSSON, 1991, LARRERE et NOUGAREDE, 1993). Les pâturages sommitaux étaient localisés au XVII^e siècle au-dessus de 750 m dans les Vosges cristallines. Ces *"vides"* (pâturages), recensés jusqu'alors comme terrains forestiers, ont été boisés. L'extension des boisements en épicéas et en sapins a diminué sensiblement la place des feuillus. Suite à la création de l'école forestière en 1824 à Nancy sous la direction de B. LORENTZ, la conversion des taillis en futaies régulières a été mise en œuvre, elle est surtout efficace après 1860 (HUSSON, 1986). Par ailleurs, pour valoriser la forêt et pour assurer une meilleure croissance en volume, la futaie jardinée a été remplacée par la futaie régulière pour créer des peuplements équiennes. Contrairement à d'autres régions, très peu de terrains ont été boisés dans le Massif Vosgien grâce aux mesures de "Restauration des Terrains en Montagne" (RTM) mises en place entre 1860 et 1882.

Les populations vosgiennes restaient globalement défavorisées. THIRIAT (1866) décrit la situation difficile des agriculteurs des fermes isolées dans la vallée de la Cleurie, en contrebas du Haut-du-Tôt :

"Dans cette dernière région, on n'a rien à vendre que les produits de la laiterie, le fromage et le beurre ; si le prix des fromages a augmenté de beaucoup, les farineux, les tourteaux, le bétail et les loyers de ferme ont aussi augmenté dans de fortes proportions. Il est actuellement aussi difficile de faire des bénéfices en agriculture qu'il l'était il y vingt ans :

¹⁰ "vaine pâture" : droit de faire pâturer son bétail sur les pâtures naturelles et non closes des autres agriculteurs après la première fenaison (PETIT LAROUSSE).

Dépense.

<i>Loyer d'une maison de ferme avec ses dépenses, et environ 5 hectares de prés et de champs</i>	330fr
<i>Intérêts à 5% du prix moyen de trois vaches</i>	40fr
<i>Contributions</i>	15fr
<i>Ecolage de deux enfants abonnés</i>	15fr
<i>Vêtements, linge, chaussures pour cinq personnes</i>	100fr
<i>Entretien, acquisition d'objets mobiliers</i>	70fr
<i>Eclairage, savon, huile, vinaigre, sel, pain bis, sucre, café, poivre, et une foule d'autres objets indispensables</i>	90fr
<i>Vin et eau-de-vie</i>	50fr
<i>Tourteaux, sons et autres farineux pour le bétail</i>	240fr
<i>Pertes de bestiaux, ou par grêle, gelée, etc.</i>	50fr
<i>TOTAL</i>	<hr/> 1000fr

Recette

<i>Produit de trois vaches :</i>	
<i>Fromage et beurre</i>	800fr
<i>Veaux</i>	75fr
<i>TOTAL</i>	<hr/> 875fr

Dans ce compte, il n'est fait mention que de l'alimentation et de l'habillement pour cinq personnes, et cependant les familles où il y a cinq ou six jeunes enfants ne sont pas rares. Il n'est pas question des achats de seigle pour le pain de ménage, de pommes de terre, de farines, de fourrages, quand les récoltes sont mauvaises ou que la famille s'accroît. On ne parle pas non plus de bois de chauffage et pour le four, qu'on suppose provenir de l'affouage, ramassé en forêt ou sur les communaux ou pris dans la ferme, si le fermier jouit de l'élagage des haies. Il n'y a rien pour les accidents, les maladies qui peuvent arriver au personnel de la ferme, rien pour les plaisirs et le superflu ; le nécessaire n'est pas même complètement prévu, et cependant le fermier, après avoir travaillé fort pendant toute une année, se trouve à la fin en déficit de 125 francs !"

Plus loin on lit : *"Il serait bien difficile d'améliorer le sort de cette classe si nombreuse de notre population, car, la première chose à faire, ce serait de fertiliser le sol, et il faudrait pour cela immensément de fumier et des amendements inconnus ici, la marne, la chaux, etc.*

Une autre cause de la déprise agricole réside dans la consommation d'alcool, elle-même liée à la pauvreté (THIRIAT, 1866). AUGÉ-LARIBÉ (1912) explique qu'en France : *"La consommation d'alcool exprimée en alcool pur à 100 degrés était, par habitant et par an, de 1 litre 12 en 1830, elle a été de 4 litres 13 en 1911 et, dans certains départements elle monte jusqu'à 11 et 12 litres."* Selon les enquêtes sur le terrain, les agriculteurs actuels se souviennent que beaucoup de fermes excentrées ont été vendues à cause de la faillite de la ferme liée à des problèmes d'alcool. L'exploitation a été boisée par leur nouveau propriétaire. En effet, dans les folios des cadastres écrits entre 1880 et 1920 analysés dans le cadre de ce travail, un changement de propriété au profit d'un marchand de vin a été observé plusieurs fois. Les marchands de vin étaient également des usuriers comme beaucoup de négociants de l'époque.

2.4.1.2 Le boisement des parcelles privées

Une **deuxième vague** de boisement a débuté après la première guerre mondiale. Elle a concerné essentiellement des parcelles privées. Le manque de main-d'œuvre, l'amélioration des conditions de production (machines agricoles plus performantes, engrais plus efficaces) et l'orientation de la production agricole vers l'élevage bovin ont obligé les exploitants agricoles à faire de nouveaux choix dans l'utilisation des parcelles. Des parcelles ou des fermes complètes à forte pente, situées loin des villages, ont été abandonnées préférentiellement. Au fur et à mesure, les boisements s'approchaient des villages et concernaient des terrains un peu plus riches.

Après la première guerre mondiale, les boisements anarchiques ont débuté dans les années 1920. Ils répondaient à une stratégie économique à long terme de l'exploitant agricole : à la suite de la cessation d'activité de petites exploitations agricoles due à un manque de main-d'œuvre, seules les terres les plus rentables ont été reprises par d'autres agriculteurs. Les parcelles sans intérêt ont été boisées par les retraités agricoles ou leurs successeurs qui restent très attachés à leurs terres, surtout si le prix du foncier est bas.

A ce moment, des "forêts anciennes" et de nombreux terrains agricoles privés dévastés par la guerre ont été boisés ou envahis spontanément par le bois. A Gemaingoutte, au lieu-dit la Cude, la surface agricole d'une ferme (22 ha) enclavée dans la forêt a été entièrement boisée.

En même temps, beaucoup d'usines vosgiennes de textile ont fait faillite, mettant fin aux activités d'ouvriers-agriculteurs. La conséquence a été une restructuration et une diminution du nombre des exploitations agricoles qui a entraîné une baisse de la surface exploitée. Ce sont surtout les petites exploitations qui ont disparu au profit de celles de plus de 20 hectares. En 1938, dans le Massif Vosgien, dans les six vallées haut-rhinoises, sur une superficie cadastrée de 75 800 hectares, 32 500 environ étaient occupés par les terres agricoles. En 1980, il n'en restait plus que 17 300, pour la plupart toujours en herbe (DDAFHR, 1984).

2.4.1.3 Le boisement en "timbre-poste"

Les boisements en "timbre-poste" ont débuté après la deuxième guerre mondiale et sont une conséquence de la déprise agricole (Fig. 2-17). En France, sur un total de quatre millions d'hectares boisés, deux ont été financés grâce aux ressources du Fonds Forestier National (CINOTTI, 1996). Dans le Massif Vosgien, les boisements sont caractérisés par leur petite taille et correspondent à des parcelles privées. Ils s'opposent à la grande taille des unités souhaitées par les gestionnaires forestiers. Les terres abandonnées par l'agriculture ont été en effet morcelées, lors des héritages, en parcelles d'environ 10 à 20 ares et souvent beaucoup moins (50 m²). Les propriétaires espéraient obtenir un bon rendement même avec des micro-parcelles, ce qui a entraîné un boisement anarchique modifiant profondément le paysage : les parcelles privées anciennement agricoles sont devenues des hags¹¹ se trouvant au fur et à mesure de plus en plus à proximité immédiate des villages (MARION, 1961, MARTIN, 1986).

Le morcellement des propriétés rend difficile la gestion de telles parcelles : l'exploitation du bois sur des petites parcelles semble impossible sans un minimum d'organisation de l'espace, certaines d'entre-elles étant devenues inaccessibles (Fig. 2-17).

De plus, à l'intérieur d'un versant boisé, des problèmes, notamment de chablis¹², peuvent se poser à la suite d'une absence de gestion : dans les plantations, les chablis s'enchaînent par effet de "domino". Les risques phytosanitaires sont également accrus. Les propriétaires n'interviennent pas parce qu'ils ne sont pas compétents, qu'ils sont peu intéressés ou qu'ils

¹¹ Petit bois planté de main d'homme et qui appartient à un propriétaire privé (LACHIVER, 1997)

¹² Bois chablis : abattu par le vent (PETIT ROBERT)

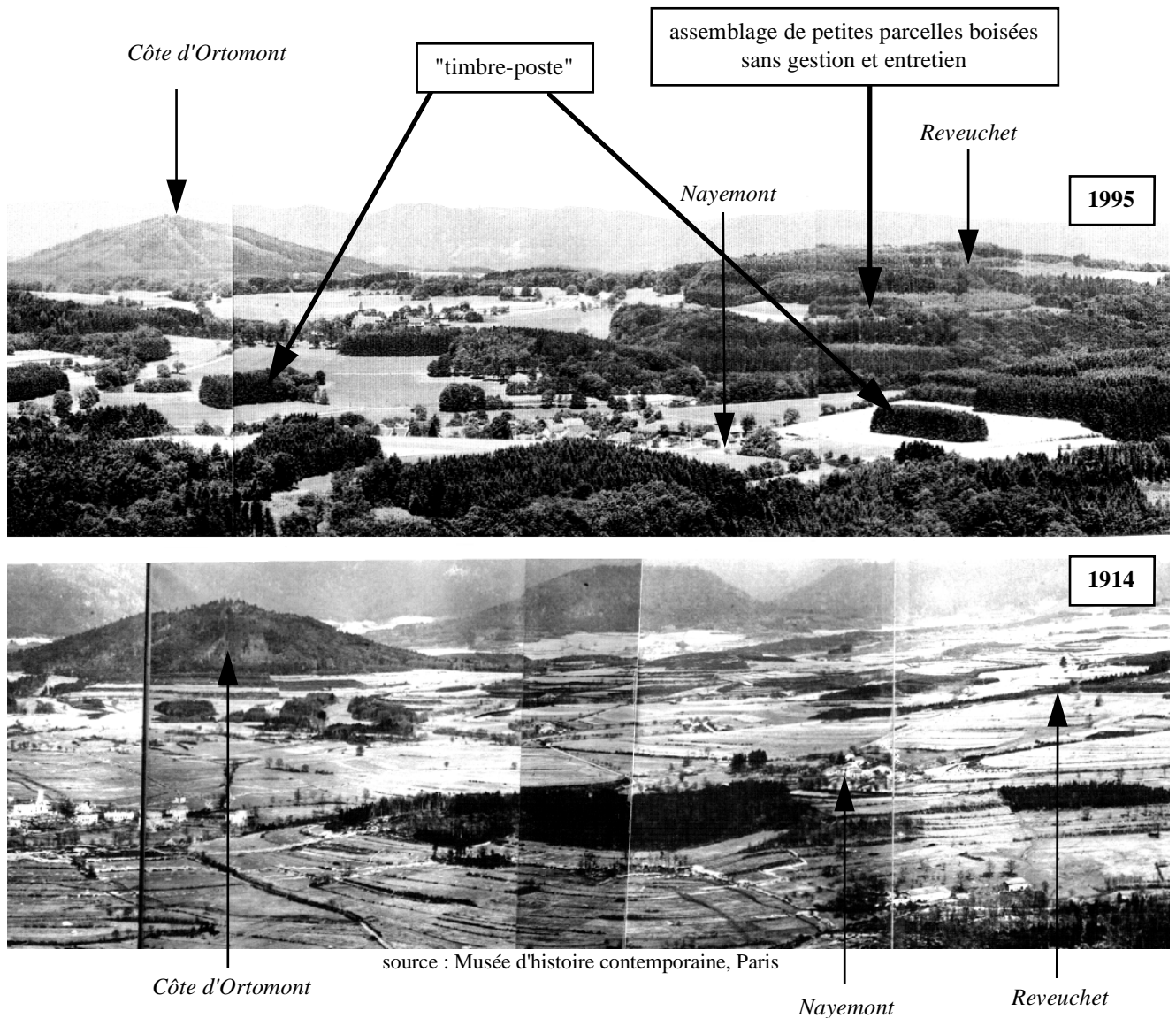
habitent trop loin (souvent en ville). Le prix du bois, inférieur au coût de l'entretien et de l'exploitation justifie ce manque d'intérêt.

Dans le Massif Vosgien, on constate que seuls 10% des propriétaires font appel à des personnes compétentes ou à des organismes de gestion (CRPF, Forest'Vosges ou experts forestiers ; selon une communication avec M. Prévost, Chambre d'Agriculture des Vosges). En conséquence, la plupart du temps, les parcelles ne sont pas gérées.

Dans le département des Vosges, pour limiter l'extension des boisements anarchiques, presque toutes les réglementations ayant pour objet une meilleure répartition des terres entre la production agricole et la forêt ont été appliquées, au cours des années 1960 à 1970. Certaines ont été mises à jour depuis. Les plantations ne doivent pas gêner les autres cultures et l'équilibre des paysages. Ces réglementations prévoient des zones soumises à une autorisation de boisement à validité permanente et des zones interdites pendant quatre ans, les critères définissant les zones étant spécifiques à chaque commune. Elles sont appliquées dans les communes à fort taux de boisement. Sur le terrain, le principe d'élaboration de ces règlements a souvent été d'agrandir les massifs forestiers existants (boisements récents compris) et de déclarer la zone non boisée restante comme zone où les boisements sont interdits. Ces réglementations de boisements sont établies par les mairies en collaboration avec les Directions Départementales d'Agricultures et de la Forêt (DDAF). En réalité, les autorisations de boisement qui sont soumises à l'avis du maire, des syndicats agricoles et de la DDAF suivent à 90 % des cas l'avis des maires, la décision finale étant toutefois prise par le Préfet. Les réglementations n'ont pas totalement empêché le boisement sauvage sur des parcelles privées. D'ailleurs, le règlement veut qu'en l'absence de plainte du maire à la préfecture correspondante dans les quatre ans, la plantation soit considérée comme définitive. (DDAFV, 1982, DDAFHR, 1984).

En 1979, un décret a exclu la culture des sapins de Noël (épicéa généralement) de la production forestière, considérée dorénavant comme une production agricole. Ainsi dans beaucoup de communes, des sapins de Noël ont été plantés et viennent s'ajouter au nombre important de boisements autorisés. En fait, la plupart des déclarations concernant la plantation de sapins de Noël correspondent à une volonté manifeste de contourner la réglementation, ces arbres n'étant pas exploités ensuite comme tels (DDAFV, 1982).

Figure 2-17 Vue sur quelques lieux-dits de la commune du Ban-de-Sapt en 1995 et en 1914



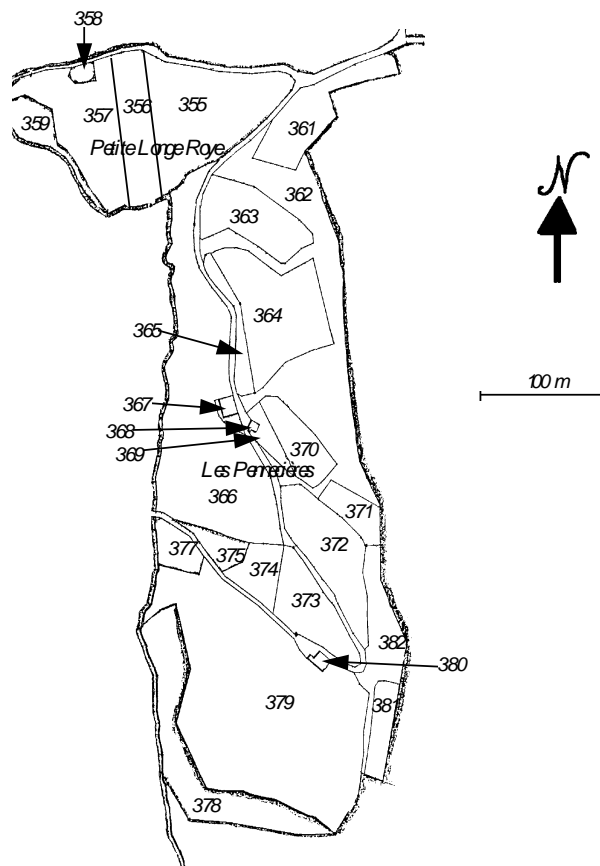
2.4.2 Les méthodes pour obtenir les dates d'abandon

La date d'abandon des terres agricoles, déterminée grâce aux cadastres, demeure imprécise. L'exemple des parcelles communales d'un des sites étudiés le démontre : aux Pennecières, en 1914, les parcelles 362 et 382 étaient encore cadastrées comme pâtis, les parcelles 363, 364, 370 et 371 comme champs (Fig. 2-18). Lors de la révision du cadastre en 1963, ces parcelles ont été cadastrées comme futaies résineuses (ADV 3P3760, 3P3761). Pour avoir des renseignements sur les dates de plantation, il aurait fallu consulter tous les extraits des actes des conseils municipaux entre 1914 et 1963, sachant que toutes les décisions concernant les terrains communaux y sont indiquées, mais la lourdeur d'une telle recherche est évidente. Dans le cas où il s'agit de parcelles privées, les changements d'usage, telle qu'une plantation, ne sont indiqués nulle part.

Une autre solution plus commode est le carottage des arbres à la souche suivi par un comptage des cernes des arbres¹³ sachant qu'un cerne correspond à une année de croissance (Fig. 2-19). ISELLI et SCHWEINGRUBER (1990) ont montré l'efficacité de cette méthode pour retrouver la date approximative de plantation ou de recree naturelle des arbres après l'abandon des anciennes terres agricoles. Cette méthode a été appliquée dans 12 des 21 sites que nous avons étudiés.

Le problème du comptage des cernes est que les arbres ont déjà un certain âge, variable, au moment de la plantation puisqu'ils viennent soit de la forêt des environs, soit de la pépinière. L'âge obtenu par comptage des cernes reste une donnée approximative. Pour cette raison nous avons seulement indiqué une fourchette de dates possibles.

Figure 2-18 D'après un extrait du plan cadastral du Syndicat section F, feuille 1, levée en 1829 : La Petite Longe Roye et les Pennecières (les parcelles 361 à 379 ont été étudiées)



anciennes utilisations des parcelles d'après les "états du sol" de l'ancien cadastre :

pâtures : parcelles 362, 382

bois : parcelles 358, 359, 375, 377, 378

prés : parcelles 355, 356, 357, 366, 373, 374, 379

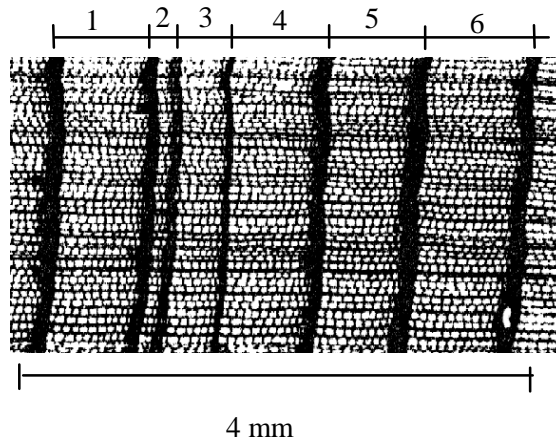
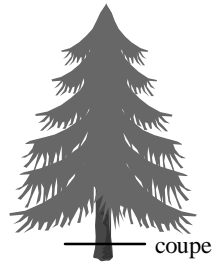
champs : parcelles 361, 363, 364, 365, 369, 370, 371, 372, 381

bâtis : parcelles 367, 368, 380

¹³ Un arbre produit un cerne (visible à la coupe du tronc) au cours de l'année durant toute sa vie. En conséquence, le nombre de cernes comptés à la souche correspond à l'âge de l'arbre.

Figure 2-19 Les cernes d'un arbre

La série de 6 cernes correspond à 6 années ; le bois d'hiver (bandes foncées) alterne avec le bois d'été (bandes claires).



2.5 CONCLUSION

Le support historique principal de notre étude est le **cadastre napoléonien**. Grâce à ce support nous avons défini cinq anciens types d'utilisation du sol (jardin, pré, champs, pâture et forêt). Nous avons également pu définir l'organisation de l'espace agricole au XIX^{ème} siècle. Malheureusement ce support ne nous permet pas d'avoir des détails sur les anciennes pratiques agricoles, c'est-à-dire la manière de travailler, et nous avons dû utiliser d'autres documents. Toutefois, à l'échelle d'une ferme les anciennes pratiques agricoles sont mal connues.

Pour déterminer la **date d'abandon**, nous nous sommes référés au cadastre, au carottage des arbres ou à l'observation du terrain.

Les boisements effectués depuis le XIX^{ème} siècle traduisent bien la diversité du milieu à l'échelle du village ou du versant. On peut définir **deux grands groupes** de boisement :

- des boisements anciens, qui concernent les terres les plus pauvres, effectués sur des parcelles éloignées des villages. Ils occupent de grandes surfaces communales, devenues des forêts publiques. Les sols, en général superficiels, ont été très longtemps appauvris en cations alcalins et alcalino-terreux exportés par l'élevage (lait, bétail).

- des boisements plus récents, effectués au fur et à mesure de la déprise sur des sols enrichis par l'agriculture. Ce sont souvent de petites parcelles de statut privé.

Toutefois, à l'échelle de la ferme, l'ensemble des placettes, appauvries (pâtures, forêts anciennes) et enrichies (prés de fauche, champs, jardins) a été abandonné à la même date, **ce qui rend plus rigoureuse l'étude comparative de l'impact de l'utilisation ancienne** qu'une étude à l'échelle du versant ou du village.

3 Les caractéristiques des sites et des parcelles choisis

3.1 LE GROUPEMENT DES SITES

Les caractéristiques des sites sont détaillées dans "l'Atlas des sites" (en annexe). Chaque site possède des caractéristiques propres. Au Solem par exemple, le recouvrement et la composition de la strate herbacée varient d'une manière importante d'une ancienne parcelle agricole à une autre. En revanche, à la Pissoire, la différence est nettement moins marquée. Les effets des anciennes utilisations agricoles sur le milieu forestier actuel sont donc plus ou moins visibles selon les sites. Comment peut-on atteindre l'objectif qui consiste à identifier d'une manière générale ces effets, alors qu'ils sont tellement variables dans l'espace ?

Un regroupement des sites permet de définir plus facilement les traits généraux des effets des anciennes pratiques, puisqu'on peut étudier et tester différents paramètres concernant la géographie et la fertilité du milieu. Deux groupements ont été réalisés. Le premier tient compte de la fertilité du sol et sépare les sites en deux groupes, "pauvre" et "riche" d'après les caractéristiques du profil pédologique. Le but du deuxième groupement a été de mieux définir les impacts des différents types des anciennes utilisations agricoles en fonction de paramètres du milieu physique et de l'impact humain du site. Il a abouti à six groupes de sites.

3.1.1 Les groupes de fertilité d'après le profil pédologique

Les critères de groupement dans ces groupes ("pauvre" et "riche") sont uniquement d'ordre pédologique et reflètent la fertilité des sols. D'après DUCHAUFOR (1960), la richesse et l'évolution des sols ne s'expliquent pas seulement par les matériaux de départ (substrat géologique et formation superficielle) mais aussi par la situation topographique. Les sols sont ainsi généralement plus profonds et plus fertiles en bas qu'en haut de versant (BONNEAU et al., 1978).

D'après BONNEAU et al. (1978), dans le Massif Vosgien, l'évolution des sols (en dehors de l'intervention humaine) depuis la dernière période froide correspond à une acidification des sols bruns, qui évoluent vers des sols bruns acides (Fig. 3-1), puis des sols bruns ocreux (Fig. 3-2), des sols ocreux, des sols podzoliques, et qui peuvent aboutir à des podzols. Les grands mécanismes d'une évolution d'un sol brun vers un podzol sont assez bien connus, principalement grâce aux travaux de DUCHAUFOR (1960).

Du fait de la faible amplitude altitudinale entre les sites étudiés, les sols sont tous situés à l'étage de la moyenne montagne. L'altitude n'est donc pas un facteur explicatif du degré de l'évolution du sol brun vers un podzol. Le premier facteur explicatif est la richesse en argile et en silice des altérites à partir desquelles se forment les sols. Les podzols et les sols podzoliques s'observent sur le grès vosgien très riche en silice, les sols bruns ocreux sur des formations superficielles issues des granites acides ou des gneiss-granitiques, tandis que les sols bruns se forment à partir des matériaux plus riches qui dérivent des roches moins siliceuses (granite des crêtes). L'évolution vers les sols podzoliques se passe sur des millénaires. Dans les sols bruns, elle se manifeste surtout par un remplacement progressif des cations comme le calcium, le magnésium ou le potassium par des ions hydrogène (H^+). Ensuite, dans les sols devenus ocreux, le lessivage de colloïdes devient plus important. Les colloïdes sont constitués principalement de certains complexes à base de fer ou d'aluminium et de silice. Les horizons supérieurs deviennent gris suite à la perte des composants ferriques. Ces derniers s'accumulent dans les horizons inférieurs, ce qui leur donne une couleur ocre.

Aujourd'hui, les sols bruns ocreux en haut de pente et les sols bruns plus ou moins colluviaux en bas de pente sont largement dominants dans le Massif Vosgien granitique de moyenne altitude (entre 350 et 700 m). Dans les altitudes supérieures (à partir de 1000 m), un climat moins favorable a conduit à une forte extension des sols de type sol brun ocreux et sol ocre podzolique. Dans les secteurs gréseux, les sols podzoliques et les podzols sont les plus fréquents (BONNEAU et al., 1978).

La carte pédologique (BONNEAU et al., 1978) est un excellent appui pour l'étude des sols. Malheureusement, elle ne couvre qu'une partie des sites étudiés. Cependant, la notice explicative donne de nombreux exemples de profils pédologiques tels qu'on peut les observer sur notre secteur d'étude. Nous avons pu comparer les profils décrits dans la notice avec ceux que nous avons observés sur le terrain et ainsi identifier les types de sols.

Dans la vallée de la Moselotte, la vallée du Bouchot et à Gerbepal, les sols bruns acides (Fig. 3-1) sont les plus fréquents sur les formations superficielles (arènes et moraines) des pentes dérivant des granites et des gneiss.

Les sols bruns ocreux se trouvent en haut de pente (Fig. 3-2). Géographiquement, ils sont fréquents dans la partie axiale du Massif Vosgien entre Ste-Marie-aux-Mines et le Col de la Schlucht et dans les massifs entourant Gérardmer comme le Haut-du-Tôt. Leur développement est lié à l'acidité et à la richesse en fer du matériau sur des arènes et des moraines dérivant des roches granitiques, gneissiques ou granito-gneissiques.

Les sols podzoliques sont très fréquents sur du grès dans les Basses Vosges. Toutefois, dans le secteur étudié, seul un site, sur le grès vosgien en Alsace, comporte un sol podzolique (commune de Ribeauvillé).

Les sols hydromorphes représentent une catégorie à part (Fig. 3-3, Fig. 3-4). Ils occupent aujourd'hui des superficies assez réduites dans le Massif Vosgien. En effet, les sols des vallées sont dans la plupart des cas drainés puisqu'ils sont exploitables. Les sols hydromorphes sont néanmoins très fréquents sur les anciennes terres agricoles faisant partie des sites étudiés, qui ne sont plus drainés. On distingue deux types de sols hydromorphes : les stagnogleys et les gleys (BONNEAU et al. 1978). Ils sont tous les deux caractéristiques des montagnes à climat humide sur des roches cristallines acides. Les stagnogleys se trouvent sur d'anciennes "Feignes" (= Tourbes). Ces tourbières bénéficient d'une alimentation en eau latérale ou souterraine qui s'évacue relativement vite grâce à une pente plus ou moins forte. Toutefois, le sol reste imbibé d'eau toute l'année. Il est caractérisé par une couche noire d'humus peu décomposé qui repose sur un horizon sablo-limono-argileux beige à gris clair. Cette couleur résulte de l'absence d'oxygène qui empêche l'oxydation complète du fer du sol.

Le long des ruisseaux, des sols à gley forment des bandes étroites plus ou moins continues. Ce sont des sols alluviaux dont l'humus est un "hydromullmoder", c'est-à-dire qu'il est relativement riche et bien aéré mais jamais sec. Comme dans le stagnogley, on observe un horizon gris au-dessous de l'horizon organo-minéral, qui montre l'absence d'oxygène résultant de la présence d'une nappe permanente.

Figure 3-1 Exemple d'un profil pédologique d'un sol brun acide d'une forêt ancienne au Solem

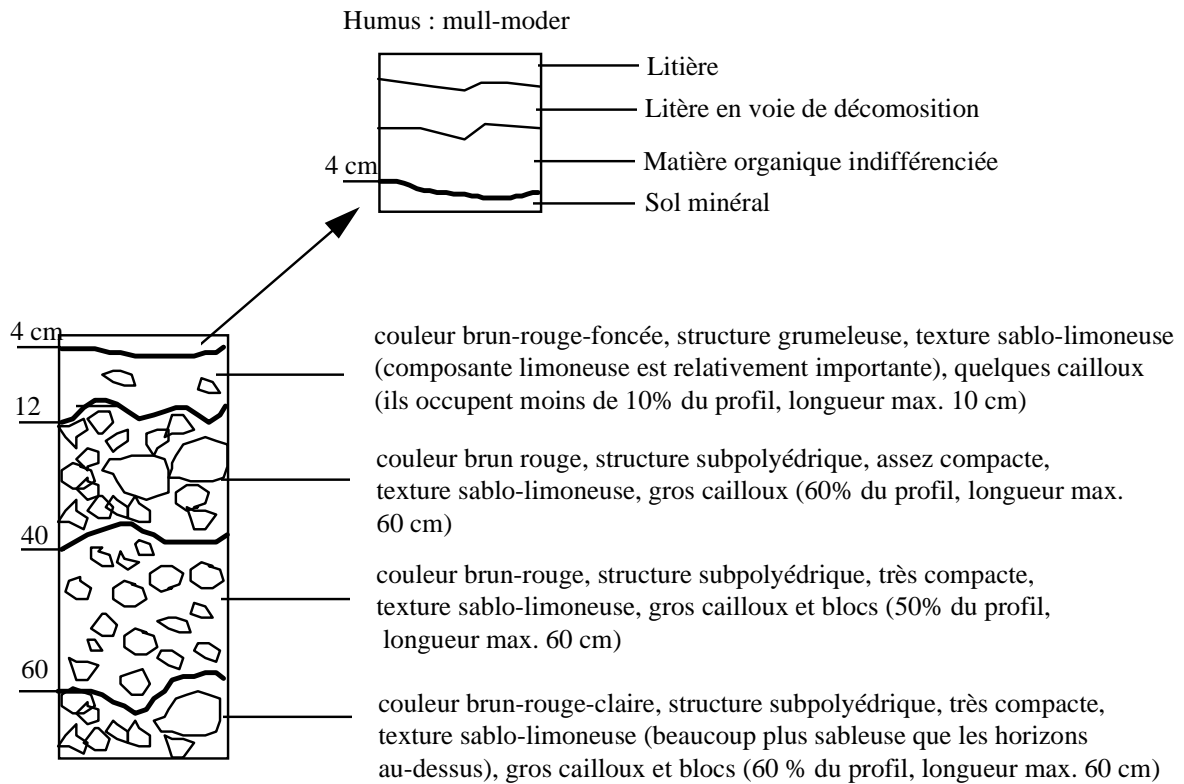


Figure 3-2 Exemple d'un profil pédologique d'un sol brun ocreux à la Pissoire

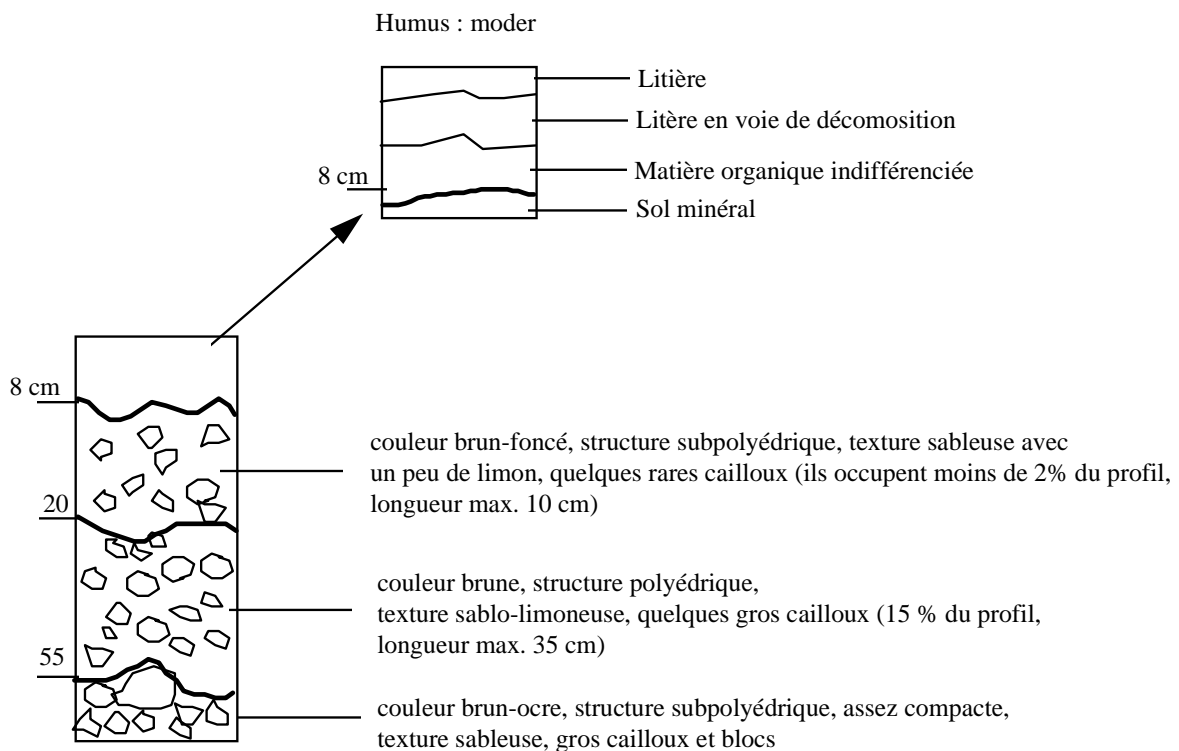


Figure 3-3 Exemple d'un profil pédologique d'un stagnogley à la Feigne des Brûleux

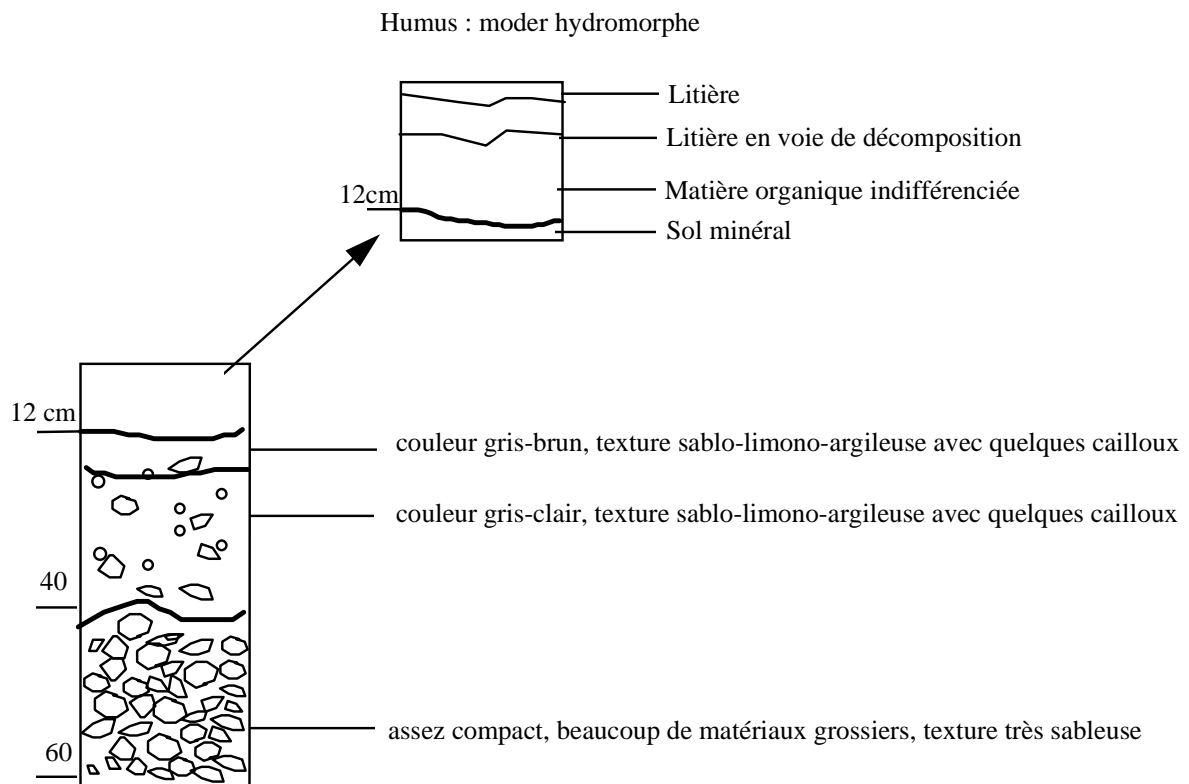
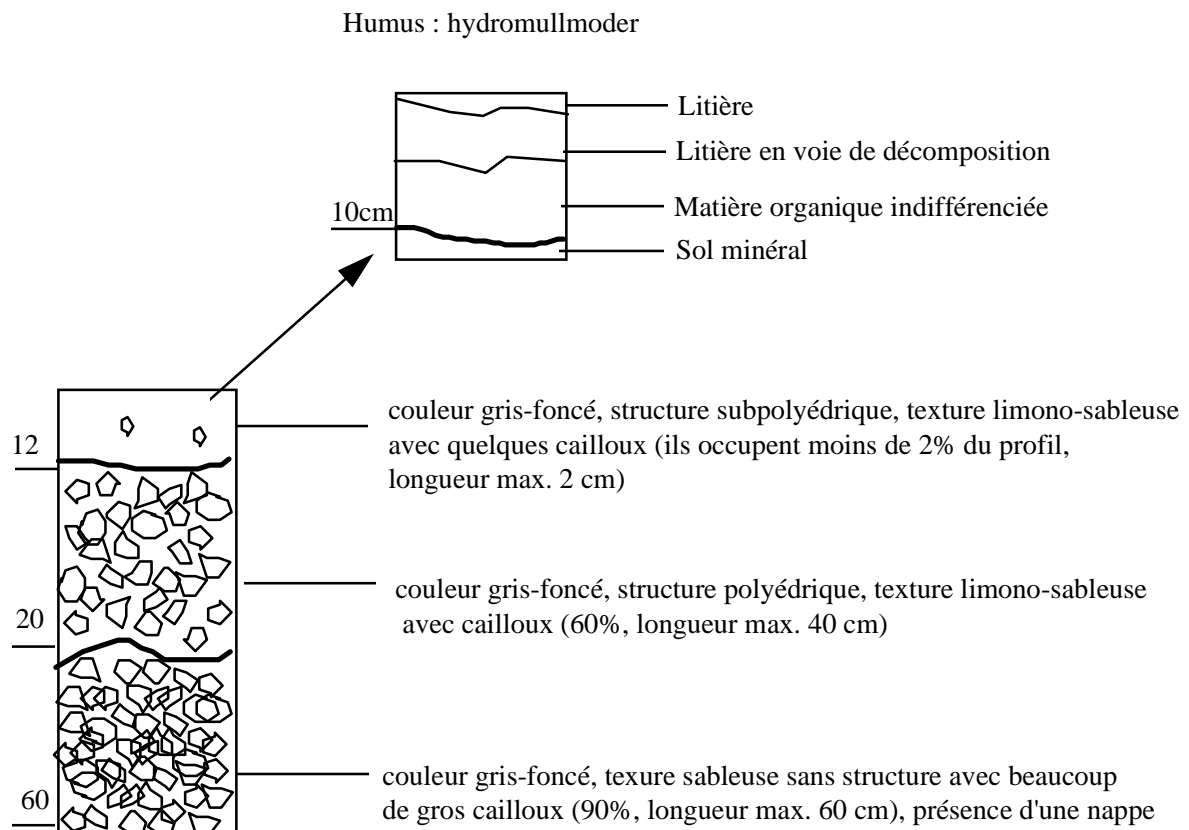


Figure 3-4 Exemple d'un profil pédologique d'un sol à gley au Bas de Cellet



Ainsi, les sites sur des sols très pauvres (sols podzoliques et sols bruns ocreux) ont été rassemblés dans un premier groupe, "pauvre", qui contient 44 placettes. Ils sont situés sur le Haut-du-Tôt (Pissoire, Bas de Cellet, Feigne des Gandes, Feigne des Brûleux, Celles, Grange des Celles). Ces sites se trouvent sur les communes de Vagney, de Sapois et du Tholy (88). A ce groupe, nous avons joint le Muesbach à Ribeauvillé (68) qui possède un sol podzolique (Tabl. 3-1).

Les autres sites font partie du deuxième groupe "riche", qui comprend 85 placettes sur des sols bruns acides. Les deux placettes de Haut-de-la-Sappe ont posé un problème puisque l'une d'elles se trouve sur un sol brun ocreux et l'autre sur un sol brun acide et que leur histoire culturale est la même. Nous n'avons pas voulu séparer un site en deux groupes pour ne pas compliquer l'échantillonnage. La flore indiquant un milieu un peu plus riche que celui des autres sols bruns ocreux, nous avons ajouté ces deux parcelles au groupe "riche".

Comme à l'intérieur des sites, les sols hydromorphes occupent peu de surface, nous n'en avons pas tenu compte dans la répartition "riche" ou "pauvre". Les sites ont été groupés uniquement en fonction du type de sol le plus répandu par site.

La surface moyenne des exploitations sur les sols "riches" était de 4,5 ha, en excluant le site de la Cude, dont la taille était exceptionnelle (environ 22 ha). Celle des "pauvres" était de 3,1 ha (cette différence de taille n'est pas statistiquement significative, en raison du faible nombre de sites "pauvres", voir ci-dessous, chap. 3.2.2.). En conséquence, la surface exploitée était, pour le même système de culture, plus grande dans les exploitations des sites "riches" que des sites "pauvres". Par ailleurs, la surface cadastrée comme "sol et maison" était en moyenne plus grande sur les sites "riches" que sur les sites "pauvres". Les fermes des sites "riche", où la fertilité du sol est plus élevée, ont été vraisemblablement plus prospères que celles des sites "pauvres".

D'après la date d'abandon, identifiée suite au comptage des cernes des arbres, on observe que les plantations des sites "pauvres" sont en moyenne plus anciennes que celles des sites "riches" (Tabl. 3-2). Nous avons néanmoins déjà souligné ci-dessus que l'âge obtenu par le comptage des cernes est approximatif.

Ainsi, à la Cude par exemple, l'écart entre la date de plantation moyenne calculée et celle communiquée par l'agent de l'ONF est de 8 ans. Le comptage des cernes reste pourtant plus précis que les indications des folios qui fournissent des fourchettes plus grandes, pouvant atteindre fréquemment 40 ans.

Tableau 3-1 Les caractéristiques physiques et écologiques des sites

sites	situation topographique	exposition principale	pente (degrés)	altitude (m)	formations superficielles	type de sol principal	eau superficielle sur le site	sol hydro-morphique	végétation
Pissoire	versant	SW	8-13	780	moraine	sol brun ocreux	non	non	canche
Feigne des Brûleux	niche	W	3-8	820	moraine	sol brun ocreux	zone de source	stagnogley	canche
Feigne des Gandes	niche	E	3-32	850	moraine	sol brun ocreux	zone de source	stagnogley	canche
Celles	niche	E	5-20	850	moraine	sol brun ocreux	zone de source	stagnogley	canche
Grange des Celles	fond de vallon	E	3-35	820	moraine	sol brun ocreux	ruisseau	gley	canche, luzule
Bas de Cellet	fond de vallon	E	3-35	800	moraine	sol brun ocreux	ruisseau	gley	canche, luzule
Senêt	versant	SSW	25	650	moraine	sol brun ocreux	non	non	canche
Solem	niche	E	7-35	700	moraine	sol brun acide	ruisseau	gley	fétuque, ronce
Pennecières	niche	E	7-30	600	moraine	sol brun acide	ruisseau	gley	fétuque, ronce
Demixiard	niche	NE	5-28	600	moraine	sol brun acide	ruisseau	gley	fétuque, ronce
Haniroche	accident au-dessus d'une niche	NE	5-30	750	moraine	sol brun acide	non	non	fétuque, ronce
Jossonfaing	niche	E	7-15	800	moraine	sol brun acide	ruisseau	gley	fétuque, ronce
Piéta	replat au-dessus d'une niche	N	4-18	850	moraine	sol brun acide	non	non	fétuque, ronce
Cude	fond de vallon	N	3-25	800	arène glissée	sol brun acide	ruisseau	non	fétuque, ronce
Muesbach	fond de vallon	NE	2-25	600	éboulis de grès	sol podzolique	ruisseau	non	fétuque, ronce myrtille, canche
Capitaine	fond de vallon proche de la crête	NW	15-20	900	arène glissée	sol brun acide	zone de source	très localement	fétuque, ronce, luzule
Prés de Raves	fond de vallon proche de la crête	SW	15-20	1000	arène glissée	sol brun acide	zone de source	très localement	fétuque, ronce
Droit de Sapois	versant	SE	8-30	600-650	arène glissée	sol brun acide	non	non	fétuque, ronce
Malracine	versant	S	20-30	650	arène glissée	sol brun acide	non	non	fétuque, ronce
Haut-de-la-Sappe	versant	W	10	850	arène glissée	sol brun acide, sol brun ocreux	non	non	fétuque, ronce canche
Beulay	versant	NE	25-30 + banquette	580-750	arène glissée	sol brun acide	non	non	fétuque, ronce

Tableau 3-2 Age d'abandon d'après les cernes (en excluant les arbres des forêts anciennes)

site	nombre d'arbres carottés	date moyenne calculée	date maximale obtenue	date minimale obtenue	date de boisement d'après d'autres sources
Pissoire	3	1929	1927	1931	
Feigne des Brûleux	13	1931	1921	1945	
Feigne des Gandes	5	1918	1915	1923	
Celles	7	1926	1911	1935	
Grange des Celles	4	1919	1918	1920	
Bas de Cellet					avant 1914
Senêt					après 1914
moyenne des sites "pauvres"		1925	1918	1931	
Solem	27	1940	1946	1935	
Pennecières	24	1927	1919	1939	
Demixiard	11	1928	1921	1935	
Haniroche					après 1914
Jossonfaing					après 1914
Piéta					avant 1914
Cude	7	1935	1926	1947	1924
Muesbach					1896
Capitaine	2	1950	1949	1951	
Pré de Raves	9	1931	1926	1936	
Droit de Sapois					1935?
Malracine	8	1936	1933	1945	
Haut-de-la-Sappe					1930?
Beulay					variable, avant

					1910
moyenne des sites "riches"		1935	1931	1941	

Tableau 3-3 Caractéristiques de l'impact anthropique sur les sites

les sites	ancienne situation administrative	distance au hameau ou à la commune (km)	murs entourant le site	anciennes banquettes anthropiques	anciens champs sans banquette	différence dans la strate herbacée entre les diverses utilisations anciennes	installations hydrauliques encore visibles
Pissoire	cense	1.3	oui	1 champ	2	quelques espèces différentes	chambre de fontaine?
Feigne des Brûleux	cense	1.3	oui	1 jardin	2	quelques espèces différentes	anciens canaux
Feigne des Gandes	cense	2.0	oui	2 champs	6	quelques espèces différentes	chambre de fontaine
Celles	cense	1.3	oui	non	3	quelques espèces différentes	non
Grange des Celles	cense	2.0	oui	non	non	quelques espèces différentes	anciens canaux ancienne source?
Bas de Cellet	cense	2.0	oui	1 champ	non	quelques espèces différentes	non
Senêt	cense, en limite d'un essart	1.0	non	non	1	quelques espèces différentes	non
Solem	cense	1.5	oui	système de banquettes	non	un certain nombre d'espèces	non
Pennecières	cense	1.5	oui	système de banquettes	non	un certain nombre d'espèces	non
Demûlard	cense	1.5	oui	système de banquettes	2	un certain nombre d'espèces	non
Hanuroche	cense	2.0	oui	1 jardin	2	un certain nombre d'espèces	non
Jossonfaing	cense	1.5	oui	2 champs	plusieurs	un certain nombre d'espèces	non
Piéta	cense	1.5	oui	plusieurs, détruites en partie	plusieurs	un certain nombre d'espèces	non
Cude	cense anabaptiste	peu de rapport avec l'entourage ¹⁴	détruit en 1914?	non	tous	beaucoup d'espèces différentes	non
Muesbach	cense anabaptiste	peu de rapport avec l'entourage	oui	non	tous	différence flagrante	non
Capitaine	cense	3.8	oui	oui	non	un certain nombre d'espèces	non
Pré de Ravas	cense	4.0	détruit en 1914?	1 jardin	1 champ	un certain nombre d'espèces	non
Droit de Sapois	essart	variable ¹⁵	non	système de banquettes	plusieurs	un certain nombre d'espèces	non
Malracine	ferme sur essart	1.5	oui	système de banquettes	non	un certain nombre d'espèces	non
Haut-de-la-Sappe	terrain communal	variable	non	non	non	un certain nombre d'espèces	non
Beulay	terrain communal	variable	non	font partie d'un grand système discontinu	oui	beaucoup d'espèces différentes	non

3.1.2 Les groupes de sites

Les paramètres étudiés sont traités par groupes de sites, ils sont établis selon les caractéristiques physiques et anthropiques du milieu, présentées dans les Tabl. 3-1 et Tabl. 3-3. Les six groupes de sites sont :

- le plateau du Haut-du-Tôt,
- les versants "Vers" de Vagney, du Syndicat et de Rochesson,
- les fermes de la crête des Vosges,
- les fermes anabaptistes des fonds de vallon,
- les versants "Droit" de Vagney, de Sapois et de Gerbepal
- l'exception du versant "Vers" de Gemaingoutte.

3.1.2.1 Les sites du plateau du Haut-du-Tôt

Les sites du Haut-du-Tôt (Fig. 1-2 et Fig. 3-5) se trouvent à des altitudes comprises entre 700 et 950 m, à diverses expositions (Haut-du-Tôt veut dire "toit haut", THIRIAT, 1866). Le substrat géologique du plateau est principalement granitique (granite de Remiremont ou granite du Tholy, roche pauvre) mais une partie des sites est "couronnée" par le grès du Bundsandstein moyen dit "Grès Vosgien". Les pentes sont relativement faibles comparées à celles de la vallée de la Moselotte et de la vallée de la Cleurie.

Dans la zone anciennement englacée du Massif Vosgien, l'importance de l'englacement a été telle que les glaces débordaient des vallées. Les surfaces élevées et peu incisées, telles que le Haut-du-Tôt, ont fonctionné comme de petits plateaux glaciaires (ROLLAND, 1975). Par ailleurs, le Haut-du-Tôt était occupé par de petits glaciers locaux, affluents de celui de la vallée de la Cleurie bien individualisé au début et à la fin de l'épisode glaciaire. On peut citer celui de la Pissuire qui a donné le nom d'un de nos sites ou celui du Cellet.

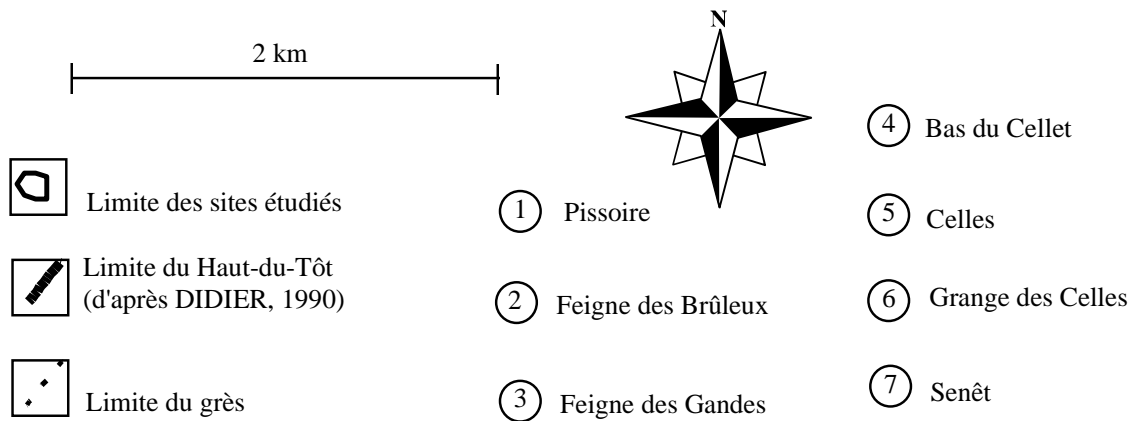
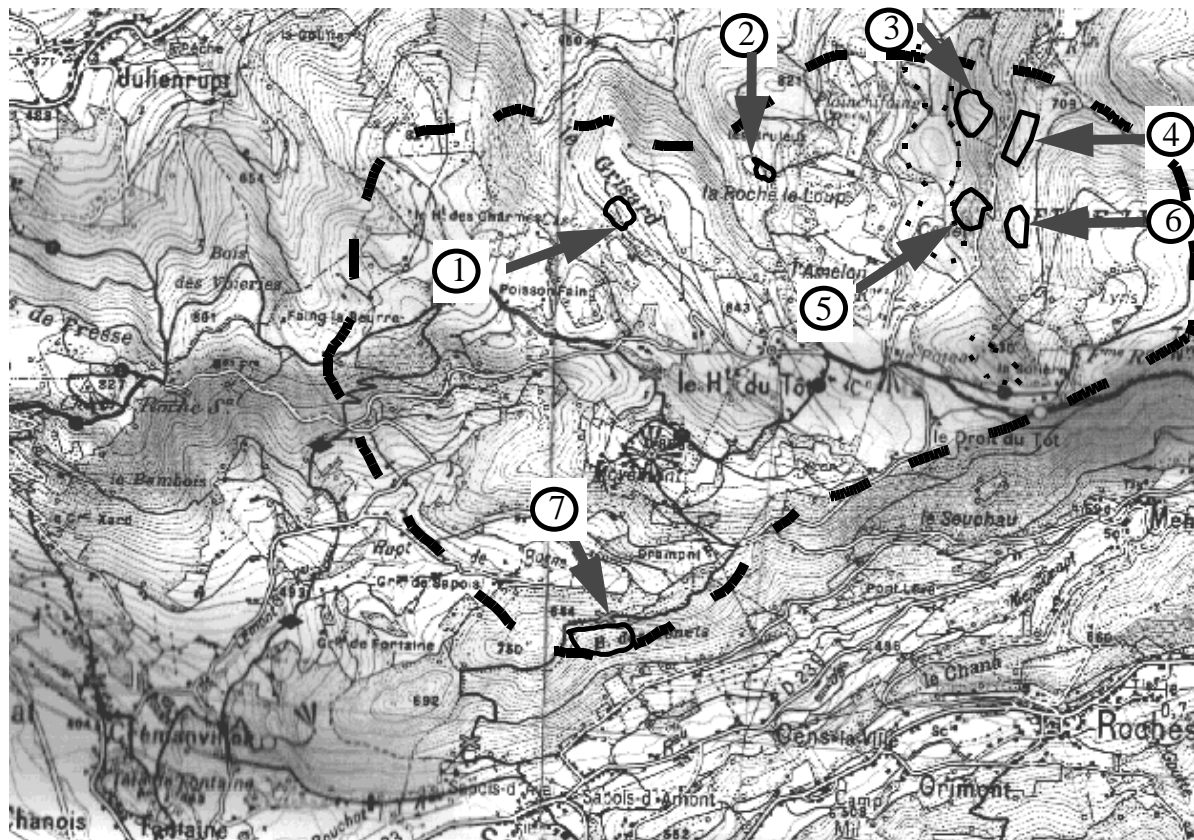
Deux sites ont été étudiés le long du ruisseau du Cellet : le Bas de Cellet et la Grange des Celles, ils étaient occupés par des petits glaciers alimentés en neige accumulée dans des niches de nivation telles que celles occupé par le site de la Feigne des Brûleux (glacier de la Froide Fontaine), de la Feigne des Gandes et des Celles (glacier du Cellet). Sur les dépôts morainiques omniprésents, se sont développés les sols bruns ocreux dans les secteurs secs, les sols hydromorphes dans les secteurs plus humides. La végétation est caractérisée par la canche (*Deschampsia flexuosa*) en milieu sec, alors que dans les secteurs humides, la sphaigne (*Sphagnum* sp.) est dominante. Les peuplements d'épicéa plantés sur les anciens sols agricoles sont clairs, mal venus et en partie jaunissants. La recrue naturelle est constituée essentiellement de jeunes sapins.

Le Haut-du-Tôt ne correspond pas à une réalité administrative. L'ensemble du plateau est réparti actuellement entre les communes de Vagney, du Tholy et de Sapois. Avant la restructuration des communes qui a eu lieu à la fin du XIX^{ème} siècle, les fermes du Haut-du-Tôt faisaient partie des communes du Tholy, de Rochesson et de Vagney. Puis les habitants ont réussi à s'entendre pour construire une église avec leurs propres moyens, au milieu des propriétés disséminées (830 m d'altitude) ; elle a été achevée en 1832. Un presbytère avec une salle d'école a été construit à côté. Une autre école a été construite en 1866. Ainsi, les habitants, éloignés auparavant de l'église et de l'école, n'étaient plus isolés et le Haut-du-Tôt fonctionnait comme une commune. Au Haut-du-Tôt, on comptait 80 ménages en 1832 (environ 500 personnes) et en 1990, 88 habitants pour 22 maisons (DIDIER, 1990).

Les sites étudiés sur le Haut-du-Tôt correspondent à des censes. D'après le cadastre de Vagney de 1835, la surface moyenne exploitée par ménage était de 3,25 ha (minimum 1,45/maximum 4,49) et la taille moyenne des maisons était de 3,39 ares (minimum 0,97/maximum 5,1). Sur le Haut-du-Tôt, les surfaces exploitées étaient essentiellement des champs et des prés. La classe d'imposition pour les champs était de cinq, sauf pour trois parcelles où elle était de quatre. Les prés ont été classés en quatre ou en cinq. Les terres agricoles étaient donc de faible valeur.

Figure 3-5 Les sites sur Haut-du-Tôt

Fond : Extrait de la carte IGN, Colmar-Munster-Gérardmer-St. Dié, éditée pour le Club Vosgien, 1985



3.1.2.2 Les versants "Vers" de Vagney, du Syndicat et de Rochesson

Quatre des six sites choisis (Solem, Haniroche, Demixiard, Pennecières) correspondent à des niches de nivation ou sont situés juste au-dessus de ces niches, qui font partie d'un "alignement de niches". Ces niches sont plus grandes et plus profondes que celles du Haut-du-Tôt (Fig. 1-2 et Fig. 3-6). Le site du Jossenfaing est un cirque glaciaire, dominé par le site du "Piéta" (voir "l'Atlas des sites"). Tous ces sites se trouvent à une altitude comprise entre 600 et 850 m et sont marqués par des pentes fortes (entre 20 et 35°). Les versants sont constitués principalement de granite des crêtes (granite plus riche en alcalin et alcalino-terreux que celui de Remiremont ou du Tholy, au Haut-du-Tôt). Quatre sites (Solem, Haniroche, Demixiard,

Pennecières) sont exposés à l'est et dominent les vallées glaciaires de la Moselotte. Deux sites sont exposés au nord au-dessus de la vallée du Bouchot (Jossonfaing, Piéta).

La Fig. 3-6 montre que les niches sont plutôt situées sur le versant court à l'est alors que des têtes de vallons se trouvent sur le versant long à ouest.

Malgré la présence de granite chimiquement "pauvre" ("Granite du Bramont"), ces sites sont plus riches que ceux du Haut-du-Tôt. Les sols sont des sols bruns, ou des gleys à proximité des ruisseaux qui existent dans toutes les niches étudiées. Les versants où se trouvent ces sites donnent une impression globale d'omniprésence de l'eau. La végétation est caractérisée dans la plupart des sites par la luzule (*Luzula luzuloides*), la fétuque (*Festuca altissima*) et la ronce (*Rubus fruticosus*). Sur les endroits humides, les sphaignes sont plus rares et ne forment pas de tapis denses comme sur le Haut-du-Tôt. Les plantations sont bien venues mais la recrue est plutôt rare.

Comme au Haut-du-Tôt, les sites étudiés sont des censives, installées à partir du XVII^{ème} siècle loin des villages, sur le versant "Vers" en "mitant" la forêt (Fig. 3-7). La volonté du duc de Lorraine, au début du XVIII^{ème} siècle, consistait à fixer la nouvelle population venue de la plaine d'Alsace, de la Suisse et du plateau lorrain. Les nouveaux censitaires devaient bâtir des maisons solides dans des censives excentrées par rapport au village. En contrepartie, le duc les autorisait à pâturer sur les chaumes. A partir de la Révolution Française, les fermes sont devenues communales, pour être rachetées par la suite par des particuliers (HOLLARD, 1996). Les habitants du Solem, de la Haniroche, du Demixiard et des Pennecières pouvaient se rendre aux hameaux Nol et Zainvillers (hameaux sur le territoire de la commune de Vagney) ou à Vagney même. Les habitants du Jossonfaing et du Piéta se rendaient peut-être aux "Truches" (hameau sur le territoire de la commune de Rochesson) ou au village de Rochesson, voire à la Bresse, qui se trouve à 3 km seulement à vol d'oiseau.

La taille moyenne des exploitations (surface par ménage) était un peu supérieure à celle du Haut-du-Tôt 3,86 ha (minimum 2,16/maximum 4,88). Les maisons sont également plus grandes : 4,06 ares en moyenne (minimum 3,55/maximum 5,1). Les classes d'impôt étaient plus élevées que sur le Haut-du-Tôt, ce qui indique que ces terres étaient plus riches. THIRIAT (1866) décrit un des sites (Pennecières) comme "propriété considérable" ce qui fait référence à sa richesse relative. Par la suite, au début du XX^{ème} siècle, la plupart des parcelles a été rachetée soit par la commune soit par des privés (marchand de vin ou de bois, par exemple) et a alors été boisée, ce qui a abouti à des propriétés forestières relativement importantes et plus faciles à gérer comparées aux boisements en timbre-poste des années 1950 à 1980.

Figure 3-6 La situation de l'ensemble des niches sur le versant est de la vallée de la Moselotte

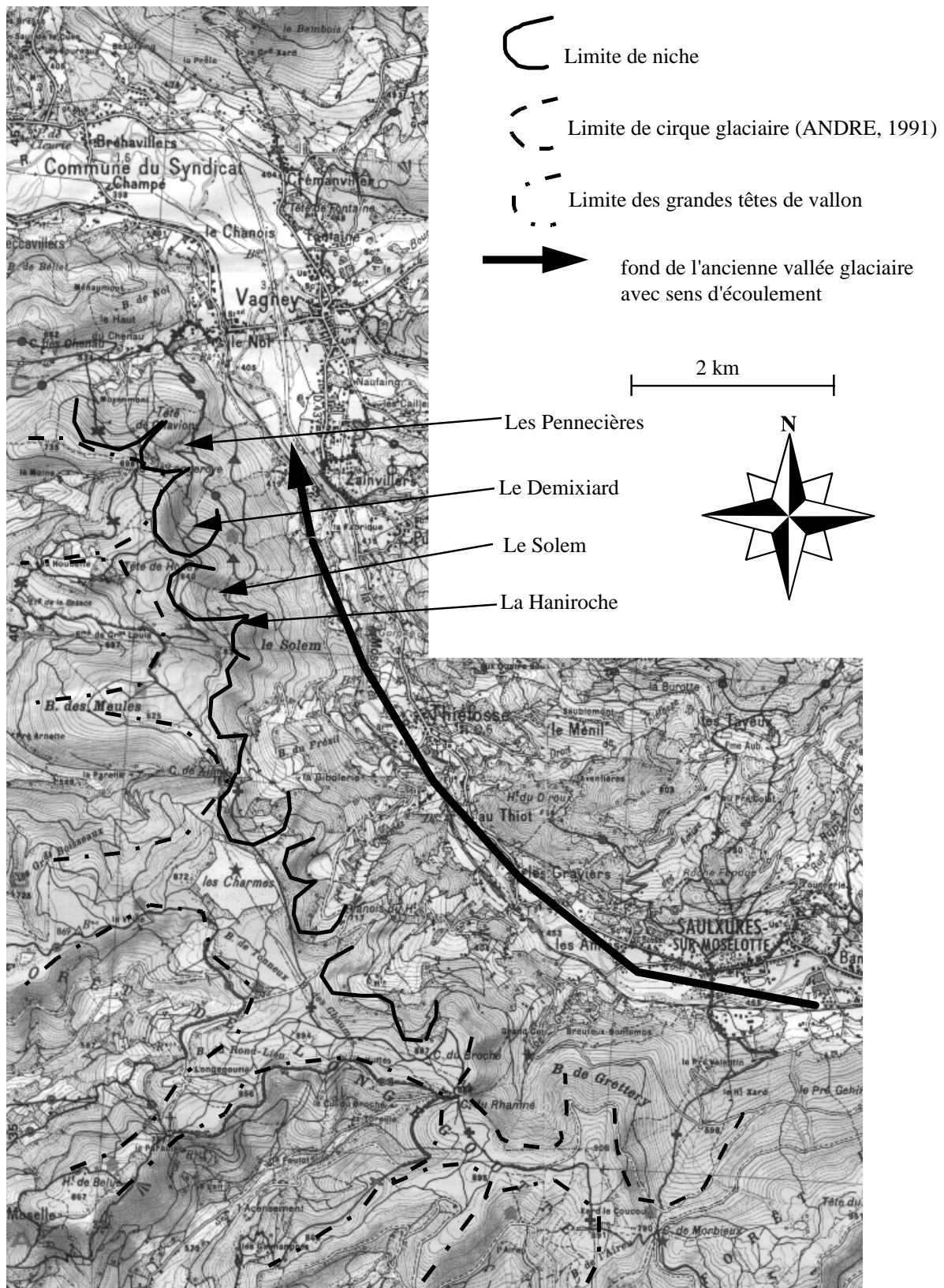
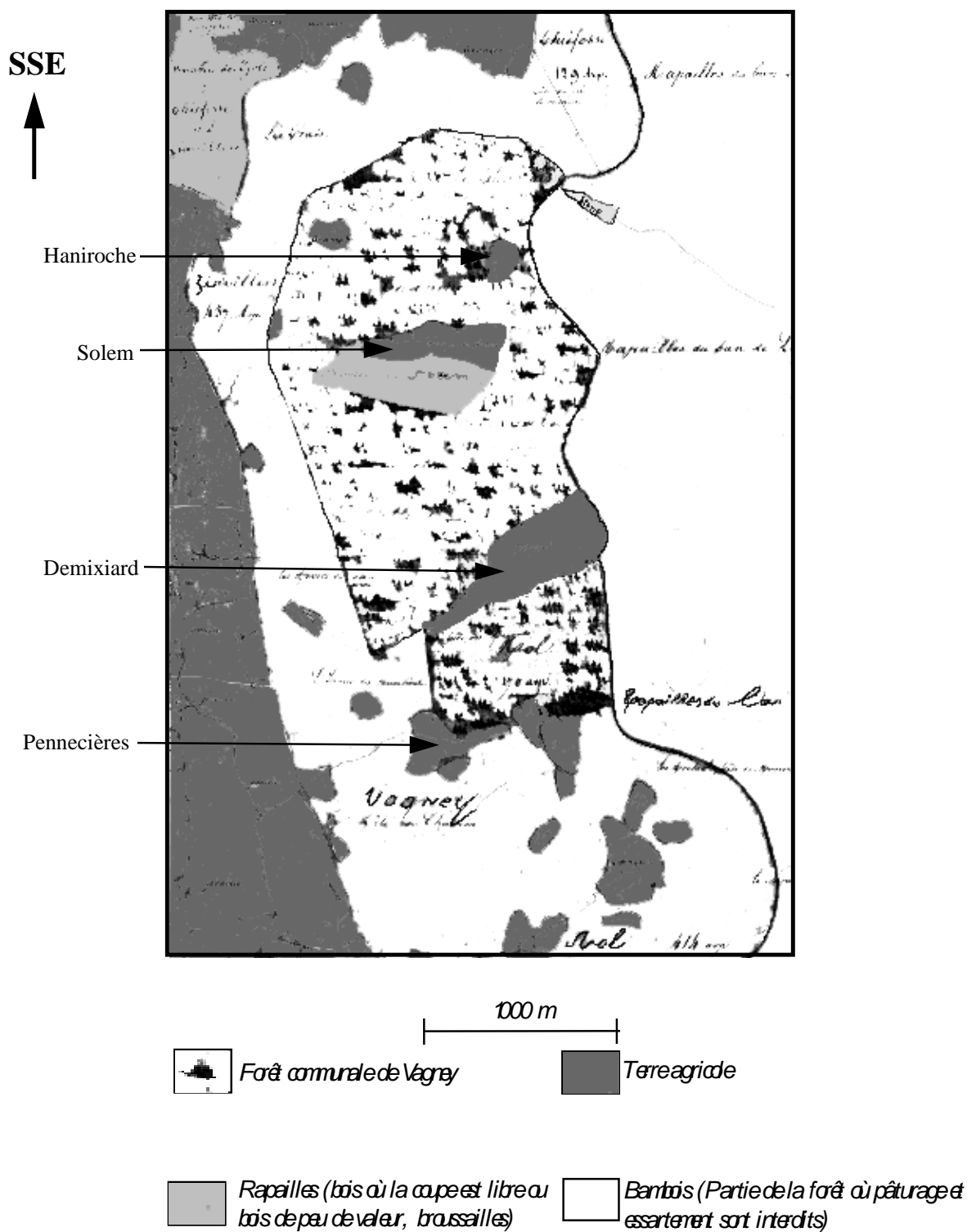


Figure 3-7 D'après un extrait du Plan général et arpentage de tous les bois appartenant au ban de Vagney dressé en 1764 (ADV 2-Fi-2770)

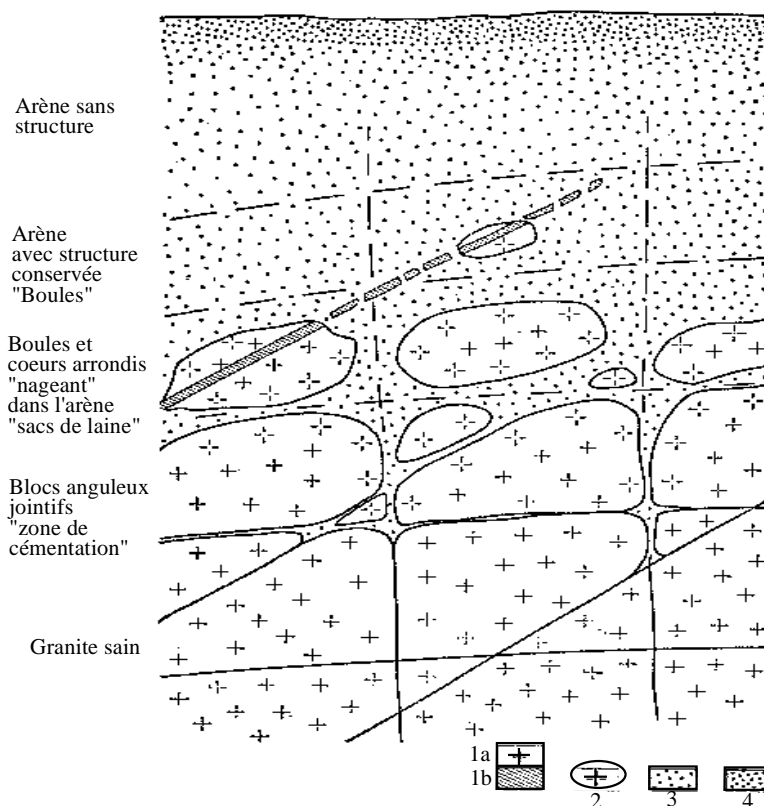


3.1.2.3 Les fermes de la crête des Vosges

Les deux sites, la Capitaine et le Pré-de-Raves, se trouvent proches de la crête à 900 m d'altitude, à proximité du col du Bonhomme (Fig. 1-2). Il s'agit des sites les plus élevés. Les formations superficielles sont des arènes plus ou moins remaniées par les périodes froides, qui offrent une épaisseur très variable de quelques centimètres à quelques mètres. Ces arènes résultent d'une altération physico-chimique des granites et des gneiss, dont le produit, l'altérite, a une consistance sableuse (Fig. 3-8). Cette altération a été d'autant plus efficace que le climat est plus doux et humide. Ces arènes sont un héritage des périodes tempérées interglaciaires ou peut-être encore plus anciennes. GODARD (1977) note qu'elles sont difficiles à dater. Le processus de l'arénisation progresse le long des diaclases d'espacement métrique, laissant subsister des volumes sains ("boules") (GODARD, 1977). Localement, un lavage ou un glissement des arènes qui enveloppent les volumes restés sains peuvent créer des "tors", c'est à dire un empilement de "boules". On peut observer un tor au-dessus de la route entre Plainfaing et le col du Bonhomme (GODARD, 1977, BRGM, 1978). Suite aux événements périglaciaires (solifluxion ou gélifluxion), ces arènes ont été fréquemment déplacées (litées ou fauchées), elles portent souvent des convois à blocs (VALADAS, 1983) tels qu'on peut les observer à proximité de la Capitaine (Fig. 3-9).

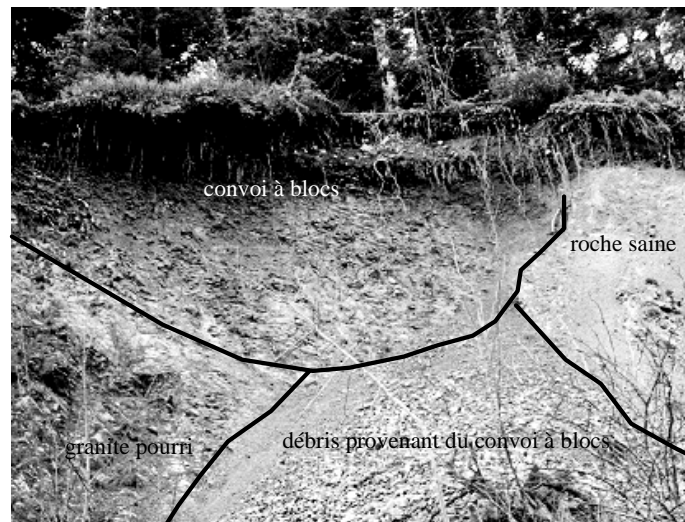
Ces sites, également des anciennes censes, sont très excentrés par rapport aux hameaux. Leur situation en altitude indique qu'il s'agit d'anciennes fermes sur les "chaumes", dont les ressources étaient principalement fondées sur l'élevage extensif, mais pouvaient également provenir de leur rôle en tant que relais de chevaux pour les voyageurs qui passaient le col.

Figure 3-8 Profil d'une arène en place (GODARD, 1977)



1, Roche saine : a, Granite frais, b, Filon sain ; 2, Granite cohérent en voie d'altération ; 3, Arène granitique ; 4, Sol, éventuellement sur couverture limoneuse

Figure 3-9 Convoi à blocs proche de la Capitaine



3.1.2.4 Les fermes anabaptistes des fonds du vallon

Les deux sites (la Cude et le Muesbach) se trouvent dans des fonds de vallon exposés au nord ou nord-est à des altitudes allant de 600 à 800 m, ils sont proches d'un ruisseau. La Cude se situe dans la commune de Gemaingoutte à 12 km à l'ouest de S^t Dié. Le Muesbach est localisé sur le versant alsacien sur le territoire de la commune de Ribeauvillé. Les deux sites se placent donc en dehors de l'influence des glaciers. Cependant, ils sont très différents en ce qui concerne leur substrat géologique et leurs formations superficielles. Les formations superficielles aréniques dérivant des granito-gneiss sont omniprésentes à la Cude. Au Muesbach, nous avons observé des éboulis de blocs gréseux qui résultent du détachement des blocs d'un banc de grès. Les versants sont fréquemment couverts d'un mélange de blocs et de sable, auquel s'ajoutent des galets issus du grès (conglomérat). La granulométrie des débris est très pauvre en limon, fraction nécessaire au déplacement par solifluxion. En conséquence, les matériaux sont, comparés aux arènes, relativement stables sur le versant.

Ces deux sites ont été regroupés en raison de leur histoire commune, facteur explicatif principal des conditions actuelles du milieu. Les deux sites sont d'anciennes fermes exploitées par des anabaptistes (protestants chassés du canton de Berne en Suisse). Installés en Alsace depuis le XVIII^{ème} siècle, ils avaient adopté de nouvelles pratiques agricoles qui se fondaient sur une optimisation de l'exploitation du milieu. Ils ont ainsi augmenté le nombre de têtes de bétail pour assurer une fertilisation abondante des champs et des prés. En Alsace, dont le territoire de la Grande Cude faisait partie avant la Révolution Française, ils habitaient de manière isolée dans des fermes (KOERNER, 1993, 1994). Ils avaient des relations entre eux depuis la Suisse jusqu'en Angleterre. Contrairement à d'autres sites, il n'y avait pas d'aménagement en "banquette anthropique" et les parcelles de champs étaient groupées par mode de mise en valeur pour augmenter la rentabilité. Sur les champs de grande taille, on cultivait des légumineuses et d'autres plantes fourragères avec quelques apports de chaux. Les pâtures étaient de grande taille afin de nourrir un troupeau important. Au milieu du siècle dernier les Anabaptistes ont, en grande partie, migré aux Etats Unis (SEGUY, 1977).

3.1.2.5 Les versants "Droit" de Vagney (Malracine), de Sapois et de Gerbepal (Haut-de-la-Sappe)

Ces trois sites, Malracine, Droit-de-Sapois et Haut-de-la-Sappe, sont exposés respectivement au sud, au sud-est et au sud-ouest.

Les sites du Droit-de-Sapois et de la Malracine sur le Droit de Vagney dominent les vallées glaciaires du Bouchot et de la Moselotte (Fig. 1-2). Ces vallées sont en forme d'auge, avec un fond relativement plat et des versants escarpés. Les matériaux morainiques peuvent être piégés dans des niches et des cirques qui sont souvent cernés par des affleurements rocheux (avec, dans quelque cas, des éboulis). D'après ANDRE (1991), des placages morainiques apparaissent jusqu'à 450 m au-dessus du fond des vallées principales alors que les blocs erratiques existent encore 100 m plus haut. La végétation de la strate herbacée est surtout caractérisée par la fétuque et la ronce. Les sols sont principalement des sols bruns.

Les trois sites sont d'anciens terrains communaux vendus à des agriculteurs-ouvriers au cours du XIX^{ème} siècle. Le Droits-de-Sapois et le Haut-de-la-Sappe étaient des essarts, celui du Haut-de-la-Sappe ayant été essarté après la création du premier cadastre. En conséquence, il n'existe pas de plan de la répartition des parcelles pour ce site.

3.1.2.6 L'exception du versant "Vers" de Gemaingoutte

Le site du Beulay se trouve à mi-versant à une altitude comprise entre 580 et 750 m, sur des formations superficielles provenant du granite de crête. Il est exposé au nord et au nord-est. La majeure partie du finage de la commune de Gemaingoutte étant exposée au nord-ouest, les habitants ont utilisé le versant du Beulay comme un versant "Droit". Les modelés anthropiques sont omniprésents et ont oblitéré les traits du versant périglaciaire. Les sols sont des sols bruns qui contiennent de la matière organique jusqu'à un mètre de profondeur dans quelques cas. Les parcelles étudiées sont dispersées le long du versant. Dans les peuplements, la ronce est très abondante.

3.2 LES PARCELLES AGRICOLES : TAILLE ET REPARTITION

3.2.1 La taille des surfaces des anciennes parcelles agricoles étudiées

La surface des sites a été dans la mesure du possible indiquée dans le Tabl. 3-4. Elle donne des indications sur les activités humaines dans l'espace. Les plus grandes parcelles du cadastre napoléonien correspondent aux forêts anciennes, puis, par surface décroissante viennent ensuite les pâtures, les prés, les champs et les jardins.

De grandes forêts, telle celle de Vagney (303,2 ha), existaient alors, presque toujours situées sur les "Vers" ou sur les plateaux comme celui du Haut-du-Tôt occupé par la forêt domaniale de Housseramont (117 ha). Des forêts de plus petite taille existaient, principalement sur les "Droits", dont certains ne portaient que de petites surfaces boisées, comme la forêt à la Malracine (18,42 ha).

Après les forêts, se sont les anciennes pâtures qui occupent, en moyenne, la surface la plus étendue sur les sites. La taille des parcelles de pâture dépend ici de l'ancienne organisation de l'espace rural. En effet, les grandes parcelles de pâture correspondent aux "Droits". Ailleurs, notamment au Haut-du-Tôt, elles sont rares et petites. Au Haut-du-Tôt, certains secteurs cadastrés comme pâtures n'ont pas été étudiés, parce qu'ils correspondent plutôt à des chemins (voir chap.2.2.4).

La surface en champs indique en partie la richesse de l'exploitant. En effet, il fallait du fumier pour maintenir une certaine fertilité des parcelles et une production importante de fumier demandait beaucoup de bétail. Les Pennecières et la Cude ont la plus grande surface en champs. C'est également à la Cude qu'existait le plus grand pré de toutes les parcelles étudiées. Sur l'ensemble des sites, les anciens prés occupent plus de surface que les anciens champs, ce qui tient peut-être aux conditions climatiques, peu favorables à la céréaliculture.

Les jardins qui ne font pas partie de l'ensemble "sol et maison" sont relativement rares, cinq seulement ont été observés. Le climat ne favorisait pas le développement de la culture maraîchère : dans la plupart des cas, seul le minimum nécessaire à l'alimentation familiale était cultivé.

Tableau 3-4 Surfaces des anciennes fermes (en hectares) d'après le premier cadastre

(*surfaces estimées d'après les plans du cadastre, les autres relevées dans "l'état du sol" et les folios¹⁾)

groupe de sites	sites	nombre de maisons	"sol et maison"	jardin	chemin	pré	champ	pâturage	bois (taillis)	total (sans bois)	moyenne par ferme
	Pissoire	1	0.041	?	?	3.294	0.742	0.415	1.367	4.492	4.492
Haut-du-Tôt	Feigne des Brûleux	2	0.1160	0.0147	?	2.116	0.5801	0.083	0.1710	2.90980	1.4549
	Feigne des Gandes	1	0.026	-	?	2.614	0.2942	-	-	2.9342	2.9342
	Celles*	1	0.0416	0.02	-	3.00	0.5958	-	-	3.6574	3.6574
	Grange des Celles*	1	0.0097	-	-	2.47	-	-	0.7280	3.2077	3.2077
	Bas de Cellet*	1	0.027	?	?	2.945	0.776	-	-	3.748	3.748
	Senét	1	0.0303	-	?	?	1.265	?	?	1.2953	1.2953
	Solem	2	0.071	0.0653	?	2.662	1.417	5.2551	0.283	9.7574	4.8787
versants "Vers"	Pennecières	2	0.1243	?	0.139	2.258	8.111	1.348	0.95	11.9803	5.99
	Demixard	2	0.071	-	0.212	7.041	0.969	0.507	?	8.8	4.4
	Hanroche	1	0.051	0.0135	?	1.576	0.418	0.099	?	2.1575	2.1575
	Jossonfaing*	3	?	?	?	?	?	?	?	9.6	3.2
	Piéta*	1	?	?	?	3.785	0.2365	-	-	4.0215	4.0215
fermes de la crête des Vosges	Capitaine	1	0.062	?	?	10.177	1.303	1.415	0.034	12.957	12.957
	Prés de Raves	1	0.0217	0.015	?	1.5837	0.1863	-	0.3939	1.8397	1.8397
fermes anabaptistes	Cude	1	0.07	?	?	10.478	6.41	5.0076	?	21.8956	21.8956
	Muesbach*	2	0.23	-	-	1.6	1.13	4.9	-	7.86	3.93
Versants "Droit"	Malracine	1	0.0188	-	?	0.783	0.471	-	-	1.2728	1.2728
	Droit de Sapois	? : exploité par les villageois	-	-	?	-	Les tailles des parcelles ont été très variables dans le temps				
	Haut-de-la-Sappe	?	-	-	?	-					
exception du "Vers" de Germaingoutte	Beulay	? : exploité par les villageois	-	-	?	-					

? : non déterminé

Quelques applications statistiques pour mieux caractériser les placettes étudiées

Le choix des sites et des parcelles reposait sur l'étude de parcelles comparables, c'est-à-dire de parcelles qui se distinguaient uniquement par leurs anciennes utilisations agricoles. En réalité cela n'est pas possible, l'homme ayant installé différentes parcelles à l'échelle métrique **en fonction de son environnement**. Quelles sont les raisons qui sont à l'origine du choix de l'emplacement pour l'installation des différentes parcelles agricoles et quelles sont les conséquences de ce choix pour l'interprétation des résultats de l'analyse des sols et de la végétation de cette étude ?

Il nous a donc semblé nécessaire d'analyser l'importance des facteurs physiques (sol, pente, eau, exposition ...) en fonction du mode d'usage du sol. Pour ce faire nous avons utilisé des méthodes statistiques appliquées à des valeurs relatives des facteurs physiques (valeur d'un facteur physique suivant une utilisation par rapport à la valeur du même facteur physique dans la forêt ancienne du même site). Les détails des méthodes statistiques et de l'obtention des valeurs relatives sont présentés en annexe (Chap.8.2).

Quatre paramètres, faciles à étudier, sont traités ici pour mieux comprendre ce problème. La distance d'une parcelle à la ferme ou au ruisseau était un facteur important dans l'organisation des sites. La proximité de la ferme peut traduire une richesse du sol due à l'ancienne présence humaine notamment par la concentration de matières fertilisantes par le bétail ou par l'homme. La proximité de l'eau correspond souvent à une fertilité relative plus élevée, l'eau et les éléments minéraux qu'elle apporte favorisant le recyclage de la biomasse. La pente et l'exposition sont des paramètres classiques, considérés *a priori* comme importants dans le choix de l'emplacement des parcelles. Pour l'analyse de l'exposition, les valeurs de la rose des vents ont été traduites en valeur de l'ensoleillement (Tabl. 3-5). Plus la valeur est élevée, plus l'exposition est favorable (s'approche du sud). La direction ouest a été pourvue d'une valeur plus forte que celle attribuée à l'est. Le nombre de placettes étudié est indiqué dans Tabl. 3-11.

Les résultats de ces analyses sont exposés dans les tableaux ci-dessous (Tabl. 3-6 à 3-10). Les paramètres sont listés dans l'ordre de leur importance décroissante : distance à la ferme, distance au ruisseau ou à la source, pente et exposition. L'exposition joue un rôle mineur pour le choix de l'emplacement des parcelles. Sur l'ensemble, après un test de χ^2 , il apparaît que le rapport des anciennes utilisations agricoles et de l'exposition n'est pas significatif. Les analyses entre utilisations anciennes et exposition ont donc été exclues des tableaux suivant (Tabl. 3-6 à 3-10). Toutefois, d'après les observations de terrain, les anciens champs ont été plutôt installés en expositions ensoleillées tandis que les anciens prés ont été moins favorisés. Les forêts anciennes se situaient dans les situations les moins favorables.

Le premier tableau (Tabl. 3-6) regroupe les résultats qui ont été obtenus sur l'ensemble des placettes ; le deuxième, ceux obtenus par groupe de sites. Les résultats par groupe de sites sont indiqués pour chaque paramètre étudié. Les résultats du groupe "pauvre" ne sont pas significatifs à cause du faible nombre d'échantillons. Les résultats par groupes de sites n'ont pas été détaillés, le nombre de placettes étant souvent trop faible ce qui peut introduire des artefacts. Cependant, ils peuvent servir à mieux comprendre les résultats des tableaux précédents.

La distance des placettes étudiées à la ruine, en valeur absolue, selon l'ancienne utilisation, est des plus éloignées aux plus proches : forêts anciennes, anciennes pâtures, anciens champs et anciens prés (ces deux utilisations étant à distances presque égales) et, les plus proches, les anciens jardins (Tabl. 3-6). Ceci est vrai pour tous les types d'anciennes utilisations agricoles si on se réfère aux valeurs relatives. Les pâtures des "Vers" font exception comme l'analyse par groupe de sites le montre (Tabl. 3-8) : ces pâtures sont proches des ruines.

Cet ordre correspondait au XIX^{ème} siècle à l'intensité du travail nécessaire pour les différents usages. En effet, pour travailler, cultiver et fertiliser les anciens jardins, les anciens prés et les anciens champs, il était plus avantageux d'avoir ces parcelles à proximité, alors que les pâtures et les forêts anciennes nécessitaient moins de soins. Le "Vers" de Gemaingoutte et les "Droits" ont été exclus. Ces sites appartenaient aux communes et les exploitants habitaient à différents endroits du village, à des distances variables des placettes.

Sur l'ensemble des placettes, l'ordre de la distance au ruisseau ou à la source par ancienne utilisation agricole, en utilisant les valeurs relatives, est le suivant : forêts anciennes, anciens champs, anciennes pâtures, anciens jardins et les plus proches, les anciens prés (Tabl. 3-6). Les forêts se trouvaient souvent sur sols minces, généralement là où la roche affleure. Les champs ont été installés souvent à l'abri d'un excès d'humidité pour favoriser la maturation des récoltes et prévenir les pourritures, fréquentes en raison du climat humide du Massif Vosgien (THIRIAT, 1866). Les anciennes pâtures peuvent se localiser de façon variable, de manière apparemment indépendante de la proximité de l'eau. Les anciens prés et les anciens champs sont très différents par groupe de fertilité (Tabl. 3-7). Il y a ainsi plus de sites pourvus d'eau dans le groupe "riche" que dans le groupe "pauvre", notamment si l'on compare les sites du Haut-du-Tôt avec ceux des "Vers" (Tabl. 3-8). Les anciens jardins sont presque aussi éloignés des ruisseaux et des sources que les prés (Tabl. 3-6). Le "Vers" de Gemaingoutte a été exclu du calcul en raison de son aménagement. Les banquettes anthropiques (chap. 2.2.2 et Fig. 2-6) sont tellement importantes, que l'influence du ruisseau sur la parcelle est négligeable.

La pente semble avoir un impact important pour l'installation des parcelles agricoles (Tabl. 3-6). D'après les valeurs relatives, l'ordre est le même que pour la distance à la ferme. En effet, les placettes pourvues de pentes les plus fortes sont d'abord les forêts anciennes, ensuite les

anciennes pâtures, les anciens champs et les anciens prés, les pentes les moins raides étant celles des anciens jardins. Néanmoins, la pente et la distance à la ferme (0.25 *) sont très faiblement liées (Fig. 3-10). Sur l'ensemble des sites, les pentes du groupe "pauvre" sont moins fortes que celles du groupe "riche" (Tabl. 3-7, Tabl. 3-10), ce qui est lié à la répartition des sols (sols bruns dans les versants, sols ocres principalement sur le plateau du Haut-du-Tôt, voir "l'Atlas des sites" en annexe, Chap.9)). Le "Vers" de Gemaingoutte a été exclu également ici du calcul en raison de son aménagement. Les banquettes anthropiques (chap. 2.2.2 et Fig. 2-6) effacent l'influence de la pente.

Tableau 3-5 Tableau de conversion pour l'ensoleillement

degrés rose des vents par rapport au Nord	valeur d'ensoleillement
330 à 360° et 0 à 30°	I
300 à 330° et 30 à 60°	II
60 à 120°	III
120 à 150 et 240 à 300	IV
150 à 240	V

Tableau 3-6 Analyse de quatre paramètres géographiques en fonction des anciennes utilisations agricoles

(La première valeur est la moyenne en mètres, la deuxième est la valeur relative, la lettre a ou b correspond au résultat du test de Bonferroni, voir les méthodes statistiques en annexe, chap.8.2). Pour les tests, seules les valeurs relatives ont été utilisées ; les anciens jardins et les anciennes pâtures ont été exclus suite à leur faible représentativité)

Ensemble des sites	forêts anciennes	anciennes pâtures	anciens champs	anciens prés	anciens jardins	F	DF
distance à la ruine (m)	153 / 1.45 a	103 / 0.97	85 / 0.90 b	76 / 0.89 b	33 / 0.33	16.65****	2,96
distance au ruisseau ou à la source (m)	134 / 1.27 ab	437 / 0.96	253 / 1.1 a	75 / 0.72 b	91 / 0.76	6.95**	2,91
pente en degrés	18.9/ 1.19 a	20.6 / 1.05	16.1 / 0.99 ab	13.9 / 0.92 b	8 / 0.59	3.72 *	2,96

Tableau 3-7 Analyse par groupe de fertilité de quatre paramètres géographiques en fonction des anciennes utilisations agricoles

(La première valeur est la moyenne en mètres, la deuxième est la valeur relative, la lettre a ou b correspond au résultat du test de Bonferroni, voir les méthodes statistiques en annexe). Pour les tests, seules les valeurs relatives ont été utilisées ; les anciens jardins et les anciennes pâtures ont été exclus suite à leur faible représentativité)

	forêts anciennes	anciennes pâtures	anciens champs	anciens prés	anciens jardins	F	DF
Groupe "pauvre"							
distance à la ruine (m)	122 / 1.30 a	seule la ferme anabaptiste du Muesbach possède des pâtures	97 / 0.91 a	87 / 0.89 a	10 / 0.11	ns	
distance au ruisseau ou à la source (m)	139 / 1.02		132 / 1	100 / 0.93	48 / 0.88	ns	
pente en degrés	17.2 / 1.21		13.5 / 0.97	11.2 / 0.85	5.5 / 0.68	ns	
Groupe "riche"							
distance à la ruine (m)	186 / 1.62 a	85 / 0.87	79 / 0.89 b	67 / 0.89 b	44 / 0.44	21.6***	2,55
distance au ruisseau ou à la source (m)	129 / 1.56 a	517 / 0.86	316 / 1.15 a	55 / 0.55 b	113 / 0.70	9.1***	2,50
pente en degrés	21 / 1.17	20.3 / 1.03	17.3 / 1	15.8 / 0.98	9.3 / 0.55	ns	

ns : non significatif

Tableau 3-8 Distance par groupe de sites de la placette à la ruine (valeurs absolues et valeurs relatives)

Groupes de sites	forêts anciennes	anciennes pâtures	anciens champs	anciens prés	anciens jardins
Le Haut-du-Tôt	122 / 1.3	-	83 / 0.82	87 / 0.91	15 / 0.18
Les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	138 / 1.56	70 / 0.80	78 / 0.95	63 / 0.91	55 / 0.66
Les fermes de la crête des Vosges	273 / 1.63	-	80 / 0.54	-	5 / 0.04
Les fermes anabaptistes	270 / 1.86	155 / 1.26	142 / 1.03	150 / 1.03	5 / 0.23
Les "Droits"	-	-	-	-	-
Le "Vers de Gemaingoutte"	-	-	-	-	-

Tableau 3-9 Distance par groupe de sites de la placette au ruisseau ou à la source (valeurs absolues et valeurs relatives)

Groupes de sites	forêts anciennes	anciennes pâtures	anciens champs	anciens prés	anciens jardins
Le Haut-du-Tôt	145 / 1.03	-	157 / 1.04	100 / 0.93	70 / 1.29
Les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	150 / 1.57	51 / 0.75	102 / 1.22	56 / 0.54	210 / 1.09
Les fermes anabaptistes	95 / 1.28	75 / 1.44	70 / 1.07	50 / 0.57	23 / 0.35
Les "Droits"	-	1200 / 1	1100 / 1	-	-
Les fermes de la crête des Vosges	40 / 1.6	-	13 / 0.7	-	10 / 0.4
Le "Vers de Gemaingoutte"	-	-	-	-	-

Tableau 3-10 Pente par groupe de sites (valeurs absolues et valeurs relatives)

Groupes de sites	forêts anciennes	anciennes pâtures	anciens champs	anciens prés	anciens jardins
Le Haut-du-Tôt	16.5 / 1.21	-	10.8 / 0.92	11.2 / 0.85	11 / 1.36
Les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	21.3 / 1.19	19.8 / 1.01	16.6 / 0.99	15.9 / 1	6 / 0.32
Les fermes de la crête des Vosges	16.7 / 0.1	-	15 / 0.89	-	2 / 1.23
Les fermes anabaptistes	25 / 1.48	22.5 / 1.17	21.3 / 1.18	10 / 0.67	2.5 / 0.17
Les "Droits"	25 / 1	20.7 / 1.05	20 / 1	19.3 / 0.8	-
Le "Vers de Gemaingoutte"	-	-	-	-	-

Tableau 3-11 Le nombre de placettes

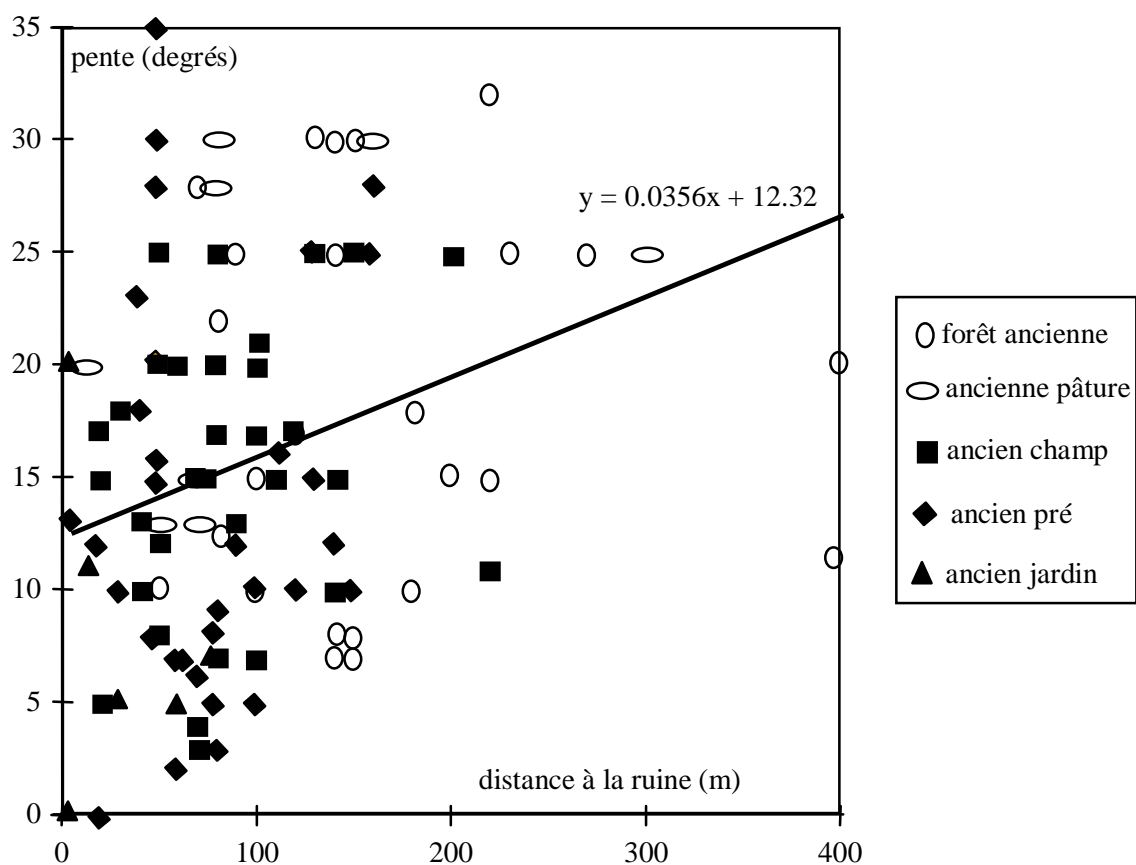
a) Le nombre de placettes pour la totalité des sites et par groupe de fertilité

ancienne utilisation	total	groupe "pauvre"	groupe "riche"
forêts anciennes	27	13	14
anciennes pâtures	12	2	10
anciens champs	39	12	27
anciens prés	33	16	17
anciens jardins	6	2	4
total	117	45	72

b) Le nombre de placettes par groupe de sites

par groupe des sites	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes de la crête des Vosges	fermes anabaptistes	les "Droits"	le "Vers" de Gemaingoutte	total
forêt ancienne	12	9	2	2	1	1	27
ancienne pâture		4		2	5	1	12
ancien champ	9	15	2	4	8	1	39
ancien pré	16	15	1	1			33
ancien jardin	1	2	1	2			6
total	38	45	6	11	14	3	117

Figure 3-10 Pente en fonction de la distance à la ruine



3.3 3.3

CONCLUSIONS

Pour mieux analyser statistiquement les effets des anciennes utilisations agricoles sur le milieu forestier actuel, nous avons effectué des groupements de sites, en tenant compte de la richesse du sol (groupe de fertilité), de la situation géographique et de l'impact humain.

Nous avons introduit quelques notions sommaires de statistiques qui nous ont permis et nous permettrons dans les chapitres suivants de mieux évaluer les paramètres mesurés.

L'installation humaine a suivi la logique de la diversité du milieu à l'échelle locale. Les disparités du milieu à l'échelle locale sont dues au relief (forme et taille du versant et degrés de pente) et à l'exposition. Ces disparités ont été amplifiées pendant les périodes froides du Quaternaire qui ont donné naissance à des matériaux glaciaires et périglaciaires d'une épaisseur très variable. La végétation reflète localement ces disparités du milieu. L'homme s'est plutôt installé sur des versants exposés au soleil. L'homme a donc choisi les sites de ses aménagements en fonction de leurs potentialités physiques. Les secteurs à sols plus épais, proches des habitations, ont été de préférence cultivés alors que la surface restante a été pâturée ou laissée en forêt (souvent pâturée d'ailleurs). Cette organisation était valable aussi bien pour les villages de fond de vallée que pour les fermes isolées localisées sur les versants.

L'homme a donc contribué à diversifier les milieux par son activité.

4 Impact des anciennes utilisations agricoles sur la richesse du sol

4.1 INTRODUCTION - POURQUOI S'INTERESSER AUX SOLS ?

Le sol est un système complexe et dynamique en interaction avec l'atmosphère, la biosphère, la lithosphère et avec l'homme, via les activités rurales et forestières. Dans les Vosges, les sols ont subi des modifications profondes suite aux défrichements et à la mise en culture. Les champs ont ainsi été soumis à des labours répétés, à des apports d'engrais et ont été irrigués. Les pâturages ont subi un piétinement. Ces perturbations ont eu lieu dans les horizons¹⁴ de surface mais ont pu se répercuter sur l'ensemble du profil pédologique¹⁵ (FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1991, BAIZE et JABIOL, 1995). Elles ont pu modifier les caractéristiques physico-chimiques des sols, leur température, leur aération et leur régime hydrique, ainsi que leur activité microbienne (DUTHIL, 1973). De même, les retours de matière organique au sol et la formation de composés organo-minéraux dans le sol subissent également les conséquences de ces perturbations. Les sols utilisés à des fins agricoles sont ainsi différents de ceux des forêts anciennes. Actuellement, dans le Massif Vosgien, beaucoup d'anciennes terres agricoles ont été boisées depuis le XIX^e siècle. Dans ce chapitre nous essayons de répondre à deux questions : **Quelles sont les conséquences des anciennes utilisations agricoles sur les sols des forêts actuelles ? Dans quelle mesure leur fertilité actuelle résulte des anciennes utilisations agricoles ?**

Pour répondre à ces questions, nous nous sommes limités à l'étude de quelques paramètres déterminants de la fertilité. Les paramètres choisis sont la granulométrie, l'azote et son isotope 15 (¹⁵N) dans le sol et dans une espèce herbacée, le taux de matière organique, le pH, l'aluminium (Al³⁺), le calcium (Ca²⁺) le potassium (K⁺) et le magnésium (Mg²⁺) échangeable ainsi que le phosphore assimilable.

4.2 METHODES D'ANALYSES DES SOLS

4.2.1 Les paramètres étudiés

Ce paragraphe décrit les paramètres étudiés et leur fonction dans les sols, selon les définitions des manuels de science du sol et d'agronomie (DUCHAUFOR, 1960, DUTHIL, 1973, FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1991, BAIZE et JABIOL, 1995).

La description du **profil** pédologique a été effectuée sur le terrain par horizon. Cette description permet de reconstituer en partie l'histoire (semelle de labour, épierrement), ainsi que les propriétés des sols. Nous avons noté les couleurs des horizons et la quantité de matériaux grossiers du sol.

¹⁴ La couverture pédologique montre des différenciations en couches plus ou moins épaisses, appelées horizons. Un horizon est homogène en ce qui concerne son aspect et ses caractéristiques physiques et chimiques. Il est perceptible à l'oeil nu sur le terrain.

¹⁵ Un profil pédologique est l'ensemble des horizons sur un axe vertical.

La **texture (granulométrie)** dépend notamment de la granulométrie de la roche-mère et du degré d'altération. Elle permet donc de reconstituer en partie la provenance des matériaux constituant le sol. Elle détermine le comportement physique du sol en ce qui concerne la circulation de l'air et la vitesse de drainage de l'eau. Elle conditionne donc l'aération du sol et sa capacité de rétention en eau et en éléments fertiles. Les sols étudiés sont bien aérés et drainés mais possèdent une faible capacité de rétention en eau, pouvant créer un stress hydrique en période de sécheresse. Ceci tient au fait que les sols étudiés situés dans le Massif Vosgien cristallin sont très pierreux, que ceux sur grès sont très sableux et que tous possèdent une texture sableuse à sablo-limoneuse (très peu d'argile).

4.2.1.1 L'azote

Dans le cadre de ce travail, il semblait indispensable de montrer l'effet des anciennes utilisations agricoles sur la nutrition azotée des végétaux actuels. L'azote est en effet un élément constitutif de toutes les cellules vivantes car il entre dans la composition des protéines, de l'A.D.N., des vitamines... L'azote est l'élément le plus répandu dans l'atmosphère, dont il occupe environ 80% du volume sous forme N_2 . Cet azote atmosphérique n'est toutefois pas utilisable directement par les plantes. Il ne peut être utilisé directement que par quelques micro-organismes du sol lors de la *fixation*¹⁶. Dans le sol, l'azote se trouve principalement sous forme organique dans la litière (matière organique fraîche) et dans les horizons supérieurs du sol (matière organique du sol). Toutefois, seul l'azote minéral (NO_3^- ou NH_4^+), qui n'existe quasiment pas dans les roches, contribue à l'alimentation azotée des végétaux. Ainsi, l'azote constitue fréquemment un facteur limitant de la production végétale.

L'azote minéral provient essentiellement de la minéralisation de l'azote organique et en quantité moindre, des dépôts atmosphériques. En forêt, la chute de la litière correspond à une arrivée de matière organique fraîche au sol. Cette matière organique fraîche est décomposée à la fois physiquement et biologiquement. La décomposition biologique est une fragmentation par la micro-faune du sol ou par des vers de terre, suivant les conditions du milieu. Cette fragmentation facilite une plus grande activité microbienne en augmentant la surface disponible.

Par la suite, on observe deux phases concomitantes. La première phase est une phase de minéralisation rapide de la matière organique facilement décomposable ; c'est une activité microbienne, qui transforme de petites molécules organiques azotées (acides aminés, bases azotées) en NH_4^+ (ammonium). C'est la minéralisation proprement dite, parfois appelée ammonification. Elle est éventuellement suivie de l'oxydation de l'ammonium en nitrate (NO_3^-) appelée nitrification. L'ammonium et le nitrate peuvent être en partie utilisés par des micro-organismes (réorganisation) et en partie par des végétaux supérieurs. La minéralisation varie avec les saisons : elle est importante au printemps et en automne.

La deuxième phase est celle de l'humification. Elle correspond à une stabilisation et à une condensation de la matière organique difficilement décomposable, augmentant ainsi le stock de matière organique stable. En effet, l'humification aboutit, suite à des réactions microbiennes et chimiques à des macromolécules organiques aromatiques et à la formation de complexes organo-minéraux (argilo-humiques). Dans les sols forestiers des Vosges, la durée de vie de ces molécules est très longue (elle peut être de plusieurs décennies). Toutefois, cette matière organique stable du sol continue à être minéralisée et constitue donc une réserve d'azote à long terme pour la nutrition des plantes. Chaque écosystème a ainsi un stock

¹⁶ La fixation de l'azote atmosphérique la plus connue est la fixation symbiotique, généralement dans les nodules, cellules de racines infectées par des micro-organismes, surtout chez les Légumineuses.

spécifique de matière organique qui se transforme à une vitesse différente selon la résistance à la dégradation.

Dans un sol en équilibre, le taux d'azote reste constant. Un indicateur de la vitesse de décomposition potentielle du stock de matière organique est son **rapport carbone sur azote (C/N)**. Un rapport C/N inférieur à 20 indique une minéralisation rapide de la matière organique. Si le rapport C/N est supérieur à 25, la minéralisation est lente et la nitrification est théoriquement inhibée, sauf s'il y a un apport supplémentaire d'azote, par exemple par dépôt atmosphérique ou par la fumure. De plus, un apport azoté provoque une baisse progressive du rapport C/N et accélère la minéralisation de la matière organique.

La nitrification (formation de NO_3^-) libère des protons (H^+) et abaisse ainsi le **pH** du sol. Mais, il est admis que dans un écosystème stable, l'acidité produite est neutralisée par d'autres processus, dont certains relatifs au cycle de l'azote, principalement la minéralisation et l'absorption de nitrate par les plantes et les micro-organismes (REUSS et JONHSON, 1986). Ces processus sont souvent décalés dans le temps : en conséquence, une acidité temporaire peut exister. Lorsque l'écosystème est en "équilibre" (apports et prélèvements peu différents), l'acidification et le drainage des nitrates sont limités ou inexistantes. Cependant, lorsque l'écosystème est en condition de déséquilibre liée aux stress climatiques (sécheresse), biotiques (parasites), anthropiques (polluants atmosphériques, coupe à blanc d'un peuplement forestier), les nitrates peuvent être excédentaires. Ils ne sont plus absorbés par les plantes, mais drainés et une acidification peut apparaître.

Les *pertes* par drainage, lessivage, par voie gazeuse (dénitrification, volatilisation) ou anthropiques (récoltes, exportations) dans des écosystèmes non perturbés sont généralement minimales (< à 5 kg d'azote par ha/an en forêt). Toutefois, la simple immobilisation annuelle d'azote dans le tronc peut atteindre 10 kg/ha. Des pertes accidentelles importantes se manifestent en conditions exceptionnelles, pendant des périodes d'engorgement des sols, de grande perturbation de la végétation (labour, éclaircie ou coupe à blanc d'un peuplement forestier) ou suite à des apports excessifs de nitrate. Dans les sols agricoles, une grande partie de l'azote est exportée sous forme de récolte et drainée. Les plantes absorbent préférentiellement l'azote sous forme ammoniacale ou nitrique, mais peuvent aussi indifféremment absorber l'une et l'autre forme. L'activité nitrificatrice des sols constitue donc un facteur de sélection des espèces végétales : les plantes absorbant préférentiellement le nitrate sont ainsi favorisées lorsque la nitrification est effective.

Pour résumer, le cycle de l'azote correspond à l'ensemble des transformations que subit l'azote dans la biosphère. La quantité d'azote dans le sol dépend des ces étapes. Dans le Massif Vosgien, le cycle de l'azote est parfois perturbé et déséquilibré (présence de nitrate dans les eaux de drainage). Les paramètres qui sont fréquemment utilisés pour estimer la minéralisation de l'azote donc la nutrition azotée de la végétation sont le pH et le rapport C/N.

L'abondance naturelle en ^{15}N a été utilisée comme outil pour retracer les anciennes pratiques. Il existe différents isotopes de l'azote. A l'état naturel stable on trouve surtout l'isotope ^{14}N et en quantité beaucoup plus faible l'isotope ^{15}N . Ces isotopes de l'azote ont le même nombre de protons et d'électrons, mais un nombre différent de neutrons et par conséquent ils n'ont pas la même masse. Au cours de certaines réactions chimiques ou microbiologiques auxquelles participent les isotopes ^{14}N et ^{15}N , ^{15}N est plus lourd, réagit moins vite et se retrouve ainsi en proportion plus grande dans le substrat. De son côté, le produit contient moins de ^{15}N que le substrat. Cet effet est appelé la discrimination isotopique. Les principales réactions discriminantes sont la volatilisation d'ammonium, la nitrification et la dénitrification (MARIOTTI, LANDREAU et SIMON, 1988, CHAPIN, 1996).

L'abondance isotopique des sols est liée à leur activité nitrificatrice : la nitrification aboutit à la formation de nitrate, appauvri en ^{15}N , lequel est ensuite drainé, de sorte que le sol, à l'inverse, s'enrichit en ^{15}N . RIGA, VAN PRAAG et BRIGODE (1971) ont montré qu'un apport de fumier augmente la teneur en ^{15}N de l'horizon de surface pour différentes raisons. Tout d'abord, le fumier est enrichi en ^{15}N car la volatilisation d'ammonium par transformation rapide de l'urée du fumier discrimine fortement le ^{15}N . Ensuite, le fumier agit comme fertilisant et accélère ainsi les processus microbiens de minéralisation mais surtout, la nitrification, qui joue un rôle discriminant. Pour résumer, l'abondance isotopique en ^{15}N du sol n'est pas un paramètre de fertilité chimique mais pourrait servir comme traceur d'un apport d'azote et de l'intensité des processus microbiologiques.

La végétation peut également traduire cette discrimination. Elle est généralement appauvrie en ^{15}N par rapport au sol sur lequel elle pousse (GARTEN et VAN MIEGROET, 1994), soit parce que l'azote minéral à partir duquel elles se nourrissent est appauvri (cas d'une nutrition azotée à base de nitrate), soit parce que la nutrition azotée est discriminante. Cependant, HÖGBERG (1990) a montré qu'après un apport d'engrais azoté l'espèce herbacée *Deschampsia flexuosa* était enrichie en ^{15}N par rapport aux sols non fertilisés adjacents (sols témoins). L'hypothèse de HÖGBERG est que les engrais, en stimulant les différentes étapes du cycle de l'azote (minéralisation, nitrification et donc drainage), favorisent la discrimination et le départ rapide des isotopes légers. La nutrition des végétaux s'effectuait donc via un sol dont le stock d'azote était enrichi en ^{15}N . Dans notre étude, le rapport isotopique d'une fougère (*Dryopteris*) est étudié. Il s'agit de l'espèce herbacée la plus fréquente sur les placettes étudiées, c'est pourquoi elle a été choisie pour déterminer la relation entre le rapport isotopique et les anciennes pratiques agricoles. Le rapport isotopique de la terre fine a été mesuré en parallèle. Le nombre d'échantillons des deux compartiments étudiés (*Dryopteris*, terre fine) est classé par ancienne utilisation agricole dans le Tabl. 4-1 ci dessous. Les anciennes pâtures et les anciens jardins sont les moins représentés.

Tableau 4-1 Nombre d'échantillons étudiés pour l'analyse du ^{15}N par ancienne utilisation agricole

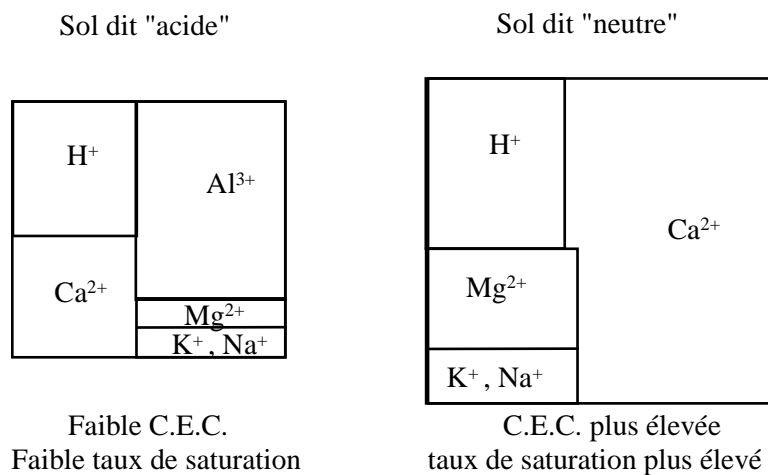
ancienne utilisation agricole	nombre d'échantillons $\delta^{15}\text{N}$ du <i>Dryopteris</i>	nombre d'échantillons $\delta^{15}\text{N}$ de la terre
forêt ancienne	20	21
ancienne pâture	6	9
ancien champ	24	26
ancien pré	19	19
ancien jardin	7	7

4.2.1.2 La Capacité d'Echange Cationique (C.E.C.)

La nutrition minérale des végétaux dépend de la fertilité du sol. Les cations échangeables sont un bon critère de l'évaluation de cette fertilité, notamment le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}) et le potassium (K^+). Dans le Massif Vosgien, il a été démontré qu'une carence en calcium et magnésium était partiellement responsable de l'aspect dépérissant des forêts (DAMBRINE, RANGER et GRANIER, 1992). Mais les sols contiennent aussi des cations qui peuvent s'avérer toxiques s'ils apparaissent abondamment, par exemple l'aluminium (Al^{3+}). Dans ce contexte il est intéressant de montrer les effets des anciennes utilisations agricoles sur les concentrations en éléments nécessaires ou toxiques pour la végétation. Les cations sont adsorbés sur des particules organiques, les acides humiques, ou minérales, dont les plus importantes sont les argiles. L'adsorption étant réversible, les ions adsorbés sont donc échangeables. La **capacité d'échange cationique** (C.E.C.) décrit la réserve totale en cations

échangeables d'un sol (Fig. 4-1). Elle est partagée entre cations alcalino-terreux dits "basiques" (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) échangeables et acidité d'échange qui comprend les protons (H^+) et les ions aluminium (Al^{3+}) échangeables. La C.E.C. est plus importante dans les sols argileux. Les sols acides possèdent une capacité d'échange plus faible que les sols "neutres". L'acidification du sol conduit à un remplacement des cations "basiques" échangeables par des H^+ ou de l'aluminium, ce qui correspond à une baisse du taux de saturation de la C.E.C. (Fig. 4-1). Dans le Massif Vosgien, les sols sont généralement peu argileux (faible C.E.C.) et acides (faible taux de saturation de la C.E.C. par les alcalins et alcalino-terreux). Le prélèvement de la biomasse de l'écosystème (coupe d'arbres, récolte et pâture) contribue également à l'appauvrissement et à la désaturation du sol en éléments minéraux au point du prélèvement, si la matière organique n'est pas restituée au sol, et à un enrichissement local au point où cette biomasse est apportée (DUCHAUFOR, 1960, DUTHIL, 1973, FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1991, BAIZE et JABIOL, 1995).

Figure 4-1 Schéma de la capacité d'échange en cations pour un profil



4.2.1.3 Le phosphore assimilable

L'objectif de l'étude du **phosphore** (P) assimilable est de comparer le taux de cet élément nutritif dans différents sols en fonction de leur ancienne utilisation pour l'employer comme traceur, par exemple des anciennes installations humaines. Cette démarche est fréquemment utilisée par les archéologues, car le phosphore est très stable dans le sol. Il n'est pas lessivé dans le sol et les quantités immobilisées dans le bois sont faibles. Le phosphore contribue à 0,1 à 0,5% de la matière végétale sèche. Les équilibres énergétiques, la photosynthèse ainsi que les codes génétiques des cellules sont réglés grâce à cet élément. Il est présent dans les sols, sous forme minérale (P_2O_5) issue de l'altération des roches (apatite), en solution, adsorbé en surface des colloïdes humiques et donc échangeable, fixé dans les argiles ou intégré dans des molécules organiques (DUCHAUFOR, 1960). La disponibilité en phosphore assimilable des sols forestiers dépend du pH, le phosphore utilisable par les plantes se trouvant lié à des acides organiques (DUTHIL, 1973, FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1991, BAIZE et JABIOL, 1995). Elle dépend également de la teneur en matière organique et de la constitution de la roche mère. Le phosphore peut être un facteur limitant de la croissance. Cependant, dans un système d'exploitation agricole, le phosphore absorbé par le bétail est en grande partie restitué par la fumure qui est retournée sur les champs.

4.2.2 L'échantillonnage sur le terrain et les analyses

Les méthodes d'analyse utilisées sont usuelles en pédologie. Seules les méthodes relatives à l'abondance isotopique de l'azote dans le sol ont fait l'objet d'une adaptation. Les prélèvements ont été effectués au centre de chaque placette dans une fosse pédologique d'une profondeur variable de 40 à 80 cm (Tabl. 4-2). Les sols minéraux ont été analysés par horizon pour faciliter la comparaison entre ces unités fonctionnelles du sol.

Tableau 4-2 Profondeur de prélèvement du sol sur le terrain

horizon	profondeur du prélèvement (cm)
premier horizon	0-5, 0-10
deuxième horizon	5-10, 5-15, 5-20, 10-20, 10-30
troisième horizon	15-30, 20-40, 30-40
quatrième horizon	30-60, 40-60

La description d'une fosse pédologique permet de caractériser le taux et la qualité des matériaux grossiers, notamment des blocs et des cailloux, l'enracinement et la couleur de la terre fine.

Pour les analyses, les échantillons ont été tamisés à 2 mm pour éliminer les éléments grossiers. Une partie des échantillons a été envoyée au Laboratoire d'Analyses des Sols de l'INRA à Arras pour l'analyse de la granulométrie sur la terre fine (tamisée à 2 mm) après destruction de la matière organique. Le taux de carbone organique y a été dosé selon la méthode ANNE (BONNEAU et SOUCHIER, 1979). L'azote total (minéral et organique) a été mesuré selon la méthode KJELDAHL et le pH du sol dans l'eau a été mesuré par pHmétrie (titrimétrie automatique). Le phosphore assimilable a été analysé selon la méthode DUCHAUFOUR (BONNEAU et SOUCHIER, 1979). Mis à part le pH, ces paramètres sont exprimés en g/kg. Le pH est exprimé en unités pH (Log_{10} de la concentration en H^+ mesurée en mol/l).

Les échantillons de terre prélevés pour les analyses de ^{15}N ont été tamisés à 2 mm et broyés à 50 μm . Les fougères prélevées ont été séchées à l'étuve à 65°C et également broyées à 50 μm . L'ensemble a été envoyé au service central d'analyse du C.N.R.S. à Vernaison où les échantillons ont été analysés grâce à un spectromètre de masse.

Les teneurs en ^{15}N s'expriment à l'aide d'un coefficient δ :

$$\delta = (R/R.\text{ét.} - 1) \times 1000$$

R : rapport isotopique $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ de l'échantillon mesuré

R. ét. : rapport isotopique $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ de l'azote-étalon atmosphérique

Dans cette étude, les valeurs concernant l'isotope ^{15}N sont exprimées en unité $\delta^{15}\text{N}$. Pour des raisons économiques, le nombre de placettes où le ^{15}N a été analysé, a été réduit par rapport au nombre de placettes étudiées pour la flore.

L'analyse des cations Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ échangeables a été effectuée à l'INRA-Nancy par E. AUBRY (élève de l'IUT Le Montet, Département Génie Chimique à Nancy). Les cations échangeables ont été extraits par une solution de NH_4Cl molaire. L'analyse des extraits a été effectuée par un spectromètre d'émission à plasma (PAGE, MILLER et KEENEY, 1982). Les teneurs en cations sont exprimées en cmol/kg (centimoles de charges par kilogramme de terre fine sèche).

La somme des cations "basiques" échangeables est égale à : $S = \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+}$ (en cmol/kg).

La capacité d'échange cationique (C.E.C.) est : $C.E.C. \text{ (en cmol}_c\text{/kg)} = S + Al^{3+} + H^+$. La quantité de protons n'a pas été mesurée à la torche à plasma, vue que leur quantité présente dans les sols était faible (résultat de la mesure du pH).

Le rapport S/T exprime le rapport en pourcent des cations "basiques" par rapport à la C.E.C..

Si le rapport S/T est faible le sol est considéré comme "acide". Plus le rapport S/T est proche de 100, plus les sols sont "fertiles" ou "riches".

La répartition des placettes échantillonnées est indiquée dans le Tabl. 4-3.

Tableau 4-3 Nombre de placettes et types d'analyse effectuée

ancienne utilisation	granulométrie	carbone total	azote total	pHeau	éléments échangeables	phosphore (P2O5, Duchaufour)	$\delta^{15}N$ du sol	$\delta^{15}N$ du <i>Dryopteris</i>
forêts anciennes	6	14	26	14	15	14	21	21
anciennes pâtures	4	9	11	9	9	9	6	6
anciens champs	7	22	33	22	22	22	24	32
anciens prés	6	15	27	15	15	15	19	30
anciens jardins	3	3	7	3	3	3	7	7
total	26	63	104	63	64	63	77	96

4.3 RESULTATS - LES CONSEQUENCES DES ANCIENNES UTILISATIONS SUR LES SOLS

4.3.1 Les comparaisons des profils pédologiques

Morphologiquement, les anciens sols cultureux possèdent un humus moins épais que les anciennes forêts (Fig. 4-2), signe d'une vitesse de décomposition de la matière organique fraîche plus rapide.

Les différences nettes entre les profils permettent généralement de déterminer s'il s'agit d'un ancien sol cultural ou d'un sol de forêt ancienne (Fig. 4-2). Dans les forêts anciennes, le premier horizon organo-minéral est moins épais (environ 5 à 10 cm) et plus foncé que dans les anciennes terres agricoles (environ 18 à 25 cm). Cette couleur plus claire indique un mélange du sol minéral avec la matière organique. La transition vers l'horizon inférieur est assez droite et nette. Cette modification est liée à l'activité anthropique. D'une part, le défrichement (coupe d'arbres et enlèvement des racines) d'un peuplement entraîne une destruction de la végétation et une incorporation de la matière organique de l'humus dans les horizons inférieurs. D'autre part, la mise en culture des anciens champs et des anciens jardins a entraîné d'autres perturbations permanentes (voir chap.2). L'apport d'engrais augmente la fertilité et en conséquence, la vitesse de dégradation des débris végétaux incorporés dans le sol. L'ancienne strate herbacée des anciens prés et des anciennes pâtures possédait des racines fines et très denses jusqu'à 30 cm. Ces racines se décomposaient au cours de la période végétative, et leur matière organique était alors incorporée au sol¹⁷. Le labour a homogénéisé les sols jusqu'à 20 cm de profondeur : la matière organique transférée en profondeur s'est

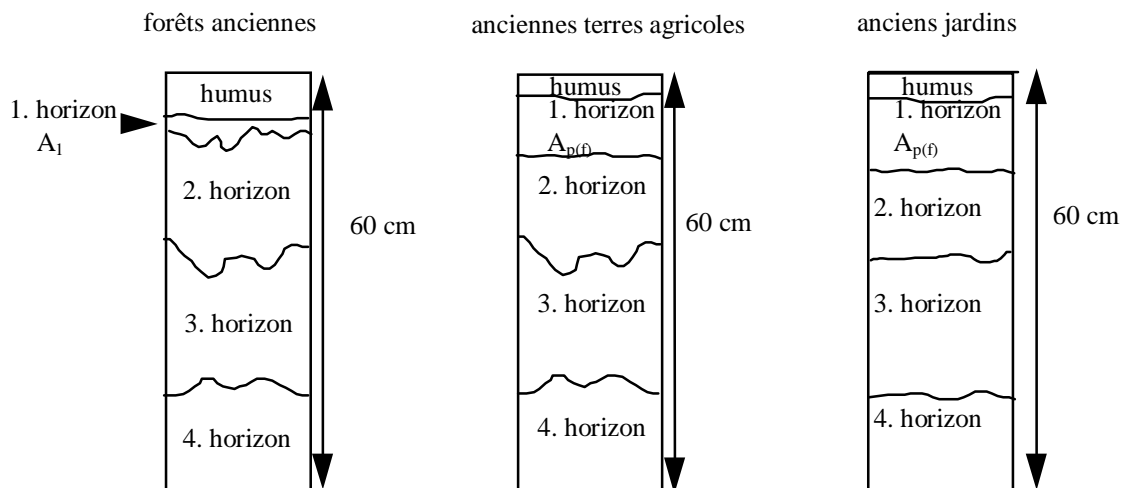
¹⁷ Après l'abandon de l'agriculture et la plantation des arbres, cette strate herbacée s'est complètement dégradée.

mélangée avec le sol minéral. Dans les anciennes pâtures le piétinement du sol par le bétail pouvait également provoquer le mélange de la matière organique avec le sol minéral en surface.

Après cessation des activités anthropiques et des plantations, la matière organique venant de la litière s'accumule de nouveau en surface. Les horizons agricoles sont cependant encore visibles. Le premier horizon (appelé $A_{p(f)}$) des anciennes terres agricoles est plus épais, moins foncé et sa limite est nette au contraire de celle ondulée et diffuse dans les sols des forêts anciennes. Ainsi, les profils des anciennes terres agricoles comportent à la fois des critères morphologiques de sol forestier et de sol agricole.

L'ensemble du profil des anciens jardins montre encore très bien leur caractère artificiel. Le deuxième horizon est plus épais que dans les autres profils. Les deuxième et troisième horizons des anciens jardins sont riches en matière organique avec la présence de poteries et le quatrième horizon correspond souvent à une couche des cailloux apportés.

Figure 4-2 Schéma des horizons pédologiques le plus fréquemment observé dans les forêts anciennes, dans les anciennes terres agricoles et dans les anciens jardins



4.3.2 Les matériaux grossiers et la granulométrie

Les résultats des analyses granulométriques (taux de matériaux grossiers, taux de sables et taux d'argiles) sont très variables d'un site à l'autre. La différence de granulométrie entre les anciennes utilisations (valeurs absolues ou valeurs relatives) n'est pas statistiquement significative. Sur le terrain, la granulométrie n'est pas forcément un bon facteur explicatif de l'impact des anciennes utilisations agricoles. En effet, la variabilité entre les sites (moyenne des placettes par site) est très importante et semble aléatoire ; la variabilité dans un même site est également très élevée, de façon souvent indépendante de l'ancienne utilisation. Nous nous contentons donc ici d'exposer les exemples de la Feigne des Brûleux et du Solem, les deux sites qui comprennent le plus grand nombre de placettes. Ces deux sites appartiennent à des groupes de fertilité différents ("riche" pour le Solem, "pauvre" pour la Feigne des Brûleux) ; leur granulométrie n'est toutefois pas représentative de leur groupe de fertilité.

Les profils contiennent plus de matériaux grossiers au Solem qu'à la Feigne des Brûleux. A la Feigne, en surface, les cailloux sont rares (Fig. 4-3 et Fig. 4-4). La quantité de cailloux est indépendante de l'ancienne utilisation agricole, mais est supérieure dans les forêts

anciennes. L'évolution en profondeur du "taux de cailloux" est assez parallèle à celle de la distribution de la "taille maximale des cailloux". L'ancien jardin contient toutefois des cailloux plus grands, notamment en profondeur, que les anciens champs et que les anciens prés. Ces cailloux ont été apportés pour aménager une "terrasse" de jardin et recouverts par de la terre fine (voir chapitre 2). Les anciens prés et les anciens champs sont comparables.

Au Solem, en surface, le maximum de cailloux apparaît dans les forêts anciennes, puis dans les anciens prés (Fig. 4-5 et Fig. 4-6). La taille plus grande des cailloux des forêts anciennes s'explique par le fait que ces sols sont peu profonds. La quantité la plus élevée de matériaux grossiers se trouve dans les anciens prés, dès le deuxième horizon. Dans les anciennes pâtures, le taux de cailloux est très peu élevé mais les cailloux sont de grande taille (blocs). Le profil a été anciennement perturbé et les cailloux présents proviennent de la destruction de l'ancien chemin qui passait au-dessus de la pâture. Le profil du jardin indique son caractère artificiel (encore plus qu'à la Feigne des Brûleux). Les pourcentages de cailloux de l'ancienne pâture, de l'ancien champ et de la forêt ancienne sont comparables dès le deuxième horizon. Ceci prouve que sur ce site, la présence de cailloux n'était pas un facteur important pour la détermination de la position des différentes parcelles agricoles après le défrichement. En surface, les anciennes terres agricoles sont différentes de la forêt ancienne, suite à un épierrement important.

Figure 4-3 Distribution du taux moyen de matériaux grossiers selon les anciennes utilisations agricoles à la Feigne des Brûleux

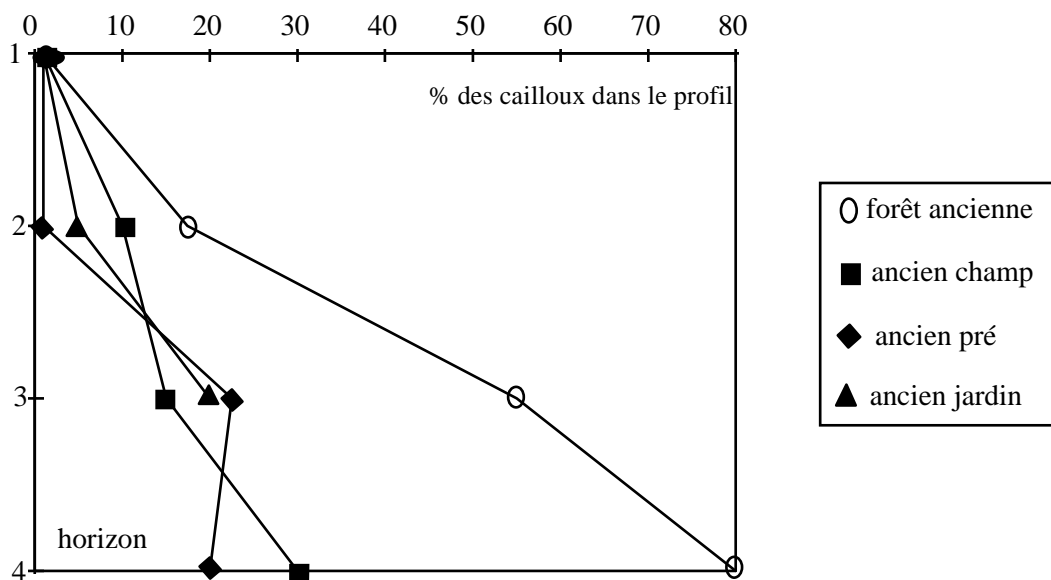


Figure 4-4 Distribution de la taille maximale des matériaux grossiers selon les anciennes utilisations agricoles à la Feigne des Brûleux

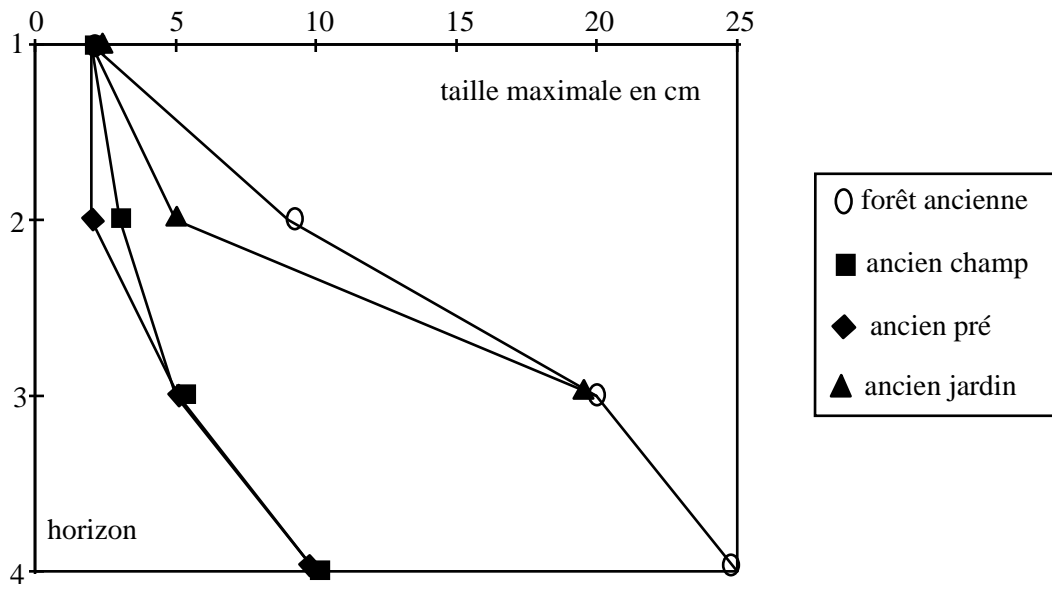


Figure 4-5 Distribution du taux moyen de matériaux grossiers selon les anciennes utilisations agricoles au Solem

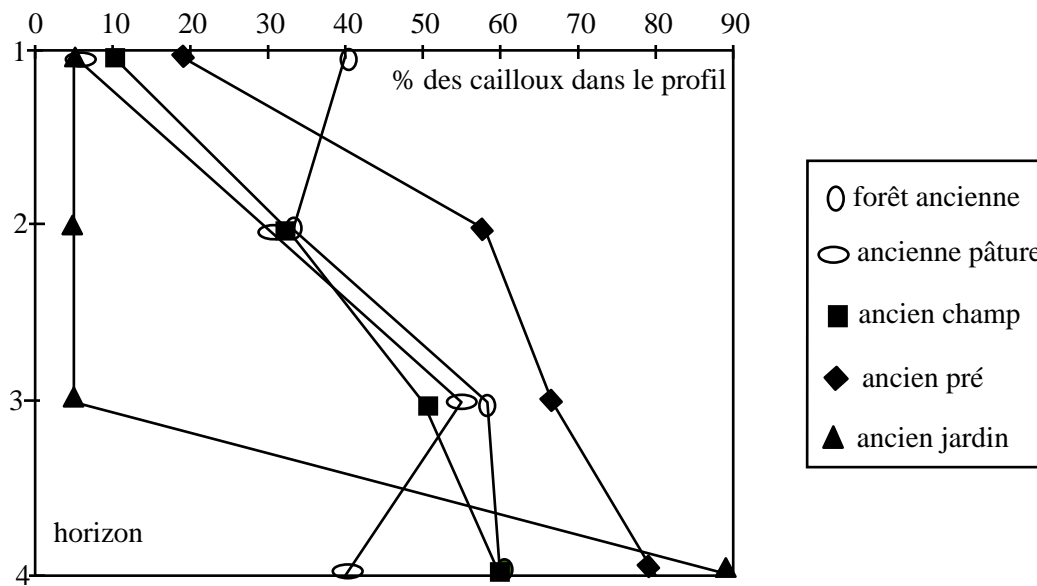
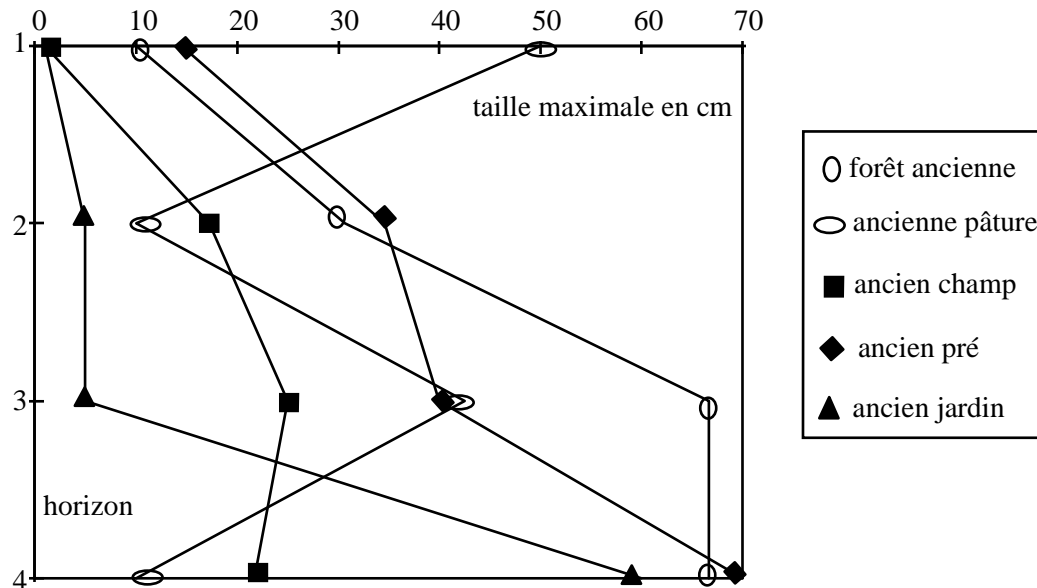


Figure 4-6 Distribution de la taille maximale des matériaux grossiers selon les anciennes utilisations agricoles au Solem



Les taux de sables et d'argiles varient moins à la Feigne des Brûleux qu'au Solem. A la Feigne des Brûleux, les sols les plus riches en argiles et les plus pauvres en sables sont ceux des forêts anciennes (Fig. 4-7 et Fig. 4-8). Rappelons qu'un taux d'argile élevé indique de meilleures conditions de rétention des cations "basiques", qui semblent ainsi se trouver en forêt ancienne. Le taux d'argile dans l'horizon supérieur est le plus faible dans l'ancien jardin. Au Solem, en surface, le taux de sable est relativement faible dans le sol de l'ancien jardin et élevé dans ceux des forêts anciennes. Le sol de l'ancienne pâture possède un taux de sable

semblable à celui de l'ancien jardin, ce qui peut s'expliquer par un caractère artificiel du profil de la pâture : une couche de terre aurait pu venir des terrains situés au-dessus. Le sol le plus argileux est celui de l'ancien jardin et le moins argileux celui de la forêt ancienne (Fig. 4-9 et Fig. 4-10). En profondeur, les teneurs sont semblables, mises à part dans le sol de la forêt ancienne où, de manière inexplicable, le taux d'argile du troisième horizon est plus élevé. Sur l'ensemble des sites, la variabilité de la texture des sols ne dépend directement de leur ancienne utilisation agricole, ce que suggèrent les deux sites détaillés ci-dessus.

Figure 4-7 Distribution de la proportion de sable de la terre fine selon les anciennes utilisations agricoles à la Feigne des Brûleux

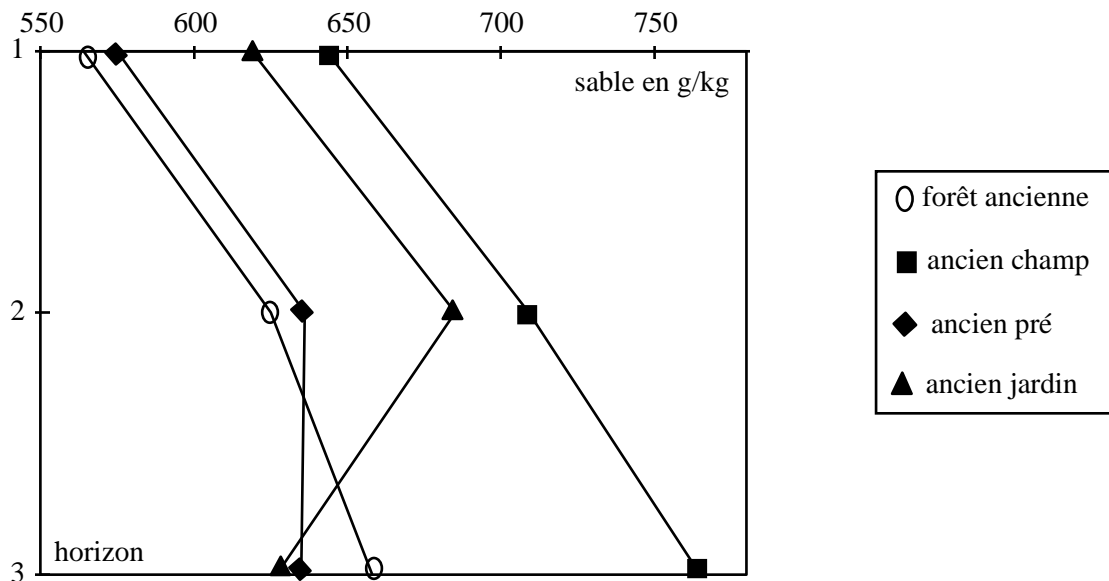


Figure 4-8 Distribution de la proportion d'argile de la terre fine selon les anciennes utilisations agricoles à la Feigne des Brûleux

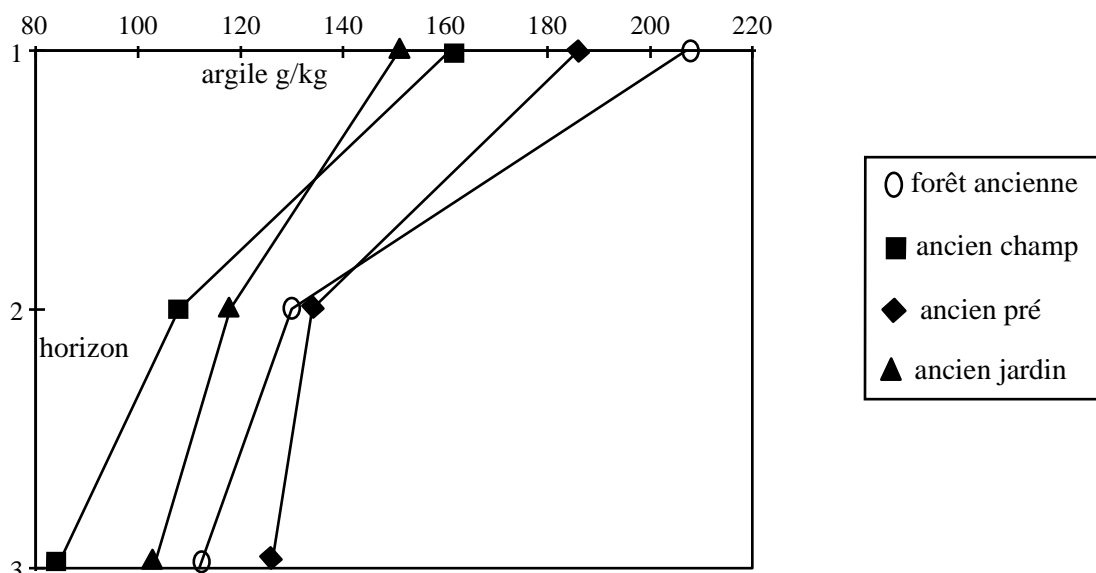


Figure 4-9 Distribution de la proportion de sable de la terre fine selon les anciennes utilisations agricoles au Solem

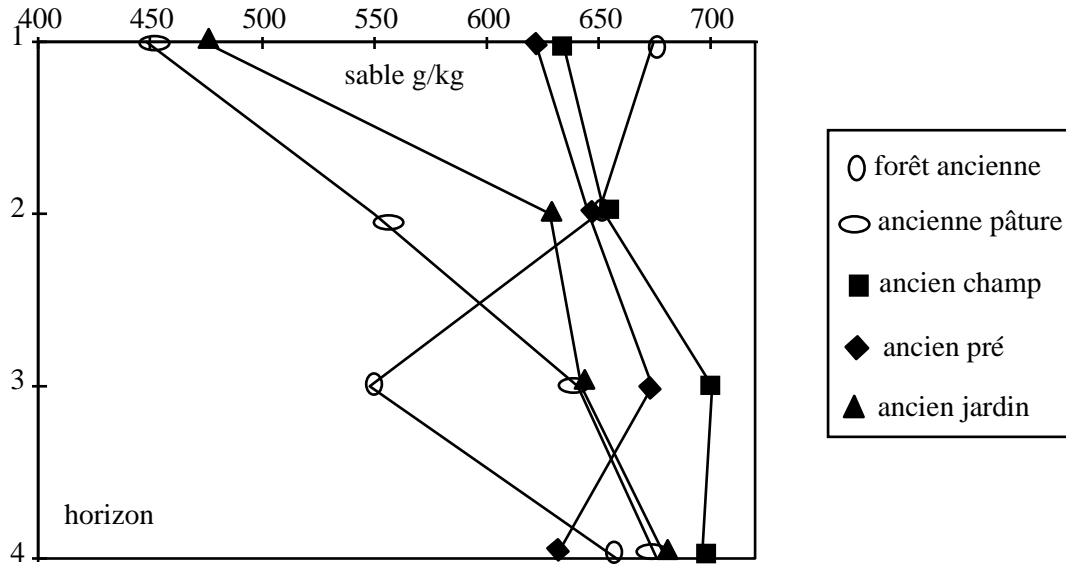
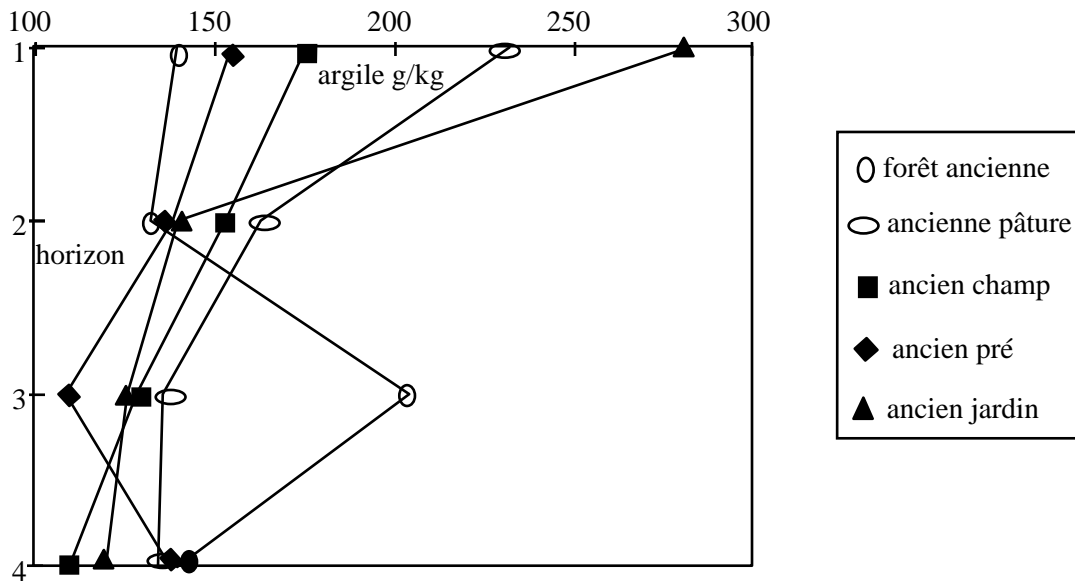


Figure 4-10 Distribution de la proportion d'argile de la terre fine selon les anciennes utilisations agricoles au Solem



4.3.3 Le rapport carbone sur azote (C/N)

La Fig. 4-11a montre qu'en moyenne le rapport C/N dans le premier horizon sur l'ensemble des placettes augmente dans l'ordre : anciens jardins - anciens prés - anciens champs - forêts anciennes - anciennes pâtures. Ainsi, les anciennes utilisations agricoles ont un impact positif sur la décomposition de la matière organique. Dans le deuxième horizon les anciennes utilisations agricoles semblent avoir également des effets positifs sur le rapport C/N. Dans cet horizon, les différences de rapport C/N entre les anciennes utilisations agricoles sont faiblement significatives ($F = 2.62^*$). Ces effets sont cachés par l'effet "site" ($F = 2.42^*$), c'est-à-dire par les variations de milieu physique entre les sites.

Une comparaison entre les sols anciennement enrichis (anciens prés, anciens champs, anciens jardins) et les sols anciennement appauvris (forêts anciennes, anciennes pâtures) montre des différences significatives ($F = 7.90^{**}$ dans le premier horizon et $F = 4.57^*$ dans le deuxième horizon).

L'ordre des valeurs moyennes des anciennes utilisations agricoles est le même dans les deux groupes de fertilité définis. Dans les deux groupes, les sols anciennement enrichis ont toujours un rapport plus favorable que les anciennes pâtures ou les forêts anciennes. Toutefois, dans le groupe "pauvre" (Fig. 4-11b), on observe que les rapports C/N sont plus élevés que dans le groupe "riche" (Fig. 4-11c).

Rappelons que le rapport C/N donne une indication de la vitesse de la minéralisation de la matière organique du sol. Ce sont les anciennes utilisations agricoles combinées avec les potentialités naturelles du site qui sont responsables du potentiel actuel de décomposition de la matière organique. Le mélange de la matière organique avec le sol minéral lors d'un ancien labour a favorisé le maintien d'un stock carboné représentant une énergie indispensable pour l'activité microbienne. De plus, le pH de la matière organique, initialement acide, augmente, suite au mélange avec le sol minéral moins acide (LOSSAINT et RAPP, 1960). Ces événements passés ont un effet actuel sur le fonctionnement du sol puisque les anciennes utilisations agricoles continuent à favoriser la décomposition et la minéralisation longtemps après l'abandon.

JUSSY (1998) a effectué des tests d'incubation du sol du premier horizon sur 14 de nos placettes, pour mesurer la minéralisation de l'azote et la nitrification en laboratoire sur une durée de quatre semaines. Les sols ont été prélevés à la Cude (ancien pré, ancien champ, ancien jardin et forêt ancienne), au Muesbach (ancien champ, ancienne pâture et forêt ancienne), au Solem (ancien jardin, ancien champ et forêt ancienne) et à la Feigne des Brûleux (ancien pré, ancien champ, ancien jardin et forêt ancienne). Avant comme après l'incubation, le pourcentage de nitrate¹⁸ dans le sol des forêts anciennes est toujours inférieur à celui du sol des anciennes parcelles agricoles. Après l'incubation, les teneurs en nitrate des anciennes forêts sont toujours très faibles. Elles ont en revanche fortement augmenté dans les anciennes parcelles agricoles à l'exception de l'ancienne pâture au Muesbach. La nitrification est donc plus élevée dans les anciennes parcelles agricoles, à l'exception de cette ancienne pâture du Muesbach où elle est inhibée. La différence entre "forêts anciennes" et "anciennes parcelles agricoles" est plus accentuée dans les deux sites sur substrats géologiques plus riches, la Cude et le Solem.

Le Tabl. 4-4 montre que le rapport C/N dans les sols des sites du Haut-du-Tôt varie très peu en fonction des anciennes pratiques. Par contre, la différence entre la valeur de C/N la plus basse et la plus élevée (amplitude) est la plus importante dans les anciennes fermes

¹⁸ Par rapport à l'azote minéral total du sol ($N-NO_3 + N-NH_4$).

anabaptistes. Les sites des "Droits" et des "Vers" occupent une place intermédiaire. Le C/N des anciennes pâtures sur les "Vers" est proche de celui des forêts anciennes alors qu'il s'agit de pâtures relativement bien situées à proximité des ruines et des ruisseaux. Ainsi, les anciennes utilisations agricoles expliquent les différences de rapport C/N puisque ce dernier n'est pas corrélé avec la distance à la ferme ou à d'autres paramètres géographiques.

Figure 4-11 Distribution dans les deux premiers horizons du rapport C/N en fonction des anciennes utilisations agricoles pour l'ensemble des sites (fig. a) pour le groupe "pauvre" (fig. b) et pour le groupe "riche" (fig. c)

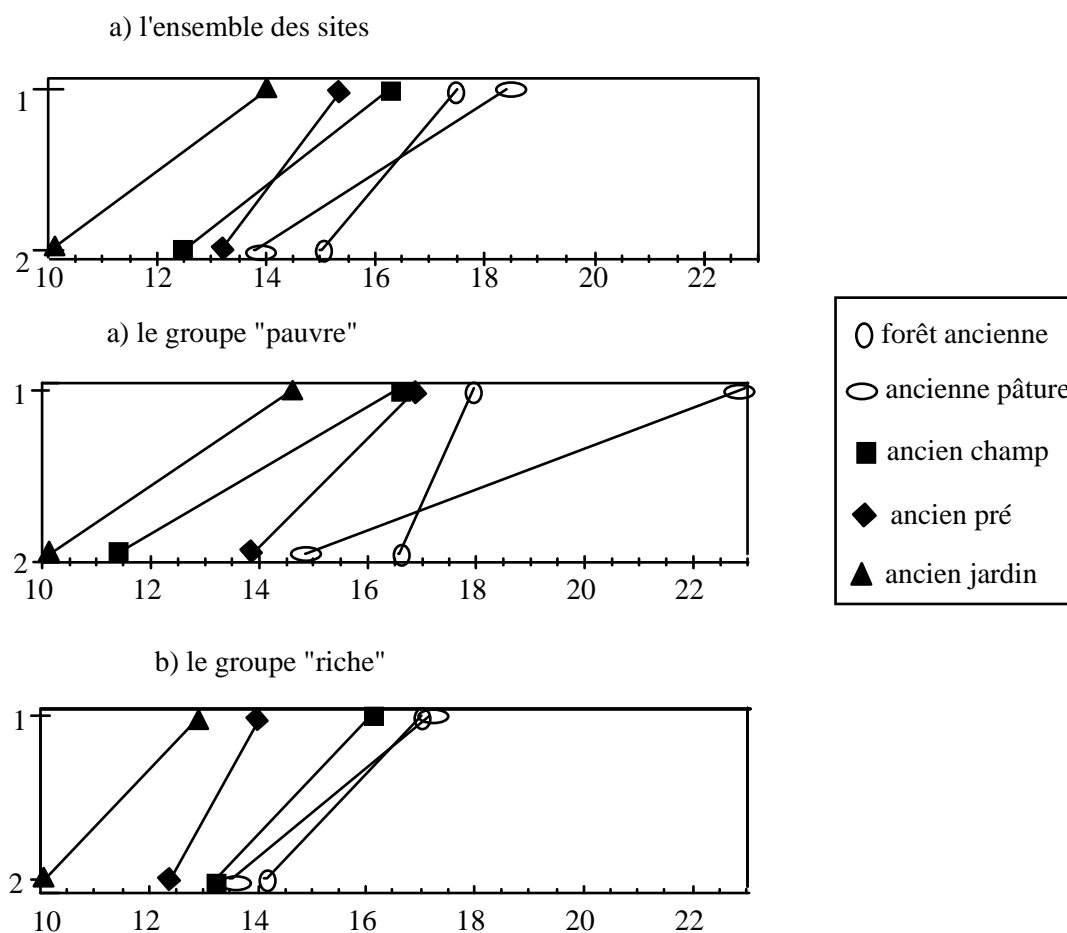


Tableau 4-4 Les moyennes du rapport C/N par groupe de sites et par anciennes utilisations agricoles

	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes anabaptistes	les "Droits"
forêt	16.5	17.1	21.9	
pâturage		16.9	22.9	22.2
champ	16.8	16.3	15.5	16.1
pré	16.9	14.1		
jardin	16.8		12.7	

4.3.4 Le $\delta^{15}\text{N}$

Les moyennes de $\delta^{15}\text{N}$ du sol et du *Dryopteris* sont classées selon les anciennes utilisations agricoles. L'ordre décroissant est le suivant : ancien jardin - ancien pré - ancien champ - ancienne pâture - forêt ancienne (Tabl. 4-5). Dans l'ensemble, les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ sont plus élevées dans les sols que dans le *Dryopteris* d'environ 4 unités (δ). Ce résultat suggère que la fougère discrimine le ^{15}N par rapport au ^{14}N .

Sur l'ensemble des placettes, les différences de $\delta^{15}\text{N}$ selon les anciennes utilisations agricoles sont en moyenne plus nettes dans le sol que pour le *Dryopteris*, pour lequel les valeurs des anciens jardins et des anciens prés sont semblables. Toutefois, les $\delta^{15}\text{N}$ des deux compartiments étudiés (*Dryopteris*, terre fine) sont très significativement corrélées ($r = 0.54^{***}$).

Le $\delta^{15}\text{N}$ est donc un marqueur des anciennes utilisations agricoles, indépendamment du site (Fig. 4-12). Comment peut-on l'expliquer ? Il n'y a pas de corrélation significative entre les teneurs en azote et le $\delta^{15}\text{N}$ du sol ($r = -0.20$ *). La teneur en azote total du sol et le $\delta^{15}\text{N}$ du *Dryopteris* ne sont pas corrélés. Mais, il a été démontré que le $\delta^{15}\text{N}$ du sol est corrélé avec la nitrification (GARTEN et VAN MIEGROET, 1994). Celle-ci est (voir chap. 4.3.3.) favorisée sur les anciens jardins, les anciens prés et les anciens champs vis-à-vis des forêts anciennes et des anciennes pâtures. Dans 14 placettes où la nitrification a été étudiée, cette relation entre nitrification et $\delta^{15}\text{N}$ n'a pas été directement vérifiée car elle est masquée par la grande variabilité entre sites (JUSSY, 1998). Mais la comparaison des valeurs relatives de $\delta^{15}\text{N}$ avec celles de la nitrification relative montre que ces deux variables sont très liées (Fig. 4-13).

Tableau 4-5 Les moyennes du $\delta^{15}\text{N}$ par types d'analyse et selon les anciennes utilisations agricoles

	$\delta^{15}\text{N}$ du <i>Dryopteris</i>	$\delta^{15}\text{N}$ de la terre
forêt ancienne	- 4.52	0.05
ancienne pâture	- 3.44	1.41
ancien champ	- 2.8	1.66
ancien pré	- 2.552	2.53
ancien jardin	- 2.554	3.9

Figure 4-12 Relation entre $\delta^{15}\text{N}$ du *Dryopteris* et celui du $\delta^{15}\text{N}$ de la terre fine

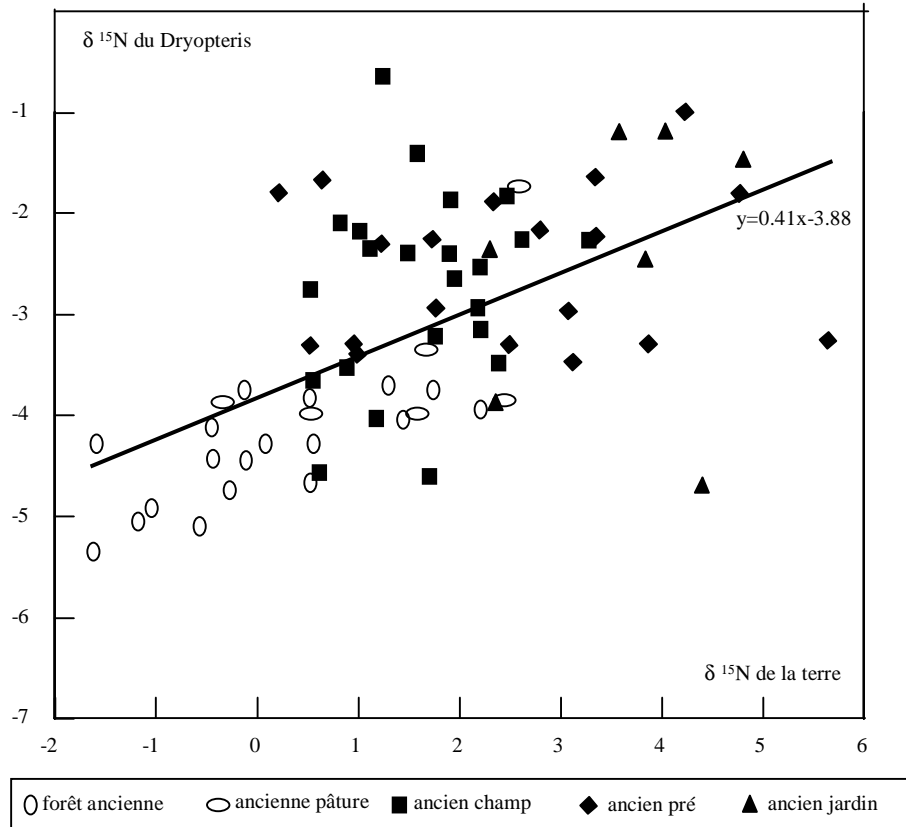
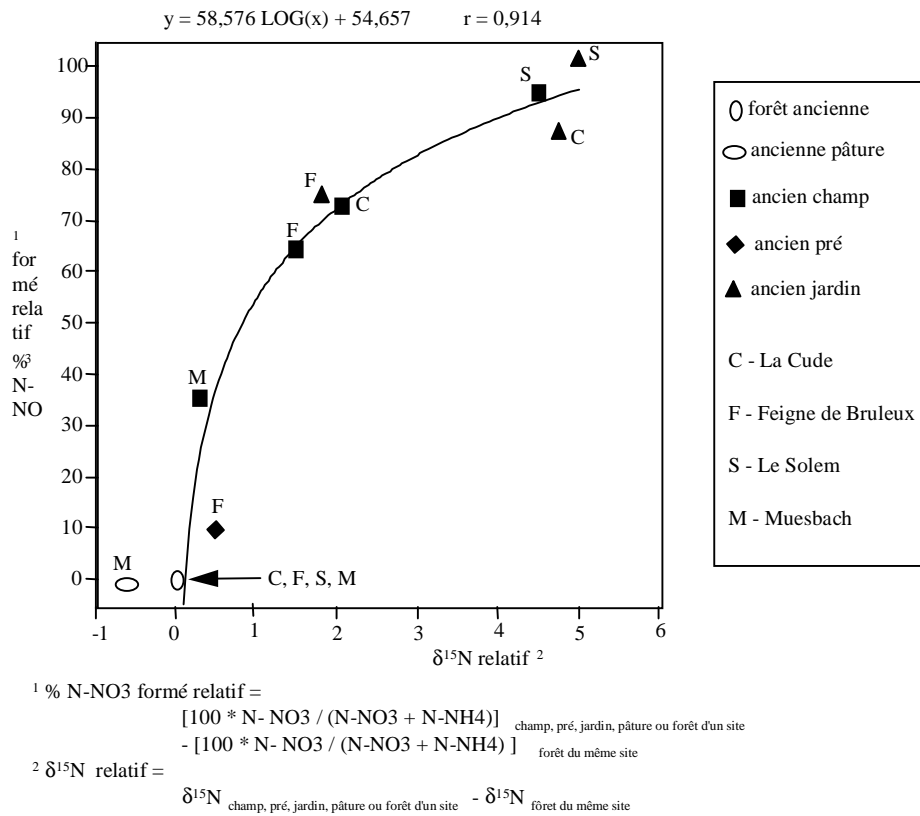


Figure 4-13 Relation entre la valeur relative du $\delta^{15}\text{N}$ et la valeur relative du nitrate formé



4.3.5 Le pH

Une analyse de variance montre que, dans le premier horizon, le pH et les anciennes utilisations agricoles sont liés ($F = 3.36^*$, calculé pour les anciens champs, anciens prés et forêts anciennes). La Fig. 4-14 montre que les jardins possèdent les sols les moins acides (pH le plus élevé) et les sols les plus acides sont ceux des forêts anciennes. Cette différence se retrouve en profondeur. Les pH des horizons superficiels, par groupe de fertilité, sont plus acides dans le groupe "pauvre" que dans le groupe "riche". Dans les deux horizons supérieurs, l'ordre par acidité décroissante est : forêt ancienne - ancien champ - ancien pré - ancien jardin. Les anciennes pâtures ne sont pas représentées puisqu'une seule pâture existe dans le groupe "pauvre", celle du Muesbach.

A l'intérieur des groupes de sites (Tabl. 4-6) les anciennes pâtures sont situées entre les forêts anciennes et les anciens champs. L'amplitude des valeurs par groupe de site est plus importante dans les anciennes fermes anabaptistes. Les valeurs les plus basses se trouvent sur le Haut-du-Tôt.

Le pH est en rapport avec les anciennes utilisations agricoles. Cela peut s'expliquer par plusieurs mécanismes qui sont certainement dépendants entre eux :

- Le mélange du sol minéral avec de la matière organique suite aux anciennes activités agricoles provoque une augmentation du pH dans le sol et favorise la décomposition.
- Une meilleure décomposition de la matière organique libère de plus les cations "basiques" qui y sont stockés ce qui augmente le pH par rapport au sol où ces cations ne sont pas libérés.

Le seul paramètre géographique auquel le pH est corrélé (négativement) est la distance à la ruine (pour le premier horizon le coefficient est de corrélation : $r = -0.36^{**}$). La Fig. 4-15 montre également que les parcelles proches de la ruine ont un pH plus favorable. Les anciennes pâtures, situées à proximité des ruines ont ainsi un pH relativement élevé alors que celles qui en sont éloignées ont un pH plus bas. Mais, le fait que le pH dépende aussi de la distance à la ruine laisse à penser que les anciens agriculteurs ont augmenté la fertilité à proximité de leur habitat (dépôt de déchets ménagers voire d'eaux usées, émission et déposition de gaz azotés depuis les étables...).

Tableau 4-6 Valeurs moyennes du pH par groupe de sites et selon les anciennes utilisations agricoles

	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes anabaptistes	les "Droits"
forêt	3.8	4.1	4	
pâture		4.1	4.3	3.9
champ	3.9	4.2	4.5	4.1
pré	4	4.2		
jardin	4		4.8	

Figure 4-14 La moyenne des pH par anciennes utilisations agricoles et par horizons de profondeur

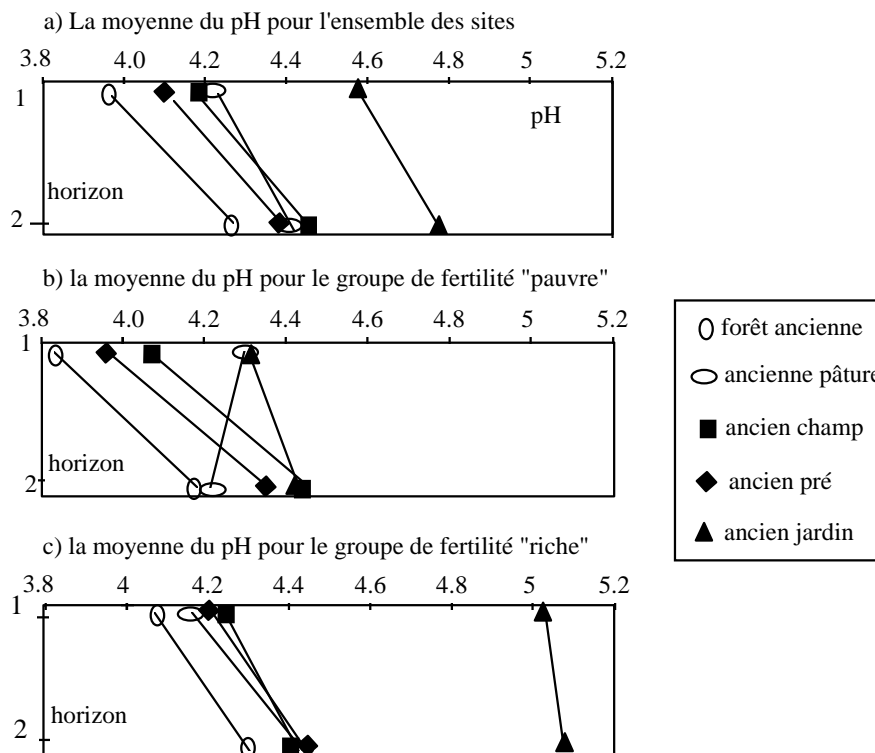
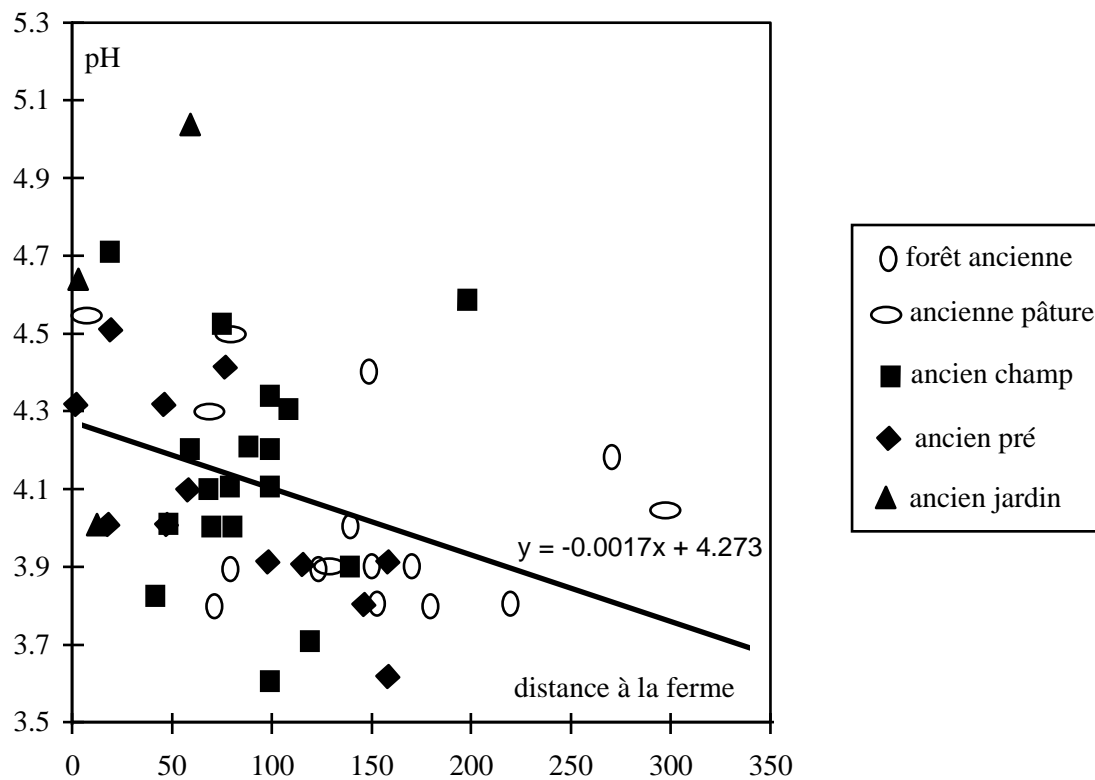


Figure 4-15 Le pH en fonction de la distance à la ruine



4.3.6 Le calcium (Ca^{2+}), le potassium (K^+) et le magnésium (Mg^{2+}) échangeable

Sur l'ensemble des sites, les teneurs en Ca^{2+} échangeable ne varient pas significativement en fonction des anciennes utilisations agricoles. La variation est toutefois significative à partir de le troisième horizon ($F = 4.0^*$). Dans le premier horizon, le classement du plus riche au plus pauvre est : ancien jardin - ancien pré - ancienne pâture - ancien champ - forêt ancienne (Fig. 4-16a.). Dans les horizons inférieurs, les pâtures se classent près des forêts anciennes.

Dans l'approche par groupe de fertilité, les teneurs en Ca^{2+} du groupe "pauvre" varient entre 0.37 et 1.73 (Fig. 4-16b) alors que celles du groupe "riche" varient entre 0.89 et 4.68 (Fig 4-16c). Il apparaît donc clairement que le groupe "pauvre" a des sols effectivement plus pauvres, comme nous l'avons déterminé préalablement.

Dans le premier horizon du groupe "pauvre", le sol le plus riche en Ca^{2+} est celui de l'ancienne pâture (au Muesbach). Les autres anciennes utilisations agricoles ont des teneurs largement inférieures (environ 0.5 cmol_c/kg). Toutefois, les anciens jardins ont des teneurs un peu plus élevées que les anciens prés, les anciens champs et les forêts anciennes. Dans le groupe "riche", les anciens jardins sont les plus riches sur la totalité du profil avec des valeurs plus élevées dans le deuxième horizon. Les forêts anciennes, les anciens champs et les anciennes pâtures ont des teneurs en Ca^{2+} très proches. Les anciens prés ont des teneurs comprises entre ces dernières et celles des anciens jardins.

Les teneurs en Ca^{2+} ne se classent pas comme le pH (Tabl. 4-7.). Toutefois l'amplitude la plus grande est encore observée dans les anciennes fermes anabaptistes. La valeur la plus basse est celle des anciennes forêts et la plus haute celle des anciens jardins. Sur les "Droits" les valeurs les plus basses se trouvent dans les anciens champs et les plus hautes dans les anciennes pâtures. Sur les "Vers" la teneur en Ca^{2+} est la plus faible dans les anciens jardins et la plus élevée dans les anciens prés. Sur le Haut-du-Tôt, la valeur la plus élevée a été mesurée dans les anciens jardins, mais la valeur des forêts anciennes en est proche. Les anciens prés et les anciens champs sont à des niveaux comparables et inférieurs.

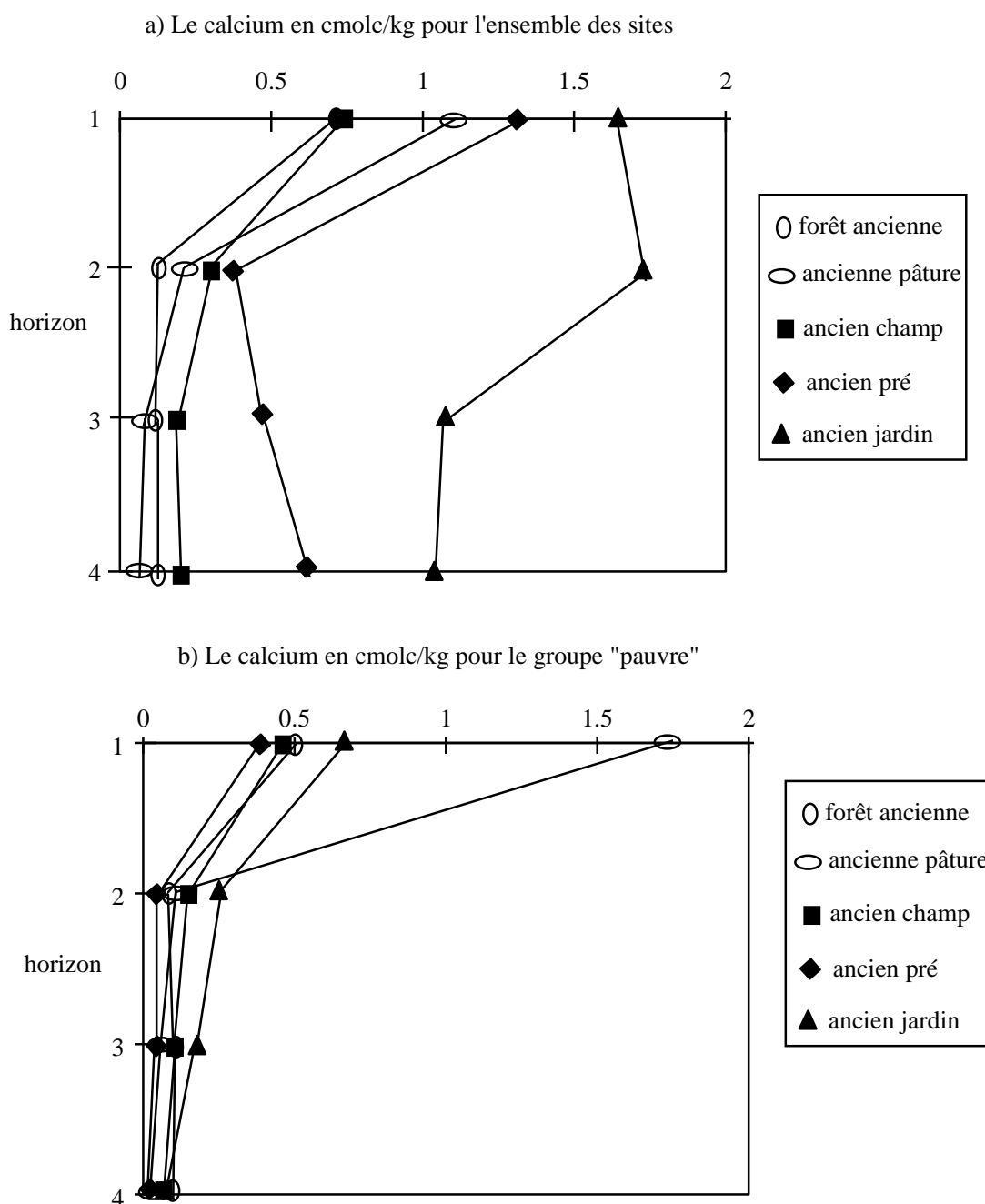
Le seul paramètre géographique qui explique en partie les valeurs obtenues est la distance à la ruine (pour le premier horizon le coefficient est de corrélation : $r = -0.26^*$). La Fig. 4-17 montre que la plupart des sols qui ont des teneurs élevées sont proches de la ruine, même si la proximité de la ruine n'implique pas obligatoirement une teneur élevée. Ainsi, une des anciennes pâtures, située près de la ruine possède une teneur élevée. Cependant, pour des conditions stationnelles différentes, dans le sol d'une autre pâture (au Muesbach) la teneur est également très élevée en dépit d'une grande distance à la ruine.

Les teneurs en K^+ et en Mg^{2+} sont très significativement corrélées avec les teneurs en Ca^{2+} (Tabl. 4-8). Le comportement du K^+ et du Mg^{2+} dans le profil est comparable à celui du Ca^{2+} (Tabl. 4-9 et Tabl. 4-10). Cependant, on note que les anciens jardins du Haut-du-Tôt ont des valeurs relatives faibles pour le K^+ et le Mg^{2+} par rapport au Ca^{2+} . Ceci suggère que dans ces sites, le K^+ et le Mg^{2+} ont été les premiers éléments déficitaires dans le système agricole. Ils n'ont même pas pu enrichir les jardins, ce qui a aggravé le fait que les jardins sont de grands "consommateurs" de K^+ et de Mg^{2+} . A l'inverse du Ca^{2+} , les teneurs en K^+ et en Mg^{2+} ne sont pas corrélées avec la distance à la ferme.

Tableau 4-7 Moyennes des teneurs en Ca^{2+} (cmol/kg) par groupe de sites et selon les anciennes utilisations agricoles dans le premier horizon

	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes anabaptistes	les "Droits"
forêt	0.52	1.08	0.33	0.46
pâture			1.73	0.67
champ	0.36	1.08	0.63	0.41
pré	0.38	2.15		
jardin	0.57	0.39	2.82	

Figure 4-16 Distribution de la teneur moyenne en Ca^{2+} exprimé en cmol/kg



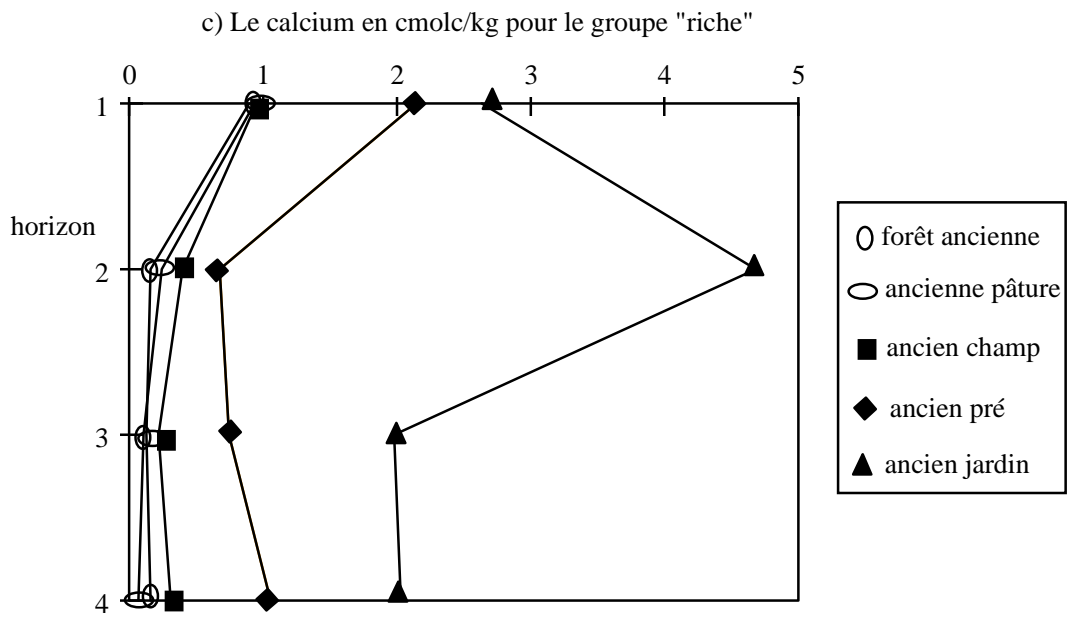


Figure 4-17 La teneur en Ca^{2+} (cmol_c/kg) en fonction de la distance à la ruine

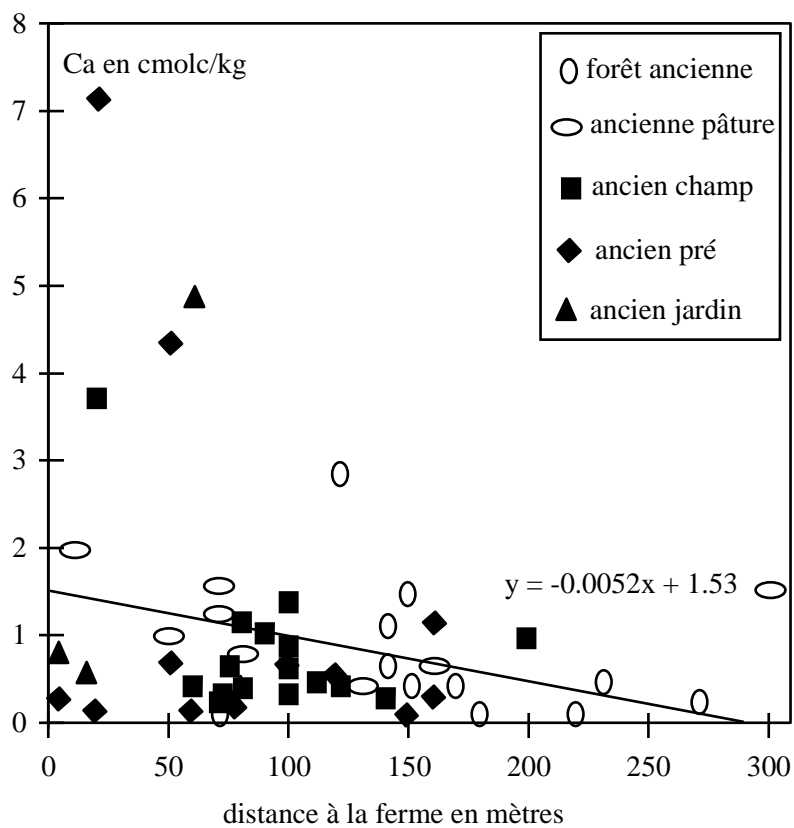


Tableau 4-8 Coefficients de corrélation entre les teneurs en K⁺ et en Mg²⁺ et celle en Ca²⁺

horizon	K	Mg
premier horizon	0.67***	0.74***
deuxième horizon	0.61***	0.82***
troisième horizon	0.96***	0.88***
quatrième horizon	0.87***	0.86***

Tableau 4-9 Moyennes des teneurs en K⁺ (cmol_c/kg) par groupe de sites et selon les anciennes utilisations agricoles

	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes anabaptistes	les "Droits"
forêt	0.24	0.27	0.12	0.25
pâturage		0.33	0.24	0.31
champ	0.19	0.23	0.07	0.18
pré	0.21	0.25		
jardin	0.17	0.09	0.3	

Tableau 4-10 Les moyennes des teneurs en Mg²⁺ (cmol_c/kg) par groupe de sites et selon les anciennes utilisations agricoles

	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes anabaptistes	les "Droits"
forêt	0.25	0.40	0.3	0.28
pâturage		0.43	0.23	0.40
champ	0.21	0.29	0.17	0.18
pré	0.27	0.43		
jardin	0.16		0.45	

4.3.7 L'aluminium échangeable (Al³⁺) par rapport aux cations "basiques", le rapport S/T

Les résultats sont indiqués dans la Fig. 4-18. Les anciennes pâtures paraissent avoir un rapport S/T élevé mais ce résultat est directement dû au poids de l'ancien pâturage au Muesbach, dont le rapport S/T est très élevé. Les valeurs des anciens champs, des anciens prés et des forêts anciennes sont comparables. Toutefois, une analyse de la variance des valeurs relatives montre que le S/T varie significativement en fonction de l'ancienne utilisation agricole dans le deuxième horizon (F=6.36**). De plus, les valeurs du rapport S/T ne sont pas corrélées avec la distance à la ruine. Une analyse par groupe de fertilité montre que les anciennes utilisations agricoles n'ont pas d'influence sur le rapport S/T dans le groupe "pauvre", où seule l'ancienne pâture du Muesbach se détache dans le premier horizon. Ceci est étonnant puisque les sols podzoliques du Muesbach devraient avoir, selon la littérature (DUCHAUFOR, 1960), un rapport S/T plus faible surtout après un appauvrissement du sol dû à la pâture. De plus, un rapport C/N élevé a déjà été mis en évidence dans cette pâture (voir 3.3.3.). Toutefois, ce rapport S/T élevé tient d'une part, à la très faible capacité d'échange cationique (T) des placettes du Muesbach, notamment de la pâture, d'autre part à la teneur en calcium

relativement élevée de cette pâture, vraisemblablement liée aux pratiques intensives des anabaptistes. Le rapport S/T n'a donc aucune relation avec le rapport C/N.

En revanche, les anciennes utilisations agricoles semblent avoir un impact dans le groupe "riche" sur le rapport S/T. L'ancien jardin à la Cude a les valeurs les plus élevées suivies des anciens prés puis des anciens champs. Par contre, les anciennes pâtures et les forêts anciennes ont le rapport le plus faible.

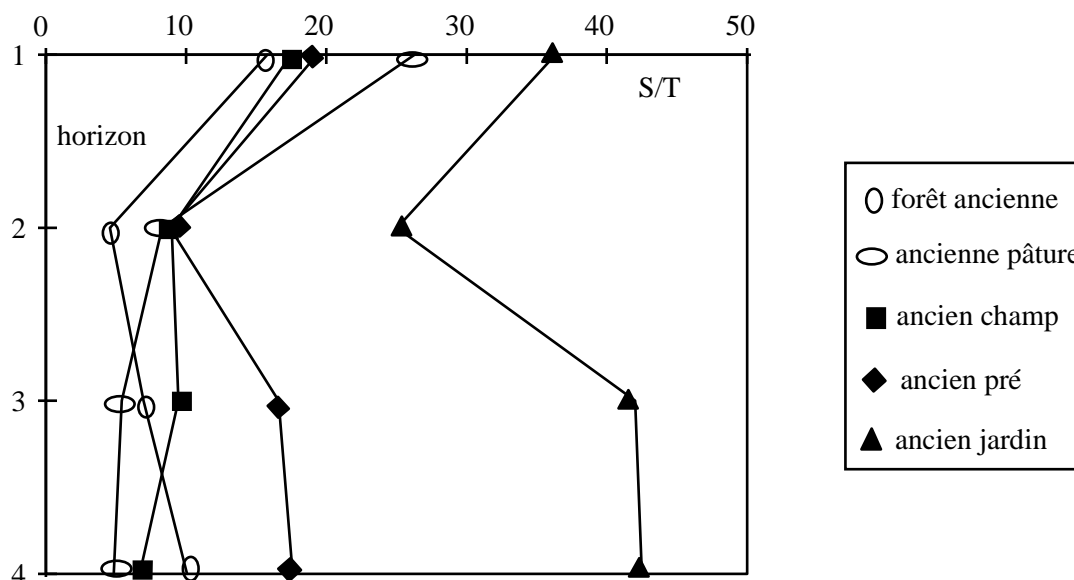
Une analyse par groupe de site montre que les fermes anabaptistes présentent la plus grande amplitude entre les valeurs les plus fortes (pâtures) et les plus faibles (forêts). Les valeurs du Haut-du-Tôt et des "Droits" sont semblables, peu différentes selon l'utilisation ancienne, et faibles. Les valeurs des "Vers" sont intermédiaires avec des S/T inférieurs dans les anciennes pâtures et supérieurs dans les anciens prés.

Tableau 4-11 Le rapport S/T (en %) pour le premier horizon selon les anciennes utilisations agricoles et par groupe de sites

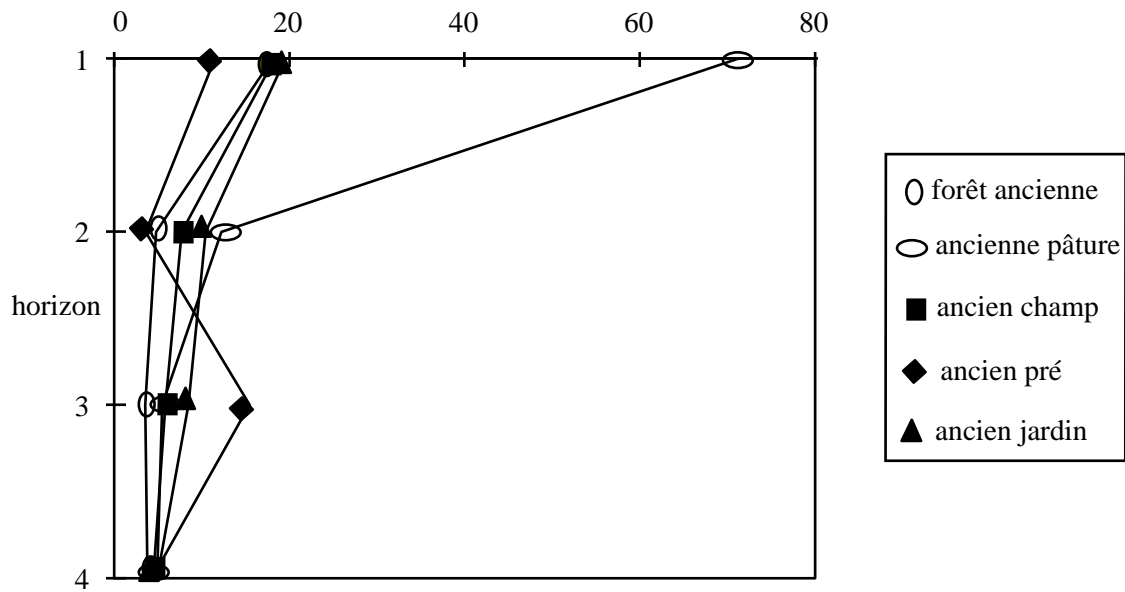
	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes anabaptistes	les "Droits"
forêt	14	15	27	8
pâture		13	71	12
champ	11	17	31	8
pré	11	26		
jardin	1		50	

Figure 4-18 Distribution du rapport S/T (en %) selon les anciennes utilisations agricoles

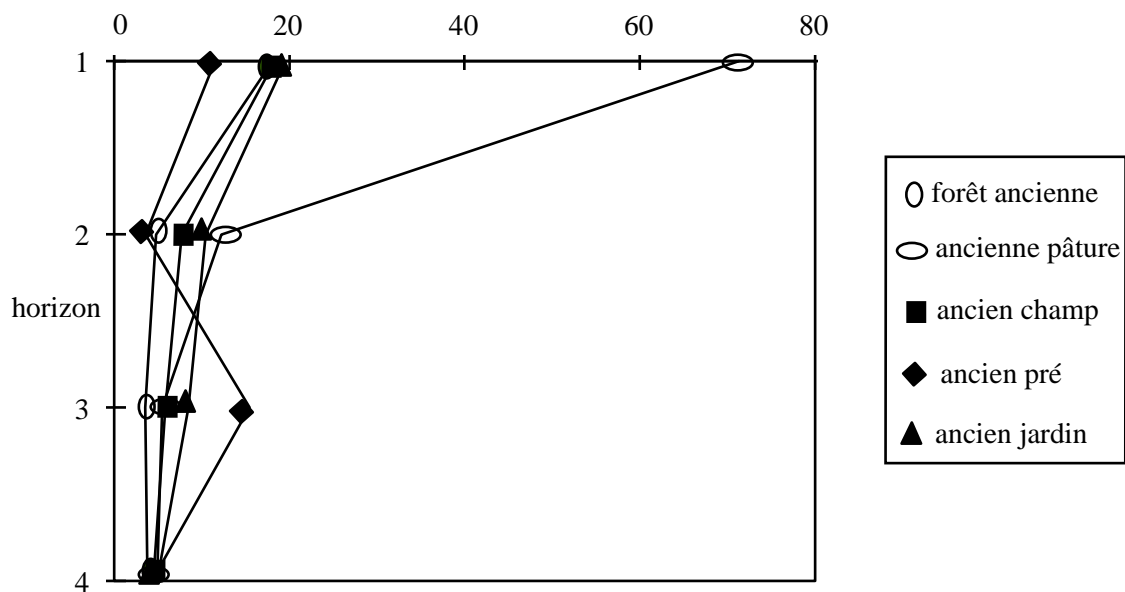
a) Le rapport S/T pour l'ensemble des sites



b) Le rapport S/T pour le groupe "pauvre"



b) Le rapport S/T pour le groupe "pauvre"



4.3.8 Le phosphore assimilable

Sur l'ensemble des placettes, sur tout le profil, les anciens jardins sont les plus riches en phosphore assimilable (Fig. 4-19). Les teneurs restent élevées en profondeur. Les autres anciennes utilisations agricoles ont des teneurs similaires dans le premier horizon, très inférieures à celles des jardins. Dans le groupe "pauvre" les placettes se classent en fonction de l'enrichissement qu'elles ont dû subir dans les deux premiers horizons. Les teneurs en P diminuent dans l'ordre : ancien jardin - ancien champ - ancien pré - forêt ancienne - ancienne pâture. La faible valeur de l'ancienne pâture (du Muesbach) laisse penser que les déjections animales ont été prélevées, pour être vraisemblablement restituées sur d'autres parcelles (champs, jardins).

Dans le groupe "riche", seul l'ancien jardin se distingue des autres anciennes utilisations agricoles dans le premier horizon. Les valeurs des anciens champs (0,55 g/kg), des anciennes pâtures (0,55 g/kg) et des anciens prés (0,53 g/kg) sont identiques. Les forêts anciennes ont les valeurs les plus faibles avec 0,4 g/kg. En profondeur, tout le long du profil, les valeurs des anciens champs et des forêts anciennes sont semblables. Dans le deuxième horizon, les anciennes pâtures et les anciens prés ont également des valeurs semblables, légèrement inférieures à celles des forêts et des champs.

Le phosphore assimilable est un traceur d'un enrichissement ancien surtout dans les anciens jardins, notamment dans le premier horizon ($A_{p(f)}$), cela indépendamment des autres paramètres de fertilité du sol.

L'analyse de variance sur les valeurs brutes présente des différences non significatives, mais l'analyse sur les valeurs relatives est significative dans le premier horizon ($F=2.43^*$) et le deuxième horizon ($F=3.51^*$). En profondeur, les différences ne sont pas significatives. Il n'y a aucune corrélation significative entre les teneurs en phosphore assimilable et la distance à la ruine.

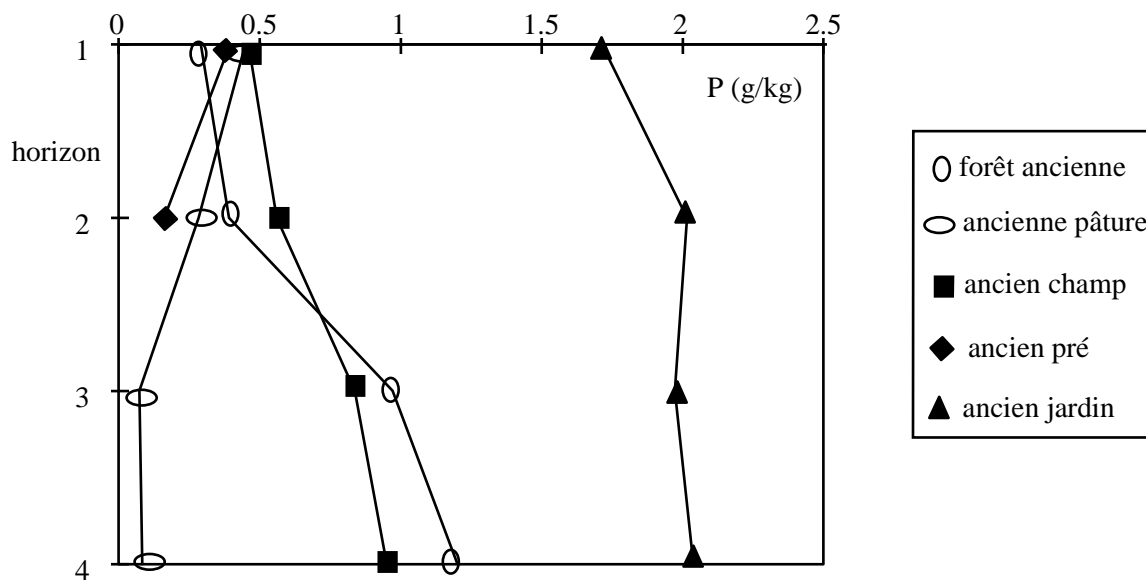
L'analyse par groupe de site montre que l'amplitude la plus forte entre les valeurs se trouve sur les placettes des anciennes fermes anabaptistes. Ceci peut s'expliquer par un fort transfert de fertilité (transfert des déjections animales). On note également une teneur assez élevée dans l'ancien jardin sur le Haut-du-Tôt.

Tableau 4-12 Les teneurs en phosphore assimilable dans le premier horizon selon les anciennes utilisations agricoles et par groupe de sites

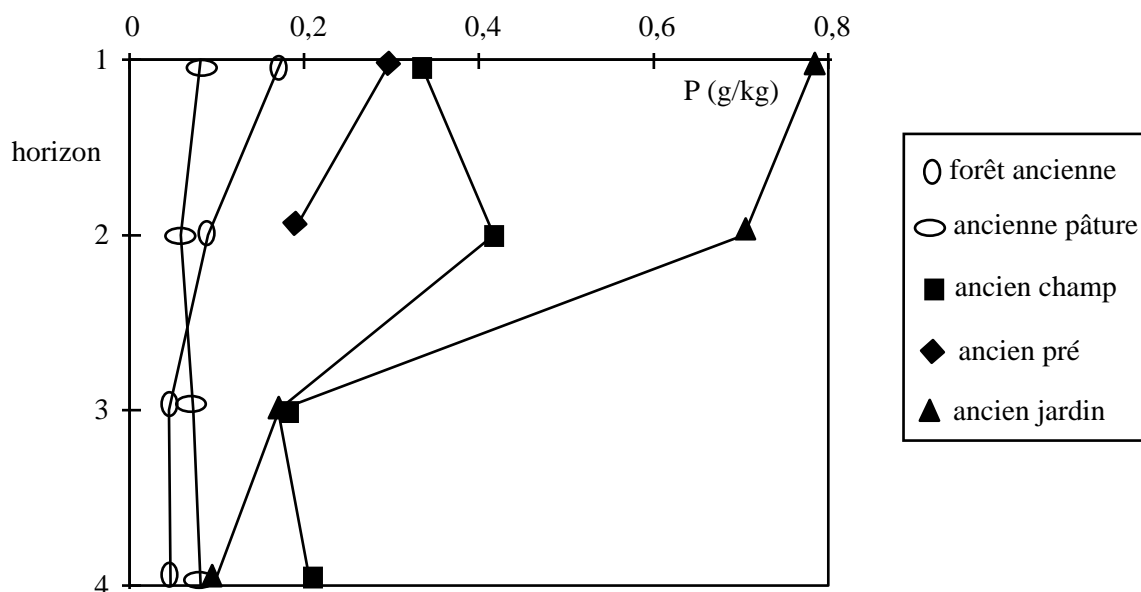
	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes anabaptistes	les "Droits"
forêt	0.2	0.31	0.52	
pâtur		0.42	0.08	0.20
champ	0.38	0.44	0.49	0.24
pré	0.31	0.53		
jardin	1.10		2.01	

Figure 4-19 Distribution des teneurs en phosphore assimilable selon les anciennes utilisations agricoles

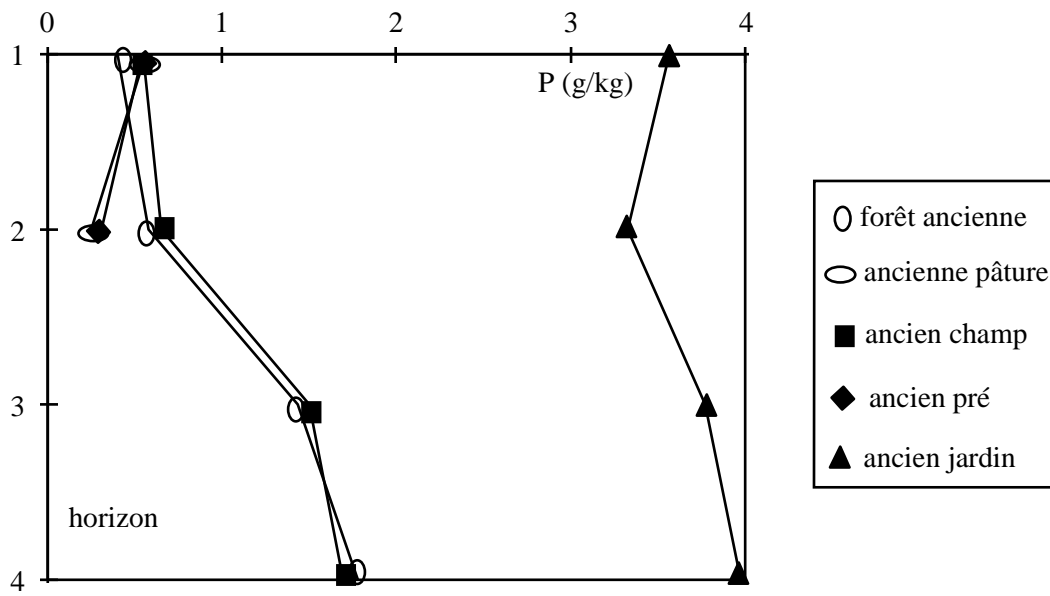
a) Le phosphore assimilable en g/kg pour l'ensemble des sites



b) Le phosphore assimilable en g/kg pour le groupe "pauvre"



c) Le phosphore assimilable en g/kg pour le groupe "riche"



4.4 CONCLUSIONS

Les anciennes utilisations agricoles ont modifié les sols même si les différents paramètres étudiés ne réagissent pas de la même manière en fonction de ces anciennes pratiques agricoles (Tabl. 4-13 et Tabl. 4-14). L'interprétation des résultats souffre toutefois d'un échantillonnage déséquilibré. Le nombre d'anciens jardins et d'anciennes pâtures est trop faible pour aboutir à des conclusions définitives, cela est particulièrement vrai pour les anciennes pâtures. Ces parcelles sont en effet très différentes d'un site à l'autre et les résultats sont parfois contradictoires.

La quantité des matériaux grossiers a été réduite dans les anciennes terres agricoles d'autant plus qu'elle était initialement importante. Cette diminution est principalement sensible dans le premier horizon. Le profil artificiel des jardins est ainsi facilement reconnaissable. La texture de la terre fine est, en revanche, indépendante des anciennes utilisations agricoles.

Les anciennes utilisations agricoles ont un effet à long terme sur la décomposition et la minéralisation de la matière organique, ainsi que sur la nitrification. Les paramètres qui permettent de rendre compte de la vitesse de ces processus (rapport C/N et $\delta^{15}\text{N}$) sont significativement différents suivant les anciennes pratiques. La perturbation du sol, provoquée par les anciennes utilisations agricoles (défrichement, labour, piétinement, irrigation, engrais), a entraîné un mélange de la matière organique avec le sol minéral (formation de complexes argilo-humiques) et a pu ainsi accélérer la minéralisation de la matière organique (LOSSAINT et RAPP, 1960). D'autre part, le milieu forestier actuel du Massif Vosgien pourrait être en train de puiser les réserves d'azote dus aux apports d'engrais azotés anciens.

Les variations de paramètres pédologiques (CEC, S/T, pH, P) ont été mesurées en fonction de paramètres géographiques, tels la pente, la distance à la source ou au ruisseau, la distance à la ruine ou l'exposition. Seule la distance à la ruine donne des résultats significatifs, notamment vis à vis du pH et de la teneur en Ca^{2+} : plus l'ancienne parcelle agricole est proche de la ruine, plus elle est riche en Ca^{2+} et plus le pH est élevé.

Il semble que les impacts des anciennes utilisations agricoles ne se manifestent sur la teneur en cations "basiques", sur le taux de saturation et sur le pH qu'à partir d'une certaine richesse du sol. Si le sol est trop pauvre (acide), les effets des anciennes utilisations agricoles n'ont pas modifié les teneurs en cations "basiques". En effet, si les sols sont trop acides, les cations disponibles sont certainement drainés. Seul un apport supplémentaire de cations par amendement, comme cela a été effectué au Muesbach, peut changer ces paramètres, cela est démontré par l'analyse par groupe de site. Ce type d'approche confirme également que les effets des anciennes utilisations agricoles sont d'autant plus visibles que le sol était riche à l'origine. Toutefois, les pratiques agricoles intensives, comme celles exercées par les anabaptistes s'opposent à cette logique. L'explication de la variabilité de la teneur en cations "basiques" en fonction des utilisations anciennes pourrait résider dans la qualité de l'engrais (fumier) déposé sur les anciennes terres agricoles. En effet, le milieu du Massif Vosgien porte principalement de sols pauvres. Les anciens prés et les anciennes pâtures fournissaient donc un fourrage pauvre en cations "basiques" (BONISCHOT, 1979). En conséquence, les déjections animales avaient des teneurs relativement faibles en cations "basiques", notamment sur sites "pauvres". Néanmoins, les pratiques intensives des anabaptistes permettaient de compenser la pauvreté naturelle du site. Dans les sites riches, les sols, plus fertiles, fournissaient un fourrage dont la teneur en cations était un peu plus élevée, et la qualité de la fumure organique était ainsi meilleure.

L'étude des paramètres pédologiques, notamment la minéralisation de l'azote du sol, le rapport C/N, le pH et la granulométrie grossière (cailloux) démontre la différence des sols suivant les

anciennes utilisations agricoles. La question des différences antérieures au défrichement demeure posée. Toutefois, nombre d'indices (profils artificiels des jardins, nitrification dans les sites cultivés, mêmes pauvres, fortes amplitudes des teneurs en Ca^{2+} sur les sites anabaptistes) prouvent l'influence actuelle de l'ancienne exploitation des parcelles.

Tableau 4-13 Impact des anciennes utilisations agricoles sur les différents paramètres étudiés

	ancien jardin	ancien pré	ancien champ	ancienne pâture	forêt ancienne
granulométrie (cailloux)	profil caractéristique	parfois épierré en surface	généralement épierré en surface	très variable	pas modifiée par l'homme
texture	indépendante des anciennes utilisations				
C/N	favorable	favorable	favorable	variable	peu favorable
^{15}N	très élevé	élevé	élevé	peu élevé	faible
pH	très élevé	élevé	élevé	variable	bas
Ca^{2+}	dépend de la profondeur de l'horizon prélevé				
Mg^{2+} , K^+	faible sur le Haut-du-Tôt	corrélés avec les teneurs en Ca^{2+}			
S/T	dépend de la profondeur de l'horizon prélevé				
P assimilable	très élevé	élevé	élevé	bas	peu élevé

Tableau 4-14 Variation ou non des paramètres étudiés en fonction de différents critères

	profil pédologique	granulo- métrie	texture	rapport C/N	δ ¹⁵ N sol et fougère	pH	Ca ²⁺	K ⁺ et Mg ²⁺	S/T	P assimilable
#entre les anciennes utilisations agricoles	oui	oui	non	oui	oui	oui	variable ¹⁹	variable ²⁰	oui	oui
#entre les groupes de fertilité	oui	oui	non	oui	non	oui	oui	oui	non	non
#entre les groupes de sites	oui	non	non	oui	non	oui	oui	oui	oui	oui
distance à la ruine	non	non	non	non	non	oui	oui	non	non	non
distance à l'eau	oui	non	non	non	non	non	non	non	non	non

5 Impact des anciennes utilisations agricoles sur la végétation et la croissance des forêts actuelles

5.1 INTRODUCTION - POURQUOI S'INTERESSER A LA VEGETATION ?

Plusieurs auteurs (JANSSEN et al., 1974, GUILLET et al., 1976, JANSSEN, 1987) ont évoqué les changements considérables de la végétation du Massif Vosgien au cours de l'histoire. Cette végétation n'est plus "naturelle", c'est-à-dire qu'elle subit des interventions humaines depuis très longtemps. Dans la partie précédente, il a été déjà démontré que les conditions nutritionnelles du sol varient avec les interventions humaines. Les questions centrales de ce chapitre sont les suivantes : **Quelles sont les caractéristiques floristiques d'une forêt ancienne ? Quelles sont les conséquences des anciennes utilisations agricoles sur la végétation des forêts actuelles ? La végétation est-elle un marqueur des anciennes utilisations agricoles ?** Dans cette étude, la forêt ancienne est définie comme étant un état boisé depuis longtemps, à savoir au moins depuis le premier cadastre napoléonien, premier document nous permettant de vérifier cet état. Les forêts anciennes s'opposent donc aux forêts récentes, situées sur des zones ayant été défrichées dans un but agricole. L'ancienneté des forêts est indépendante de l'âge des arbres qu'elles contiennent. Dans la zone étudiée, les forêts anciennes sont gérées en futaies ou parfois en futaies jardinées. Le terme "forêt ancienne" ne doit pas être confondu avec celui de la "forêt naturelle" ou "subnaturelle" (ayant subi très peu d'intervention humaine).

Les anciennes utilisations agricoles mises à part, d'autres facteurs ont été également pris en compte pour expliquer la végétation actuelle, tels que la distance de la placette étudiée à la ruine et au ruisseau ou à la source, la taille de l'ancienne parcelle agricole et la topographie.

Dans cette étude, la végétation a d'abord été décrite puis analysée par une approche phytoécologique qui tient compte des anciennes utilisations agricoles. Les paramètres étudiés sont : l'organisation verticale et horizontale (structure), la diversité spécifique, les espèces caractéristiques et les paramètres environnementaux tels qu'indiqués par la végétation (voir ci-dessous, coefficients d'Ellenberg). Par ailleurs, la productivité forestière et le degré de pourriture des troncs ont été également suivis.

5.2 LES METHODES D'ANALYSE DE LA VEGETATION

5.2.1 Les relevés floristiques

L'échelle de l'étude est la placette (surface représentative d'une ancienne parcelle agricole) où l'ensemble des espèces présentes est pris en compte. Pendant les périodes estivales, approximativement juillet-août, 117 relevés floristiques (recensement de la végétation par strate et par espèces sur une placette) ont été effectués. Les relevés ont été effectués en 1993 dans les sites de la Cude et du Beulay, en 1994 dans les sites du Muesbach, du Pré-de-Raves, de la Capitaine et du Haut-de-la-Sappe et en 1995 dans les 15 autres sites. La répartition des placettes par ancienne utilisation agricole est représentée dans le Tabl. 3-11.

Un relevé floristique contient différents renseignements dont la strate (voir plus bas), le nom des espèces présentes et leur abondance-dominance. Les méthodes d'échantillonnage utilisées dans cette étude sont classiques. Dans la plupart des cas, une placette de 400 m² correspondant à l'aire minimale forestière a été installée à l'intérieur d'une parcelle cadastrale. Elle est représentative de la végétation parce qu'au-delà de cette surface, le nombre d'espèces inventoriées en forêt n'augmente plus (GUINOCHET, 1973). Si la parcelle avait une taille très supérieure à 400 m², parfois de plusieurs hectares (anciennes pâtures et forêts) il a semblé justifié d'y installer plusieurs placettes. Dans le cas contraire, lorsque la parcelle était inférieure à 400 m² (notamment dans les anciens jardins), le relevé a été effectué sur la totalité de la parcelle cadastrale.

5.2.2 Les paramètres étudiés et les méthodes de calcul

Dans un premier temps, l'analyse a porté sur la structure (recouvrements moyens par strate,) et la diversité (régularité et nombre d'espèces, indice de diversité de Shannon). Par la suite, les espèces caractéristiques ont été déterminées. L'information apportée par la flore concernant les conditions du milieu a été synthétisée (coefficients d'Ellenberg).

Chaque type d'analyse a été effectué à deux niveaux, d'abord pour l'ensemble des placettes, ensuite séparément pour les groupes de fertilité "pauvre" et "riche". Les moyennes des paramètres étudiés ont également été calculées pour les six groupes de sites définis dans le deuxième chapitre.

La **structure** résulte de la manière dont les individus sont disposés les uns par rapport aux autres. Elle reflète en grande partie la compétition inter- et intra-spécifique pour l'espace et pour les éléments nécessaires au développement (eau, lumière, éléments nutritifs, etc.). La stratification est l'organisation verticale de la structure. L'organisation horizontale de la structure est définie par le taux de recouvrement et l'abondance-dominance.

Quatre strates ont été définies de la manière suivante : la strate arborescente correspond aux végétaux de 7 m de hauteur et plus. La strate arbustive regroupe les espèces ligneuses entre 1 et 7 m. La strate herbacée contient les plantules et plantes des espèces arborescentes et des herbacées jusqu'à 1 m de hauteur. Les mousses constituent une strate séparée : la strate muscinale. L'inventaire des espèces par strate a été effectué d'une manière exhaustive à l'intérieur d'une placette.

Le **taux de recouvrement** est une estimation de la surface occupée, dans une placette, par la projection orthogonale au sol de l'ensemble des individus d'une strate. Il est exprimé en pourcentage par strate.

On appelle abondance la proportion au sein d'une strate des individus d'une espèce par rapport au nombre total de végétaux (individuels) recensés dans cette même strate. La dominance fait référence à la surface couverte par cette espèce (OZENDA, 1964, LACOSTE et SALANON, 1969, OZENDA, 1982) dans la strate et est estimée de la même manière que la taux de recouvrement. Pour chaque espèce, un coefficient **d'abondance-dominance** selon l'échelle de BRAUN-BLANQUET (1964) a été attribué :

'+' - correspond à une très faible surface couverte et à une très faible abondance (1 ou quelques petits individus) ;

'1' - correspond à une surface couverte faible et à une faible abondance (quelques individus de petite taille) ;

'2' - correspond à une espèce abondante mais qui couvre une surface inférieure à 5 %, ou à une espèce couvrant une surface comprise entre 5% et 25 % ;

'3' - correspond à une surface couverte comprise entre 25% et 50% ;

'4' - correspond à une surface couverte comprise entre 50% et 75% ;

'5' - correspond à une surface couverte supérieure à 75%.

La **diversité spécifique** est un élément important qui caractérise la végétation. La notion de la diversité est devenue importante depuis les années 1970. D'une part, les pratiques agricoles actuelles (notamment les monocultures) et l'extension des agglomérations humaines tendent à la diminuer. D'autre part, la diversité garantit une certaine stabilité du milieu, qui devient moins sensible aux parasites par exemple (LIEUTAGHI, 1972, NEWMAN, 1993). Elle a été mesurée à l'aide de trois paramètres : le nombre d'espèces, l'indice de diversité de Shannon et la régularité. Le **nombre d'espèces** moyen a été calculé toutes strates confondues et individuellement pour chaque strate.

L'indice de diversité de Shannon intègre deux notions : le nombre d'espèces (n) et l'abondance-dominance. Il a été calculé grâce à l'équation suivante (LEGENDRE et LEGENDRE, 1984) :

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

Dans cette équation p_i est l'abondance-dominance relative d'une espèce par rapport à la somme des abondances-dominances de toutes les espèces du relevé. La somme des coefficients d'abondance-dominance de toutes les espèces a été calculée pour chaque relevé. Ensuite le coefficient d'abondance-dominance de chaque espèce a été divisé par la somme obtenue précédemment.

La **régularité** indique le degré d'hétérogénéité des abondances-dominances des espèces. L'égalité des abondances-dominances de toutes les espèces correspond à une forte régularité, alors que la dominance d'une espèce ou d'un petit nombre au détriment de toutes les autres, correspond à une faible régularité. Elle a été calculée de la manière suivante :

$$R = \frac{H}{H_{\max}}$$

'R' est l'indice de régularité, 'H' correspond à la valeur de la diversité de Shannon et H_{\max} est la valeur maximale de l'indice de Shannon que peut atteindre 'H' dans un relevé. H_{\max} correspond à la situation où sur la placette toutes les espèces sont réparties de la même manière. H_{\max} vaut $\log(n)$ (LEGENDRE et LEGENDRE, 1984).

La notion d'**espèce caractéristique** se base sur le principe que la flore d'un territoire n'est pas répartie au hasard. L'ensemble des espèces caractéristiques est lié à un milieu donné et renseigne sur les conditions de ce dernier. La présence d'une espèce à un endroit donné dépend, entre autres, de la présence à proximité des semenciers et de la dynamique de dispersion des graines, donc de la recolonisation (PETERKEN et GAME, 1984). Les espèces caractéristiques des anciennes utilisations agricoles ont été identifiées en calculant le pourcentage de leur apparition par rapport à l'ensemble des relevés d'une même utilisation. Les résultats sont exprimés en pourcentage (*100). Ces pourcentages sont regroupés en classe : la classe I correspond à un pourcentage compris entre 0 et 20%, classe II entre 20 et 40%, classe III entre 40 et 60%, classe IV entre 60 et 80% et classe V entre 80 et 100%. Plus une classe est élevée, plus l'espèce est représentée dans une utilisation donnée. Si les différences de classe entre utilisations sont marquées pour une espèce, cette espèce est caractéristique de (des) utilisation(s) où la classe est la plus élevée.

Par ailleurs, une autre catégorie d'espèces caractéristiques est possible : les espèces présentes avant le boisement et qui ont persisté au cours du temps. Ces **espèces "vestiges"** complètent le cortège floristique¹⁹ des forêts actuelles. Ces espèces peuvent être par exemple des espèces rudérales qui poussent habituellement au voisinage des points d'occupation humaine, comme l'ortie (*Urtica dioica*) (OZENDA, 1964, BRAUN-BLANQUET, 1964, ELLENBERG, 1986).

La notion d'espèce caractéristique amène à penser que l'ensemble des espèces d'une zone donnée peut servir comme **descripteur des facteurs environnementaux**. BRAUN-BLANQUET (1964) et ELLENBERG (1986) ont montré que la végétation actuelle dépend des facteurs abiotiques et reflète les conditions nutritionnelles, hydriques et climatiques du milieu. Ainsi, la végétation est un bio-indicateur fiable des conditions environnementales. **Les coefficients d'Ellenberg** expriment le comportement d'une espèce vis-à-vis d'un facteur écologique (par exemple le pH ou l'azote), selon une échelle allant de 1 à 9. Ainsi, la végétation est utilisée comme **descripteur des facteurs environnementaux**. Le 1 exprime une valeur très faible du facteur concerné et le 9 une valeur très élevée (ELLENBERG et al., 1992). L'absence de chiffre exprime un comportement indifférent (ELLENBERG, 1986).

Trois coefficients concernent des facteurs climatiques : L = Lumière (d'une très faible luminosité (1) jusqu'à une luminosité hors couvert (9)) ; T = Température (de la zone arctique ou l'étage alpin (1) jusqu'à la zone des bassins subméditerranéens (9)). Ce coefficient reflète une température moyenne et les minima durant la période végétative mais ne tient pas compte de l'ensemble de l'amplitude thermique ; K = Continentalité (répartition depuis la côte atlantique (1) jusqu'à l'intérieur de l'Eurasie (9)). Il reflète l'amplitude thermique et hydrique pendant l'année végétative. Les suivants concernent des facteurs pédologiques : F = Humidité (des sols superficiels et secs (1) jusqu'aux marécages (9)) ; R = Acidité (des sols très acides (1) jusqu'aux sols riches en calcaire (9)) ; N = Azote (teneurs en azote minéral (NH₄⁺ et NO₃⁻) faibles (1) jusqu'aux teneurs très élevées (9)).

L'analyse des coefficients d'Ellenberg a été effectuée grâce aux moyennes des coefficients de toutes les espèces sur l'ensemble d'un relevé. On a tenu compte uniquement de la présence ou de l'absence des espèces, pas de l'abondance-dominance. Ces coefficients moyens indiquent les différences environnementales entre les relevés et en conséquence entre les placettes.

L'impact des anciennes utilisations agricoles sur la **productivité forestière** est, d'un point de vue économique, l'élément le plus important évoqué dans cette étude. La productivité d'un

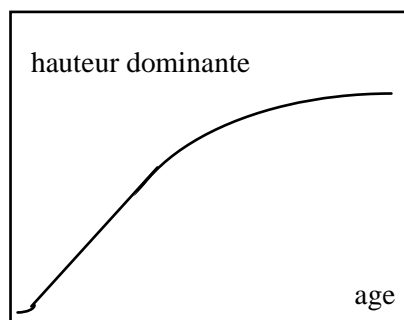
¹⁹ On donne le nom de cortège floristique à l'ensemble des espèces d'une zone donnée (OZENDA, 1964).

peuplement forestier correspond à son accroissement en diamètre et en hauteur. DECOURT et LE TACON (1970) ont démontré que l'accroissement en diamètre est très lié à celui de la hauteur. En conséquence, il suffit d'utiliser la hauteur comme paramètre pour estimer les impacts des anciennes utilisations agricoles sur la productivité (LANIER, 1986, PARDE et BOUCHON, 1988). La hauteur dominante est le paramètre généralement utilisé dans ce but parce qu'elle est indépendante de la densité des peuplements, donc dans une certaine mesure du traitement sylvicole. Elle est calculée en utilisant la moyenne des hauteurs des 100 plus gros arbres du peuplement par hectare. Cette mesure reflète étroitement, pour une essence donnée, la fertilité de la zone où elle a été effectuée.

Pour déterminer la **hauteur dominante**, le travail a été effectué pendant trois mois grâce à l'aide de F. Hemmer (élève au Lycée agricole de Mirecourt, BTSA option "Gestion Forestière"). Ce travail a été réalisé sur le terrain et s'est poursuivi dans les bureaux du laboratoire de phytoécologie de l'INRA Champenoux. Les placettes étudiées sont en grande partie des peuplements reboisés et correspondent aux critères de la loi d'Eichorn (purs, équiennes et complets). La mesure de la hauteur dominante s'est déroulée suivant le protocole couramment utilisé. La circonférence de tous les arbres a été mesurée dans la placette de mesure dont la surface est de 600 m². Cette placette est représentative d'un hectare sur lequel il aurait fallu mesurer les 100 plus grands arbres (BUFFET et GIRAULT, 1989). Ici, seule la hauteur des cinq plus gros arbres (DECOURT et LE TACON, 1970) a été mesurée avec un dendromètre ("Blum-Leiss"). Il s'agit en fait d'un clinomètre grâce auquel on peut déterminer la hauteur d'un arbre directement sur le terrain. Au cas où l'ancienne parcelle agricole est inférieure à 600 m² mais supérieure à 400 m², la hauteur de quatre arbres seulement a été mesurée. Dans les toutes petites parcelles (< 400 m²), seuls trois arbres ont été mesurés.

La hauteur dominante a ensuite été calculée de la manière suivante pour une placette de 600 m² : hauteur dominante = (somme des hauteurs des 5 arbres de plus gros diamètre)/5. Comme elle évolue évidemment en fonction de l'âge du peuplement, on se réfère à l'**indice de fertilité (IF)** qui tient compte de la hauteur dominante et de l'âge : hauteur = f(âge) (Fig. 5-1) (DECOURT, 1971, LANIER, 1986, PARDE et BOUCHON, 1988). Ainsi, des peuplements d'âges différents peuvent être comparés. Cette modélisation prend également en compte la fertilité du milieu.

Figure 5-1 Schéma de l'évolution de la hauteur dominante en fonction de l'âge (hauteur = f(âge))



L'âge de référence a été choisi arbitrairement à 90 ans pour pouvoir comparer les arbres de tout âge. Les arbres âgés de 90 ans ou plus ne nécessitent pas de correction et pouvaient être utilisés directement puisqu'on peut admettre en première approximation que la croissance en hauteur devient faible après 90 ans. **L'âge des arbres** a été déterminé par carottage à la souche et comptage des cernes.

Le modèle mathématique obtenu est :

IF 90 (m) = 30,39 + hauteur mesurée en m - 43,18 * e^{(-88,6/(âge))}. IF est l'indice de fertilité recherché. 30,39 est la hauteur théorique en mètres d'un arbre âgé de 90 ans appartenant exactement à la classe 4 de DECOURT²⁰ (1971). Le nombre d'arbres par ancienne utilisation agricole et le nombre de placettes est indiqué dans le Tabl. 5-1.

Tableau 5-1 Nombre d'arbres mesurés/nombre de placettes sur lesquelles les arbres ont été échantillonnés (en gras)

ancienne utilisation	total	"pauvre"	"riche"
forêt ancienne	85/ 17	35/ 7	50/ 10
ancienne pâture	19/ 4	5/ 1	14/ 3
ancien champ	108/ 22	30/ 6	78/ 16
ancien pré	85/ 17	40/ 8	45/ 9
ancien jardin	20/ 5	7/ 2	13/ 3
total	317/ 65	117/ 24	200/ 41

Le degré de **pourriture des troncs** a été noté dans la mesure du possible, car il indique l'état sanitaire des arbres, qui peut éventuellement varier en fonction des anciennes utilisations agricoles. Il s'agit de pourritures de nature non déterminée. A partir de la souche, le bois devient mou, noir et impropre à toutes utilisations (Fig. 5-1). Les bûcherons qui exploitent ces arbres sont obligés de purger les grumes en coupant la partie infectée. Le rendement sylvicole baisse donc avec l'apparition de ces pourritures. Le pourcentage de tiges pourries parmi les arbres carottés a été noté.

Figure 5-2 Souche fraîchement coupée avec pourriture au Solem



²⁰ Le classement de DECOURT a été effectué sur les épicéas du nord-est de la France. Il correspond à un modèle de la hauteur des arbres en fonction de la fertilité du sol. La classe 1 correspond à une grande fertilité et la classe 4 à un niveau de fertilité peu élevé.

5.3 RESULTATS - LES CONSEQUENCES DES ANCIENNES UTILISATIONS SUR LA VEGETATION FORESTIERE

5.3.1 La structure de la végétation

L'analyse des recouvrements moyens par strate laisse apparaître de nettes différences de structure entre anciennes utilisations agricoles (Tabl. 5-2). Globalement, la structure verticale des forêts anciennes est plus équilibrée que celle des autres utilisations, puisque chaque strate est bien représentée notamment la strate arbustive. Les forêts anciennes se caractérisent néanmoins par un faible recouvrement arborescent, et d'une strate herbacée peu couvrante. Le taux de recouvrement de la strate herbacée est plus élevé, à l'opposé, dans les anciennes terres agricoles, vraisemblablement du fait d'une fertilité plus élevée (voir chap.4). Les anciennes pâtures ont un fort recouvrement arborescent et peu d'arbustes. Leur strate muscinale est peu abondante et leur strate herbacée est la plus clairsemée. Les anciens prés et les anciens champs se ressemblent, avec des valeurs intermédiaires de recouvrement dans toutes les strates. Seule la strate muscinale est plus développée dans les anciens prés, ce qui est probablement dû à une forte humidité comme l'indiquent les coefficients d'Ellenberg (voir Tabl. 5-13). Les anciens jardins possèdent des strates arborescentes et herbacées très développées, mais les strates arbustives et muscinales les moins étendues. Les résultats d'une analyse de variance montrent que les différences entre utilisations anciennes sont seulement significatives pour les strates arbustives et muscinales. Ces comparaisons sont biaisées par le fait que les forêts anciennes sont rarement des plantations comparables à celles des anciennes terres agricoles, ce qui fausse l'analyse de variance. La strate arborescente, plus développée dans les forêts anciennes, peut ainsi résulter d'un traitement sylvicole différent. En effet, dans une forêt ancienne, les arbres ont des âges très différents puisque seuls les arbres les plus mûrs sont coupés. Malheureusement, dans cette étude, l'histoire sylvicole n'a pas été prise en compte.

A distance de la placette à la ruine et à la source ou au ruisseau n'a pas d'impact sur le taux de recouvrement (Tabl. 5-21 et 5-22 en fin de chapitre).

Les recouvrements de la strate arborescente du groupe "pauvre" sont en moyenne plus faibles que ceux du groupe "riche", contrairement à la strate arbustive et la strate herbacée. La fertilité des parcelles du groupe "pauvre" étant moins élevée, un tel résultat était attendu. Les taux entre les deux groupes de fertilité se ressemblent dans la strate muscinale sauf dans les forêts anciennes où le recouvrement est beaucoup plus élevé dans le groupe "riche". Les sols des placettes appartenant au groupe "pauvre" sont plus secs (sols ocreux pauvres en argile) et ont dû vraisemblablement contribuer à cette différence. L'analyse de variance, par groupe de fertilité, indique que seule les différences dans la strate muscinale sont significatives entre utilisations. Ces différences ont déjà été observées lors de l'analyse sur l'ensemble des placettes.

L'interprétation par groupe de sites est très limitée à cause du déséquilibre dans l'échantillonnage (Tabl. 3-6). Il apparaît tout de même que l'amplitude la plus importante des variations du recouvrement herbacé est d'abord trouvée dans les anciennes fermes anabaptistes, puis dans le "Vers" de Gemaingoutte et les fermes de la crête des Vosges (Tabl. 5-3). L'amplitude la plus faible est sur le Haut-du-Tôt. Ces résultats semblent confirmer que l'intensité des pratiques a influencé la fertilité du milieu (voir chap. 4), et donc indirectement la structure de la végétation. L'amplitude de la variation de la strate arborescente est faible et peu différente d'un groupe de sites à l'autre, ce qui incite à penser que les peuplements sont

comparables entre groupes de sites. Sur les versants "Droits", les pâtures ont néanmoins un recouvrement arborescent important comparées aux anciens champs, ce qui n'est pas vrai pour les autres groupes de sites.

Tableau 5-2 Recouvrement moyen des différentes strates de végétation en fonction des anciennes utilisations agricoles²¹

Strate Arborescente			
Recouvrement moyen (%)			
anciennes utilisations	total	"pauvre"	"riche"
forêts anciennes	57	53	65
anciennes pâtures	73	75	73
anciens champs	69	60	72
anciens prés	60	54	64
anciens jardins	72	80	66
F	ns	ns	ns
Degrés de liberté	2,99	2,37	2,61
moyenne	64	58	68

Strate Arbustive			
Recouvrement moyen (%)			
anciennes utilisations	total	"pauvre"	"riche"
forêts anciennes	35 a	44	26
anciennes pâtures	10	0	11
anciens champs	19 b	27	16
anciens prés	20 b	26	16
anciens jardins	8	10	8
F	5.78*	ns	ns
Degrés de liberté	2,99	2,37	2,61
moyenne	21	30	16

²¹ Les analyses statistiques dans ce tableau et les tableaux suivants de ce chapitre ont exclues les anciens jardins et les anciennes pâtures, à cause de leur trop petit nombre (voir le descriptif des méthodes statistiques employées en annexes, chap. 8.2).

Strate Herbacée			
Recouvrement moyen (%)			
anciennes utilisations	total	"pauvre"	"riche"
forêts anciennes	52	50	54
anciennes pâtures	43	13	48
anciens champs	57	70	52
anciens prés	61	63	59
anciens jardins	69	60	74
F	ns	ns	ns
Degrés de liberté	2,99	2,37	2,61
moyenne	56	59	55

Strate Muscinale			
Recouvrement moyen (%)			
anciennes utilisations	total	"pauvre"	"riche"
forêts anciennes	19 b	12 a	25ab
anciennes pâtures	11 b	3	13
anciens champs	18 b	18 ab	17a
anciens prés	34 a	32b	35b
anciens jardins	14	18	13
F	F8.14***	3.99*	6.58**
Degrés de liberté	2,99	2,37	2,61
moyenne	22	20	22

Tableau 5-3 Moyenne du taux de recouvrement de la strate arborescente par groupe de sites / Moyenne du taux de recouvrement de la strate herbacée par groupe de sites

	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes de la crête des Vosges	fermes anabaptistes	les "Droits"	le "Vers" de Gemeingoutte
forêt	53/52	52/52	78/63	65/30	70/25	60/85
pâturage	-	71/47	-	75/13	74/53	75/30
champ	58/60	68/51	60/100	63/98	78/41	87/64
pré	54/63	64/59	-	70/70	-	-
jardin	70/60	55/70	90/60	80/78	-	-

5.3.2 La diversité : nombre d'espèces, indices de diversité et de régularité

Le **nombre total d'espèces** dépend des anciennes utilisations (Tabl. 5-4). En effet, dans les forêts anciennes, le nombre moyen d'espèces est le plus faible (20.8), peu différent de celui des anciennes pâtures (23.9). Dans les anciens jardins et dans les anciens champs, on trouve en moyenne 29 et 29.2 espèces. Les anciens prés sont les plus riches (34.3). En revanche, si on regarde le nombre d'espèces par strate, on constate que les anciennes forêts ont le plus grand nombre d'espèces dans la strate arborescente et dans la strate arbustive, mais le nombre le plus faible dans la strate herbacée. Les anciens champs et les anciens jardins sont assez comparables pour l'ensemble des strates. Les anciennes pâtures ont généralement peu d'espèces dans leurs différentes strates, à l'exception de la strate arborescente, où elles se classent juste derrière les forêts anciennes. Le nombre important d'espèces dans les anciens prés est surtout dû à la strate herbacée et, plus encore, à la strate muscinale.

Ces résultats montrent que les anciennes utilisations agricoles sont déterminantes pour la richesse spécifique. Ces résultats ne confirment pas ceux de PETERKEN et GAME (1984). Ils montrent que la richesse spécifique dans les forêts anciennes est plus élevée que dans les anciennes terres agricoles boisées, mais leur étude ne précise pas les utilisations antérieures au boisement. Ils notent que cette observation est valable pour des forêts nouvelles isolées. Rappelons que nos placettes sont au contraire des enclaves en forêts anciennes ou en sont limitrophes.

HEILMANN, MARKESCHIN et REHFUSS (1995) notent de plus que dans de jeunes plantations de cinq ans avec quatre espèces de feuillus sur d'anciens champs, le nombre d'espèces était très élevé. Ils pensent que ce fait est relié au grand stock de graines et à une fertilité élevée des sols.

HERMY (1994) suggère que les utilisations agricoles déterminent le type d'espèce mais pas le nombre. En effet, le nombre d'espèces ne tient pas compte de la rareté d'apparition globale des espèces. Les espèces qui apparaissent sur les anciennes terres agricoles sont très fréquentes dans le nord-est de la France. Toutefois, les anciennes terres agricoles enclavées dans des forêts anciennes augmentent le nombre d'espèces à l'échelle d'une forêt et créent des niches écologiques pour un certain nombre d'espèces rares à l'échelle de la forêt actuelle du Massif Vosgien.

Tableau 5-4 Nombre d'espèces sur la totalité des placettes par anciennes utilisations

anciennes utilisations	toutes strates confondues	strate arborescente	strate arbustive	strate herbacée	strate muscinale
forêts anciennes	20.8 c	2.4	4.0	14.6 b	4.8 b
anciennes pâtures	23.9	2.2	2.8	18.2	4.7
anciens champs	29.2 b	2.0	3.6	23.1 a	4.7 b
anciens prés	34.3 a	1.8	3.6	25.4 a	7.9 a
anciens jardins	29.0	1.8	3.0	24.2	3.7
F	19.71***	ns	ns	17.24***	18.24***
Degrés de liberté	2,106	2,106	2,106	2,106	2,106

par groupe de fertilité	toutes strates confondues	strate arborescente	strate arbustive	strate herbacée	strate muscinale
forêts anciennes "pauvres"	18b	2.3a	3.7	12.3b	5b
forêts anciennes "riches"	23c	2.4	4.2	16.7c	4.5b
anciennes pâtures "pauvres"	15.5	1.5	0	12.5	2.5
anciennes pât. "riches"	25.5	2.3	3.3	19.2	5.1
anciens champs "pauvres"	22ab	1.7ab	3.25	16.7ab	4.5b
anciens champs "riches"	31.8b	2	3.7	25.4b	4.8b
anciens prés "pauvres"	26.1a	1.3b	3.5	17.9a	7.7a

anciens prés "riches"	40.1a	2	3.7	30.7a	8a
anciens jardins "pauvres"	29.5	2	1	25.5	3.5
anciens jardins "riches"	28.8	1.8	4	23.5	3.75
F "pauvres"	7.46**	6.63**	ns	5.61**	5.74**
F "riches"	21.40***	ns	ns	18.66***	12.28***
Degrés de liberté "pauvres"	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37
Degrés de liberté "riches"	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66

Tableau 5-5 Nombre d'espèces moyen par groupe de sites

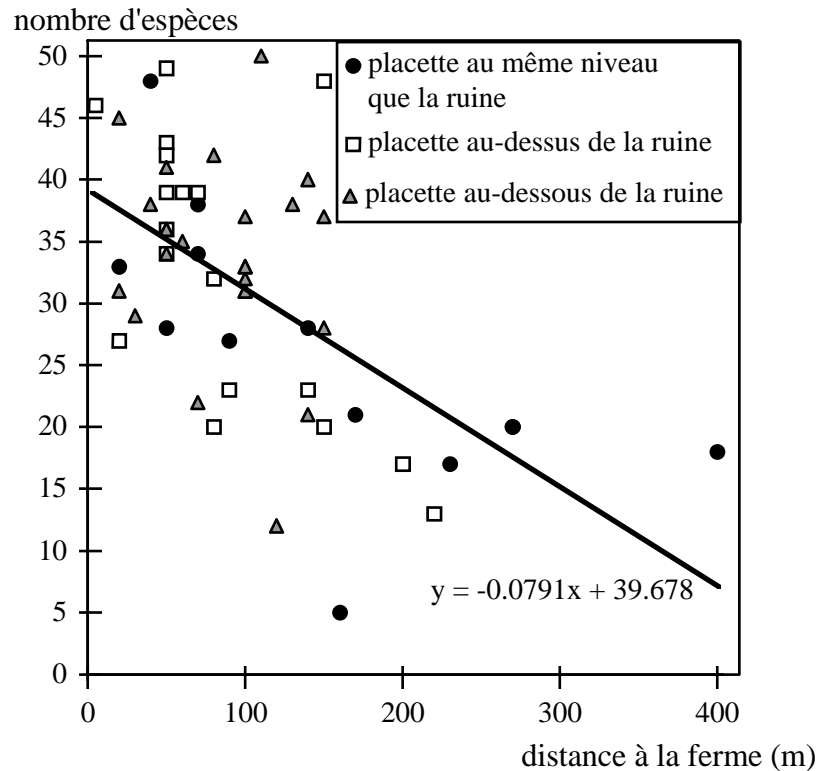
	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes de la crête des Vosges	fermes anabaptistes	les "Droits"	le "Vers" de Gemaingoutte
forêt	18	26	16	14.5	17	21
pâture	-	31	-	15.5	21	19
champ	22	34.5	26	24.5	33	17
prés	24	41	-	20	-	-
jardin	22	35.5	23	29	-	-

Le nombre d'espèces, toutes utilisations confondues, est plus élevé dans le groupe "riche" que dans le groupe "pauvre". La différence entre les deux groupes est faible pour les jardins mais élevée pour les autres pratiques. Cette différence est surtout due à la strate herbacée qui renferme dans les deux groupes le plus d'espèces mais qui est particulièrement développée dans les parcelles du groupe "riche".

L'analyse par groupe de sites montre, comme pour le taux de recouvrement, les moyennes les plus élevées sur l'ancien territoire des fermes anabaptistes (Tabl. 5-5). Les anciens jardins contiennent le double des espèces des forêts anciennes. L'amplitude est également importante sur les versants "Droits". L'amplitude de la moyenne entre les pratiques est la plus faible sur le versant "Vers" de Gemaingoutte et sur le Haut-du-Tôt.

Le nombre d'espèces a été testé par rapport aux distances en ligne droite mesurées sur le cadastre, par rapport à la ferme et au ruisseau ou à la source. On observe que la distance à la ruine et le nombre d'espèces sont négativement corrélés (coefficient de corrélation -0.37*) pour les anciens champs et les anciens prés des sites du groupe "riche" (Fig. 5-3). Le nombre d'espèces diminue si on s'éloigne de la ruine, de façon indépendante de la situation topographique par rapport à la ruine. Pour les forêts anciennes, le coefficient de corrélation n'est pas significatif. Comme on le verra plus loin (voir plus bas coefficients d'Ellenberg), le nombre d'espèces semble lié à l'alimentation azotée. Celle-ci (voir chap. 4) dépend de la fertilisation qui était vraisemblablement plus intense à proximité de la ruine. Il n'y a également pas de corrélation dans le groupe "pauvre" entre le nombre d'espèces et la distance à la ruine. Pour l'ensemble des placettes, la distance au ruisseau ou à la source la plus proche n'a en revanche pas d'influence sur le nombre d'espèces. La fertilité est donc vraisemblablement plus liée aux anciennes utilisations agricoles qu'au milieu physique : la fertilité apportée par un ruisseau ou une source a eu à long terme un effet moindre à celle d'origine anthropique.

Figure 5-3 Nombre total d'espèces en fonction de la distance à la ruine pour les anciens champs et les anciens prés des sites riches



L'indice de diversité de Shannon est très corrélé avec le nombre d'espèces ($r = 0.98$ pour la strate arborescente, $r = 0.96$ pour la strate herbacée, $r = 0.94$ pour la strate arbustive et $r = 0.93$ pour la strate muscinale). En conséquence, il n'apporte pas d'information supplémentaire, mais permet de confirmer les résultats déjà observés. Certaines analyses de variance deviennent significatives grâce à lui.

On peut constater que les indices de diversité sont plus élevés dans le groupe "riche" que dans le groupe "pauvre" (Tabl. 5-6). L'indice de diversité est très corrélé dans ces deux groupes avec le nombre d'espèces, les coefficients se situent entre $r = 0.92$ et $r = 0.99$.

Tableau 5-6 Indice de diversité de Shannon par anciennes utilisations agricoles

anciennes utilisations agricoles	strate arborescente	strate arbustive	strate herbacée	strate muscinale
forêts anciennes	0.72a	1.29	2.62b	1.50b
anciennes pâtures	0.59	1.21	2.84	1.69
anciens champs	0.50ab	1.15	3.14a	1.53ab
anciens prés	0.38b	1.16	3.24a	2.09a
anciens jardins	0.44	1.15	3.29	1.22
F.	3.21*	ns	11.7***	7.83***

par groupe de fertilité	strate arborescente	strate arbustive	strate herbacée	strate muscinale
forêts anciennes "pauvres"	0.75a	1.25	2.45b	1.41ab
forêts anciennes "riches"	0.70	1.33	2.75c	1.58b
anciennes pâtures "pauvres"	0.29	-	2.47	1.70
anciennes pâtures "riches"	0.64	1.22	2.9	11.68
anciens champs "pauvres"	0.36b	0.96	2.77a	1.35b
anciens champs "riches"	0.56	1.22	3.28b	1.60b
anciens prés "pauvres"	0.18b	1.03	2.79a	1.98a
anciens prés "riches"	0.51	1.23	3.57a	2.16a
anciens jardins "pauvres"	0.54	0.67	3.31	0.84
anciens jardins "riches"	0.38	1.27	3.28	1.46
F "pauvres"	9.43***	ns	4.99*	4.39*
F "riches"	ns	ns	20.48***	6.80**

Dans les strates arborescente et arbustive, la **régularité** de la distribution des espèces est corrélée négativement avec le nombre d'espèces (respectivement $r = -0.95$ et -0.62). Ceci est un artefact dû au faible nombre d'espèces dans ces strates. L'épicéa ou le sapin étant le plus souvent largement dominant, lorsque d'autres espèces sont présentes la régularité chute fortement.

Dans la strate herbacée, la corrélation entre le nombre d'espèces et la régularité est significative et positive ($r = 0.56$). L'indice de régularité indique que les strates herbacées des anciennes forêts contiennent plutôt une espèce dominante dans un cortège floristique pauvre. Les autres espèces ont un coefficient d'abondance-dominance faible. En revanche, les coefficients d'abondance-dominance des différentes espèces sont plus équilibrés dans la strate herbacée des anciens prés et anciens champs : les espèces herbacées des anciens prés et anciens champs utilisent l'espace de façon plus régulière (Tabl. 5-7).

En ce qui concerne la strate muscinale, la corrélation entre le nombre d'espèces et la régularité est relativement faible comparée aux autres strates ($r = 0.33$). Les différences de régularité entre les anciennes utilisations agricoles pour cette strate sont non significatives, car elles sont vraisemblablement masquées par les différences importantes entre sites.

La régularité par groupe de fertilité montre que le groupe "riche" présente une végétation plus régulière que le groupe "pauvre" pour toutes les strates. La végétation des parcelles du groupe "pauvre" est donc dominée par peu d'espèces par placette (cas par exemple des pelouses à canche), alors que celle du groupe "riche" est plus diversifiée mais de façon homogène (abondance-dominance des espèces moins différente).

Tableau 5-7 Indice de régularité par anciennes utilisations agricoles

anciennes utilisations	strate arborescente	strate arbustive	strate herbacée	strate muscinale
forêts anciennes	0.34a	0.57	0.81a	0.79
anciennes pâtures	0.26	0.71	0.89	0.88
anciens champs	0.24ab	0.5	0.87b	0.83
anciens prés	0.18b	0.60	0.87b	0.85
anciens jardins	0.22	0.68	0.89	0.69
F.	6.51**	ns	11.53***	ns

par groupe de fertilité	strate arborescente	strate arbustive	strate herbacée	strate muscinale
forêts anciennes "pauvres"	0.36a	0.56	0.80	0.86
forêts anciennes "riches"	0.32	0.58	0.83 b	0.72
anciennes pâtures "pauvres"	0.15	-	0.84	0.76
anciennes pâtures "riches"	0.28	0.71	0.90	0.89
anciens champs "pauvres"	0.18b	0.47	0.82	0.68
anciens champs "riches"	0.26	0.60	0.89a	0.89b
anciens prés "pauvres"	0.09b	0.58	0.81	0.83
anciens prés "riches"	0.24	0.61	0.92a	0.87a
anciens jardins "pauvres"	0.21	0.42	0.85	0.52
anciens jardins "riches"	0.22	0.74	0.91	0.80
F "pauvres"	9.21***	ns	ns	ns
F "riches"	ns	ns	14.52***	ns

5.3.3 Les espèces caractéristiques des anciennes utilisations agricoles

Quelques problèmes sont apparus qui ont nécessité un classement préliminaire des données : d'abord, la strate arborescente des forêts anciennes s'oppose à la strate arborescente des anciennes terres agricoles reboisées. En effet, la strate arborescente des forêts anciennes est dominée par le sapin alors que les anciennes terres agricoles sont reboisées en épicéa. Rappelons que les reboisements ont été effectués en général en épicéa. Sur 113 placettes, 78 sont dominées par l'épicéa et 35 par le sapin. Le Tabl. 5-8 donne un aperçu des espèces qu'on rencontre dans les anciennes parcelles agricoles qui ont subies des utilisations différentes.

Tableau 5-8 Nombre de placettes par anciennes utilisations agricoles et espèces arborescentes dominantes et secondaires (mais coefficient abondance-dominance >à 3)

(Les placettes qui comportent deux espèces sont comptées plusieurs fois²².)

forêt ancienne	ancienne pâture	ancien champ	ancien pré	ancien jardin
3 <i>Picea abies</i>	8 <i>Picea abies</i>	33 <i>Picea abies</i>	30 <i>Picea abies</i>	3 <i>Picea abies</i>
22 <i>Abies alba</i>	4 <i>Abies alba</i>	7 <i>Abies alba</i>	2 <i>Abies alba</i>	7 <i>Abies alba</i>
1 <i>Acer pseudoplatanus</i>	1 <i>Fagus sylvatica</i>	1 <i>Betula pendula</i>		1 <i>Acer pseudoplatanus</i>
4 <i>Fagus sylvatica</i>		2 <i>Pseudotsuga menziesii</i>		1 <i>Pseudotsuga menziesii</i>
				1 <i>Fraxinus excelsior</i>

Les espèces de ces tableaux qui n'apparaissent qu'une seule fois dans l'ensemble des relevés ont été supprimées. Notons aussi que, l'échantillonnage par groupe de fertilité est déséquilibré : 45 relevés ont été effectués dans le groupe "pauvre" et 72 dans le groupe "riche".

²² *Picea abies* : Epicéa ; *Abies alba* : Sapin ; *Acer pseudoplatanus* : Erable ; *Fagus sylvatica* : Hêtre ; *Betula pendula* : Bouleau ; *Pseudotsuga menziesii* : Douglas ; *Fraxinus excelsior* : Frêne.

Enfin, seul un faible nombre de relevés floristiques dans les anciens jardins et dans les anciennes pâtures a été effectué. Les résultats pour ces deux groupes ne sont pas aussi fiables que pour les autres utilisations (voir chap. 3).

Trois tableaux présentent les résultats : le Tabl. 5-9 fait l'inventaire des espèces présentes dans l'ensemble des placettes, les deux autres (Tabl. 5-10 et Tabl. 5-11) indiquent la présence des espèces dans les deux groupes de fertilité ("riche" et "pauvre"). Dans les trois tableaux, quatre ensembles d'espèces ont été définis regroupant les espèces en fonction de leur apparition sur les parcelles qui ont subi différentes anciennes utilisations agricoles. Le premier groupe (A) concerne les espèces qui se trouvent préférentiellement sur d'anciennes parcelles enrichies (anciens champs, anciens prés, et anciens jardins). Le deuxième (B) regroupe les espèces qui se trouvent préférentiellement dans les parcelles reboisées (les trois types précédents et les anciennes pâtures). Le troisième (C) unit les espèces qui se trouvent sur d'anciennes parcelles appauvries (anciennes pâtures et forêts anciennes). Enfin, le quatrième (D) regroupe les espèces qui ont un comportement indifférent des anciennes utilisations (= ubiquistes). Chacun de ces quatre ensembles est divisé en sous-ensembles en fonction de la présence des espèces sur des parcelles qui ont subi différentes anciennes utilisations agricoles. Cette subdivision est spécifique pour chaque tableau.

Les résultats montrent que les parcelles anciennement enrichies (ancien champ, ancien pré, ancien jardin) ont une plus forte richesse floristique. En effet, sur 158 espèces recensées au total, 47% sont présentes de préférence dans ces milieux et un faible nombre (3%) uniquement sur les parcelles des forêts anciennes.

La comparaison entre le groupe "riche" et "pauvre" met en évidence des grandes différences de richesse floristique : on observe en effet 110 espèces dans le groupe "pauvre" et 143 espèces dans le groupe "riche". Cette différence peut être liée en partie à un nombre déséquilibré de relevés (les relevés du groupe "riche" sont plus nombreux et en conséquence la chance de trouver plus d'espèces caractéristiques est plus grande) (Tabl. 5-10 et Tabl. 5-11). Le groupe "pauvre" contient moins d'espèces (61) caractéristiques d'un ancien enrichissement (anciens champs, anciens prés, anciens jardins) que le groupe "riche" (69). Mais la comparaison entre les tableaux montre que les proportions d'espèces pour les mêmes ensembles restent à peu près les mêmes. En effet, dans le groupe "riche", il y a 48% des espèces qui se trouvent de préférence sur des parcelles enrichies comparées aux 55% du groupe "pauvre". On constate également que 11% des espèces se trouvent sur des sols appauvris dans le groupe "pauvre" et dans le groupe "riche".

La composition floristique des deux groupes est néanmoins très différente. Seule *Impatiens parviflora* se trouve dans les jardins des deux groupes.

Les anciens jardins ont une très grande diversité floristique et, d'après les indices de régularité, les espèces y sont réparties d'une manière plus régulière que dans les autres parcelles.

Par ailleurs, certaines espèces des anciens jardins du groupe "pauvre" se trouvent comme espèces ubiquistes dans le groupe "riche" (ex. *Poa nemoralis* ou *Veronica montana*). On observe le même phénomène pour les espèces des anciens prés du groupe "pauvre" dans le groupe "riche". En effet dans le groupe "pauvre", les anciens jardins et les anciens prés sont les seules parcelles assez riches ou assez humides pour favoriser certaines espèces, alors que de bonnes conditions édaphiques se rencontrent plus souvent dans le groupe "riche".

Le partage en deux groupes de fertilité n'a pu ainsi identifier que deux espèces comme "infaillible" pour déterminer une ancienne pratique agricole²³.

²³ *Impatiens parviflora* dans les anciens jardins ; *Cytisus scoparius* (le genêt à balais) dans les anciennes pâtures ou les forêts anciennes.

La recherche des espèces caractéristiques des anciennes utilisations agricoles s'avère assez difficile car très peu d'espèces ont été trouvées. HERMY (1994) propose une liste de 90 espèces pour identifier les forêts anciennes en conditions mésophiles (= relativement riches). Seule une espèce réapparaît comme espèce de "forêts anciennes" dans les relevés effectués dans le Massif Vosgien : *Carex remota*. Deux des espèces qu'il mentionne sont pour nous des espèces de "boisement"²⁴, 8 des espèces ubiquistes²⁵ et 7 des espèces "d'enrichissement"²⁶. Cette disparité entre les résultats de HERMY (1994) et ceux obtenus dans le Massif Vosgien peut être reliée aux différences entre milieux d'origine des peuplements et à la situation géographique, aux conditions environnementales et à la présence de semenciers à proximité des anciennes parcelles agricoles que nous avons étudiées. PETERKEN et GAME (1984) ont étudié le mode de dispersion de la mercuriale (*Mercurialis perennis*), une espèce présente seulement sous couvert forestier. D'après ces auteurs, elle est beaucoup plus fréquente dans les forêts anciennes que dans les forêts récentes, ce qui est en contradiction avec nos résultats. Ils expliquent ce phénomène par un très faible potentiel de colonisation (elle se propage très lentement). Elle est absente sur des surfaces reconquises par la forêt s'il s'agit d'un îlot sans lien géographique avec une forêt où se trouve déjà cette espèce. HERMY (1994) remarque qu'en Europe, 40% des espèces des forêts anciennes (soit 90 espèces) sont des espèces dispersées par les fourmis (dispersion myrmécochore). Mais dans notre cas, les sites sont souvent d'anciennes enclaves et la dispersion myrmécochore peut avoir lieu. De plus, la détermination des espèces caractéristiques des anciennes utilisations agricoles ne peut se faire que dans des secteurs géographiquement restreints, comme le Massif Vosgien dans notre cas, la présence ou non d'une espèce dans une parcelle dépendant de la fertilité. C'est pourquoi des espèces des anciens jardins et anciens prés du groupe "pauvre" ont été trouvées comme ubiquistes dans le groupe "riche". Il semble plus utile d'établir des listes d'espèces par type de milieu (ex. acidophile ou neutrophile).

²⁴ *Anemone nemorosa*, *Corylus avellana*

²⁵ *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *Lamium galeobdolon*, *Luzula luzuloides*, *L. pilosa*, *L. sylvatica*, *Lysimachia nemorum*, *Maianthemum bifolium*

²⁶ *Carex sylvatica*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Melica uniflora*, *Mercurialis perennis*, *Milium effusum*, *Paris quadrifolia*, *Phyteuma spicatum*

Tableau 5-9 Espèces recensées pour l'ensemble des placettes par anciennes utilisations

117 relevés, 158 espèces	forêt	pât.	champ	pré	jard.
A) 75 espèces caractéristiques des anciennes parcelles enrichies					
A1) 9 espèces se trouvant uniquement dans les jardins					
Impatiens parviflora	-	-	-	-	II
Prunella vulgaris	-	-	-	-	I
Ranunculus nemorosus	-	-	-	-	I
Ribes rubrum	-	-	-	-	I
Ribes uva-crispa	-	-	-	-	I
Rumex sp	-	-	-	-	I
Salix caprea	-	-	-	-	I
Veronica officinalis	-	-	-	-	I
Vinca minor	-	-	-	-	I
A2) 21 espèces caractéristiques des anciens jardins et des anciens prés					
Vicia sepium	-	-	-	I	I
Glechoma hederacea	-	-	-	I	I
Chrysosplenium alternifolium	-	-	-	I	I
Caltha palustris	-	-	-	I	-
Cardamine pratensis	-	-	-	I	-
Carpinus betulus	-	-	-	I	-
Deschampsia cespitosa	-	-	-	I	-
Filipendula ulmaria	-	-	-	I	-
Fissidens taxifolius	-	-	-	I	-
Leucanthemum vulgare	-	-	-	I	-
Lychnis flos-cuculi	-	-	-	I	-
Molinia caerulea	-	-	-	I	-
Pellia epiphylla	-	-	-	I	-
Quercus robur	-	-	-	I	-
Ranunculus acris	-	-	-	I	-
Ranunculus ficaria	-	-	-	I	-
Rhytiadelphus squarrosus	-	-	-	I	-
Scrophularia nodosa	-	-	-	I	-
Tussilago farfara	-	-	-	I	-
Viburnum opulus	-	-	-	I	-
Viola palustris	-	-	-	I	-
A3) 11 espèces se trouvant seulement dans les champs.					
Acer platanoides	-	-	I	-	-
Achillea millefolium	-	-	I	-	-
Antirrhinum orontium	-	-	I	-	-
Carex umbrosa	-	-	I	-	-
Dactylis glomerata	-	-	I	-	-
Hypericum perforatum	-	-	I	-	-
Larix decidua	-	-	I	-	-
Polypodium vulgare	-	-	I	-	-
Rumex obtusifolius	-	-	I	-	-
Salvia pratensis	-	-	I	-	-
Trifolium pratense	-	-	I	-	-
A4) 22 espèces se trouvant sur des parcelles qui ont connu des utilisations enrichissantes (champ, pré, jardin)					
Geum urbanum	-	-	I	-	II
Milium effusum	-	-	I	-	I

Potentilla sterilis	-	-	I	I	I
Fragaria vesca	-	-	I	I	I
Stachys sylvatica	-	-	I	I	II
Rumex acetosella	-	-	I	I	I
Galium odoratum	-	-	I	I	II
Paris quadrifolia	-	-	I	I	I
Melica uniflora	-	-	II	I	I
Silene vulgaris	-	-	II	I	I
Mnium hornum	-	-	I	I	-
Primula veris	-	-	I	I	-
Rhizomnium punctatum	-	-	I	II	-
Vaccinium vitis-idaea	-	-	I	I	-
Lathyrus montanus	-	-	I	I	-
Anthoxanthum odoratum	-	-	I	I	-
Carex sylvatica	-	-	I	I	-
Phyteuma spicatum	-	-	I	I	-
Galium sylvaticum	-	-	I	I	-
Epilobium angustifolium	-	-	I	I	-
Lotus corniculatus	-	-	I	I	-
Mercurialis perennis	-	-	I	I	-
A5) 12 espèces ubiquistes, mais de préférence sur des parcelles enrichies					
Epilobium montanum	I	I	I	III	II
Silene dioica	I	I	II	II	V
Moehringia trinervia	I	I	II	II	III
Festuca altissima	I	I	II	II	III
Atrichum undulatum	II	III	III	IV	III
Hylocomium splendens	II	II	III	III	III
Prenanthes purpurea	II	III	IV	IV	III
Galium saxatile	II	II	III	IV	II
Plagiomnium affine	I	II	II	III	II
Plagiothecium undulatum	II	II	II	IV	I
Rubus idaeus	II	-	III	IV	V
Urtica dioica	I	-	I	I	III
B) 18 espèces caractéristique des anciennes terres agricoles					
B1) 9 espèces se trouvant seulement sur d'anciennes terres agricoles					
Impatiens noli-tangere	-	I	I	II	III
Fraxinus excelsior	-	I	II	I	II
Holcus mollis	-	I	I	I	I
Geranium robertianum	-	II	I	I	II
Mycelis muralis	-	II	II	II	III
Ajuga reptans	-	I	II	II	I
Anemone nemorosa	-	I	I	III	-
Potentilla erecta	-	I	I	I	-
Cardamine flexuosa	-	I	I	I	-
B2) 9 espèces se trouvant principalement sur d'anciennes terres agricoles					
Galeopsis tetrahit	II	IV	III	III	V
Acer pseudoplatanus	II	V	IV	IV	V
Corylus avellana	I	II	III	III	IV
Senecio nemorensis	I	II	III	III	IV
Agrostis stolonifera	I	II	III	III	III
Hedera helix	I	II	III	II	II
Teucrium scorodonia	I	III	III	I	II
Festuca gigantea	I	III	III	II	II

<i>Sambucus nigra</i>	I	II	II	III	II
C) 7 espèces caractéristiques des anciennes parcelles appauvries (anciennes pâtures et forêts anciennes)					
C1) 2 espèces se trouvant de préférence dans les anciennes pâtures					
<i>Cytisus scoparius</i>	I	III	II	I	I
<i>Quercus petraea</i>	I	III	II	I	-
C2) 5 espèces se trouvant uniquement dans les forêts					
<i>Carex remota</i>	I	-	-	-	-
<i>Eurhynchium striatum</i>	I	-	-	-	-
<i>Populus tremula</i>	I	-	-	-	-
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	I	-	-	-	-
<i>Thuidium tamariscinum</i>	I	-	-	-	-
D1) 58 espèces indifférentes ou trop peu fréquentes					
D1) 14 espèces ubiquistes et très fréquentes					
<i>Digitalis purpurea</i>	III	IV	IV	IV	IV
<i>Oxalis acetosella</i>	IV	IV	IV	IV	V
<i>Athyrium filix-femina</i>	IV	III	IV	V	IV
<i>Sorbus aucuparia</i>	IV	IV	V	V	IV
<i>Rubus fruticosus</i>	IV	IV	V	V	IV
<i>Dryopteris carthusiana</i>	V	IV	V	V	V
<i>Abies alba</i>	V	V	V	V	V
<i>Fagus sylvatica</i>	V	IV	IV	V	IV
<i>Picea abies</i>	V	V	V	V	IV
<i>Polytrichum formosum</i>	V	IV	IV	V	III
<i>Vaccinium myrtillus</i>	V	IV	IV	IV	II
<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	IV	IV	IV	V	II
<i>Dicranum scoparium</i>	IV	IV	III	IV	I
<i>Deschampsia flexuosa</i>	V	IV	IV	IV	I
D2) 8 espèces ubiquistes et moyennement fréquentes					
<i>Hypnum sp</i>	III	III	II	III	III
<i>Dryopteris filix-mas</i>	II	I	III	III	II
<i>Carex pilulifera</i>	II	II	II	III	I
<i>Ilex aquifolium</i>	II	III	III	II	I
<i>Luzula luzuloides</i>	II	III	II	I	-
<i>Luzula pilosa</i>	III	I	II	II	-
<i>Luzula sylvatica</i>	III	II	I	II	-
<i>Pteridium aquilinum</i>	II	II	III	I	-
D3) 36 espèces ubiquistes et/ou peu fréquentes					
<i>Pleurozium schreberi</i>	I	II	I	II	-
<i>Hieracium murorum</i>	I	II	I	I	-
<i>Lysimachia nemorum</i>	I	I	II	II	I
<i>Viola reichenbachiana</i>	I	I	II	II	I
<i>Eurhynchium sp</i>	I	I	II	I	II
<i>Marchantia polymorpha</i>	I	I	I	II	I
<i>Plagiomnium undulatum</i>	I	I	I	II	I
<i>Sambucus racemosa</i>	I	I	I	I	I
<i>Phegopteris connectilis</i>	I	I	I	II	-
<i>Polygonatum multiflorum</i>	I	I	II	I	-
<i>Lophocolea bidentata</i>	I	I	II	II	-
<i>Sorbus aria</i>	I	II	I	I	-
<i>Leucobryum glaucum</i>	I	I	I	I	-
<i>Frangula alnus</i>	I	I	I	I	-
<i>Lamiastrum galeobdolon</i>	I	-	I	II	-
<i>Juncus effusus</i>	I	-	I	I	-
<i>Sphagnum sp</i>	II	-	I	III	-
<i>Lonicera nigra</i>	I	-	II	I	-

Calluna vulgaris	I	-	I	I	-
Betula pendula	I	-	I	I	-
Maianthemum bifolium	I	-	I	I	-
Polytrichum commune	I	I	-	II	-
Gymnocarpium robertianum	-	I	-	I	-
Bazzania trilobata	-	I	-	I	-
Dicranella heteromalla	I	-	-	I	-
Melampyrum pratense	I	I	I	-	-
Solidago virgaurea	I	I	I	-	-
Pinus sylvestris	I	I	I	-	-
Polygonatum verticillatum	I	-	I	-	-
Poa nemoralis	I	-	I	I	I
Pseudotsuga menziesii	I	-	I	I	I
Veronica montana	I	-	I	I	I
Stellaria nemorum	I	-	I	II	II
Blechnum spicant	I	-	I	II	I
Hypericum pulchrum	I	-	I	I	I
Polygonum bistorta	I	-	I	I	-

Tableau 5-10 Espèces recensées dans le groupe "pauvre" par anciennes utilisations

45 relevés, 110 espèces	forêt	pât.	champ	pré	jard.
A) 61 espèces caractéristiques des anciennes parcelles enrichies					
A1) 14 espèces se trouvant uniquement dans les jardins.					
Geum urbanum	-	-	-	-	III
Glechoma hederacea	-	-	-	-	III
Impatiens parviflora	-	-	-	-	III
Mycelis muralis	-	-	-	-	III
Poa nemoralis	-	-	-	-	III
Prunella vulgaris	-	-	-	-	III
Ranunculus nemorosus	-	-	-	-	III
Ribes rubrum	-	-	-	-	III
Ribes uva-crispa	-	-	-	-	III
Rumex sp	-	-	-	-	III
Stachys sylvatica	-	-	-	-	III
Urtica dioica	-	-	-	-	III
Veronica montana	-	-	-	-	III
Vinca minor	-	-	-	-	III
A2) 26 espèces se trouvant sur des sols enrichis mais, surtout dans les jardins et les prés					
Impatiens noli-tangere	-	-	-	I	III
Hedera helix	-	-	I	-	III
Melica uniflora	-	-	I	-	III
Plagiomnium undulatum	-	-	I	-	III
Silene dioica	-	-	I	-	III
Silene vulgaris	-	-	I	-	III
Fraxinus excelsior	-	-	I	-	III
Galium odoratum	-	-	I	-	III
Geranium robertianum	-	-	I	-	III
Moehringia trinervia	-	-	I	-	III
Senecio nemorensis	-	-	II	I	III
Festuca altissima	-	-	II	II	III
Ajuga reptans	-	-	-	I	-
Anemone nemorosa	-	-	-	I	-
Bazzania trilobata	-	-	-	I	-

Deschampsia cespitosa	-	-	-	I	-
Epilobium angustifolium	-	-	-	I	-
Mnium hornum	-	-	-	I	-
Molinia caerulea	-	-	-	II	-
Plagiomnium affine	-	-	-	I	-
Potentilla sterilis	-	-	-	I	-
Quercus robur	-	-	-	I	-
Rhytidiadelphus squarrosus	-	-	-	I	-
Viburnum opulus	-	-	-	I	-
Viola palustris	-	-	-	I	-
Viola reichenbachiana	-	-	-	I	-
A3) 4 espèces se trouvant de préférence dans les anciens prés					
Blechnum spicant	I	-	I	III	-
Plagiothecium undulatum	II	-	II	IV	-
Pleurozium schreberi	I	-	II	III	-
Frangula alnus	II	-	I	III	-
A4) 5 espèces se trouvant seulement dans les champs.					
Acer platanoides	-	-	I	-	-
Larix decidua	-	-	II	-	-
Lonicera nigra	-	-	I	-	-
Rhizomnium punctatum	-	-	I	-	-
Teucrium scorodonia	-	-	I	-	-
A5) 5 espèces se trouvant sur des parcelles avec des utilisations enrichissantes					
Potentilla erecta	-	-	I	I	-
Vaccinium vitis-idaea	-	-	I	I	-
Galium sylvaticum	-	-	I	I	-
Holcus mollis	-	-	I	I	-
Rumex acetosella	-	-	I	I	-
A6) 7 espèces ubiquistes, surtout sur des parcelles enrichies					
Galium saxatile	I	-	III	V	III
Rubus idaeus	II	-	IV	III	V
Agrostis stolonifera	II	-	III	IV	III
Carex pilulifera	II	-	III	IV	III
Sambucus racemosa	I	-	I	II	III
Eurhynchium sp	I	-	I	I	III
Atrichum undulatum	II	-	II	II	V
B) 3 espèces caractéristiques des anciennes terres agricoles					
B1) 1 espèce se trouvant uniquement sur d'anciennes terres agricoles					
Corylus avellana	-	III	I	I	III
B2) 2 ubiquistes se trouvent surtout sur d'anciennes terres agricoles					
Acer pseudoplatanus	II	V	III	III	V
Galeopsis tetrahit	I	III	I	I	III
C) 12 espèces caractéristiques des anciennes parcelles appauvries					
C1) 1 espèce se trouvant seulement dans les pâtures					
Hieracium murorum	-	III	-	-	-
C2) 7 espèces ubiquistes se trouvant essentiellement dans les pâtures					
Cytisus scoparius	-	III	I	-	-
Sorbus aria	I	III	I	-	-
Pinus sylvestris	I	III	I	-	-

Quercus petraea	-	V	I	I	-
Ilex aquifolium	I	III	I	I	-
Solidago virgaurea	-	III	I	-	-
Luzula luzuloides	I	III	I	I	-
C3) 3 espèces se trouvant uniquement dans les forêts					
Carex remota	I	-	-	-	-
Lamiastrum galeobdolon	I	-	-	-	-
Populus tremula	I	-	-	-	-
C4) 1 espèce ubiquiste se trouvant essentiellement dans les forêts					
Luzula sylvatica	III	-	I	II	-
D) 34 espèces ubiquistes ou peu fréquentes					
D1) 15 espèces ubiquistes et très fréquentes					
Rubus fruticosus	IV	III	V	V	V
Dryopteris carthusiana	IV	III	V	V	V
Oxalis acetosella	IV	III	IV	III	V
Sorbus aucuparia	III	III	IV	V	III
Deschampsia flexuosa	IV	III	IV	V	III
Athyrium filix-femina	V	-	IV	V	III
Rhytiadelphus loreus	IV	III	V	V	III
Hypnum sp	IV	III	II	IV	III
Abies alba	V	V	V	V	V
Polytrichum formosum	V	III	IV	V	III
Fagus sylvatica	V	III	IV	V	III
Vaccinium myrtillus	V	V	IV	V	III
Picea abies	V	V	V	V	III
Dicranum scoparium	IV	III	III	V	-
Luzula pilosa	III	-	II	IV	-
D2) 6 espèces ubiquistes et/ou moyennement fréquentes					
Dryopteris filix-mas	II	-	III	II	III
Digitalis purpurea	II	-	III	III	III
Prenanthes purpurea	II	III	II	II	III
Hylocomium splendens	I	III	II	II	-
Lophocolea bidentata	II	-	II	III	-
Polytrichum commune	II	-	-	III	-
D3) 13 espèces ubiquistes et/ou peu fréquentes					
Epilobium montanum	I	-	-	II	-
Polygonatum verticillatum	I	-	I	-	-
Calluna vulgaris	I	-	I	I	-
Juncus effusus	I	-	I	I	-
Sphagnum sp	II	-	II	III	-
Marchantia polymorpha	I	-	-	I	-
Polygonum bistorta	I	-	-	I	-
Pteridium aquilinum	I	-	II	I	-
Betula pendula	I	-	I	II	-
Leucobryum glaucum	I	-	-	II	-
Phegopteris connectilis	I	-	I	I	-
Dicranella heteromalla	I	-	-	I	-
Festuca gigantea	I	-	-	I	-
E) 48 espèces n'existent pas dans le groupe "pauvre"					
Achillea millefolium	-	-	-	-	-
Anthoxanthum odoratum	-	-	-	-	-
Antirrhinum orontium	-	-	-	-	-
Caltha palustris	-	-	-	-	-
Cardamine flexuosa	-	-	-	-	-
Cardamine pratensis	-	-	-	-	-
Carex sylvatica	-	-	-	-	-

Carex umbrosa	-	-	-	-	-
Carpinus betulus	-	-	-	-	-
Chrysosplenium alternifolium	-	-	-	-	-
Dactylis glomerata	-	-	-	-	-
Eurhynchium striatum	-	-	-	-	-
Filipendula ulmaria	-	-	-	-	-
Fissidens taxifolius	-	-	-	-	-
Fragaria vesca	-	-	-	-	-
Gymnocarpium robertianum	-	-	-	-	-
Hypericum perforatum	-	-	-	-	-
Hypericum pulchrum	-	-	-	-	-
Lathyrus montanus	-	-	-	-	-
Leucanthemum vulgare	-	-	-	-	-
Lotus corniculatus	-	-	-	-	-
Lychnis flos-cuculi	-	-	-	-	-
Lysimachia nemorum	-	-	-	-	-
Maianthemum bifolium	-	-	-	-	-
Melampyrum pratense	-	-	-	-	-
Mercurialis perennis	-	-	-	-	-
Milium effusum	-	-	-	-	-
Paris quadrifolia	-	-	-	-	-
Pellia epiphylla	-	-	-	-	-
Phyteuma spicatum	-	-	-	-	-
Polygonatum multiflorum	-	-	-	-	-
Polypodium vulgare	-	-	-	-	-
Primula veris	-	-	-	-	-
Pseudotsuga menziesii	-	-	-	-	-
Ranunculus acris	-	-	-	-	-
Ranunculus ficaria	-	-	-	-	-
Rhynchospora triquetra	-	-	-	-	-
Rumex obtusifolius	-	-	-	-	-
Salix caprea	-	-	-	-	-
Salvia pratensis	-	-	-	-	-
Sambucus nigra	-	-	-	-	-
Scrophularia nodosa	-	-	-	-	-
Stellaria nemorum	-	-	-	-	-
Thuidium tamariscinum	-	-	-	-	-
Trifolium pratense	-	-	-	-	-
Tussilago farfara	-	-	-	-	-
Veronica officinalis	-	-	-	-	-
Vicia sepium	-	-	-	-	-

Tableau 5-11 Espèces recensées dans le groupe "riche" par anciennes utilisations

72 relevés, 143 espèces	forêt	pât.	champ	prés	jard.
A) 69 espèces caractéristiques des anciennes parcelles enrichies					
A1) 19 espèces se trouvant uniquement dans les anciens jardins et dans les anciens prés					
Impatiens parviflora	-	-	-	-	II
Salix caprea	-	-	-	-	II
Veronica officinalis	-	-	-	-	II
Vicia sepium	-	-	-	I	II
Caltha palustris	-	-	-	I	-
Cardamine pratensis	-	-	-	I	-
Carpinus betulus	-	-	-	I	-

Filipendula ulmaria	-	-	-	I	-
Fissidens taxifolius	-	-	-	I	-
Glechoma hederacea	-	-	-	I	-
Juncus effusus	-	-	-	I	-
Leucanthemum vulgare	-	-	-	I	-
Lychnis flos-cuculi	-	-	-	I	-
Pellia epiphylla	-	-	-	I	-
Ranunculus acris	-	-	-	I	-
Ranunculus ficaria	-	-	-	I	-
Rhytidiadelphus squarrosus	-	-	-	II	-
Scrophularia nodosa	-	-	-	I	-
Tussilago farfara	-	-	-	I	-
A2) 13 espèces se trouvant seulement dans les champs					
Acer platanoides	-	-	I	-	-
Achillea millefolium	-	-	I	-	-
Antirrhinum orontium	-	-	I	-	-
Carex umbrosa	-	-	I	-	-
Dactylis glomerata	-	-	I	-	-
Epilobium angustifolium	-	-	I	-	-
Hypericum perforatum	-	-	I	-	-
Larix decidua	-	-	I	-	-
Pinus sylvestris	-	-	I	-	-
Polypodium vulgare	-	-	I	-	-
Rumex obtusifolius	-	-	I	-	-
Salvia pratensis	-	-	I	-	-
Trifolium pratense	-	-	I	-	-
A3) 23 espèces se trouvant sur des parcelles qui ont connu des utilisations enrichissantes (champ, pré, jardin)					
Chrysosplenium alternifolium	-	-	-	II	II
Geum urbanum	-	-	I	-	II
Rumex acetosella	-	-	I	-	II
Milium effusum	-	-	I	-	II
Potentilla sterilis	-	-	I	-	II
Fragaria vesca	-	-	I	I	II
Blechnum spicant	-	-	I	I	II
Galium odoratum	-	-	I	I	II
Stachys sylvatica	-	-	I	I	II
Paris quadrifolia	-	-	I	I	II
Lathyrus montanus	-	-	I	II	-
Anthoxanthum odoratum	-	-	I	I	-
Carex sylvatica	-	-	I	I	-
Phyteuma spicatum	-	-	I	II	-
Galium sylvaticum	-	-	I	I	-
Lotus corniculatus	-	-	I	I	-
Mercurialis perennis	-	-	I	I	-
Silene vulgaris	-	-	II	I	-
Melica uniflora	-	-	II	I	-
Polygonum bistorta	-	-	I	II	-
Rhizomnium punctatum	-	-	I	II	-
Mnium hornum	-	-	I	I	-
Primula veris	-	-	I	I	-
A4) 14 espèces ubiquistes, mais de préférence sur des parcelles enrichies					
Silene dioica	I	I	II	III	V
Hedera helix	I	II	IV	II	II

<i>Urtica dioica</i>	I	-	I	I	III
<i>Stellaria nemorum</i>	I	-	II	II	III
<i>Moehringia trinervia</i>	I	I	II	III	III
<i>Marchantia polymorpha</i>	I	I	I	III	II
<i>Lysimachia nemorum</i>	I	I	II	III	II
<i>Corylus avellana</i>	II	II	IV	IV	IV
<i>Senecio nemorensis</i>	II	II	IV	V	IV
<i>Viola reichenbachiana</i>	I	I	II	IV	II
<i>Plagiomnium affine</i>	II	II	III	V	III
<i>Sambucus nigra</i>	I	III	III	IV	III
<i>Atrichum undulatum</i>	II	III	IV	V	II
<i>Prenanthes purpurea</i>	III	III	IV	V	III
B) 16 espèces caractéristiques des anciennes terres agricoles					
B1) 11 espèces se trouvant exclusivement sur des sols replantés					
<i>Mycelis muralis</i>	-	II	II	II	III
<i>Ajuga reptans</i>	-	I	II	II	II
<i>Fraxinus excelsior</i>	-	I	II	II	II
<i>Holcus mollis</i>	-	I	-	-	II
<i>Cardamine flexuosa</i>	-	I	I	II	-
<i>Gymnocarpium robertianum</i>	-	I	-	I	-
<i>Potentilla erecta</i>	-	I	-	I	-
<i>Impatiens noli-tangere</i>	-	I	I	III	III
<i>Epilobium montanum</i>	-	I	I	IV	III
<i>Geranium robertianum</i>	-	II	I	II	II
<i>Anemone nemorosa</i>	-	I	II	IV	-
B2) 5 espèces se trouvant principalement sur des endroits replantés					
<i>Agrostis stolonifera</i>	I	II	II	III	III
<i>Galeopsis tetrahit</i>	II	IV	IV	IV	V
<i>Acer pseudoplatanus</i>	III	V	V	V	V
<i>Teucrium scorodonia</i>	I	IV	III	II	III
<i>Festuca gigantea</i>	II	IV	IV	III	III
C) 16 espèces sont caractéristiques d'un appauvrissement					
<i>Bazzania trilobata</i>	-	I	-	-	-
<i>Frangula alnus</i>	I	I	I	-	-
<i>Leucobryum glaucum</i>	I	I	I	-	-
<i>Melampyrum pratense</i>	I	I	I	-	-
<i>Calluna vulgaris</i>	I	-	I	-	-
<i>Cytisus scoparius</i>	I	III	II	I	II
<i>Luzula luzuloides</i>	III	III	II	I	-
<i>Luzula pilosa</i>	III	I	I	I	-
<i>Pteridium aquilinum</i>	III	III	III	I	-
<i>Dicranum scoparium</i>	IV	IV	II	II	II
<i>Deschampsia flexuosa</i>	V	IV	IV	III	-
<i>Eurhynchium striatum</i>	I	-	-	-	-
<i>Polygonatum verticillatum</i>	I	-	-	-	-
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	I	-	-	-	-
<i>Solidago virgaurea</i>	I	-	-	-	-
<i>Thuidium tamariscinum</i>	I	-	-	-	-
D) 42 espèces ubiquistes ou peu fréquentes					
D1) 15 espèces ubiquistes et très fréquentes					

<i>Rubus idaeus</i>	III	-	III	IV	IV
<i>Digitalis purpurea</i>	IV	IV	IV	IV	IV
<i>Athyrium filix-femina</i>	IV	III	IV	V	IV
<i>Dryopteris filix-mas</i>	III	I	IV	V	II
<i>Hylocomium splendens</i>	III	II	III	IV	IV
<i>Dryopteris carthusiana</i>	V	V	V	V	V
<i>Oxalis acetosella</i>	V	V	IV	V	IV
<i>Sorbus aucuparia</i>	V	IV	V	V	IV
<i>Fagus sylvatica</i>	V	IV	IV	V	IV
<i>Abies alba</i>	V	V	V	V	IV
<i>Rubus fruticosus</i>	V	V	V	V	III
<i>Picea abies</i>	V	V	V	V	IV
<i>Polytrichum formosum</i>	V	IV	IV	V	III
<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	IV	IV	IV	V	II
<i>Vaccinium myrtillus</i>	V	III	IV	IV	II
D2) 10 espèces ubiquistes et moyennement fréquentes					
<i>Festuca altissima</i>	II	I	II	II	III
<i>Galium saxatile</i>	II	II	II	III	II
<i>Hypnum sp</i>	II	III	II	II	III
<i>Polygonatum multiflorum</i>	I	I	II	I	-
<i>Lonicera nigra</i>	II	-	II	I	-
<i>Plagiothecium undulatum</i>	III	II	II	IV	II
<i>Ilex aquifolium</i>	II	III	III	II	II
<i>Carex pilulifera</i>	II	II	II	II	-
<i>Quercus petraea</i>	II	II	II	I	-
<i>Luzula sylvatica</i>	III	II	I	III	-
D3) 17 espèces ubiquistes et/ou peu fréquentes					
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	I	-	I	I	II
<i>Sorbus aria</i>	II	II	I	I	-
<i>Lamiastrum galeobdolon</i>	I	-	II	II	-
<i>Veronica montana</i>	I	-	I	II	-
<i>Hypericum pulchrum</i>	I	-	I	I	II
<i>Sphagnum sp</i>	I	-	-	II	-
<i>Eurhynchium sp</i>	II	I	II	II	II
<i>Plagiomnium undulatum</i>	I	I	I	II	-
<i>Polytrichum commune</i>	-	I	-	I	-
<i>Hieracium murorum</i>	I	I	II	II	-
<i>Phegopteris connectilis</i>	I	I	I	II	-
<i>Sambucus racemosa</i>	I	I	I	I	-
<i>Poa nemoralis</i>	I	-	I	I	-
<i>Lophocolea bidentata</i>	-	I	I	I	-
<i>Pleurozium schreberi</i>	-	II	I	I	-
<i>Maianthemum bifolium</i>	I	-	I	I	-
<i>Betula pendula</i>	II	-	I	-	-
E) 15 espèces n'existant pas dans le groupe "riche"					
<i>Carex remota</i>	-	-	-	-	-
<i>Deschampsia cespitosa</i>	-	-	-	-	-
<i>Dicranella heteromalla</i>	-	-	-	-	-
<i>Molinia caerulea</i>	-	-	-	-	-
<i>Populus tremula</i>	-	-	-	-	-
<i>Prunella vulgaris</i>	-	-	-	-	-
<i>Quercus robur</i>	-	-	-	-	-
<i>Ranunculus nemorosus</i>	-	-	-	-	-
<i>Ribes rubrum</i>	-	-	-	-	-
<i>Ribes uva-crispa</i>	-	-	-	-	-
<i>Rumex sp</i>	-	-	-	-	-
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	-	-	-	-	-

Viburnum opulus	-	-	-	-	-
Vinca minor	-	-	-	-	-
Viola palustris	-	-	-	-	-

Quelques espèces ont pu être déterminées comme "**vestiges**". Il s'agit des espèces qui sont en lien direct avec une utilisation agricole (notamment des plantes rudérales) ou des espèces plantées avant le boisement comme *Prunella vulgaris*, *Ribes rubrum* et *Ribes uva-crispa* dans les anciens jardins. Au Muesbach, des tiges de *Ribes nigrum* ("cassis") poussent encore en ligne (hors placettes étudiées) et le grand plant de *Ribes rubrum* ("groseillier rouge") à côté de la ruine au Solem a donné pendant les trois saisons de terrain beaucoup de fruits.

Dans les plantations du Massif Vosgien, on peut aussi rencontrer des espèces décrites par ROISIN et THILL (1952) dans des chênaies atlantiques sur d'anciennes terres agricoles à sols mésophiles. Il s'agit de : *Urtica dioica*, *Geranium robertianum*, *Glechoma hederacea*, *Geum urbanum*, *Potentilla sterilis*, *Viola reichenbachiana*, *Carex sylvatica*, *Hedera helix*. Ces espèces poussent préférentiellement dans les anciennes terres agricoles que nous avons étudiées.

Dans le tableau ci-dessous (Tabl. 5-12) sont présentées les espèces décrites par THIRIAT en 1866. Cet auteur a effectué des listes quasi complètes des toutes les espèces existant dans la vallée de la Cleurie et à Vagney. Nous les avons comparées aux relevés actuels. On constate que les espèces trouvées sur les parcelles reboisées étaient fréquentes dans les anciennes haies, les anciens prés, les anciennes pâtures, les anciens champs, des anciens jardins, les décombres ou les lieux humides.

Par exemple *Cytisus scoparius* ("genêt à balais") est décrite par THIRIAT (1866) dans le secteur de Vagney comme très commune dans les lieux incultes (pâturages extensifs). D'après ROUSSEAU et LOISSEAU (1982), cette espèce est très caractéristique des friches pâturées. Sur nos parcelles, cette espèce se trouve surtout dans d'anciennes pâtures. Il est fort possible que les espèces citées ci-dessous aient survécu à la plantation.

Tableau 5-12 Espèces susceptibles d'être des "vestiges" d'un ancien groupement végétal

Espèces	Endroit trouvé par THIRIAT (1866 citation)	Groupe d'espèces selon notre classification
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Haies et bois, taillis.	Surtout sur d'anciennes terres agricoles replantées.
<i>Anemone nemorosa</i>	Partout dans les prés secs, surtout sur les coteaux.	Sur d'anciennes terres agricoles replantées.
<i>Caltha palustris</i>	Lieux humides, sources et ruisseaux.	Caractéristiques des anciens prés et anciens jardins.
<i>Cytisus scoparius</i>	Abondant, partout dans les lieux incultes.	De préférence dans les anciennes pâtures.
<i>Epilobium montanum</i>	Haies, décombres, vieux murs, fossés.	Ubiquiste, mais de préférence sur des parcelles enrichies.
<i>Galeopsis tetrahit</i>	Lieux cultivés. Très commun.	Surtout sur d'anciennes terres agricoles replantées.
<i>Geranium robertianum</i>	Vieux murs, décombres.	Sur d'anciennes terres agricoles replantées.
<i>Ranunculus acris</i>	Prés, pâturages, lieux humides.	Caractéristiques des anciens prés.
<i>Ranunculus ficaria</i>	Jardins humides, champs, sources.	Caractéristiques des anciens prés.
<i>Sambucus nigra</i>	Haies. Commun.	Surtout sur d'anciennes terres agricoles replantées.
<i>Trifolium pratense</i>	Prairies. Partout. Commun.	Seulement dans des anciens champs.
<i>Viola reichenbachiana</i>	Pâturages, prés secs, haies. Commune partout.	Ubiquiste et peu fréquent.

5.3.4 Les coefficients d'Ellenberg

Pour l'ensemble des relevés, **les coefficients d'Ellenberg** distinguent les différentes pratiques (Tabl. 5-13). Le coefficient pour *la lumière* (L) est plus bas dans les forêts anciennes, ce qui est en rapport avec le taux de recouvrement élevé de la strate arbustive. Cette dernière produit de l'ombre pour les strates inférieures, ce qui se répercute également sur le coefficient de température. En effet, ce coefficient de *température* (T) est également le plus faible dans les forêts anciennes.

Le coefficient d'Ellenberg pour *la continentalité* (K) des anciens prés est le même que celui des forêts anciennes. Ces dernières ont une amplitude thermique élevée du fait que leur taux de recouvrement de la strate arborescente est plus faible. En revanche, la forte valeur des anciens prés s'explique surtout grâce à la valeur élevée du groupe "pauvre". Les coefficients pour la continentalité et pour la lumière varient peu mais d'une manière significative.

Sur l'ensemble des coefficients, ce sont ceux pour *l'azote* (N) et *l'acidité* (R) qui montrent la plus grande amplitude entre les anciennes utilisations agricoles. Les anciens jardins, puis les anciens champs sont les plus riches en espèces nitrophiles et neutrophiles. Les plus pauvres en azote et les plus acides sont les forêts anciennes. Le classement pour l'azote et l'acidité est, du plus riche et du moins acide au plus pauvre et plus acide : jardins-champs-prés-pâtures-forêts. Les coefficients pour l'azote et l'acidité sont fortement corrélés ($r = 0.91^{***}$). On note que les anciens champs, les anciens prés et les anciens jardins ont un rapport C/N plus bas et un coefficient d'Ellenberg pour la nutrition azotée plus élevé que les forêts anciennes. **Les coefficients d'Ellenberg confirment donc que les anciennes terres agricoles sont enrichies en azote et moins acide que les forêts anciennes.**

Pour le coefficient pour *l'humidité* (F), l'ordre est différent. Les anciens prés sont les plus humides, suivis des anciens jardins et des forêts anciennes, les anciennes pâtures et les anciens champs étant les moins humides. La variation est toutefois faible. Le coefficient pour l'humidité n'est pas significativement corrélé avec les coefficients pour l'azote et pour l'acidité (respectivement $r = 0.08$ et $r = 0.06$). Les coefficients pour la continentalité et pour l'humidité sont corrélés ($r = 0.49^{***}$), les sols les plus secs ayant la plus faible amplitude hydrique. On observe également que les coefficients pour la température et pour l'humidité sont corrélés d'une manière négative du fait essentiellement de l'évaporation ($r = 0.40^{***}$).

Les coefficients montrent que l'humidité joue un rôle, mais seulement dans les conditions favorables (groupe de fertilité "riche") un rôle positif sur la fertilité.

Quel est le rapport entre les données obtenues par l'analyse du sol et les coefficients d'Ellenberg ? Nous avons vu que les coefficients d'Ellenberg pour l'azote et l'acidité reflètent des différences de fertilité entre les anciennes utilisations agricoles.

Les coefficients pour l'azote et l'acidité sont négativement corrélés avec le taux de carbone total, et faiblement positivement à l'azote total. En effet, un taux de carbone élevé dans l'horizon A₁ correspond à un milieu où la matière organique est mal décomposée ce qui est généralement le cas dans un milieu acide et pauvre en azote disponible comme les forêts actuelles les plus acides. L'azote total mesuré dans les analyses du sol ne correspond pas à l'azote disponible pour les végétaux, qui est l'azote minéral, ce qui explique le faible coefficient de corrélation entre le taux d'azote total et les coefficients d'Ellenberg. La relation entre la nutrition azotée, appréciée d'après le coefficient d'Ellenberg pour l'azote, et le rapport C/N est par contre significative (Fig. 5-4). Les valeurs sont cependant plus dispersées que dans la relation entre le pH et le coefficient pour l'acidité (Fig. 5-5). Dans certaines forêts d'Ecosse et du Yorkshire, HAWKES, PYATT et WHITE (1997) suggèrent que le régime nutritif d'un sol dépende surtout d'un effet combiné des nitrates (NO₃⁻) et du pH. JUSSY (1998) a montré que sur 14 de nos placettes (au Muesbach, à la Feigne des Brûleux, au Solem

et à la Cude), les anciennes utilisations agricoles enrichissantes (prés, champs et jardins) ont une influence stimulant la nitrification et donc sur la quantité de nitrate disponible et la nutrition azotée.

Le Tabl. 5-14 indique la corrélation entre les différents paramètres du sol et les coefficients d'Ellenberg pour l'acidité et l'azote. Il apparaît que le pH est le plus fortement corrélé avec ces deux coefficients. Les corrélations du Ca^{2+} avec les coefficients sont plus faibles. Il n'y a pas de corrélation entre les teneurs en autres cations (Mg^{2+} et K^+) et les coefficients.

Tableau 5-13 Coefficients d'Ellenberg par anciennes utilisations (Les relevés ayant moins de 10 espèces ont été éliminés, la fiabilité des valeurs obtenues étant trop faible)

	L (lumière)	T (température)	K (continentalité)	F (humidité)	R (acidité)	N (azote)
forêts anciennes	4.6a	3.9a	3.7a	5.5a	3.5a	4.3a
anciennes pâtures	4.8	4.4	3.5	5.3	3.7	4.7
anciens champs	4.8b	4.3b	3.5a	5.3a	4.1b	4.9b
anciens prés	4.8b	4.1a	3.7b	5.6b	4.0b	4.8b
anciens jardins	4.8	4.6	3.6	5.5	4.8	5.7
F.	5.72**	12.44***	6.33**	13.28***	9.33***	8.92***
degrés de liberté	106,2	106,2	106,2	106,2	106,2	106,2

Tableau 5-14 Corrélation entre les coefficients d'Ellenberg pour l'acidité et l'alimentation azotée et quelques paramètres du premier horizon du sol

coefficients d'Ellenberg	C/N	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	P
R (acidité)	-0.47***	0.69***	0.40**	ns	ns	0.42***
N (azote)	-0.49***	0.67***	0.33**	ns	ns	0.45***

Figure 5-4 Rapport C/N en fonction du coefficient d'Ellenberg pour l'azote

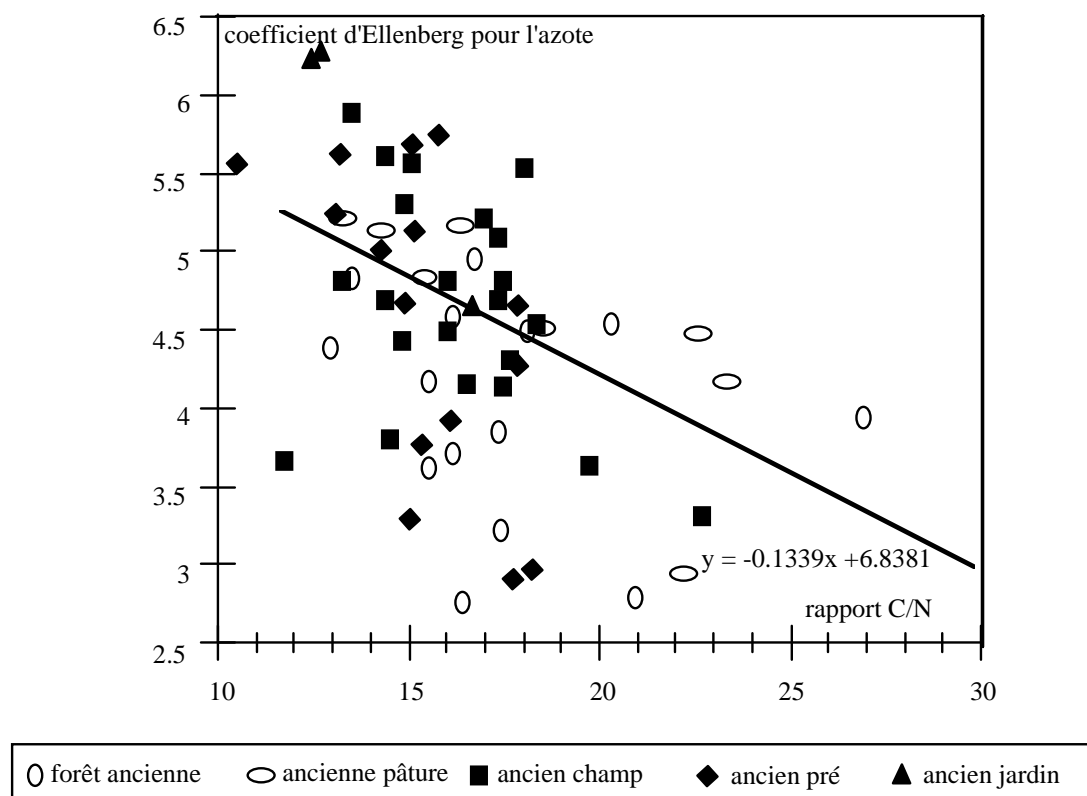
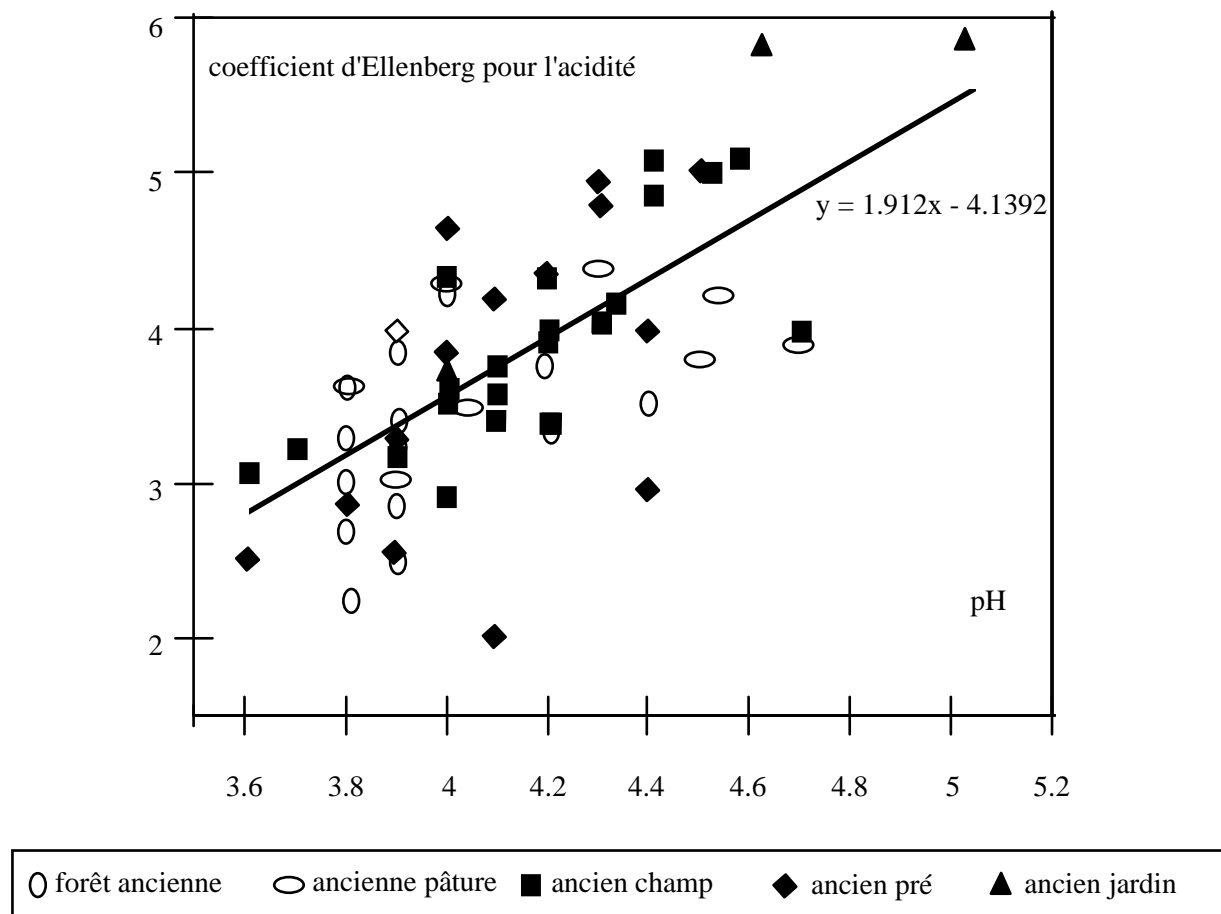


Figure 5-5 pH en fonction du coefficient d'Ellenberg pour l'acidité



Les coefficients d'Ellenberg par groupe de fertilité montrent le même type de variation pour les deux groupes (Tabl. 5-15). Toutefois, on note que le coefficient de température est plus faible dans les forêts anciennes, les anciens prés et les anciens champs du groupe "pauvre" que du groupe "riche". Le coefficient de lumière ne suit pas toujours ces variations. Au contraire, les anciens prés du groupe "pauvre" ont un coefficient de lumière plus élevé que ceux du groupe "riche". Ainsi, il semble que le microclimat des sites du groupe "pauvre", qui se trouvent en grande partie sur le plateau du Haut-du-Tôt, soit plus froid que celui des sites du groupe "riche". On note que les coefficients de continentalité sont plus élevés dans le groupe "pauvre". Le froid hivernal sur le plateau du Haut-du-Tôt est plus intense que sur les autres sites. Le taux de recouvrement de la strate arborescente y est plus faible, ce qui rend l'amplitude thermique au sol plus grande. Sur le plateau du Haut-du-Tôt, les sols apparaissent également plus secs à cause de la texture très sableuse qui favorise le drainage. Ainsi, l'effet "site" du climat joue un plus grand rôle dans le groupe "pauvre".

Tableau 5-15 Valeurs d'Ellenberg par ancienne utilisation et par groupe de fertilité (Les relevés ayant moins de 10 espèces ont été éliminés, la fiabilité des valeurs obtenues étant trop faible)

	L	T	K	F	R	N
forêts anciennes "pauvre"	4.5b	3.8	3.8	5.6a	3.4	4.1
forêts anciennes "riche"	4.6	4.1a	3.6a	5.3b	3.6b	4.4b
anciennes pâtures "pauvre"	4.8	4.4	3.7	5.0	3.8	4.4
anciennes pâtures "riche"	4.8	4.4	3.5	5.3	3.7	4.8
anciens champs "pauvre"	4.8a	4	3.7	5.4b	3.6	4.5
anciens champs "riche"	4.8	4.4b	3.5a	5.3b	4.3a	5.1a
anciens prés "pauvre"	5a	3.8	3.9	5.6a	3.2	4.0
anciens prés "riche"	4.7	4.2a	3.6a	5.6a	4.6a	5.4a
anciens jardins "pauvre"	4.8ab	4.6	3.5	5.5	4.7	5.5
anciens jardins "riche"	4.8	4.6	3.6	5.5	4.9	5.8
F. "pauvre"	4.10*	ns	ns	5.24**	ns	ns
F. "riche"	ns	10.59***	3.84*	11.46***	17.41***	14.84***
degrés de liberté "pauvre"	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36
degrés de liberté "riche"	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65

Tableau 5-16 Coefficients d'Ellenberg (humidité/acidité/azote) par groupe de sites

	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	fermes de la crête des Vosges	fermes anabaptistes	les "Droits"	le "Vers" de Gemaingoutte
forêt	5.5/3.3/4.0	5.4/3.5/4.3	5.3/3.7/4.7	5.5/3.0/4.5	5.2/3.1/3.2	5.6/3.9/5.2
pâturage		5.5/3.9/4.8		5.0/3.8/4.4	5.1/3.5/4.4	5.3/3.6/4.8
champ	5.4/3.2/4.0	5.4/4.3/5.1	5.4/4.7/5.8	5.3/4.6/5.5	5.2/4.0/4.8	5.2/5.0/5.4
pré	5.6/3.1/3.9	5.6/4.5/5.3		5.8/4.8/6.2		
jardin	5.4/3.7/4.7	5.4/4.3/5.4	5.5/5.1/6.1	5.7/5.8/6.3		

Les coefficients d'Ellenberg par groupe de sites montrent que l'amplitude la plus importante des coefficients pour l'humidité, l'acidité et l'azote s'observe encore dans les anciennes fermes anabaptistes (Tabl. 5-16). Les valeurs sont faibles sur le Haut-du-Tôt. Ces résultats montrent l'importance de l'intensité de culture, donc du type de système agricole, sur l'impact des anciennes pratiques sur la fertilité actuelle des sols forestiers.

Les coefficients d'Ellenberg ont été corrélés avec la distance des placettes à la ruine (Fig. 5-6 et Fig. 5-7). La corrélation n'est pas significative, mais la distance à la ruine joue néanmoins probablement un rôle sur les conditions du milieu. Rappelons en effet que les fermes ont été installées sur des endroits privilégiés où, au cours des siècles, les agriculteurs ont fertilisé autour de l'habitat. La distance au plus proche ruisseau ou à la plus proche source n'a en revanche aucune influence sur les conditions du milieu.

La pente joue seulement sur les coefficients concernant le climat (lumière, température, continentalité et humidité), et non pas sur l'azote et l'acidité.

Figure 5-6 Coefficient d'Ellenberg pour l'acidité en fonction de la distance à la ruine des anciens champs et près des sites du groupe "riche"

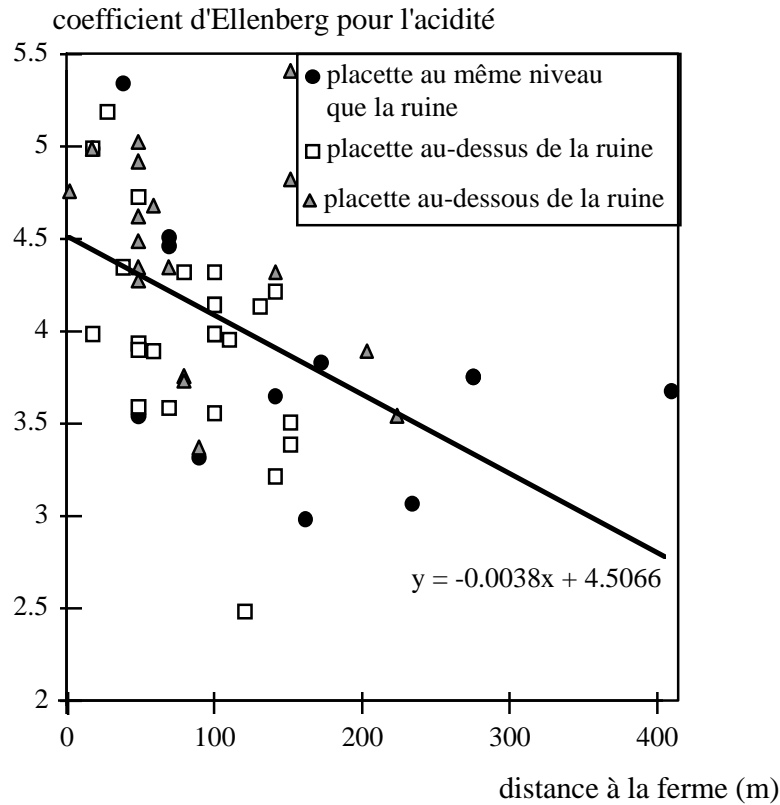
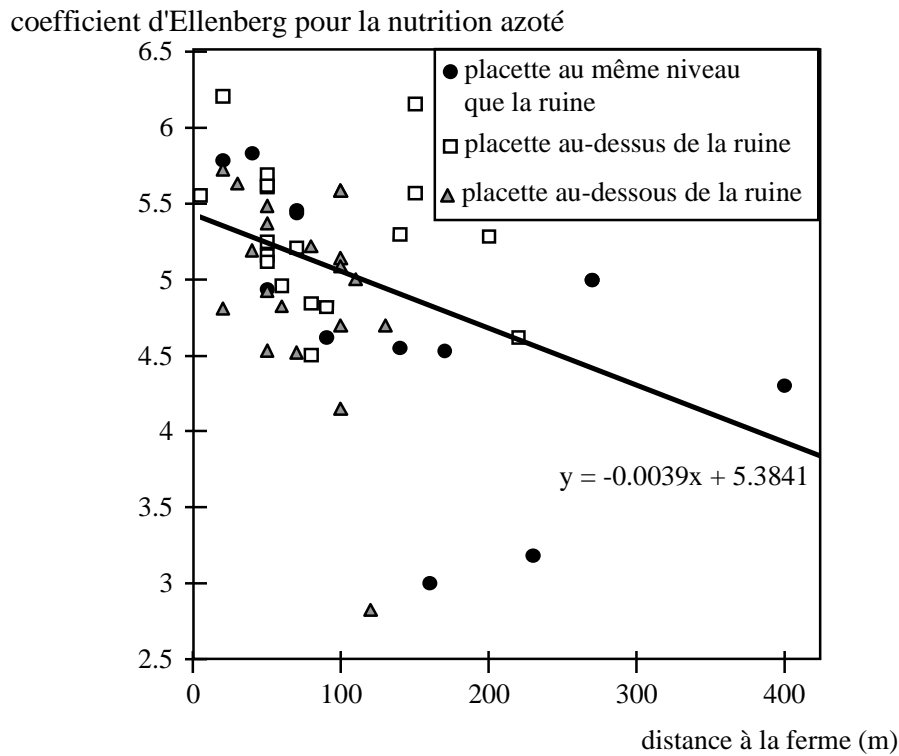


Figure 5-7 Coefficient d'Ellenberg pour la nutrition azoté en fonction de la distance à la ruine des anciens champs et près des sites du groupe "riche"



5.3.5 La sylviculture

Le problème majeur de l'étude de la hauteur dominante est la prédominance des sapins dans les forêts anciennes et celle des épicéas dans les reboisements. Dans la littérature, il est admis que l'épicéa a un potentiel de productivité plus élevé que le sapin (DECOURT, 1972, LANIER, 1986, PARDE et BOUCHON, 1988, BUFFET et GIRAULT, 1989, PAIN et VALLACE, 1996). L'indice de fertilité des deux espèces est-il différent en fonction des anciennes utilisations agricoles ? L'épicéa a peut-être une productivité plus élevée car il était planté sur des terrains en grande partie fertilisés alors que le sapin aurait une productivité plus faible puisqu'il se trouve sur des zones appauvries.

Seuls deux couples de placettes permettent une comparaison de la productivité entre sapin et épicéa en fonction des utilisations, toutes choses égales par ailleurs :

Sur un ancien champ au Solem, sur les cinq plus gros arbres, trois sont des sapins avec une hauteur moyenne de 30.1 m et deux autres sont des épicéas avec une hauteur moyenne de 33 m (leur nombre de cernes compté après carottage varie entre 53 et 60). Dans l'ancien jardin de la Cude, sur les cinq plus gros arbres, deux sont des sapins avec une hauteur moyenne de 28.6 m et trois sont des épicéas avec 34.3 m (leur nombre de cernes compté après carottage varie entre 59 et 64). Ceci suggère que l'indice de fertilité dépende de l'espèce.

Cependant, l'indice de fertilité, sapins et épicéas pris en compte, fait apparaître une différence très nette entre anciennes terres agricoles et forêts anciennes (Tabl. 5-17). Les anciennes pratiques agricoles, quelles qu'elles soient, ont amélioré les capacités de production forestière, par rapport aux parcelles qui ont toujours connu une utilisation forestière. Le gradient de croissance est, du plus faible au plus fort : forêt ancienne - ancienne pâture - ancien champ - ancien pré - ancien jardin.

Ceci permet d'obtenir des arbres exceptionnels : au Muesbach, nous avons observé un épicéa âgé de 100 ans de 44.5 m dans un ancien jardin et au Demixiard, dans une ancienne terre, un épicéa de 43,1 m âgé de 69 ans. Il s'agit des arbres les plus grands, mais leur hauteur est proche de la hauteur dominante des placettes auxquelles ils appartiennent (41.2 et 39.6 m respectivement). Ainsi de nombreuses placettes étudiées présentent un indice de fertilité nettement supérieur à la classe 1 de DECOURT (1971).

Le gain de fertilité est valable pour l'épicéa et pour le sapin. A la Cude, l'indice de fertilité moyen des sapins sur un ancien champ est de 28.6 m contre 24.7 m dans l'ancienne forêt de la parcelle à proximité. La différence est donc de 3.9 m. Au Solem, les sapins sur ancien champ ont une hauteur dominante moyenne de 28.7 m alors que l'on trouve dans l'ancienne forêt 28.3 m. La différence est ici beaucoup moins importante.

Tableau 5-17 Indice de fertilité par anciennes utilisations agricoles

	forêt ancienne	ancienne pâture	ancien champ	ancien pré	ancien jardin	F
sur l'ensemble des placettes	30.1 a	35.4	35.4 ab	37.7 b	38.4	52.31***
groupe "pauvre"	30.7a	32.4	33.1a	34.4a	39.5	5.82**
groupe "riche"	29.7a	36.2	36.6b	37.7c	40.6	92.63***
valeur relative	88a	96	102b	108c	112	82.23***

La valeur relative a été calculée par rapport à la moyenne de chaque site : la hauteur moyenne des arbres par utilisation et par site a été rapportée à la hauteur moyenne de tous les arbres du site, considérée égale à 100.

Mis à part les anciennes utilisations agricoles, d'autres facteurs explicatifs ont été testés. On constate que les coefficients d'Ellenberg pour l'azote et l'acidité ont les corrélations les plus

étroites avec l'indice de fertilité (Tabl. 5-18), suivis de la distance au ruisseau. Cette dernière est corrélée négativement et reflète l'importance de l'alimentation en eau pour éviter le stress hydrique estival. La proximité de la ruine semble également avoir une influence positive sur la croissance, pour les raisons déjà citées plus haut (impact anthropique et ancienne installation humaine sur des terrains éventuellement plus fertiles). Le pH et le rapport C/N des horizons superficiels expliquent peu en revanche l'indice de fertilité, tout en étant significatifs.

Tableau 5-18 Corrélations entre l'indice de fertilité et quelques paramètres du sol

coefficient de corrélation	penne	Coefficient d'Ellenberg pour l'azote	Coefficient d'Ellenberg pour l'acidité	pH de l'horizon superficiel	rapport C/N de l'horizon superficiel	Distance à la ruine	Distance au ruisseau
nombre d'arbres	302	317	317	197	197	312	292
indice de fertilité	ns	0.53***	0.53***	0.36***	-0.27***	-0.45***	-0.50***

L'analyse par groupe de sites (Tabl. 5-19) montre que les indices de fertilité des sites "Vers", où les ruisseaux sont partout présents, sont les plus élevés en moyenne (37.5). Ceux des fermes de la crête des Vosges (32.3 en moyenne) et du Haut-du-Tôt (32.4) sont les plus faibles car ces sites sont plus élevés (surtout ceux de la crête) que les autres, donc plus froids, et dans le cas du Haut-du-Tôt, plus sableux, donc plus secs. Les fermes anabaptistes ont l'amplitude d'indice de fertilité (différence entre l'indice le plus élevé et le plus faible entre utilisations) la plus élevée. Cette amplitude confirme que l'intensité des pratiques a influencé la fertilité du milieu (voir plus haut, l'amplitude du recouvrement de la strate herbacée).

Tableau 5-19 Moyenne des indices de fertilité par groupe des sites

	Haut-du-Tôt	les "Vers" (Vagney, Syndicat, Rochesson)	les fermes de la crête des Vosges	les fermes anabaptistes	les "Droits"	moyenne totale
forêt	30.6	32.5	30.8	27.9	27.6	30.1
pâturage		36.7		33.2		35.4
champ	31.1	37.9	33.6	33.8	36.2	35.4
pré	34.4	41.5		33.2		37.6
jardin	35.2	41.4	34.5	39.3		38.4
moyenne par groupe de site	32.4	37.5	32.3	33.5	33.4	34.7

Les résultats de l'analyse de la croissance sont biaisés par le fait que les forêts anciennes contiennent surtout des sapins alors que les anciennes terres agricoles sont dominées par l'épicéa. Toutefois, les résultats montrent des différences entre la forêt ancienne et les anciennes terres agricoles. D'autres auteurs l'ont également constaté. KÜNSTLE (1962) a montré en Forêt-Noire que la croissance des peuplements se distingue en fonction des anciennes utilisations agricoles. Sur des grès, la croissance la plus importante a été mesurée sur d'anciens champs, ensuite sur d'anciens champs extensifs et d'anciens prés extensifs. La croissance est plus faible dans des forêts anciennes surtout si elles ont été pâturées : les peuplements sur les anciennes pâtures ont une croissance très ralentie.

La production forestière de l'épicéa sur des anciennes terres agricoles en Suède est de même plus élevée comparée aux forêts anciennes (JOHANSSON et KARLSSON, 1988).

Une étude sur deux espèces de bouleaux (*Betula pubescens* et *B. Pendula*), menée également en Suède, signale que les arbres plantés sur d'anciennes terres agricoles poussent beaucoup

mieux que ceux issus de la régénération naturelle dans les forêts anciennes (KARLSSON, ALBREKTSON et SONESSON, 1997).

HEINRICH et ALLANIC (1975) montrent que les épicéas de sitka (*Picea sitchensis*) plantés sur d'anciens champs ont une croissance plus importante que ceux plantés sur d'anciens taillis sous futaie. La plus faible croissance a été observée sur d'anciennes landes à ajoncs et à callune.

La pourriture observée au cœur des tiges échantillonnées est due à un champignon non déterminé. On peut en distinguer différents degrés en fonction des pratiques (Tabl. 5-20). Le pourcentage moyen de troncs infectés sur les anciennes terres agricoles est de 20%, contre 12% sur les forêts anciennes ($\chi^2 = 3.263 *$). La qualité du bois des épicéas semble donc inférieure sur les anciennes terres agricoles en raison d'une pourriture du tronc plus fréquente. Ce phénomène a été également observé dans le sud de l'Allemagne, dans le Jura Souabe (REHFUESS, 1969).

KILIAS (1957) a consacré sa thèse à la croissance des pins (*Pinus sylvestris*) sur d'anciens champs sur des matériaux morainiques au nord de Berlin. Il explique que la croissance juvénile (jusqu'à vingt ans) des pins sur d'anciens champs est largement supérieure à celle observée dans les forêts anciennes, mais la mortalité est également plus importante par la suite. Cette sensibilité au pourrissement est due, selon l'auteur, à un développement excessif du système racinaire, qui commence souvent à montrer des problèmes sanitaires dus à un champignon entre l'âge de dix et vingt ans. Par la suite, une grande partie des arbres infectés meurt. Ce développement racinaire s'explique par un excès d'azote dans le sol. Par ailleurs, l'extension du champignon est facilitée car il a très peu de concurrence dans ces nouveaux sols forestiers.

Tableau 5-20 Degré de pourriture en fonction des anciennes utilisations agricoles

ancienne utilisation	% de tiges pourries
forêt ancienne	12
ancienne pâture	30
ancien champ	18
ancien pré	17
ancien jardin	28

5.4 CONCLUSIONS

Le travail phytoécologique que nous avons effectué a été aussi complet que possible dans le nombre de placettes étudiées. Nous avons en effet noté la structure des peuplements, leur diversité spécifique, leur croissance ainsi que les relations existant entre ces paramètres et les paramètres descriptifs de la fertilité du sol. Nous avons examiné à chaque fois les différences entre utilisations sur l'ensemble des sites, en séparant les sites en groupe de fertilité et en groupe de sites. Nous avons ainsi obtenu une bonne vision de l'influence des anciennes utilisations agricoles sur la végétation actuelle des forêts.

Deux problèmes méthodologiques, inhérents à notre étude, sont néanmoins apparus : le *déséquilibre* du nombre des placettes échantillonnées par ancienne utilisation agricole et la différence quasi générale des espèces de la strate arborescente. La strate arborescente des forêts anciennes est constituée principalement de sapins et celle des terres agricoles reboisées d'épicéas ce qui pourrait aussi entraîner des différences de flore. AUGUSTO (1998) constate en effet que les épicéas n'ont pas tout à fait le même comportement écologique puisqu'ils acidifient plus les sols que les sapins, ce qui peut se répercuter sur la flore. Cependant, nous avons observé que les anciennes terres agricoles plantées en épicéas sont moins acides que les forêts anciennes, ce qui peut laisser supposer que les différences de fertilité constatées entre anciennes utilisations agricoles sont plutôt dues à ces utilisations qu'aux différences d'espèces arborescentes.

L'échantillonnage de la flore est relativement déséquilibré. Le nombre de placette sur anciennes pâtures et anciens jardins est ainsi trop faible pour avoir des résultats significatifs concernant ces deux utilisations. Toutefois les différentes analyses montrent que les anciennes utilisations agricoles en influençant la fertilité ont différencié la végétation des forêts actuelles, notamment dans les sites "riches", ceux du versant "Vers" par exemple, et les fermes anabaptistes.

La végétation des forêts actuelles du Massif Vosgien est ainsi dépendante des anciennes utilisations agricoles. Le nombre d'espèces et les coefficients d'Ellenberg indiquent un enrichissement relatif dû à certaines utilisations : anciens jardins, prés et champs. Les anciennes pâtures et les forêts anciennes sont plus pauvres.

Les anciennes utilisations agricoles diversifient la forêt actuelle puisqu'un certain nombre d'espèces ont persisté après l'abandon ou sont apparues suite à l'enrichissement. Nous avons cité l'exemple de deux espèces du genre *Ribes* (*R. rubrum* et *R. nigrum*) qui poussent encore dans les anciens jardins. Elles font partie de la catégorie que nous définissons comme espèces "vestiges", c'est-à-dire des espèces qui ont survécu aux modifications liées à la plantation. D'autres espèces telles que *Hedera helix* (le lierre) trouvent des conditions plus favorables dans les anciennes terres agricoles que dans les forêts anciennes. En effet, cette espèce existe dans la forêt ancienne mais elle est plus fréquente sur les anciennes terres agricoles. Seules quelques espèces, dont trois sont des mousses, n'ont pas recolonisé les anciennes terres agricoles. Ainsi, les espèces dites de "forêts anciennes" (HERMY, 1994) sont probablement liées à des modes de dispersion et non à des potentialités du sol suite à l'activité humaine.

Le problème des groupes de fertilité est le faible nombre de placettes dans les anciens jardins et dans les anciennes pâtures. L'échantillonnage par groupe de fertilité est très déséquilibré : 45 relevés ont été effectués dans le groupe "pauvre" et 72 dans le groupe "riche". Cependant, ce groupement permet d'obtenir des résultats intéressants. Dans l'ensemble, pour les deux groupes de fertilité, les grandes tendances sont les mêmes. Cependant, l'impact du milieu naturel reste déterminant pour la fertilité du milieu. En effet, la fertilité d'origine est toujours déterminante pour la structure du peuplement, le nombre des espèces et la diversité, comme

GEGOUT (1995) l'avait déjà observé dans le Massif Vosgien : la végétation est notamment liée au substrat géologique, au type de sol et au climat. En résumé, la flore est dépendante de la richesse d'origine, mais fortement influencée par les anciennes utilisations à l'intérieur d'un site.

L'approche par groupe de sites montre l'importance du système de culture sur la fertilité actuelle des anciennes terres agricoles boisées. En effet, les fermes anabaptistes en fond de vallon ont l'amplitude de variation la plus importante pour la plupart des moyennes calculées en fonction des anciennes utilisations agricoles (recouvrement, richesse floristique, diversité, coefficients d'Ellenberg et d'indice de fertilité). Rappelons que les anabaptistes avaient les pratiques agricoles les plus avancées pour l'époque, basées sur une meilleure maîtrise des flux de fertilité (voir chap. 3).

L'amplitude des moyennes calculées sur les "Vers" est également notable. En effet, les différences préexistantes (avant la mise en culture) entre les sites échantillonnés sont probablement les plus importantes sur ces sites. De plus, les fermes y étaient relativement grandes et, en conséquence, le nombre de têtes de bétail relativement élevé. Le transfert de fertilité (voir chap. 2) y a été certainement efficace.

Les amplitudes intermédiaires se trouvent sur des fermes très excentrées proches de la crête et sur les versants "Droit". Les transferts de fertilité y ont été certainement moins bien maîtrisés que sur les sites précédents. L'amplitude la plus faible est mesurable sur les sites du Haut-du-Tôt. Sur ces sites, la fertilité d'origine est très médiocre et la rentabilité des fermes modeste, là aussi la fertilité est un peu plus élevée à proximité de la ruine.

L'ensemble des principaux résultats des analyses phytoécologiques est récapitulé dans les Tabl. 5-21 et 5-22. Les différences entre anciennes utilisations agricoles sont clairement visibles, du point de vue de la structure des peuplements (*recouvrement, régularité*) et de leur diversité (*nombre d'espèces, indice de Shannon*). La végétation reflète les différences de fertilité du sol (*coefficients d'Ellenberg*), si bien qu'il existe des *espèces caractéristiques* de chaque ancienne utilisation agricole dans les milieux donnés. Toutefois, si les anciennes utilisations agricoles enrichissantes (champs, prés, jardins) ont augmenté la fertilité et la croissance des arbres, il est prématuré de conclure que cet effet a été systématiquement bénéfique : d'une part, la diversité spécifique augmente, mais les "nouvelles" espèces forestières sont souvent des espèces rudérales, très communes, qui poussent au détriment d'une flore forestière ancienne moins nitrophile. D'autre part, alors que les arbres poussent apparemment plus vite en hauteur et en diamètre, leur sensibilité à la pourriture a visiblement augmenté. Le bois finalement obtenu est donc de moins bonne qualité. Afin de remédier à ce problème, les futures plantations sur d'anciennes terres agricoles devraient être effectuées avec des espèces plus exigeantes en azote par exemple. La gestion forestière doit donc tenir compte des anciennes utilisations agricoles.

Tableau 5-21 Impact des anciennes utilisations agricoles sur les différents paramètres étudiés

	ancien jardin	ancien pré	ancien champ	ancienne pâture	forêt ancienne
recouvrement (herbacées)	très élevé	élevé	moyen	faible	peu élevé
nombre d'espèces	élevé	très élevé	élevé	peu élevé	faible
indice de Shannon	fortement corrélé avec le nombre d'espèces				
régularité (herbacées)	élevée	moyenne	moyenne	élevée	faible
espèces caractéristiques	existe pour chaque utilisation				
coefficient d'Ellenberg pour l'acidité	très élevé	élevé	élevé	faible	très bas
coefficient d'Ellenberg pour l'azote	très élevé			élevé	faible
indice de fertilité (croissance des arbres)	très élevé	élevé	moyen	moyen	bas
pourriture du tronc	élevée	moyen	moyen	élevé	faible

Tableau 5-22 Variation ou non des paramètres phytoécologiques étudiés en fonction de la distance à la ruine et au ruisseau

	recouvrement (herbacées)	nombre d'espèces	indice de Shannon	régularité (herbacées)	espèces caractéristiques	coefficients d'Ellenberg pour l'acidité et l'azote	indice de fertilité (croissance des arbres)	pourriture du tronc
distance à la ruine	non	oui	oui	nd	nd	non, voir fig. 5-6 et 5-7	oui	nd
distance à l'eau	non	non	non	nd	nd	non	oui	nd

nd = non déterminé en raison d'un nombre trop petit d'échantillons

6 Discussion - Conclusions :

6.1 CRITIQUES DES METHODES APPLIQUEES

Le sujet de cette thèse était de définir l'impact des anciennes pratiques agricoles sur la fertilité du milieu forestier actuel. Nous nous sommes limités dans cette recherche à l'étude de cas particuliers, localisés dans une zone géographique assez restreinte (Massif Vosgien) et ne représentant qu'une gamme assez peu étendue de conditions physiques (faibles différences altitudinales, sols acides). Les conclusions obtenues dans cette recherche sont néanmoins certainement valables dans d'autres zones géographiques, où les conditions du milieu physique diffèrent peu et où les systèmes agraires ont connu des évolutions similaires, la Forêt Noire ou les Ardennes, par exemple. Une telle étude ne peut cependant être généralisée sur des étendues plus vastes que lorsque des travaux complémentaires, intégrant une plus grande variabilité du milieu physique (substrat calcaire, zone de plaine ou de marécages) et du contexte historique (histoire plus ancienne ou autres mécanismes d'abandon et de reboisement) auront été conduits.

Les limites des interprétations de ce travail étant posées, il est également nécessaire de s'intéresser à la validité de nos recherches, c'est-à-dire aux investigations historiques ayant servi de base à notre étude d'une part et à la caractérisation de la fertilité du milieu d'autre part.

6.1.1 Les bases historiques

Le travail historique a été le support de l'étude. Il consistait à identifier l'utilisation et la localisation des anciennes parcelles agricoles abandonnées et reboisées dans le secteur d'étude envisagé. Il était donc nécessaire de disposer de documents relativement précis, faciles d'accès et d'interprétation. C'est pourquoi la majorité des documents datant d'avant la Révolution, dont la langue est plus archaïque, n'a pas été employée comme support de l'étude, même si elle a confirmé les résultats acquis par la suite. De plus, l'extension maximale des terres agricoles dans le Massif Vosgien ayant eu lieu au début du XIX^{ème} siècle, il nous a semblé préférable d'employer le cadastre napoléonien, établi à cette date.

Ce cadastre s'avère un outil efficace pour retracer l'histoire des parcelles au XIX^{ème} siècle (voir chap. 2), mais fournit une image figée de l'utilisation des parcelles au moment de son établissement, et de ses mises à jour (folios). Il présente donc des lacunes, parfois importantes entre les deux dates, pouvant porter sur la succession des utilisations et la date d'abandon et de boisement des parcelles. Les mises à jour du cadastre ont d'ailleurs été rarement effectuées, uniquement lors des changements de propriétaire, si l'on exclut les mises à jour systématiques, comme celle datant des années précédant la Première Guerre. Le décalage entre le changement d'utilisation sur le terrain et son indication dans le cadastre peut donc atteindre plusieurs décennies. Le morcellement des parcelles communales au cours du XIX^{ème} siècle a été enregistré dans les folios, mais n'a généralement pas été accompagné de nouveaux plans. Lorsque ceux-ci existaient, il était néanmoins impossible de les relier aux anciens plans. Le site du Haut-de-la-Sappe fournit un bon exemple de ces incertitudes (voir "Atlas des sites") : plusieurs parties d'une des deux grandes pâtures communales, après avoir été vendues à des particuliers, ont été utilisées comme prés ou ont été construites (maison et jardin), mais leur

emplacement précis dans l'ancienne pâture et la date exacte de changement d'utilisation sont inconnus.

Une autre incertitude porte sur l'intensité des anciennes pratiques agricoles. Le type de culture, la quantité de fumier appliqué, les dates de semis et de récolte, la profondeur de labour, les quantités récoltées... ne sont pas mentionnés dans le cadastre.

Nous avons donc eu recours à d'autres sources pour tenter de combler ces différentes lacunes. Il s'agit essentiellement d'ouvrages généraux, notamment ceux de THIRIAT (1866) et de LAFITE (1904), portant sur l'agriculture dans le Massif Vosgien au XIX^{ème} siècle. D'autres documents comme les archives communales, dans les mairies ou déposées dans les archives départementales, ont également été occasionnellement employées. Les archives notariales, notamment les droits de succession concernant les différents sites se sont avérées particulièrement intéressantes : elles renferment des indications précises sur le nombre de vaches, le nombre et les types d'outils, les réserves disponibles lors de la succession... Cette source, malgré les renseignements qu'elle peut apporter, est très lourde et plus aléatoire à exploiter.

Les données historiques collectées, quoiqu'incomplètes, ont cependant permis de définir les utilisations anciennes des parcelles et leur limite. Des imprécisions demeurent quant aux dates de changement d'utilisation, notamment d'abandon et de boisement, mais des fourchettes sont disponibles pour chaque site. De plus, le comptage des cernes des arbres a également été employé pour déterminer les dates de boisement, diminuant ainsi les fourchettes données par le cadastre. Le travail historique que nous avons effectué a ainsi été suffisant pour interpréter les résultats des analyses pédologiques et phytoécologiques en fonction de l'utilisation ancienne des sols.

6.1.2 Les méthodes d'analyses au laboratoire

L'autre aspect de notre recherche était de mesurer la fertilité du milieu, à l'aide de paramètres pédologiques et phytoécologiques. Nous avons mesuré une gamme assez large de paramètres pédologiques : granulométrie, texture, teneurs en cations "basiques" et taux de saturation, teneurs en carbone, en azote total, en phosphore assimilable. Les paramètres phytoécologiques pris en compte sont : la structure et la diversité de la végétation, les espèces caractéristiques d'anciennes utilisations, les coefficients d'Ellenberg et l'indice de fertilité pour la croissance des peuplements. L'ensemble de ces analyses fait partie des analyses pédologiques et phytoécologiques classiques. L'analyse de l'azote ^{15}N , bien que plus récente, se généralise. Nous avons en effet préféré utiliser des méthodes reconnues par l'ensemble de la communauté scientifique et dont les résultats sont faciles à interpréter. Les comparaisons avec d'autres études s'en trouvent facilitées. Il existe certainement d'autres méthodes, mais celles employées dans ce travail ont été satisfaisantes, puisqu'elles ont permis de différencier la fertilité du milieu en fonction des utilisations anciennes.

Des études complémentaires peuvent aussi voir le jour. JUSSY (1998) a par exemple mesuré la vitesse de minéralisation de l'azote du sol et la nitrification en fonction des anciennes utilisations.

6.1.3 Les problèmes d'échantillonnage

L'interprétation des résultats a nécessité une approche statistique (voir annexes, chap. 8.2) globale, ne tenant pas compte des cas individuels et des exceptions. Nous avons ainsi obtenu des résultats généraux, valides scientifiquement, pouvant être extrapolés à l'ensemble du

Massif Vosgien, voire à d'autres moyennes montagnes. Il ne faut cependant pas perdre de vue qu'une approche par site aurait été intéressante. Les sites sont des cas individuels, où les parcelles sont trop peu nombreuses pour pouvoir aboutir à des "lois générales". Chacun a sa spécificité. Il serait désormais enrichissant de comparer ces cas particuliers aux lois générales tirées de notre travail, et de rechercher les causes de variabilité par rapport à ces lois générales. Nous nous sommes toutefois placés, grâce à l'approche par groupement (par groupes de fertilité et par groupes des sites), dans des situations prenant en compte certaines spécificités du milieu. Cette approche nuit toutefois à l'interprétation des résultats, en diminuant le nombre d'échantillons par analyse statistique.

Les anciens jardins et les anciennes pâtures sont d'ailleurs faiblement représentés, ce qui les a exclus de tous les tests statistiques établis en fonction de l'utilisation ancienne (sur l'ensemble des sites et a fortiori par groupes de sites). Il aurait fallu augmenter leur représentativité pour pouvoir les intégrer, ce qui signifie de plus amples recherches historiques pour trouver les sites adéquats, et un nombre accru d'analyse de sol et de la végétation. Un tel travail serait évidemment utile, mais n'a pu être envisagé dans le cadre de cette thèse, forcément limitée dans le temps.

6.2 CONCLUSIONS CONCERNANT LES RESULTATS OBTENUS

Les résultats obtenus permettent de mieux connaître les impacts des anciennes utilisations agricoles. Celles-ci ont modifié d'une manière importante les sols et les conséquences sont encore notables sur le milieu forestier actuel. Nous avons montré que ces modifications portent sur la fertilité du sol, la flore forestière et la croissance des arbres.

Grâce au groupement de sites, nous avons pu démontrer que l'intensité de l'impact actuel des anciennes utilisations agricoles dépendait de plusieurs facteurs :

- 1) du type des anciennes utilisations agricoles ;
- 2) de l'intensité des pratiques, notamment de l'intensité du transfert de fertilité ;
- 3) de la fertilité d'origine du milieu physique.

Dans les paragraphes suivants, nous allons exposer les conclusions que nous avons pu obtenir pour chacun de ces facteurs.

6.2.1 L'impact du type de l'ancienne utilisation agricole

Nous avons donc recherché l'impact éventuel des différents types d'utilisation ancienne sur la fertilité en étudiant dans un premier temps plusieurs paramètres pédologiques, cités plus haut. La texture est le seul paramètre à s'être avéré complètement indépendant de l'utilisation ancienne, que ce soit par une analyse globale ou par groupe de sites. Les autres paramètres varient tous, à des intensités diverses, en fonction des utilisations anciennes. Les anciennes forêts présentent de manière générale, les sols les moins fertiles : les cailloux, voire les blocs sont encore présents en surface, le C/N et le pH des sols sont peu favorables à la minéralisation, le phosphore assimilable, la teneur en cations alcalins et alcalino-terreux et le taux de saturation sont peu élevés. A l'opposé, les anciens sols agricoles, notamment ceux des jardins, sont les plus fertiles : ils ont été épierrés, le pH et le C/N y sont plus élevés, de même que la teneur en alcalins, le taux de saturation et le phosphore assimilable. Ces différences se retrouvent au niveau des groupes de sites. On doit donc en déduire que les anciennes utilisations agricoles des sols ont conditionné la fertilité actuelle des sols, ou que chaque utilisation a été mise en place en fonction d'une fertilité préexistante, les deux phénomènes pouvant s'additionner. Toutefois, la nitrification étant favorisée dans les anciennes parcelles agricoles par rapport aux forêts anciennes, il est probable que les paramètres de fertilité ont

été modifiés dans les premières, comme le montrent les $\delta^{15}\text{N}$ relatifs. Tout un ensemble de facteurs (défrichement, labour, piétinement, irrigation, engrais) ont ainsi pu contribuer à accélérer la minéralisation de la matière organique (voir les travaux de LOSSAINT et RAPP, 1960).

Les pâtures posent cependant un problème d'interprétation puisque pour nombre de paramètres étudiés (granulométrie, C/N, pH, teneur en calcium), elles offrent un large éventail de résultats. Rappelons ici que la définition d'une pâture ancienne est assez large : outre les anciens pâturages privés proches des fermes, cette catégorie englobe également les parties pâturées des essarts et les grands pâturages communaux. Ces derniers ont pu être, notamment suite à la vente à des particuliers, transformés en prés de fauche (pratique fréquente au XIX^{ème} siècle, THIRIAT, 1866), voire en zone d'habitation et jardins. Le site du Haut-de-la-Sappe en fournit un excellent exemple. Leur fertilité actuelle dépend donc également du changement d'utilisation, ce qui explique partiellement la variabilité des résultats des pâtures. D'autres causes sont à rechercher dans l'intensité des pratiques (voir 5.2.2) et la richesse du milieu (voir 5.2.3).

La fertilité étant différente selon les anciennes utilisations, il est normal que les analyses phytoécologiques reflètent cette différence. Elle est sensible en premier lieu sur la croissance des arbres, comme le montre l'indice de fertilité. La strate herbacée est également influencée par l'utilisation ancienne : elle est plus diverse et son taux de recouvrement est plus élevé dans les anciennes zones fertilisées. Les coefficients d'Ellenberg pour l'acidité et l'azote confirment eux aussi la fertilité plus favorable des anciens sols cultivés. Le cortège floristique dépend donc fortement des anciennes utilisations, ce qui peut être employé pour un premier diagnostic de terrain de la fertilité d'un site : certaines espèces comme l'ortie (*Urtica dioica*) indiquent la richesse en azote des sols. D'autres espèces, "vestiges" des utilisations anciennes peuvent être employées pour l'identification de la parcelle. C'est le cas par exemple du groseillier (*Ribes rubrum*), "vestige" des anciens jardins, du genêt à balai (*Cytisus scoparius*) "vestige" des anciennes pâtures. De même, l'anémone des bois (*Anemona nemorosa*) est indiquée comme une espèce caractéristique des prés par THIRIAT (1866).

Un ancien enrichissement, tel qu'il a eu lieu sur les anciens prés, champs et jardins, a des effets positifs sur la fertilité actuelle. Toutefois, on note que ces utilisations ont occupé beaucoup moins de surface que les anciennes pâtures et les forêts anciennes. On peut donc opposer des secteurs restreints qui ont été fertilisés par rapport aux étendues plus vastes qui ont été appauvries.

De plus, il est préférable de se garder d'un enthousiasme trop excessif vis-à-vis des effets positifs de la fertilité des sols sur d'anciennes parcelles enrichies. Nous avons en effet observé que le taux d'arbres atteints de pourriture était significativement plus élevé sur ce type de parcelles que dans les forêts anciennes. L'augmentation de fertilité et de croissance se fait donc au détriment de la résistance aux pourritures et probablement de la qualité du bois. Il est vraisemblable que d'autres effets néfastes à la qualité des sols et des eaux de drainage sont également liés à l'utilisation ancienne des sols. La nitrification est plus élevée dans les anciennes parcelles enrichies (JUSSY, 1998), elle s'accompagne de drainage de nitrate dans les eaux, eux même entraînant des cations alcalins et alcalino-terreux, ce qui conduit à un appauvrissement du sol et à une acidification (BERG et al., 1997).

6.2.2 L'impact de l'intensité des pratiques anciennes

L'intensité de l'utilisation des sols s'ajoute aux effets de l'utilisation ancienne sur le sol. Les meilleurs exemples sont fournis par les deux fermes anabaptistes de la Cude et du Muesbach. Les fermes des anabaptistes qui se caractérisaient par des pratiques très intenses pour l'époque

montrent en effet les différences les plus importantes entre les secteurs anciennement enrichis et ceux qui sont appauvris. Ces différences sont marquées quelle que soit la fertilité "originelle" du site : les anciens prés et les anciens champs du Muesbach, dont les sols sont podzolisés (extrêmement pauvres), voient pourtant se développer la fétuque et le framboisier (*Rubus idaeus*), indicateurs de sols assez riches.

En revanche, les différences entre utilisations sont très peu marquées au Haut-du-Tôt. Cet ensemble de sites est caractérisé par sa pauvreté d'origine. Les transferts de fertilité y ont été vraisemblablement peu intenses, puisque les pratiques agricoles n'étaient pas très intensives. Les sites ont de plus été abandonnés relativement tôt, étant donné leur pauvreté.

Un indice indirect de l'importance de l'intensité des pratiques anciennes est l'influence de la distance à la ruine sur le pH et la teneur en Ca^{2+} : plus l'ancienne parcelle agricole est proche de la ruine, plus elle est riche en Ca^{2+} et plus le pH est élevé. Il était en effet beaucoup plus facile de fertiliser les parcelles les plus proches de l'habitat, sans oublier d'éventuelles émissions suivies de dépôts depuis les étables.

Mais dans tous les cas, l'intervention humaine a augmenté l'hétérogénéité interparcellaire due aux différentes utilisations. En revanche, elle a diminué l'hétérogénéité intraparcellaire suite à une perturbation homogène sur l'ensemble d'une parcelle.

6.2.3 L'impact de la richesse du milieu physique

Il est cependant certain que la richesse initiale du milieu physique influence la fertilité des sols, ce qui explique l'intérêt de nos analyses par groupe de fertilité, pour atténuer la variabilité entre sites de richesse trop disparate.

L'impact des anciennes utilisations agricoles ne se manifeste ainsi sur la fertilité qu'à partir d'une certaine richesse du milieu. Lorsque le milieu est trop pauvre, il semble que les effets des anciennes utilisations agricoles n'ont pas pu modifier les teneurs en cations "basiques", le taux de saturation et le pH. En revanche, dans les sites riches, ces effets sont sensibles et vraisemblablement liés à la qualité du fourrage et de la fumure organique (voir chap.3).

D'autres paramètres, qui ont influencé le type d'utilisation ancienne, sont également liés à la richesse du site : les forêts anciennes sont plutôt localisées dans les pentes fortes, sur des sols minces, alors que les sols plus profonds, dans les niches de nivation par exemple accueillent les anciens champs, prés et jardins.

Il est d'ailleurs parfois difficile d'établir la part prise par la richesse originelle du milieu physique et celle prise par l'utilisation ancienne quant à la fertilité actuelle. De nombreuses exploitations étudiées ont été installées au centre de niches de nivation ou en fond de vallon, là où les sols sont plus profonds, plus proches de l'approvisionnement en eau et a priori plus fertiles. Les jardins, les champs et les prés étaient situés généralement à proximité des habitations par rapport aux forêts, afin de faciliter leur exploitation. Les différences préexistantes ont été amplifiées. Il existe ainsi plus de sites pourvus d'eau dans le groupe "riche". Notons qu'à l'heure actuelle, les épicéas jaunissants du Haut-du-Tôt sont soumis à un stress hydrique sur un sol déjà pauvre.

En conclusion, il apparaît que la fertilité actuelle des sols forestiers dépende de leur utilisation ancienne, celle-ci étant modulée par l'intensité des pratiques et par la richesse d'origine du milieu.

6.3 APPLICATIONS ET PERSPECTIVES

6.3.1 Comment reconnaître une plantation - La grille de lecture de la forêt actuelle

6.3.1.1 Les plantations et leur image dans le paysage

Les terroirs boisés que nous trouvons aujourd'hui dans nos paysages sont un produit de la logique de l'environnement économique, déterminée par les conditions naturelles (notamment le relief et la fertilité du sol) et géographiques (notamment les axes de communication et la proximité du marché). La logique des terroirs a toujours existé mais elle a changé considérablement d'échelle géographique. En conséquence, nous constatons un agrandissement et une spécialisation des terroirs (CAVAILHES et NORMANDIN, 1993). Auparavant, les produits agricoles et forestiers restaient la plupart du temps dans le village ou dans la région. Aujourd'hui, la plupart des produits sont exportés du terroir, de la région ou même du pays où ils sont produits et transformés. Des secteurs qui ont connu une polyculture avec un paysage diversifié (haies, arbres isolés, bosquets, champs et prés) sont transformés en grandes plaines céréalières auxquelles s'opposent des zones boisées. La monotonie de ces dernières est souvent accentuée par la monoculture des résineux qui a débuté dans les années 1850.

Par ailleurs, il semble qu'au XIX^{ème} siècle, le paysage hors forêt montrait beaucoup plus d'arbres et de ligneux sous forme de bois, haies, taillis et bosquets : l'arbre était omniprésent dans l'espace agricole. En outre, les structures paysagères (d'une taille allant de celle de la parcelle à celle du terroir) étaient beaucoup moins vastes.

La création d'une typologie géographique et historique des boisements pourrait être très utile aux gestionnaires actuels des forêts. L'environnement écologique, sociologique et les capacités techniques à disposition des agriculteurs déterminent le type du boisement (espèce et âge). Un premier type de boisement est celui des moyennes montagnes très peuplées au siècle dernier, comme le Massif Vosgien et le Massif Central ainsi que la Forêt Noire en Allemagne (HÜTTL et SCHAAF, 1995). L'espèce de boisement principalement utilisée est l'épicéa. Un deuxième type concerne les zones à recrues naturelles, telles que celles de la Petite Montagne dans le Jura. Ce sont des zones à faible taux d'industrialisation. Les parcelles ont été abandonnées définitivement sans boisement parce que l'exode rural a été trop important. L'abandon de ces parcelles agricoles se poursuit encore de nos jours. Nous pouvons observer le même phénomène dans le Tessin (Suisse) où les surfaces agricoles ont été abandonnées pour laisser la place à une végétation spontanée (ISELLI et SCHWEINGRUBER, 1990). Un troisième type correspond aux boisements des marais, terrains incultes et vides sur de grandes surfaces telles que les Landes Atlantiques. Il correspond à une décision politique précise de l'Etat. Les boisements ont été surtout effectués en pins. Nous pouvons observer le même type de boisement dans la Lünerner Heide (R.F.A.) (HUFFEL, 1904). Un quatrième type de boisement se trouve dans les zones agricoles de haute productivité actuelle. Dans ces zones, seuls les terrains les moins fertiles ont été boisés au siècle dernier. Depuis, l'agriculture s'est globalement maintenue comme c'est le cas dans le Jura Souabe (R.F.A.) (REHFUSS, 1969) mais des secteurs de friche existent. Ces paysages connaissent des recrues naturelles, des hêtraies et des plantations d'épicéas. Il s'agit ici de zones très exposées aux aléas de la Politique Agricole Commune et à moyen ou long terme, susceptibles d'être boisées en partie.

Pour l'instant, ces différents types de boisement ne sont pas véritablement recensés. Un recensement et une cartographie précise pourraient servir à la gestion du foncier forestier déterminé par l'ancien parcellaire agricole. De même, ils pourraient être utiles à l'entretien des plantations, à la gestion de la fertilité du milieu et à l'exploitation du bois. Ils aideraient à la définition des stations forestières et surtout au choix des sites d'observation. Ce dernier point nous semble très important : en effet, jusqu'à présent un certain nombre de recherches forestières ont été effectuées sur d'anciennes parcelles agricoles, sans que cette particularité importante ne soit prise en compte. Or, nous savons maintenant que l'histoire agricole de ces forêts détermine leur niveau de fertilité actuelle.

6.3.1.2 La grille de lecture du paysage forestier

Pour savoir si un espace forestier correspond à une ancienne terre agricole, il nous semble judicieux de fournir un questionnaire utilisable par un grand public, et qui tient compte des détails observables sur le terrain. Ce questionnaire est une fiche de terrain, fondée sur nos observations et ne nécessite aucun matériel sophistiqué. La fiche de terrain (Fig. 6-1) part d'une vision globale d'un versant et conduit l'utilisateur à une vision de plus en plus détaillée du site à étudier. Cette fiche correctement remplie permettra par la suite de retrouver le site étudié, notamment grâce à l'identification sur la carte et sur le versant. Il est donc utile d'avoir sur le terrain une carte au 1/25 000 et une boussole pour replacer le site étudié sur le versant, et pour noter l'emplacement précis dans un carnet de bord de repères, si on souhaite y retourner plus tard. Un autre outil facile d'accès mais efficace est la bêche pour creuser des fosses (une profondeur de 30 centimètres est suffisante).

La végétation, notamment le peuplement, donne un premier aperçu. Un changement net entre les types de peuplements peut indiquer une plantation sur une ancienne terre agricole. Dans le Massif Vosgien, nous avons par exemple souvent observé qu'une sapinière ancienne avec des arbres d'âges différents s'oppose à une pessière régulière plantée. La strate herbacée des boisements comporte une végétation souvent très différente de celle des forêts anciennes vis-à-vis des espèces et de la densité. Les espèces nitrophiles sont ainsi très fréquentes sur des sols anciennement enrichis.

Les traces les plus révélatrices sont évidemment les modelés et les vestiges anthropiques telles que les banquettes anthropiques, les murs, les ruines, etc. Le profil pédologique est également très important. Si le sol a été cultivé, les 20 premiers centimètres du sol sont très homogènes et ont une couleur foncée. La transition vers l'horizon inférieur est nette. Les morceaux de poteries apportent une preuve incontestable d'une ancienne présence humaine. Pour finir, il est utile de dessiner des croquis comportant la situation du site sur le versant, qui faciliteront une reconnaissance ultérieure. Un plan de la répartition des phénomènes observés permet d'avoir une vue d'ensemble du site étudié.

Figure 6-1 Proposition de fiche de terrain pour l'identification des anciennes terres agricoles boisées :

<p><i>Site (commune/lieu dit/parcelle forestière) :</i> <i>n° de la carte topographique :</i> <i>date :</i> <i>Autres :</i></p> <p>1) Le versant 1.1 La situation topographique 1.2 L'exposition 1.3 L'altitude 1.4 La pente 1.5 L'eau superficielle 1.6 Autres</p> <p>2) La végétation 2.1 Les types des peuplements sur l'ensemble du versant essence, densité, âge 2.2 Le type du peuplement du site étudié essence, densité, âge 2.3 La végétation de la strate herbacée sur l'ensemble du versant espèces dominantes (noms, densité de la strate) 2.4 La végétation de la strate herbacée du site étudié espèces dominantes (noms, densité de la strate) espèces nitrophiles (ortie, ...) 2.5 Autres</p> <p>3) Les modelés et vestiges anthropiques 3.1 Site entouré de murs 3.2 Banquette(s) avec mur (nombres, dimensions, localisation) 3.3 Banquette(s) sans mur (nombres, dimensions, localisation) 3.4 Tas d'épierrement (nombres, dimensions, localisation) 3.5 Ruine(s) (nombres, dimensions, localisation) 3.6 Replat(s) artificiel(s) 3.7 Restes de canaux de drainage 3.8 Autres aménagements hydriques 3.9 Autres (barbelés, ...)</p> <p>4) Le profil pédologique (premier horizon) 4.1 La couleur 4.2 L'épaisseur 4.3 Morceaux de poterie 4.4 Autres</p>	
Plan de la situation du site sur le versant :	Plan de la répartition des phénomènes observés :

6.3.2 La forêt : élément de réponse à certains problèmes

Cette thèse a été entre autre financée par un programme de la CEE intitulé "Regional guidelines to support sustainable land use by E.U. agri-environmental programmes (A.E.P.)". Dans le cadre de ce programme, nous avons eu l'occasion de comprendre la complexité des zones agricoles à risques. L'exemple simple et évident des remembrements dans le Kraichgau (R.F.A.), afin de rentabiliser l'agriculture, montre qu'il est maladroit et coûteux d'intervenir avec des aides financières, si elles ont des effets inattendus et même quelquefois néfastes. Ces remembrements dans le Kraichgau ont entraîné l'érosion de la terre labourable et des coulées de boue, faute de haies et d'un labour parallèle à la pente. Une plantation sur une partie de la surface remembrée aurait pu éviter de tels problèmes.

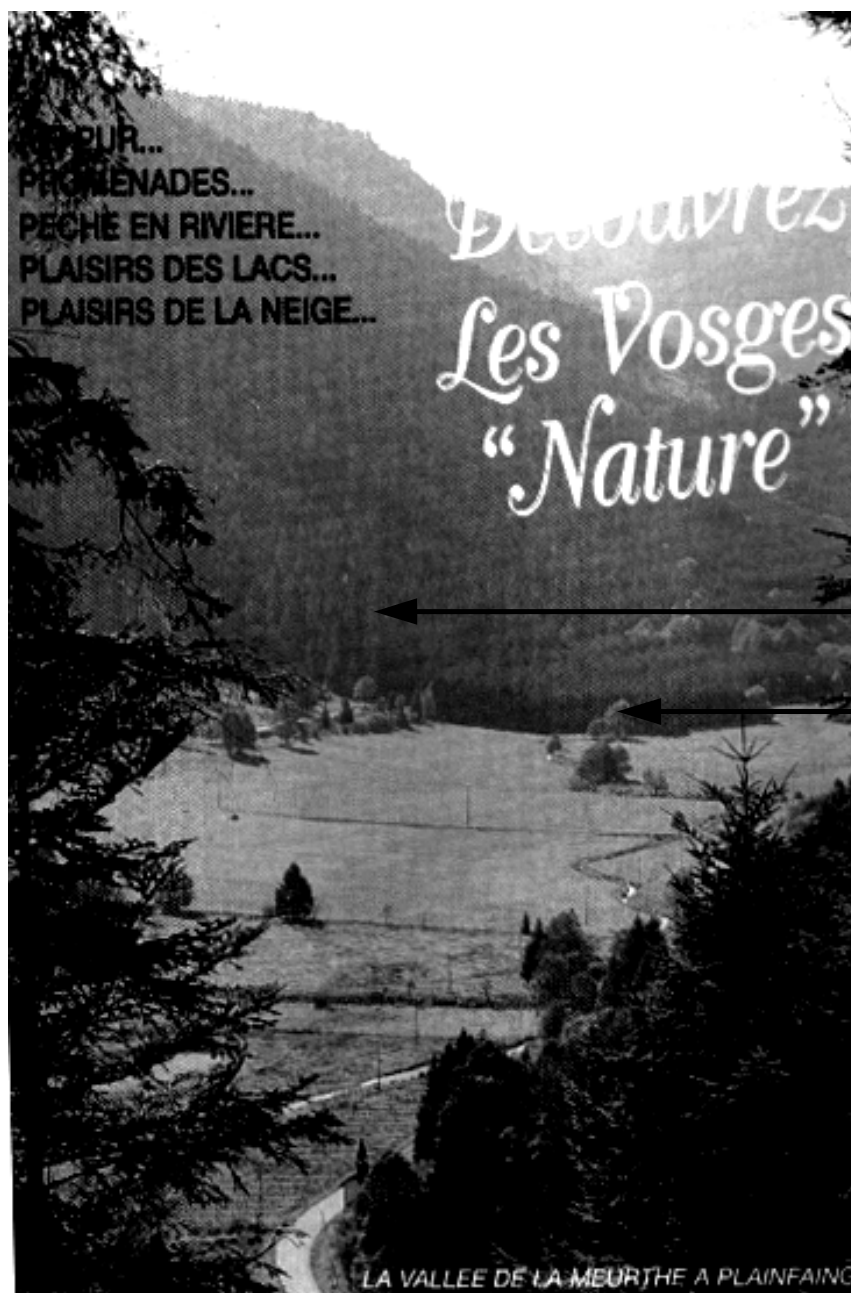
La forêt est bienfaitrice de notre environnement. Elle remplit plusieurs fonctions sociales et économiques : réserve faunique et floristique, terrain de chasse privilégié, zone ludique pour randonneurs, skieurs et promeneurs. Elle retient une partie des précipitations, qui s'évapore ensuite immédiatement ou pénètre plus lentement dans le sol. Ceci peut être avantageux dans le cas de grande crue par exemple, lorsque les surfaces boisées alternent avec des terres agricoles. Par ailleurs, les eaux souterraines des régions forestières sont moins chargées en nitrate et en pesticide. Les forêts fixent les sols en pente. Une réponse à une partie des problèmes liés à l'agriculture actuelle pourrait donc être les plantations forestières. A long terme, elles sont moins coûteuses que les subventions aux agriculteurs.

Les paysages de boisements monospécifiques sont aujourd'hui bien ancrés dans l'esprit du grand public et peuvent être associés avec l'idée de "nature pure" (Fig. 6-2). ARNOULD (1997) montre que l'image des arbres est tellement bonne, qu'elle est omniprésente dans la publicité. Une telle vision ne tient pas compte du patrimoine paysager et de la biodiversité. L'auteur remarque que cette image s'oppose à une petite partie de la "scène forestière française" qui accuse les monocultures de résineux de beaucoup de torts (acidification du sol, appauvrissement de la faune et de la flore, détérioration du paysage, ...).

Nombreuses sont les voix dans le grand public qui réclament des plantations forestières systématiques en Europe pour éviter certaines "catastrophe d'origine climatique" et diminuer la pollution. La majeure partie des personnes interrogées dans notre entourage ignore cependant que la surface boisée a quasi doublée depuis le XIX^{ème} siècle. En général, les habitants des villages concernés par les boisements s'opposent à ceux-ci quand les plantations arrivent à quelques mètres des premières maisons. Cela est notamment le cas dans de nombreuses communes du Massif Vosgien. La forêt peut résoudre certains problèmes environnementaux, mais il convient de ne pas en créer de nouveaux ; c'est pourquoi des plantations monospécifiques sont à éviter. Lorsqu'elles ont lieu, souvent pour des raisons économiques, elles ne doivent pas être trop denses, ce qui empêche la flore de se développer. Des coupes d'éclaircissement doivent alors être effectuées. Une bonne solution écologique, mais peu rentable économiquement à court et moyen terme, est de laisser s'installer la recree naturelle. La biodiversité est alors très élevée (SCIAMA, thèse ENGREF Nancy en cours).

Les plantations sur d'anciennes terres agricoles, suite à la déprise agricole, continuent à être effectuées aujourd'hui. Ce phénomène n'est plus seulement du domaine de la gestion de l'espace par les individus, les communes et les organismes forestiers, mais est aussi un problème environnemental d'intérêt général, puisque c'est la qualité du milieu qui en dépend.



Figure 6-2 Prospectus publicitaire pour la location des Chalet de Vacances dans le Massif Vosgien (imprimé par PRIM+ à Vagney) (édité entre 1996 et 1997)



← Plantation d'environ 50 ans

← Plantation d'environ 25 ans



COUPON A RETOURNER à Mr et Mme  Bernard
 - 88230 PLAINFAING

Mr, Mme _____

demeurant à : _____

7 Bibliographie

ADV (Archives Départementales des Vosges) 2-Fi-2770. Plan général et arpentage de tous les bois appartenant au ban de Vagney dressé en 1764

ADV 193-O. Dossier concernant des affaires communales de Gemaingoutte de 1800 à 1914

ADV 3P1167. Folio du cadastre de la Croix-aux-Mines

ADV 3P3760, 3P3761. Folios du cadastre de Vagney

ADV 1000-S-23. Procès-verbal d'expertise concernant le port de Raon-l'Étape. Avril 1869 - février 1870

AGRESTE. La Statistique Agricole - graph-forêt-bois. Teruti, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 1992

AGRESTE. La Statistique Agricole - graph-forêt-bois. Teruti, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 1994

ANDRE M.F. L'empreinte glaciaire dans les Vosges. Ed. PUN, 1991, 119 p.

ARNOULD P. La forêt - Images de Pub ? Objet de mode ? In : La forêt : Perception et représentation, publié sous la direction de A. Corvol, P. Arnould, M. Hotyat, Ed. Harmattan, 1997, pp. 93-107

ASCHAN C. Variabilité spatiale et temporelle des dépôts atmosphériques d'éléments minéraux : l'exemple du Massif Vosgien. Mémoire de maîtrise de géographie, Université Panthéon-Sorbonne, 1991, 161 p.

AUGE-LARIBE M. L'évolution de la France agricole. Librairie Armand Colin, série 'Le mouvement social contemporain', 1912, 304 p.

AUGUSTO L., BONNAUD P., RANGER J. Impact of tree species on forest soil acidification. Forest Ecology and Management, n° 105, 1998, pp. 67-78

BAIZE D., JABIOL B. Guide pour la description des sols. Ed. INRA, Paris, 1995, 375 p.

BEAUDOUIN G., PAILLOU G. La vie rurale moderne. Ed. Pierre Fanlac, Périgeux, 1961, 511 p.

BERG M.P., VERHOEF H.A., BOLGER T., ANDERSON J.M., BEESE F., COUTEAUX M.M., INESON P, MAC CARTHY F., PALKA L., RAUBUCH M., SPLATT P., WILLISON T. Effects of air pollutant temperature interactions on mineral-N dynamics and cation leaching in replicate forest soil transplantation experiments. Biogeochemistry, n° 39, 1997, pp. 295-326

BONISCHOT R. Le lisier sur les prairies permanentes de la montagne vosgienne. Le Paysan du Haut-Rhin, n° 9, 1979, pp. 16-17

BONNEAU M., FAIVRE P., GURY M., HETIRER J.M., LE TACON F. Carte pédologique de la France à 1/100 000, feuille de St. Dié, avec note explicative. Ed. INRA, 1978

BONNEAU M., SOUCHIER B. Pédologie - Constituants et propriétés du sol. Ed. Masson, Paris, 1979, 459 p.

BONNEAU M., FICHTER J. Cartographie du dépérissement à partir de photographies aériennes sur un secteur des Hautes-Vosges. Rapport d'interprétation, INRA-CRF Nancy, 1991, 10 p. + graphiques et cartes

BONNEMAIRE J., BROSSIER A., BRUN A., DEFFONTAINES J.P., HOUDARD Y., OSTY P.L., PETIT M., ROUX M., TEISSIER J. H. Pays, Paysans, Paysage - dans les Vosges du Sud. Ed. INRA 1977, 2ème édition 1995, 192 p.

BONNEVAL L. DE. Systèmes agraires - système de production - vocabulaire. Ed. INRA, Paris, 1993, 285 p.

BOYER J.L. Les Essarts dans la Montagne Sud des Vosges. Résumé du mémoire de maîtrise de l'Université Nancy II, 1978, 32 p.

BRAUN-BLANQUET J. Pflanzensoziologie. Ed. Springer-Verlag, 3ème édition, Wien, New York, 1964, 865 p.

BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières, Ministère du Développement industriel et scientifique) Carte géologique de la France à 1/50000, feuille XXXIV-18 Gérardmer, avec note explicative, 1978

BUFFET M., GIRAULT D. Station Forestière, Production et Qualité des Bois : éléments méthodologiques. Ed. CEMAGREF, 1989, 254 p.

CAVAILHES J., NORMANDIN D. Déprise agricole et boisement : état des lieux, enjeux et perspectives dans le cadre de la réforme de la PAC. Revue Forestière Française, vol. 45, n° 4, 1993, pp. 465-482

CHANCRIN E. Chimie Agricole - Encyclopédie des connaissances agricoles. Ed. Hachette 11ème édition, Paris, 1923, 264 p.

CHAPIN D. Nitrogen mineralization, nitrification and denitrification in a High Arctic Lowland Ecosystem, Devon Island, N.W.T., Canada. Arctic and Alpine Research, 28, n° 1, 1996, pp. 85-92

CINOTTI B. Evolution des surfaces boisées en France : proposition de reconstitution depuis le début du XIXe siècle. Revue Forestière Française, vol. XLVII, n° 6, 1996, pp. 547-562

CUSSENOT M. La maison rurale dans les Vosges cristallines. Mémoire de diplôme d'études supérieures, Université des lettres et des sciences humaines de Nancy, 1967, 67 p.

DAMBRINE E., RANGER J., GRANIER A. Alimentation d'un peuplement d'épicéa sur sol pauvre : variation en fonction de l'âge, incidence d'une sécheresse et relation avec le

dépérissement. Rapport d'activité annuel 91-92, CRF Station des sols forestiers, Nancy, 1992, pp. 56-60

DDAFHR. (Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Haut-Rhin) La Montagne Vosgienne - Bilan et Perspectives. Rapport de travail, 1984, 17 p. + annexe

DDAFV. (Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt des Vosges) Pour un développement adapté à la diversité des agricultures en Montagnes Vosgiennes. Rapport de travail, 1982, 108 p.

DECOURT N., LE TACON F. L'épicéa commun (*Picea excelsa*) sur les plateaux calcaires de l'est de la France - Essai de prévision de la production à l'aide de déterminations pédologiques simples. Annales des Sciences Forestières, 27, n° 3, 1970, pp. 255-286

DECOURT N. Epicéa commun - Nord-Est. Tables de production pour les forêts françaises. Ed. Vannières, 1984, ENGREF, 1971, pp. 35-40

DECOURT N. Méthode utilisée pour la construction rapide de tables de production provisoires en France. Annales des Sciences Forestières, 29, n° 1, 1972, pp. 49-65

DESRIOT A. Les céréales. Ed. Hachette, série 'Encyclopédie des connaissances agricoles', 1909, 198 p.

DIDIER E. Le hameau du Haut-du-Tôt dans les Vosges : organisation de l'espace et relation à l'environnement naturel. Mémoire de licence d'ethnologie, Université des Sciences Humaines de Strasbourg, 1990, 104 p.

DUCHAUFOR P. Précis de Pédologie. Ed. Masson, Paris, 1960, 438 p.

DUTHIL J. Eléments d'écologie et d'agronomie. Tome III, Ed. Baillière, Paris, 1973, 656 p.

ELLENBERG H. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Ulmer Verlag, 4ème édition, Stuttgart, 1986, 989 p.

ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica, n° 18, 1992, 258 p.

FIEDLER P. Fünf Kapitel aus der Landwirtschaft des Ober-Elsass - Ein Beitrag des landwirtschaftlichen Bezirksvereins Ober-Elsass zur Feier der ersten landwirtschaftlichen Ausstellung von Elsass-Lothringen zu Strassburg im September 1881. Imprimerie J. Dryfus, Gebweiler, 1881, pp. 40-47

FRONTIER S., PICHOD-VIALE D. Ecosystèmes - structure - fonctionnement - évolution. Ed. Masson, Paris, 1991, 392 p.

GARNIER E. La forêt vosgienne : un espace pionnier sous l'ancien régime ? In : Des bois dont on fait les Vosges - Une histoire de la forêt vosgienne. Publié sous la direction de Y. Kinossian, Eds. Conseil Général des Vosges - Archives Départementales des Vosges, Epinal, 1998, pp. 132-145

GARTEN C., VAN MIEGROET H. Relationships between nitrogen dynamics and natural ¹⁵N abundance in plant foliage from Great Smoky Mountains National Park. *Canadian Journal for Forest Research*, n° 24, 1994, pp.1636-1645

GEGOUT J.-C. Etude des relations entre les ressources minérales du sol et la végétation forestière dans les Vosges. Thèse de doctorat de l'Université de Nancy I, 1995, 215 p. + annexes

GODARD A. Pays et paysage du granite. Ed. PUF, 1977, 232 p.

GRANDEAU L. La fumure de champs et des jardins - instruction pratiques sur l'emploi des engrais commerciaux - nitrates, phosphates, sels potassiques. Imprimerie C. Pariset, Paris, 1893, 156 p.

GUILLET B., JANSSEN C.R., KALIS A.J., VALK E.J. La végétation pendant le Post-Glaciaire dans l'Est de la France. *La Préhistoire française*, 2 : Civilisations néolithiques et protohistoriques, Ed. Guilaine, 1976, pp. 82-87

GUINOCHET M. Phytosociologie. Collection d'écologie 1, Ed. Masson, Paris, 1973, 277 p.

HAWKES J.C., PYATT D.G., WHITE I.M.S. Using Ellenberg values to assess soil quality in British forests from ground vegetation: a pilot study. *Journal of Applied Ecology*, n° 34, 1997, pp. 375-387

HEILMANN B., MARKESCHIN F., REHFUSS K.E. Phytosociological investigations in a fast growing plantation of poplars and willows on former arable land. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, n° 114, 1995, pp. 16-29

HEINRICH J.-C., ALLANIC A. La croissance juvénile de l'épicéa de Sitka en Bretagne septentrionale. *Association-forêt-cellulose*, 1975, pp. 359-407

HERMY M. Effects of former land use on plant species diversity and pattern in European deciduous woodlands. *Biodiversity, Temperate Ecosystems, and Global Change*. NATO ASI Series I 20, Ed. Springer-Verlag, Berlin, 1994, pp. 123-144

HEUZE G. Les plantes céréales - seigle, méteil, orge, avoine, sarrasin, millet, panais et maïs. Tome II, Ed. Librairie agricole de la maison rustique, Paris, 1897, 375 p.

HÖGBERG P. Forest losing large quantities of nitrogen have elevated ¹⁵N : ¹⁴N ratios. *Öecologia*, n° 84, 1990, pp. 229-231

HOLLARD C. Les acensements : de leur création au XVIII^e siècle à la déprise agraire du XX^e siècle. Mémoire de D.E.A. de Géographie, Université Nancy II, 1996, 180 p.

HUFFEL G. *Economie Forestière*. Ed. Laveur, Paris, Tome 1, 1904, 422 p.

HUSSON J.P. Les forêts résineuses en Lorraine, de la fin du XVIII^e à nos jours. *Homme et terre du Nord*, vol II-III, 1986, pp. 236-239

HUSSON J.P. *Les hommes et la forêt en Lorraine*. Ed. Bonneton, Paris, 1991, 318 p.

HÜTTL R.F., SCHAAF W. Nutrient supply of forest soils in relation to management and site history. *Plant and Soil*, n° 168-169, 1995, pp. 31-41

ISELLI M., SCHWEINGRUBER F. Baumalter als Ausdruck der Bestandesdynamik in Brachlandflächen - (Tree age as an expression of stand dynamics on abandoned land). *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 7, n° 141, 1990, pp. 581-593

JANSSEN C.R., KALIS A.J., TAMBOER VAN DEN HEUVEL G., VALK E.J. Palynological and Paleocological investigations in the Vosges (France) - A research project. *Geologie en Mijnbouw*, Vol. 53 (6), 1974, pp. 406-414

JANSSEN C.R. Type regions F-h and F-i, the Vosges mountains. In : *Palaeoecological events during the last 150000 years - Regional syntheses of Paleocological Studies of Lakes and Mires in Europe*, Eds. B.E. Berglund, H.J.B. Birks, M. Ralska-Jasiewiczowa, H.E. Wright, 1987, pp. 575-599

JEHIN P. Les forêts du val d'Orbey et leur exploitation au XVIIIème siècle. Mémoire de maîtrise d'histoire, Université l'Université des Sciences Humaines de Strasbourg, 1990, 406 p.

JOHANSSON T., KARLSSON, K. Yield of 30-years-old Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), planted on farm land in southern and central Sweden, and recommendations for planting Norway spruce on farm land. Swedish University Agricultural research Sciences, Department of Forest Yield research, Rapport. N° 21, (rédigé en suédois avec un résumé en anglais), 1988, 37 p.

JUSSY J.H. Minéralisation de l'azote, nitrification et prélèvement racinaire dans différents écosystèmes forestiers sur sol acide. Effets de l'essence, du stade de développement du peuplement et de l'usage ancien des sols. Thèse de doctorat de l'Université de Nancy I, 1998, 161 p. + annexe.

KARLSSON A., ALBREKTSON A., SONESSON J. Site index and productivity of artificially regenerated *Betula pendula* et *Betula pubescens* stands on former farmland in southern and central Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, n° 12, 1997, pp. 256-263

KILIAS G. Untersuchungen über Wachstum und Wurzelbildung der Kiefer (*Pinus silvestris* L.) auf aufgeforstetem ehemaligem Ackerland. Inaugural-Dissertation der Forstwirtschaftlichen Fakultät Eberswalde der Humbolt-Universität zu Berlin. (Thèse disponible à la Bibliothèque de la Fachhochschule à Eberswalde (cote III 699), code postal D-16225), 1957, 180 p.

KOERNER W. L'histoire de l'utilisation du sol et le dépérissement de la forêt vosgienne à l'échelle locale ou parcellaire. Mémoire de maîtrise de Géographie, Université Paris 1, 1993, 129 p.

KOERNER W., TABEAUD. M. L'histoire de l'occupation du sol et le dépérissement des forêts vosgiennes. *Annales de Géographie*, n° 572, 1993, pp. 412-414

- KOERNER W. Histoire des parcelles forestières : d'un passé agricole à une fertilité actuelle du milieu. Mémoire du DEA de Géographie de l'Environnement Global, Université Paris I, 1994, 74 p. + annexe
- KOERNER W., DUPOUEY J.-L., DAMBRINE E., BENOIT M. Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges mountains, France. *Journal of Ecology*, n° 85, 1997, pp. 351-358
- KOERNER W., DUPOUEY J.-L., DAMBRINE E., BENOIT M. Evolution des espaces forestiers et les conséquences pour leurs fertilités. In : Des bois dont on fait les Vosges - Une histoire de la forêt vosgienne. Publié sous la direction de Y. Kinossian, Eds. Conseil Général des Vosges - Archives Départementales des Vosges, Epinal, 1998, pp. 174-183
- KUBINIOK J., MÜLLER V. Bodenentwicklung und Nährstoffhaushalt unterschiedlich alter Ackeraufforstungen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, n° 5, 1993, pp. 236 - 238
- KÜNSTLE E. Das Höhenwachstum von Fichte, Tanne und Kiefer in Mischbeständen des östlichen Schwarzwaldes. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, n° 133, 1962, pp 67-79 et 89-101
- LACHIVIER M. Dictionnaire du Monde Rural - les mots du passé. Ed. Fayard, 1996, 1766 p.
- LACOSTE A., SALANON R. Eléments de biogéographie. Ed. Nathan, Paris, 1969, 189 p.
- LAFITE C. L'agriculture dans les Vosges. Ed. Matot-Braine, Reims, 1904, 510 p.
- LAFOUGE C. La forêt d'hier à aujourd'hui. In : L'atlas des forêts de France. Publié sous la direction de J. Gadant, ed. Jean Pierre de Monza, Paris, 1991, pp. 112-117
- LANIER L. Précis de sylviculture. Ed. ENGREF, 1986, 468 p.
- LARRERE R., NOUGAREDE O. Des hommes et des forêts. Découvertes Gallimard, 1993, 128 p.
- LEGENDRE L., LEGENDRE P. Ecologie Numérique. Tome 1, 2ème Ed. Masson, Paris, 1984, 260 p.
- LEPART J., DERVIEUX A., DEBUSSCHE M. Un siècle de dynamique naturelle de la forêt à Saint-Bauzille-de-Putois, vallée de l'Hérault. *Forêt méditerranéenne*. XVII, n° 2, 1996, pp. 63-80
- LIEUTAGHI P. L'environnement végétal - Flore, végétation et civilisation. Eds. Delachaux, Niestlé, Neuchâtel, Suisse, 1972, 317 p.
- LOSSAINT P., RAPP M. Sur la minéralisation de l'azote organique d'un humus lent forestier à la suite d'un labour. In : Compte rendu des séances de l'académie des Sciences, communication à l'Académie des Sciences, séances du 5/12/1960 série III, n° 251, 1960, pp. 3034-3036

LOUIS L. Le Département des Vosges - Dictionnaire historique et statistique. Tome VI et Tome VII, Imprimerie Busy, Epinal, 1887-1889, 307 p.

MARION J. Les inconvénients du morcellement des terres boisées ou à boiser. Rapport de stage d'élève-ingénieur de l'école de l'ENGREF, 1961, 5 p.

MARIOTTI, A., LANDREAU A., SIMON B. ^{15}N isotope biogeochemistry and natural denitrification process in groundwater: Application to the chalk aquifer of northern France. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, n° 52, 1988, pp. 1869-1878

MARTIN B. Importance des reboisements en France. Rapport de stage d'élève-ingénieur de l'école de l'ENGREF, 1986, 19 p.

NEWMAN E. *Applied Ecology*. Blackwell scientific publications, Oxford, 1993, 328 p.

OZENDA P. *Biogéographie végétale*. Ed. Doin, Paris, 1964, 374 p.

OZENDA P. *Les végétaux dans la biosphère*. Ed. Doin, Paris, 1982, 431 p.

PAGE A., MILLER R., KEENEY D. (Eds.) *Methods of soil analysis*. Vol. 2, Madison, Wisconsin USA, 1982, 1159 p.

PAIN O., VALLACE M. Sylviculture de l'épicéa. ONF-Bulletin technique, n° 31, 1996, pp. 43-51

PARDE J., BOUCHON J. *Dendrométrie*. Ed. ENGREF, 2ème édition, 1988, 328 p.

PETERKEN G.F., GAME M. Historical factors affecting the number and distribution of vascular plant species in the woodlands of central Lincolnshire. *Journal of Ecology*, n° 72, 1984, pp. 155-182

RAMEAU J.C. Actualisation des concepts de climax et d'essaim climacique - Comparaison des essaims climaciques de quelques régions naturelles du nord-est de la France. In : *La forêt*, Actes du 113e congrès national des sociétés savantes, textes réunis et présentés par A. Corvol. Ed. Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris, 1991, pp. 135-151

RANGER J., CUIRIN G., BOUCHON J., COLIN M., GELHAYE D., MOHAMED AHAMED D. Biomasse et minéralomasse d'une plantation d'épicéa commune (*Picea abies* Karst) de forte production dans les Vosges (France). *Annales des Sciences Forestières*, n° 49, 1992, pp. 651-668

REHFUESS K.E. Ernährungszustand und Kernfäulebefall älterer Fichtenbestände auf der schwäbischen Alb. *Mitteilungen des Vereins für Forstwirtschaftliche Standortskunde Forstpflanzliche Züchtung*, vol. 19, 1969, pp. 6-19.

RENARD A. Amendement et engrais. *Encyclopédie agricole et horticole*, Publiée sous la direction de M.C. Lechalas, Ed. Armand Colin, Paris, 1891, 424 p.

REUSS J.O., JONHSON D.W. Acid Deposition and the Acidification of Soils and Water. *Ecological Studies*, n° 59, 1986, 120 p.

RIGA A., VAN PRAAG, H.J., BRIGODE, N. Rapport isotopique naturel de l'azote dans quelques sols forestiers et agricoles de Belgique soumis à divers traitements culturaux. *Geoderma* n° 6, 1971, pp. 213-222

ROISIN P., THILL A. Aperçu de la végétation forestière de quelques bois de la région sablo-limoneuse. *Bulletin de la Société Royale Forestière de Belgique*, n° 59, 1952, pp. 513-537.

ROLLAND A. Fracturation et géomorphologie dans le socle vosgien - Essai de comparaison avec la Forêt Noire. Ed. Mosella, 1975, 256 p. + photos, cartes et documents

ROUGIER-LABERGERIE (?) Mémoire et Observation sur les abus des Défrichements et la Destruction des Bois et Forêts - avec un projet d'organisation forestière. Imprimerie de Laurent Fournier, Auxerre, 1801 (an IX), 76 p.

ROUSSEAU S., LOISSEAU P. Structure et cycle de développement des peuplements à *Cytisus scoparius* L. dans la chaîne des Puys. *Acta Oecologica/ Oecologia Applicata*, Ed. Gauthier-Villars, vol. 3, n°2, 1982, pp. 155-168

SCHOENDORFF J. L'histoire de Gemaingoutte. Monographie de la commune de Gemaingoutte, déposée à la Mairie, 1902, pp. 1-35

SEGUY J. Les Assemblées Anabaptistes-Ménonites de France. Ed. Mouton & Co, Paris, 1977, pp. 488-537

SERRET G. Les systèmes glaciaires du bassin de la Moselle et leurs enseignements. *Revue de Géographie*. Fasc. 2 et 3, 1967, 577 p.

SOLTNER D. Les Bases de la production végétale. Tome 1, Collection sciences et techniques agricoles, Imprimerie l'Anjou, Angers, 1971, 447 p.

TAMM C.O. Nitrogen in terrestrial ecosystems - Questions of productivity, vegetational changes and ecosystem stability. *Ecological Studies*, n° 81, 1991, pp. 1-115

TEISSIER J.H., BRUN A., CHARREYE L., DEFFONTAINES J.P., FIORELLI J.L., HOUARD Y., PETIT M., ROUX M., SOLER L.G. Espaces fourragers et aménagement - Le cas des Hautes Vosges. Publié sous la direction de J. H Teissier, Ed. INRA, Paris, 1986, p. 228

THIRIAT X. La vallée de Cleurie - statistique, topographie, histoire, mœurs et idiomes. Imprimerie Flash-88, (1866, réédition 1974), Epinal, p. 458

THIRIAT X. L'agriculture dans la partie montagneuse du département des Vosges. Compte rendu pour la société d'émulation des Vosges, Manuscrit, 1868, 73 p.

TUTIN T.G., HEYWOOD V.H., BURGESS N.A., MOORE D.M., VALENTINE D.H., WALTERS S.M., WEBB D.A. *Flora Europaea*. Cambridge University Press, 1966-1980, 5 vol.

VALADAS B. Les hautes terres du Massif Central Français - contribution à l'étude des morphodynamiques récentes sur les versants cristallins et volcaniques. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Paris 1, 1983, publication 1984, 927 p.

VALADAS B. Morphodynamiques récentes dans le Massif Central français : étude comparée des massifs granitiques du Limousin, de Margeride et du Mont Lozère. Zeitschrift für Geomorphologie, Volume supplémentaire, Berlin, 1987, pp. 85-99

VALADAS B. Paysage, milieu physique et anthropisme. Bulletin de l'Association Géographique Française, 1991, pp. 45-56

VALADAS B., VEYRET Y. Rythmes et bilans de l'érosion dans les domaines tempérés. In : L'érosion entre nature et société, coord. de la publication : Y. Veyret, dossier DIEM, Ed. Sedes, Paris, 1998, pp. 199-219

ZEITVOGEL W., FEGER K.H. Pollenanalytische und nutzungsgeschichtliche Untersuchung zur Rekonstruktion des historischen Verlaufs des Boden- und Gewässerversauerung im Nordschwarzwald. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, n° 6-7, 1990, pp. 136-144

ZIEGLER D., HEDUIT M. Engrais de ferme - valeur fertilisante, gestion et environnement, brochure technique, Eds. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Institut Technique du Porc, 1991, 35 p.

8 Annexes

8.1 RESUME DE LA THESE

IMPACTS DES ANCIENNES UTILISATIONS AGRICOLES SUR LA FERTILITE DU MILIEU FORESTIER ACTUEL

Le contexte de l'étude

Les forêts font partie de l'image actuelle du Massif Vosgien. Elles apparaissent en grande partie naturelles mais on y trouve des murs et des ruines d'anciennes fermes. Elles portent donc l'empreinte incontestable d'un passé agricole. Curieusement, l'analyse des conséquences dues à ces anciennes utilisations agricoles dans l'écologie de la forêt actuelle a été pour le moment relativement délaissée.

L'hypothèse de cette thèse était qu'une part importante de la fertilité des sols, de la biodiversité végétale et de la croissance forestière est liée au passé agricole de la forêt (KOERNER et al. 1997). L'objectif de cette étude était donc de décrire les impacts des anciennes utilisations agricoles sur le milieu forestier actuel. Nous avons réalisé ce travail en deux étapes : nous avons d'abord définis d'anciennes utilisations agricoles, nous avons repéré leur présence en forêt actuelle et nous les avons ensuite mises en rapport avec les résultats des analyses des sols actuels, de la végétation et de la croissance forestière.

Pour tester notre hypothèse de travail, nous nous sommes intéressés à l'histoire du paysage vosgien en général puis plus précisément à un ensemble d'anciennes terres agricoles, actuellement boisées et situées à proximité immédiate des forêts anciennes. Il s'agit d'une part d'anciennes fermes, de petites exploitations (quelques hectares) de polyculture-élevage fonctionnant en quasi autarcie avec des champs, des prés, des jardins et des pâtures, de sorte que nous avons pu indépendamment analyser l'effet de chacun de ces anciens modes d'utilisation du sol. D'autre part, il s'agit de terrains essartés et de pâturages communaux sur des versants qui appartenaient à la commune. Les fermes et les versants ont été abandonnés et boisés entre 1880 et 1955.

Les anciennes utilisations agricoles et les reboisements

Nous avons utilisé les anciens cadastres établis à partir de Napoléon I^{er}, entre 1814 et 1840, pour retrouver le passé cultural des placettes étudiées. Cinq types d'anciennes utilisations

agricoles ont été retenues : les jardins, les champs, les prés irrigués, les pâtures et les forêts anciennes. Ces dernières servent de référence de l'état initial de la forêt.

Les résultats d'une étude des anciennes utilisations agricoles et leur organisation suggèrent qu'un transfert de fertilité a été effectué. Il s'agit d'un prélèvement de la biomasse (les récoltes, pâtures) et de sa redistribution notamment à travers les déjections animales. Les sols anciens champs, prés et jardins ont du être enrichis par rapport à ceux des anciennes pâtures et des forêts anciennes. Les anciens jardins ont bénéficié de transferts plus importants que les champs et les prés puisqu'on y mettait les déchets ménagers de la ferme.

La structure de la forêt actuelle du Massif Vosgien résulte de l'action humaine qui a créé puis effacé en grande partie un paysage agricole. A partir du XIX^{ème} siècle, le boisement des anciennes terres agricoles, effectués surtout en épicéas, ont débuté. Les raisons du boisement ont été multiples. L'industrie a commencé à s'opposer au monde agricole. Elle a amélioré le niveau de vie et favorisé l'exode rural, diminuant ainsi la pression sur les terres agricoles. Elle a alors permis de libérer une importante main d'œuvre accélérant encore l'industrialisation. Ce phénomène a entraîné une première phase de boisement des terres communales les plus pauvres, loin des villages. Par la suite, au début du XX^{ème} siècle, une deuxième phase de boisement a concerné essentiellement des parcelles privées, le phénomène s'accroissant après la première guerre mondiale. Les terres alors boisées étaient généralement meilleures que celles boisées auparavant.

Les sites choisis

Pour l'étude des sols, de la végétation et de la croissance forestière, un échantillonnage a été effectué sur 21 sites (117 placettes au total) se trouvant dans neuf communes du Massif Vosgien (Gemaingoutte, La-Croix-aux-Mines, Ribeauvillé, Gerbépal, Fraize, Vagney, Le Tholy, Sapois et Syndicat). L'ensemble des sites se trouve dans une gamme de conditions peu étendue du point de vue de la fertilité (sols acides) et de l'altitude (moyenne montagne). Ils représentent néanmoins assez bien la variabilité du milieu à l'intérieur du Massif Vosgien. L'interprétation des résultats de nos analyses a nécessité des corrections pour chaque site afin de compenser les différences pédologiques préexistantes entre les sites. Deux "groupes de fertilité" ont été définis, suite à des observations de terrains. Le groupe "pauvre" regroupe les sites qui comprennent principalement des sols bruns acides alors que le groupe "riche" est dominé par des sols ocreux. Un deuxième groupement s'est avéré nécessaire pour tenir compte des différences topographiques et socio-historiques des sites. Six groupes ont été effectués :

- les sites du plateau du Haut-du-Tôt,
- les sites des versants "Vers" de Vagney, du Syndicat et de Rochesson,
- les fermes de la crête des Vosges,
- les fermes anabaptistes des fonds de vallon,
- les sites des versants "Droits" de Vagney, de Sapois et de Gerbépal
- l'exception du versant "Vers" de Gemaingoutte

Ainsi, les résultats des analyses ont été exprimés sur l'ensemble des sites, par "groupe de fertilité" ou par "groupe de sites".

Les anciennes utilisations agricoles et les conséquences sur les sols

Pour comparer la fertilité des sols actuels, nous avons effectué des analyses classiques des sols de nos placettes. Elles ont porté sur l'aspect des sols, leur texture et certains de leurs paramètres chimiques. Nous avons ainsi mesuré la teneur en carbone total et en azote total des sols, le pH, les teneurs en cations échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} et K^+), en aluminium et en phosphore assimilable. Nous avons également testé le rapport isotopique $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ de l'azote

des sols forestiers actuels et d'une fougère (*Dryopteris carthusiana*) comme marqueur des anciennes utilisations agricoles.

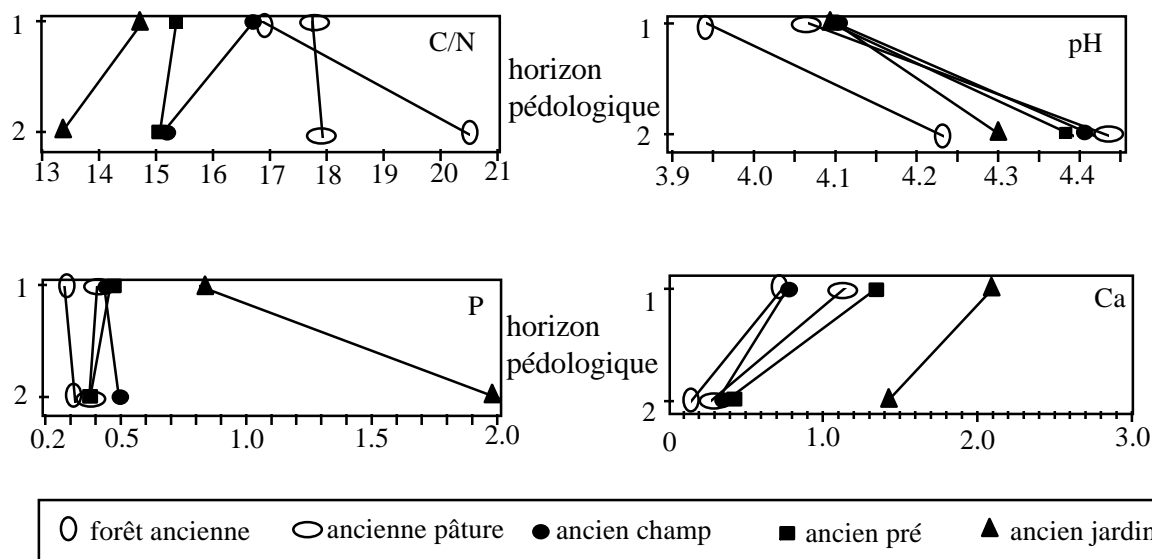
Nous avons constaté que les anciennes pratiques agricoles ont modifié la **fertilité du sol**. En général, le gradient de fertilité du plus pauvre au plus riche est : forêts-pâtures-champs-prés-jardins. Cette différence se reflète dans l'aspect des sols (profils perturbés et plus foncés des anciens jardins par exemple, profils artificiels et très pierreux en profondeur), mais pas dans leur texture, très variable d'un site à l'autre.

Cette influence des anciennes utilisations agricoles est particulièrement sensible pour certains paramètres, le C/N, le pH et la teneur en phosphore (Fig. 1). Elle est moins visible en ce qui concerne l'analyse des cations échangeables. Les $\delta^{15}\text{N}$ des deux compartiments étudiés sont très corrélés et sont de bons marqueurs des anciennes utilisations agricoles. Ainsi le sol est un aussi bon marqueur que la fougère.

L'analyse par groupe de fertilité confirme les résultats précédents. Les résultats sont comparables avec ceux obtenus sur l'ensemble des sites, mais les différences entre anciennes utilisations agricoles sont plus marquées dans les sites "riches".

L'analyse par groupe de sites confirme également les résultats, mais fournit elles aussi des informations supplémentaires. Les différences de fertilité entre anciennes utilisations agricoles sont ainsi les plus nettes dans les fermes anabaptistes, suivies des "Vers", alors qu'elles sont peu accentuées dans les sites du Haut-du-Tôt. Les pratiques agricoles intensives des anabaptistes ont donc contribué à différencier les parcelles en fonction du degré d'enrichissement. A l'inverse, les sites du Haut-du-Tôt, pauvres, ont été exploités plus extensivement et abandonnés assez tôt par rapport à l'ensemble des sites.

Figure 1 Quelques paramètres des deux premiers horizons du sol minéral



Les anciennes utilisations agricoles et les conséquences sur la végétation

La végétation est indicatrice des conditions environnementales et peut donc servir à identifier les conséquences des anciennes pratiques sur le milieu actuel.

Nous avons donc effectué des relevés floristiques dans les anciennes parcelles agricoles; c'est-à-dire un échantillonnage théoriquement exhaustif de la végétation de ces parcelles. Toutes les espèces présentes dans chaque strate ont été recensées, ainsi que leur abondance-dominance (estimation du nombre d'individus et de la surface couverte). Nous avons ainsi étudié la structure des peuplements et la diversité spécifique. Des espèces caractéristiques des anciennes utilisations ont été recherchées. Nous avons également utilisé les coefficients d'Ellenberg qui expriment le comportement de chaque espèce vis-à-vis d'un facteur écologique, par exemple l'acidité du sol ou la nutrition azotée (ELLENBERG, 1986, ELLENBERG et al. 1992). Enfin, une étude de la croissance en hauteur des peuplements en fonction des anciennes utilisations agricoles a complété cette étude phytoécologique. Elle a été déterminée à partir de l'estimation de la hauteur dominante des peuplements ramenée à l'âge de 90 ans, calculée à partir des tables de Decourt pour l'épicéa dans le nord-est (PAIN et WALLACE, 1996).

Les activités humaines ont nettement modifié **la flore**. Des différences de **structure** apparaissent entre anciennes utilisations agricoles. Les forêts anciennes se caractérisent par un faible recouvrement arborescent, accompagné d'une strate arbustive relativement dense et d'une strate herbacée peu recouvrante. Les anciennes pâtures ont, à l'opposé, un fort recouvrement arborescent et peu d'arbustes. Leur strate muscinale est peu abondante et leur strate herbacée est la plus clairsemée. Anciens prés et anciens champs se ressemblent, avec des valeurs intermédiaires de recouvrement dans toutes les strates. Les anciens prés ont toutefois une strate muscinale très développée. La structure verticale des forêts anciennes est donc plus équilibrée que celle des plantations.

Le **nombre total d'espèces** dépend également du type d'ancienne utilisation. En effet, dans les forêts anciennes, le nombre moyen d'espèces est le plus faible, peu différent de celui des anciennes pâtures. En revanche, si on regarde le nombre d'espèces par strate, on constate que les anciennes forêts ont le plus d'espèces dans la strate arborescente et dans la strate arbustive, mais le moins d'espèces dans la strate herbacée. Les anciens prés sont les plus riches, grâce à la strate herbacée et, plus encore, à la strate muscinale. Les sites du groupe "pauvre" présentent moins d'espèces que les sites du groupe "riche".

La détermination par la flore des endroits fertilisés ou appauvris peut seulement se faire sur des zones restreintes. En effet, nous avons trouvé des espèces des anciens jardins et des anciens prés du groupe "pauvre" comme ubiquistes dans le groupe riche. Le partage en deux groupes de fertilité montre ainsi que seules deux espèces peuvent être identifiées comme "infaillibles" pour déterminer une ancienne utilisation agricole. Nous nous sommes également intéressés aux "vestiges", c'est-à-dire aux espèces qui ont été plantées avant le boisement ou qui sont en lien direct avec une utilisation agricole du sol comme *Prunella vulgaris*, *Ribes rubrum* et *Ribes nigrum* dans les anciens jardins. Au Muesbach des tiges de *Ribes nigrum* poussent encore en ligne et le grand plant de *Ribes rubrum* à côté de la ruine au Solem a donné pendant les trois saisons de terrain beaucoup de fruits. De même *Cytisus scoparius*, caractéristique des friches pâturées (ROUSSEAU et LOISSEAU, 1982), et décrite par THIRIAT (1866) dans le secteur de Vagney comme très commune dans les lieux incultes est maintenant une espèce également forestière.

Les coefficients d'Ellenberg sont tous sensibles au type d'ancienne utilisation agricole. La différence entre utilisations est cependant plus marquée pour les coefficients pour l'azote et l'acidité. Ils sont fortement corrélés. Les jardins, puis les anciens prés et les anciens champs sont les plus riches en espèces nitrophiles et neutrophiles. Les plus pauvres sont les forêts anciennes. L'analyse par groupe de sites fournit des résultats identiques, l'amplitude la plus

importante des valeurs, ayant été observée dans les fermes anabaptistes. L'amplitude est une nouvelle fois la moins marquée sur le Haut-du-Tôt. Les coefficients d'Ellenberg, qui traduisent la sensibilité de la végétation aux conditions environnementales, notamment la fertilité du sol, confirment donc l'ensemble des résultats des analyses pédologiques.

Le traitement statistique fait apparaître une différence très nette entre les forêts anciennes et les anciennes zones agricoles concernant **l'indice de croissance** à 90 ans. Les anciennes pratiques agricoles quelles qu'elles soient ont amélioré les capacités de production forestière, par rapport aux parcelles qui ont toujours connu une utilisation forestière. Le gradient de la croissance est du plus faible au plus fort : forêts-pâtures-champs-prés-jardins. Le gain en hauteur occasionné par les anciennes pratiques est au minimum de 5 m par rapport aux forêts anciennes et peut aller à plus de 8 m pour les anciens jardins. Ce gain permet d'obtenir des arbres exceptionnels. Ainsi de nombreuses placettes étudiées présentent un indice de croissance nettement supérieur à la classe 1 de Decourt. Toutefois, le **pourcentage de pourriture** au cœur des tiges échantillonnées sur d'anciennes terres agricoles est de 19% contre 12% sur les forêts anciennes. Nous expliquons cette différence de sensibilité au pourrissement par un excès d'azote dans le sol. Ce déséquilibre aurait son origine dans les anciennes utilisations agricoles.

La végétation des forêts actuelles du Massif Vosgien est ainsi dépendante des anciennes utilisations agricoles. Le nombre d'espèces et les coefficients d'Ellenberg indiquent un enrichissement relatif dû à certaines utilisations : anciens jardins, prés et champs. Les anciennes pâtures et les forêts anciennes sont plus pauvres. L'approche par groupe de sites montre l'importance du type de système de culture sur la fertilité actuelle des anciennes terres agricoles boisées. Les anciennes utilisations agricoles diversifient la forêt actuelle puisqu'un certain nombre d'espèces ont persisté après l'abandon ou sont apparues suite à l'enrichissement. Nous avons cité l'exemple de deux espèces du genre *Ribes* qui poussent encore dans les anciens jardins.

Cependant, l'impact du milieu naturel reste déterminant pour la fertilité d'origine du milieu, toujours déterminante pour la structure du peuplement, le nombre des espèces et la diversité (GEGOUT, 1995).

Toutefois, si les anciennes utilisations agricoles enrichissantes (champs, prés, jardins) ont augmenté la fertilité et la croissance des arbres, il est prématuré de conclure que cet effet a été systématiquement bénéfique : d'une part, la diversité spécifique augmente, mais les "nouvelles" espèces forestières sont souvent des espèces rudérales, très communes, qui poussent au détriment d'une flore forestière ancienne moins nitrophile. D'autre part, alors que les arbres poussent apparemment plus vite en hauteur et en diamètre, leur sensibilité à la pourriture a visiblement augmenté. Le bois finalement obtenu est donc de moins bonne qualité.

Les impacts des anciennes pratiques agricoles sur le milieu forestier

Notre étude montre que l'état actuel des écosystèmes forestiers diffère non seulement entre anciennes et nouvelles forêts mais aussi en fonction des anciennes utilisations agricoles. Les sols montrent un gradient de fertilité croissant des anciennes pâtures, aux anciens champs et prés et aux anciens jardins. Les forêts anciennes sont semblables aux anciennes pâtures. Le $\delta^{15}\text{N}$ s'avère être un excellent marqueur de l'utilisation passée des sols forestiers et ce tant au niveau du sol qu'au niveau de la végétation (*Dryopteris*).

Cette différence de fertilité des sols en fonction des utilisations se retrouve aussi au niveau de la végétation. La structure verticale des forêts anciennes est plus équilibrée que celle des plantations : elle comprend plus d'arbustes et une répartition homogène du recouvrement entre les différentes strates. Le nombre élevé d'espèces dans les anciens champs, prés et jardins comparé aux anciennes pâtures et aux forêts anciennes est à relier à une plus grande disponibilité en azote et à un pH plus élevé, comme le montre les analyses de sol et les coefficients d'Ellenberg. Toutefois les espèces observées sont des espèces ubiquistes à faible intérêt écologique. Rappelons qu'il est difficile de trouver des espèces réellement indicatrices des anciennes utilisations. Les différences de richesse se reflètent également dans la croissance des arbres. Celle-ci augmente mais la qualité du bois baisse suite à une sensibilité accrue aux pourritures.

Ces différences de fertilité et donc de végétation entre anciennes utilisations agricoles peuvent être expliquées par un transfert de fertilité ayant eu lieu dans les systèmes agricoles. Les différences entre les utilisations agricoles peuvent être aussi attribuées à un labour qui a causé une augmentation de l'activité minéralisatrice (LOSSAINT et RAPP, 1960). On doit donc en déduire que les anciennes utilisations agricoles des sols ont conditionné la fertilité actuelle des sols, ou que chaque utilisation a été mise en place en fonction d'une fertilité préexistante, les deux phénomènes pouvant s'additionner. Cependant, les pratiques intenses, telles que celles des anabaptistes semblent avoir engendré des différences de fertilité des sols entre anciennes utilisations agricoles plus grandes que celles existant dans d'autres sites. Il est probable que les différences antérieures à l'installation humaine ne peuvent à elles seules expliquer certaines des variations observées.

En conclusion, les résultats présentés ci-dessus montrent l'importance des anciennes utilisations agricoles sur la végétation, la distribution spatiale de la fertilité des sols et la productivité forestière. Les différences sont clairement visibles plusieurs décennies après la plantation. Le choix raisonné des essences et des traitements sylvicoles pourrait aussi utilement profiter de la connaissance de l'histoire des parcelles.

LES TESTS STATISTIQUES

Nous avons effectué des calculs sur un certain nombre de paramètres géographiques, pédologiques et phytoécologiques, en fonction des utilisations anciennes. Nous avons obtenu une valeur moyenne de chaque paramètre pour chaque utilisation. Afin de pouvoir comparer ces moyennes pour en déduire des différences entre utilisations, nous nous sommes servis de méthodes de calcul statistiques, capables de déterminer si les variations mesurées entre pratiques étaient significatives ou non. Nous nous sommes référés à un manuel classique et facile d'accès (SCHWARTZ, 1969).

Les tests qui ont été choisis sont fréquemment utilisés en phytoécologie, en biologie et en médecine et servent à confirmer des hypothèses émises préalablement. Les tests consistent dans notre cas à prouver que les variations des données observées sur le terrain ne sont pas dues à des fluctuations dans l'échantillonnage mais à celles des paramètres étudiés, et notamment ici à l'impact des anciennes utilisations. Dans cette étude, nous avons utilisé trois types de test : l'analyse de variance (associée au test de Bonferroni), la corrélation et le test de χ^2 .

L'analyse de variance teste une variable qualitative (utilisation ancienne) par rapport une variable quantitative (la pente, exprimée en degrés, par exemple). Ce test permet de répondre à la question suivante : Est-ce que la variable quantitative (la pente moyenne dans notre exemple) d'une ancienne utilisation agricole est statistiquement différente de celle d'une autre utilisation ? Ce test est basé sur les mesures de variances des paramètres quantitatifs, c'est-à-dire sur leur variabilité autour de la moyenne. Il consiste à calculer une valeur 'F' à partir des valeurs (donc des variances) individuelles pour chaque utilisation. 'F' renseigne sur la variation des données autour de la moyenne et compare ces variations entre les différentes utilisations. **En d'autres termes, 'F' permet de savoir si les données se ressemblent davantage pour une même utilisation que d'une utilisation à l'autre.** Des tableaux, présentés dans le manuel de statistiques, fournissent des valeurs limites de 'F' (en fonction du nombre de degrés de liberté, c'est-à-dire d'individus, voir plus bas) au-delà desquelles les différences entre utilisations ne peuvent plus être imputées au hasard, donc sont significatives. Ces tables sont valables en acceptant un risque d'erreur, spécifié par la table. Ce risque peut être de 0.5% et est alors indiqué par '****' après la valeur 'F' dans nos tableaux de résultats, ce que l'on peut traduire par "différence très significative". Lorsque le risque est de 1%, il est indiqué par '**' (test significatif) ; lorsqu'il est de 5%, par '*' (test assez significatif) et lorsqu'il est de 10%, il est indiqué par '(*)' (test faiblement significatif).

Quand l'observation n'est pas significative, la valeur 'F' dans nos tableaux n'est pas indiquée et est remplacée par les lettres "ns" (test non significatif).

L'analyse de variance effectuée, nous avons employé le test de Bonferroni. Dans notre exemple, ce test répond à la question : Est-ce que les pentes de différentes utilisations se ressemblent ? Ainsi, on peut regrouper les différentes utilisations dont les comportements se ressemblent. Dans nos tableaux, les moyennes des paramètres sont suivies d'une lettre (a, b ou c), différente lorsque les utilisations ne se ressemblent pas du point de vue du paramètre considéré. Par exemple, la moyenne de la pente des forêts anciennes, suivie de la lettre 'a' (Tabl. 5-6) ne ressemble pas à celle des anciens prés (suivie de la lettre 'b'). La moyenne de la pente des anciens champs, qui ressemble à la fois à celle des forêts anciennes et des anciens prés, est donc suivie des deux lettres ('ab').

L'analyse de variance repose également sur le calcul des degrés de liberté, indiqués par les colonnes **DF** (Degrés of Freedom) dans nos tableaux. Ils donnent une indication sur la validité des tests. Ils se présentent sous la forme de deux nombres, séparés par une virgule. Le premier

chiffre correspond au nombre de catégories d'individus (c'est-à-dire d'utilisations) étudiées moins 1 (dans notre cas), c'est-à-dire au nombre de répartitions d'individus (dans différentes catégories) qu'il faut connaître pour savoir la répartition des individus dans toutes les catégories. Dans l'exemple du Tabl. 3-6, ce premier nombre est toujours 2, les jardins et les pâtures ayant été exclus des tests en raison de leur faible nombre (voir plus bas). Seules 3 types d'utilisation ont donc été intégrées au test. Plus le nombre de catégories est faible, plus le résultat du test est sûr. Le deuxième nombre après la virgule est relatif au nombre d'échantillons (c'est-à-dire de placettes) qui ont servi au calcul et au nombre de facteurs qu'on teste. Ainsi, le degré de liberté renseigne indirectement sur le nombre total d'échantillons étudiés. Plus le nombre d'échantillons est élevé, plus le résultat obtenu est fiable.

Un dernier "sous-test" est nécessaire à l'utilisation de l'analyse de variance. Il nous a fallu en effet vérifier la distribution normale (Gaussienne) des données testées, c'est-à-dire que leur distribution suivait une courbe en cloche autour de la moyenne. Cette distribution normale est une distribution théorique, mais l'on peut s'en rapprocher lorsque le nombre d'échantillons (placettes) est élevé. Nous avons testé la normalité apparente avec des histogrammes de répartition des données, qui montrent si la moyenne est calculée avec beaucoup de valeurs très élevées et très faibles (normalité non respectée). Au cas où les données étudiées ne suivaient pas une loi normale, une fonction logarithmique (log) leur a été appliquée pour tenter d'acquiescer une distribution normale. Lorsque cette démarche échouait, les tests n'étaient pas effectués.

Pour comparer les données géographiques (distance à la ruine ou au ruisseau, pente) entre des sites étendus (La Cude, par exemple) et des sites peu étendus (Malracine) ou entre des sites à forte pente (Solem) et à faible pente (Feigne des Brûleux par exemple), une modification des données a été nécessaire. Nous avons alors employé des **valeurs relatives** plutôt que des valeurs absolues (valeurs réelles). Ce sont des valeurs qui ont été calculées dans chaque site par rapport à la moyenne de toutes les données du site ; **il s'agit donc de taux**. Par exemple, la valeur relative de la distance d'une placette à la ruine a été calculée en divisant la distance réelle de toutes les parcelles du site par la distance moyenne (obtenue en divisant la somme des distances par le nombre de placettes du site). Pour les paramètres pédologiques et phytoécologiques, afin de pouvoir comparer des sites dont la fertilité était parfois très différente, nous avons également utilisé des valeurs relatives, non plus basées sur le taux par rapport à la moyenne, mais, dans chaque site, sur le taux par rapport à la valeur moyenne des champs et des prés du site.

Le coefficient de corrélation (r) est un indice montrant le degré de liaison entre deux variables quantitatives, par exemple l'"intensité" de la relation entre la pente et la distance à la ruine sur les différentes placettes. On peut donc répondre à la question suivante : est-ce que les pentes sont plus faibles ou plus fortes lorsqu'elles sont à proximité (ou non) des ruines ? Le calcul du coefficient est basé sur la mesure des valeurs des deux variables et les écarts à leur moyenne respective. Le coefficient varie de 0 (pas de corrélation) à 1 (aucune indépendance des variables). Il est possible de tracer une droite (voire une courbe) dans un système de coordonnées (portant par exemple la distance en abscisse et la pente en ordonnée, Fig. 3-10). Elle correspond à la répartition théorique des données d'une variable par rapport à l'autre, en fonction de l'échantillonnage.

Le test du χ^2 compare la répartition des individus dans différentes catégories, c'est-à-dire en fonction de différents paramètres qualitatifs. Nous l'avons par exemple utilisé pour comparer le nombre d'arbres atteints de pourriture (individus) en fonction de l'utilisation ancienne (paramètre qualitatif), afin de tester si la fréquence d'arbres atteints était aléatoire ou liée au passé. Le test du χ^2 est basé sur le calcul des degrés de liberté (voir plus haut), de la somme

des échantillons pour chaque paramètre qualitatif étudié, et du nombre de paramètres étudiés. Il aboutit au calcul final d'une valeur χ^2 , qui est comparée à un χ^2 théorique, fourni par un tableau du manuel de statistiques en fonction du degré de liberté, et donnant, au risque d'erreur près (généralement 5%), la réponse à la question de l'indépendance de la répartition des individus dans les différentes catégories.

La validité des tests décrits plus-hauts repose sur un nombre minimum d'échantillons nécessaires. D'une manière générale, plus le nombre est élevé, plus le résultat est significatif. De même, un nombre d'échantillons trop restreint empêche la validité d'un test. C'est pourquoi, lors des analyses de variance portant sur les paramètres géographiques (distance à la ruine, au ruisseau ou à la source, pente, exposition), les anciens jardins et les anciennes pâtures ont été exclus des tests : s'ils avaient été intégrés dans les tests, seules huit comparaisons (anciennes pâtures) ou six comparaisons (anciens jardins) auraient pu être effectuées pour déceler un effet de l'utilisation ancienne sur la distance à la ruine par exemple. Les tests n'auraient alors rien signifié.

Un second problème réside dans l'interprétation que l'on peut faire des résultats. Ainsi, certains tests montrent qu'une observation n'est pas significative, ce qui ne correspond pas avec l'impression acquise sur le terrain. Cependant, les observations de terrain ne sont pas forcément fausses. Les observations statistiques peuvent résulter d'un nombre d'échantillons trop faible, notamment s'il s'agit d'interpréter les résultats par "groupe de fertilité" ou par "groupe de sites". Ainsi, l'exposition aurait pu s'avérer un paramètre variable en fonction des différentes utilisations anciennes si le nombre d'échantillons avait été plus important. Les résultats des tests statistiques ne sont donc valables que dans la limite des échantillons testés et ne doivent pas être pris comme des vérités absolues.

8.2 FICHES DE TERRAIN

Géomorphologique

Pédologie

Végétation

Croissance

9 Atlas des sites

La description des sites exposée ci-dessous se base sur des observations de terrain et une analyse des documents historiques notamment les cadastres. Au total, 21 sites ont été choisis²⁷ dans neuf communes, suivant des critères topographiques, géomorphologiques, écologiques (sol et flore) et historiques. Les sites peuvent être répartis en 6 groupes :

- ceux du plateau du Haut-du-Tôt,
- ceux des versants "Vers" de Vagney, du Syndicat et de Rochesson,
- ceux des fermes anabaptistes des fonds de vallon à Gemaingoutte et à Ribeauvillé,
- ceux des fermes de la crête des Vosges,
- ceux des versants "Droit" de Vagney, de Sapois et de Gerbepal
- l'exception du versant "Vers" de Gemaingoutte.

Les points d'échantillonnage, indiqués sur les plans et les cartes qui suivent, correspondent aux placettes où ont été effectués les relevés floristiques. Les prélèvements de sol ont été réalisés sur plus de la moitié de ces placettes.

²⁷ Le Bas de Cellet, La Feigne des Gandes (Commune du Tholy),

Le Beulay, La Cude (Commune de Gemaingoutte),

Le Droit de Sapois, Le Senêt (Commune de Sapois),

Le Haut de la Sappe (Commune de Gerbepal),

Le Jossonfaing, Le Pieta (Commune de Rochesson),

La Capitaine (Commune de Fraize),

Le Muesbach (Commune de Ribeauvillé),

Le Pré de Raves (La Croix aux Mines),

Les Celles, Le Demixiard, La Feigne des Brûleux, La Grange des Celles, La Haniroche, Le Solem, La Malracine, Les

Pennecières, La Pissoire (Commune de Vagney).

9.1 LES SITES DU PLATEAU DU HAUT-DU-TOT

9.1.1 La Feigne des Brûleux

9.1.1.1 *Le milieu physique*

La Feigne des Brûleux correspond à une ancienne niche de nivation entaillée dans le granite de Remiremont. Elle se trouve à une altitude de 820 m et est exposée à l'ouest (Fig. 3-5, chap. 3). La pente varie entre 3 et 8°. Cette niche se trouve en amont de la petite vallée glaciaire de la Froide Fontaine. En limite de la niche, au nord des points d'échantillonnage 3 et 4, se trouve une rupture de pente due à un affleurement rocheux. Les blocs d'éboulis du point de prélèvement 6 viennent de la roche qui domine le site à l'ouest. Bien qu'une petite partie du site soit couverte d'éboulis, la majeure partie se trouve sur des matériaux morainiques. Des blocs arrondis sont encore dispersés autour du site.

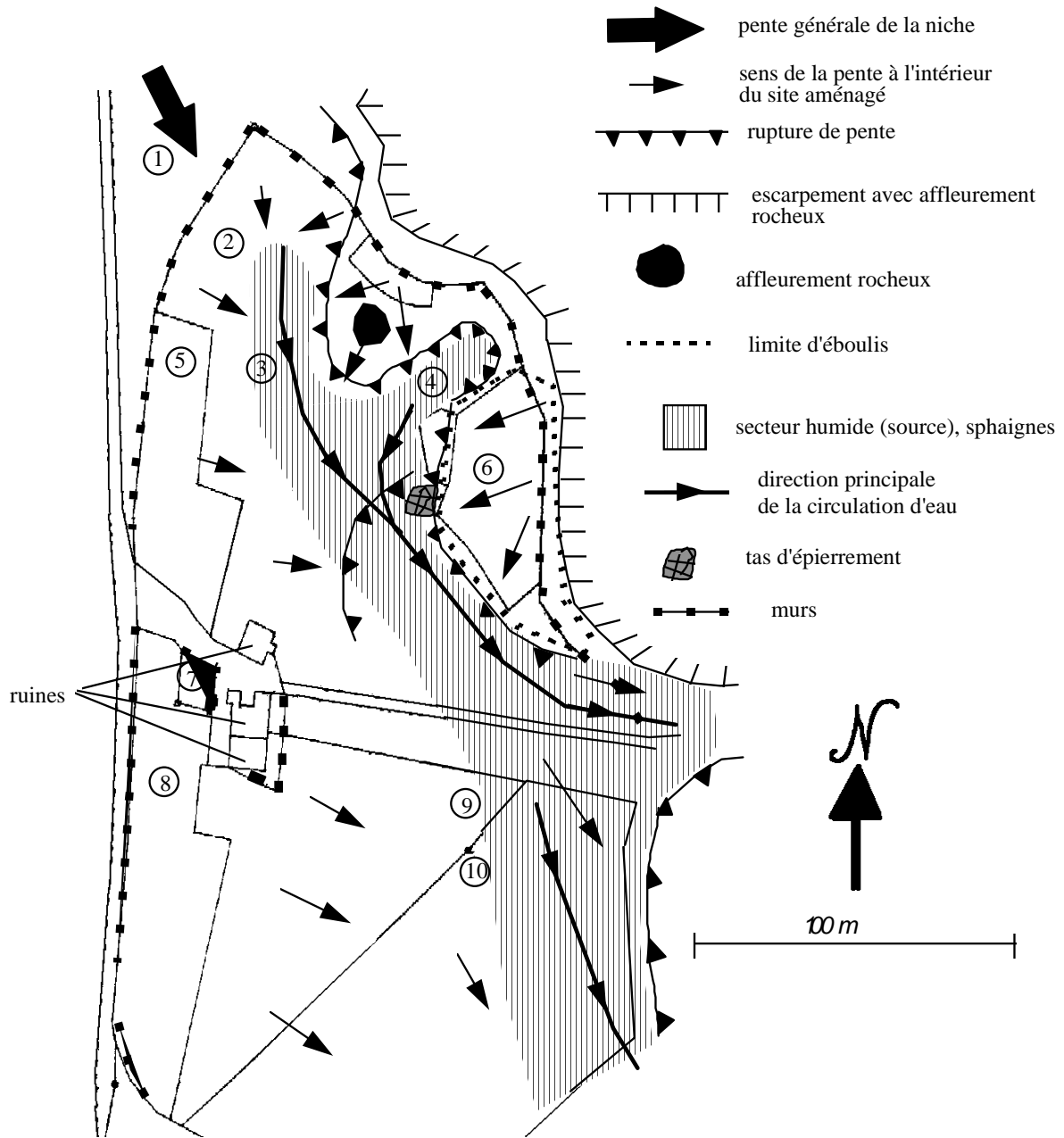
Dans leur ensemble, les sols de ce site sont profonds. La moitié de la surface comporte des sols secs qui sont des sols ocreux couverts d'une belle pelouse de canche (*Deschampsia flexuosa*). L'autre moitié se trouve sur une zone de sources et comprend essentiellement des gleys où poussent des sphaignes (*Spagnum* sp.).

9.1.1.2 *L'impact anthropique*

Le site de la Feigne des Brûleux (commune du Tholy) se trouve à 1,3 km à vol d'oiseau du hameau du Haut-du-Tôt. Il est encore entouré d'un ancien mur. Aujourd'hui, à l'intérieur du site, rien ne distingue les anciens champs des anciens prés. Seul le jardin est encore en partie entouré d'un mur. La Fig. 1 montre que les champs et le jardin se trouvaient sur des endroits secs et au-dessus des prés, ces derniers étant situés en grande partie sur la pente et dans la zone de sources. Les canaux de drainage sont encore visibles et en partie fonctionnels. Contrairement aux autres sites du Haut-du-Tôt, le "bois" se trouvait sur des éboulis, impropres à tout aménagement. Cette parcelle de bois appartenait, contrairement à la forêt ancienne (au point de prélèvement 1) aux propriétaires de la ferme.

La ruine est sur un replat artificiel soutenu par un mur. La maison était la plus grande de celles étudiées au Haut-du-Tôt. Lors de l'établissement du premier cadastre, les propriétaires, deux femmes, se partageaient la maison qui contenait deux foyers. Sur le terrain, on observe que l'aisance a ensuite été agrandie et contenait une cheminée. Apparemment, elle a été aménagée ultérieurement au premier cadastre. Le site a donc connu trois foyers contemporains au cours de son histoire, hébergeants plusieurs familles jusqu'en 1922. De 1922 à 1929, toutes les parcelles appartenaient à un seul propriétaire qui les a vendues à l'Etat ; depuis, la Feigne des Brûleux fait partie de la forêt domaniale de Housseramont. D'après les cernes des arbres, la plantation d'épicéa (*Picea abies*) a été effectuée dans les années 1930.

Figure 3 La Feigne des Brûleux, schéma géomorphologique et plan cadastral de 1835



Les numéros correspondent aux points d'échantillonnage dans les parcelles suivantes :

- anciens prés : 2, 3, 4, 9, 10
- anciens champs : 5, 8
- ancien jardin : 7
- forêts anciennes : 1, 6

9.1.2 La Feigne des Gandes

9.1.2.1 *Le milieu physique*

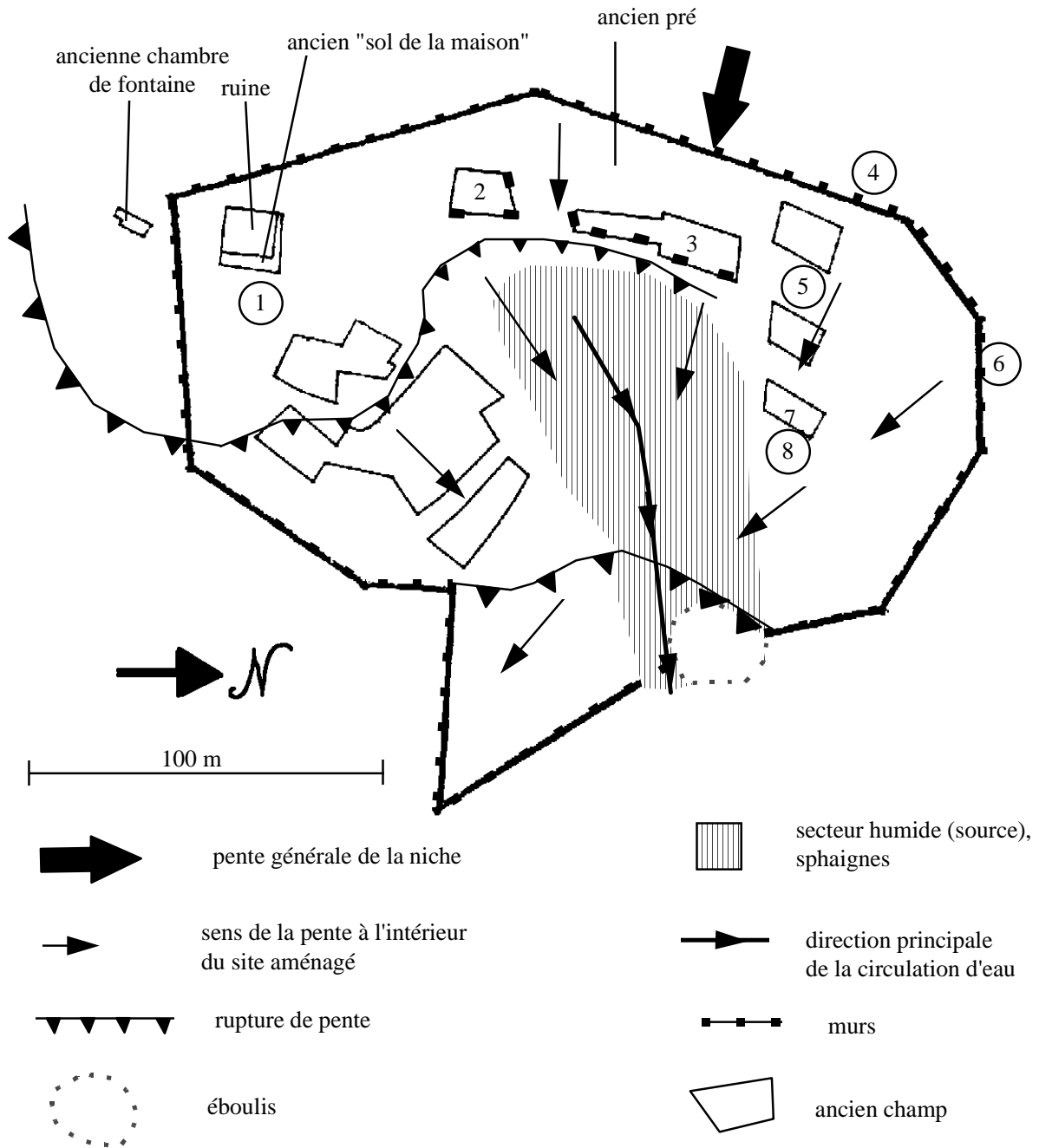
La Feigne des Gandes se trouve exposée à l'est, à une altitude de 850 m. Le site correspond à une niche et domine l'ancienne vallée glaciaire du Cellet (Fig. 2-1, chap. 2, et Fig. 3-5, chap. 3). La pente moyenne est de 16°, mais varie entre 3° et 32° degrés à l'intérieur du site. Une petite surface de la Feigne des Gandes est couverte de blocs de granite sur lesquels les mousses se sont installées (Fig.2-7, chap. 2). La pente est la plus importante dans la partie centrale du site où de nombreuses sources apparaissent. Cet endroit est couvert de sphaignes et de mousses (notamment *Polytrichum commune*) et les sols sont des gleys. Ailleurs, ce sont des sols bruns ocreux sur lesquels la canche flexueuse forme des tapis denses. Ils contiennent, dans les horizons de surface (couches supérieures du sol), quelques galets (jusqu'à 15% du profil) et des cailloux anguleux. En profondeur, les galets sont absents. Ils viennent certainement du grès affleurant quelques dizaines de mètres au-dessus du site, suite à un brassage de formations superficielles pendant les périodes froides. Les peuplements d'épicéa sont jaunissants.

9.1.2.2 *L'impact anthropique*

Le site, qui fait partie de la commune du Tholy, se trouve à 2 km à vol d'oiseau du clocher du Haut-du-Tôt. Comme la Feigne des Brûleux, la Feigne des Gandes est entourée d'un ancien mur. On constate également que les endroits les plus secs ont été utilisés comme champs, en partie limités par des murs en bas de pente. La zone de sources faisait partie de l'ancien pré. La couverture de gros blocs est certainement en partie naturelle, mais résulte aussi d'accumulation de blocs par les anciens agriculteurs (Fig. 2). En effet, de nombreux blocs sont encore posés sur l'ancien mur, preuve qu'ils ont été disposés là après la construction de celui-ci.

L'habitat a été construit sur un replat, en haut de la niche. A quelques mètres de la ruine, sur le même replat mais à l'extérieur du site, se trouve encore la vieille chambre de fontaine (Fig.2). L'ensemble du site a toujours appartenu à un seul propriétaire privé jusqu'à aujourd'hui. Le site n'a donc jamais été divisé. D'après le comptage des cernes des arbres, ce site a été reboisé en épicéa juste après la première guerre mondiale.

Figure 4 La Feigne des Gandes, schéma géomorphologique et plan cadastral de 1835



Les numéros correspondent aux points d'échantillonnages dans les parcelles suivantes :

- anciens prés : 1, 5, 8
- anciens champs : 2, 3, 7, 9
- forêts anciennes : 4, 6

9.1.3 Le site des Celles

9.1.3.1 *Le milieu physique*

Le site des Celles se trouve à 500 m de la Feigne des Gandes à une altitude de 850 m et il correspond également à une niche (Fig. 2-1, chap. 2 et Fig. 3-5, chap. 3, Fig. 3 et 4) qui domine la vallée glaciaire du Cellet. Il est exposé à l'est et la pente varie entre 5 et 15°, une rupture de pente se situe au centre de la niche. Elle se caractérise par une pente de 20° environ. Les sols contiennent, comme à la Feigne des Gandes, des galets venant du grès affleurant au-dessus du site. La surface du site est lisse, sans éboulis. En revanche, au-dessous du point d'échantillonnage 7 (Fig. 4), à l'extérieur du site, se trouve une couverture de blocs semblable à celle de la Feigne des Gandes. Les sols sont des sols bruns ocreux. A l'intérieur du site, la pelouse est principalement constituée par la canche flexueuse. Cependant, au-dessous, la luzule (*Luzula luzuloides*) apparaît dans la forêt ancienne. Sur les anciens champs (points d'échantillonnage 5 et 6), les jeunes sapins poussent de façon très dense, et ce contrairement à l'ancien pré. Les sphaignes sont absentes puisque les sols sont secs. Les sources apparaissent uniquement au-dessous du site, sous la nouvelle route. Les peuplements d'épicéa sont jaunissants.

9.1.3.2 *L'impact anthropique*

Le site fait partie de la commune de Sapois et se trouve à 1.3 km du clocher du Haut-du-Tôt. Il était entouré d'un ancien mur qui est encore visible là où il n'a pas été détruit par la construction de la nouvelle route forestière dans les années 1950. Les anciens champs avaient été installés le plus loin possible du centre de la niche, là où les terrains sont les plus secs. Ils sont dépourvus de murs. L'unique pré occupe une vaste surface. On constate que les sols au centre de la niche ont été érodés, probablement par l'intervention humaine ; le deuxième horizon n'a en effet qu'une épaisseur d'environ 5 cm alors que ce type de sol possède habituellement un deuxième horizon plus épais (20 à 30 cm). A l'extrémité nord-est du site, là où les pentes sont les plus fortes, se trouvent des microreliefs anthropiques, en forme de petite terrasse, existent aussi d'anciens canaux de drainage. Cette zone était probablement aménagée pour capter une ancienne source, déplacée (volontairement ou pas ?) par la construction de la nouvelle route.

D'après un ancien agriculteur du Haut-du-Tôt né en 1904, ce site a été racheté par l'Etat à la fin du XIXème siècle et l'habitat a alors servi de maison forestière. Dans les folios, aucune indication n'existe concernant l'histoire de ce site. D'après le comptage des cernes le boisement a été effectué en épicéa dans les années 1920.

Figure 5 Les Celles d'après l'ancien cadastre et les observations de terrain

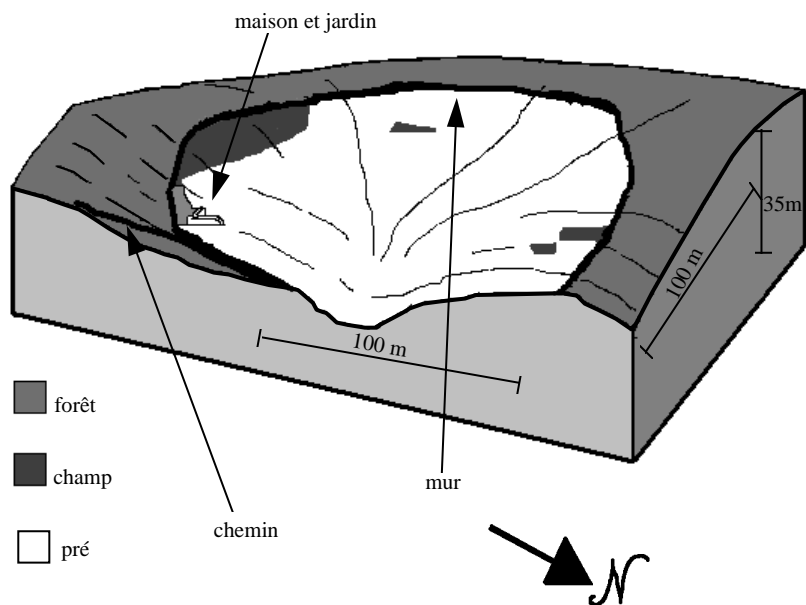
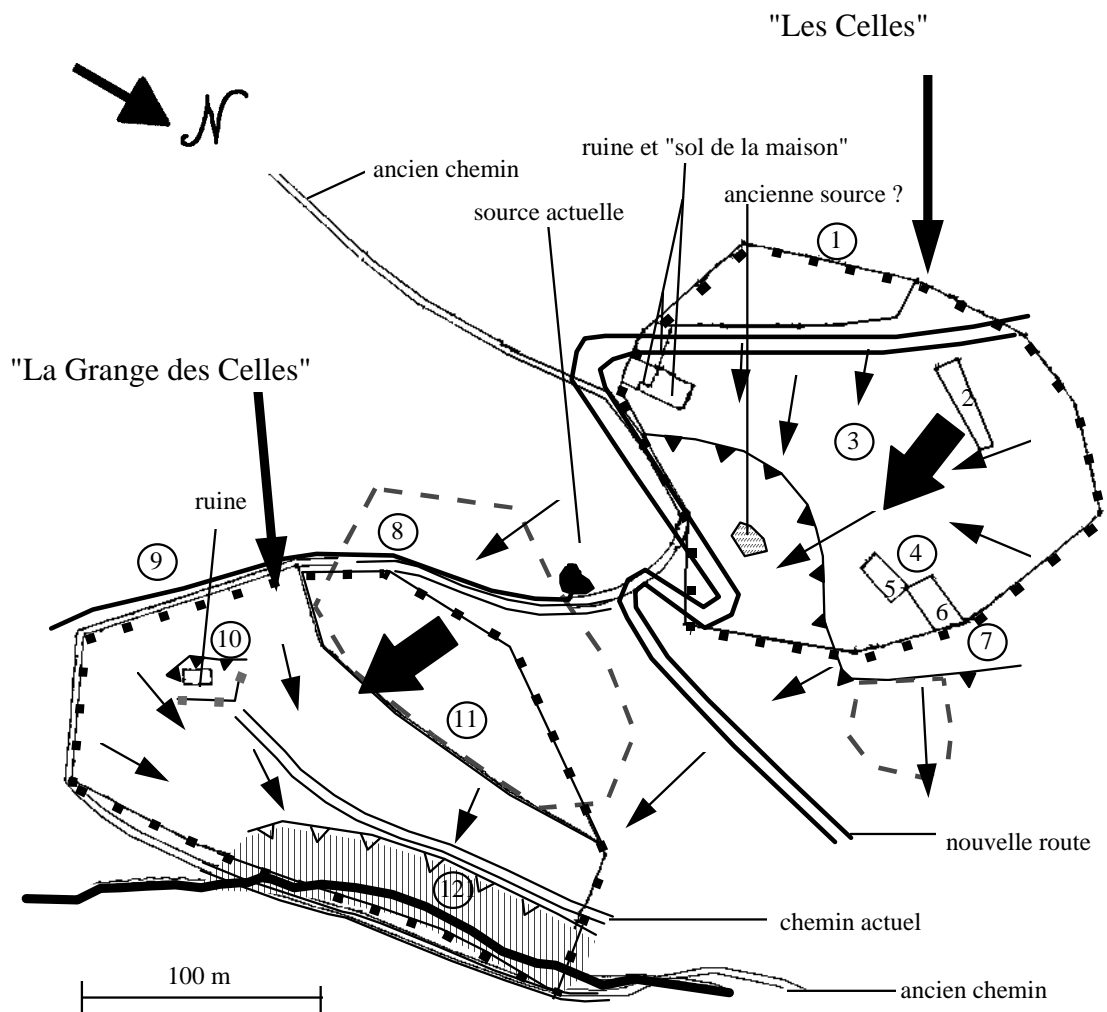


Figure 6 Les Celles et la Grange des Celles, schéma géomorphologique et plan cadastral de 1835



- pente générale
- sens de la pente
- rupture de pente, la pente devient plus forte
- rupture de pente, la pente devient plus faible
- couverture de blocs
- zone humide avec sphaignes
- ruisseau
- ancien mur

Les numéros correspondent aux points d'échantillonnage dans les parcelles suivantes :

- anciens prés : 3, 4, 10, 12
- anciens champs : 2, 5, 6
- forêts anciennes : 1, 7, 8, 9, 11

9.1.4 Les sites de la Grange des Celles et du Bas de Cellet

9.1.4.1 *Le milieu physique*

Les sites de la Grange des Celles et du Bas de Cellet se trouvent à une altitude respective de 820 et 800 m (Fig. 2-1, chap. 2, et Fig. 3-5 chap. 3). Ils sont exposés à l'est, en bas du vallon du ruisseau du Cellet, et ne bénéficient que de quelques heures de soleil par jour. Ils se trouvent à une distance d'environ 500 m l'un de l'autre, en limite du ruisseau du Cellet. La pente est relativement forte (35°) mais devient plus faible à proximité du ruisseau (3°). A la Grange de Celles, la parcelle anciennement cadastrée comme bois porte une couverture de blocs déposés par le glacier, dont la pente maximale est de 35°. Cette couverture se prolonge jusqu'à proximité du site des Celles. La topographie des deux sites est similaire. A la Grange des Celles comme au Bas de Cellet, les sols loin du ruisseau contiennent des cailloux mais aussi quelques galets provenant du grès (situé au-dessus). Sur les deux sites, les sols ont une couleur moins ocreuse et plus brune qu'à la Feigne des Gandes et aux Celles. Le long du ruisseau, on observe des gleys. La strate herbacée est constituée de la canche loin du ruisseau, et quand le sol est plus humide, de la luzule. Les endroits fréquemment humides sont couverts de sphaignes.

9.1.4.2 *L'impact anthropique*

La ferme de la Grange des Celles se trouvait à environ 1.5 km à vol d'oiseau du clocher et à 350 m du site de Bas du Cellet. A la Grange des Celles, les canaux de drainage sont encore entretenus actuellement par les propriétaires pour évacuer l'eau qui circule toute l'année en abondance. D'après le premier cadastre, ce site n'a jamais connu de parcelles cadastrées comme champ. La parcelle cadastrée comme "bois" (pente 35° et couverture de blocs) était certainement utilisée comme taillis. La partie la plus accessible du site a été aménagée comme pré. Au-dessus de la ruine, le sol du pré est très différent des autres sols du même site : il est profond (la fosse pédologique a été creusée jusqu'à 1,20 m de profondeur) et très foncé puisqu'il contient beaucoup de matière organique ; des lits de cailloux apparaissent sur tout le profil. Il est peu probable que ce profil soit celui d'un ancien champ, en raison du cadastre et parce que les lits de matériaux grossiers auraient été dans ce cas, perturbés au moins en surface. Rappelons que le profil du sol de l'ancien pré au site des Celles, situé au-dessus de celui-ci, est érodé. Le profil foncé à lits de cailloux du pré de la Grange des Celles provient donc peut-être de la terre érodée du site des Celles, déstabilisée lors de l'activité agricole. Une datation de la matière organique devrait donner plus d'indications sur la vitesse des mécanismes qui ont produit ce profil (datation de la matière organique entre les différents lits de cailloux).

Ce site a été abandonné tôt, il est déjà cadastré comme bois en 1914. Il est actuellement boisé en épicéa.

Le Bas de Cellet se trouve à environ 1.75 km à vol d'oiseau du clocher du Haut-du-Tôt. D'après un ancien agriculteur du hameau du Haut-du-Tôt né en 1904, ce site était une ancienne scierie. La surface labourée formait une bande située au-dessus de la ferme et du pré. On peut encore voir la banquette créée par le labour. Le pré suivait le ruisseau sur une distance de 300 m. La date d'abandon n'est pas certaine, les épicéas du Bas de Cellet n'ayant pas été échantillonnés. Néanmoins, d'après les folios, le site n'était pas encore boisé en 1914.

9.1.5 Le site de la Pissoire

9.1.5.1 *Le milieu physique*

Le site de la Pissoire à une altitude de 770 m est exposé au sud-ouest (Fig. 3-5, chap. 3). Sa pente est comprise entre 7 et 13°. Ce site se trouve sur un versant qui domine l'ancienne petite vallée glaciaire de la Pissoire, affluent du glacier de la Cleurie. Une roche moutonnée à 800 m en aval en témoigne. Le ruisseau de la Pissoire coule aujourd'hui dans cette vallée peu profonde. La situation topographique de l'ancienne ferme de la Pissoire est comparable à celle de la ferme (dont la maison est encore habitée) située 250 m en amont. En contrebas de la ruine de la Pissoire se trouve un replat naturel constitué de matériaux morainiques (Fig. 5). Aux alentours de ce dernier, de nombreux blocs plus ou moins arrondis provenant du glacier sont dispersés. Les sols de la Pissoire sont des sols bruns ocreux et la strate herbacée est dominée par la canche flexueuse. Les arbres sont jaunissants. L'eau superficielle n'existait pas sur ce site, mais le ruisseau de la Pissoire se trouve à environ 150 m au-dessous de la ruine.

9.1.5.2 *L'impact anthropique*

La distance entre le site de la Pissoire (commune de Vagney) et l'église du Haut-du-Tôt est de 1.2 km à vol d'oiseau. Un seul des trois anciens champs est entouré d'un mur (Fig. 6). Les deux autres, sans murs, ne sont pas identifiables dans le paysage. Ces trois parcelles anciennement cadastrées comme champs se trouvaient au-dessus de la ferme ou à côté, dans les secteurs les plus ensoleillés et éloignés du ruisseau, afin d'éviter les courants d'air froids et humides de la nuit. L'unique pré, formant une grande parcelle, était situé au-dessous de la ferme. Les parcelles anciennement cadastrées comme bois se trouvent actuellement dans une zone humide proche du ruisseau.

Comme l'eau de surface à proximité immédiate de l'ancien habitat n'existait pas, les anciens habitants avaient installé un système de canalisation et, au-dessus du replat artificiel de la ruine, une petite butte d'une hauteur de 2 m sur une surface carré de trois mètres de côté correspond à l'ancienne chambre de fontaine. Les éléments en sont encore visibles. D'après le comptage des cernes des épicéas, le site est reboisé depuis les années 1930. Seule demeure une ancienne pâture, en friche actuellement.

Figure 7 La Pissoire d'après l'ancien cadastre et les observations de terrain

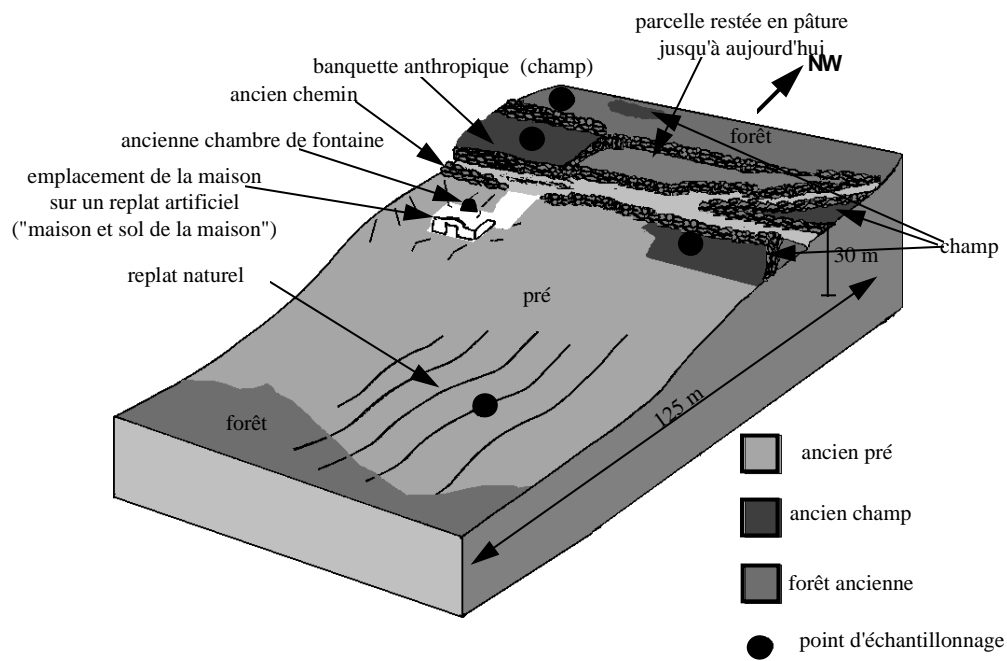
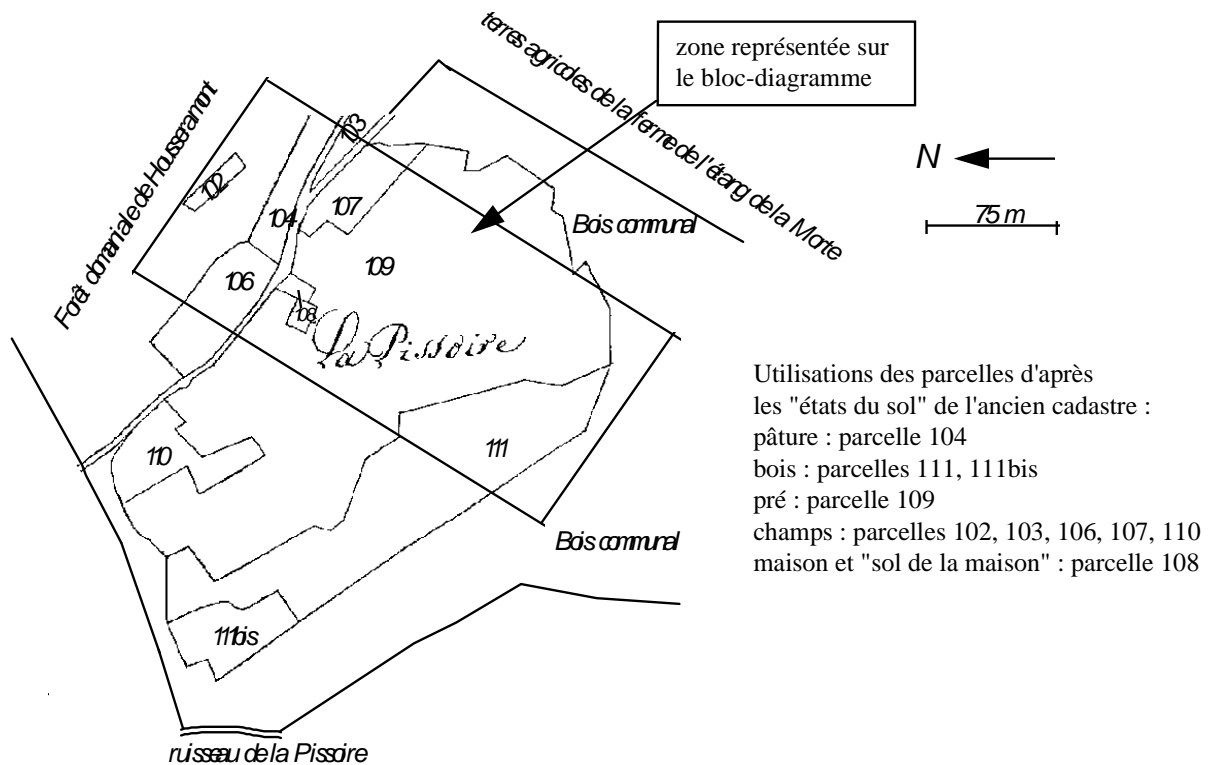


Figure 8 La Pissoire d'après un extrait du cadastre de 1835



9.1.6 Le site du Senêt

9.1.6.1 Le milieu physique

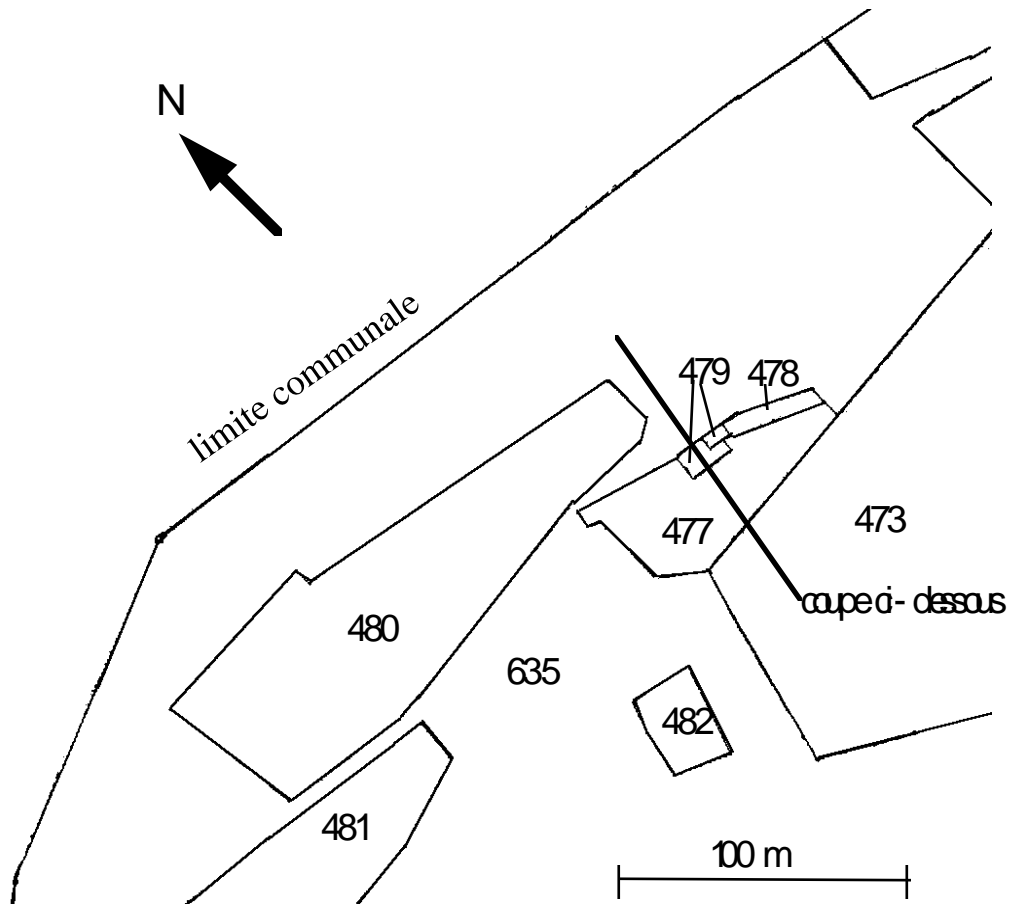
Le site du Senêt se trouve à une altitude de 650 m sur un versant raide (25°) et lisse, exposé au sud-sud-ouest en limite du Haut-du-Tôt (Fig. 3-5, chap. 3). Il prolonge le lieu-dit "Droit de Sapois" sur la pente forte qui donne sur la vallée du Bouchot. Les formations superficielles sont des arènes remaniées. Le sol est brun ocreux. La végétation herbacée est dominée par la canche flexueuse, sans trace de sphaignes indiquant la présence d'eau. En effet, sur ce site il n'existe pas d'eau superficielle.

9.1.6.2 L'impact anthropique

Cette ancienne ferme se trouve à l'extrémité supérieure du versant du Droit-de-Sapois qui était essarté. Une partie des parcelles est entourée d'un ancien mur. Ainsi, les anciens champs du site se distinguent mal de l'ancienne pâture. La ruine par contre est bien visible sur un petit replat (Fig. 7 et 8). Le site se trouve sur la commune de Sapois à 1 km à vol d'oiseau du village mais, actuellement, il est impossible d'indiquer le hameau le plus fréquenté par les anciens habitants : la commune de Sapois est plus proche que le hameau du Haut-du-Tôt qui se trouve à 2 km à vol d'oiseau mais la pente pour y accéder est très forte. En conséquence il était plus facile de se rendre dans le hameau du Haut-du-Tôt. C'est peut-être à cause de cette

situation défavorable qu'à la révision du cadastre en 1914, les surfaces étaient déjà boisées et la maison détruite. Le site est boisé actuellement en épicéa.

Figure 9 Le Senêt d'après un extrait du cadastre de 1834



Utilisations des parcelles d'après les "états du sol" de l'ancien cadastre :

pâture : 635

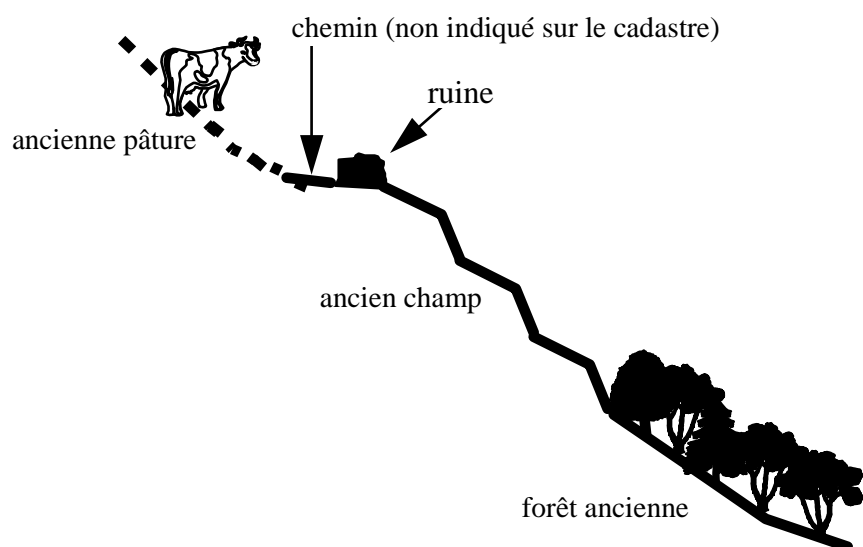
bois : 473

champs : 480, 481, 482

maison et "sol de la maison" : 479

jardin : 478

Figure 10 Coupe du site du Senêt



9.2 LES VERSANTS "VERS" DE VAGNEY, DU SYNDICAT ET DE ROCHESSON

9.2.1 Les sites du Solem, des Pennecières et du Demixiard

9.2.1.1 Le milieu physique

Les sites du Solem (700 m d'altitude), des Pennecières (600 m d'altitude) et du Demixiard (600 m d'altitude) se ressemblent. Ce sont des niches de nivation (Fig. 3-6, chap. 3, fig. 9). Le Demixiard est exposé au nord-est, les autres sites à l'est. La pente varie au Solem entre 7 et 35°, aux Pennecières entre 7 et 30° et au Demixiard entre 5 et 28°. Les formations superficielles de ces trois sites dérivent essentiellement du granite. Néanmoins, comme les sites du Haut-du-Tôt, le Solem et le Demixiard sont couronnés par des grès des couches du Bundsandstein et des galets sont visibles dans les horizons superficiels des sols de ces deux sites. A l'intérieur des trois sites existent quelques petits replats dus à des dépôts morainiques ou à des affleurements rocheux. La strate herbacée des trois sites est constituée en grande partie de la ronce (*Rubus fruticosus*) et de la fétuque (*Festuca altissima*). Les sols sont des sols bruns acides, mais à proximité des ruisseaux traversant chaque site, ils sont gleyifiés. Les peuplements d'épicéa sont bien venus dans chaque site.

9.2.1.2 L'impact anthropique

Le site des Pennecières se situe à deux kilomètres à vol d'oiseau du clocher de Vagney, le Demixiard deux kilomètres et demi et le Solem à trois kilomètres. Les hameaux les plus proches sont toutefois à environ 1.5 km des trois sites. L'ancienne organisation des sites est représentée dans la Fig. 10 et la Fig. 11. Comme au Haut-du-Tôt, les champs étaient situés dans les endroits les plus secs, même si les sols étaient très caillouteux. Les champs ont été épierrés et au Solem, une partie des pierres a été entreposée sur l'affleurement rocheux. Dans les trois sites, la plupart de ces pierres ont cependant servi à construire les murs. Les vieux murs autour des anciens champs sont ainsi très nombreux. Le Demixiard fait exception : on y observe des terrasses qui actuellement ne présentent pas de mur. Il est possible qu'anciennement la terre ait été retenue par une haie, aujourd'hui disparue. Au Solem et au Demixiard, des vieux murs limitaient également les anciens prés des zones humides. Au Solem, on peut également observer un jardin sur une terrasse artificielle. Sur chaque site existaient deux ou trois maisons, sur des petits replats artificiels proches des ruisseaux (Fig. 12).

D'après le comptage des cernes des arbres, les Pennecières et le Demixiard ont été abandonnés vers les années 1920, alors que le Solem a été abandonné au début des années 1940.

Figure 11 Situation des sites du Demixiard, des Pennecières, du Solem et de la Hanicroche (fond : IGN, Top 3615)

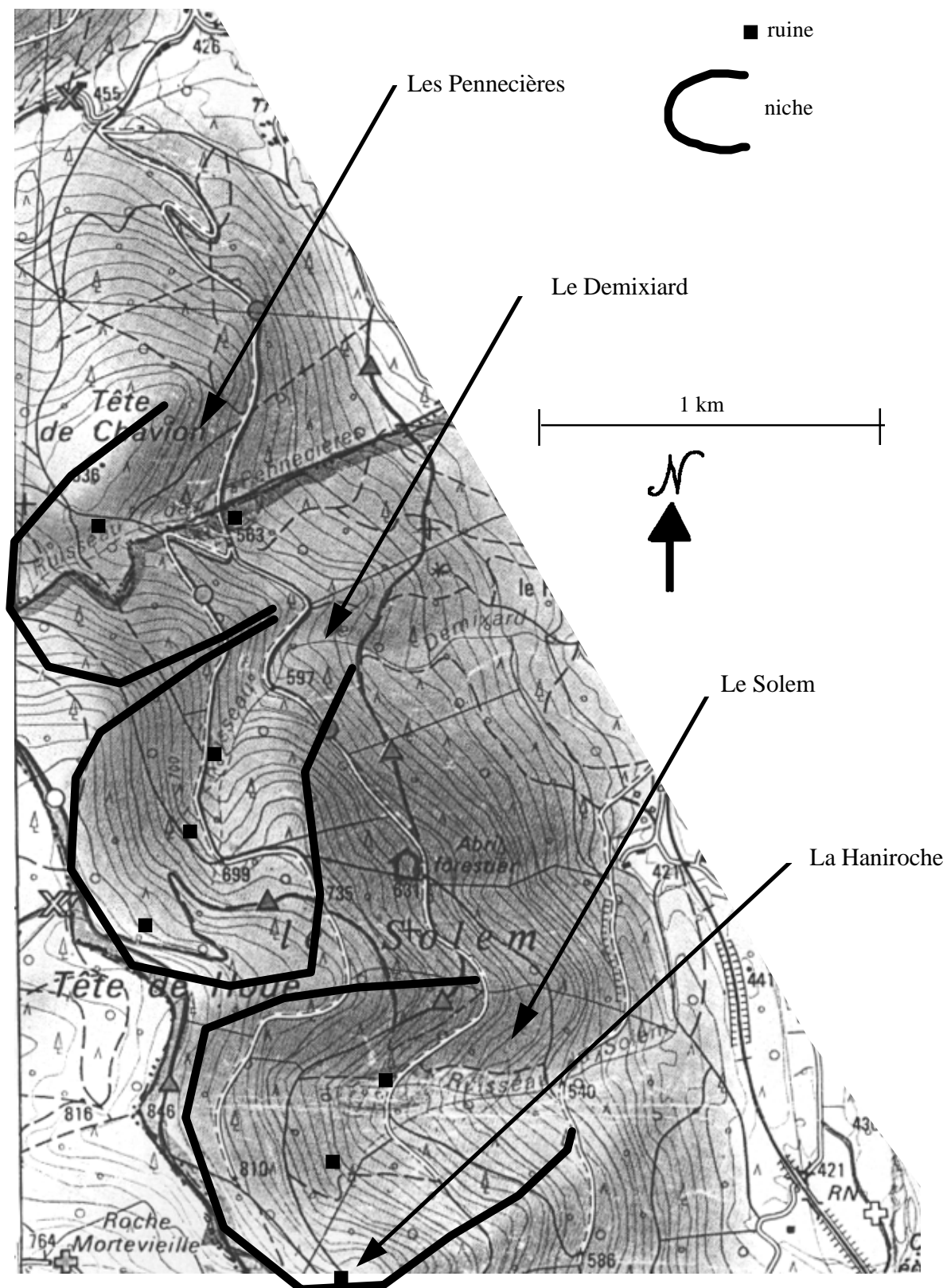
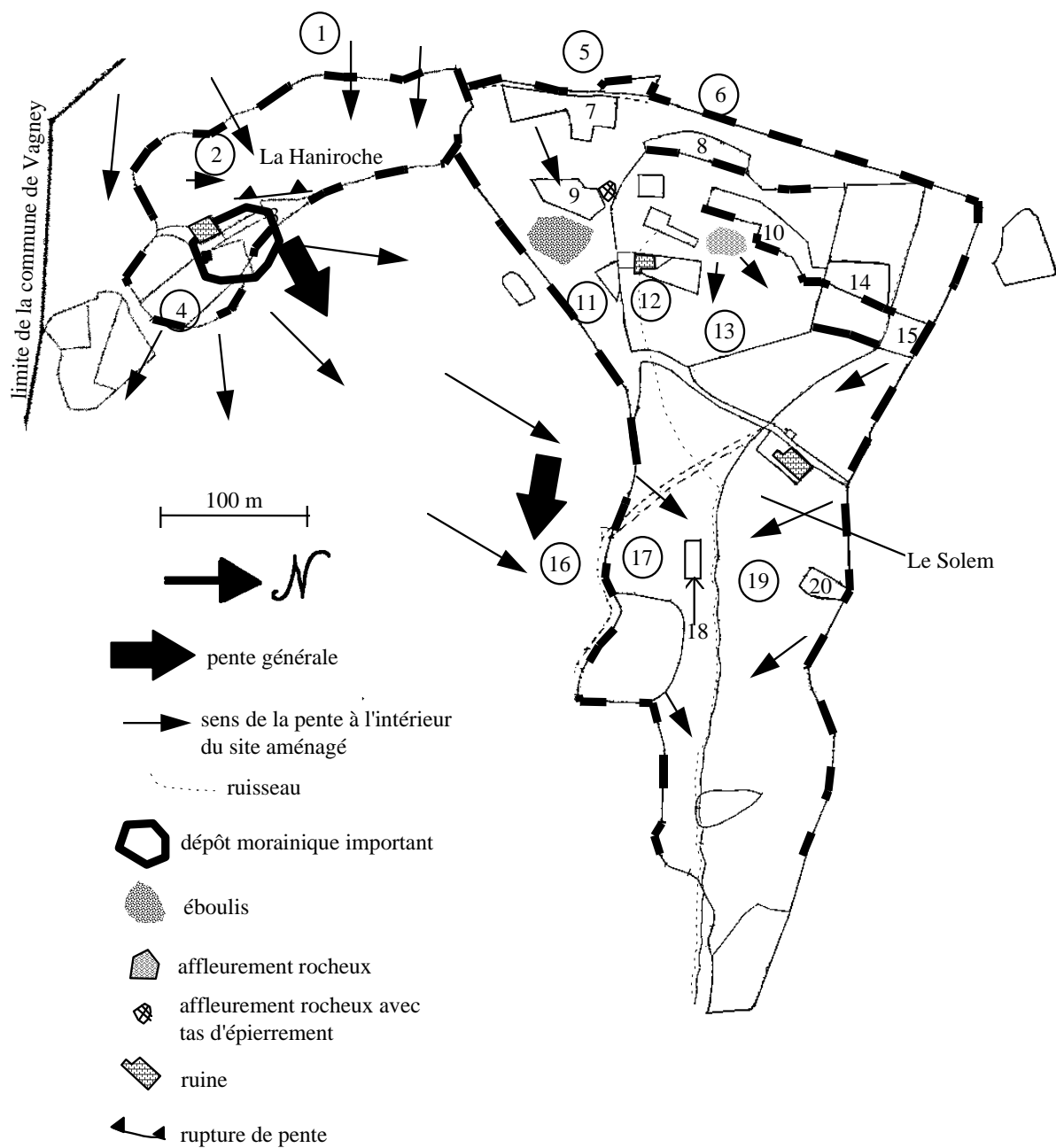


Figure 12 Le Solem et la Haniroche, schéma géomorphologique et plan cadastral de 1835



Les numéros correspondent aux points d'échantillonnage

dans les parcelles suivantes :

- anciens prés : 2, 12, 13, 14, 15, 17, 19
- anciens champs : 4, 7, 8, 9, 10, 18
- anciens jardins : 3, 20
- ancienne pâture : 11
- forêts anciennes : 1, 5, 6, 16

Figure 13 Le Demixiard d'après l'ancien cadastre et les observations de terrain

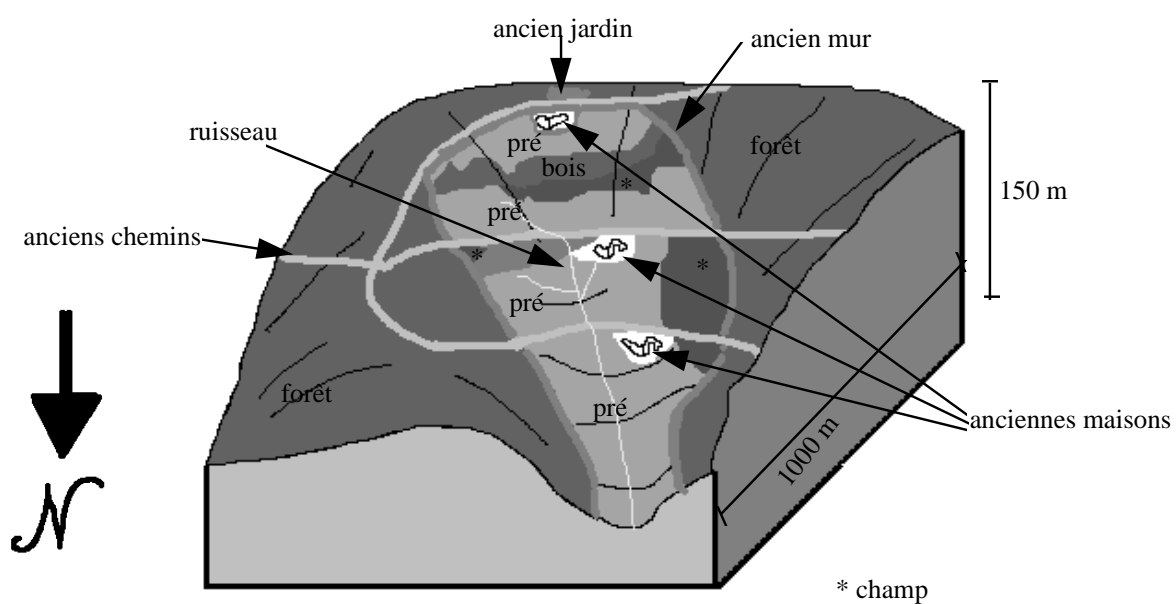
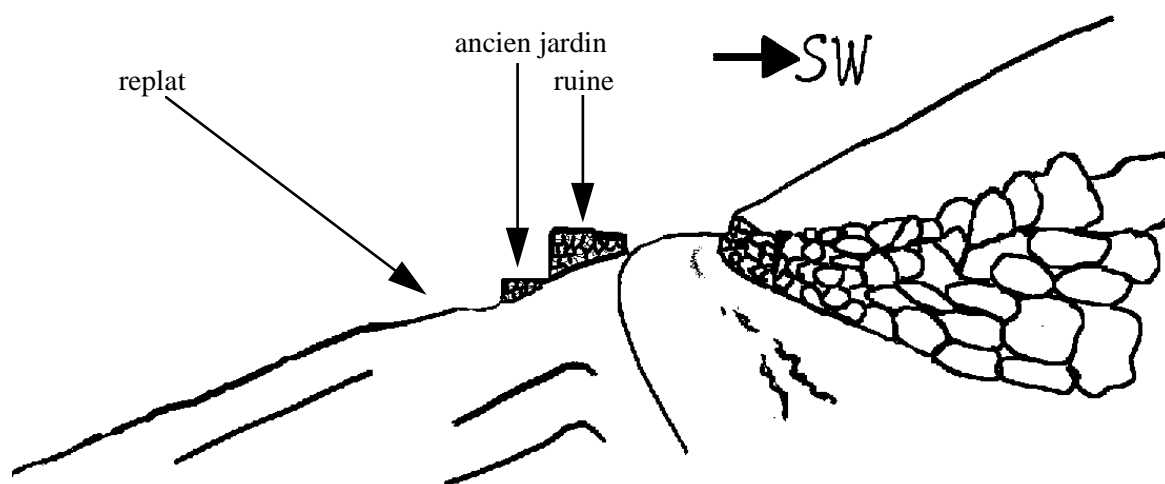


Figure 14 Situation d'une ruine au Demixiard

(située à mi-chemin des deux autres)



9.2.2 Le site de la Haniroche

9.2.2.1 Le milieu physique

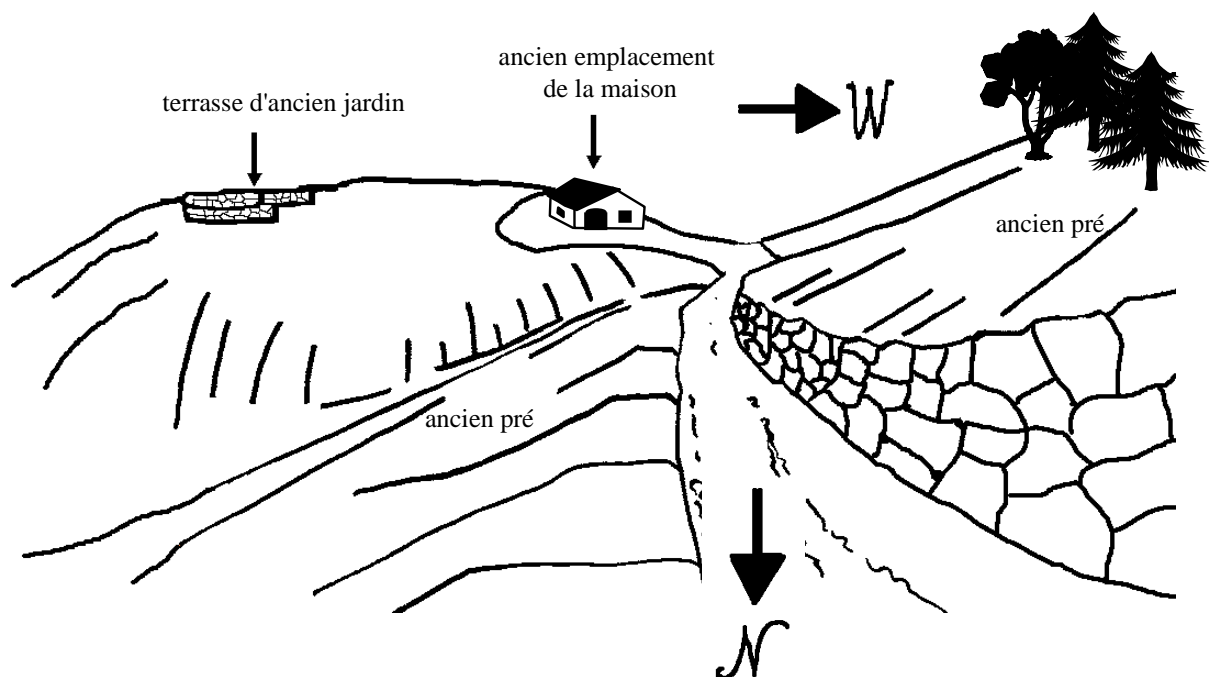
Le site de la Haniroche se trouve au sud-est du Solem à une altitude de 750 m (Fig. 3-6, chap. 3, Fig. 10). Il a été établi en partie sur la paroi de la niche du Solem. La pente varie entre 5 et 30 degrés. Le site apparaît comme un accident (200 m de diamètre) sur le versant (Fig. 13). Le sol (brun acide) s'est développé sur des matériaux morainiques (présence de fragments de gneiss). Des galets de grès proviennent de l'affleurement gréseux du sommet.

Actuellement, le site est dépourvu d'eau superficielle. Cependant, le sol est localement humide. La fétuque domine la strate herbacée. Ce site est le seul planté en Douglas (*Pseudotsuga menziesii*). En 1996, après une étude floristique que nous avons effectuée, une grande partie de la plantation a été dévastée par une tempête et forme actuellement une clairière.

9.2.2.2 L'impact anthropique

La distance au clocher de Vagney est d'environ 3.5 km, celui de Thiéfosse se situe à 2 km. Le site est entouré d'un ancien mur. Les banquettes anthropiques qui existent aujourd'hui correspondent à l'ancien jardin. Sur les pentes, les champs étaient exposés à l'est, et le pré au nord-est sur la pente la plus forte. Cet ancien pré (Fig. 13) occupe la plus grande part de la surface du site. La date d'abandon n'a pas été déterminée, mais en 1914 les parcelles étaient encore cadastrées comme parcelles agricoles.

Figure 15 Le site de la Haniroche en limite de la paroi de la niche



9.2.3 Le site du Jossonfaing

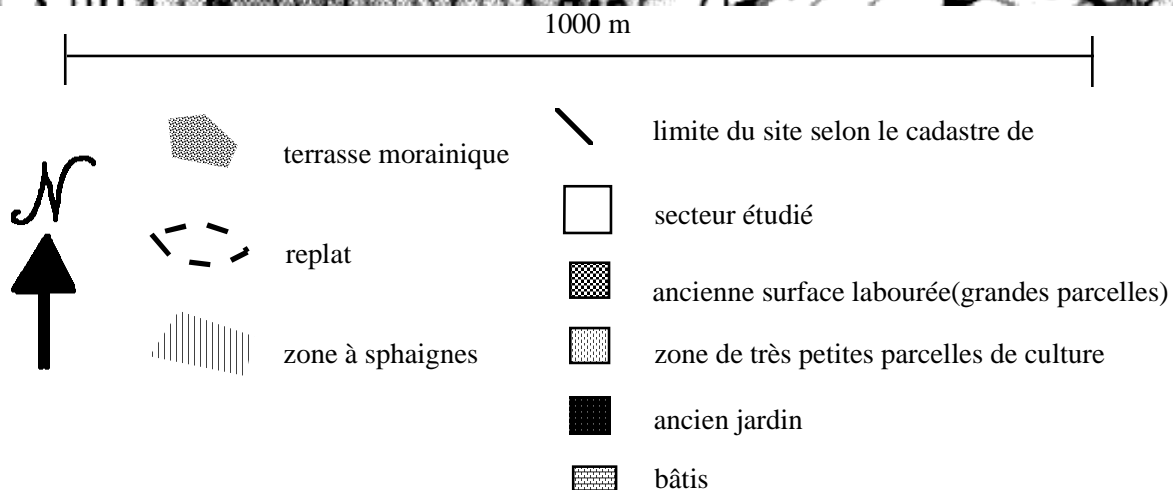
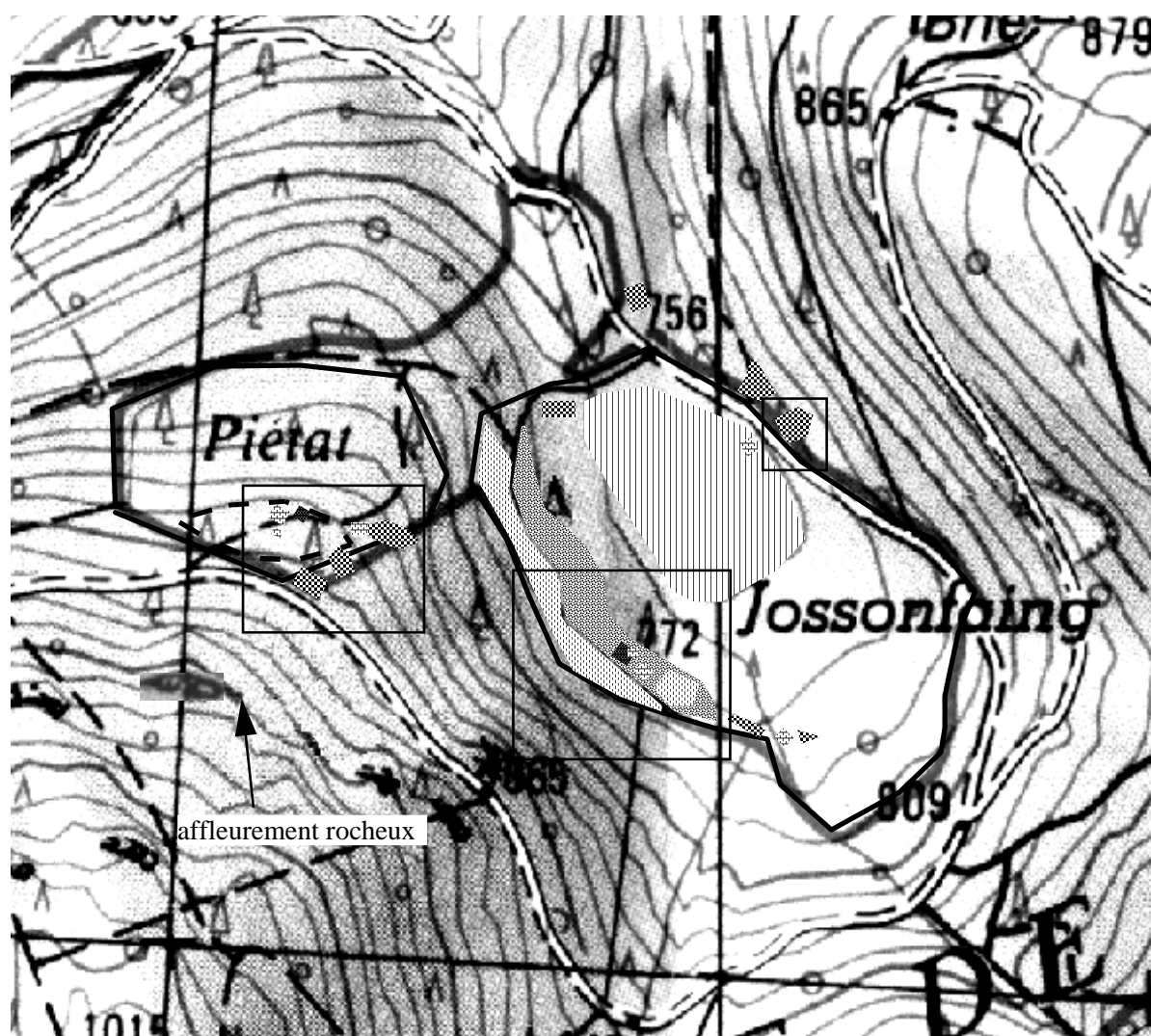
9.2.3.1 Le milieu physique

Le site du Jossonfaing se trouve à une altitude de 800 m, exposé au nord et la pente varie entre 7 et 15° (Fig. 1-2, introduction et Fig. 14). Il est situé dans un "cirque" glaciaire dont le fond est couvert de matériaux granitiques, où s'écoule un ruisseau. Les sols sont des sols bruns acides, et près du ruisseau se trouvent des gleys. Contrairement au Solem, au Demixiard et aux Pennecières, il y a beaucoup de sphaignes, notamment au centre du site où la pente est très faible et où l'eau stagne. Le peuplement d'épicéa est bien venu.

9.2.3.2 L'impact anthropique

Le site se trouve à environ 1.5 km à vol d'oiseau du hameau "Les Truches" (commune de Rochesson). Tout le fond du cirque était exploité comme pré et drainé. Les canaux de drainage sont encore visibles aujourd'hui. Les champs en terrasses étaient situés au niveau des habitations ou au-dessus. Trois maisons ont été construites sur ce site en bordure du fond du cirque. La date d'abandon n'est pas connue, mais à la révision du cadastre en 1914, le site était encore cultivé.

Figure 16 Les sites du Jossonfaing et du Piéta (extrait de la carte IGN Top 25 3618 OT)



9.2.4 Le site du Piéta

9.2.4.1 *Le milieu physique*

Le site du Piéta correspond à la prolongation du Jossonfaing, sur la paroi située à l'est du cirque (Fig. 1-2, introduction, Fig. 14). Il est exposé au nord-est et est situé à une altitude de 850 m. La pente varie entre 4° sur un petit replat et 18° sur le versant du cirque. Le site est dominé par un affleurement rocheux constitué de granite. De très gros blocs anguleux (50 à 150 cm de diamètre) occupent la partie supérieure du replat au-dessous de l'affleurement rocheux.

Une partie du site est couverte de jeunes épicéas. L'autre était couverte jusqu'en 1997 d'un peuplement mûr qui a été coupé à blanc-étoc en raison d'une attaque de bostriches. Une nouvelle plantation de mélèzes (*Larix decidua*) a été mise en place. Les sols sont des sols bruns acides et la fétuque domine la strate herbacée là où la surface n'est pas perturbée par l'exploitation forestière et où la jeune plantation n'est pas trop dense.

9.2.4.2 *L'impact anthropique*

Comme le Jossonfaing, le site se trouve à environ 1.5 km à vol d'oiseau du hameau "Les Truches". Il est entouré d'un mur. La ruine se trouve au bord du replat où elle domine le site du Jossonfaing. Le site est complètement dépourvu d'eau et aucun aménagement hydraulique (canal, chambre de fontaine) n'est visible. Les parcelles cultivées étaient très petites, délimitées par des murs et dispersées sur le replat autour de l'habitat. L'ancien pré était épierré, notamment dans sa partie située sous l'affleurement rocheux, où de nombreux tas de blocs demeurent. La coupe de bois en 1997 a bouleversé la surface. En conséquence, les anciens murs et les tas d'épierrement ont été en partie détruits. Ce site n'apparaissant pas lors de la mise à jour des folios du cadastre en 1914, la date d'abandon est inconnue.

9.3 LES FERMES DE LA CRETE DES VOSGES

9.3.1 La Capitaine et le Pré-de-raves

9.3.1.1 *Le milieu physique*

Les sites de la Capitaine et du Pré-de-Raves, proches du col de Bonhomme (Fig. 1-2, introduction, Fig. 15), se trouvent en haut de vallon à proximité de la Route des crêtes, en dehors de la zone englacée. La Capitaine, située à une altitude de 900 m, est exposée au nord-ouest. Le Pré-de-Raves, à 1000 m, regarde au sud-ouest. Il s'agit des sites les plus hauts de notre étude. La pente y varie entre 15 et 20° sur les parcelles étudiées.

Dans les vallons de la Capitaine, les arènes déplacées, contenant quelques blocs arrondis, sont épaisses. Des convois à blocs sont visibles au sud et au nord du site. Les sols sont des sols bruns acides. La forêt limitrophe située au nord de la Capitaine et celle des environs de la ruine ont été récemment coupées à blanc-étoc. Les épicéas situés sur l'ancien champ sont jeunes (environ 40 ans) et très denses. La strate herbacée est également très dense aux endroits les plus ouverts, et présente des ronces et de la fétuque. Elle est en revanche quasi

absente à l'intérieur de la pessière dense. Dans la forêt ancienne, le peuplement est clair et la pelouse est dominée par la canche.

Au Pré-de-Raves, les matériaux grossiers dérivant des granites des crêtes ont glissé le long de la pente. Les sols sont également des sols bruns acides. Le peuplement d'épicéa est très dense comparé à ceux des autres sites étudiés, ce qui explique la faible densité de la strate herbacée. Toutefois, on observe quelques touffes de fétuques et des mousses.

Les deux sites se trouvant sur une zone de sources, l'eau apparaît en des nombreux endroits. Le nombre de sources et leur débit dépend des précipitations et de la fonte des neiges.

9.3.1.2 L'impact anthropique

Les deux sites sont assez éloignés des hameaux. La Capitaine (commune de Fraize) se trouve à 3.8 km à vol d'oiseau du hameau du Scarupt (l'ancienne école la plus proche) et à 5 km de Fraize. Cependant, la ferme n'était pas une enclave en forêt (Fig. 15). En effet, le fond de vallon de la Capitaine, aujourd'hui complètement sous forêt, était cultivé. Le site de la Capitaine est, en partie, entouré d'un ancien mur. Le sol de l'ancien champ à côté de la ruine est très profond (plus de 1.50 m) et dépourvu de pierres. Cette terre est retenue par des murs de gros blocs arrondis. A côté de l'ancien champ, la ruine est sur un grand replat artificiel. Cette ruine est une des plus grandes qui aient été observées sur l'ensemble des sites, ce qui donne une idée de la richesse passée des anciens propriétaires. Selon les informations obtenues de l'ONF, le site de la Capitaine servait avant l'abandon comme relais de chevaux. La proximité du Col du Bonhomme (encore aujourd'hui très fréquenté) était avantageuse pour cette activité. La ferme a été détruite en 1936 et le terrain reboisé ensuite. Il a été racheté par la commune de Fraize dans les années 1980.

Le Pré-de-Raves (commune de La-Croix-aux-Mines) est situé à 4 km à vol d'oiseau du hameau du Chipal (l'ancienne école la plus proche) et à 6 km du village de La-Croix-aux-Mines. Ce site était une enclave en forêt domaniale. Le pré, vaste et homogène, occupait la majorité de la surface (Fig. 2-3, chap. 2) et possédait une source. Les champs étaient petits. Actuellement, ils se distinguent mal de l'ancien pré. Le jardin est aujourd'hui entouré d'épicéas difformes qui ont dû lui servir de haie. Juste à côté se trouve une très grande ruine. Les murs d'épierrement n'existent pas. Par contre, une casemate en béton datant de la Première Guerre s'observe juste au-dessus de l'ancienne ferme. Là, le sol est perturbé. Une pancarte clouée sur un arbre près de la ruine explique qu'après la première Guerre la ferme a été transformée en camp de scouts et utilisée comme tel jusqu'aux années 1920. Le secteur a été reboisé dans les années 1930.

Pour ces deux sites, le cadastre pose problème. A la Capitaine, l'habitation ne se trouve pas à l'endroit indiqué sur le cadastre, mais en est éloignée d'environ 150 m. Les surfaces indiquées dans l'état du sol ne correspondent pas aux surfaces dressées sur le plan cadastral.

Au Pré-de-Raves, les surfaces des parcelles ont été déclarées de façon différente en 1812 et 1882 (Tabl. 1) : les numéros des parcelles sont différents et les surfaces indiquées ne permettent pas de passer d'une date à l'autre, vraisemblablement suite à une erreur des folios de 1882. En effet, le cadastre de 1812 semble mieux correspondre aux observations de terrain. En outre, dans les folios (ADV, 3P1167, Folios 28 et 159), les parcelles 64 (pré 1.1140 ha) et 65 (pré 0.6340) font partie d'un lieu-dit appelé "Pré Loritz" entre 1876 et 1929. Pour les deux sites, le premier cadastre a été choisi comme support de l'échantillonnage.

Figure 17 Le site de la Capitaine d'après le cadastre de 1814 (Fond : IGN Top 25 3617 et 3618)

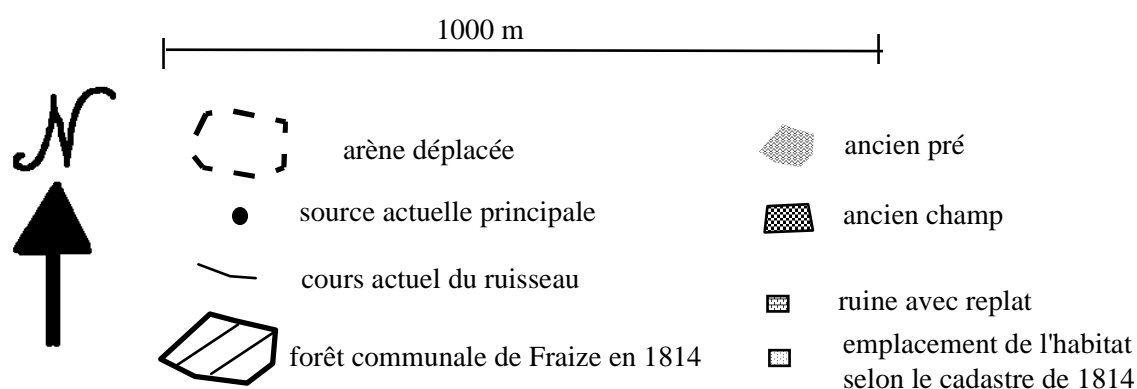
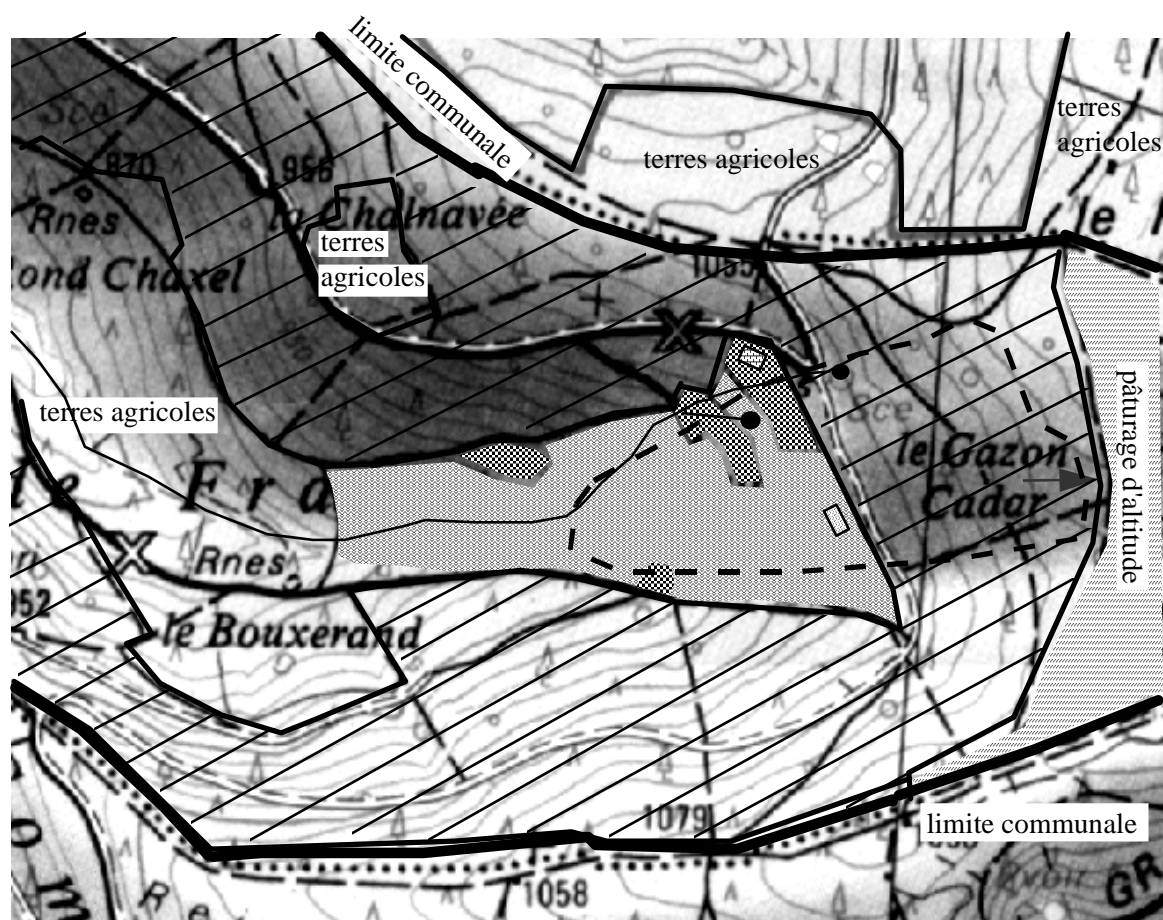


Tableau 23 Le pré de Raves déclaré en 1812 et en 1882 (source : ADV, 3P1167, Folio 149)

n° de parcelle en 1822	ancienne utilisation	surface en ha
65	pré	4.751
64	champ	0.329
67	jardin	0.045
66	champ	0.23
68	pré	0.099

69	maison	0.065
70	champ ? (indication illisible)	?
total		8.48

Tableau 1 (suite)

n° de parcelle en 1882	ancienne utilisation	surface en ha
105	pré	9.92
106	champ	0.072
107	jardin	0.088
108	champ	0.224
109	sol, cour et bâtiment	0.184
110	champ	0.32
111	pâture	0.352
112	champ	0.48
113	pâture	14.016
total		25.656

9.4 LES FERMES ANABAPTISTES DES FONDS DU VALLON

9.4.1 Le Muesbach et la Cude

9.4.1.1 Le milieu physique

Les sites du Muesbach (600 m d'altitude) et de la Cude (800 m d'altitude) se trouvent respectivement à l'est et au nord de la zone anciennement englacée (Fig. 1-2, introduction). Ils sont encaissés à l'extrémité d'un vallon où coule un ruisseau. Ces vallons s'ouvrent vers le nord et le nord-est (Fig. 16 et Fig. 17). La lumière directe du soleil est présente seulement quelques heures par jour. Les pentes des deux sites varient fortement entre 2 et 25°.

Le Muesbach se trouve sur des grès et des conglomérats du Bundsandstein moyen (BRGM Colmar-Artolsheim, 1972). Le versant est couvert de gros blocs d'éboulis venant des affleurements gréseux placés à l'amont du site. Le sol, dérivé du grès, est un sol podzolique.

Le site de la Cude est caractérisé par des sols bruns acides développés sur des formations glissées dérivant du granite de Crête (par processus de solifluxion).

Sur les deux sites, la végétation est une véritable "mosaïque" : sur le site du Muesbach, le sol quasi nu d'une ancienne pâture s'oppose à une belle pelouse à fétuque d'un ancien champ. A la Cude, une pelouse à fétuque (ancien champ) s'oppose à une pelouse à luzule (forêt ancienne). La plantation du Muesbach a été effectuée en épicéa, mais on y trouve également des pins (*Pinus sylvestris*) et des mélèzes. A la Cude, la strate arborescente est dominée par le sapin (*Abies alba*) mélangé avec l'épicéa.

9.4.1.2 L'impact anthropique

Au Muesbach, des générations successives d'agriculteurs anabaptistes ont entassé les blocs d'éboulis en gros tas ou en murs qui limitent une partie des parcelles et la totalité du site. Les

tas d'épierrement sont les plus volumineux de tous les sites étudiés. Les champs étaient situés à proximité immédiate des fermes. Contrairement aux autres sites, les parcelles qui ont subi la même utilisation étaient groupées : l'ancien champ était divisé en différentes parcelles jointives et la culture était ainsi rentabilisée. L'emploi de la charrue, le semis et l'épilage du fumier se trouvaient facilités.

Le 9 octobre 1880, le propriétaire du Muesbach, Auguste BARTHOLDI, auteur du *Lion de Belfort* et de la *Liberté éclairant le monde* de New York, offre à la ville le "Muesbach". Le 20 mars 1883 le Muesbach a été vendu aux enchères et les acheteurs ont démoli les bâtiments (source : notariat de Ribeauvillé). Le Muesbach a été planté dans les années 1890.

A la Cude, les anciennes parcelles de champs et de prés sont les plus grandes que nous avons observées sur le terrain. Selon un ancien de Wissembach (enquête personnelle), après le départ des anabaptistes, la ferme de la Cude a été vendue à la commune et louée par la suite à un particulier. Celui-ci ne cultivait plus, mais pratiquait l'élevage pour fabriquer du fromage de Munster, vendu à Sainte Marie. Le 27 octobre 1914, dans les premiers jours de la guerre, la ferme a été brûlée et le secteur perturbé par la guerre. C'est la raison pour laquelle les murs d'épierrement ont disparu. Selon l'ONF, le terrain a été boisé en sapin en 1927. Dans les années 1960, une grande tempête a cassé les cimes d'un grand nombre d'arbres, désormais remplacés par des épicéas.

Figure 18 L'ancienne occupation du sol à la Cude en 1894 d'après un plan de certificat de vente (ADV 193-O, Fond : IGN Top25, 3617 OT)

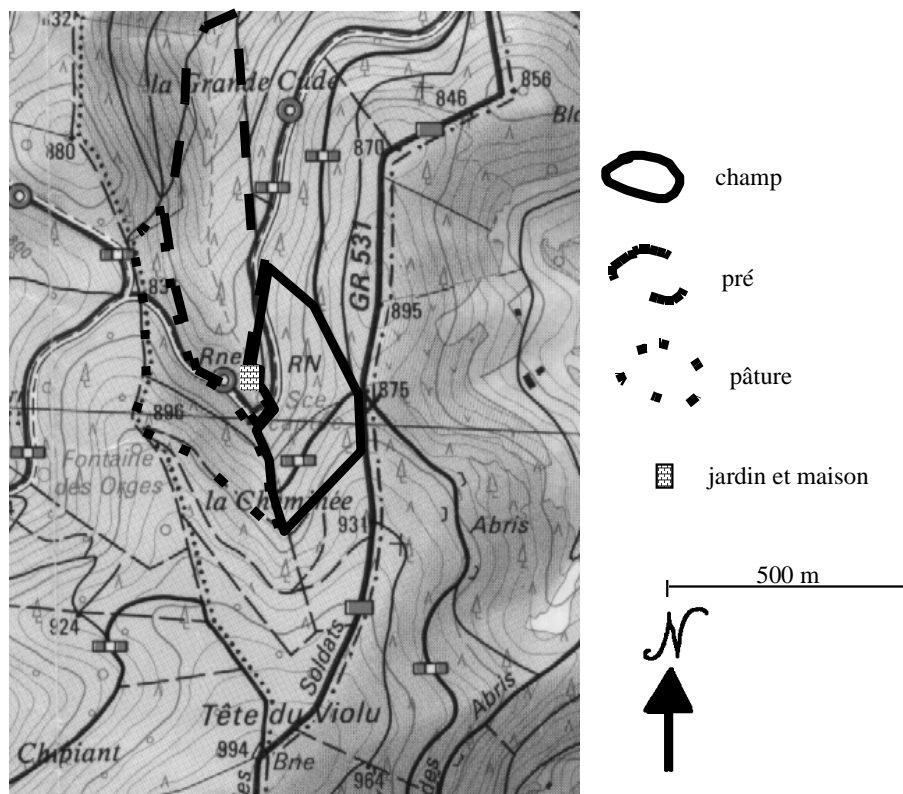
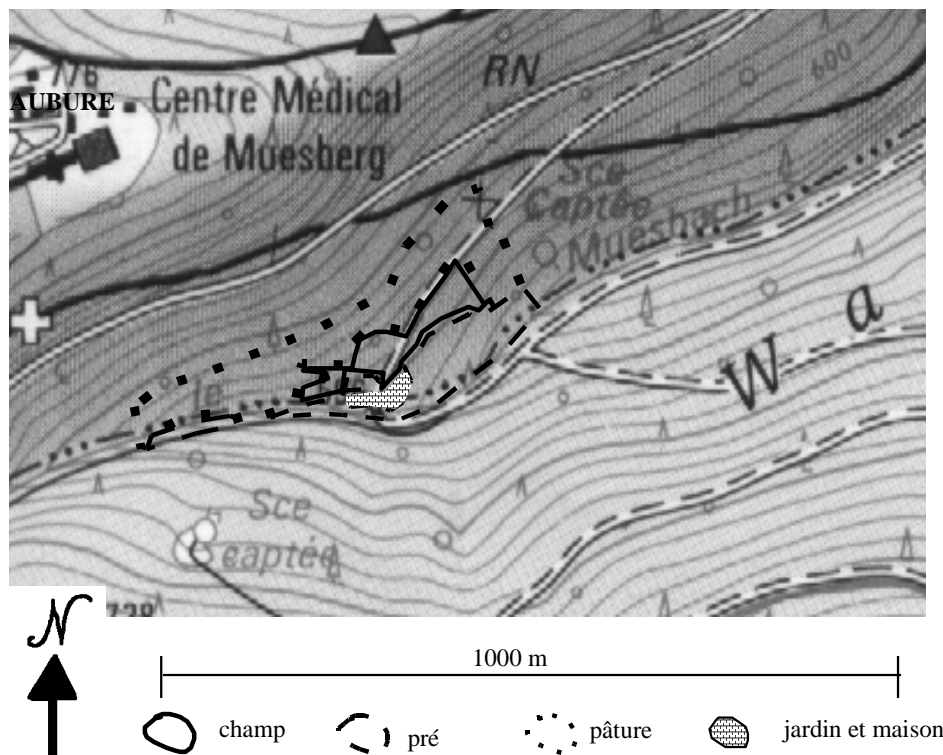


Figure 19 Le Muesbach d'après l'ancien cadastre de 1830 de Ribeauvillé (Fond : IGN Top25, 3617 OT)



9.5 LES VERSANTS "DROIT" DE VAGNEY (MALRACINE), DE SAPOIS ET DE GERBEPAL (HAUT-DE-LA-SAPPE)

9.5.1 Le Droit de Sapois

9.5.1.1 Le milieu physique

Le Droit de Sapois est situé entre 600 et 650 m d'altitude. L'exposition est sud-sud-est et la pente varie entre 8 et 30° (Fig. 1-2, introduction). Ce site se trouve dans la vallée du Bouchot. Le sous-sol est composé de granite du Tholy et de granite de Remiremont. La surface du versant est "ondulée" en raison d'une couverture morainique. Les sols sont des sols bruns acides. L'eau superficielle n'existe pas sur ce site. Le peuplement d'épicéa est bien venu et dense. La strate herbacée est discontinue sur l'ensemble du site : localement peu dense, elle forme une belle pelouse à fétuque par endroits.

9.5.1.2 L'impact anthropique

Ce site est un **essart** (Fig. 2-9, chap.2). Le sol a été stabilisé par des murs de manière à créer des terrasses avec les matériaux qui ont été mobilisés par la mise en culture. La quantité de blocs arrondis et déplacés par l'homme est impressionnante. Quelques blocs de granite ont été coupés en deux (on en trouve encore quelques uns qui conservent une fente artificielle) et partiellement évacués pour la vente. Les autres ont servi à l'élaboration de murs protégeant les champs du bétail. Les parcelles identifiables sur le terrain grâce aux murs de pierres ne correspondent pas au premier cadastre, leur nombre ayant augmenté après l'établissement de celui-ci. Les parcelles entourées de murs ont été identifiées comme champs alors que les

alentours étaient des pâturages. D'après la taille des arbres, l'essart a probablement été reboisé vers 1930.

9.5.2 Le site de la Malracine

9.5.2.1 *Le milieu physique*

Le site de la Malracine se trouve exposé au sud à 650 m d'altitude sur une pente de 20 à 30 ° (Fig. 18). La roche qui affleure localement est le granite de Remiremont. Les blocs sont moins abondants qu'au Droit de Sapois. La végétation de la strate herbacée est très diversifiée mais ne couvre que 30% de la surface. Le peuplement d'épicéa est très dense. Les sols sont des sols bruns acides. En dehors du site, les peuplements sont très hétérogènes : il existe des jeunes peuplements denses, des zones à recrue naturelle et des peuplements mûres.

9.5.2.2 *L'impact anthropique*

La ferme de la Malracine (commune de Vagney) se trouvait dans un secteur essarté à 1.5 km du hameau de Crémavillé et à 3 km du village de Vagney. Le site portait un pré entouré d'un ancien mur. Au-dessous était situé un ancien champ dont l'emplacement montre encore des banquettes anthropiques. La ruine ne correspond pas à la maison représentée sur le cadastre de 1835. Visiblement, l'habitat a été agrandi au cours du temps. Il était installé près d'une rupture de pente. L'ancien pâturage, situé à l'aval de la ferme, a été transformé en carrière de granite abandonnée ensuite vers les années 1950 (Fig. 19). D'après THIRIAT (1866), c'est à partir des années 1850 que le fameux granite des Vosges a été exploité pour en faire des pavés. De la révision du cadastre en 1914 jusqu'en 1932, la Société Nouvelle des Granits Français à Paris est propriétaire du site. Il est fort probable que les habitants de la Malracine aient été des ouvriers-agriculteurs travaillant le granite.

Toute la zone essartée sur laquelle se situe le site est traversée par d'anciens aménagements hydrauliques : canaux en granite et rétentions d'eau. Aujourd'hui, il n'y a plus d'eau.

D'après le comptage des cernes, le site de la Malracine a été reboisé dans les années 1930.

Figure 20 Localisation de la Malracine sur le fond IGN, TOP 25, 3618 OT
(la partie encadrée correspond à l'extrait du cadastre ci-dessous)

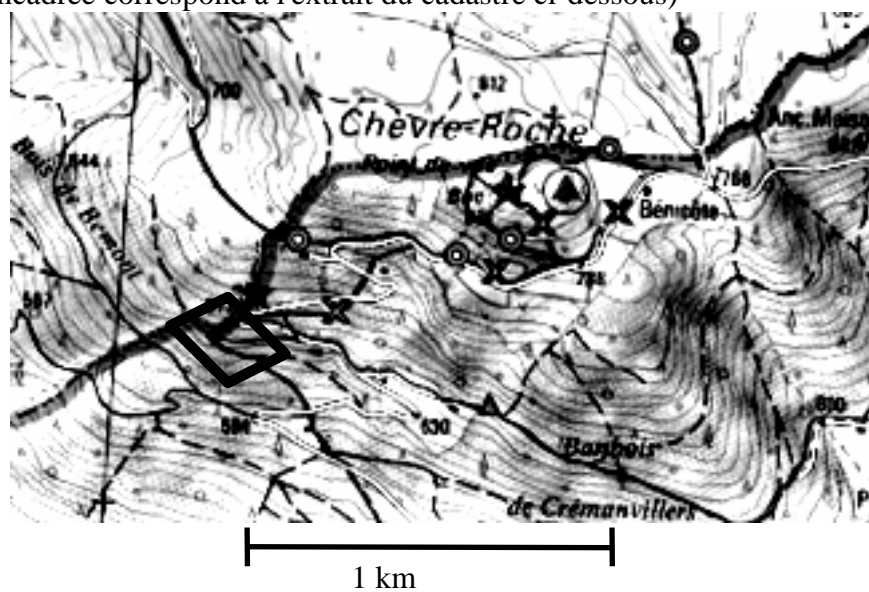
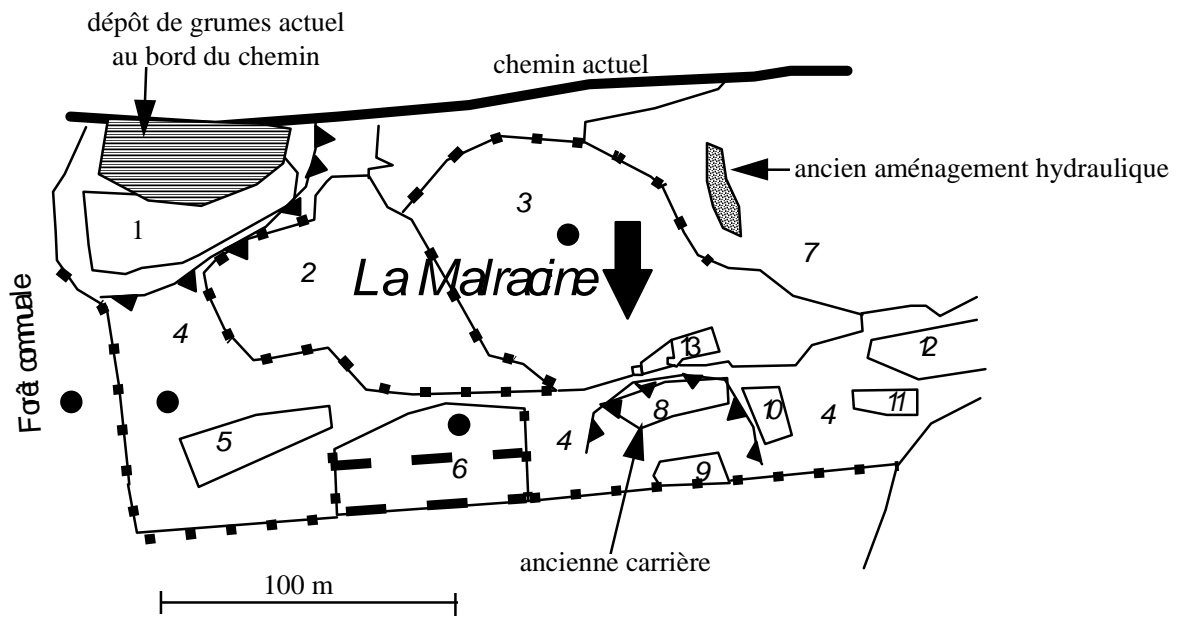







Figure 21 La Malracine, schéma et plan cadastral de 1835



-  pente générale
-  ancien mur
-  limite de banquette
-  rupture de pente
-  point d'échantillonnage



Les numéros correspondent aux anciennes utilisations :

- anciens prés : 2, 3, 7
- anciens champs : 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12
- anciennes pâtures : 1, 4
- "sol de la maison" et maison : 13

9.5.3 Le Haut-de-la-Sappe

9.5.3.1 Le milieu physique

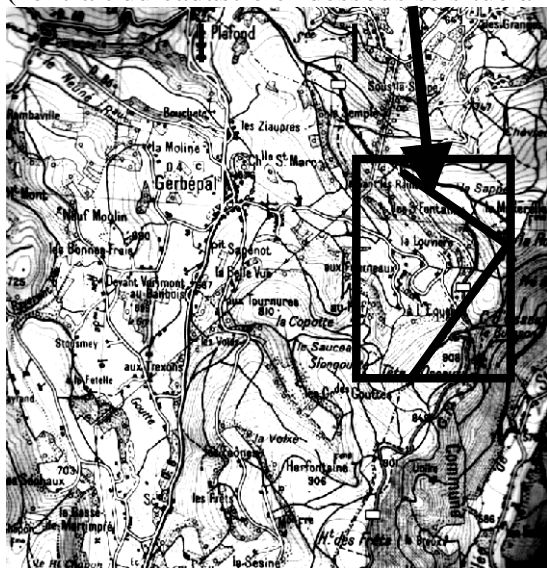
Le Haut-de-la-Sappe à Gerbepal se trouve à une altitude de 850 m, exposé à l'ouest (Fig. 20). La pente est d'environ 10°. Elle porte une formation superficielle de type arène dérivée d'un granito-gneiss. La surface du site est lisse. L'eau superficielle n'existe pas. Le peuplement de sapin est bien venu et parsemé de Douglas. Sur une des deux placettes étudiées (anciennement cadastrée sous le numéro 1573), l'espèce dominante de la strate herbacée est la canche flexueuse, sur sol brun ocreux. Sur l'autre parcelle, la strate herbacée est caractérisée par une forte présence de ronces, sur un sol brun. Dans les deux parcelles étudiées, il n'y a ni eau superficielle ni aménagement hydraulique visible.

9.5.3.2 L'impact anthropique

Une placette a été installée sur la parcelle cadastrale n°1573 (30.569 ha, Fig. 21). Elle est traversée par un réseau de murs. Lors du premier cadastre en 1833, cette parcelle était une grande pâture communale. En 1913, elle a été divisée entre plusieurs propriétaires mais est restée cadastrée comme pâture. L'autre placette a été localisée sur la parcelle cadastrale n°1574 (11.659 ha). Il s'agissait encore d'une pâture communale divisée par la suite. Aujourd'hui, on y observe également un réseau de murs. Les folios dénombrent sur cette parcelle trois maisons en 1913 et six en 1922, parfois avec jardins. Le morcellement de ce versant, qui n'apparaissait pas sur les plans, rend impossible toute interprétation des folios. Ainsi, l'utilisation et la localisation exacte de différentes parties des parcelles 1573 et 1574 restent inconnues. Cependant, les placettes ont dû être installées loin des ruines, selon le profil pédologique. Elles étaient probablement utilisées comme pâtures. Elles n'ont jamais été cadastrées comme champs. En effet, le profil n'est pas perturbé et il n'y a pas de banquette anthropique. D'après la taille des arbres, ce site a été reboisé dans les années 1930.

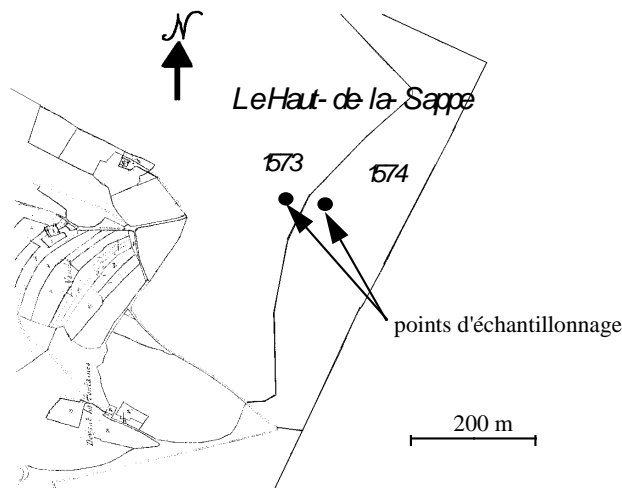
Figure 22 Localisation du Haut-de-la-Sappe sur la carte IGN au 1/50 000 (Club Vosgien, feuille de Colmar de 1985)

(l'extrait du cadastre ci-dessous se situe à l'intérieur du carré)



1km

Figure 23 Le site du Haut-de-la-Sappe d'après un extrait du cadastre de Gerbepal de 1833



9.6 L'EXCEPTION DU VERSANT "VERS" DE GEMAINGOUTTE

9.6.1 le site du Beulay

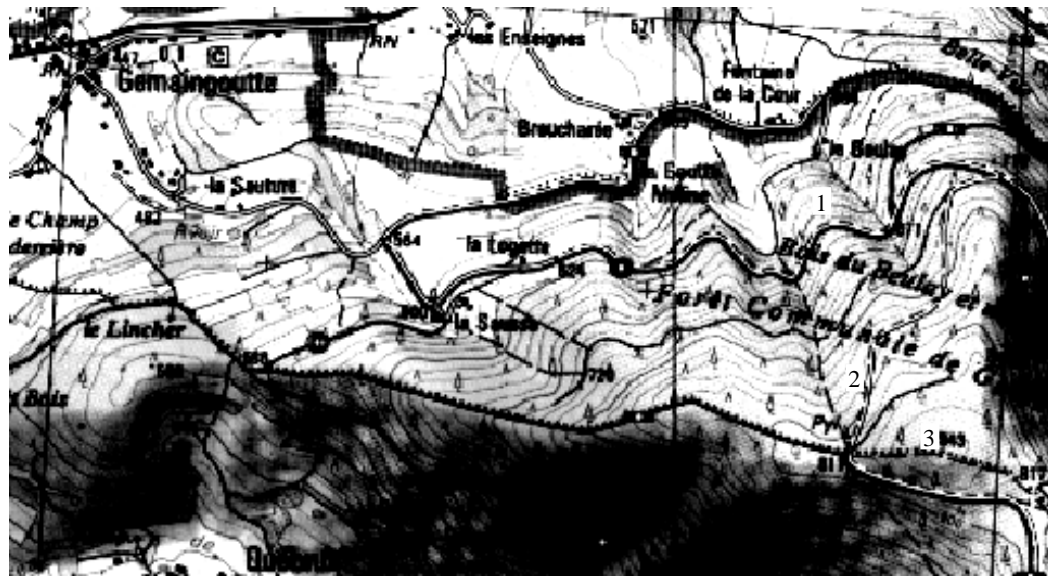
Sur le site du Beulay (Fig. 22, voir aussi Fig. 2-10, chap. 2.), les placettes ont été installées le long du versant. Signe d'intense dégradation, dans les années 1790, la commune de Gemaingoutte a envoyé une lettre de remboursement des dégâts occasionnés par un orage : des torrents de boue avaient emporté toute la terre cultivable (SCHOENDORFF, 1902). Contrairement aux autres sites, la distance entre les placettes est très grande. Il est donc préférable de décrire la situation de chaque placette. Cependant, pour les trois parcelles étudiées, les sols sont des sols bruns acides, développés sur des formations superficielles (granito-gneiss et granites) ; les ronces dominent la strate herbacée et l'eau superficielle n'apparaît pas à proximité des parcelles.

La placette (1) se trouve à 620 m d'altitude et est exposée au nord-est. Elle a fait partie d'une parcelle du terrain communal qui a été cultivée. D'après la taille des arbres (épicéas), le peuplement a environ 60 ans.

Une placette a été installée dans une forêt ancienne (2), située à une altitude de 750 m environ et exposée au nord, dans un secteur où existent des affleurements rocheux. Elle a été décrite en 1879 dans l'aménagement forestier comme futaie sapinière de 100 à 150 ans. Le peuplement actuel est constitué de sapins âgés.

La placette possédant l'altitude la plus haute (3) de ce site se trouve à environ 780 m d'altitude et est exposée au nord-est. Dans l'aménagement forestier de 1879, cette parcelle a été décrite comme "jeune plantation" et "semis d'épicéa de 10 à 20 ans". Auparavant, dans le premier cadastre, elle était répertoriée comme pâture. Actuellement on y trouve des épicéas, qui correspondent au moins à une deuxième génération de quarante ans environ.

Figure 24 Le site du Beulay à Gemaingoutte



- (1) : ancien champ
- (2) : forêt ancienne
- (3) : ancienne pâture