Connaissance Vigne Vin, 1978, **12**, N° 4, 219-243.

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SEQUENCES GEOPEDOLOGIQUES SEDIMENTAIRES DU VIGNOBLE SAUMUROIS ESSAI SUR UNE METHODOLOGIE POUR LA CARACTERISATION D'UN MILIEU VITICOLE DE CRU

R. MORLAT

Institut National de la Recherche Agronomique
Station d'Agronomie, Centre de Recherches d'Angers
Beaucouzé - 49000 Angers (France)

Travail réalisé avec la collaboration technique de G. VENIN et Mme J. ROBICHET

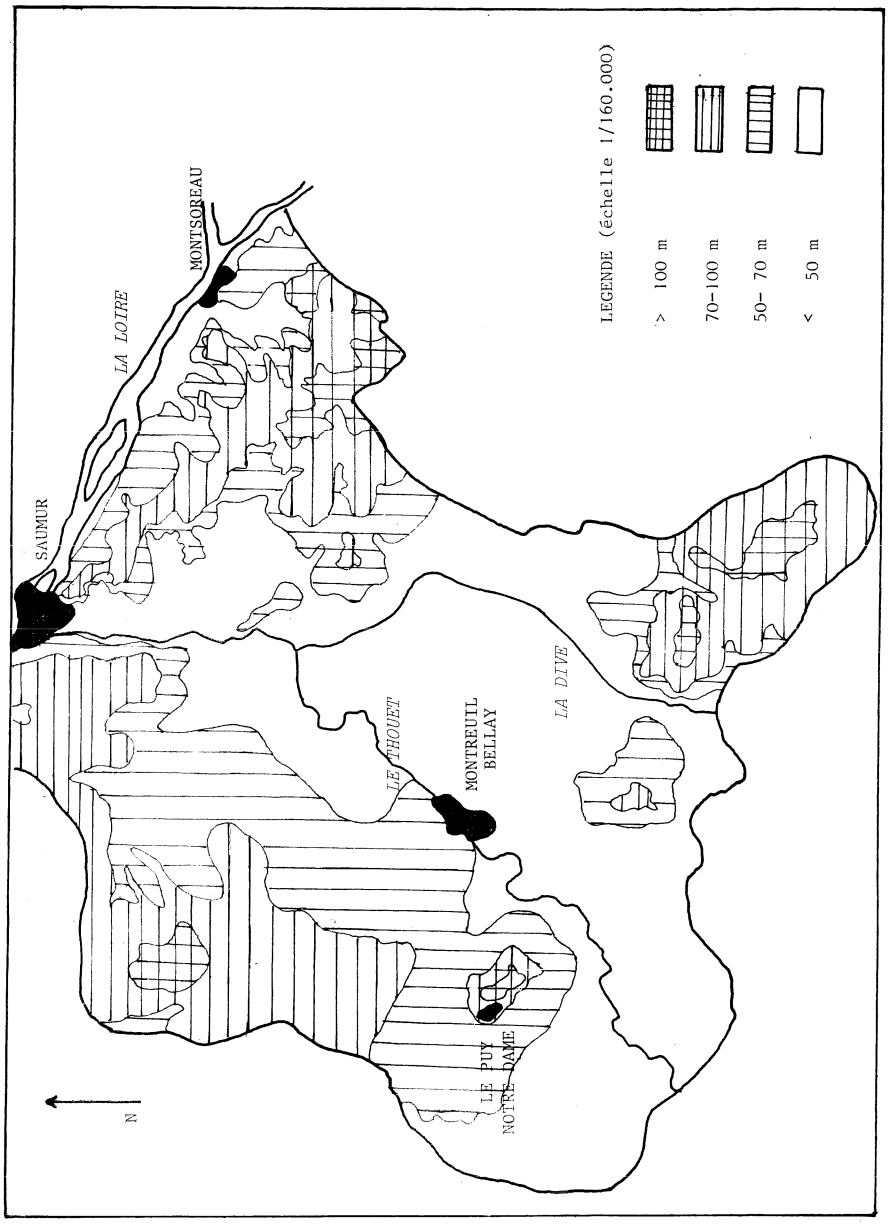
Le vignoble Saumurois s'étend au voisinage de la Loire et du Thouet dans une région qui, au point de vue climatique est favorable à la croissance de la vigne et à une bonne maturation du raisin. Les étages géologiques du Secondaire et Tertiaire présentent des faciès pétrographiques très variés, et sont en association avec une topographie caractérisée surtout par des buttes témoins complexes contribuant à la formation de sols très différents dans leurs critères pédo-agronomiques influençant leur propre valeur viticole. Sur le plan viticulture deux grands groupes de sols se dessinent :

. Les sols carbonatés dans lesquels il y a peu de problèmes agronomiques classiques mais où se posent des cas de chlorose ferrique très graves de plusieurs types (année sèche, année humide) suivant le matériau géologique et le profil pédologique. Ce phénomène est un facteur important de l'abandon de certains sites calcaires ayant pourtant des caractéristiques viticoles de tout premier ordre.

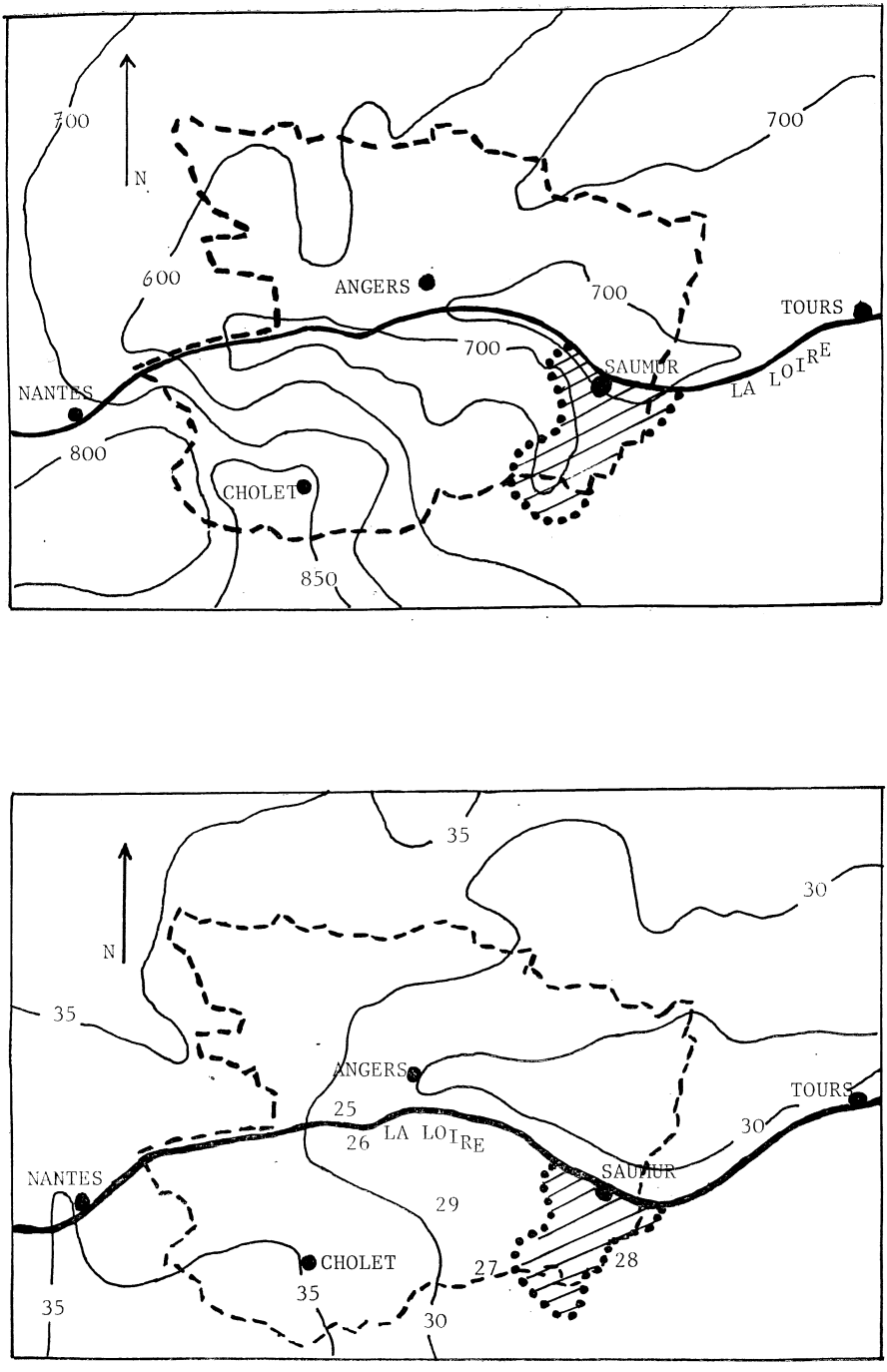
. Les sols non carbonatés dans lesquels plusieurs problèmes agronomiques majeurs peuvent se poser (entretien du taux de matière organique, implantation du système radiculaire, alimentation minérale, dégradation des propriétés physiques).

La vigne trouve donc des conditions de vie très variées et celles d'expression du terroir à travers le vin sont multiples. C'est pour cette raison que nous avons tenté de faire une première approche sur une méthodologie de caractérisation d'une zone viticole de cru (Saumurois), basée sur l'étude de plusieurs critères du milieu (géologiques, pédologiques, topographiques, agrophytotechniques).

Le vignoble de Saumur se distribue dans une région qui présente deux secteurs topographiques différents (carte 1) :



Carte 1. — Présentation géographique et topographique du vignoble sédimentaire Saumurois.



Carte 2. — Pluviométrie et indices d'aridité (de Martonne) en Maine-et-Loire.

. une zone de buttes peu élevées (altitude inférieure à 70 m) entourées de dépressions,

. une zone constituée par un plateau au voisinage de la Loire (localement appelé « la Côte »), plus élevé (pouvant atteindre 100 m) et entaillé de vallées sèches profondes.

Le climat est doux (moyenne annuelle 11°4 à Angers) et sec (600 mm/an à Angers). Les exigences thermiques du cycle végétatif de la vigne y sont satisfaites et l'ensoleillement de l'arrière saison est très favorable à la maturation du raisin mais il contribue à un déficit hydrique annuel important (220 mm à Angers). Plus précisément le vignoble s'est concentré dans des zones de relative « aridité du climat » (vallées du Layon, de la Loire, du Thouet) pour déserter complètement les régions voisines (Mauges en particulier) nettement plus humides (carte 2).

L'étude pédologique doublée d'une cartographie systématique au 1/25.000 (MORLAT, 1975) a montré une très grande hétérogénéité des sols, qui tient à deux causes principales :

. un éventail important de faciès géologiques du Crétacé et du Tertiaire,

. une topographie relativement « tourmentée ».

DONNEES SUCCINCTES SUR LES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS VITICOLES DU SAUMUROIS

SOLS DEVELOPPES SUR FORMATIONS CARBONATEES (voir tableau I)

Nous observons dans le Saumurois plusieurs roche-mères carbonatées qui appartiennent aux étages géologiques du Cénomanien, Turonien et Bartonien. Il s'agit de marnes ou de roches consolidées telles que des craies et des calcaires lacustres. Ce dernier faciès ne sera pas étudié, car il est peu exploité par la vigne.

Sur la craie limono-argileuse et les marnes (Turonien inférieur et supérieur) qui se rencontrent surtout dans le sud du vignoble (plaines et buttes témoins) nous trouvons des sols très calcaires, minces (rendzines sur les pentes) et des sols plus épais en voie de décarbonatation (sols bruns calcaires) ou totalement décarbonatés (sols bruns calciques à eutrophes). Tous ces sols sont bien pourvus en matière organique et ont de bonnes propriétés physiques. Dans les sols les plus évolués il y a souvent différenciation d'un horizon d'accumulation des carbonates de lixiviation (Bca) vers 70 à 80 cm de profondeur, abondamment exploité par les racines de vigne et qui entraîne des chloroses d'année sèche, très graves (DUPONT, 1978).

Sur craie sablo-glauconieuse (Turonien moyen) nous trouvons la majeure partie du vignoble traditionnel. Cette roche se rencontre sur les flancs de plusieurs buttes (Brézé, Bizay, St-Cyr-en-Bourg) et sur les pentes des

vallées sécantes du plateau de Montsoreau. Sur cette roche-mère l'altération des glauconies est responsable d'une pédogénèse particulière (MORLAT, 1978) caractérisée par une argilisation *in situ* des horizons (B) structuraux (figures 1 et 2).

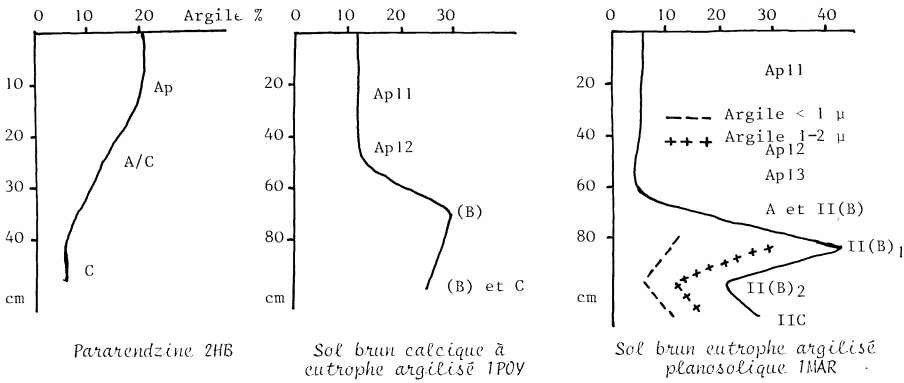


Fig. 1. — Evolution des teneurs en argile dans les sols sur craie sablo-glauconieuse.

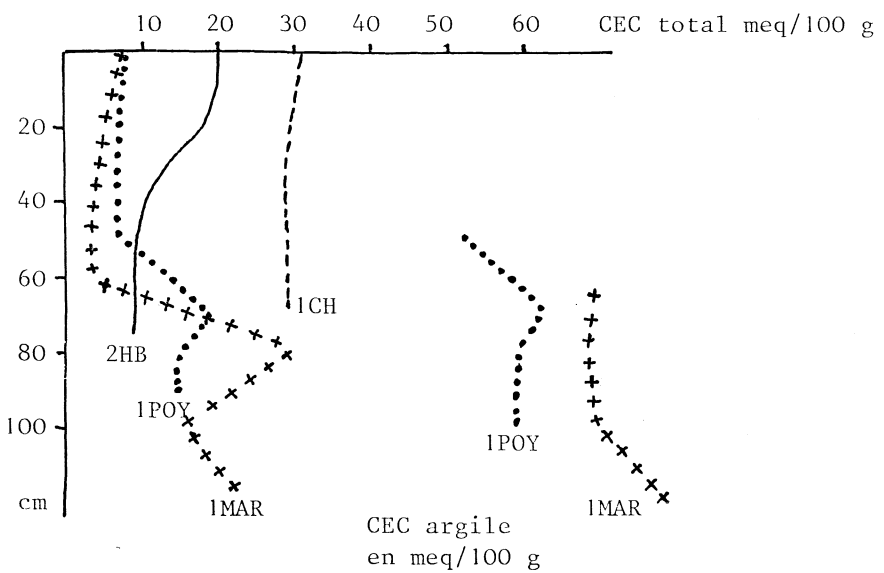


Fig. 2. — Evolution de la capacité d'échange cationique dans les sols sur craie sablo-glauconieuse.

Sur les pentes nous trouvons des sols jeunes calcaires sablo-argileux du type pararendzines qui peuvent passer aux sols bruns calcaires plus argileux sur certains petits replats. En position horizontale la décarbonatation est totale et il se développe des sols enrichis en argile en profondeur alors que les horizons de surface restent sablo-argileux (figures 1 et 2).

TABLEAU I

Principaux Types de sols du Saumurois et Caractéristiques Viticoles

GEOPEDOLOGIE	MILIEU	CARACTERES PHYSIQUES	CARACTERES CHIMIQUES	RESERVES HYDRIQUES DRAINAGE
Rendzines grises et sols bruns calcaires minces sur craie limono-argileuse du Turonien inférieur	Plaines dominantes Buttes	Texture limono-argileuse, caillouteuse Bonne structure Pas de compactage	Bonnes teneurs en MO (2 à 2,5 %). CEC moyenne à bonne (10 à 25 meq/100 g). Problèmes de chlorose ferrique	Bon drainage. Réserves moyennes (70 mm). Craie très peu exploitée
Sols bruns calcaires à calciques sur craie limono-argileuse		Texture limono-argileuse à argilo-limoneuse		Bon drainage. Bonnes réserves (90 - 100 mm)
Pararendzines et sols bruns calcaires sur craie sablo-glauconieuse du Turonien moyen	Buttes dominantes Vallons	Texture sablo-argilo-limoneuse Pas de compactage Assez caillouteux	Teneurs moyennes à bonnes en MO (1,5 à 2 %). CEC moyenne (10 à 15 meq). Bien pourvu en K et Mg. Contribution de la craie	Drainage excellent. Réserves du sol moyennes à faibles (50 mm) mais contribution de la craie
Sols bruns calciques argilisés sur craie sablo-glauconieuse		Texture sablo-limono-argileuse passant à argilo-sablo-limoneuse en (B) Pseudo battance en surface Structure se dégradant en surface Forte différenciation texturale	Teneurs en MO moyennes à faibles (1-1,5 %). CEC augmentant nettement dans l'horizon (B) (20 à 30 meq/100 g). Bonnes teneurs en K et Mg. Plus faible contribution de la craie	Drainage moins bon. Très faible engorgement en période pluvieuse au-dessus du (B) dans les sols les plus argilisés. Bonnes réserves (90 - 100 mm). Contribution de la craie plus faible
Sols bruns eutrophes à mésotrophes argilisés planosoliques sur craie sablo-glauconieuse et sables glauconieux du Turonien supérieur				
Sols bruns calcaires à calciques sur marnes du Turonien supérieur	Buttes dominantes Plateaux	Texture argilo-sableuse Bonne structure Pas de compactage	Chlorose ferrique fréquente	Bon drainage. Réserve moyenne à bonne (60-70 mm). Contribution marne non chiffrée
Sols peu évolués à bruns, sableux sur Sénonien	Buttes dominantes Vallons	Texture sableuse grossière Mauvaise structure	Très pauvres en MO (< 1 %). CEC très faible (< 7 meq/100 g) souvent acides. Pauvres en Mg	Drainage rapide. Très faibles réserves (30 mm)
Sols bruns modaux à mésotrophes sur Tertiaire caillouteux et alluvions anciennes du Thouet	Plateaux replats de terrasse	Sables à sables argileux caillouteux sur grès	Teneurs faibles en MO (1 à 1,5 %). Neutres ou légèrement acides. Pauvres en Mg en Mn	Très faibles réserves si la texture est sableuse (20-30 mm). Plus élevées si elle est sablo-argileuse. Engorgement au-dessus du grès en période pluvieuse
Sols bruns faiblement lessivés sur IIBt de sol lessivé ancien sur Senonien	Vallons dominants	Texture sableuse légèrement argileuse sur horizons argilo-sableux. Assez bonne structure	Teneurs faibles en MO (1 à 1,5 %). CEC augmentant en profondeur (20 meq/100 g). Neutres ou légèrement acides. Pauvres en Mg	Drainage assez bon. Petite nappe perchée au-dessus de l'argile (90-100 cm). Réserves > 90 mm. Contribution argile sableuse
Sols lessivés dégradés glossiques à pseudogley sur Senonien et Tertiaire	Plateaux et buttes dominantes	Texture sablo-argileuse en surface sur argile-sableuse. Mauvaise structure Compactage possible	Pauvres en MO (1 à 1,5 %). Originellement acides	Bonnes réserves > 100 mm. Nappe perchée vers 50 cm en période pluvieuse
Sols bruns lessivés souvent resaturés sur limons des plateaux	Plateaux	Texture limoneuse en surface sur argile limoneuse Battance et compactage	Pauvres en MO (1-1,5 %) Sols saturés. CEC élevée (20 meq.) Pauvres en K.	Très bonnes réserves surtout en Bt (> 200 mm). Nappe perchée à — 40-50 cm en riode pluvieuse

Principaux Types de sols du Saumurois et Caractéristiques Viticoles

ENRACINEMENT	ALIMENTATION HYDRIQUE	TOPOGRAPHIE	POTENTIALITE VITICOLE	DEGRE D'EXPLOITATION VITICOLE	AMENAGEMENTS CORRECTIFS
Superficiel très divisé. Ne colonise pas la craie	Satisfaisante. Pas de contribution directe de la craie	Pentes (souvent < 40 m)	Bonne Risques de gelées dans certains secteurs	faible à très faible	Lutte contre la chlorose d'année humide
Subplongeant très ramifié dans le Bca s'il existe	Bonne mais en période sèche surtout à partir du Bca	Replats de pentes bas de pentes plaine (< 35 - 40 m)		très faible	Lutte contre la chlorose d'année sèche
Plongeant. Grosses racines se divisant largement dans la craie	Très bonne. Contribution directe de la craie. Régulation	pentes (souvent > 40 m)	Excellente	très élevé	Maintenir le taux de matière organique
Plongeant. Très ramifié dans l'horizon (B). Peu développé dans la craie	Très bonne surtout à partir du sol. Contribution directe de la craie diminuant	Replats de pentes bas de pentes plateaux haut de buttes (> 35 m)	Bonne. Risques de gelées dans certains secteurs	très élevé	Maintenir le taux de matière organique. Bonnes techniques de travail du sol
Superficiel à subplongeant se divise dans le Bca anastomosé.	Satisfaisante	Pentes, replats haut de buttes (> 55 - 60 m)	Bonne	élevé	Lutte contre la chlorose d'année sèche
Subsuperficiel. Très peu divisé	Très mauvaise. Sécheresse estivale accentuée	Pentes. Hauts de butte (60-70 m)	Mauvaise	moyen	Apports massifs de fumier ; remonter le pH. Fertilisation équilibrée. Apports de Mg et Mn
Superficiel à subsuperficiel. La division racinaire dépend de la texture, bonne dans les textures sablo-argileuses	Mauvaise dans les texturres les plus sableuses. Risques de sécheresse estivale	Plateaux buttes (80-90 m) Zones basses pour alluvions anciennes (< 25 m)	Moyenne à bonne	moyen	Maintien du taux de matière organique. Fertilisation raisonnée. Apports de Mg et Mn
Plongeant à deux niveaux d'établissement. Très divisé dans l'argile sableuse	Bonne, surtout à partir de l'argile sableuse en période sèche. Régulation	Pentes, fonds de petits talwegs plateaux (70-80 m)	Bonne. Risques de gelées dans certains secteurs	moyen à élevé	Maintien du taux de matière organique et du pH
Plongeant. Grosses racines se divisant dans l'horizon Btg presqu'exclusivement dans les langues de dégradation.	Bonne, surtout à partir de l'horizon Bt	Plateaux hauts de butte (80-90 m)	Moyenne	élevé	Apports matière organique. Fertilisation raisonnée. Apports de Mg + Mn. Assainissement
Subsuperficiel. Peu développé dans l'horizon Bt	Moyenne à mauvaise. Pas de régulation. Peu de contribution directe du Bt	Plateau (45-50 m)	Moyenne	très élevé	Maintien du taux de matière tassique. Assainissement et décompactages par sous-solage de l'horizon Bt.

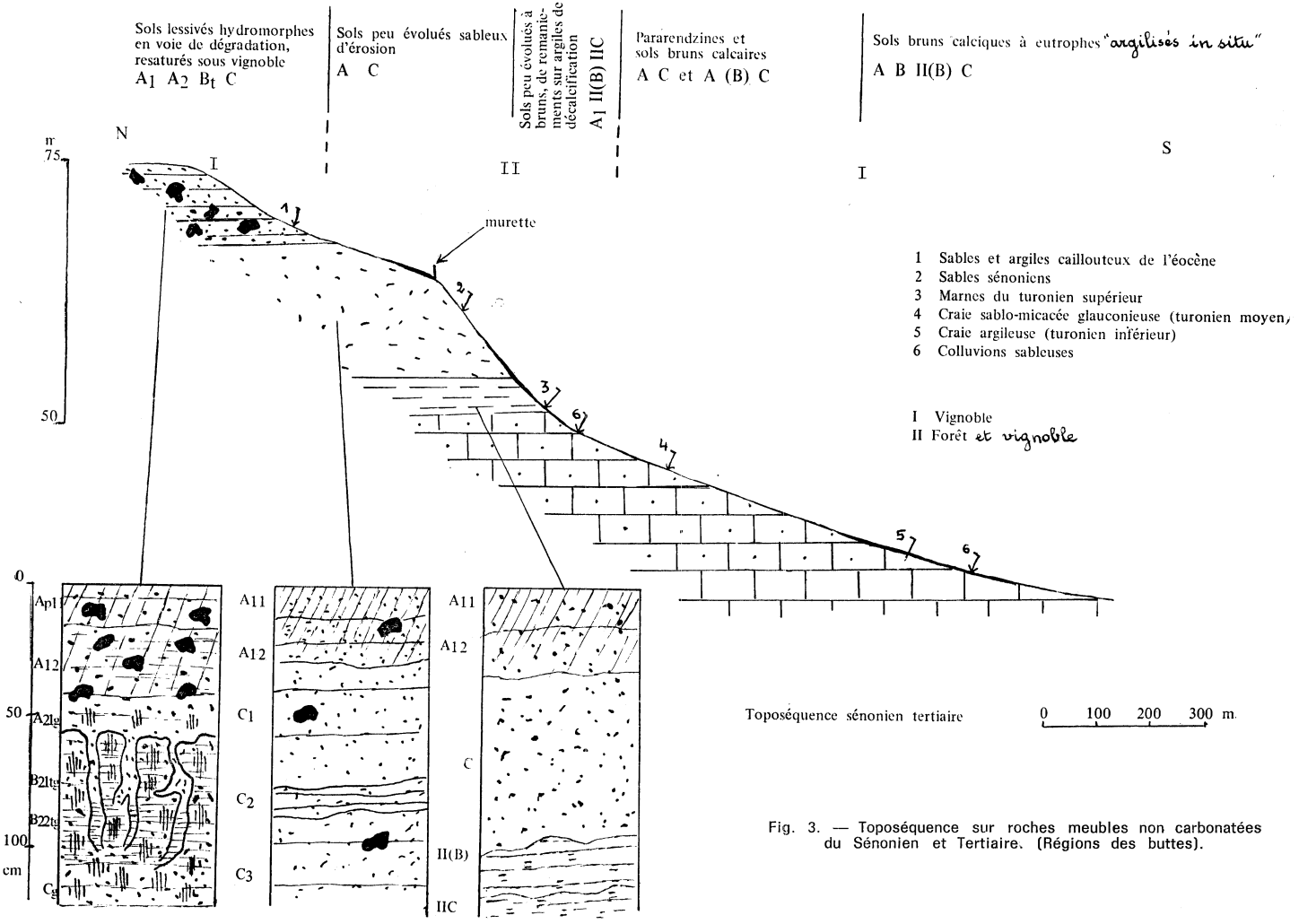
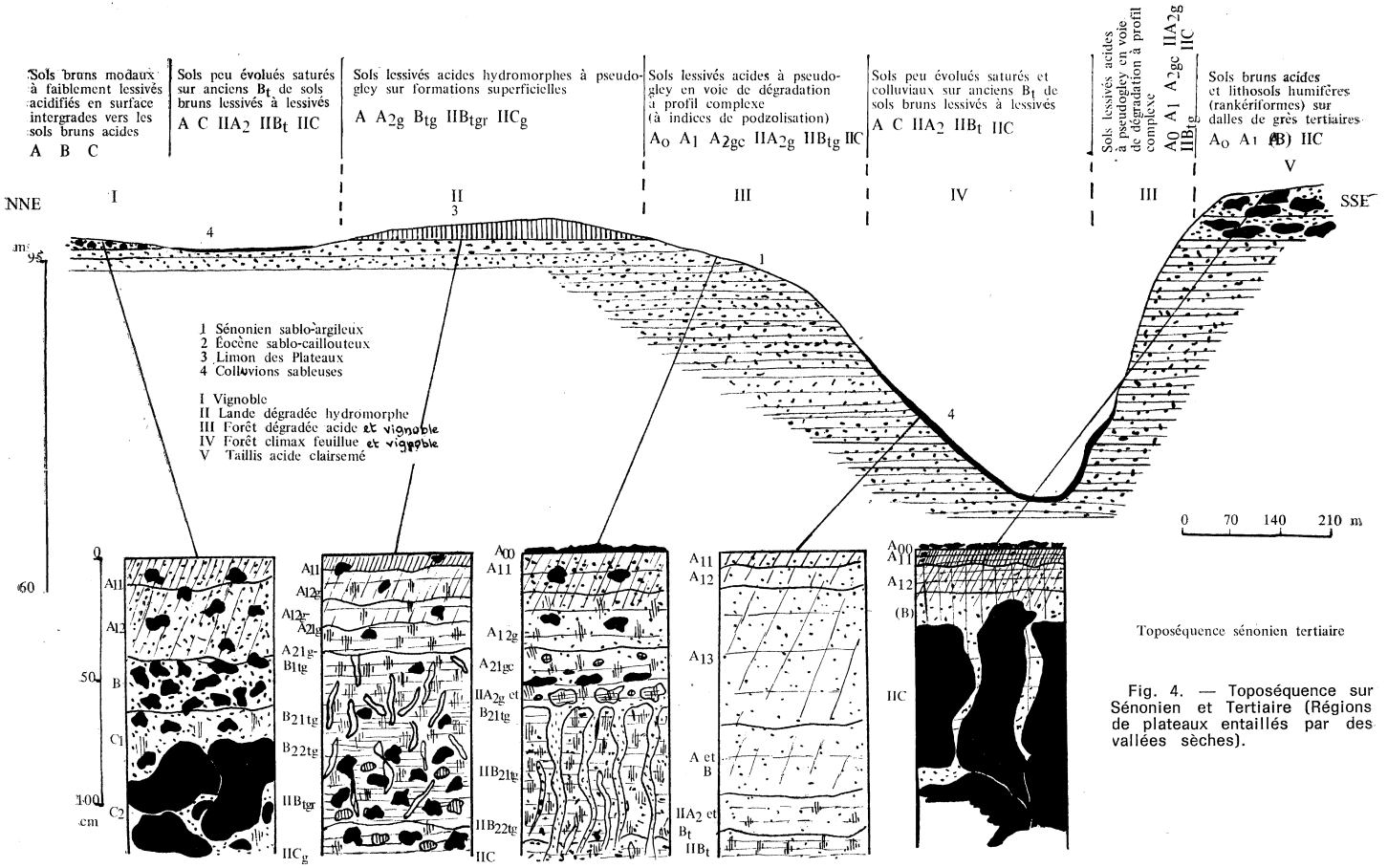


Fig. 3. — Toposéquence sur roches meubles non carbonatées du Sénonien et Tertiaire. (Régions des buttes).



Toposéquence sénonien tertiaire

Fig. 4. — Toposéquence sur Sénonien et Tertiaire (Régions de plateaux entaillés par des vallées sèches).

SOLS DEVELOPPES SUR ROCHES MEUBLES NON CARBONATEES
(voir tableau I)

La partie nord du Saumurois (région de Saumur, Champigny, Fontevrault) présente une importante surface occupée par des roche-mères silico-argileuses, caractérisées souvent par une saturation quasi-complète en cations. Elles donnent naissance à des sols neutres en profondeur mais souvent légèrement acidifiés en surface sous végétation naturelle. Les formations géologiques concernées sont les suivantes :

. le Sénonien sableux et argilo-sableux (1TM, 1VAR), *

. l'Eocène sablo-argileux (1CI), *

. les formations superficielles limono-argileuses ou sablo-argileuses. Dans cette partie nous donnons les caractéristiques des sols les plus fréquemment rencontrés sous vigne (1PAR, 1HB). *

Sur le Sénonien (figures 3, 4 et 5) il existe des sols peu acides (pH 6 à 7) avec des horizons sableux épais(120 à 150 cm) reposant sur des argiles sableuses assez bien structurées. Dans certains cas on observe un léger enrichissement en argile en profondeur attestant une dynamique de lessivage. Lorsque la roche-mère devient très sableuse il se développe des sols très maigres, acides et pauvres en matière organique. L'évolution pédologique y est difficile à saisir en raison de la faible teneur en argile (sols peu évolués ou bruns acides).

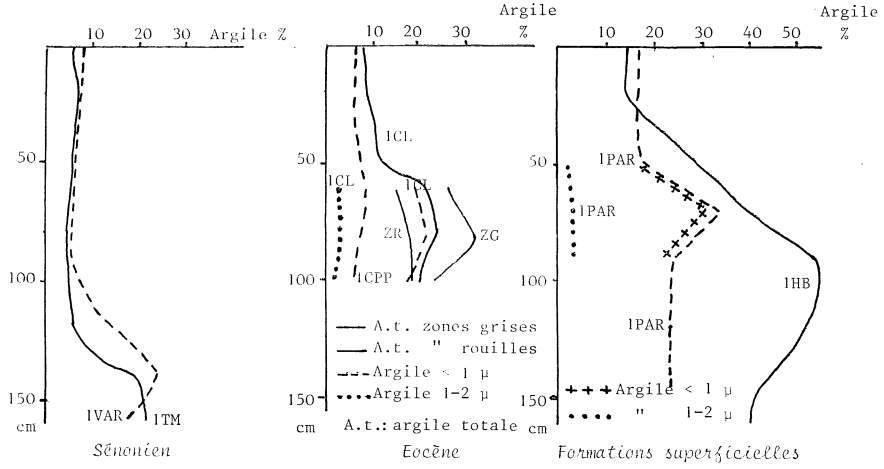


Fig. 5. — Evolution de la teneur en argile dans les sols sur Sénonien, Tertiaire et limons.

Sur les sables argileux et acides du Sénonien et de l'Eocène qui se rencontrent au sommet des buttes ou en position de plateau (région nord du Saumurois) nous trouvons des sols caractérisés par deux processus pédologiques principaux (figures 4 et 5) :

* Profils pédologiques types étudiés.

— un entraînement des particules fines (argile, limons fins) en profondeur, responsable de la création d'un horizon argilo-sableux, vers 40 à 50 cm, très imperméable, surmonté par des horizons sableux à sablo-argileux souvent acides.

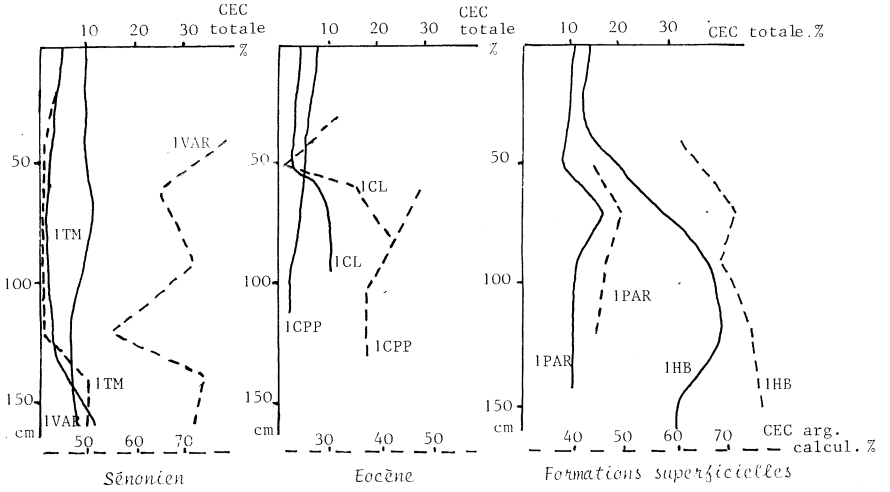


Fig. 6. — Evolution de la capacité d'échange cationique dans les sols

— une hydromorphie poussée en période pluvieuse se manifestant par l'établissement d'une nappe perchée au-dessus de l'horizon d'accumulation d'argile (Bt), dans l'horizon lessivé (A_2), Le mauvais drainage se caractérise dans ces sols par des taches ocre alternant avec des taches grisâtres, alors que souvent il existe des nodules ferromanganiques très durs dans la zone de battement.

Dans ces sols lessivés hydromorphes et acides, le stade le plus poussé correspond à des profils où l'horizon lessivé s'approfondit et s'épaissit pour former des langues grises dans l'horizon argileux sous-jacent, et qui se comblent d'argile à leur base. Cela a pour conséquence une compaction très importante en profondeur avec une accentuation de l'hydromorphie et de l'acidité en surface.

Sur les grès et poudingues de l'Eocène nous trouvons des sols peu épais (30 à 50 cm) reposant sur une assise caillouteuse impénétrable aux racines de vigne. Suivant les cas deux types de texture se rencontrent :

- sablo-caillouteux avec des sols très séchants et acides (1CPP), *
- sablo-limono-argileux avec des sols plus épais et souvent moins acides que les précédents.

Il s'agit de sols bruns pouvant évoluer dans certains cas vers des sols bruns faiblement lessivés, qui sont alors plus épais et plus riches en argile en profondeur.

* Profil pédologique type étudié.

L'examen des courbes-enveloppes (figure 7), des teneurs en éléments grossiers, montre une concentration en surface (horizons Ap) ; mais dans le Saumurois contrairement à d'autres régions viticoles, les sols de vignoble ne sont pas significativement plus caillouteux que ceux consacrés à d'autres cultures.

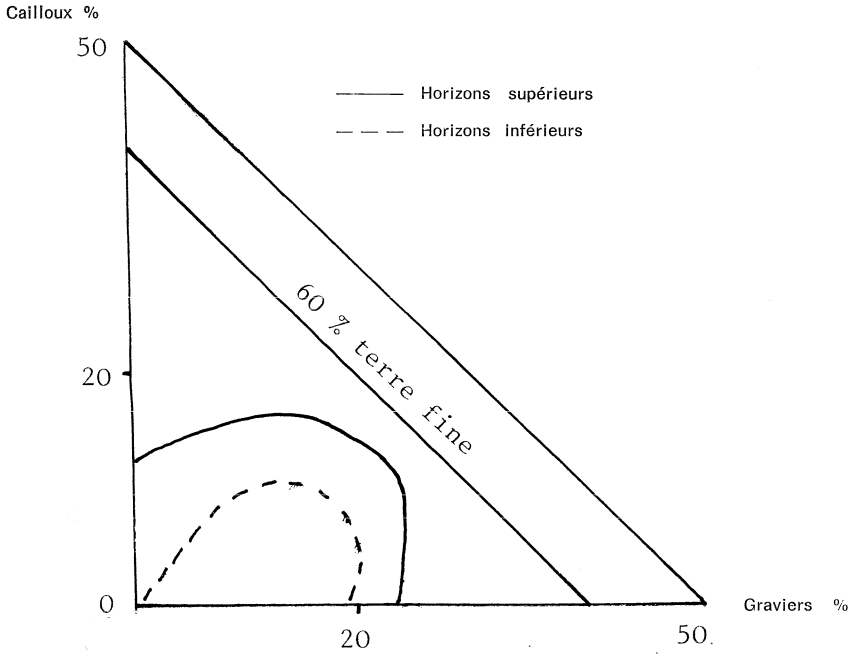


Fig. 7. — Diagramme des courbes enveloppes pour les éléments grossiers (> 2mm) dans les sols viticoles du Saumurois.

La gamme des textures est étendue (fig. 8). Sur craie limono-argileux les rendzines grises et les sols bruns calcaires ont un taux d'argile voisin de 30 p. 100, avec une teneur relativement élevée en limons (25 à 35 p. 100). Sur craie sablo-glauconieuse (très exploitée par le vignoble) les valeurs en argile et limon sont voisines et moyennes à faibles (18 à 20 p. 100), alors que celles en sable sont plus fortes (60 p. 100) pour les pararendzines et les sols bruns calcaires. Par contre, dans les sols bruns calciques et eutrophes la texture des horizons (B) devient plus argileuse (30 à 40 p. 100). Sur Turonien supérieur il existe d'une part des sables calcaires très pauvres en argile (3 à 5 p. 100) et des marnes consolidées donnant naissance à des sols de texture argilo-sableuse. Les formations sénoniennes et tertiaires portent surtout des sols sableux en surface (60 à 80 p. 100), mais pouvant présenter des horizons profonds sablo-argileux à argilo-sableux (20 p. 100 argile en moyenne). Les formations superficielles du plateau de Montsoreau engendrent des terrains limono-argilo-sableux en surface et

argilo-limono-sableux en profondeur. **La comparaison des textures montre que dans les sols de vignoble du Saumurois les pôles limoneux et argileux extrêmes sont toujours éliminés alors que le pôle sableux est bien représenté ; la valeur moyenne correspondant à une texture équilibrée.**

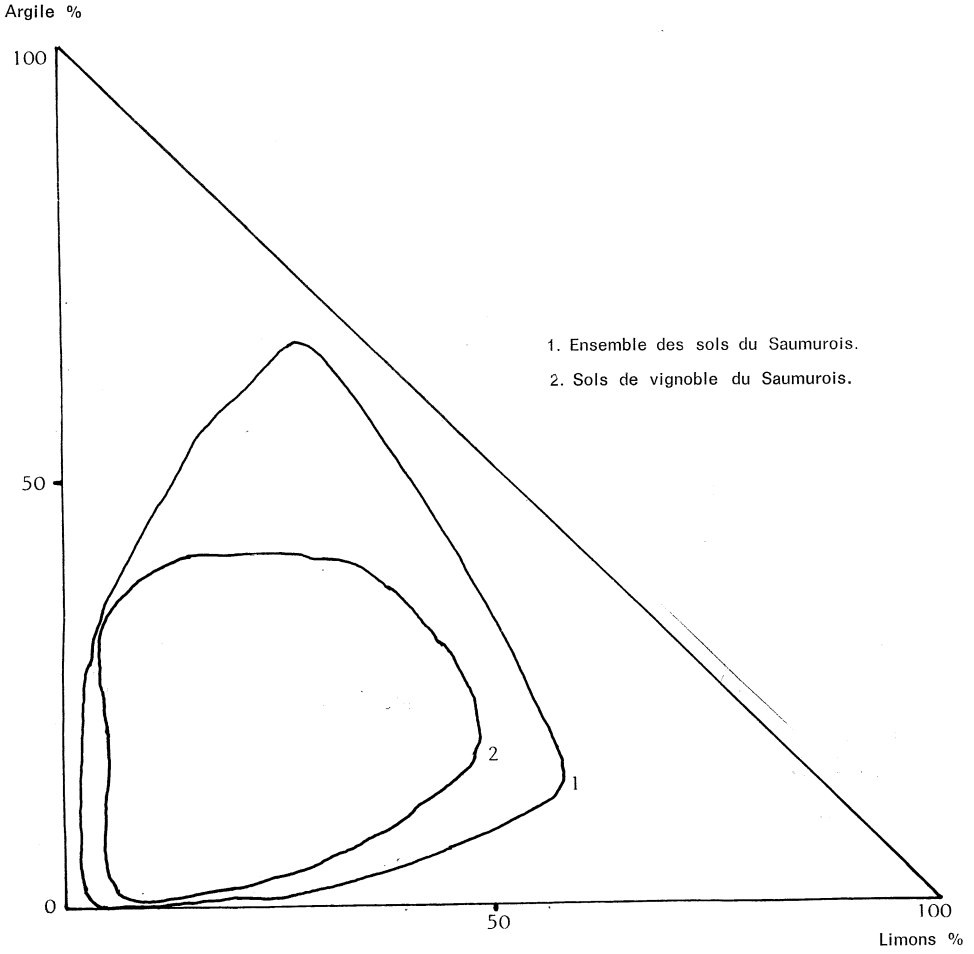


Fig. 8. — Diagramme des courbes enveloppes texturales des sols du Saumurois.

CARACTERISTIQUES STRUCTURALES DES SOLS

Nous avons utilisé pour cela le test d'HENIN et *al.* (1958) à deux composantes :

. l'indice Is d'instabilité structurale qui augmente d'autant plus que l'état d'agrégation du sol est mauvais,

. l'indice K de percolation peu représentatif de la perméabilité en place d'un sol, mais qui permet un classement des échantillons.

Les sols qui dérivent de la craie sablo-glauconieuse ont des indices d'instabilité relativement élevés en surface (Is = 2,22) en raison d'une texture à dominante sableuse. Ce sont les sols bruns calciques et eutrophes qui sont les plus mal structurés de cette séquence. Cela provient d'une granulométrie caractérisée par une prépondérance de sables fins (50 à 100 µ) qui ont un comportement voisin de celui des limons (battance). Par contre l'indice K est toujours satisfaisant (9,5 cm/h) et traduit une percolation rapide de l'eau dans ces sols. Notons que dans les sols bruns calciques et eutrophes la différenciation texturale brutale entre horizons et la relative pseudobattance de surface peuvent gêner, en année humide, l'établissement des jeunes plantations.

Pour les sols sur craie limoneuse l'indice Is est plus faible que dans le cas précédent (Is = 1,5) et est dû à une teneur en argile plus grande (30 p. 100 en moyenne), alors que le taux de sables fins est moins élevé. Par ailleurs, nous notons une amélioration de la structure en profondeur (horizons B ou A/C) qui peut coïncider d'une part à une augmentation de la teneur en argile et d'autre part à une protection contre la dégradation de la structure causée par les passages fréquents des engins sous vigne. L'influence du facteur argile sur la stabilité de la structure est d'ailleurs mise en évidence pour les sols calcaires par l'équation de régression linéaire suivante :

$Is = 0{,}025A + 0{,}02 \quad (r = 0{,}588 \quad P < 0{,}001 \quad n = 31)$
A = argile en p. 100.

Les sols lessivés à pseudogley, peu évolués et bruns faiblement lessivés sur Sénonien et Tertiaire sont très mal structurés (Is = 3,08) en surface. L'indice Is s'améliore dans les horizons d'accumulation (Is = 2,67). L'indice de percolation assez élevé en surface (K = 8,5 cm/h) chute dans les horizons d'accumulation (K = 4 cm/h). Leur porosité totale est faible (38 p. 100).

Enfin les sols sur limons de Montsoreau sont mal structurés et battants en surface, avec une « perméabilité » faible (K = 3,4 à 4,8 cm/h).

Pour ces deux dernières catégories de sols, le drainage avant plantation ou tout au moins l'évacuation de l'eau excédentaire de surface seraient souhaitables.

PROPRIETES CHIMIQUES DES SOLS

Nous enregistrons une teneur moyenne très élevée des horizons de surface en phosphore assimilable (0,57 p. 1000) qui résulte d'une inadaptation des apports vis-à-vis des faibles besoins de la vigne en cet élément. Dans la plupart des cas des économies substantielles pourront être faites en matière de fumure phosphatée.

En ce qui concerne le potassium il faut distinguer plusieurs cas :

— Les sols sur craie limono-argileuse sont très riches en surface

(0,53 p. 1000 en K) mais s'appauvrissent nettement en profondeur (0,06 p. 1000 en K).

— Sur craie sablo-glauconieuse les sols sont bien pourvus dans les horizons supérieurs (0,33 p. 1000 en K) et présentent des teneurs encore acceptables dans les horizons (B) d'altération (0,17 p. 1000 en K).

Bien entendu la fertilisation explique les taux élevés en surface, mais par contre les différences enregistrées au niveau des horizons profonds en faveur des sols sur craie sablo-glauconieuse peuvent traduire dans une certaine mesure l'importance de la fourniture en potassium par les glauconies, déjà signalé par certains auteurs (McRAE, 1972 ; McRAE, 1975).

— Sur les limons de la région de Montsoreau les teneurs en potassium sont moyennes en surface (0,14 p. 1000 en K), mais chutent dans les horizons Bt sous-jacents (0,10 p. 1000 en K).

— Enfin les sables et argiles du Sénonien et Eocène engendrent des sols pauvres en cet élément en profondeur (0,07 p. 1000 en K).

Les sols viticoles du Saumurois sont diversement pourvus en magnésium. Ceux développés sur formations carbonatées présentent des teneurs assez satisfaisantes sur l'ensemble du profil (0,10 p. 1000 en Mg en moyenne). Par contre les sols situés sur Sénonien et Eocène sont toujours plus pauvres (0,05 p. 1000 en Mg) et dans ce cas les vignes présentent souvent des manifestations de carence en cet élément.

La matière organique est un des plus importants facteurs de fertilité des sols viticoles du Saumurois en ce qui concerne les propriétés physiques. Elle a, en particulier, un effet supérieur à celui de l'argile sur la structure du sol, qui s'exprime par l'équation de régression négative suivante :

$$10\ Is = 9{,}833\ MO - 0{,}863 \quad (r = -0{,}621 \quad P < 0{,}001 \quad n = 56)$$

ou Is = Indice d'instabilité struturale d'HENIN
MO = Matière organique en p. 100.

L'indice s'améliore si on intègre le fer libre.

$$10\ Is = 22{,}19\ \Sigma\ (MO + Fer)^{-1{,}17} \quad (r = -0{,}652,\ P = 0{,}001,\ n = 52)$$

MO en p. 100.
Fer en p. 100.

De même il existe une relation statistique positive assez étroite entre le coefficient de percolation K (d'HENIN) et la teneur en matière organique (MO).

$$10\ K = 0{,}270\ MO + 1{,}47 \quad (r = 0{,}658 \quad P < 0{,}001 \quad n = 56).$$

Nous pouvons classer les sols en deux grandes catégories vis-à-vis du taux de matière organique :

— L'ensemble des sols sur craie, en général bien pourvus (2 à 2,5 p. 100) sauf pour les bruns eutrophes et calciques sur craie sablo-glauconieuse et sols sableux calcaires du Turonien supérieur.

— L'ensemble des sols sur limons et sur sables beaucoup plus pauvres (1 à 1,5 p. 100) dans lesquels l'influence de la matière organique sur les propriétés physicochimiques est très importante, en raison d'une acidité plus élevée, des problèmes de battance, de la moins grande richesse en argile.

RESERVES EN EAU, ALIMENTATION HYDRIQUE ET ENRACINEMENT

Sur craie limono-argileuse la réserve utile est importante (70 mm pour les rendzines, supérieure à 100 mm pour les sols bruns calcaires) en raison d'une texture fine et d'une bonne teneur en matière organique. En culture traditionnelle, dans les rendzines l'enracinement est très superficiel et surtout composé de racines de diamètre inférieur à 5 mm et ne colonise jamais la craie. Notons que les travaux culturaux détruisent périodiquement la fraction racinaire de surface. Pour les sols bruns calcaires plus profonds le rapport $\frac{\Sigma \text{ RP } \varnothing < 5 \text{ mm}}{\Sigma \text{ RP } \varnothing > 5 \text{ mm}}$ * diminue et le système racinaire devient sub-plongeant sans coloniser la craie. S'il existe un horizon d'accumulation de carbonates (Bca) en profondeur la tendance plongeante de l'enracinement s'affirme et il y a une intense colonisation de ce niveau par les racines de diamètre inféreur à 1 mm en raison de ses réserves hydriques élevées (DUPONT, MORLAT et SALETTE, 1978). Des chloroses d'années sèches se déclenchent alors, car l'horizon Bca est très défavorable du point de vue chimique.

Sur craie sablo-glauconieuse les sols les plus jeunes (pararendzines, sols bruns calcaires peu argilisés) ont une réserve utile nettement plus faible (Réserve Utile inférieure à 60 mm). L'enracinement est plongeant et peut atteindre couramment 5 à 6 m de profondeur grâce à de grosses racines de diamètre supérieur à 5 mm, qui se divisent dans la craie friable. En ce qui concerne les sols « *sensu stricto* », la densité racinaire est plus faible que pour les sols sur craie limono-argileuse et le pourcentage de racines de diamètre inférieur à 2 mm y est également plus réduit. Il semble bien que la fraction concentrée dans la craie ait une importance plus grande pour l'alimentation hydrique de la vigne que celle existant dans le profil proprement dit et malgré des réserves hydriques du sol relativement modestes les besoins de la vigne sont assurés durant la période estivale grâce à la craie.

---

* Σ R P = enracinement existant dans le profil pédologique pour la classe de diamètre considérée.

* Σ R P = enracinement total existant dans le profil pédologique.
Σ R C = enracinement total existant dans la roche-mère crayeuse.

Dans les sols bruns eutrophes argilisés le rapport $\frac{\Sigma\ RP^*}{\Sigma\ RC}$ est supérieur à 1. Il y a une grande densité racinaire de diamètre supérieur à 5 mm dans l'horizon (B) alors que la fraction de diamètre inférieur à 2 mm est bien représentée dans l'horizon Ap, mais colonise aussi les prismes structuraux de l'horizon (B). Cette contribution est commandée par des réserves en eau du sol élevées (supérieures à 90 mm). L'alimentation hydrique de la vigne est alors surtout assurée par le sol et la fourniture par la craie diminue.

Sur Sénonien et Tertiaire plusieurs cas se rencontrent :

• **Les sols à forte différenciation texturale,** constitués par des profils comprenant des horizons sableux épais (80 cm à 1 m) avec un taux d'argile compris entre 5 et 15 p. 100 et qui reposent sur des niveaux argilo-sableux. Les réserves hydriques du sol sont élevées (supérieures à 90 mm). L'enracinement est constitué de deux niveaux, un niveau d'établissement superficiel qui colonise l'horizon Ap et représenté par des racines de diamètre supérieur à 5 mm en majorité, mais se ramifiant en fines radicelles ; un niveau profond constitué par des grosses racines plongeantes qui se divisent intensément dans l'horizon argilo-sableux sous forme de chevelu très abondant. Il est intéressant de noter qu'il y a une exploitation sélective des zones grises par rapport aux zones rouilles de l'horizon argilo-sableux. Il faut remarquer qu'il y a des différences très nettes entre les propriétés physicochimiques de ces deux types de zones (Tableau II). Notons enfin que l'alimentation hydrique estivale de la vigne est régulière et surtout assurée par les racines profondes.

• **Les sols bruns modaux à bruns faiblement lessivés** sablo-limoneux, dans lesquels les réserves hydriques sont moyennes à faibles (40 mm) et comportant des blocages caillouteux à faible profondeur. L'enracinement est subsuperficiel et assez divisé mais ne pénétrant pas les grès ou poudingues. L'alimentation hydrique estivale est donc peu régulière et très liée à la pluviométrie. Enfin de nombreux cas de carences en Magnésie et Manganèse s'observent dans ces types de sol.

• **Les sols sableux acides (peu évolués acides et bruns acides)** qui contiennent moins de 5 p. 100 d'argile et ont des réserves hydriques très faibles (inférieures à 25 mm). Dans ce cas l'enracinement est peu dense et constitué surtout par des racines de diamètre compris entre 5 et 10 mm qui se divisent très peu. Il est de type subsuperficiel et établi en général entre 0 et — 60 cm. Les mauvaises conditions d'alimentation hydrique doublées parfois de problèmes chimiques (acidité, carences en magnésie et potasse, phytotoxicité du manganèse) sont les facteurs limitants du développement.

TABLEAU II

Caractéristiques physicochimiques des horizons d'un profil de sol lessivé dégradé glossique resaturé à pseudogley sur tertiaire et enracinement de la Vigne

HORIZONS	Is	K	Porosité %	CR %	Argile %	CEC *	Ca ++ *	Mg ++ *	K + *	Na + *	MO %	Exploitation racinaire
Ap et A2g 0 — 40 cm	3,08	8,49	38,4	6,9	10,2	5,1	7,9	0,13	0,21	0,003	0,80	Moy. à faible
Btg 40 — 105 cm	2,67	3,99	37,6	16,0	21,2	9,2	10,4	10,05	0,38	0,045	0,15	Très élevée
Zones grises du Btg	3,73	2,41	—	24,0	31,4	12,3	14,5	0,12	0,51	0,070	0,86	Très élevée
Zones rouilles du Btg	3,98	2,50	—	12,5	17,7	6,9	8,3	0,06	0,32	0,040	0,30	Nulle

* Résultats exprimés en meq/100 g.

La cartographie de base (lever au 1/10.000) à montré la grande variabilité des sols du vignoble de Saumur. Dans cette région il existe une appellation Saumur Champigny exclusivement en vin rouge avec un seul cépage, le Cabernet franc, qui s'étend sur des terroirs exceptionnels (ex. Turonien moyen) mais aussi sur des sols d'aptitude viticole moindre (Sénonien). Cette situation tend à uniformiser le type de vin et les meilleurs terroirs ne peuvent s'exprimer complètement.

Il apparaît que dans le Saumurois, plus que la notion de sol viticole, c'est le terme de séquence éco-géopédologique qu'il faut considérer. En effet, c'est ce système qui intègre le maximum de facteurs constituant la valeur viticole d'un milieu (ex. topographie, microclimat, caractéristiques physicochimiques, conditions d'alimentation hydrique, type d'enracinement, etc.) et qui prend en compte les caractéristiques du substrat géologique exploitable ou non. Nous avons donc entrepris une cartographie à grande échelle du vignoble de Saumur en intégrant autant que possible le maximum de facteurs précités.

De plus cette méthode ne traite pas le type de sol comme une unité isolée, mais permet d'analyser ses relations et ses dépendances avec les autres termes de la séquence, elle met donc l'accent sur l'aspect pédogénétique. Cela suppose qu'un ensemble de sols appartenant à une séquen-

TABLEAU III

Enracinements comparés dans les différents types de sol pour deux séquences géopédologiques sur craie, du vignoble Saumurois

SEQUENCE GEOPEDOLOGIQUE	CRAIE SABLO-GLAUCONIEUSE				CRAIE LIMONO-ARGILEUSE		
TYPE DE SOL	Pararendzine	Sol brun calcaire	Sol brun calcique argilisé	Sol brun eutrophe argilisé planosolique	Rendzine grise et brun calcaire mince	Brun calcaire à Bca	Brun calcique à Bca
$\frac{\Sigma \text{ RP}}{\Sigma \text{ RC}}$	< 1	$\leqslant 1$	> 1	$\gg 1$	$\gg 1$	$\gg 1$	$\gg 1$

Σ RP : enracinement total existant dans le profil pédologique.

Σ RC : enracinement total existant dans la roche-mère sous jacente (craie).

TABLEAU IV

Exemple d'évolution des principales caractéristiques écogéopédologiques de la séquence sur craie sablo-glauconieuse du vignoble Saumurois

Séquence géopédologique	Type de sol / Caractères	Pararendzine	Brun calcaire	Brun calcique argilisé planosolique	Brun eutrophe à mésotrophe argilisé planosolique
Séquence de la craie sablo-glauconieuse du Turonien moyen (Saumurois)	Profondeur effective de sol	faible (30-40 cm)			élevée (1,20-1,50 m)
	Texture des différents horizons	sableuse à sablo-argil. (Ap et A/C)			sableuse (horizon Ap) argileuse (horizon B)
	Couleur du sol Code Munsell	2,5 Y 5/6			5 Y 4/2
	Structure du sol	moyenne à bonne			peut se dégrader localement battance
	Drainage	très bon			moyen à bon (localement engorgement de Ap)
	Ca CO_3 total	moyen (30-40 %)			nul
	Position topographique	pentes moy. à fortes	pentes faibles	replats de pentes	zones planes et bas de pentes
	Réserves naturelles en K et Mg échang.	faibles			moyennes
	Enracinement	surtout développé dans la craie			presque exclusivement concentré dans le sol
	Réserves hydriques et zones d'utilisation racinaire	Craie (élevées) et bien utilisées			élevées (très utilisées)
		Sol (faibles)			peu utilisées

ce déterminée présente une somme de caractères originels semblables, lesquels peuvent varier ou disparaître selon le stade considéré dans la séquence. Le tableau IV non exhaustif peut être pris comme exemple.

Parmi eux les caractères intéressant directement la valeur viticole seront bien entendu privilégiés. Les variations peuvent aller dans le sens d'une augmentation ou d'une diminution de cette valeur. Cette méthode peut également concerner certains critères liés au végétal et plus particulièrement l'enracinement, comme le montre le tableau III.

C'est ainsi que dans le cas de la séquence géopédologique sur craie sablo-glauconieuse, nous enregistrons des variations au niveau de la répartition du système radiculaire en fonction de l'évolution pédologique croissante. Cela se traduit par une remontée sensible de la « fraction efficace » * de l'enracinement dans le sens Pararendzine → Sol brun eutrophe argilisé planosolique. Cela s'accompagne d'une diminution du phénomène de régulation hydrique si important pour l'obtention d'un moût apte à donner un vin de haute qualité. Par contre dans la séquence sur craie limono-argileuse il n'y a pas les mêmes différences au niveau de l'enracinement dans la mesure ou la roche-mère offre une résistance à la pénétration plus grande aux racines et une fissuration plus faible.

La notion de **séquence écogéopédologique** recouvre en fait, outre les critères géologiques et pédologiques, d'autres conditions de milieu telles que le couple **topographie altitude** d'une part et « **méso-microclimat** » * d'autre part.

En effet, la superposition stratigraphique des couches géologiques dans nos régions d'Anjou et de Touraine ainsi que les résistances relatives et différentielles des roches à l'érosion, permettent d'associer presque toujours un couple topographie altitude à un mésoclimat, correspondant à une séquence globale (tableau I). A l'intérieur de cette séquence il existe **des termes** (types de sols) qui sont liés à des topographies particulières (ex : sols bruns calcique et eutrophe argilisés se développant sur de faibles replats de pente de la séquence globale sur craie sablo-glauconieuse du Turonien moyen) et donc à des microclimats distincts.

En conséquence, il est très difficile d'étudier l'influence respective de chaque groupe de facteurs constitutifs d'une séquence, au point de vue viticole (microclimat, topographie, pédologie, géologie, etc...) dans la mesure où ils varient ensemble. Mais il sera possible d'appréhender la valeur viticole d'un milieu lié à une séquence et de comparer plusieurs « milieux séquences » entre-eux. Dans ce cadre nous n'incluons pas les facteurs relevant de l'agrophytotechnie.

---

* Fraction efficace : partie de l'enracinement fonctionnant de façon préférentielle en période sèche.

* Mésoclimat : intéresse une petite région.
Microclimat : associé à des conditions stationnelles.

Lorsque cette technique de caractérisation peut être mise en œuvre, elle permet de rechercher la Séquence écogéopédologique théorique apte à donner le produit de plus haute qualité, c'est-à-dire certainement le type traditionnel de vin pour une région viticole donnée.

La caractérisation de cette séquence de référence se fait dans un premier temps grâce à l'étude de nombreux critères pédoagronomiques pouvant être quantifiés. A ce stade de l'investigation les autres séquences d'une région peuvent être comparées à la séquence de référence en formulant l'hypothèse suivante :

$$V\ (STR) \geqslant V\ (Sn)$$

où V : valeur viticole
STR : séquence théorique de référence
Sn : séquence quelconque

Il est possible ensuite de procéder à une hiérarchisation des séquences dans un vignoble donné.

Le stade ultime de l'étude est la confirmation de l'hypothèse émise ci-dessus par une analyse fine de la réaction de la vigne en fonction d'une séquence écogéopédologique, du point de vue composition du raisin produit et naturellement du type de vin.

Pour le Saumurois la Séquence théorique de référence est constituée par les termes de la séquence sur craie sablo-glauconieuse du Turonien moyen. Pour une application concrête de la méthode, il faut la coupler avec la cartographie pédologique. Suivant le degré de finesse de caractérisation que l'on souhaite il faudra employer une échelle différente .

séquence globale échelle 1/50 000
termes constitutifs d'une séquence échelle 1/15 000 à 1/25 000

Mais il faut aussi montrer certaines limites de cette méthode, qui sont les suivantes :

— elle ne peut s'appliquer qu'à des régions viticoles de moyenne superficie pour laquelle la séquence de référence est constante et le macroclimat * invariable.

— elle est surtout adaptée à des vignobles établis sur des formations géologiques en superposition stratigraphique normale, ce qui élimine les régions où une tectonique accentuée ou cassante a joué (ex : failles à rejet important, plis divers à faible rayon de courbure).

— elle est difficilement employable dans des régions où les faciès géologiques sont mal définis et variables (ex : vignobles implantés sur des alluvions fluviatiles complexes).

Enfin, il sera intéressant dans les vignobles plantés en cépage Caber-

* Macroclimat : climat de la grande région naturelle.

net franc (vinifié en rouge), de la Moyenne Vallée de la Loire (Saumur, Chinon, Bourgueil) de préciser **le degré de finesse de caractérisation** des différents termes d'une séquence écogéopédologique, pour lequel on enregistre une réponse de la vigne, du point de vue type et qualité du vin.

CONCLUSION

Dans le Maine-et-Loire, département se situant relativement près de la limite septentrionale d'extension de la vigne, les secteurs viticoles correspondent en tout premier lieu à des situations favorables, du point de vue climatique, au développemment de la vigne et à la maturation du raisin. Le Saumurois est constitué par un ensemble de sols très variés dérivés de formations géologiques diverses dans lesquels la vigne trouve des conditions de vie et surtout d'expression différentes. Ce vignoble se caractérise par une succession de buttes et de plateaux colonisés à des degrés divers. Il est à remarquer que le facteur exposition ne semble pas primordial dans la distribution de la vigne pour cette région (le pourtour des buttes étant uniformément planté), alors que l'altitude est un critère assez fidèle de présence de la vigne, avec un seuil aux environs de 35 m.

Au niveau du végétal, l'enracinement reflète bien les différences de milieu rencontrées dans les divers types de sol. Notons que parmi les facteurs d'extension du système racinaire lorsque la résistance à la pénétration n'est pas importante, les **réserves hydriques sont fondamentales.** Dans un sol à capacité de rétention moyenne (ex. pararendzines) mais à réserves hydriques potentielles élevées (possibilité d'exploitation de la craie sous-jacente), l'extension racinaire est maximum. **Au contraire dans un sol se situant en dessous de la fourchette, teneur en argile comprise entre 5 et 10 p. 100, (types sols bruns acides ou eutrophes sur Sénonien) dans les horizons supérieurs et si ces derniers ont une épaisseur supérieure à 50 cm, les très faibles réserves hydriques doublées d'une pauvreté chimique potentielle, entravent considérablement l'extension et la division racinaire.** En ce qui concerne les caractéristiques agronomiques pour la région étudiée, la matière organique occupe la première place.

De cette étude deux type de préoccupations peuvent se dégager :

— Les problèmes agronomiques liés à la viticulture selon le type de sol, et qui intéressent la croissance et la bonne végétation de la vigne. Nous n'avons pas pu aborder tous les facteurs agronomiques. C'est ainsi qu'il reste une étude importante à mener concernant le dessèchement pédonculaire sur certains types de sol (séquence du Turonien moyen) et pour certains cépages (Chenin, Cabernet-Sauvignon).

— La valeur viticole propre de chaque type de sol qui correspond à un ensemble de caractères topographiques, géologiques, pédologiques et agronomiques. Nous n'avons pas pu appréhender tous les caractères et nous ne pouvons conclure définitivement. Il faudra donc analyser beaucoup plus complètement et systématiquement la notion de terroir au travers

d'une étude intégrant l'influence d'une ou plusieurs unités d'une ou plusieurs séquences géopédologiques représentatives du terroir, sur le type de vin.

Enfin le travail effectué dans le Saumurois, nous a permis d'esquisser une **méthodologie de caractérisation d'un milieu viticole de cru,** basée sur la recherche d'une **séquence écogéopédologique de référence** qui sera choisie pour ses composantes viticoles de haut niveau et sa constance pour une région donnée.

Manuscrit reçu le 16 octobre 1978.

RÉSUMÉ

Dans ce travail, on étudie une nouvelle méthode de caractérisation d'un milieu viticole de cru, le vignoble Saumurois dont les divers aspects géopédologiques influent fortement sur le comportement de la vigne (favorable sur sols calcaires, défavorable sur sols non carbonatés). Cette méthode est basée sur la recherche de la séquence écogéopédologique de référence vis-à-vis du type traditionnel de vin élaboré. Pour le Saumurois, il s'agit des termes pédologiques développés sur craie sablo-glauconieuse du Turonien moyen.

SUMMARY

In this work, a new method of characterization of a local viticultural environment is studied, the vineyards of Saumur, the various geopedological aspects which strongly influence the behaviour of the vine (favourable on chalky soils, unfavourable on non carbonated soils). This method is based on the search for the given ecogeopedological sequence in relation to the traditional type of wine made. For the Saumur area, it concerns pedological terms developed with regard to sandy-glauconitic chalk of the mid Turonian.

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wird eine neue Bezeichnungsmethode für das Weinbaumilieu von Saumur ausstudiert, dessen verschiedene geopedologische Aspekte einen sehr grossen Einfluss auf das Benehmen der Weinstöcke ausüben (günstig auf Kalkböden, ungünstig auf Böden ohne Karbonat).

Diese Methode beruht auf der Forschung nach der ökogeopedologischen Sequenz in Bezug auf die Böden auf denen der traditionelle Wein ausgearbeitet wird. Für die Gegend von Saumur handelt es sich um auf sandig-glaukonischer Kreide des Mittelturons entwickelte Böden.

REFERENCES BLIBLIOGRAPHIQUES

DUPONT J., 1978. Les problèmes de l'adaptation de la vigne dans le vignoble de Chinon. *Thèse Doctorat 3e cycle,* 74 p., Université Poitiers.

DUPONT J., MORLAT R. et SALETTE J., 1978. Etude écologique des conditions de manifestation de la chlorose ferrique dans le vignoble de la moyenne Vallée de la Loire. *Note présentée au Symposium International « Ecologie de la Vigne,* 25-29 septembre, Constanta (Roumanie).

HENIN S., MONNIER G. et COMBEAU A., 1958. Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. *Ann. Agron.,* n° 1, 71-90.

MORLAT R., 1975. Les sols du Saumurois : Pédologie et utilisation agronomique appliquée au vignoble. *Thèse Doctorat 3e cycle,* 111 p., 1 annexe, Université de Poitiers.

MORLAT R., 1978. Description des sols (de vignoble) sur craie micacée et glauconieuse du Saumurois (Turonien). Caractères agronomiques liés à la viticulture. *Science du sol,* n° 2, pp. 113-127.

Mc RAE, 1972. Glauconite-Earth Science Reviews, 8, 397-440.

Mc RAE, 1975. The presence of indigenous glauconite in soils and its effects on soil fertility. I. Soils developed on sandy drift (BARMING Series). *J. Agric. Sci. Cam.,* 84, 137-141.
II. Soils developed on Gault Clay (Denchworth Series). *J. Agric. Sci. Camb.,* 84, 143-147.