ÉCOLOGIE DES FORMATIONS RIVERAINES DE LA BASSE ISÈRE

APPLICATION A L'ÉTUDE D'UNE NAPPE PHRÉATIQUE ET DE SES RISQUES DE POLLUTION

par G. PAUTOU, Grenoble,
avec la collaboration de G. CABAUSSEL (1) et J. PORTECOP (2)

I. — CONDITIONS GEOGRAPHIQUES REGIONALES 76
A. — LES CONDITIONS GÉOGRAPHIQUES GÉNÉRALES 76
B. — LES CONDITIONS CLIMATIQUES ET LE RÉGIME DE L'ISÈRE 77
C. — LE RÉGIME DE L'ISÈRE ET L'ÉCOLOGIE DES FORMATIONS RIVERAINES 78
II. — LE COMPORTEMENT DES EAUX PHREATIQUES 79
A. — MÉTHODE D'ÉTUDE DES EAUX PHRÉATIQUES 79
1. La mesure des profondeurs de nappe 79
2. Utilisation des mesures de l'année 1965 79
3. Valeur écologique des mesures piézomètriques 80
B. — RELATION ENTRE LE RÉGIME D'UNE NAPPE ET L'ORIGINE DE SES EAUX 80
1. Influence de l'Isère et précipitations locales 80
2. Les régimes comparés 81
C. — CARACTÉRISTIQUES ÉCOLOGIQUES DE LA NAPPE 83
1. Niveau moyen et amplitude de variation 83
2. Valeurs estivales efficaces 85
III. — LES GROUPEMENTS VEGETAUX ET LEUR ECOLOGIE 85
A. — LES GROUPEMENTS AQUATIQUES 86
B. — LES GROUPEMENTS SEMI-AQUATIQUES 87
C. — LES PRAIRIES 89
D. — LES CULTURES 92

(1) Pour la cartographie de la nappe phréatique.
(2) Pour la partie pédologique.

E. — Les forêts riveraines 93
F. — Synthèse écologique 100

IV. — CORRELATIONS STATIONNELLES ENTRE LES GROUPEMENTS VEGETAUX ET LA NAPPE 100
A. — Les formations prairiales et les régimes phréatiques 100
B. — Carte des nappes phréatiques 102
C. — Représentation graphique 105
D. — Interprétation 105

V. — SYNTHESES CARTOGRAPHIQUES 107
A. — Carte écologique 107
1. Conception de la carte 107
2. Interprétation 108
3. Intérêt de la carte dans les problèmes de pollution 109
B. — Carte des nappes phréatiques 110
1. La représentation cartographique des nappes 110
2. La carte hypsométrique des nappes 110
3. Les zones d'influence des eaux de l'Isère 111

CONCLUSION 111

BIBLIOGRAPHIE 112

Résumé. — Etude écologique destinée à délimiter avec précision la zone d'influence des eaux de l'Isère sur les nappes phréatiques de la plaine alluviale afin d'évaluer les risques de pollution des diverses biocénoses et des cultures. Des corrélations ont été établies entre les caractéristiques de la nappe (profondeur, amplitude, régime), les différents types de sol et les formations végétales qui leur correspondent. Il a été ainsi mis en évidence des groupes d'espèces ayant des exigences écologiques comparables et adaptées à des conditions particulières de la nappe. L'identification de ces différents groupes d'espèces a permis une cartographie précise des conditions de la nappe, de Grenoble jusqu'à Rovon.

Zusammenfassung. — Es handelt sich hier um eine ökologische Arbeit die dazu bestimmt ist, den Einflussbereich des Isère-Gewässers auf die Grundwasserspiegel der aus angeschwemmten Ablagerungen bestehenden Ebene festzustellen, um die Verunreiningungsgefahren für die verschiedenen Gleichgewichtsverhältnissen zwischen Pflanzen und Tieren, und für die Ackerbauprodukten zu schätzen. Wechselbeziehungen sind zwischen die Eigenschaften des Grundwasserspiegels (Tiefe, Umfang, Wasserhaushalt), die verschiedenartigen Bodentypen und die ihnen entsprechenden Pflanzenbildungen sind errechnet worden. Sortengruppen, die vergleichbare ökologische Erfordnissen haben, die spezifischen Eigenschaften des Grundwasserspiegels angepasst sind, sind hervorgehoben worden. Die Identifizierung dieser verschiedenartigen Sortengruppen ermöglichte, eine genaue Karte der Grundwasserspiegelbedingungen, die von Grenoble bis zu Rovon gelten, zu entwickeln.

Summary. — Oecological study conducted with the intent to accurately trace and define the boundaries of the area where the Isere Waters do affect the existing ground water sheet of the alluvial plain, in order to assess the potentialities of pollution hazards which may detrimentally affect the balancing ratios between the various animal and vegetal types which may be present. The typical properties of the concerned ground water sheet (ie. depth, dimensions and flow rate) have been correlated with the various surrounding ground layer grades along with the corresponding vegetation types. As a result, species groups featuring quite similar oecological requirements, tailored to specific prevailing characteristics of the ground water sheet, could be derived from this evaluation. Identification of these various species groups made it practical to draw a detailed and realistic map of the ground water sheet conditions, from Grenoble up to Rovon.

Riassunto. — Studio ecologico destinato a limitare con precisione la zona d'influenza delle acque del fiume Isère sulle vene freatiche della pianura alluviale nello scopo di valutare i rischi di polluzione delle diverse biocenosi e delle colture. Sono stato stabilite correlazioni tra le caratteristiche della vena freatica (profondità, amplitudine, regime), i diversi tipi di suolo e le formazioni vegetali corrispondenti. Sono stato messi in evidenza gruppi di specie a esigenze ecologiche paragonabili e adattate a condizioni particolari della vena freatica. L'identificazione di questi diversi gruppi di specie ha permesso una cartografia precisa delle condizioni della vena freatica, da Grenoble fino a Rovon.

I. — CONDITIONS GÉOGRAPHIQUES RÉGIONALES

A. — LES CONDITIONS GÉOGRAPHIQUES GÉNÉRALES.

La majeure partie des Massifs Centraux des Alpes françaises du Nord est drainée par l'Isère, formant un bassin versant de 10 000 km^2 dont les eaux franchissent l'arc préalpin par la Cluse de Grenoble et traversent ensuite l'auréole de plateaux et collines tertiaires du Bas-Dauphiné pour gagner enfin le sillon rhodanien.

Le secteur qui fait l'objet de cette étude se situe dans la plaine alluviale que la rivière a formée, à la sortie des Préalpes, entre la Cluse de Grenoble et le seuil de Rovon, par remplissage d'un vaste ombilic glaciaire. Le cours d'eau y décrit, autour de la pointe septentrionale du Vercors (Bec de l'Echaillon), et à l'altitude approximative de 195 mètres, une large courbe de 25 kilomètres de longueur (fig. 1).

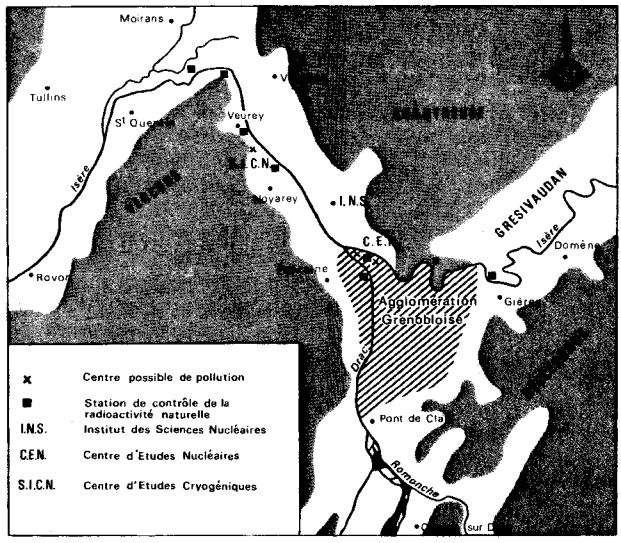


FIG. 1. — Schéma de situation du secteur étudié.

Dans cette zone, la pente de la rivière (1$^0/_{00}$), les fortes variations annuelles de son débit (de 100 à 1 000 m^3/s), sa grande charge en alluvions transportées, ont provoqué une divagation continuelle du lit. Les méandres successifs se sont coupés et recoupés au cours des siècles :

limons, sables et graviers constamment remaniés constituent maintenant des « accumulations entrecroisées ».

La stabilisation actuelle du lit est due à un endiguement complet et à un dragage permanent sans lesquels la plaine serait périodiquement inondée. A l'intérieur des digues, le fort alluvionnement provoque la formation de bancs de sables et de graviers plus ou moins limoneux. Ces bancs, « nourris » par l'amont et affouillés par l'aval, subissent une translation continuelle vers l'amont accompagnée d'un renouvellement progressif.

B. — LES CONDITIONS CLIMATIQUES ET LE RÉGIME DE L'ISÈRE.

A l'exception de quelques vallées internes de surface réduite, la quasi-totalité du bassin moyen et supérieur de l'Isère reçoit 1 mètre d'eau par an avec un maximum en septembre (fig. 2, d) et un minimum en mars.

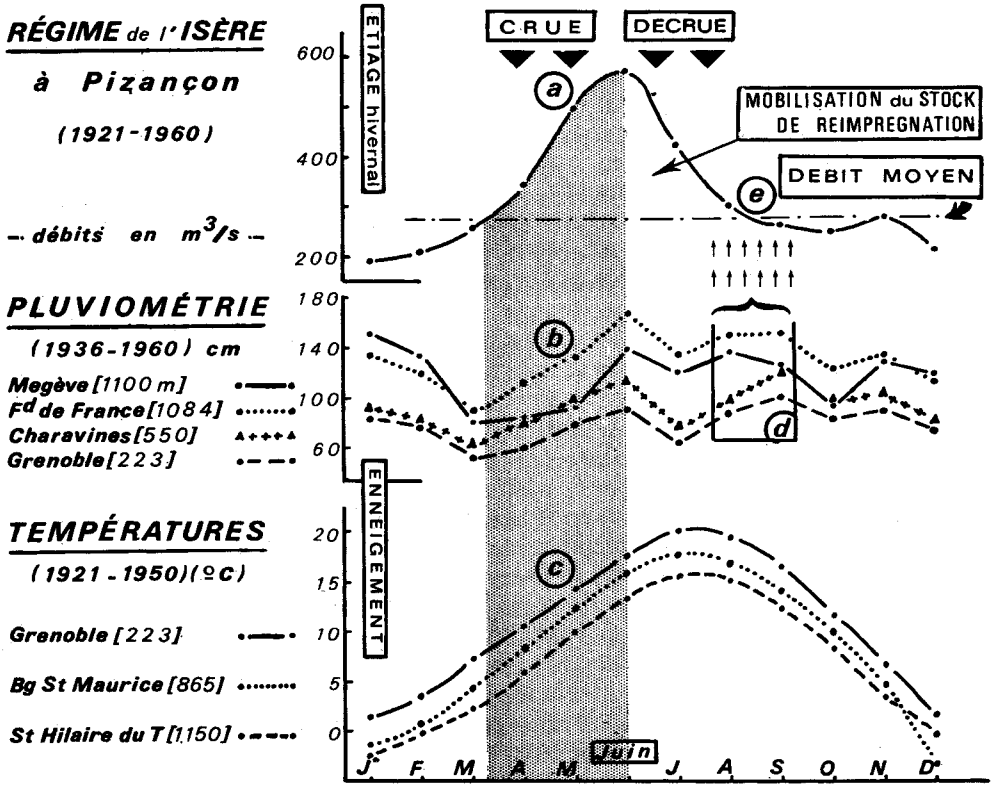


FIG. 2. — Schéma comparatif du régime de l'Isère et de la climatologie de son bassin.

Cependant, aucun parallélisme ne se manifeste entre la répartition annuelle de cette pluviosité et le régime de l'Isère (fig. 2, a, e) dont le débit maximum se situe en juin, l'étiage en janvier du fait de l'immobilisation de novembre à mars, sous forme de neige, de la majeure partie des précipitations hivernales restituées au système hydrographique à partir du mois d'avril.

Dans le secteur de l'Echaillon, *le climat local* peut être représenté comme sur la fig. 2 par les diagrammes pluviométriques de Grenoble et de Charavines qui manifestent un maximum en août-septembre-octobre. Cette forte pluviosité locale vient donc prendre, pour les milieux riverains de l'Isère, le relais de la décrue de juillet. Ce phénomène n'a, sur le régime de l'Isère, qu'une influence insignifiante en raison de la faible surface de bassin concernée; par contre, il joue un rôle essentiel pour les nappes phréatiques soumises à l'influence de la pluviosité locale.

C. — LE RÉGIME DE L'ISÈRE ET L'ÉCOLOGIE DES FORMATIONS RIVERAINES.

L'horizontalité des dépôts et la topographie plate (les terrasses latérales et « affluentes » ont été repoussées par les divagations récentes de l'Isère) permettent un étalement considérable des formations végétales dites « riveraines ». Dans certaines zones même, une bande de terrain, pouvant atteindre localement un kilomètre de largeur, est approximativement située au niveau des eaux de l'Isère en régime moyen. De ce fait, plusieurs mois par an, le niveau supérieur du cours d'eau endigué « surplombe » ces terrains environnants.

La perméabilité des sols (graviers, sables, limons) et celle des digues assez anciennes, permet une diffusion centrifuge des eaux de la rivière vers des collecteurs latéraux; ceux-ci, drains artificiels ou affluents aménagés, sont repoussés assez loin des digues pour assurer un drainage efficace de la nappe propre à l'Isère.

Les formations riveraines présentent des caractères différents suivant la façon dont l'eau est mise à leur disposition : c'est-à-dire suivant l'époque du maximum d'humidité d'une part, la longueur de cette période d'autre part. Ainsi, dans le secteur étudié, peut-on définir à priori, deux groupes principaux de formations végétales :

— des formations situées à l'intérieur des digues; en contact plus ou moins direct avec les eaux de l'Isère, elles ont à subir une très forte variation saisonnière des conditions hydriques;

— des formations situées à l'extérieur des digues; le niveau de leur nappe phréatique subit des variations beaucoup plus modestes.

Ces deux types de formation ont cependant un trait commun fondamental du point de vue écologique : le régime nival de l'Isère met le maximum d'humidité à leur disposition à l'époque la plus importante de la période végétative (mai-juin-juillet). Ce maximum estival a pour autre conséquence d'étaler en surface, de part et d'autre de l'Isère, les formations riveraines qui lui sont liées.

II. — LE COMPORTEMENT DES EAUX PHRÉATIQUES

A. — MÉTHODE D'ÉTUDE DES EAUX PHRÉATIQUES.

1. — La mesure des profondeurs de nappe.

L'étude du comportement des eaux a été réalisée à partir de documents aimablement fournis par le Service Hydrologie d'Electricité de France à Saint-Egrève (Région d'Equipement Hydraulique Alpes 1).

Les travaux d'équipement hydroélectrique de l'Isère ont amené ce Service à implanter, dans toute la plaine alluviale, un dispositif permanent de jaugeage des eaux phréatiques et de surface (Réseau de sondes piézométriques et de limnigraphes). La densité des stations et la régularité des relevés (tous les 7 jours depuis plusieurs années) ont permis de constituer une documentation extrêmement précieuse sur le comportement relatif des nappes phréatiques et des cours d'eau.

2. — Utilisation des mesures de l'année 1965.

Nous nous sommes proposés de déterminer les corrélations qui s'établissent entre les divers milieux (définis au moyen des types de végétation et de sol) et les caractéristiques chiffrées des nappes qui leur correspondent. Ces corrélations ne peuvent prétendre aboutir à des valeurs absolues et de caractère général puisqu'elles concernent des conditions particulières quant à la nature du substratum (composition granulométrique...), le climat local, les conditions de circulation des eaux, l'influence humaine, etc...

Cependant, dans les conditions bien définies du secteur de l'Echaillon, il est important d'établir pour les groupements végétaux étudiés les positions relatives qu'ils occupent en fonction de la profondeur et du régime de la nappe. La connaissance de cette position écologique en valeur relative a un caractère fondamental : il serait inutile d'utiliser des valeurs moyennes calculées sur de longues séries d'observation qui ne tendraient qu'à tamponner les différences.

Le choix de la seule année 1965 a en outre l'avantage d'utiliser une année à régime « normal » de l'Isère (normal étant défini par référence à son régime moyen calculé sur la période 1921-1960 de la figure 2);

c'est aussi l'année la plus récente par rapport à l'époque d'étude de la végétation et des observations sur le terrain qui ont commencé en 1966.

3. — Valeur écologique des mesures piézométriques.

La capillarité.

Une réserve très importante doit être faite sur la signification des mesures de profondeur de la nappe. La plupart des sondes utilisées ont 9 cm de diamètre, certaines ont 45 cm, les puits fermiers plus de 1 m. La surface libre de l'eau dans ces appareils est située nettement plus bas qu'elle n'est réellement à l'état libre dans le sol, dans lequel elle remonte par capillarité. Aussi les chiffres donnés dans cette étude n'ont, pour cette deuxième raison, qu'une valeur relative : le niveau réel dans le sol peut varier selon la texture de plusieurs décimètres par rapport à celui qu'indique le sondage.

Les moyennes mensuelles.

Les relevés hebdomadaires des piézomètres, comme ceux des échelles de jaugeage en rivière, présentent une variabilité et une irrégularité telles qu'on ne peut comparer ces mesures brutes entre elles, aussi bien dans le temps que dans l'espace (fig. 4). Ils traduisent en effet des phénomènes secondaires : averses locales, perméabilité variable des terrains, importance du couvert végétal et, pour les rivières, les variations de débit en relation avec l'ouverture ou la fermeture de barrages situés en amont.

Il est donc nécessaire d'établir des moyennes mensuelles qui restituent la « comparativité » des stations et des régimes. Cette utilisation de moyennes (mensuelles ou annuelles) représentent une troisième raison de ne pas considérer les mesures de profondeur de nappe comme des valeurs absolues définissant les divers types de milieu (ainsi une certaine proportion d'argile peut modifier d'une manière importante l'influence écologique du niveau de la nappe). Mais ces mesures conservent entre elles une valeur relative indiscutable.

B. — RELATION ENTRE LE RÉGIME D'UNE NAPPE ET L'ORIGINE DE SES EAUX.

1. — Influence de l'Isère et précipitations locales.

Le régime d'une nappe est, comme celui d'un cours d'eau, sous la dépendance des conditions climatiques du bassin : pluviosité et températures. Les différences climatiques entre le bassin local (celui de la Morge

par ex.) et celui de l'Isère se reflètent dans le régime des nappes qui sont sous leur dépendance respective.

La nappe de la cuvette glaciaire occupée par l'Isère est alimentée par des eaux de deux origines différentes; les unes, à circulation centripète, proviennent de la pluviosité locale (plaine et hauteurs voisines); les autres, à écoulement centrifuge par rapport à l'Isère, diffusent du cours d'eau; il existe une zone dont les eaux sont influencées simultanément par les deux, la prépondérance passant de l'une à l'autre suivant l'époque. Cette zone de balancement des influences possède en quelque sorte son régime propre, qui est la résultante des deux régimes composants.

Suivant les particularités morphologiques, topographiques et structurales des sols, cette zone mixte est plus ou moins large et plus ou moins proche de l'Isère.

En chaque sondage, le régime de la nappe permet de préciser l'origine des eaux qui la constituent. Trois groupes sont donc à considérer :

— une zone influencée par l'Isère, caractérisée par un net déficit hivernal;

— une zone influencée par des eaux périphériques à déficit estival prononcé;

— une zone intermédiaire, caractérisée par un approfondissement général de la nappe et comprenant la zone de balancement des influences.

Par ailleurs les sondages sont trop peu nombreux pour permettre d'établir une cartographie précise de la nappe à partir des seules données qu'ils procurent. Aussi est-il essentiel d'avoir recours à la végétation (dont un inventaire peut être établi sur toute la surface étudiée) pour guider le sens des interpolations à effectuer entre les divers sondages.

2. — **Les régimes comparés** (fig. 3).

Le régime d'un cours d'eau représente très bien le climat de son bassin parce qu'il synthétise la pluviosité et le régime thermique. Ainsi le régime de l'Isère montre le rôle de la neige en montagne, celui de la Morge l'importance de l'évaporation estivale dans les plaines du Bas-Dauphiné.

— A l'étiage hivernal de l'Isère (H) correspond la crue (H') de la Morge (peu de fortes altitudes dans son bassin).

— Le maximum printanier (P) de l'Isère est à peine marqué pour la Morge (altitudes plus faibles : la fonte des neiges est plus précoce et sans grande influence sur un débit déjà fort).

— A l'étiage (E') de la Morge (faibles précipitations et forte évaporation) l'Isère oppose encore un fort débit d'évacuation des eaux d'imprégnation des sols de montagne.

— Les fortes précipitations hivernales amorcent partout un mouvement ascendant des régimes ; mais celui de l'Isère est rapidement arrêté, tandis qu'il se développe pleinement pour la Morge.

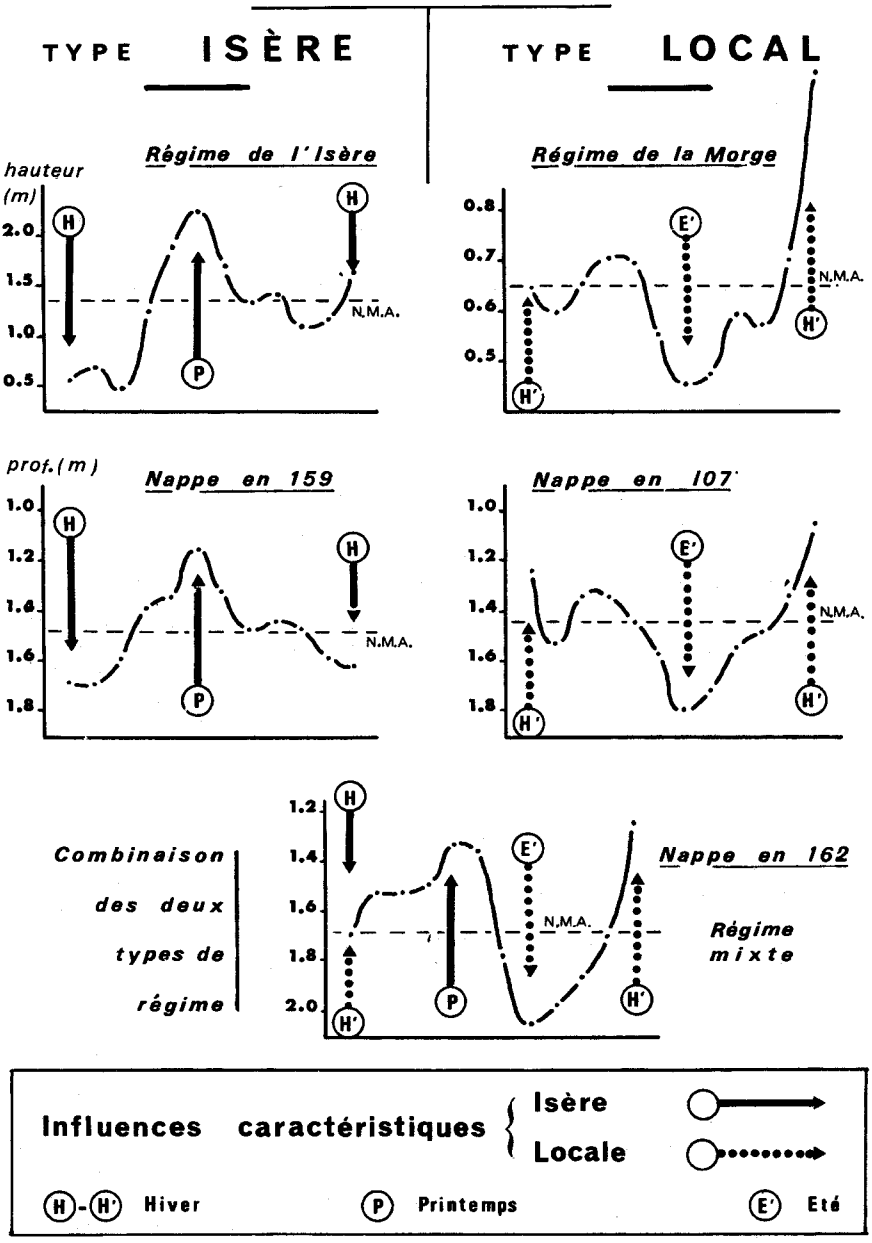


FIG. 3. — Régimes comparés des nappes et des rivières.

— Enfin la pluviosité de septembre, qui est la plus forte de tous les mois (cf. fig. 2) dans le secteur de l'Echaillon, manifeste son action d'une façon comparable quoique modeste sur les deux types de régime.

L'opposition des régimes peut être concrétisée par la position du niveau réel des eaux par rapport au niveau moyen annuel (N.M.A.) représenté par un trait discontinu sur la figure 3. Pendant la période estivale (c'est-à-dire la période végétative), le niveau réel de l'Isère est constamment au-dessous de son N.M.A.; pour la Morge, l'inverse se produit. Ce phénomène va avoir une importance écologique considérable : un même niveau moyen annuel aura sur le milieu naturel des influences opposées selon qu'il correspondra à une humidité superficielle d'été ou d'hiver.

Régimes comparés de la nappe.

Le régime de la nappe influencée par l'Isère est représenté par le sondage n° 159; celui d'une nappe de type local, par le sondage 107. Les flèches matérialisent les influences déjà décrites pour les régimes des cours d'eau. La parenté du régime d'une nappe avec celui du cours d'eau dont elle dépend est évidente sur la figure 3.

Le régime de la nappe en 162 montre la combinaison des deux précédents et la création d'un véritable régime nouveau : celui de la zone de balancement des influences. L'originalité de ce régime est de présenter d'avril à juillet (par addition des influences composantes) une période à nappe peu profonde; par contre, de juillet à novembre, le déficit périphérique crée un approfondissement considérable. Le résultat est comparable à ce qui a été constaté pour les milieux situés à l'intérieur des digues : une très forte différence d'humidité entre la première et la deuxième moitié de la période végétative.

C. — CARACTÉRISTIQUES ÉCOLOGIQUES DE LA NAPPE (fig. n° 4).

La recherche de corrélations entre la nappe et les divers types de sol et de végétation ne peut se faire à l'aide des courbes de régime annuel telles que celles de la figure 3; il est nécessaire de recourir à la traduction des divers régimes phréatiques par des caractéristiques numériques simples.

1. — **Niveau moyen et amplitude de variation** (fig. n° 4 a, b).

L'utilisation d'un niveau moyen annuel (N.M.A.) est simple et commode mais présente l'inconvénient de ne pas traduire les niveaux extrêmes. Pour tenir compte de ceux-ci il faut prendre en considération l'amplitude moyenne de variation.

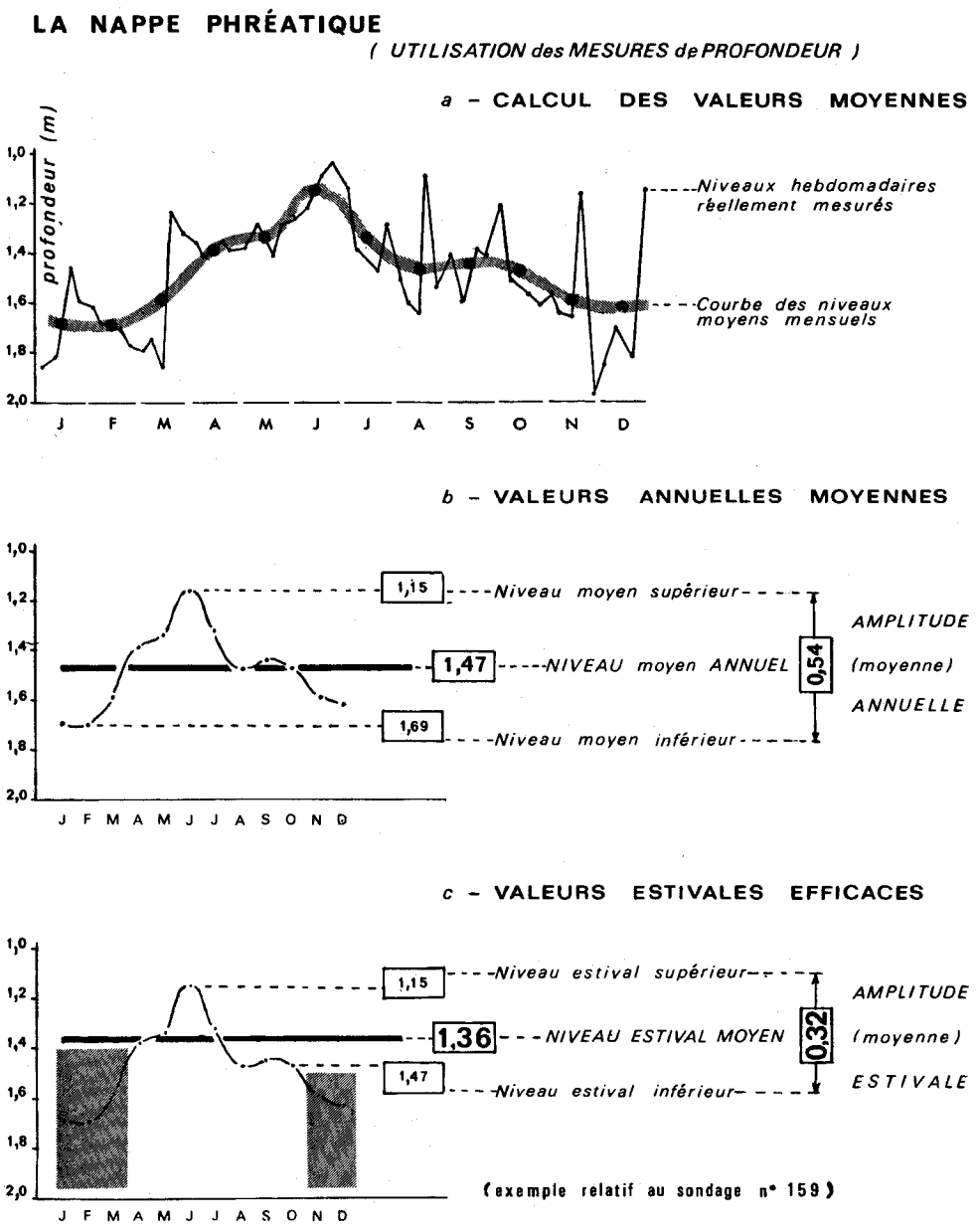


FIG. 4. — Caractérisation écologique de la nappe.

2. — **Valeurs estivales efficaces** (fig. n° 4 c).

Nous avons vu à propos des régimes comparés que deux nappes peuvent avoir un même niveau moyen et une même amplitude de variation bien que présentant leur maximum d'humidité l'une en été, l'autre en hiver. Les groupements végétaux correspondant à ces deux types de situation sont donc soumis à des conditions hydriques très différentes que les niveaux annuels ne traduisent pas. Cet inconvénient peut être éliminé par l'utilisation d'un *niveau moyen estival* et d'une *amplitude estivale* de variation (période avril-octobre) qui présentent le double avantage :

— de ne prendre en considération que les aspects les plus efficaces du régime de la nappe dans ses rapports avec la végétation;

— d'établir une judicieuse distinction entre les zones à maximum estival (influencées par l'Isère) et celles qui ont un maximum hivernal (eaux périphériques). Le « creux » estival d'un régime est ainsi logiquement traduit par un niveau moyen plus profond.

III. — LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX ET LEUR ÉCOLOGIE

Le mode d'hydromorphie est le facteur essentiel qui conditionnne dans ses grandes lignes le type de sol et la distribution de la végétation. On peut distinguer :

— Les zones où la nappe phréatique est constamment proche de la surface, avec de faibles oscillations annuelles. Elles sont localisées dans les « contrebas » des digues, dans les parties dépressionnaires, les bras morts de l'Isère ; aussi sont-elles inondées au moment des hautes eaux de l'Isère. Les sols correspondants sont des sols alluviaux à gley (gley à anmoor, gley à hydromull) sur lesquels se sont installés des groupements semi-aquatiques (Phragmitaies, Cariçaies) et des forêts hygrophiles (Aunaies).

— Les zones où la nappe phréatique se trouve en profondeur ; elle est caractérisée par des oscillations plus fortes. Les sols correspondants sont des sols à gley profond ayant pour la plupart une texture bien équilibrée. L'influence de l'eau étant moins prononcée on voit se constituer des sols plus évolués. L'horizon supérieur devient grumeleux et un mull calcique typique apparaît en surface. Cependant on ne peut parler de sols évolués au sens pédologique du terme car il n'existe pas de phénomène de décarbonation ni de lessivage. Ce sont des forêts de bois dur (Frêne, Chêne pédonculé, Erable) qui constituent les groupements arborés les plus communs. Elles présentent divers faciès suivant le niveau moyen de la nappe phréatique et l'amplitude de ses variations. C'est dans cette zone que se trouvent les cultures : prairies de fauche, champs de maïs, vergers de pommiers.

— Les zones en rapport direct avec le régime de l'Isère : ce sont les îles, les bancs de sable et de gravier à l'intérieur des digues. Elles sont inondées temporairement et subissent des variations importantes du plan d'eau. Les sols sont des sols alluviaux bruts. Ils sont constamment rajeunis par des dépôts de sable et de limon. C'est le domaine des taillis de Saules et de leurs groupements pionniers. Dans les parties les plus élevées qui sont moins soumises à l'érosion et à la sédimentation se sont établis des bois de Saules et de Peupliers.

Les facteurs biotiques ont une influence prépondérante sur la répartition de la végétation. La pression de l'homme s'exerce d'une manière très forte sur le milieu étudié (draînage, dragage, construction de canaux, de digues, de barrages) entraînant un abaissement ou un relèvement de la nappe phréatique ; l'évolution naturelle de la végétation s'en trouve modifiée ; la construction possible d'un barrage dans le secteur étudié (au niveau de Saint-Egrève) serait l'occasion de suivre l'évolution future de la végétation dans un milieu modifié par de nouvelles conditions écologiques.

— La végétation est à rattacher tout entière à la série du bord des eaux de l'étage collinéen. Elle est caractérisée par l'installation d'une formation de feuillus où *Fraxinus excelsior* est l'essence dominante, bien typique des cours inférieurs des rivières médioeuropéennes. L'Aune blanc, arbre des cours moyens et des cours supérieurs des fleuves est ici très localisé. Dans la plupart des cas il est accompagné de l'Aune glutineux avec lequel il constitue des taillis préparant la venue des « bois durs ». Quant aux Saussaies, elles n'ont pas de composition floristique originale ; ce sont des groupements adaptés à des conditions écologiques bien définies (variation très importante du niveau d'eau, immersion plus ou moins durable) qui sont très peu influencés par les conditions biogéographiques locales.

A. — LES GROUPEMENTS AQUATIQUES.

Les ruisseaux écoulant des eaux venant du Vercors et de la Chartreuse, ainsi que certains canaux drainant les parties basses de la plaine alluviale, comportent des groupements d'hydrophytes. On peut distinguer :

— Les ruisseaux à eau fraîche bien oxygénée, à circulation rapide qui sont caractérisés par *Callitriche vernalis, Callitriche hamulata, Heloscia-dium nodiflorum, Helodea canadensis, Potamogeton crispus, Nasturtium officinale ;*

— Les ruisseaux à écoulement lent, de nature eutrophe, riches en sels biogènes où l'on peut trouver : *Potamogeton lucens, Potamogeton densus, Potamogeton natans, Myriophyllum spicatum, Lemna minor, Chara sp. Iris pseudacorus Typha latifolia ;*

— Enfin dans certains « trous d'eau » où nous signalons la présence de *Nymphaea alba, Nuphar luteum* entourés par des ceintures de *Carex elata.*

L'apport de polluants, et notamment de rejets radioactifs, pourrait se produire dans certains plans d'eau (par exemple au niveau de la Renaudière) alimentés par des eaux de l'Isère au moment des crues par débordement ou par remontée de la nappe phréatique ; dans ce dernier cas cela est moins grave car la plus grande partie, sinon la totalité des contaminants serait retenue par les sédiments. Une étude expérimentale réalisée au C.E.N.G. par MAGNAVAL (1968) a permis de préciser le pouvoir de fixation des radioéléments que possèdent la plupart des plantes aquatiques. Les Hydrophytes assimileraient ces radioéléments par l'intermédiaire des feuilles et des tiges immergées ; la fixation est très rapide et quarante-huit heures après le début de la pollution, on peut noter une quantité assez forte d'éléments radioactifs dans la plante. Les *Chara* sont des indicateurs particulièrement précieux du Strontium-85 dont ils possèdent un pouvoir de rétention très élevé. De plus, des éléments radioactifs peuvent polluer certains fossés ainsi que les ruisseaux possédant une faune aquatique très riche.

B. — LES GROUPEMENTS SEMI-AQUATIQUES (Tableau I).

1. — Les Roselières à *Phragmites communis.*

Phragmites communis, espèce très rustique et d'un dynamisme extraordinaire, possède une amplitude écologique très large ; aussi n'a-t-il jamais servi de chef de file permettant de caractériser une association. Il supporte une immersion de plus de 2 mètres d'eau et, inversement, peut se trouver dans des stations où la nappe phréatique se situe à une profondeur de 4 m. Il exige cependant des sols riches en éléments nutritifs et en particulier en azote. Dans la basse vallée de l'Isère, on distingue plusieurs types de formations où *Phragmites communis* occupe une place prépondérante :

— la Phragmitaie aquatique dans des dépressions à eau permanente avec une hauteur d'eau de 50 à 100 cm. Il est accompagné de *Scirpus lacustris* et de quelques Hydrophytes : *Potamogeton natans, P. lucens,* etc. ;

— la Phragmitaie semi-aquatique, caractérisée par la présence d'eau durant toute l'année, la hauteur de celle-ci ne dépassant jamais 10 à 30 cm. C'est la Phragmitaie authentique caractérisée par une densité très forte du Roseau (200 à 250 tiges au mètre-carré) et par l'absence de compagnes ;

— la Phragmitaie à *Carex* qui est exceptionnellement exondée pendant la période estivale et dont le cortège floristique comporte quelques hygrophiles : *Carex acutiformis, C. elata, Cirsium palustre, Lythrum salicaria, Lysimachia vulgaris, Equisetum limosum.*

Les Roseaux libèrent sur le sol une litière importante. MAGNAVAL a montré que ces déchets organiques possèdent un pouvoir de rétention des radioéléments très élevé. Aussi les trous d'eau, les parties basses occupées par des Phragmitaies doivent être surveillés avec attention dans l'éventualité d'une pollution radioactive.

2. — Les Cariçaies typiques.

Elles sont situées dans des zones dépressionnaires, fortement influencées par les eaux d'infiltration. Ces formations sont inondées pendant une partie de la période végétative, mais on note un assèchement estival d'assez longue durée ; des espèces constitutives des Cariçaies ainsi que des groupements prairiaux ont été classées dans le tableau n° I ; nous avons distingué plusieurs groupes comprenant des espèces ayant la même amplitude écologique envers le facteur eau. Cette amplitude est très variable : certains groupes supportent des niveaux de la nappe phréatique très différents ; d'autres sont liés à des conditions d'hydromorphie plus strictes. Au sein de chacun des groupes, nous avons distingué des sous-groupes comprenant une ou plusieurs espèces ayant le même optimum écologique ; il correspond au coefficient de recouvrement maximum de l'espèce pour les facteurs envisagés (dans le cas présent, ce sont les conditions d'hydromorphie qui ont été prises en considération). La connaissance même imparfaite de cet optimum (car il est parfois difficile à apprécier) est intéressante car elle permet de déterminer des espèces ayant les mêmes affinités écologiques envers le facteur eau. Chaque groupement sera caractérisé par la présence d'espèces appartenant à un ou plusieurs groupes.

Le plus grand nombre de ces Cariçaies sont des Cariçaies eutrophes à *Carex acutiformis*. Cette espèce a un recouvrement très fort. Aussi la composition floristique est-elle caractérisée par un petit nombre d'espèces.

Elle est constituée par les espèces du groupe 1 et du groupe 2 parmi lesquelles nous notons : *Scutellaria galericulata, Iris pseudacorus, Senecio paludosus*. Ces Cariçaies sont à rattacher au *Caricetum gracilis* dans sa variante à *Carex acutiformis*. Elles sont situées sur des sols humiques à gley superficiel avec anmoor.

Localement il existe des Cariçaies à *Carex elata* avec *Senecio paludosus, Oenanthe fistulosa* et des espèces des groupes 1 et 2. Elles sont à rattacher au *Caricetum elatae*, mais sont très appauvries par rapport à celles que l'on trouve dans les marais de Chautagne et de Lavours.

3. — Les Cariçaies à hautes herbes.

Les Cariçaies occupent des surfaces limitées, car elles ont laissé la place à des plantations de Peupliers. Elles sont soumises à des alternances d'assèchement superficiel et de mise en eau ; en dehors des périodes d'immersion la nappe phréatique est située à une profondeur de 40 à 60 cm. La composition floristique est plus riche que dans la Cariçaie typique, car les périodes d'immersion étant de courte durée, les mésohygrophiles peuvent s'installer. Elle est caractérisée par :

— l'abondance des espèces du groupe 2, dont un certain nombre y trouvent leur optimum écologique : *Senecio paludosus, Stachys palustris, Convolvulus sepium ;*

— la présence des espèces du groupe 3 qui ne pénètrent pas dans la Cariçaie typique, telles que *Potentilla reptans, Ranunculus repens,* qui sont à leur limite écologique.

Sur des sols présentant un pourcentage élevé en sable, certaines espèces acquièrent un recouvrement assez fort : *Solidago serotina, Calamagrostis epigeios, Eupatorium cannabinum.*

Les sols sont à gley à anmoor ou hydromull, sur alluvions limoneuses ; le pH varie de 7,9 à 8,4.

Les Cariçaies constituent par excellence des gîtes de prolifération de Moustiques vulnérants pour l'homme, tels que *Aedes rusticus, Aedes vexans, Aedes sticticus.* Ainsi la pollution de ces gîtes risque-t-elle d'entraîner une dispersion des éléments radioactifs par le vecteur des Moustiques adultes.

C. — LES PRAIRIES (tableau I).

1. — **Prairies à hautes herbes.**

Ces prairies s'installent dans des zones où la nappe phréatique a une profondeur voisine de celle de la Cariçaie à hautes herbes, mais dont l'amplitude de variation est plus forte. Elles constituent à la périphérie de la plaine alluviale une étroite bande alimentée par des nappes qui n'ont aucune relation avec les eaux de l'Isère. On les trouve aussi dans d'anciens bras de l'Isère. Leur composition floristique est très riche car elles font la transition entre les formations semi-aquatiques et les prairies mésophiles. Elles sont caractérisées :

— par la présence d'hygrophiles du groupe 1 et 2, qui s'y maintiennent encore, telles que *Lysimachia vulgaris* et *Mentha aquatica.* Les espèces du groupe 3 sont particulièrement représentées : *Valeriana officinalis,* dont l'optimum écologique correspond, pour des sols limono-argileux, à la présence du gley à partir de 40 cm. Dans certaines prairies, *Juncus subnodulosus* est particulièrement abondant. Il en est de même de *Filipendula ulmaria* qui, dans les parcelles irrégulièrement fauchées, peut devenir l'espèce la plus représentative du groupement ;

— par la présence de mésohygrophiles des groupes 4, 5 et 6 : *Gratiola officinalis, Achillea ptarmica, Deschampsia caespitosa,* et de mésophiles à grande amplitude écologique du groupe 7 : *Holcus lanatus, Festuca rubra, Trifolium pratense.*

Ces prairies sont installées sur des sols à gley avec anmoor ou hydromull.

Un grand nombre de ces prairies sont alimentées par des nappes périphériques ; aussi sont-elles protégées de l'influence de l'Isère, exception faite cependant de celles qui sont situées dans le secteur du Bec

de l'Echaillon. Ces prairies fauchées sont favorables à l'installation des Culicides de printemps et d'été : *Aedes vexans* et *Aedes sticticus*, et particulièrement en juin à la suite de mises en eau causées par les hautes eaux de l'Isère.

2. — **Prairies à *Schoenus nigricans*.**

Sur des sols où l'eau circule difficilement et devient stagnante, *Schoenus nigricans* caractérise des faciès particuliers, évoluant rapidement vers des prairies à Molinie typiques. Il est accompagné d'*Eriophorum latifolium, Parnassia palustris, Pedicularis palustre : Juncus subnodulosus* est très abondant dans ce type de prairie.

3. — **Prairies à hautes herbes et Graminées.**

Ces prairies sont liées à une nappe phréatique plus profonde mais à faibles oscillations ; on note une hydromorphie de surface au printemps, mais elle est de courte durée. Au point de vue floristique, elles sont caractérisées par l'absence des espèces du groupe 1 et 2, exception faite de *Lysimachia vulgaris* et *Mentha aquatica*, qui s'y maintiennent encore ; par l'abondance des espèces du groupe 3 : *Sanguisorba officinalis, Angelica silvestris, Ranunculus repens, Potentilla reptans*, et du groupe 4 : *Molinia coerulea, Genista tinctoria, Galium verum* ; par la présence d'espèces du groupe 5, telles que *Lychnis flos cuculi* qui est favorisée par la fauche, et des groupes 6 et 7 et 8 dont *Anthoxanthum odoratum, Festuca pratensis, Dactylis glomerata* qui sont à leur limite écologique.

Phytosociologiquement ces prairies hygrophiles présentent certaines caractéristiques des *Molinietum ; Inula salicina, Selinum carvifolium, Genista tinctoria, Succisa pratensis ;* cependant l'abondance de *Gratiola officinalis, de Deschampsia coespitosa* rappelle surtout, pour ces prairies à hautes herbes, un *Deschampsietum coespitosae* très appauvri. En fait, ces prairies semblent constituer des faciès mixtes.

Variante de ces prairies.

Sur des terrains légèrement en pente, où l'eau circule rapidement, on voit s'installer des formations voisines mais où les espèces du groupe 4 sont absentes. Cette variante fait la transition entre les Cariçaies eutrophes et les prairies de l'*Arrhenatheretum.*

4. — **Prairies à Graminées.**

Ce sont les prairies de fauche proprement dites. Elles occupaient auparavant une surface beaucoup plus importante, mais elles sont de plus en plus remplacées par des champs de Maïs, dont la culture a pris un

essor considérable dans la basse vallée de l'Isère. On distingue plusieurs types :

Les prairies humides et fraîches.

Elles sont liées à des nappes dont la profondeur moyenne est comprise entre 0,70 et 1,40 m. La nappe phréatique est caractérisée par un niveau élevé en juin, permettant une alimentation en eau satisfaisante au moment de la période active de croissance. Cela a peu d'importance pour ces prairies qui peuvent utiliser les réserves hydriques de la nappe grâce au phénomène de capillarité (voir p. 91), mais est essentiel pour les prairies fraîches qui sont liées à une nappe plus profonde. Le niveau le plus bas correspond à la période estivale au moment où les prairies sont déjà fauchées.

Les prairies humides sont caractérisées par un fort recouvrement en espèces du groupe 9 : *Veronica chamaedrys, Tragopogon pratensis, Galium mollugo, Cerastium coespitosum.* Si le drainage n'est pas réalisé de façon régulière, certaines espèces du groupe 3, qui sont de plus en plus favorisées par la fauche, peuvent s'installer : *Ranunculus repens, Potentilla reptans, Caltha palustris ;* dans les prairies fraîches ces espèces disparaissent mais, par contre, nous notons des espèces du groupe 10 avec *Knautia arvensis, Daucus carota, Medicago lupulina.*

Elle correspond au niveau le plus bas de la nappe (1 m à 1,40 m) ou à un sol plus riche en éléments grossiers.

Phytosociologiquement, ces prairies sont à rattacher à l'*Arrhenatheretum* typique.

Les sols correspondant aux prairies de type humide sont des sols à gley avec un mull prairial, type A_1, G_0, G_r : voir tableau ci-dessous. (Pourcentage de la terre fine sèche à l'air ; lire G_r dans le tableau).

TABLEAU II

Horizons	pH	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier	CO_3Ca total	CO_3Ca actif	C
A_1, 0 à 20 cm, mull calcique. Structure grumeleuse, texture limoneuse	7,5	13	18	9	47	11	17	11	1,23
G_0, 20 à 60 cm. Horizon de couleur gris. Structure massive, texture limono-argileuse fine	7,7	34	55	6	3	1	23	10	
G_2, gley typique gris									

Dans le cas de pollution radioactive, les prairies qui sont influencées par les eaux de l'Isère devraient être l'objet d'une protection sanitaire efficace, étant donné le rôle qu'elles jouent dans l'alimentation du bétail. La contamination d'herbages peut entraîner dans le lait une concentration importante de certains radioéléments, en particulier le Strontium-90. Il

serait important de connaître leur pouvoir de rétention en radioéléments contenus dans les espèces constitutives. Une évaluation globale, par kilogramme de matière sèche, serait suffisante.

Les prairies sèches.

On distingue :

a) Une variante typique.

Elle correspond à une nappe phréatique plus profonde (1,40 m à 2,80 m). Les espèces du groupe 5 disparaissent. Par contre, on note la présence de mésophiles strictes du groupe II : *Salvia pratensis, Bromus erectus, Scabiosa columbaria, Ranunculus bulbosus.* Au point de vue phytosociologique, elle est à rapprocher de l'*Arrhenatheretum brometosum.*

L'apport en éléments fertilisants est souvent insuffisant et on voit se multiplier les espèces les moins exigeantes, telles que *Agrostis tenuis, Medicago lupulina, Daucus carota, Achillea millefolium, Centaurea jacea.* D'autre part certaines parcelles sont pâturées. L'influence du pâturage se traduit par le développement d'autres espèces telles que *Taraxacum officinale, Ononis spinosa, Primula officinalis, Leucanthemum vulgare, Trifolium repens, Phleum pratense, Cynosurus cristatus, Plantago lanceolata, P. media.*

Suivant les années, ces prairies présenteront des risques plus ou moins grands de pollution. Elles seront à surveiller plus particulièrement au moment des hautes eaux du fleuve, où la nappe atteint les couches supérieures du sol.

b) Une variante plus sèche.

Elles correspondent à une nappe phréatique particulièrement basse dont la profondeur se situe entre 2,20 m et 4 m. On voit apparaître les espèces du groupe 12 : *Trifolium campestre, Brachypodium pinnatum, Orchis ustulata, Teucrium chamaedrys.* Elles ont un recouvrement assez faible mais leur présence traduit bien les conditions sèches de ces prairies. Les espèces du groupe 9 sont très abondantes. Ces prairies seraient à rapprocher d'un *Mesobrometum.*

Dans beaucoup de parcelles la pauvreté en éléments fertilisants et le pâturage entraînent la multiplication des espèces précédemment citées.

Le sol correspondant est de type alluvial. Dans ces prairies, la nappe phréatique n'a plus d'influence sur l'alimentation en eau des espèces prairiales. Cela est d'autant plus grave que les sols sont riches en éléments grossiers. Mais d'autre part, elles sont à l'abri de pollutions éventuelles. Elles occupent des surfaces importantes aux environs de Pont-St-Gervais.

D. — LES CULTURES.

Parmi les cultures, qui, avec les prairies, se partagent la plaine alluviale, la culture du Maïs est de loin celle qui occupe les plus grandes surfaces. Le Maïs y trouve des conditions optimales pour son dévelop-

pement : eau en quantité suffisante, températures élevées pendant l'été. La période critique pour le Maïs est celle qui correspond au stade de croissance rapide. Dans la basse vallée de l'Isère, la pluviosité est de l'ordre de 100 mm durant cette période qui se situe entre le 20 juin et le 25 juillet. De plus, les sols sont gorgés d'eau à la suite des pluies du printemps (premier maximum de la pluviosité) ; enfin à cela s'ajoutent les effets de la nappe phréatique pour les terrains influencés par l'Isère. Seuls les terrains sableux situés au-dessus d'une nappe phréatique profonde présenteront des conditions défavorables en année de sècheresse. Au point de vue de la protection sanitaire, le pouvoir de rétention des radio-éléments par le Maïs serait intéressant à connaître.

La Vigne est surtout présente dans les prairies sèches, mais quelques rangées subsistent encore dans les prairies fraîches, vestiges d'une culture qui fut plus importante au siècle dernier.

La culture du Noyer s'est aussi étendue dans la plaine alluviale, mais elle se limite à quelques parcelles situées sur une nappe de profondeur moyenne, sur des sols à texture bien équilibrée ; mais il semble que le Noyer supporte difficilement la remontée d'eau au niveau de son appareil radiculaire.

Enfin signalons la présence de vergers de Pommiers. Cette essence fruitière pourrait donner de très bons rendements sur les sols correspondant aux prairies fraîches et humides ; mais l'agriculture doit être subordonnée à la conjoncture économique, plutôt qu'aux possibilités écologiques d'une région, et la surproduction étant effective, il ne paraît pas souhaitable d'entreprendre la création de vergers.

E. — LES FORÊTS RIVERAINES.

1. — Les forêts hygrophiles : les bois d'*Alnus incana*.

Alnus incana colonise les formations semi-aquatiques et les prairies hygrophiles si l'homme ne s'oppose pas à son installation. Les Aunaies sont localisées dans les zones où la nappe phréatique est très proche de la surface, se situant à une profondeur moyenne comprise entre 0,30 et 0,70 m, avec une amplitude de variation de 20 à 40 cm. Nous avons distingué plusieurs variantes : l'Aunaie typique, l'Aunaie à *Crataegus*, l'Aunaie à Frêne.

a) ***Composition floristique*** (tableaux III et IV).

Dans l'Aunaie typique qui est le groupement le plus hygrophile, la strate arborescente est constitutée par *Alnus incana*, auquel se mêlent *Alnus glutinosa*, *Salix cinerea*, *Fraxinus excelsior*. Localement, on peut trouver *Populus nigra* et *Salix alba*. La strate arbustive est pauvre et surtout représentée par *Viburnum opulus* et *Cornus sanguinea*. La strate

herbacée est constituée essentiellement par des hygrophiles dont le recouvrement est faible, telles que *Phragmites communis, Lythrum salicaria, Lysimachia vulgaris, Carex acutiformis* et par quelques hygrophiles de mull : *Eupatorium cannabinum* et *Humulus lupulus;* l'Aunaie à *Crataegus* correspond à des conditions d'hydromorphie moins prononcées que traduit la présence de *Crataegus monogyna, Populus alba, Lonicera xylosteum.* L'Aunaie à Frêne est localisée dans les zones où la nappe est plus profonde ou sur un sol plus filtrant. La présence de *Quercus pedunculata* dans la strate arborescente est bien typique de cette variante. Il en est de même de *Ligustrum vulgare* dans la strate arbustive, espèce qui traduit une bonne aération des horizons supérieurs du sol. On note enfin l'apparition des calcicoles de mull : *Arum maculatum, Tamus communis, Hedera helix.*

b) ***Sols.***

Les sols sont de type alluvial à gley. Ce sont des gley à hydromull pour l'Aunaie typique et l'Aunaie à *Crataegus* et des gley à mull pour l'Aunaie à Frêne

TABLEAU V

Profil correspondant à l'aunaie à Crataegus (lire G_r dans les profils) :

Horizons	pH	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier	CO_3Ca total	CO_3Ca actif	C
A_{00}, 0 à 1 cm, litière de feuilles sèches non décomposées									
A_1, 1 à 20 cm, hydromull gris foncé. Structure grumeleuse, texture limono-argileuse	7,7	37	7	55	0,1	1	24,3	10,8	2,67
G_0, 20-45 cm, horizon de couleur gris. Structure massive, texture limono-argileuse. Présence de taches de rouille	7,9	14	24	58	2	0,8	22,2	9,5	
G_2 à partir de 45 cm, gley typique, de couleur gris. Structure plastique, texture limoneuse	8,4	24	15	24	36	0,1	23	7,6	

TABLEAU VI

Profil correspondant à l'Aunaie à Frêne :

Horizons	pH	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier	CO_3Ca total	CO_3Ca actif	C
A_{00}, 0 à 1 cm, litière de feuilles sèches non décomposées									
A_1, 1-30 cm, mull gris foncé. Structure grumeleuse, texture limono-sableuse	7,6	2	11	1	52	2	19,8	6,1	2,33
G_0, 30-45 cm, horizon de couleur gris. Structure particulaire meuble. Texture sablo-limoneuse. Présence de taches de rouille	7,9	1	9	6	83	0,6	21,4	2,2	
G_2, à partir de 45 cm, gley typique gris									

c) ***Caractéristiques phytogéographiques.***

Ces groupements ont été rattachés à la série de l'Aune blanc (OZENDA et coll., 1964). Ils présentent des affinités avec l'*Alnetum glutinoso incanae* décrit par BRAUN-BLANQUET (1936). Il existe quelques stations où l'Aune blanc constitue des peuplements purs qui rappellent l'*Alnetum incanae* typique. Ces stations sont situées sur la rive gauche de l'Isère à l'ubac du Vercors dans une zone qui est alimentée par les eaux fraîches du massif et où les températures sont les plus froides de toute la plaine alluviale. L'Aune blanc est lié aux basses températures et redoute les eaux se réchauffant trop vite.

d) ***Risques de pollution.***

Les Aunaies, qui pour la plupart sont situées au niveau du Bec de l'Echaillon, sont influencées par les eaux de l'Isère; mises à part les formations qui se trouvent à l'intérieur des digues; elles représentent les groupement forestiers où se produirait en premier une pollution de surface par remontée de la nappe phréatique; de plus, elles constituent des gîtes larvaires pour les *Aedes* forestiers : *Aedes rusticus* et *Aedes cantans*, qui seraient contaminés par des eaux polluées. Il en serait de même de toute la faune adaptée à une vie aquatique temporaire.

2. — **Les forêts mésophiles : les bois de *Fraxinus excelsior*** (tableaux III et IV).

Ce sont les formations riveraines les plus évoluées. Elles se sont installées au-dessus d'une nappe phréatique de profondeur moyenne. On distingue la Frênaie à Chêne (*Quercus pedunculata*) qui est liée à

une nappe dont la profondeur moyenne est comprise entre 0,60 et 1,60 m avec une amplitude de variation de 20 à 60 cm, et la Frênaie à Robinier qui correspond à une nappe dont la profondeur est comprise entre 1 m et 2,40 m avec une amplitude de variation de 80 à 100 cm.

a) ***Composition floristique*** (tableaux IV et V).

Ces formations, qui atteignent 25 à 30 mètres de hauteur, comprennent plusieurs strates bien individualisées. Dans la Frênaie à Chêne on distingue :

— Une strate arborescente constiuée par *Fraxinus excelsior, Quercus pedunculata, Populus alba, P. nigra, Salix alba.*

— Une strate semi-arborescente (10-20 m), où l'on trouve *Acer campestre, A. pseudoplatanus, Alnus incana, A. glutinosa, Robinia pseudacacia, Fraxinus excelsior.*

— Une strate arbustive (3 à 10 m) représentée par *Crataegus monogyna, Tilia cordata, Carpinus betulus.*

— Une strate semi-arbustive (1 à 3 m), très dense, avec *Ligustrum vulgare, Corylus avellana, Crataegus monogyna, Lonicera xylosteum.*

La strate herbacée est caractérisée par l'absence d'hygrophiles, l'abondance des calcicoles de mull : *Arum maculatum, Circaea lutetiana, Tamus communis, Hedera helix* en tapis

La Frênaie à Robinier se distingue par l'abondance de *Populus nigra,* de *Robinia pseudacacia. Populus alba* est plus rare; *Quercus pedunculata* et *Tilia cordata* ont pratiquement disparu. Le reste de la composition floristique est comparable. *Brachypodium silvaticum* est particulièrement abondant dans la strate herbacée.

b) ***Sols.***

Sol alluvial à gley profond, avec mull, type A_{00}, A_1, G_0, G_r.

TABLEAU VII

Profil sur alluvions sableuses

Horizons	pH	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier	CO_3Ca total	CO_3Ca actif	C
Aoo, 0-2cm, litière de feuilles non décomposées									
A_1, 2-32cm, mull gris foncé, structure grumeleuse, texture limono-sableuse	7,1	8	24	8	53	4	22	9,1	2,39
Go, 32-72cm, horizon gris foncé, structure particulaire, texture limono-sableuse. Traces de rouille	7,5	11	23	9	50	4	28	5,1	n.d.
G_r, à partir de 72cm, gley gris bleu, texture limono-sableuse	7,4	7	17	10	65	0,1	25,4	5,7	n.d.

TABLEAU VIII

Profil sur alluvions limoneuses (Lire G_r dans le profil)

HORIZONS	pH	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier	CO_3 Ca total	CO_3 Ca actif
A_{00}, 0 à 2 cm, litière non décomposée								
A_1, 2 à 32 cm, mull gris foncé. Structure grumeleuse. Texture limono-argileuse	7,8	30	48	19	1	0,2	22,2	n.d.
G_o, 32 à 60 cm. Horizon gris. Structure massive. Texture limono-argileuse fine	8	25	48	15	11	0,3	24	8,1
G_2, à partir de 60 cm, gley typique gris								

La Frênaie à Robinier est essentiellement développée sur les sols à texture sableuse.

c) ***Caractéristiques phytogéographiques.***

Les forêts de bois dur sont à rapprocher des *Fraxino-ulmetum*. Si la composition floristique présente des traits communs : présence de Chêne pédonculé, Tilleul, Erable, Noisetiers, elle n'en présente pas moins des caractères originaux. *Ulmus carpinifolia* est accidentel et *Ulmus campestris* sporadique (on note cependant quelques stations où cette essence est abondante). On note la présence constante de *Salix alba* et de *Populus nigra*. Cette permanence de « bois tendre » à côté des autres essences permet de considérer ces formations comme des groupements riverains authentiques, c'est-à-dire liés à la présence de la nappe phréatique. L'abondance de *Populus alba* dans certaines stations évoque déjà les ripisilves méridionales (*Populetum albae*). Il en est de même de *Fraxinus oxyphylla*, espèce circumméditerranéenne qui, localement, fait partie de la strate arborescente.

Risques de pollution.

Les bois de Frêne sont à l'abri de toute pollution de surface. Cependant, si la nappe était polluée, une partie de la radioactivité pourrait diffuser dans l'appareil foliaire. Nous ne pensons pas cependant que la quantité de radio-éléments absorbés par les arbres soit très forte, car, comme nous l'avons déjà dit, la plus grande partie est retenue par des sédiments.

3. — **Les forêts à inondation temporaire : *les bois et taillis de Saules et de Peupliers*** (tableaux III et IV).

Ces formations sont situées dans les parties endiguées de l'Isère. Elles sont périodiquement inondées au moment des hautes eaux (le niveau

peut monter suivant les années de 1,60 à 2,50 m) ou tout au moins soumises à une amplitude de variations très forte. Elles se trouvent sur des dépôts sableux très filtrants, présentant localement des entrecroisements de limon; au moment de l'étiage, ces sols sont physiologiquement secs dans les horizons supérieurs.

a) ***Composition floristique*** (tableaux III et IV).

Les bois de Saules et de Peupliers sont situés dans les parties les plus hautes des zones endiguées. Ils sont caractérisés par l'absence de *Fraxinus excelsior, Quercus pedunculata, Tilia cordata, Acer campestre.* Ces espèces ne semblent pas s'adapter à une nappe présentant de fortes oscillations.

Populus nigra, Salix alba et *Robinia pseudacacia* constituent l'essentiel de la strate arborescente. Dans la srate arbustive, notons la présence de *Cornus sanguinea,* espèce absente des taillis, où elle ne peut supporter de longues périodes d'immersion. La strate herbacée est caractérisée par des espèces adaptées à une période de sècheresse au moment des basses eaux : *Phalaris arundinacea, Calamagrotis epigëios, Solidago canadensis, Eupatorium cannabinum, Oenothera biennis.*

Les taillis de Saules sont soumis à la forte influence de l'Isère et sont inondés au mois de juin. Ils sont caractérisés par l'abondance des Saules : *Salix alba, S. triandra, S. purpurea, S. incana. Populus nigra* est toujours présent, mais il est subordonné aux divers Saules. *Robinia pseudacacia* est sporadique. La strate herbacée est constituée d'espèces adaptées aux fortes variations du plan d'eau; *Phalaris arundinacea* auquel s'ajoutent quelques éléments des groupements pionniers : *Artemisia vulgaris, Tussilago farfara, Senecio erucœfolius,* etc.

Dans les parties non endiguées, les bois de Saules et de Peupliers occupent une bande très étroite, derrière les taillis. La composition floristique est déjà très proche de la Frênaie à Peuplier (on voit en particulier apparaître *Fraxinus excelsior*).

b) ***Sols.***

Ce sont des sols alluviaux à mull qui correspondent aux bois de Saules et de Peupliers, type A_{00}, A_1 C.

TABLEAU IX

HORIZONS	pH	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier	CO_3 Ca total	CO_3 Ca actif	C
A_{00}, 0 à 1 cm, litière de feuilles sèches non décomposées									
A_1, 1 à 31 cm, mull calcique gris. Structure grumeleuse. Texture limoneuse	7,5	16	30	10	43	0,2	24	11,3	2,61
C, à partir de 31 cm. Horizon gris. Texture limono-sableuse	7,9	,4	26	2	65	0,09	23,2	3,7	n.d.

Les sols correspondant aux taillis subissent des remaniements périodiques. Ce sont des sols alluviaux bruts, type (A) C.

TABLEAU X

HORIZONS	pH	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier	CO_3 Ca total	CO_3 Ca actif	C
(A), 0 à 5 cm, horizon de couleur grise. Structure particulaire. Texture sablo-limoneuse	8	7	8	3	15	65	25	6,6	1,41
C, à partir de 5 cm, horizon gris clair. Structure particulaire. Texture sableuse	8,3	3	3	0,5	47	45	25	0,75	n.d.

c) ***Les groupements pionniers.***

Sur les alluvions récentes, abandonnées par les eaux, on voit à la fin de juin s'installer une population très dense de plantules de Saules, ainsi qu'un certain nombre de nitrophiles : *Solanum dulcamara, Artemisia vulgaris, Erigeron canadense,* diverses annuelles échappées des cultures et quelques hygrophiles telles que *Lysimachia vulgaris, Lythrum salicaria ;* localement, subsistent quelques touffes de *Phalaris arundinacea* ; enfin dans les dépressions où le limon se dépose citons *Polygonum persicaria* et *Bidens tripartita.* Ces formations évoluent vers une lande dans les zones où la période d'immersion est de plus courte durée ; on y retrouve des espèces des taillis et des groupements pionniers. Dans certaines zones, où les apports de galets sont importants (cônes de déjection), on voit s'installer une lande à *Salix incana,* avec *Epilobium rosmarinifolium, Artemisia absinthium, Plantago cynops, Ononis natrix, Scrofularia canina,* espèces qui caractérisent un sol physiologiquement sec pendant certaines périodes.

d) ***Caractéristiques phytogéographiques.***

Les taillis et bois de Saules et de Peupliers, avec tapis de *Phalaris arundinacea,* présentent des affinités avec les *Salici-Populetum.* Ce sont des groupements azonaux en rapport avec le régime du fleuve et particulièrement adaptés aux fortes variations du plan d'eau. Ecologiquement, ils sont à séparer de l'Aunaie et de la Frênaie, qui sont liées à une nappe plus ou moins profonde, mais à variations limitées.

e) ***Risques de pollution.***

Les travaux de MAGNAVAL (1968) ont montré que *Salix alba* avait un pouvoir de concentration du Strontium 85 très élevé ; par contre, il est beaucoup plus faible chez *Populus nigra.* Cette sensibilité du Saule est très intéressante car elle permet de limiter avec précision les zones polluées. L'importance du recouvrement des Saules tout au long de l'Isère

et le fait qu'il puisse y avoir un transfert des éléments aux divers intermédiaires de l'éco-système rendraient difficile une décontamination. Dans ce cas aussi la pollution serait d'autant plus grave qu'elle se produirait au moment des hautes eaux, époque qui correspond au maximum d'influence de l'Isère et qui coïncide avec une intense activité physiologique. De plus, ces formations étant situées à l'intérieur des digues, on peut penser qu'une quantité importante de radioéléments serait absorbée par le peuplement végétal.

F. — SYNTHÈSE ÉCOLOGIQUE.

Les groupements végétaux (tableau XI).

Ils ont été classés en fonction du type d'hydromorphie. A l'extrême gauche, on trouve les groupements aquatiques, à l'extrême droite les groupements pionniers des alluvions qui subissent une période d'alimentation déficitaire.

Les formations situées dans la partie intermédiaire correspondent à un niveau de plus en plus bas de la nappe phréatique et à des oscillations de plus en plus fortes quand on va de la gauche vers la droite. Ainsi vont se succéder les Phragmitaies, les landes à Aune, les bois d'Aune, les Chênaies-Frênaies, les Saussaies.

Dans la colonne de gauche figurent les différentes espèces classées en fonction de leurs affinités envers le facteur eau ; nous n'avons retenu que les espèces ayant un fort coefficient d'abondance ou présentes très souvent et les espèces rares mais ayant une valeur écologique indicatrice.

Les conditions écologiques (type de sol, texture des apports, mode d'hydromorphie) figurent en haut du tableau.

La *correspondance phytosociologique* des groupements, *l'utilisation du sol* et les *risques de pollution* figurent en bas du tableau.

IV. — CORRÉLATIONS STATIONNELLES ENTRE LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX ET LA NAPPE

A. — LES FORMATIONS DE PRAIRIES ET LES RÉGIMES PHRÉATIQUES.

La figure 5 synthétise les relations entre les divers types de prairies et les régimes de nappe qui leur sont associés en des stations précises. Un regroupement écologique en quatre ensembles (A, B, C et D de la

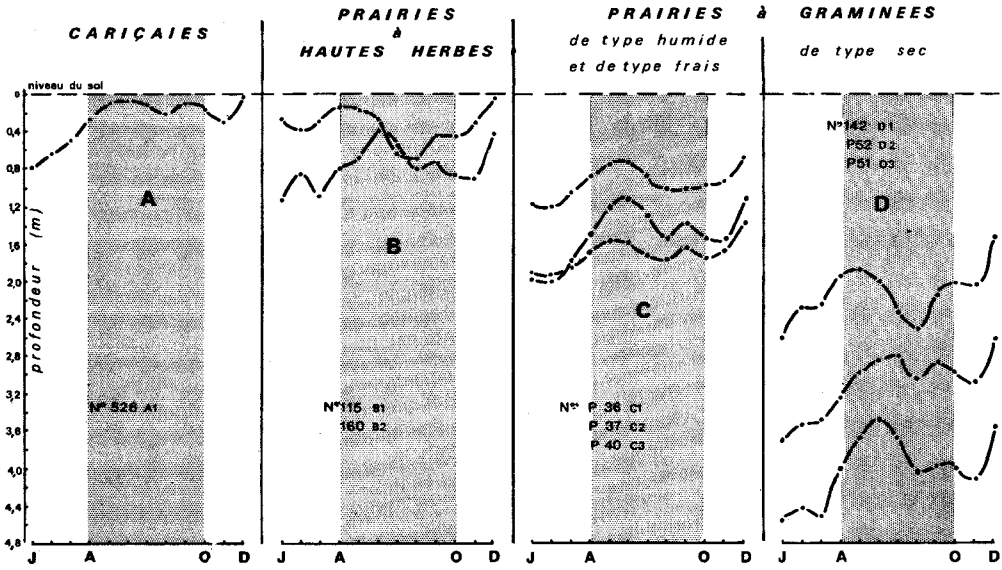


FIG. 5. — Les régimes phréatiques et les formations prairiales.

figure 5) des divers types de prairies du tableau I a été réalisé en tenant compte à la fois :

— de leurs affinités floristiques (paramètre d'ordre biologique) ;

— de la parenté des régimes phréatiques qui leur correspondent (paramètre d'ordre factoriel) ;

— de leurs regroupements géographiques naturels.

Le but cartographique poursuivi nécessite l'intégration au niveau géographique des deux premiers paramètres écologiques. Cette triple parenté définit les quatre ensembles écologiques qui seront représentés cartographiquement.

Sur cette figure (n° 5), le parallélisme est évident entre le caractère de plus en plus sec des types de formation et l'approfondissement général des nappes. La comparaison entre A_1 (Cariçaies typiques) et B_1 (Prairies à hautes herbes) met en évidence le rôle prépondérant, dans le régime phréatique, de la période estivale Avril-Octobre (A - O).

L'ensemble B des Prairies à hautes herbes montre le rôle de l'amplitude de variation qui fait succéder (en B_1 par exemple), à des conditions de nappes assez comparables à celles de la Cariçaie A_1 pendant la première partie de la période estivale, une brusque descente du niveau phréatique. Alors que jusqu'en juin la nappe est très superficielle, à partir de juillet le système radiculaire des prairies ne dispose, tout au plus, que d'une remontée d'eau par capillarité.

Le groupe C correspond aux prairies à Graminées dont le système radiculaire n'est jamais en contact direct avec la nappe mais seulement

avec des eaux de remontée par capillarité pendant le mois de juin et pour les types les plus frais.

Enfin le groupe D des prairies les plus sèches indique par les grandes différences de profondeur entre les trois types D_1, D_2, D_3, qu'il n'y a plus aucune relation de cause à effet entre la nappe et les formations prairiales.

La multiplicité des nuances écologiques révélées par le tableau XI est due à la finesse et à la précision du « comparateur biologique » que constitue la végétation. Par contre, l'insuffisance du nombre de piézomètres installés dans chacune de ces formations et le caractère statistique « moyen » des informations qu'ils donnent ne permettent pas d'établir des corrélations valables pour chacun de ces types de prairies.

B. — LES FORMATIONS BOISÉES ET LES RÉGIMES PHRÉATIQUES.

La figure 6 résume, à l'aide de quelques exemples, les positions relatives, par rapport à la surface du sol, des nappes correspondant aux principales formations boisées.

La disposition adoptée a pour but de séparer de part et d'autre d'une sorte de digue centrale les deux familles de régime. A gauche, les nappes à faible amplitude et faible profondeur représentent les formations riveraines externes aux digues ; à droite, les nappes de forte amplitude correspondent à des nappes non séparées de l'Isère par une digue.

Nappes à faible amplitude de variation (partie gauche de la figure 6).

La superposition des régimes souligne leur ressemblance ainsi que l'approfondissement correspondant aux divers types de bois ; elle met aussi en relief l'évolution que ces régimes subissent du fait de l'approfondissement : une accentuation progressive de l'amplitude estivale jusqu'au dernier stade de la Frênaie à Robinier.

Cette disposition correspond, du haut vers le bas, à deux processus géographiques différents :

1°) En s'éloignant progressivement de la digue : c'est le cas le plus général dans la région moyenne du secteur étudié ; les terrains sont situés très bas et l'approfondissement de la nappe s'accompagne d'une progression de l'amplitude. Dans ce cas, le stade de la Frênaie à Robinier n'est que très peu représenté : les cultures et les prairies sèches l'ont remplacé.

2°) Cette même succession peut être observée contre les digues lorsqu'on redescend le cours de l'Isère vers Rovon. L'approfondissement relatif de la nappe est dû cette fois, à l'enfoncement progressif du cours de l'Isère. Alors qu'avant le Pont de Saint-Quentin nous avions les stades A_1 et A_2 contre les digues, après ce pont, c'est la Frênaie à Chêne du stade A_3 qui borde la digue et plus loin encore la Frênaie à Robinier du stade A_4. Dans ce cas, la digue ne joue plus, dans l'influence de l'Isère sur la nappe qui en est issue, le rôle d'un dispositif à niveau constant :

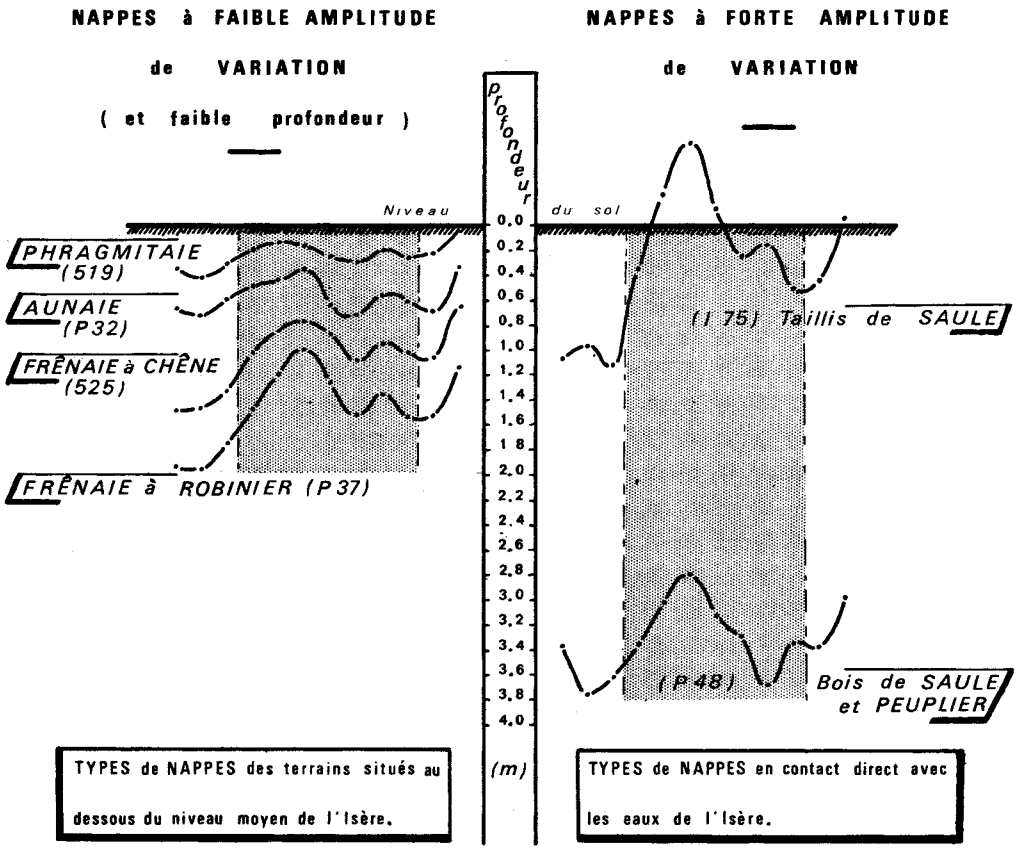


FIG. 6. — Les régimes phréatiques et les formations boisées.

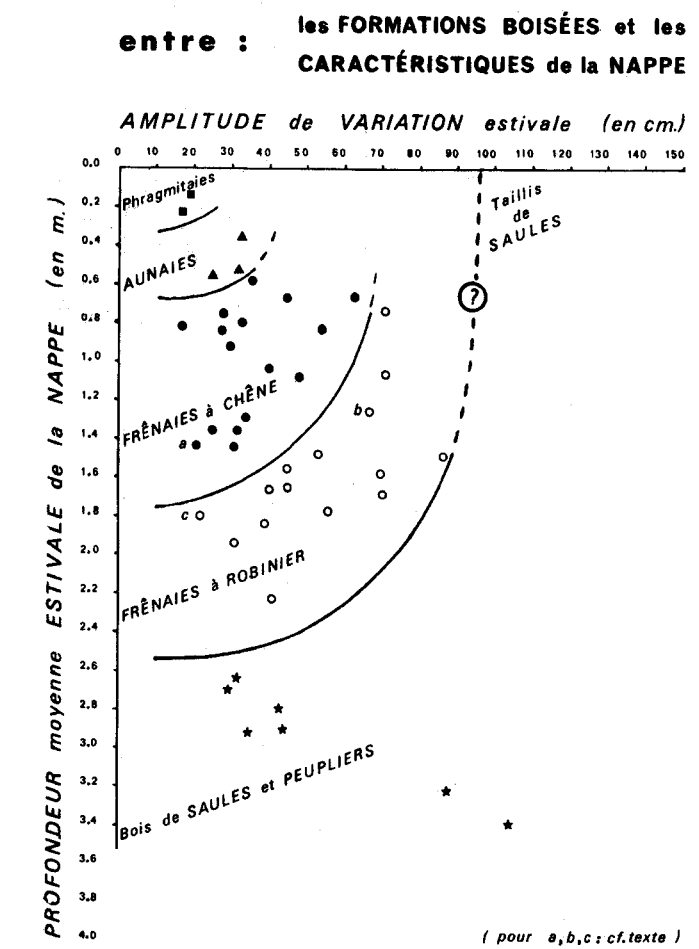
son efficacité se limite aux crues exceptionnelles et les amplitudes de la nappe deviennent plus fortes. Ici aussi le stade 4 est le plus propice à l'installation des cultures.

Nappes à forte amplitude de variation (partie droite de la figure 6).

Le régime 175 correspond à des bancs de graviers ou à des îles submergées périodiquement par les eaux ; leurs sols, constamment renouvelés et « rajeunis », portent les taillis de Saules; p 48 correspond à des bois de Saules.

Comme pour les nappes à faible amplitude, la disposition de 175 et de p 48 se rencontre :

1°) Soit en s'éloignant du cours d'eau en l'*absence de digues*. La nappe conserve le régime caractéristique à forte amplitude de la rivière



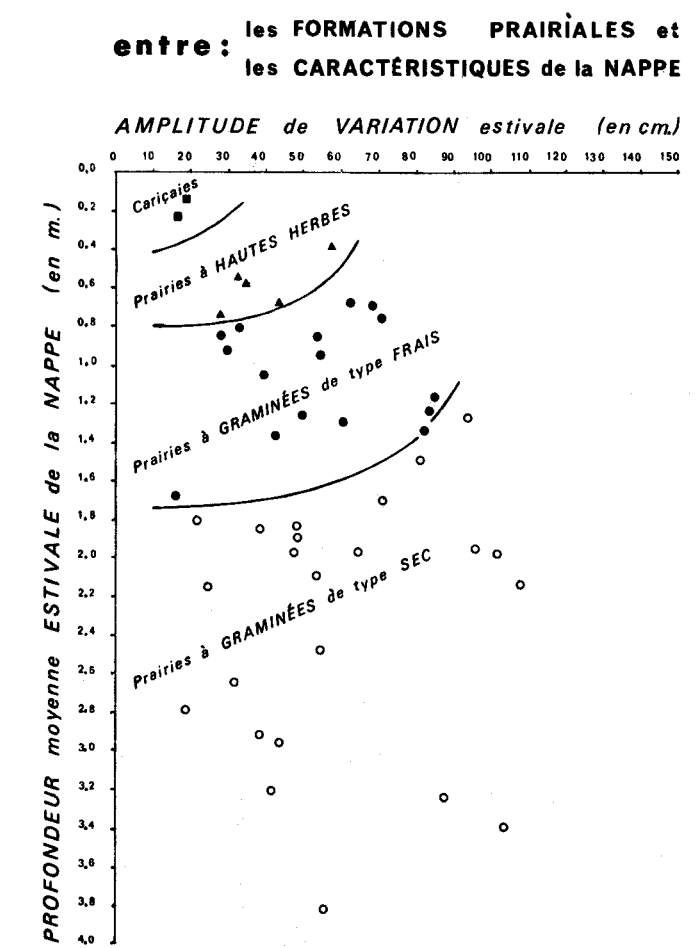


FIG. 7 et 8. — Corrélations stationnelles entre les groupements végétaux et la nappe.

en même temps que s'opère un approfondissement progressif, mais accompagné, à l'inverse des cas précédents, d'une diminution de l'amplitude.

Mais ce passage latéral est extrêmement rapide : la zonation manque de netteté car l'absence de digue ne peut en effet correspondre qu'à la proximité immédiate d'un fort relief (rebord Ouest de l'Echaillon). Ces reliefs apportent leurs propres nappes périphériques qui arrêtent rapidement l'influence de l'Isère.

2°) Soit à l'évolution rencontrée en descendant le cours de l'Isère. L'approfondissement du cours d'eau, crée à l'intérieur des digues (après le Pont de Saint-Quentin pour la rive droite) des berges élevées situées à 3 ou 4 m au-dessus du cours d'eau. C'est là que se développent les bois de Saules.

C. — REPRÉSENTATION GRAPHIQUE.

Sur les figures 7 et 8, l'emplacement de chaque station, (représentée par un signe correspondant au groupement végétal auquel elle se rattache), est déterminé d'une part par la profondeur de la nappe, d'autre part par l'amplitude de variation (valeurs estivales).

Les répartitions obtenues permettent d'individualiser pour chaque type de végétation un ensemble de points correspondant à diverses combinaisons de profondeur et d'amplitude. Il est visible que la profondeur moyenne ne suffirait pas, à elle seule, à distinguer les groupements les uns des autres ; à des profondeurs moyennes comparables correspondent des formations végétales différentes que seule l'amplitude de variation de la nappe permet de séparer.

Exemple : Comparons (fig. 8) la Frênaie à Chêne « a » (profondeur : 1,42 m; amplitude : 21 cm) et les deux Frênaies à Robinier « b » ($p = 1{,}26$ m; $a = 67$ cm) et « c » ($p = 1{,}80$ m ; $a = 20$ cm). La Frênaie à Chêne est une formation plus hygrophile que la Frênaie à Robinier et c'est ce que confirme la comparaison de « a » et de « c » puisque les profondeurs sont pour « a » 1,42 m et pour « b » 1,80 m (amplitude 21 cm). Par contre les deux formations identiques de Frênaie à Robinier « b » et « c » conduisent à admettre qu'une amplitude de variation de 67 cm pour une nappe située à 1,26 m seulement est l'équivalent écologique d'une nappe située à 1,80 m n'ayant que 21 cm d'amplitude. Il est donc logique d'admettre pour la comparaison entre « a » et « b » (entre Frênaie à Chêne « a » et Frênaie à Robinier « b ») que la profondeur de 1,26 m de la Frênaie à Robinier ne suffit pas à la caractériser écologiquement par rapport à celle de 1,42 m de la Frênaie à Chêne. L'amplitude de variation joue donc un rôle considérable et apporte une correction importante à la mesure du niveau moyen de la nappe.

Les sols correspondants présentent une composition granulométrique voisine.

D. — INTERPRÉTATION.

Les répartitions graphiques font apparaître trois « pôles » d'action de la nappe (schématisés, pour les formations boisées, dans la figure 9) :

— un pôle en relation avec les nappes superficielles (jusqu'à 0,60 m

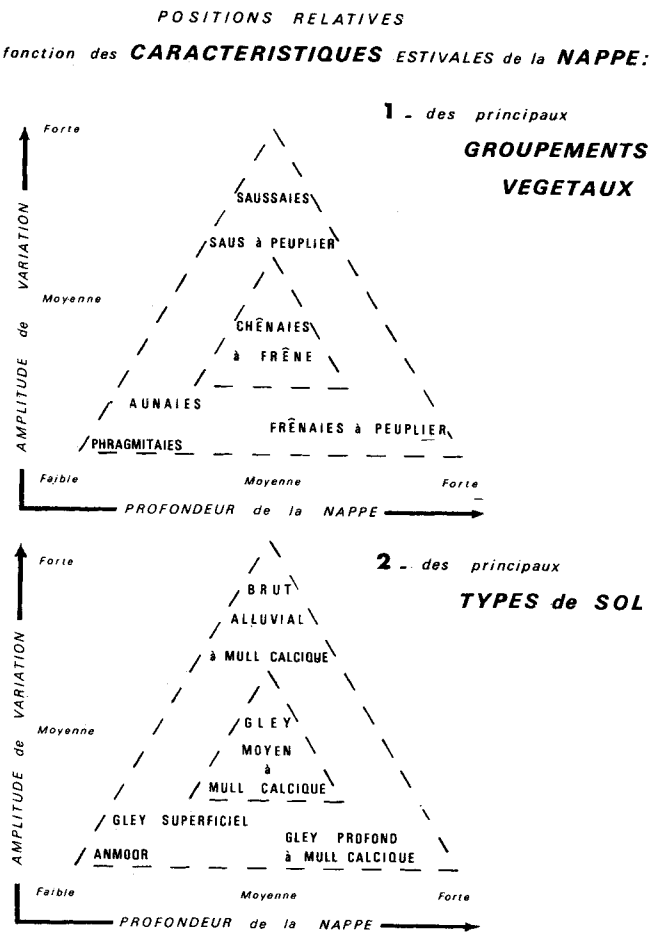


FIG. 9. — Schéma des corrélations entre la nappe, la végétation et les types de sol.

de profondeur). L'amplitude de variation ne peut être forte et son influence écologique est éliminée par les phénomènes de capillarité. C'est le domaine des Phragmitaies ; les Aunaies en sont les formations boisées typiques ; les Cariçaies et prairies à hautes herbes les occupent si l'homme exerce une forte pression d'entretien destinée à assurer le draînage ;

— un pôle opposé en rapport avec les nappes profondes (profondeurs supérieures à 1,60 m pour les prairies, à 2 m pour les bois). Prairies sèches, Saussaies et Peupleraies leur correspondent. L'amplitude de variation ne joue guère de rôle que pour les formations boisées ; pour les prairies la nappe n'exerce plus d'influence. Les groupements végétaux

de ces zones échappent au moins en partie aux conditions phréatiques et voient leurs exigences écologiques dépendre des caractéristiques du climat local.

— enfin, un troisième pôle correspondant aux régimes à amplitude de variation estivale importante, dont les effets écologiques ne peuvent pleinement se manifester que pour des nappes de profondeur moyenne. La multiplicité des combinaisons profondeur - amplitude engendre une multiplicité de situations écologiques qu'il serait impossible d'ordonner sans le concours de la végétation. L'amplitude de variation est maximale à l'intérieur des digues et correspond aux landes et taillis de Saules.

De la répartition graphique on peut déduire l'ensemble des conditions moyennes de profondeur et d'amplitude de variation de la nappe, correspondant à chaque type de végétation (cf. tableau XI. Inversement, les groupements végétaux qui s'échelonnent entre les sondages permettent de connaître les caractéristiques de la nappe pour guider l'interprétation cartographique (cf. dernier chapitre).

De même, d'un point de vue fondamental, on peut ainsi connaître la position relative des divers groupements végétaux en fonction des conditions de la nappe. Il devient ainsi possible :

— de prévoir les transformations de la végétation qu'entraînerait telle ou telle action sur les caractéristiques de la nappe ;

— réciproquement, de déceler à la suite de transformations des groupements végétaux des changements dans le régime de la nappe.

L'importance de cette dernière possibilité ne peut échapper si l'on pense que la variabilité du niveau réel des nappes (consécutive aux constantes variations climatiques d'une année à l'autre) interdit toute conclusion valable sur leur comportement à partir seulement de mesures brutes aussi précises soient-elles. D'une année à l'autre les profondeurs mesurées peuvent être totalement différentes sans que les conditions de circulation des eaux aient varié ; seule la relativité entre les valeurs mesurées présente un caractère de permanence que traduit la végétation. Celle-ci, non seulement synthétise les diverses conditions écologiques mais elle leur intègre le facteur « temps » bien mieux que ne le feraient des moyennes même basées sur de longues séries d'observations.

V. — SYNTHÈSES CARTOGRAPHIQUES

A. — CARTE ÉCOLOGIQUE (Carte en couleurs, hors-texte).

1. — **Conception de la carte.**

La végétation a été cartographiée avec le souci de mettre en évidence ses rapports avec les eaux phréatiques ou de surface. Les types représentés

sont tirés des principaux ensembles écologiques définis à partir des tableaux (I, IV, V et XII). Suivant la « signification logique des couleurs » de H. GAUSSEN, la teinte utilisée traduit les conditions de la nappe, l'intensité de cette teinte indique la physionomie de la végétation (prairies, landes ou bois). Le bleu représente les nappes superficielles et donc les milieux les plus humides; le jaune les zones à nappe très profonde, donc les plus sèches. Aux conditions intermédiaires (nappes de profondeurs moyennes) sont affectées les couleurs intermédiaires : vert-bleu pour les nappes de faible profondeur ; vert-jaune quand la nappe est plus profonde. Lorsque l'amplitude de variation de la nappe d'eau (phréatique ou libre) est si forte qu'elle prend la valeur de facteur limitant (intérieur des digues par exemple), c'est le violet qui est utilisé.

La carte écologique permet de connaître les caractéristiques de la nappe dans l'ensemble de la plaine alluviale. Il suffit de disposer de mesures effectuées dans chaque type de formations.

2. — **Interprétation.**

La carte met en évidence les grandes zones écologiques qui s'ordonnent parallèlement au cours de l'Isère. Semblables de part et d'autre de l'Isère, leur développement maximum dans la partie moyenne de la rive droite (secteur situé entre le bec de l'Echaillon et le Pont de Saint-Quentin) permet de les identifier facilement à ce niveau.

De la périphérie de la cuvette vers l'Isère, on rencontre successivement :

a) *une zone marginale* à dominante jaune : ce sont les terrasses fluvio-glaciaires externes occupées par la Noyeraie et la Vigne, indices de terrains bien draînés ;

b) *une zone humide externe* où le bleu et le vert foncé dominent, contrastant avec la zone précédente. C'est le niveau d'apparition en surface des nappes périphériques grâce au recoupement de ces nappes par les vestiges d'anciens méandres. Leur position topographique en contre-bas des terrasses précédentes en fait un milieu à alimentation permanente en eau avec faible amplitude de variation. Les étangs temporaires (Etang de Mai), les prairies mouilleuses, etc. dominent à cause d'un écoulement difficile ;

c) *une zone médiane,* comportant les teintes les plus claires, correspond à la région d'approfondissement maximum des nappes périphériques comme la nappe de l'Isère vers laquelle nous progressons. Les labours et les types prairiaux les plus secs (vert jaune) s'intriquent. Les restes de nombreuses Vignes témoignent d'une tentative d'y introduire cette culture. Les hameaux qui portent le nom de « îles » (les Iles, Petites Iles, Grandes Iles) précisent bien que ces régions ne sont pas inondées lorsque des pluies exceptionnelles noient les deux zones latérales (zone précédente « b » et zone suivante « d ») ;

d) *une zone humide interne,* située contre la digue de l'Isère. Le vert foncé y domine ; quelques plages bleues sont localisées dans les terrains en contre-bas de l'Isère. Les plages vert foncé sont plus étendues que dans la zone humide externe ; la zone interne diffère donc de cette dernière par des fluctuations estivales de la nappe en rapport direct, ici, avec le cours de l'Isère (l'amplitude de variation abaissant le niveau moyen estival). Les boisements (Frênaie à Chêne) sont généralisés parce que ces terrains sont inondés à certaines périodes de l'année ;

e) *enfin la zone intérieure* aux digues de l'Isère, de couleur violette, traduisant les fortes variations du niveau des eaux.

Cette disposition-type est assez générale de part et d'autre du cours d'eau, mais avec des importances relatives variables selon la topographie de détail ou la distance des reliefs environnants.

A l'amont du secteur moyen, les conditions de la Cluse de Grenoble et du Cône de Voreppe ne permettent aucun étalement en surface et la zone humide externe est au contact de la zone humide interne.

Vers l'aval se développe un processus inverse d'enfoncement de toutes les nappes, comme en témoignent la disparition progressive de la zone humide interne et la réduction de la zone humide externe. La zone médiane est très bien développée Les causes en sont liées : d'une part une réduction considérable des apports locaux en raison des faibles surfaces des bassins alimentant les nappes périphériques ; d'autre part l'enfoncement du cours de l'Isère à l'approche du seuil de Rovon.

3. — Intérêt de la carte dans les problèmes de pollution.

La cartographie des groupements végétaux tels qu'ils ont été définis traduit les caractéristiques de la nappe dans l'ensemble de la plaine alluviale. Elle permet de localiser sélectivement les niveaux écologiques où les apports en radioéléments seraient très importants et très rapides (Saussaies, Aunaies, Phragmitaies) et les secteurs prioritaires qui devraient éventuellement être soumis à des mesures d'isolement (prairies de fauche, champs de Maïs, vergers). Enfin elle est indispensable pour indiquer les stations de surveillance où des mesures de radioactivité devront être effectuées régulièrement.

A partir des données obtenues dans ces stations de contrôle, la carte permettra d'évaluer à un moment donné le degré de pollution des différents secteurs de la plaine alluviale.

B. — CARTE DES NAPPES PHRÉATIQUES (Carte en hors-texte en noir, par G. CABAUSSEL).

1. — La représentation cartographique des nappes.

Cet essai, qui cherche à préciser le domaine et les modalités d'action des eaux en provenance de l'Isère, a pour but de faire apparaître l'origine des eaux et de traduire leurs mouvements.

L'extrême plasticité de tout ce système phréatique complique sa représentation cartographique. A sa variabilité dans le temps (voir plus haut, figure 4) s'ajoutent les irrégularités de la surface qui enlèvent à la notion de « profondeur de la nappe » toute valeur figurative du dynamisme des eaux.

Si aux mesures de profondeur de la nappe on substitue la notion de niveau absolu (niveau réel au-dessus du plan de référence topographique), on restitue ainsi les éléments d'une « morphologie » des nappes souterraines. On obtient une figuration par « courbes de même niveau », une hypsométrie des « masses phréatiques » dont les formes sont ainsi matérialisées comme on le fait habituellement pour la représentation cartographique du sol ou celle des glaciers.

La variabilité de ces nappes dans le temps conduit à utiliser la moyenne des mesures estivales parce qu'elles correspondent au maximum normal moyen de l'influence de l'Isère.

2. — La carte hypsométrique des nappes.

Sur cette carte, l'hypsométrie des nappes est représentée mètre par mètre ; les indications numériques sont les cotes absolues (au décimètre près) de la nappe en chaque sondage avec, en dessous, la profondeur par rapport à la surface du sol.

Ces courbes dessinent une sorte de morphologie du système phréatique avec lignes de crêtes, talwegs et pentes. A la périphérie de la cuvette, les zones où les courbes se resserrent le long d'une ligne de crête matérialisent les arrivées des eaux locales. Leur onde de propagation vers l'Isère suit la génératrice des convexités et correspond d'ailleurs au tracé des principaux ruisseaux alimentant ces nappes.

Selon le même principe, le long du cours de l'Isère, on voit se matérialiser la diffusion de ses eaux dans les terrains environnants. Ici les couches sont moins amples et ont la forme de flèches car l'onde de propagation est rapidement limitée par les eaux périphériques dont les masses sont plus importantes et lui opposent une action quasi perpendiculaire.

La zone correspondant au balancement des influences entre l'Isère et les apports locaux, est matérialisée sous forme d'un talweg dans lequel se placent les drains. C'est là que se situe la limite d'influence des eaux de l'Isère.

3. — **Les zones d'influence des eaux de l'Isère.**

Comme pour la végétation, on peut distinguer trois grands secteurs.

1) Un secteur amont de la Cluse de Grenoble.

Le resserrement de la cluse, la vivacité des eaux périphériques issues du Vercors et de la Chartreuse et enfin les étranglements de la vallée qui constituent le cône de déjection de Voreppe rive droite, le bec de l'Echaillon rive gauche, réduisent considérablement les terrains soumis aux eaux de l'Isère.

2) Un secteur moyen : de l'Echaillon au Pont de Saint-Quentin.

A la suite de l'étranglement de l'Echaillon, les meilleures conditions requises pour l'étalement des eaux de l'Isère sont réalisées. La vallée est très large sur la rive droite, les arrivées périphériques sont très modestes sur la rive gauche et la rivière coule souvent au-dessus du niveau des terrains adjacents.

Le Rebassat puis la Morge d'un côté, un canal artificiel de l'autre, draînent les talwegs d'approfondissement maximum : ils écoulent donc des eaux périphériques et des eaux issues de l'Isère.

3) Un secteur aval : du Pont de Saint-Quentin au seuil de Rovon.

Sur la rive gauche, la zone d'influence de l'Isère conserve une largeur approximative de 400 à 500 m, limitée par les eaux qui proviennent du Vercors (apports modestes).

Sur la rive droite, le rassemblement des eaux périphériques dans le lit artificiel de la Fure-Morge, limite la zone propre à l'Isère. Seule la partie située en aval du confluent de la Fure-Morge et de l'Isère montre un élargissement considérable de la nappe du fleuve grâce à l'absence d'une importante arrivée d'eaux périphériques. Il faut noter qu'ici la profondeur de cette nappe est assez forte, l'Isère ayant amorcé l'enfoncement de son lit qui caractérise le passage du seuil de Rovon.

CONCLUSION

Cette méthode est applicable à l'étude de toutes les pollutions des eaux. Dans la connaissance de ces problèmes, le végétal présente de nombreux avantages :

1°) C'est un instrument particulièrement sensible aux modifications

physiques ou chimiques du milieu ; il est donc un indicateur très précieux.

2°) Il intègre tous les facteurs du milieu et permet de connaître, après l'établissement des corrélations, les autres éléments d'une biocénose dont l'analyse est souvent difficile, toujours longue et coûteuse et parfois impossible.

3°) Il a enfin l'avantage d'être facilement « accessible » et de présenter des qualités de permanence. Il permet donc de donner à un phénomène biologique quelconque des dimensions exactes dans l'espace et dans le temps.

BIBLIOGRAPHIE

AIN, G. et PAUTOU, G. (1969). — Etude écologique du Marais de Lavours. *Doc. Carte Vég. Alpes,* **VII**.

AZZI, G. (1954). — *Ecologie agricole.* Paris, Ballières et Fils, 426 p.

BRAUN-BLANQUET, J. (1950). — Uebersicht der Pflanzengesellschaften Ratiens IV. *Vegetatio,* **II**, 341-360.

BRAUN-BLANQUET, J., ROUSSINE, N., NEGRE, R. (1951). — *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne.* Paris, C.N.R.S., 297 p.

CABAUSSEL, G. (1967). — Photo-interprétation et synthèse écologique. Essai d'application à la feuille de Grenoble. *Doc. Carte Vég. Alpes,* **V**, 127-172, 1 carte couleurs.

DEMOLON, A. (1966). — *Dynamisme du sol.* — Paris, Dunod, 520 p.

DORST, J. (1965). — *Avant que nature meure.* Neuchâtel (Suisse), Delachaux et Niestlé, 424 p.

DUBUS, J. et FOURNEAUX, J.C. (1968). — Les ressources en eaux souterraines de la plaine du Grésivaudan. *Rev. Géogr. Alpine,* **LVII**, 3-4, Grenoble.

DUCHAUFOUR, Ph. (1957). — *Tableaux descriptifs et analyses des sols.* Nancy, Ecole Nat. E. et F., 87 p.

DUCHAUFOUR, Ph. (1965). —*Précis de Pédologie.* Paris, Masson, 481 p.

ELLENBERG, H. (1963). — *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen.* Stuttgart, Ulmer, 943 p.

GAUSSEN, H. — *Carte de la pluviosité annuelle des Alpes, du bassin du Rhône et de la Corse, au* 1/500 000. Paris, Ministère des Trav. Publ.

GEHU, J.M. (1961). — Les groupements végétaux du bassin de la Sambre française. *Vegetatio,* **X**, 69-148, 161-208.

MAGNAVAL, R. (1968). — *Répartition d'une pollution complexe,* ^{106}Ru, ^{54}Mn, ^{85}Sr, ^{137}Cs, ^{60}Co, *dans divers systèmes écologiques d'eau douce.* Univ. de Grenoble, thèse, 45 p., ronéot.

OBERDORFER, E. (1957). — *Süddeutsche Pflanzengesellschaften.* Jena, Fischer, 563 p.

OZENDA, P. et coll. (1964). — Feuille de Domène (XXXIII-34). *Doc. Carte Vég. Alpes,* **II**, 69-118, carte.

OZENDA, P. (1967). — Le rôle des végétaux en radioécologie continentale : le cas du site de Grenoble. *Bull. d'inform. Scient. et techn. du CEA,* 119, 3-8.

OZENDA, P. (1969). — La représentation cartographique des biocénoses naturelles : ses applications en radioécologie. *Symp. intern. de Radioécologie,* 1105-1117, Cadarache.

PORTECOP, J. (1967). — Note climatique sur la carte de Grenoble 1/100 000. *Doc. Carte Vég. Alpes,* **V**, 119-126, 127-170.

SCHNEIDER, J. (1954). — Ein Beitrag zur Kenntnis des *Arrhenatheretum elatioris* in pflanzensoziologischer- und agronomischer Betrachtungsweise. *Beit. z. geobot. Landesaufn. d. Schweiz,* H. 34, 102 p.

SEIBERT, J. (1958). — *Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet « Pupplinger Au »*. München, 79 p., 2 cartes.

TCHOU-YEN-TCHENG (1948). — Etude écologique et phytosociologique sur les forêts riveraines du Bas-Languedoc. *Vegetatio,* **I**, 93-128, 217-257, 347-383.

WAGNER, H. (1950). — Das *Molinietum coeruleae* (Pfeifergraswiese) in Wiener Becken. *Vegetatio,* **II**, 128-165.