

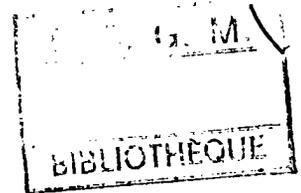
DÉLÉGATION A L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET A L'ACTION RÉGIONALE

Secrétariat permanent pour l'étude des problèmes de l'eau

**LES CARTES DE VULNÉRABILITÉ DES NAPPES  
D'EAU SOUTERRAINE À LA POLLUTION**

par

**M. ALBINET**



**BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES  
74, rue de la Fédération, 75 Paris (15<sup>e</sup>) – Tél.: (1) 783.94.00**

**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL  
B.P. 6009 – 45 Orléans (02) – Tél.: (38) 66.06.60**

**Département d'Hydrogéologie**

**70 SGN 325 HYD**

**Août 1970**

## R E S U M E

A la demande de la D.A.T.A.R. (S.P.E.P.E.) le B.R.G.M. (département d'hydrogéologie) a été chargé d'établir une série de cartes indiquant les différents degrés de risque de pollution des nappes d'eau souterraine.

Une première phase de travail a permis de réaliser une carte de vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine de la France à l'échelle du 1/1 000 000 et de définir une légende-type à cette échelle.

Une deuxième phase de travail a comporté :

- la réalisation de 7 prototypes de cartes de la vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine à des échelles plus grandes :
  - . 5 à l'échelle du 1/250 000
  - . 2 à l'échelle du 1/50 000
- la définition pour chaque échelle d'une légende-type pouvant s'appliquer à l'ensemble du territoire national ou à d'autres pays.

Le présent rapport expose les méthodes cartographiques élaborées spécialement dans ce but, et présente les différentes cartes expérimentales réalisées.

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre des études contribuant à la préparation du schéma d'aménagement de la France, la D.A.T.A.R. (S.P.E.P.E.) a chargé le B.R.G.M. (département d'hydrogéologie) d'établir des cartes indiquant les différents degrés de risque de pollution des nappes d'eau souterraine.

Ce travail a été effectué en deux phases :

- 1ère phase : établissement d'une "carte de vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine de la France" à l'échelle du 1/1 000 000.
- 2ème phase : établissement de 7 cartes de vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine à des échelles plus grandes :
  - . 5 à l'échelle du 1/250 000 (une dans l'Est, une dans les régions tourangelles, une dans le Sud-Ouest, une dans les Grands Causses, une dans la région de Lyon).
  - . 2 à l'échelle du 1/50 000 (une dans l'Est et une dans le Nord).

Deux facteurs importants sont intervenus dans la réalisation de ces cartes :

- le premier est une étude d'ordre méthodologique réalisée dans le cadre des études générales d'hydrogéologie effectuée au département d'hydrogéologie, en 1968, par J. MARGAT\* qui avait dégagé les bases de ce type de cartographie à but pratique.
- le deuxième consiste en l'aide efficace rencontrée auprès des hydrogéologues des Services géologiques régionaux du B.R.G.M. pour mener à bien ce travail.

Pour chaque phase nous allons donc examiner le but recherché, le système de lecture utilisé (légende-type proposée) et les résultats obtenus.

---

\* "Vulnérabilité des nappes d'eau souterraine à la pollution. Bases de sa cartographie" par J. MARGAT. Rapport B.R.G.M. 68 SGL 198 HYD, novembre 1968.

## 2. PREMIERE PHASE : CARTE DE VULNERABILITE A LA POLLUTION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE DE LA FRANCE\* A L'ECHELLE DU 1/1 000 000

### 2.1. But recherché

Cette carte a été dressée dans le but de montrer quelles sont, suivant les terrains rencontrés en surface (et plus précisément suivant les réservoirs dans lesquels sont contenus la première nappe d'eau souterraine, généralement libre) les possibilités de pénétration et de propagation des polluants dans ces terrains c'est-à-dire la vulnérabilité de ces nappes, que la plupart des puits et forages de captage d'eau d'alimentation exploitent, et d'où sont issues la plupart des sources du territoire.

Il ne s'agissait pas de faire l'inventaire des points de pollution ni d'indiquer les zones déjà polluées en France ; il ne s'agissait pas non plus de montrer comment et par quel type de polluant va se matérialiser la pollution et quels en seront les effets.

A partir de cette carte, il est donc possible de définir les zones sensibles dans lesquelles une pollution peut affecter gravement une nappe et d'avoir une idée des moyens à employer si l'on veut protéger cette nappe.

### 2.2. Lecture de la carte : Légende-type proposée

#### 2.2.1. Classification des terrains suivant la vulnérabilité des nappes d'eau souterraine à la pollution.

##### 2.2.1.1. Principes de base :

Dans la pollution des eaux souterraines, on doit considérer à la fois :

---

\* Cette carte a été dressée dans le courant du 2ème trimestre 1969. Sa sortie de presse est prévue pour le mois de novembre 1970.

- a) l'introduction de la pollution, c'est-à-dire le transit, selon un trajet surtout vertical, de corps polluants entraînés par les eaux d'infiltration, ou de fluides polluants depuis la surface du sol jusqu'à une nappe souterraine, à travers le sol et des roches non saturées d'eau, ceci ne s'appliquant qu'aux nappes libres (1).
  
- b) la propagation de la pollution, c'est-à-dire l'écoulement de l'eau ainsi polluée, entraînée par le mouvement naturel de la nappe atteinte ; elle peut être plus ou moins rapide, selon les caractéristiques de la roche aquifère et la pente hydraulique ; elle peut s'étendre à une distance plus ou moins grande selon l'étendue et les conditions de drainage de la nappe.
  
- c) la persistance plus ou moins prolongée, après l'interruption de la cause initiale de la pollution, de la zone contaminée, qui est liée au renouvellement naturel de l'eau du réservoir aquifère.

Nous avons été amenés à définir schématiquement, en vue de la cartographie à réaliser à petite échelle, six classes de terrain dotées chacune de caractères communs, selon les points de vue précédents, en se basant principalement sur la nature géologique du sous-sol, sur la profondeur de la surface libre des nappes par rapport au sol et sur les modalités de drainage (ou parfois d'alimentation) des nappes par les cours d'eau, la densité du réseau hydrographique permanent commandant généralement l'extension des écoulements souterrains.

Il a été admis que les nappes captives dans des couches aquifères profondes recouvertes par des couches de terrains de faible perméabilité constituant des barrières étanches, sont protégées naturellement contre des pollutions d'origine superficielle.

---

(1) Le rejet direct d'effluents polluants dans une nappe par forages absorbants n'est pas considéré ici. Il est évident que toutes les nappes sont également vulnérables à la pollution par ce moyen. On exclut aussi le cas de pollution par des forages pétroliers ou miniers mal isolés mettant une nappe souterraine de bonne qualité en communication avec des nappes d'eau minéralisée. Mais le risque encouru dépend des facteurs de propagation et de persistance de la pollution. Comme la carte donne une appréciation sur ces facteurs, elle rend compte également, dans une certaine mesure, de la vulnérabilité aux rejets directs.

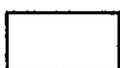
## 2.2.1.2. Classification adoptée :

### - Classe 1 : Domaine des alluvions

Il a été volontairement séparé des cinq autres en raison de son importance et de ses conditions particulières. Dans ce domaine les nappes, peu profondes, sont en effet en communication souvent étroite avec les cours d'eau de surface, principaux récepteurs et conducteurs des produits polluants. De plus et de façon générale, les alluvions drainent en partie les eaux des nappes adjacentes.

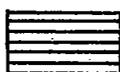
Trois cas ont été envisagés :

en rouge



a) nappe alluviale libre sans aucune protection

en rouge



b) nappe alluviale libre, semi-captive ou captive protégée en surface par une couche peu perméable

en rouge

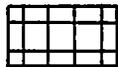


c) nappe alluviale directement alimentée dans les conditions naturelles par un cours d'eau de surface. Ce cas se rencontre chaque fois que le plan d'eau de la rivière est plus élevé que le niveau piézométrique de la nappe des terrains encaissants (cours d'eau perché). Toute pollution d'eau en surface se propage obligatoirement dans la nappe alluviale, dans la mesure toutefois où le colmatage du lit et des berges du cours d'eau n'assure pas son isolement relatif.

En outre, dans les trois cas, il faut souligner que la plupart des captages riverains de cours d'eau peuvent créer artificiellement les conditions de ce 3ème cas, au moins localement : ces captages sont donc risqués, au bord de rivières polluées en permanence ou même temporairement.

- Classe 2 : Terrains dans lesquels la pollution se propage très rapidement  
(calcaires, dolomies : domaine karstique)

en rouge



Ce cas se présente dans les régions où les karsts sont très développés, c'est-à-dire celles où la circulation des eaux de surface se caractérise par des écoulements temporaires avec de nombreuses pertes et résurgences : seules les circulations souterraines sont dotées de la continuité et de la permanence caractérisant ailleurs les réseaux hydrographiques.

L'eau s'écoule dans des calcaires ou des dolomies très fissurés. Il n'y a pas de filtration et les répercussions d'une pollution en surface (en général rejets dans des cavités souterraines avec ou sans circulation : grottes, avens) sont quasi immédiates. Les réservoirs aquifères comportent des chenaux à écoulement très rapide (ordre de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres par jour).

Le niveau de base des eaux souterraines coïncidant en général avec le niveau des cours d'eau permanents on peut estimer que sauf dans le creux des vallées, sur la plus grande partie des domaines de cette classe, les réseaux aquifères actifs se trouvent le plus souvent à plus de 50 m de profondeur en dessous du sol, et parfois à plus de 100 m. Ils peuvent se développer sur de grandes distances (plusieurs dizaines de km), permettant une propagation lointaine de la pollution et sa diffusion selon un front étendu, en raison des diffluences et des divergences possibles des écoulements souterrains.

- Classe 3 : Terrains dans lesquels la pollution se propage rapidement (craie, calcaires, dolomies, basaltes)

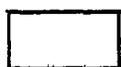
Cette classe se distingue d'abord de la précédente par l'existence de réseau hydrographique relativement mieux organisé (rareté des bassins fermés et des pertes de cours d'eau) quoique encore peu dense.

Elle est constituée par des terrains aquifères fissurés mais peu karstifiés, où la densité de fissuration de même que les dimensions des fissures sont généralement moins importantes que dans le cas précédent, et où la fissuration peut coexister avec une certaine porosité. Cependant les vitesses d'écoulement sont très diverses. Des systèmes de chenaux à circulation assez rapide (ordre de quelques dizaines à quelques centaines de mètres par jour, et parfois plus) peuvent coexister avec des écoulements en nappe, beaucoup plus lents.

La filtration des corps non dissous reste très réduite et les répercussions d'une pollution en surface sur une nappe sont toujours rapides (parfois même immédiates).

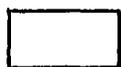
L'épaisseur du terrain entre la surface du sol et la surface piézométrique de la nappe pouvant dans certains cas diminuer le danger de pollution ou du moins le retarder, nous avons déterminé une zonalité de profondeur simplifiée. Deux classes ont été envisagées :

en orangé



- nappe libre peu profonde à moins de 50 m de profondeur par rapport au sol

en orangé plus foncé



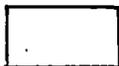
- nappe libre profonde à plus de 50 m de profondeur par rapport au sol

N.B. En raison de l'échelle adoptée le critère de 50 m de profondeur nous a paru comme le mieux adapté en fonction de l'hypsométrie et de la piézométrie des nappes.

Enfin la pollution peut se propager sur d'assez grandes distances, en raison de l'étendue des systèmes aquifères élémentaires (limités par des cours d'eau drainant).

- Classe 4 : Terrains dans lesquels la pollution se propage plus lentement  
(sables, grès, projections volcaniques)

en jaune



L'écoulement de l'eau dans ces terrains, essentiellement perméables par porosité, est totalement différent des deux cas précédents : il est lent (quelques centimètres à quelques mètres par jour) et l'eau est en général bien filtrée (filtration des corps non dissous); la première nappe rencontrée (nappe libre dite "phréatique") est généralement à faible profondeur.

La densité généralement grande du réseau hydrographique (cours d'eau drainant), délimitant des systèmes aquifères élémentaires de plus petite dimension que dans les classes 2 et 3, s'oppose le plus souvent à une propagation de la pollution de l'eau souterraine sur de grandes distances. Mais la persistance de polluant dans l'aquifère serait très longue, le renouvellement complet des réserves des nappes dans ces aquifères, surtout lorsqu'ils sont assez épais - étant certainement pluri-annuel, sinon décennal ou plus.

- Classe 5 : Terrains dans lesquels la pollution se propage de façon très variable

hachures vertes et oranges



Il s'agit de domaines composites soit à alternances rapides en affleurements de terrains sédimentaires perméables et peu perméables (calcaires, marnes, sables, argiles, grès, schistes, etc...) soit de terrains peu homogènes à perméabilités très diverses (complexes sablo-argileux, molasses, moraines). La perméabilité "moyenne" de l'ensemble est généralement faible.

Dans ces domaines les risques de propagation de la pollution sont fonction du terrain dans lequel se situe l'origine de la pollution. Mais si la propagation de la pollution dans un aquifère

est en général restreinte en raison des variations rapides de faciès, ou des compartimentages tectoniques qui limitent l'extension des écoulements souterrains, elle peut toutefois se communiquer plus aisément aux eaux de surface et se transférer alors très loin de son origine.

Dans les séries sédimentaires "multicouches" mentionnées en premier lieu, la pollution d'eaux souterraines dans des terrains peu perméables, même si elle paraît localisée, n'est pas néanmoins sans danger à long terme, dans la mesure où des couches aquifères plus perméables sous-jacentes peuvent - selon une disposition assez fréquente surtout en cas d'exploitation de la nappe profonde plus productive - drainer en profondeur l'eau de ces aquifères supérieurs médiocres et à la longue déplacer les masses d'eau polluées jusqu'à des sources ou des captages.

- Classe 6 : Terrains dans lesquels la pollution n'affecte en pratique que les eaux de surface

Ce sont des terrains peu perméables ou "imperméables" ne comportant pas de nappe d'eau souterraine et où le ruissellement est important.

Deux cas ont été envisagés :

en bleu



a) terrains sédimentaires marneux ou argileux : la pollution ne peut affecter que des eaux de surface. Ces terrains servent d'écran protecteur pour les eaux souterraines profondes pouvant se trouver dans les couches aquifères sous-jacentes (nappes généralement captives donc à surface piézométrique supérieure au toit de faible perméabilité, empêchant de toute manière les infiltrations dans les conditions naturelles). Toutefois la remarque faite ci-dessus (classe 5, in fine) peut dans certains cas s'appliquer ici si la pression de la nappe captive est peu différente de l'altitude des plans d'eau libre en surface.

en vert



b) terrains éruptifs et métamorphiques (granites, gneiss, mica-schistes) et terrains sédimentaires métamorphisés ou très plissés (schistes, calcaires). La pollution ne peut atteindre par définition que des eaux de surface, lorsque ces domaines sont dépourvus d'aquifères.

Toutefois des possibilités de pollution rapide mais localisée d'eaux souterraines peuvent exister dans les terrains (granites, gneiss, calcaires métamorphisés) où des fissures permettent l'existence de réseaux aquifères locaux, cependant sans risque de propagation sur de grandes distances, notamment à cause de la forte densité du réseau hydrographique drainant. Des exceptions ne sont néanmoins pas à exclure en cas de circuits profonds établis à la faveur de failles et soumis à une action thermodynamique.

2.2.2. En plus de ces six classes de terrains nous avons été amenés à définir et à représenter pour les nappes libres :

en bleu ou en noir



- les principales zones où la surface piézométrique de la nappe prend la forme d'un "dôme" (écoulement divergent) : elles correspondent, dans les domaines interfluviaux, aux parties les plus élevées de la surface de la nappe donc à des zones amont de l'écoulement souterrain. Ces zones, où les nappes sont alimentées uniquement par l'infiltration des eaux de pluie (ou neige en montagne) et ne sont pas influencées par les cours d'eau de surface, peuvent être qualifiées de zones "d'eau pure", et pourraient faire l'objet de mesures préférentielles de protection et de conservation.

en noir



- les zones où les nappes sont essentiellement alimentées par des irrigations provenant de prélèvements dans un cours d'eau de surface

(ex : cas de la nappe de la Crau alimentée par les eaux de la Duran-  
ce) : la pollution pourrait alors être immédiate et simultanée sur une  
grande étendue si le cours d'eau, ou le réservoir superficiel dans  
lequel se fait le prélèvement, se trouvait pollué.

en noir



- les zones à nappe libre (classes 1 à 4) protégées partiellement en surface par un terrain peu perméable (ex : argile à silex sur la craie), ayant a priori pour effet de retarder toute pollution de la nappe sous-jacente à partir de la surface (cas déjà envisagé en particulier pour les nappes d'alluvions : classe 1 b).

en rouge

- - Nous avons également indiqué les points de perte totale ou partielle de cours d'eau de surface qui constituent des origines (rejets) de pollution directe possible des eaux souterraines par les eaux de surface si celles-ci se trouvent polluées (classes 1 et 2 essentiellement). Enfin, nous avons figuré par des flèches rouges correspondant à la direction principale et au sens d'écoulement des nappes souterraines, le sens de propagation de pollutions éventuelles dans ces nappes. Cette indication conserve néanmoins inévitablement, à l'échelle choisie, une valeur schématique.

### 2.3. Résultats obtenus

Le document ainsi élaboré présente l'avantage de permettre une lecture simple et une compréhension aisée.

Destinée à des usagers non spécialistes de l'hydrogéologie (administrateurs, planificateurs par exemple), la carte au 1/1 000 000 présente une vue d'ensemble des moyens de défense naturels des nappes contre la pollution, mettant ainsi en évidence les zones sensibles du territoire.

Parmi les utilisations diverses auxquelles pourra donner lieu ce document de synthèse, il faut citer plus particulièrement les activités d'enseignement et de sensibilisation au problème de l'eau.

### 3. DEUXIEME PHASE : CARTES DE VULNERABILITE A LA POLLUTION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE, ECHELLES : 1/250 000 et 1/50 000

Il était naturel de penser que si grâce aux travaux précédents on avait pu représenter des idées d'ordre général sur la vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine, on pouvait essayer d'exprimer d'autres idées plus précises en les matérialisant à l'aide d'une cartographie à plus grande échelle.

C'est ainsi que l'on a été amené à réaliser dans le courant du 2ème trimestre 1970 des essais de cartographie à échelle moyenne et grande. Ils sont au nombre de 7 :

- . 5 à l'échelle du 1/250 000
- . 2 à l'échelle du 1/50 000

#### 3.1. But recherché

Comme dans le cas de la carte au 1/1 000 000 il ne s'agissait pas de faire l'inventaire des foyers de pollution ni d'indiquer les zones déjà polluées, il ne s'agissait pas non plus de montrer comment et par quel type de polluant va se matérialiser la pollution et quels en seront les effets.

Le but recherché était double :

- procéder à une expérience de cartographie à des échelles plus grandes que celle du 1/1 000 000. Après divers essais, ont été retenues les échelles du 1/250 000 et du 1/50 000 suffisamment différentes entre elles et du 1/1 000 000 pour donner lieu à des cartes de natures différentes.

Pour chacune il a fallu établir un programme de légende-type et de normes de représentation bien adaptées.

- éprouver l'utilité pratique de telles cartes : à cette fin, les essais de cartographie ont été diffusés auprès de différents utilisateurs : c'est de ces derniers que sont attendues les réponses à la question posée.

### 3.2. Lecture des cartes - Légendes-types proposées

Chaque type de légende comporte un cadre général qui est celui de la carte au 1/1 000 000 c'est-à-dire une classification des terrains suivant leur facilité à laisser pénétrer et à propager une pollution éventuelle. On a pu ainsi conserver les couleurs utilisées dans la carte au 1/1 000 000 mais on a toutefois détaillé davantage cette classification.

On a introduit en outre des indications stratigraphiques simples, c'est-à-dire sur la superposition des couches dans l'espace, au moyen de lettres. Ceci était nécessaire car pour une même couleur représentant le même type de terrain (faciès) il est important de montrer lequel est au-dessus ou en dessous d'un autre, sans contraindre le lecteur à se reporter à une carte géologique.

Exemple : les sables et les grès sont représentés par une teinte unie jaune. Si dans la zone envisagée il y a des sables ou des grès tertiaires crétacés et jurassiques on a utilisé le système suivant :

t	Tertiaire
C	Crétacé
J	Jurassique

Autre exemple et toujours pour des sables ou des grès représentés en jaune :

F	"Faluns de Touraine"
S	Sables sénoniens
C	Sables cénomaniens

C'est ainsi qu'en légende on rencontrera toujours de haut en bas et pour la même couleur les terrains les plus récents puis les terrains plus anciens.

Dans le cas de deux terrains appartenant à la même classe mais qu'il est toutefois nécessaire de différencier soit parce qu'ils sont du même étage géologique et qu'ils présentent un faciès différent, soit simplement pour cette dernière raison on a utilisé un système de chiffres.

Exemple :

1 : alternances de calcaires et de marnes

2 : alternances de conglomérats, de schistes et de grès.

Pour chaque catégorie de terrain le texte de la légende est adapté aux conditions hydrogéologiques propres à la région envisagée (notamment pour les vitesses de circulation de l'eau souterraine ou la profondeur de la nappe).

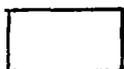
#### REMARQUE

Chaque carte comporte, suivant l'échelle envisagée, un certain nombre de renseignements ponctuels. Si l'on compare soit la légende générale type à chaque légende, soit les différentes légendes entre elles, on constatera que pour chaque légende les renseignements ponctuels ne sont pas tous représentés. Cela est dû à l'état actuel des connaissances d'une part et au temps attribué pour réaliser ces travaux d'autre part. En effet pour obtenir certains renseignements des délais parfois très longs sont nécessaires. Cependant cette hétérogénéité ne présente pas d'inconvénient majeur, le but essentiel étant d'aboutir à une légende générale type.

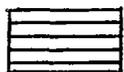
#### 3.2.1. Légende générale type proposée pour une cartographie à l'échelle du 1/250 000.

Ainsi qu'il a été dit précédemment (cf. 3.2.) la classification des terrains suivant la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution est identique à celle utilisée dans la carte au 1/1 000 000. On va donc retrouver les classes suivantes :

1. Domaine des alluvions - en rouge



nappe alluviale libre sans aucune protection



nappe alluviale captive, semi-captive ou libre protégée en surface par une couche peu perméable (limons)



nappe alluviale directement alimentée par un cours d'eau de surface :

1. Cours d'eau perché par rapport au niveau piézométrique moyen des nappes souterraines locales (non ou peu colmaté). Alimentation naturelle.
2. Réalimentation induite : champs de captages rabattant le niveau piézométrique local des eaux souterraines au-dessous du niveau de la rivière.

2. Terrains dans lesquels la pollution se propage très rapidement (calcaires, dolomies : domaine karstique)



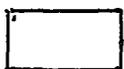
en rouge

3. Terrains dans lesquels la pollution se propage rapidement (craie, calcaires, basaltes)



en orangé

4. Terrains dans lesquels la pollution se propage plus lentement (sables, grès)



en jaune

5. Terrains dans lesquels la pollution se propage de façon très variable

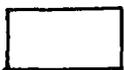


hachures vertes et oranges

6. Terrains dans lesquels la pollution n'affecte pratiquement que les eaux de surface :

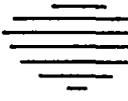


Terrains sédimentaires marneux ou argileux - en bleu  
(aquifères profonds possibles)

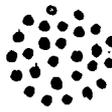


Terrains éruptifs et métamorphiques, terrains sédimentaires métamorphisés ou très plissés - en vert

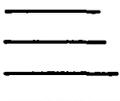
En plus de cette classification les renseignements suivants sont à indiquer dans la mesure du possible :

 noir  
 ou  
 bleu

Principales zones où la surface piézométrique de la nappe prend la forme d'un dôme : elles correspondent dans les domaines interfluviaux aux parties élevées de la nappe donc aux zones amont de l'écoulement. Ces zones, où les nappes sont alimentées uniquement par l'infiltration des eaux de pluie (ou neige en montagne) et ne sont pas influencées par les cours d'eau de surface peuvent être qualifiées de zones "d'eau pure" et pourraient faire l'objet de mesures préférentielles de protection et de conservation.

 noir

Zones où les nappes sont essentiellement alimentées par des irrigations provenant de prélèvements dans un cours d'eau de surface.

 noir  
 ou

Zones protégées partiellement en surface par un terrain peu perméable ayant pour effet de retarder toute pollution de la nappe sous-jacente à partir de la surface.

ou  
 tramé très clair de la même couleur que le terrain en affleurement (à employer de préférence).

• rouge Points de pertes totales ou partielles de cours d'eau de surface qui constituent des origines de pollution directe possible des eaux souterraines par les eaux de surface.

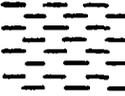
 noir
 grotte } Points très vulnérables. Risques de pollution par  
 aven } rejet direct (solide ou liquide) à l'intérieur même  
 d'un réservoir aquifère.

 noir
 grotte recoupant une circulation temporaire ( idem mais encore plus vulnérable. )  
 Cas présentant de maximum de


 grotte recoupant une circulation pérenne ( danger en raison des possibilités


 aven recoupant une circulation temporaire ( d'introduction directe d'une pollu-  
 tion dans une circulation d'eau


 aven recoupant une circulation pérenne ( souterraine. )

-  noir Limite de partage des eaux souterraines (lieu des points d'origine de l'écoulement) : barrière naturelle ne pouvant être franchie par une pollution éventuelle. Mais lieu de dispersion maximale d'une pollution qui s'y produirait.
-  noir Zone où la pression de la 1ère nappe libre rencontrée est supérieure à celle de la nappe sous-jacente : zone d'alimentation par drainance de la nappe inférieure par la nappe supérieure ; possibilités de contamination indirecte de la nappe inférieure à longue échéance si la nappe supérieure était polluée. Dans ces zones, un forage mettant les deux nappes en communication aurait le même effet à plus courte échéance.
-  noir  
ou  
rouge Sens de propagation d'une pollution éventuelle (direction d'écoulement principale des eaux souterraines).
-  noir  
ou  
 rouge Relation prouvée entre deux points par expérience de traçage.  
Relation présumée entre deux points.
-  noir Zone inondable : risques supplémentaires de propagation et de transmission rapides d'une pollution éventuelle sur la zone d'affleurement du terrain inondé (notamment en cas de dépôt superficiel de substances polluantes).
-  noir Carrière à ciel ouvert ( Points très vulnérables : risques de pollution par rejet direct (solide ou liquide) à l'intérieur même d'un réservoir aquifère.
-  noir Carrière souterraine, cave ( voir aquifère.
-  noir Sablière
-  noir Puits de mine (risque de pollution par exhaure, notamment en cas de rejet dans un cours d'eau).
-  noir Cours d'eau drainant : lieu des points d'arrivée de l'écoulement souterrain. Barrière ne pouvant être franchie par l'écoulement souterrain dans une nappe en liaison hydraulique avec le cours d'eau.
-  violet Cours d'eau perché par rapport au niveau piézométrique des eaux souterraines locales.
-  bleu idem, mais dans ce cas le lit du cours d'eau est colmaté réduisant fortement voire totalement les risques d'échanges entre le cours d'eau et la nappe sous-jacente.

### 3.2.2. Légende générale type proposée pour une cartographie à l'échelle du 1/50 000.

En ce qui concerne la classification des terrains elle peut être identique à celle du 1/250 000. Les principes restent les mêmes avec évidemment des détails et une précision adaptés à l'échelle envisagée. On devra faire figurer également tous les renseignements autres que la classification des terrains, proposés pour le 1/250 000, les couleurs et les figurés restant également identiques.

Par contre un certain nombre de renseignements supplémentaires spécifiquement adaptés à l'échelle du 1/50 000 peuvent et doivent être figurés :

noir  Captage (puits ou forage), zone de captages d'eau souterraine à usage domestique avec son -ou ses- périmètres de protection (enquête du Géologue officiel).  
ou   
bleu

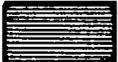


noir  Captage : forage, puits (eau) à usage domestique.

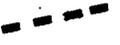
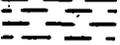
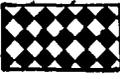
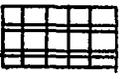
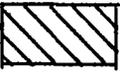
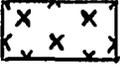
noir  Source captée (ou groupe de sources) pour usage domestique avec son -ou ses- périmètres de protection (enquête du Géologue officiel).  
ou  
bleu

noir  Source importante non captée.  
ou  
bleu

noir  Périmètre d'appel de pompages en période d'étiage : toute pollution survenant à l'intérieur de ce périmètre aboutira à plus ou moins brève échéance au captage.  
ou  
bleu

noir  Zone d'habitation avec assainissement collectif ou individuel  
noir  Zone d'habitation où l'assainissement collectif ou individuel n'existe que partiellement  
noir  Zone d'habitation sans assainissement collectif ou individuel

(  
) au choix de  
(  
) l'auteur suivant  
( les possibilités  
)  
( de représentation.

rouge		égout	
rouge		fossé d'écoulement du tout à l'égout	
rouge		zone d'infiltration du tout à l'égout	
noir		dépôt d'ordures	
noir		cimetière	
rouge		dépôt d'essence, ou autres réservoirs d'hydrocarbures	
rouge		station-service	
rouge		tracé de pipe-line avec direction de l'écoulement et vanne de fermeture	
rouge		usines de produits chimiques, teintureries	
noir		terrils de mines, remblais et crassiers de hauts fourneaux	
rouge		usines sidérurgiques	
rouge		raffineries de pétrole, parcs automobiles et dépôts	
noir		laiteries, brasseries, conserveries	
noir		installations diverses, zone industrielle (usines de transformation, docks, gares de triage, cimenterie).	
noir		sablère ancienne ou exploitée	( points très vulnérables: )
noir		sablère remblayée avec des ordures	( risques de pollution par ) ( rejet direct (solide ou ) ( liquide) à l'intérieur ) ( même d'un réservoir )
noir		sablère remblayée avec des cendres ou des scories	( aquifère. )

noir		puits de mine : risque de pollution par exhaure
noir		puisard : point très vulnérable ; risque de pollution par rejet direct (solide ou liquide) à l'intérieur même d'un réservoir aquifère
noir		station de traitement des eaux station d'épuration des eaux

### 3.3. Résultats obtenus

Le premier but recherché est atteint : une méthode de cartographie de la vulnérabilité des nappes à la pollution a été mise au point pour deux échelles plus grandes que le 1/1 000 000.

Les réactions des utilisateurs interrogés sur les essais cartographiques permettront à brève échéance d'apprécier l'utilité pratique de ces cartes.

Cependant nous pensons que le système adopté satisfait pour le mieux l'usager spécialiste ou non. On ne doit pas oublier que l'on veut représenter un ensemble (géologie et phénomènes régissant l'écoulement des eaux) à trois dimensions, variant dans le temps et dans l'espace, par une projection à deux dimensions. Ce système représente un compromis entre précision et clarté.

Des perfectionnements sont bien entendu possibles :

- il serait par exemple utile d'accompagner ces cartes d'une ou plusieurs coupes schématiques
- il est également certain que les légendes-types proposées restent perfectibles. A ce sujet certains renseignements figurant sur les cartes à l'échelle du 1/50 000 peuvent être indiqués sur celles à l'échelle du 1/250 000. (Exemple : tracé de pipe-line).

#### 4. CONCLUSIONS

Pour expliquer et exposer certains phénomènes de la pollution des eaux souterraines qui interviennent dans le domaine de l'hydrogéologie, on dispose, avec la cartographie, de la base la plus commode et de la meilleure illustration.

Rappelons que la carte à l'échelle du 1/1 000 000 présente une vue générale des paramètres hydrogéologiques qui conditionnent la vulnérabilité des nappes : elle ne permet pas de sélectionner des zones à protéger.

La cartographie à l'échelle du 1/250 000 donne une vue plus détaillée de ces paramètres ; une couverture systématique fournirait des informations directement utilisables pour des décisions à caractère d'aménagement du territoire.

La cartographie à l'échelle du 1/50 000 devrait constituer un préalable aux études quantitatives détaillées que nécessite l'aménagement de zones particulières, industrielles ou urbaines. Elle peut aider considérablement la définition par le géologue officiel des périmètres de protection des captages d'eau potable (cf. carte avec calque à l'échelle du 1/50 000, région de Carvin).

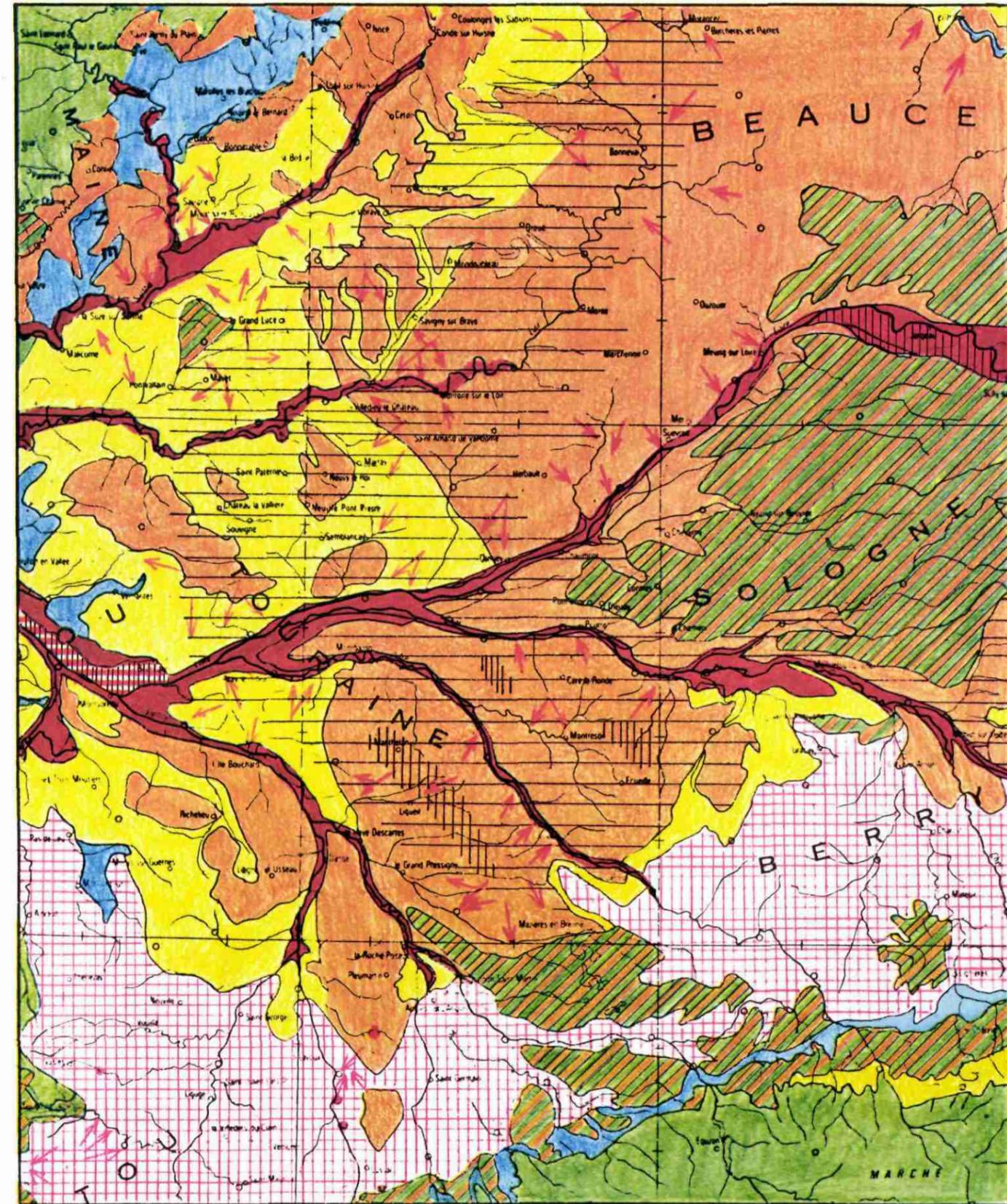
Néanmoins, le rôle de la cartographie est important car elle permet de guider dans ces décisions le planificateur ainsi averti.

Dans le domaine de la conservation et de la protection des eaux souterraines elle peut aider le législateur à prendre ou à renforcer des mesures.

Enfin, il est certain que dans le cadre du contexte actuel de l'environnement ces cartes seront certainement très utiles et notamment en ce qui concerne la délimitation des périmètres de protection des captages d'eau potable et des zones favorables aux rejets.

LEGENDE

- Domaine principal de réception des pollutions de toutes natures : alluvions aquifères.  
Domaine où la vulnérabilité des nappes est la plus grande en raison du risque de propagation rapide de la pollution par les cours d'eau de surface, et du fait que ces nappes sont très exploitées et qu'elles drainent (en général) les autres nappes.
  -  nappe alluviale libre : aucune protection naturelle contre les risques de pollution par la surface.
  -  nappe alluviale captive : protection naturelle assez bonne, par une couche superficielle peu perméable, contre des risques de pollution par la surface.
  -  partie de nappe alluviale alimentée par un cours d'eau de surface : possibilité de transmission directe de la pollution par le cours d'eau de surface.
- Terrains dans lesquels la pollution parvient et se propage très rapidement, et peut s'étendre sur de grandes distances.
  -  aucune filtration. Risque de pollution immédiate. Nappes libres, généralement profondes (plus de 50m du sol). Terrains calcaires très fissurés (Alpes, Pyrénées, bordure du Massif Central, Grands Causses).
  -  point de perte totale ou partielle de cours d'eau de surface (origine de pollution possible des sources souterraines par les eaux de surface).
- Terrains dans lesquels la pollution parvient et se propage rapidement.  
Filtration très réduite : risques de pollution rapide, parfois immédiate. Terrains fissurés : calcaires, craie, basaltes.
  -  nappe libre peu profonde : (surface à moins de 50m du sol).
  -  nappe libre profonde : (surface à plus de 50m du sol).
- Terrains dans lesquels la pollution parvient et se propage plus lentement et subsiste plus longtemps.  
Filtration en général importante : sables, grès.
  -  nappe libre peu profonde : (moins de 50m du sol).
- Terrains dans lesquels la pollution se propage de façon très variable.
  -  alternances de terrains perméables et peu perméables (calcaires, marnes, sables, argiles, grès, schistes), terrains à perméabilité variable généralement faible (complexes sablo-argileux, molasses) où la pollution se propage rapidement par les eaux de surface.
- Terrains dans lesquels la pollution ne peut affecter en pratique que les eaux de surface (terrains en général peu perméables).
  -  marnes et argiles des terrains sédimentaires : écran protecteur des eaux souterraines de nappes, généralement captives, sous-jacentes. Risques de pollution limités aux eaux de surface.
  -  terrains éruptifs et métamorphiques (granites, gneiss, micaschistes) et terrains sédimentaires métamorphisés ou plissés (schistes, calcaires). Risques de pollution limités aux eaux de surface. Toutefois, possibilité de pollution locale rapide des eaux souterraines dans les terrains où la circulation se fait dans des fissures (calcaires métamorphisés, granites, gneiss), mais d'extension limitée.
  -  nappe libre : dôme piézométrique. Zone privilégiée "d'eau souterraine pure" alimentée uniquement par les infiltrations d'eau de pluie.
  -  sens de propagation d'une pollution éventuelle (directions principales d'écoulement des eaux souterraines ou liaisons entre des pertes d'eau de surface et des résurgences reconnues par traçages en classes 2 ou 3).
  -  nappe libre : zone protégée partiellement en surface par un terrain peu perméable (x: argile à silex sur craie).
  -  nappe libre : domaine suralimenté par des irrigations (prélèvement dans un cours d'eau de surface). Risque de pollution immédiate.



EXTRAIT DE LA CARTE DE VULNERABILITE A LA POLLUTION  
DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE DE LA FRANCE

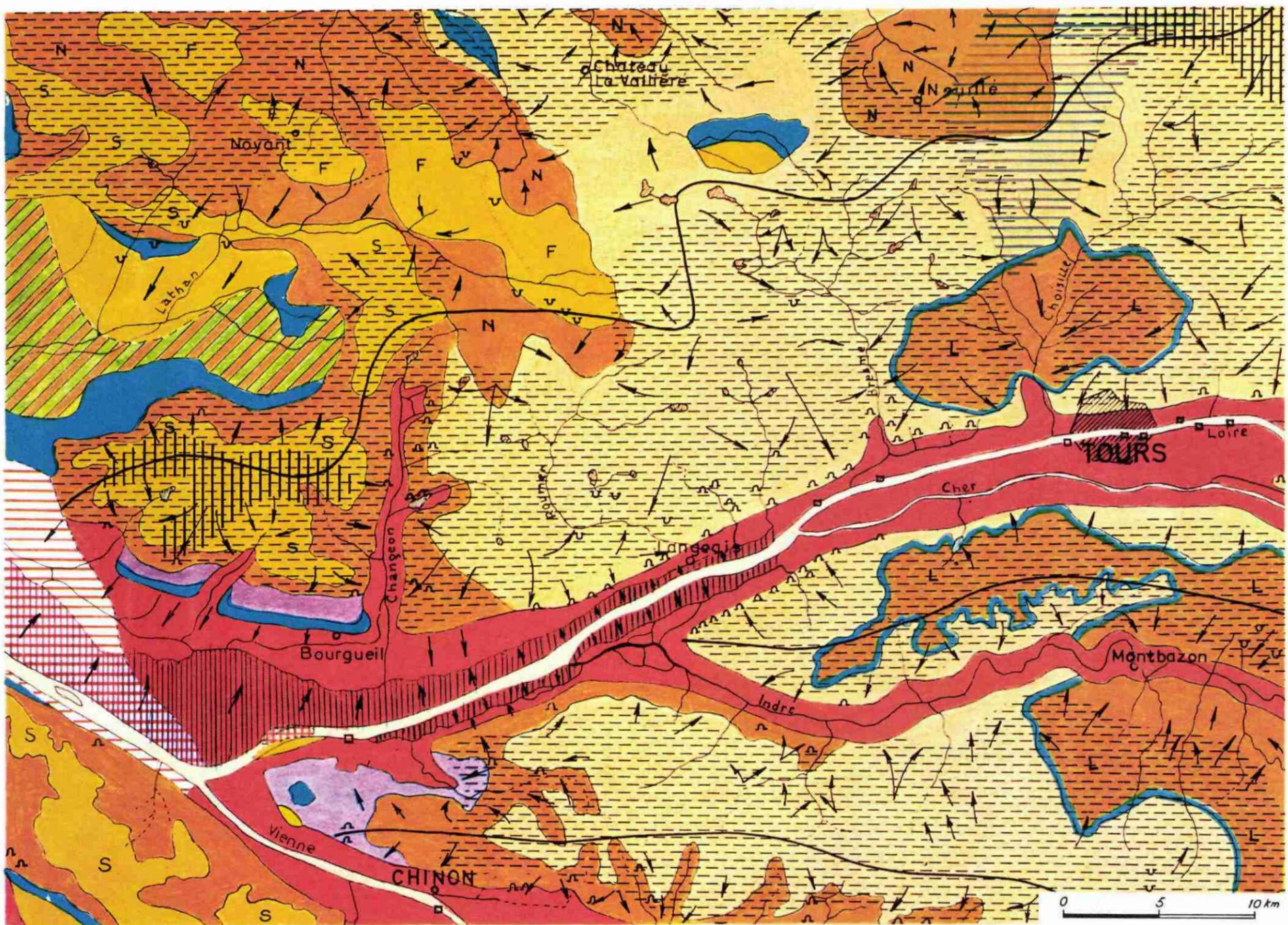
Echelle : 1/1000 000

# L E G E N D E

- nappe alluviale libre : eau à faible profondeur (moins de 10m); aucune protection naturelle contre les risques de pollution par la surface. Vulnérabilité très grande en raison du risque de propagation rapide de la pollution par les cours d'eau de surface.
- nappe alluviale captive : protection assez bonne par une couche superficielle peu perméable, contre les risques de pollution par la surface.
- partie de nappe alluviale directement alimentée de façon permanente par un cours d'eau de surface ; cours d'eau "perché" par rapport au niveau piézométrique des eaux souterraines locales; possibilité de transmission directe de la pollution par un cours d'eau de surface.
- nappes dans les alluvions perchées (terrasses) sans relation avec les cours d'eau de surface ou avec la nappe alluviale principale : eau à faible profondeur (moins de 10m); position naturelle privilégiée, mais possibilité de pollution rapide par la surface en raison de leur faible extension.
- nappe dans les alluvions perchées (terrasses) non protégée en surface, en relation avec les cours d'eau de surface ou avec la nappe alluviale principale. Eau à faible profondeur (moins de 10m).
- calcaires très fissurés : aucune filtration. Risque de pollution immédiate surtout dans le cas envisagé où le calcaire est en relation directe avec le cours d'eau de surface (affleurement dans le lit de la Loire).
- nappe libre, peu profonde (surface à moins de 20m du sol), dans la craie (essentiellement dans le Sénonien, le Turonien étant moins aquifère) non protégée en surface : vitesse de circulation généralement rapide (quelques dizaines à quelques centaines de mètres par jour); filtration parfois réduite, risques de pollution rapide surtout dans les vallées en raison de la concentration urbaine.
- idem, mais protégée partiellement en surface par l'argile à silex peu perméable.
- nappes perchées dans les "Calcaires lacustres de Touraine" en relation avec les cours d'eau de surface, mais isolées de la nappe étendue dans la craie par une couche peu perméable. Filtration très réduite. Risques de pollution très rapide pouvant s'étendre à la nappe sous-jacente ou à la nappe des alluvions par les eaux de surface.
- nappes perchées dans les "Calcaires de Noyant" en relation avec les cours d'eau de surface et avec les eaux contenues dans les réservoirs sous-jacents ("Faluns de Touraine") ou sous-jacents (craie ou sables énéoniens). Filtration réduite. Risques de pollution rapide.
- F : nappes perchées dans les "Faluns de Touraine". Malgré leur extension réduite, obtention de débits importants. Nappes en positions privilégiées directement alimentées par la surface. Zones d'eau souterraine pure.
- S : idem, sauf pour la partie sous-jacente aux "Calcaires de Noyant" en relation avec les eaux contenues dans ces calcaires.
- nappe dans les sables énéoniens : partie libre où la nappe est à faible profondeur (moins de 20m). Filtration importante. Vitesse de circulation lente (quelques centimètres à quelques mètres par jour). Cette nappe étendue devient semi-captive sous les "Marnes à Ostracées" et la craie : elle est alors généralement bien protégée de toute pollution.
- complexe sable-argileux, de perméabilité assez faible, où la pollution se propage rapidement par les eaux de surface.
- Marnes du Cénomaniens : risques de pollution limités aux eaux de surface; écran protecteur de la nappe semi-captive des sables énéoniens. En affleurement, zones favorables (sous certaines conditions) pour les rejets solides ou liquides.
- nappe libre dans la craie : dôme piézométrique (zone d'écoulement souterrain amont). Zone privilégiée d'eau souterraine pure alimentée à partir de la surface du sol.
- nappe semi-captive dans les sables énéoniens : dôme piézométrique (zone d'écoulement souterrain amont).
- sens de propagation d'une pollution éventuelle (direction d'écoulement des eaux souterraines) dans la nappe de la craie.
- limite principale de partage des eaux souterraines (lieu des points d'origine de l'écoulement) : barrière naturelle ne pouvant être franchie par une pollution éventuelle.
- zone où la pression de la nappe libre de la craie est supérieure à celle de la nappe semi-captive des sables énéoniens : zone d'alimentation par drainance de la nappe des sables énéoniens par la nappe de la craie. Possibilité de contamination indirecte à longue échéance. Dans ces zones, un forage peut mettre en communication l'eau de la nappe supérieure avec celle de la nappe inférieure à plus courte échéance.
- carrière souterraine, grotte, cave
- carrière à ciel ouvert
- sablière

Points très vulnérables : risque de pollution par rejet direct (solide ou liquide) à l'intérieur même d'un réservoir aquifère.

Carte dressée au département d'Hydrogéologie du B.R.G.M., 1970, par M. ALBINET avec la collaboration de N. DESPREZ (S.G.R. Havain de Paris) et H. TALUD (S.G.R. Bretagne)



CARTE DE VULNERABILITE A LA POLLUTION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE

 nappe alluviale libre : eau à faible profondeur (moins de 10m); aucune protection naturelle contre les risques de pollution par la surface. Vulnérabilité très grande en raison du risque de propagation rapide de la pollution par les cours d'eau de surface.

 Basaltes : nappes libres perchées en communication avec les calcaires jurassiques sous-jacents. Filtration réduite, risques de pollution rapide. Ne constituent pas un écran protecteur pour les terrains sous-jacents.

 Calcaires, dolomies très fissurés (karst très développé) :  
 T : tertiaires  
 C<sup>n</sup> } : crétacés  
 C<sup>1</sup> }  
 C }  
 J : jurassiques  
 G : géorgiens  
 aucune filtration. Risques de pollution immédiate en raison des nombreuses relations directes entre les entrées (perles, engouffrements, grottes et avens recoupant des circulations pérennes ou temporaires) et les sorties (sources, résurgences). Eaux souterraines généralement à grande profondeur (sauf dans les vallées). Vitesse de propagation entre 5m et 50m/heure, pouvant atteindre 500m/heure lors de crues importantes. Possibilités de pollution rapide d'eaux souterraines captives contenues dans certains réservoirs calcaires ou dolomitiques par leurs affleurements de surface (ex: cas des calcaires et des dolomies du Géorgien dans la région de Lodève).

 Eboulis sur le trias ou sur les calcaires et dolomies très fissurés du Jurassique inférieur. Filtration très réduite. Ne constituent pas un écran protecteur pour les terrains sous-jacents.

 Alternances de calcaires, de calcaires marneux et de marnes (1) ou de conglomérats, schistes, grès et marnes (2). Risques de propagation de la pollution variables suivant le lieu d'origine de la pollution (rapides dans le cas (1)). Extension de la pollution généralement limitée pour un réservoir en raison des variations fréquentes de faciès, mais risques de communications rapides au cours d'eau de surface. Dans le cas (1) possibilités de pollution assez rapide d'eaux souterraines captives dans les réservoirs calcaires ou dolomitiques.

 Marnes et schistes. Risques de pollution limités aux eaux de surface. Ecrans protecteurs en surface de nappes captives contenues dans les calcaires ou les dolomies. Zones favorables, sous certaines conditions, pour les rejets solides ou liquides.

 Granites et schistes : risques de pollution limités aux eaux de surface.

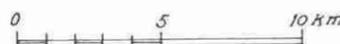
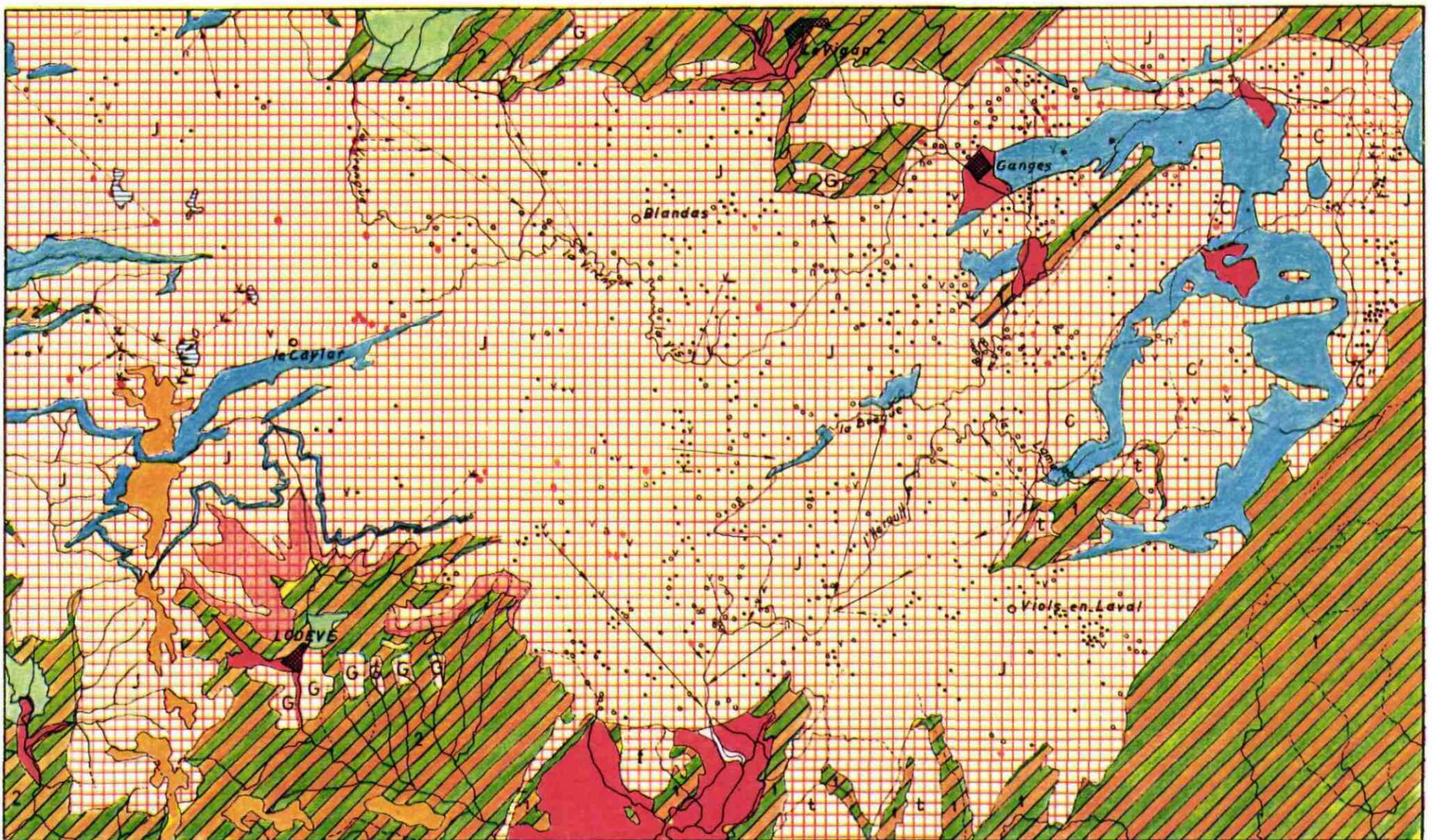
○ grottes Points très vulnérables. Risques de pollution par rejet direct (solide ou liquide) à l'intérieur même d'un réservoir aquifère.  
 ◦ avens

∩ grotte recoupant une circulation temporaire idem, mais encore plus vulnérable.  
 V aven " " " " Cas présentant le maximum de danger en raison des possibilités d'introduction directe d'une pollution dans une circulation d'eau souterraine.  
 V→ aven " " " pérenne

● Point de perte totale ou partielle d'eau de surface : point très vulnérable; origine de pollution possible des eaux souterraines par les eaux de surface.

→ Relation prouvée entre deux points, par expérience de traçage.  
 - - - - - Relation présumée " " " "

Carte dressée au département d'hydrogéologie du B.R.G.M., (1970) par M. ALBINET avec la collaboration de H. PALOC (S.G.R. Languedoc-Roussillon)



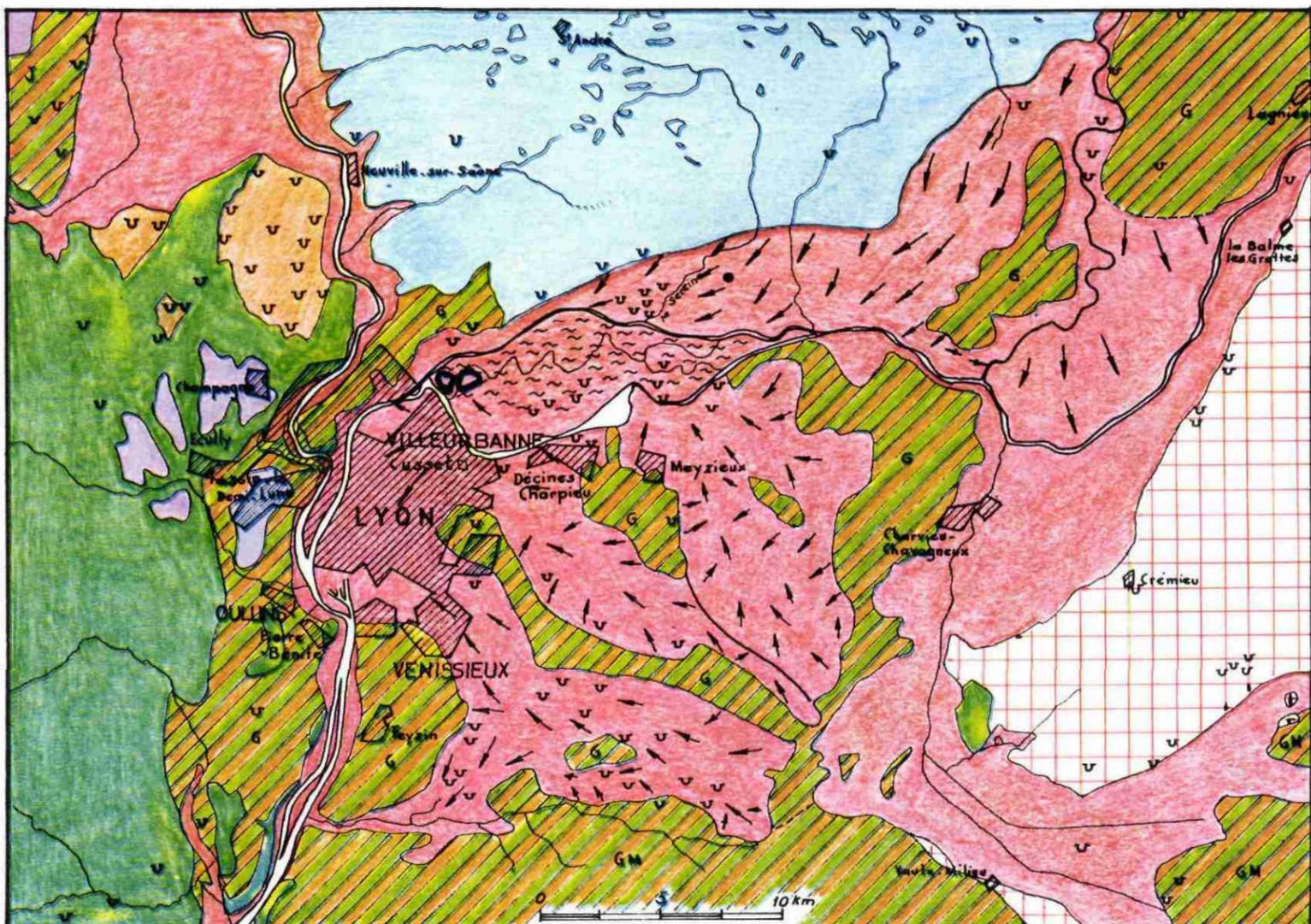
# L E G E N D E

-  Nappe alluviale libre. Dans les alluvions récentes eau entre 5 et 12m de profondeur; dans les alluvions fluvioglaciales eau à 10m de profondeur à l'aval des couloirs et à 20 ou 30m à l'amont des couloirs. Aucune protection naturelle contre les risques de pollution par la surface (la couverture limoneuse qui les surmonte en certains endroits est de faible épaisseur et ne constitue pas un écran efficace). Risques de propagation rapide de la pollution par les cours d'eau de surface.
  
-  Petites nappes dans les alluvions perchées du Pliocène directement alimentées par la surface (pluie). Aucune protection. Risques de pollution importants car chaque nappe ayant une faible extension peut être rapidement polluée. Situées sur un substratum imperméable (socle) les risques d'extension de la pollution seront limités en contrepartie à ces nappes peu ou pas drainées par un cours d'eau de surface.  
Dans la région d'Alix leur substratum n'est pas imperméable : toute pollution peut alors facilement se transmettre dans les calcaires sous-jacents.
  
-  Calcaires très fissurés (domaine karstique). Aucune filtration des corps chimiques non dissous. Risques de pollution immédiate en raison des vitesses de propagation des eaux souterraines (plusieurs dizaines de mètres par jour).
  
-  Calcaires fissurés. Aucune filtration des corps chimiques non dissous. Risques de pollution rapide, parfois immédiate.
  
-  Terrains sablo-argileux, graviers, marnes, cailloutis (G: Glaciaire, GM: Glaciaire et Miocène) ou alternances de calcaires et de marnes (J: Jurassique). Risques de pollution variables suivant les divers faciès (rapide dans les calcaires). Transmission généralement rapide de la pollution aux eaux de surface.
  
-  Terrains essentiellement argileux. Risques de pollution limités aux eaux de surface. Zones favorables, sous certaines conditions, aux rejets solides ou liquides.
  
-  Terrains éruptifs et cristallophylliens (socle). Risques de pollution limités essentiellement aux eaux de surface. Toutefois, par suite de leur décomposition, ces terrains peuvent contenir en surface de petites nappes de faible épaisseur où une pollution éventuelle peut arriver et subsister très longtemps.

-  Sens de propagation d'une pollution éventuelle (direction d'écoulement des eaux souterraines).
  
-  Limite de partage des eaux souterraines (lieu des points d'origine de l'écoulement) : barrière naturelle ne pouvant être franchie par une pollution éventuelle.
  
-  Zone inondable : risques supplémentaires de propagation et de transmission rapides d'une pollution éventuelle sur la zone d'affleurement du terrain inondé.
  
-  Zone de pertes de la dérivation canalisée de la Saône.
  
-  Grotte
-  Carrière, ballastière
-  Zone de captage (ville de Lyon)

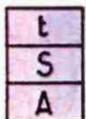
**Remarque :** Le canal de Jonage n'a aucun effet sur l'écoulement souterrain jusqu'à Cusset.  
Le canal de Miribel draine la nappe alluviale en régime normal sauf à l'aval où il alimente les captages de la ville de Lyon.  
Par contre, en régime de crue, l'écoulement des eaux souterraines est inversé car le canal alimente alors tout du long de son cours.

Carte dressée au département d'hydrogéologie du B.R.G.M. (1970) par M. ALBINET  
avec la collaboration de  
J.J. COLLIN et H. GUDEPIN (service géologique régional Jura-Alpes)

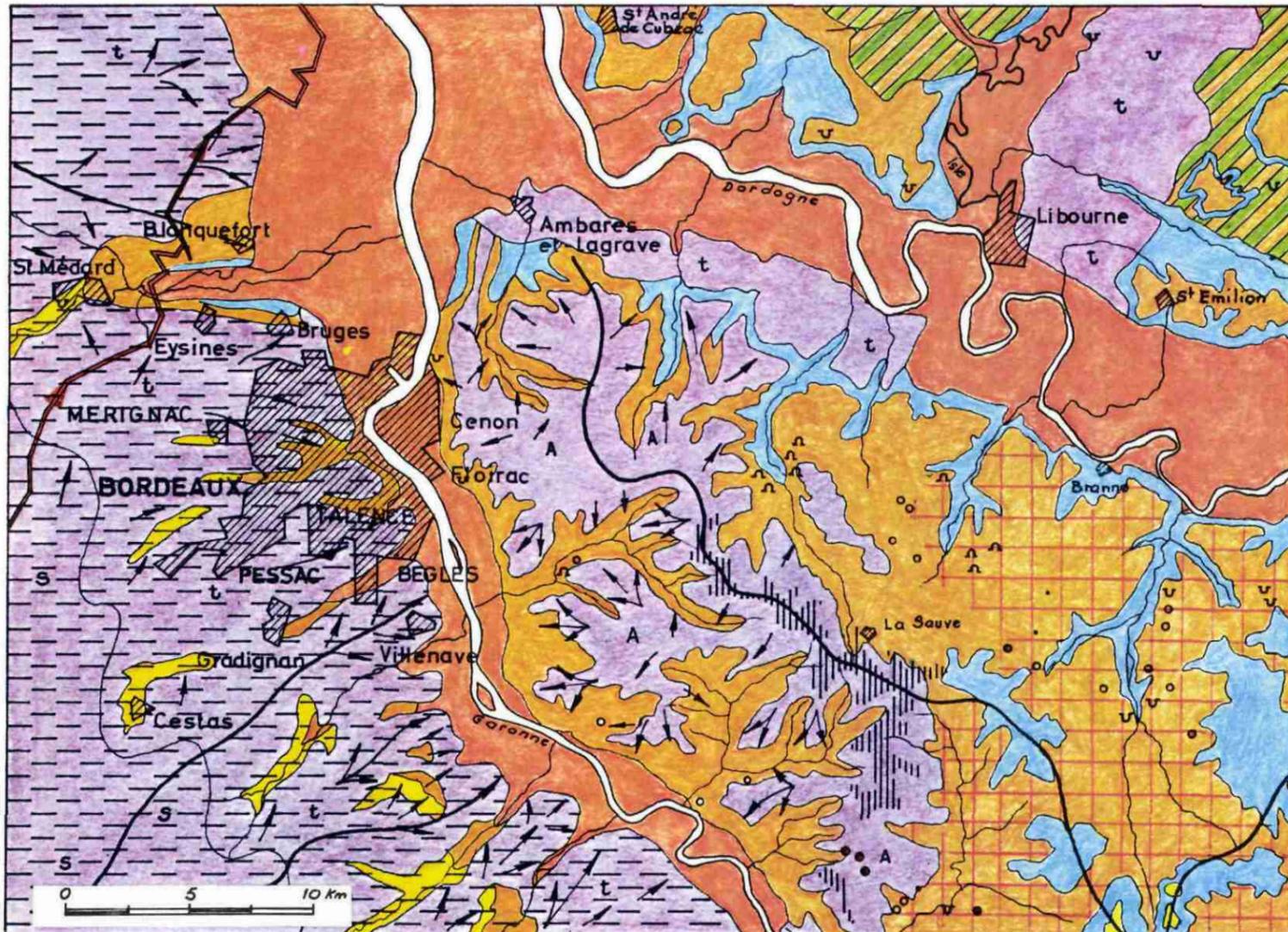


CARTE DE VULNERABILITE A LA POLLUTION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE

# L E G E N D E

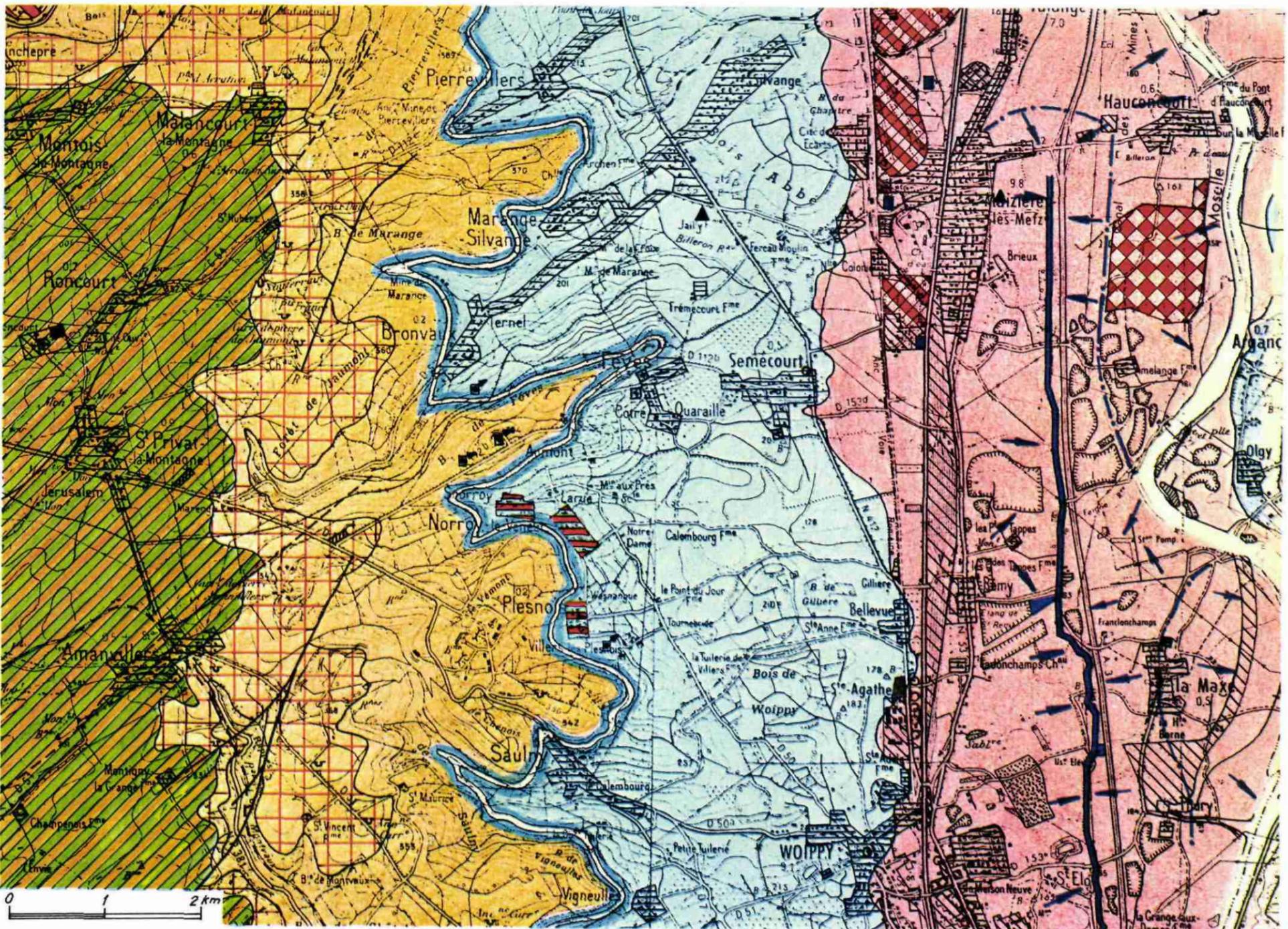
-  Nappe alluviale généralement semi-captive sous un recouvrement limoneux dont l'épaisseur varie d'amont vers l'aval de 3 à 15m environ. Eau à faible profondeur (moins de 10m) protégée d'une pollution immédiate par les limons de couverture, mais pollution possible à moyen terme.  
Dans les zones où la nappe est libre (zones où le lit du cours d'eau n'est pas colmaté et se trouve en contact direct avec les alluvions perméables) la vulnérabilité est très grande en raison du risque de propagation rapide de la pollution par les cours d'eau de surface.
-  - nappe étendue et libre dans les alluvions perchées (terrasses: t) et les "Sables des Landes" (S) drainée par les cours d'eau de surface, en relation directe avec les calcaires oligocènes ou miocènes sous-jacents dont elle est mal isolée, et en relation indirecte avec la nappe alluviale principale dans laquelle elle se déverse.  
- nappe perchée dans les "Argiles à graviers" (A) de l'Entre-deux-mers, drainée par les cours d'eau de surface. Toutefois, en raison de la proportion importante d'argile dans cette formation, cette couche peut être considérée comme un bon écran protecteur de la nappe du "Calcaire à Astéries" sous-jacente.
-  Calcaires fissurés (gros chenaux) correspondants au domaine karstique du "Calcaire à Astéries" (Stampien). Aucune filtration des corps chimiques non dissous. Vitesses de propagation très importantes (quelques dizaines à quelques centaines de mètres par jour). Risques de pollution immédiate. Nappe libre à moins de 20m de profondeur par rapport au sol.
-  Calcaire : "Calcaire à Astéries" (Stampien). Dans l'Entre-deux-mers nappe libre étendue, directement alimentée par la surface, à moins de 20m de profondeur par rapport au sol. Filtration très réduite des corps chimiques non dissous. Vitesses de propagation de l'ordre de quelques dizaines de mètres par jour. Risques de pollution rapide, parfois immédiate. Pas de communication avec une nappe sous-jacente en raison du substratum imperméable ("Argile de Castillon" et "Molasse du Fronsadais"). Par contre, cette nappe étant drainée par des cours d'eau de surface, toute pollution éventuelle peut se propager dans la nappe des alluvions.  
Au nord de la Dordogne, série de petites nappes perchées bien isolées d'eaux souterraines plus profondes par le même substratum imperméable. Alimentation par la surface. Position privilégiée mais aucune protection en surface. A l'ouest de la Garonne, nappe libre au droit des affleurements non protégée en surface. Partout ailleurs la nappe est captive et protégée de toute pollution immédiate. Par contre, cette nappe ayant une pression inférieure à celles du Miocène et des terrasses, elle est alimentée par ces dernières (drainance). Dans ce cas, possibilités de contamination à longue échéance par les eaux sus-jacentes.  
Sous les alluvions de la Garonne (sud de Bordeaux), la nappe du "Calcaire à Astéries" qui est en contact direct avec la nappe des alluvions est généralement en équilibre piézométrique avec celle-ci, ou à une pression légèrement supérieure. De ce fait les risques de contamination sont réduits.
-  Sables et faluns miocènes : exception faite des affleurements où la nappe est libre, nappe captive alimentée par descensus par les nappes sus-jacentes (terrasses ou "Sables des Landes"). Bonne protection contre toute pollution immédiate; par contre possibilités de contamination à longue échéance par les eaux sus-jacentes.
-  "Sables du Périgord". Complexe sablo-argileux (mélange de sables continentaux et d'argile). Perméabilité variable, généralement faible. Risque de pollution localisée ne pouvant s'étendre rapidement, mais risque de persistance prolongée.
-  Marnes et molasses argileuses. Risques de pollution limités aux eaux de surface. En affleurement zones favorables, sous certaines conditions, pour les rejets solides ou liquides.
-  Limite de partage des eaux souterraines dans la première nappe rencontrée (lieu des points d'origine de l'écoulement) : barrière naturelle ne pouvant être franchie par une pollution éventuelle.
-  Sens de propagation d'une pollution éventuelle (direction d'écoulement des eaux souterraines) dans la première nappe rencontrée.
-  Principales zones où la surface piézométrique de la nappe contenue dans le "Calcaire à Astéries" prend la forme d'un dôme (zones d'écoulement souterrain amont). Zones privilégiées d'eau souterraine "pure" alimentées à partir de la surface du sol et non influencées par les cours d'eau de surface.
-  Zone où la pression de la nappe contenue dans les terrains miocènes est supérieure à celle contenue dans le "Calcaire à Astéries". Possibilités de contamination indirecte à longue échéance de la nappe inférieure ("Calcaire à Astéries") par la nappe supérieure (Miocène).
-  Carrière à ciel ouvert points très vulnérables. Risques de pollution par rejet direct (solide ou liquide) à l'intérieur même d'un réservoir aquifère.
-  Carrière souterraine
-  Grotte points très vulnérables. Risques de pollution par rejet direct (solide ou liquide) à l'intérieur même d'un réservoir aquifère.
-  Aven, doline pénétrable
-  Point de perte totale ou partielle d'eau de surface : origine de pollution des eaux souterraines par les eaux de surface.
-  Tracé de pipe-line (hydrocarbures) avec direction de l'écoulement.

Carte dressée en 1970 par M. ALBINET (département d'hydrogéologie du B.R.G.M.),  
H. ASTIE et M. BOURGEOIS (service géologique régional Aquitaine)



CARTE DE VULNERABILITE A LA POLLUTION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE

-  Plaine alluviale de la Moselle. Domaine principal de réception des pollutions de toute nature : alluvions aquifères. Domaine où la vulnérabilité des nappes est la plus grande, en raison du risque de la pollution par les cours d'eau de surface. Nappe alluviale libre en période d'étiage, peu profonde (2 à 3m de profondeur par rapport au sol), captive en hiver sous des limons superficiels peu épais (1 à 3m), n'assurant aucune protection contre une pollution éventuelle.
  -  Coteaux de la Moselle. Lias supérieur marneux, Toarcien : terrains dans lesquels la pollution ne peut affecter en pratique que les eaux de surface (terrains en général peu perméables). Zone favorable, sous certaines conditions, aux rejets solides ou liquides.
  -  Formation ferrifère : Toarcien (en blanc), encadrée par les deux niveaux imperméables du Toarcien supérieur et du Bajocien inférieur (marnes micacées "de Charennes") qui forment le radier imperméable des nappes du Bajocien.
  -  Région d'affleurement des calcaires du Bajocien moyen et inférieur correspondant à la zone d'alimentation de cette nappe, et où celle-ci est peu profonde : moins de 30m du sol. Terrains dans lesquels la pollution parvient et se propage rapidement. La filtration est très réduite, la circulation s'y effectuant essentiellement dans des fissures. Nappe libre en relation avec la nappe libre sous-jacente. Dans cette zone, la nappe est de plus en plus profonde d'Est en Ouest (80m à Amanvilliers).
  -  Zone d'affleurement du "Calcaire de Jaumont", oolithique, siège de circulations karstiques donnant des eaux suspectes et souvent polluées. Nappe libre peu profonde : moins de 30m, en relation avec la nappe sus-jacente. Risques de propagation très rapide de la pollution.
  -  Limite peu perméable (épaisseur 0,50m), discontinue à la base des "Marnes de Gravelotte", ne constituant pas un écran suffisamment protecteur pour les eaux contenues dans le "Calcaire de Jaumont" sous-jacent. La discontinuité peut être naturelle (variation de faciès) ou artificielle (dépilages miniers).
  -  Zones d'affleurement du Bajocien supérieur (Marnes de Gravelotte et de Jarnisy) et du Bathonien inférieur : alternance de couches perméables et peu perméables. Terrains dans lesquels la pollution se propage de façon très variable.
- 
-  Captage (puits ou forage) à usage domestique
  -  Zone de captage " " " avec périmètre de protection immédiate
  -  Source captée : usage domestique
  -  Sens de propagation d'une pollution éventuelle (direction d'écoulement des eaux souterraines)
  -  idem, mais pour un niveau inférieur
  -  Rayon d'appel des pompages en période d'étiage. Toute pollution à l'intérieur de ce rayon aboutira, à plus ou moins brève échéance, au captage
  -  Sablières anciennes ou exploitées
  -  Sablières remblayées
  -  Sablières remblayées avec des cendres
  -  Carrières à ciel ouvert
  -  Zones d'habitations avec le tout-à-l'égout
  -  Zones d'habitations sans le tout-à-l'égout : origine possible de pollution
  -  Installations diverses (usines de transformation, docks, gares de triage, cimenteries, usines électriques E.D.F.)
  -  Puits de mine (risque de pollution par exhaure)
  -  Laiteries, brasseries, conserveries
  -  Usines sidérurgiques et crassiers de hauts fourneaux
  -  Usines de produits chimiques, teintureries
  -  Usines d'hydrocarbures, raffineries, parcs automobiles et dépôts
  -  Dépôts d'essence
  -  Stations-service
  -  Station d'épuration des eaux
  -  Cimetières
  -  Dépôts d'ordures
- Carte dressée au Service géologique régional Nord-Est du B.R.G.M., (1970)  
par J.L. LACHAIZE avec la collaboration de M. ALBINET  
(département d'hydrogéologie)

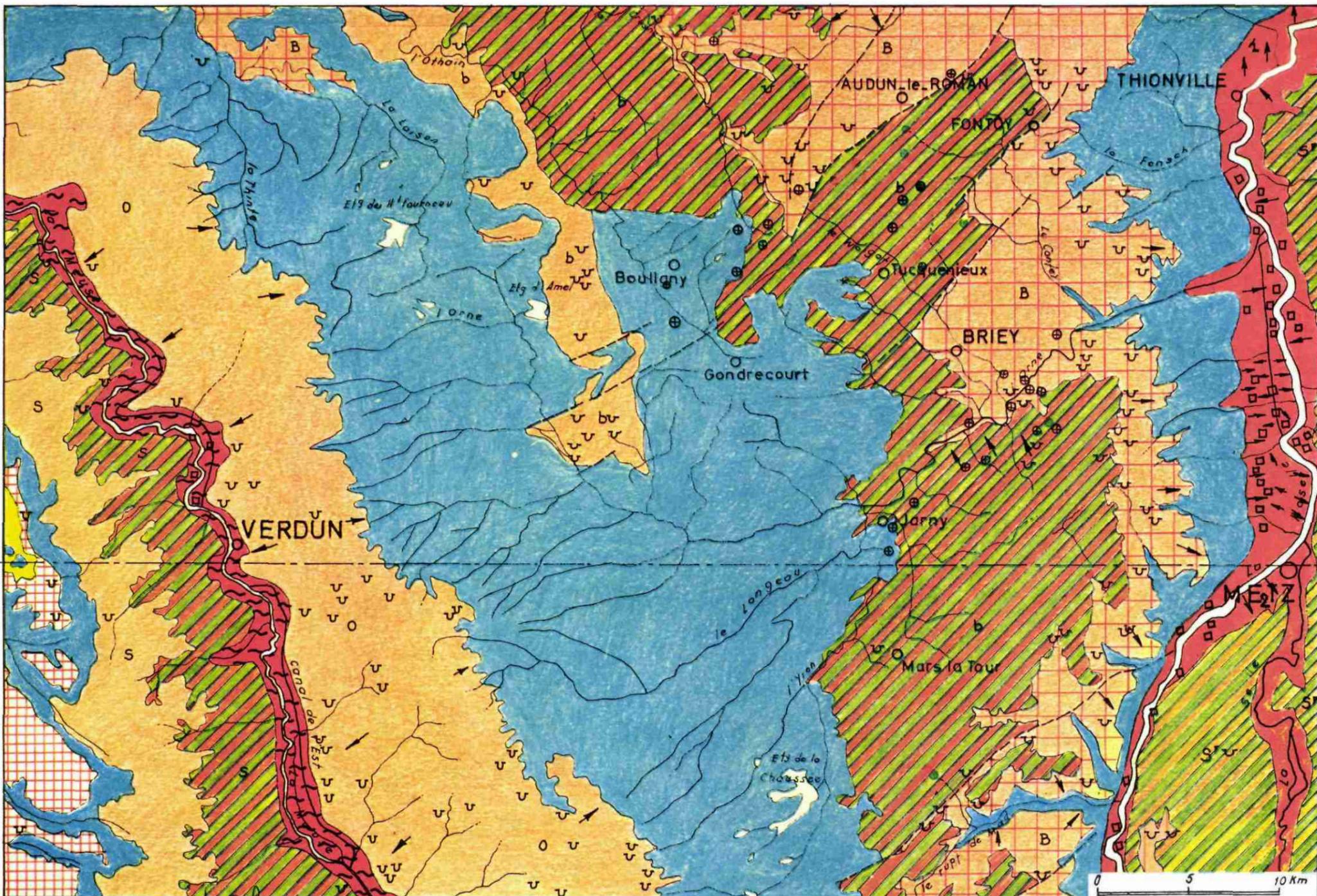


CARTE DE VULNERABILITE DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE

# L E G E N D E

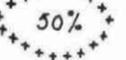
- nappe alluviale libre : eau à faible profondeur (moins de 5m); aucune protection naturelle contre les risques de pollution par la surface. Vulnérabilité très grande en raison du risque de propagation rapide de la pollution par les cours d'eau de surface.
- 1  
 2  
Partie de nappe alluviale directement alimentée par un cours d'eau de surface : possibilités de transmission directe de la pollution par un cours d'eau de surface.  
(1) : cours d'eau perché par rapport à la nappe : alimentation quasi-permanente.  
(2) : réalimentation induite (série de captages rabattant la nappe au-dessous du niveau de la rivière) : alimentation temporaire.
- Calcaires et dolomies très fissurés. Aucune filtration. Risques de pollution immédiate. Nappe à moins de 50m de profondeur par rapport au sol. Vitesse de propagation de l'ordre de 100m/heure et plus.
- S  
 O  
 b  
 B  
Calcaires (S = Séquanien supérieur et Kimméridgien inférieur; O = Oxfordien moyen; b = Bathonien supérieur = "dalle d'Étain"; B = Bajocien). En affleurement nappes libres à moins de 30m par rapport au sol. Filtration très réduite. Risques de pollution rapide, parfois immédiate.  
O : au Nord de Verdun la nappe devient captive sous les alluvions de la Meuse; pas de relation avec la nappe alluviale sus-jacente.  
au Sud de Verdun, nappe en relation avec nappe alluviale sus-jacente. Risques de pollution en période d'inondation par la Meuse.  
B : 2 couches aquifères superposées. Nappes libres en relation permanente, la nappe profonde devenant localement semi-captive en période de hautes eaux.  
Vers l'Ouest, S, O, b, et B contiennent des eaux souterraines captives protégées naturellement en surface par des écrans imperméables (marnes et argiles).
- Sables. Nappe perchée dans les "Sables verts" albiens. Nappe en position privilégiée directement alimentée par la surface. Zone d'eau souterraine pure (faibles débits). Nappe non isolée des calcaires porlandiens sus-jacents.
- Alternances de marnes et de calcaires (S = Séquanien moyen et inférieur; b = Bathonien moyen et inférieur; S' = Sinémurien). Risques de propagation de la pollution variable suivant le lieu d'origine de la pollution (rapide dans les calcaires). Extension de la pollution généralement limitée pour un réservoir en raison des variations fréquentes de faciès, mais risques de communication rapide aux cours d'eau de surface.  
A la base de b, les "Marnes de Gravelotte" ne constituent pas un écran suffisamment protecteur pour les nappes de B sous-jacent, en raison  
- des défilages miniers qui rompent leur continuité  
- de leurs variations de faciès
- Marnes ou argiles. Risques de pollution limités aux eaux de surface. Ecrans protecteurs en surface de nappes captives contenues dans les terrains sous-jacents. Zones favorables, sous certaines conditions, aux rejets solides ou liquides
- Sens de propagation d'une pollution éventuelle (direction d'écoulement des eaux souterraines).
- Point de perte totale ou partielle d'eau de surface. Point très vulnérable : origine de pollution possible des eaux souterraines par les eaux de surface.
- Zone inondable (plaine alluviale de la Meuse). Risques supplémentaires de propagation rapide d'une pollution sur la zone d'affleurement des alluvions.
- carrière à ciel ouvert
- sablière
- puits de mine (fer) : risque de pollution par les eaux d'exhaure ;  
 puits d'extraction et d'exhaure  
 puits d'exhaure
- Points très vulnérables : risques de pollution par rejet direct (solide ou liquide) à l'intérieur même d'un réservoir aquifère.

Carte dressée au Service géologique régional Nord-Est du B.R.G.M., (1970)  
par J.L. LACHAIZE avec la collaboration de M. ALBINET  
(département d'hydrogéologie)

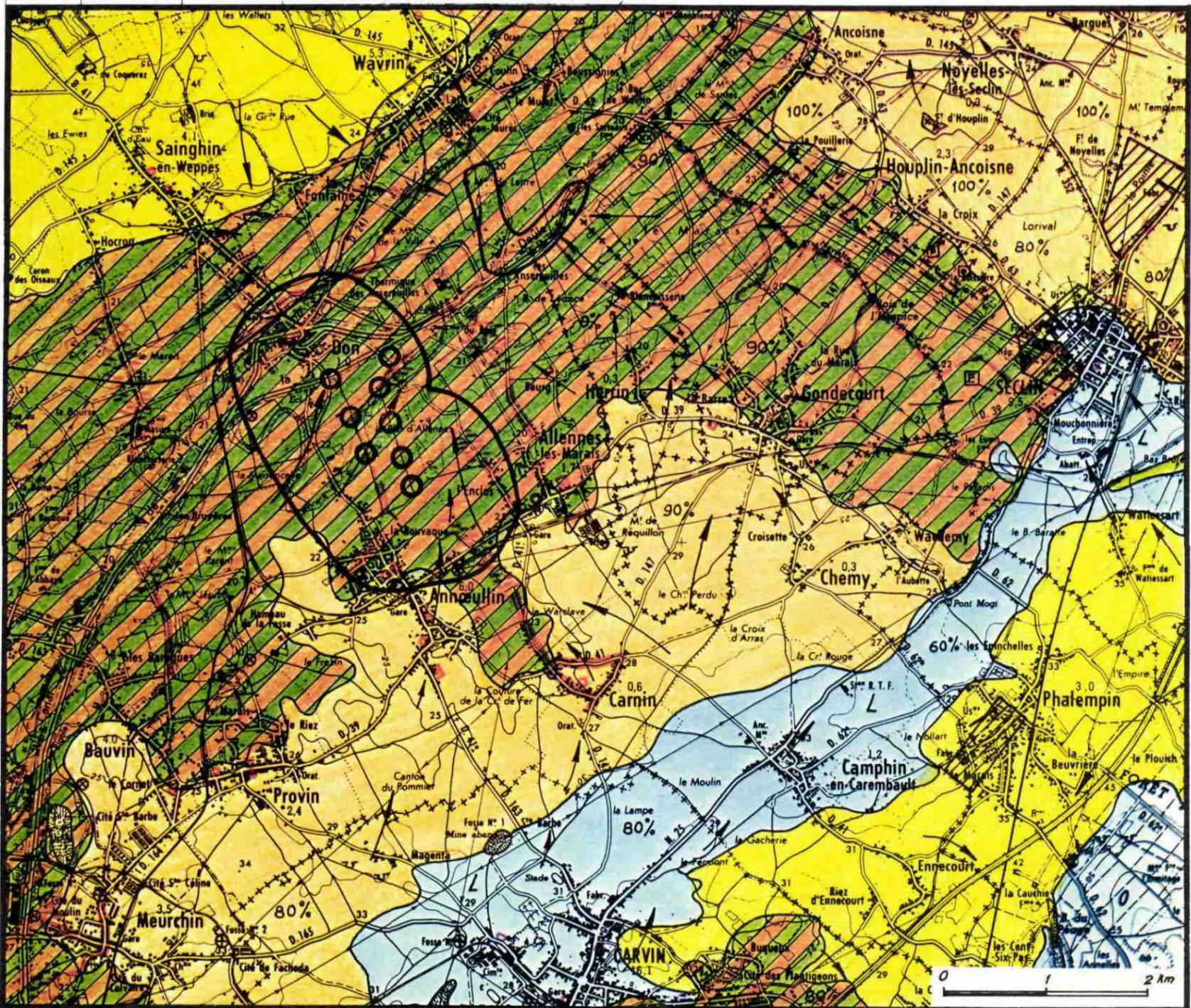


CARTE DE VULNERABILITE A LA POLLUTION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE

# L E G E N D E

-  Craie. Nappe libre, peu profonde (surface à moins de 15m du sol), non protégée en surface. Filtration très réduite. Risques de pollution rapide. Vitesse de propagation de l'ordre de 1 à 50m par jour. Sous les alluvions, la nappe de la craie n'est pas protégée : il y a une relation directe entre les eaux de la craie et les eaux des alluvions. Sous les "Argiles de Louvil" la nappe de la craie devient captive et elle est bien protégée hormis dans les zones où l'Argile de Louvil se bisaute et constitue alors un écran de faible épaisseur assurant une protection peu efficace.
-  Sables ("Sables d'Ostricourt"). Nappes libres, peu profondes. Filtration importante. Vitesse de circulation lente. Faiblement protégées en surface par des limons peu épais (3 à 4m). Sous les "Argiles d'Orchies" les eaux deviennent captives : elles sont alors protégées.
-  Alluvions : limons, sables, sables argileux souvent tourbeux. Ne constituent pas un véritable réservoir aquifère. Les eaux qu'elles peuvent contenir sont en relation directe avec celles de la nappe de la craie sous-jacente. Elles ne constituent pas non plus, malgré leur perméabilité médiocre, un écran protecteur.
-  Argiles (O : "Argile d'Orchies", L : "Argile de Louvil"). Risques de pollution limités aux eaux de surface. Ecrans protecteurs des nappes de la craie et des "Sables d'Ostricourt" lorsqu'elles sont captives. Zones favorables, sous certaines conditions, aux rejets solides ou liquides.
-  Sens de propagation d'une pollution éventuelle (direction d'écoulement des eaux souterraines).
-  Carrière à ciel ouvert : point spécialement très vulnérable. Risques de pollution par rejet direct (solide ou liquide) à l'intérieur d'un réservoir aquifère.
-  Captage (puits ou forage), zone de captages d'eau souterraine à usage domestique avec son périmètre de protection immédiate.
-  Périmètre de protection éloignée d'une zone de captages d'eau souterraine à usage domestique.
-  Zone de captages d'eau souterraine à usage domestique : périmètre de protection non connu.
-  Source captée
-  Zone d'habitation avec le tout-à-l'égout (exprimé en %)
-  Egout
-  Fossé d'écoulement du tout-à-l'égout
-  Zone d'infiltration du tout-à-l'égout
-  Dépôt d'ordures
-  Dépôt d'essence
-  Station-service
-  Station d'épuration des eaux
-  Cimetière
-  Zone industrielle
-  Emplacement des terrils et remblais de schistes houilliers (pollution possible par les sulfates)
-  Puits de mine : risque de pollution par exhaure

Carte dressée au département d'hydrogéologie du B.R.G.M., (1970) par  
M. ALBINET avec la collaboration de  
J. DEBUISSON, J.P. CLEMENT, E. VOICKRICK (S.G.R. Nord - Pas-de-Calais)



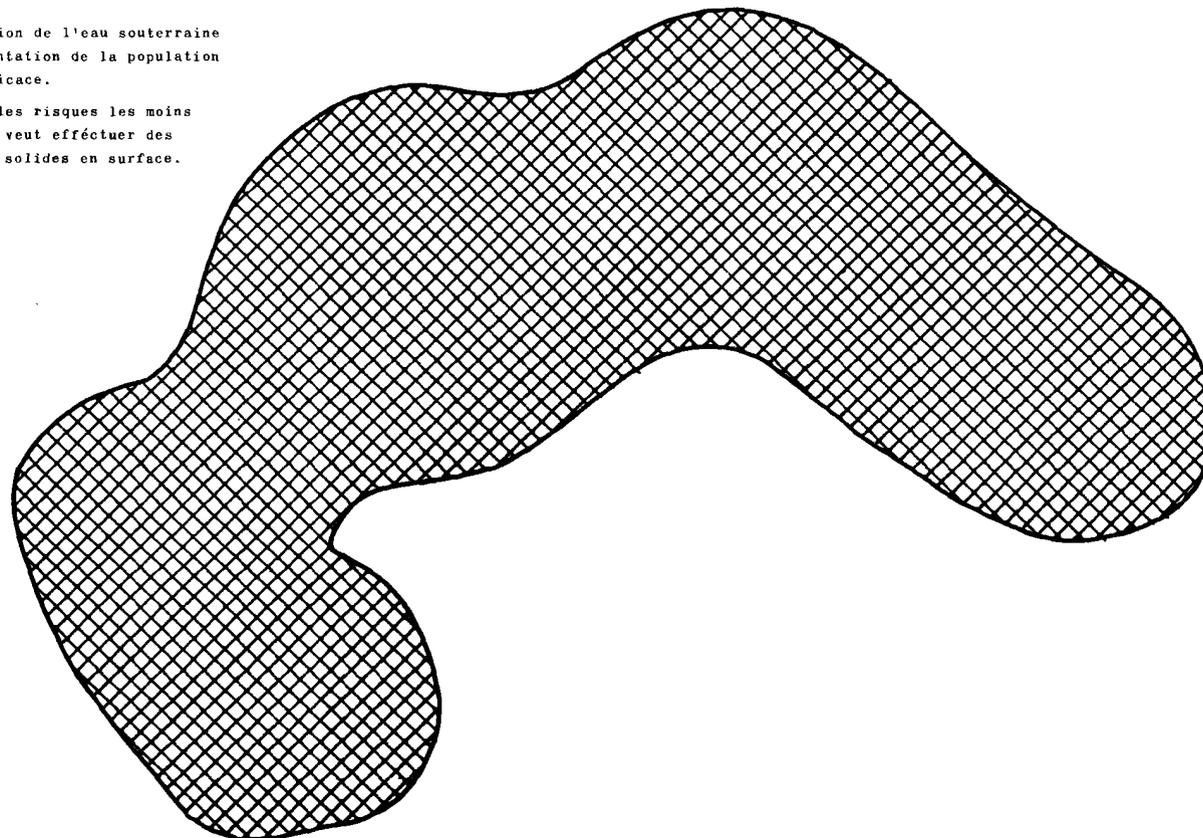
CARTE DE VULNERABILITE A LA POLLUTION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE



Zone où la protection de l'eau souterraine destinée à l'alimentation de la population doit être très efficace.



Zone qui présente les risques les moins importants si l'on veut effectuer des rejets liquides ou solides en surface.



Remarque en ce qui concerne la zone indiquée sur la carte comme favorable aux rejets en surface (cf légende): il est bien précisé que ces rejets ne doivent se faire que sous certaines conditions. Dans le cas présent, une étude effectuée par le B.R.G.M. (rapport B.R.G.M. 119 NPA) permet de définir avec plus de précisions les zones où des rejets en surface n'entraîneraient pas d'inconvénients majeurs. Dans ces zones, la nappe de la craie est bien protégée à plus de 20 mètres de profondeur des infiltrations de surface. Sur le restant de la superficie occupée par les affleurements de "l'Argile de Louvil", la protection est insuffisante du fait de la terminaison en biseau, à l'ouest, de cette couche argileuse (diminution de l'écran protecteur).

