

# GÉOLOGIE DU BASSIN POTASSIQUE D'ALSACE

par Lucette LAGNEAU-HÉRENGER <sup>1</sup>

---

## INTRODUCTION

### I. Aperçu géographique.

Les concessions des Mines de potasse d'Alsace s'étendent sur une superficie de 263 km<sup>2</sup>. Elles sont limitées à l'Est par l'Ill et à l'Ouest par les premiers contreforts des Vosges. La bordure méridionale passe un peu au Nord de Mulhouse et la bordure septentrionale passe par l'axe Ensisheim - Bollwiller, un peu au Sud de Colmar.

Cette région est arrosée par les deux affluents de l'Ill descendant des Vosges : la Doller qui suit la bordure méridionale du Bassin et la Thur qui le traverse en son milieu.

Au début de ce siècle et jusqu'en 1910, date de la mise en exploitation du gisement, cette région était essentiellement recouverte par les bois du Nonnenbruck, interrompus çà et là par des exploitations agricoles de valeur médiocre et elle contrastait avec les régions voisines beaucoup plus riches : au Nord la plaine fertile qui s'étend de Colmar à Strasbourg, au Sud les collines verdoyantes du Sundgau.

Aujourd'hui, les Mines de potasse d'Alsace avec leurs installations industrielles, leurs cités et leurs routes ont totalement transformé le paysage en lui ôtant une part de sa poésie mais en lui apportant les signes d'un développement économique prospère. Les principaux villages situés dans le Bassin : Wittenheim, Wittelsheim, Staffelfelden, Bollwiller et Ensisheim, se sont énormément étendus, à mesure que l'exploitation du gisement augmentait, et on peut noter en particulier la transformation de Wittelsheim qui ne comptait que quelques centaines d'habitants en 1914 et qui en a plus de 10 000 actuellement.

---

<sup>1</sup> Travail présenté à la Faculté des Sciences de Grenoble comme seconde thèse de Doctorat d'Etat, le 14 septembre 1961.

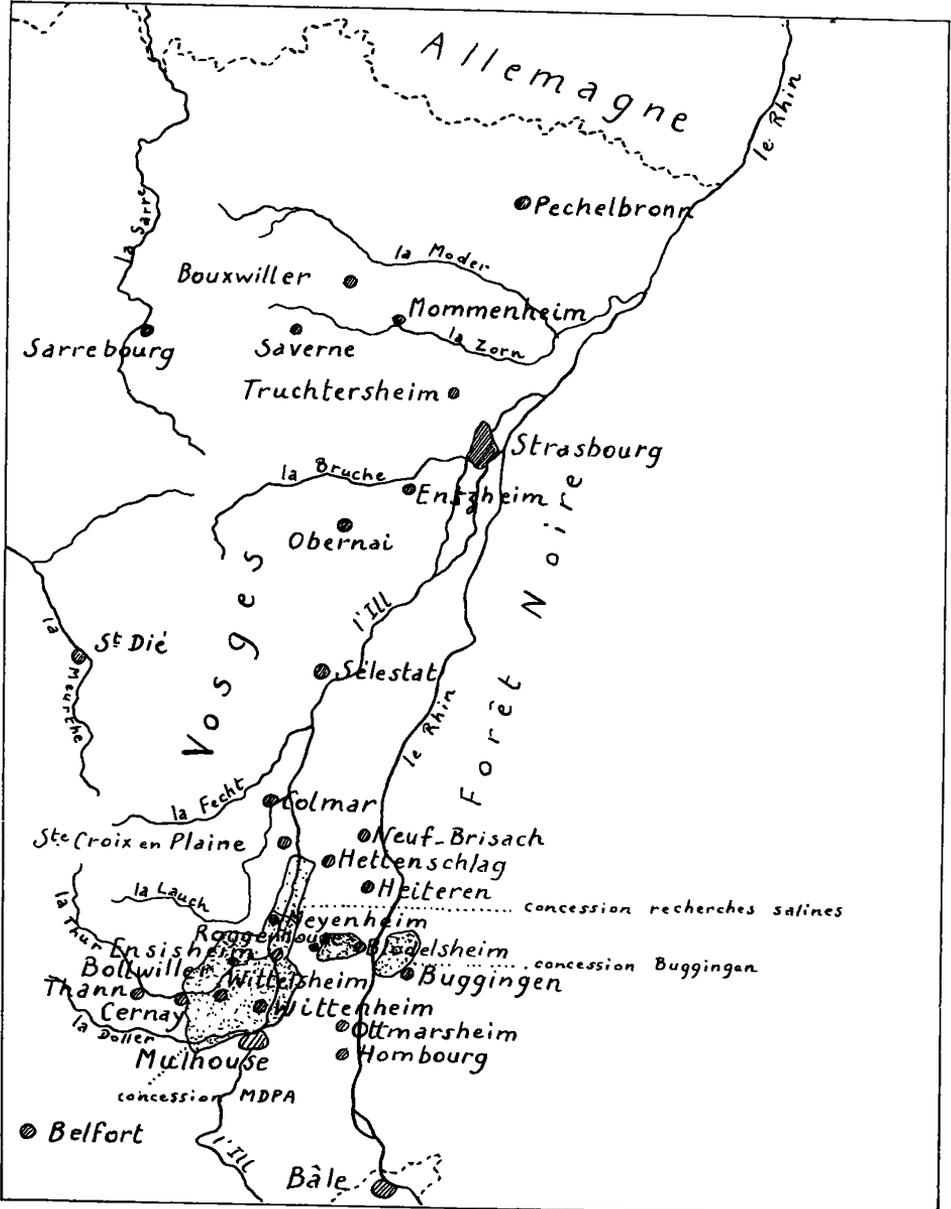


Fig. 1. — Carte schématique de l'Alsace permettant de situer le Bassin potassique et les principales localités citées dans le texte.

## II. Historique : découverte du gisement.

La découverte de la couche potassique remonte à 1904, bien que l'existence du sel gemme ait été mise en évidence plus tôt, en 1869, lors d'un sondage de 240 m entrepris à Dornach par Gustave DOLLFUS. Cette première tentative resta sans suite immédiate et il fallut attendre plus de trente ans pour que les recherches fussent poursuivies. Ce fut Jean-Baptiste GRISEY qui s'intéressa aux affleurements de charbon constatés près de Bourbach, puisque à l'époque on ne cherchait pas la potasse mais le charbon, et on voulait trouver le prolongement du Bassin houiller de Ronchamp. Il fit alors creuser un petit puits dans un terrain appartenant à Joseph VOGT qui joua par la suite un rôle prépondérant dans la découverte de la potasse en Alsace.

J. VOGT exploitait une petite fonderie à Oberbruck et il la spécialisa dans la construction du matériel de prospection minérale. Pensant trouver du charbon à une profondeur de 600 à 700 m, MM. VOGT et GRISEY décidèrent d'entreprendre des sondages dans la plaine de l'Ochsenfeld, cône alluvial de la Thur à son débouché en plaine rhénane. Pour réunir les capitaux nécessaires à leur entreprise, ils durent faire appel à la collaboration du Docteur FISCHER, d'Albert ZURCHER et de sa sœur Amélie dont le nom reste lié à la découverte de la potasse, puisque c'est grâce à sa ténacité et grâce aux encouragements qu'elle ne cessa de prodiguer aux chercheurs que les sondages furent poursuivis malgré les déboires du début.

Le premier sondage fut entrepris à 3 500 m du clocher de Wittelsheim, dans la forêt du Nonnenbruck, le 13 juin 1904, et il fut poursuivi jusqu'au 1<sup>er</sup> novembre pour atteindre la profondeur de 1 119 m. Le trépan avait traversé les couches de sel gemme, puis à 650 m la couche de potasse dont l'existence ne fut révélée qu'après l'analyse du sel de couleur rouge rencontré à ce niveau.

D'autres sondages destinés à délimiter l'étendue du gisement suivirent : Wittelsheim-II, arrêté à 35 m, Lutterbach-I poussé jusqu'à 539 m et Cernay à 701 m. Tandis que l'on effectuait 65 sondages, on commença à foncer le puits Amélie, le 22 avril 1908, et en février 1910 l'exploitation de la potasse débutait.

Depuis lors l'exploitation des couches de potasse et les recherches géologiques se sont poursuivies activement, ralenties seulement pendant les périodes de guerre.

Contrôlées en majeure partie par les Allemands, les Potasses d'Alsace avaient 12 puits en service en 1914. Après l'occupation allemande et les dégâts de la guerre, l'Etat français acquiert les Mines de potasse en 1924.

Jusqu'à la guerre 1939-1945, des efforts de développement de l'exploitation ont été faits, et après 1945 celle-ci prit un essor considérable avec la modernisation des méthodes de travail.

En même temps le service géologique poursuivait ses travaux et actuellement quelque 250 forages exécutés depuis 1904 jusqu'en 1961 apportent des précisions sur les limites du Bassin potassique et sur la stratigraphie et la paléontologie de la région.

Des études géophysiques commencées en 1928 et développées avec intensité depuis viennent compléter notre connaissance du Bassin en nous fournissant des notions sur la tectonique des formations tertiaires entre Mulhouse et Sélestat.

Notre exposé comprendra la stratigraphie et la paléontologie du Bassin potassique connues grâce aux sondages et aux travaux de mines, puis la tectonique déduite des études géophysiques. Pour conclure, nous essayerons d'expliquer la formation du gisement.

## I. — ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE

Les sels de potasse, constitués principalement de *sylvinite* (mélange de chlorure de potassium et de chlorure de sodium) se sont déposés à l'Oligocène inférieur (*Sannoisien*) en deux couches superposées incluses dans une puissante série salifère faite d'intercalations de sel gemme et de marnes :

- *la couche supérieure*, située à une profondeur moyenne de 635 m, a une puissance de 1,50 m à 2 m et contient des sels d'une teneur en chlorure de potassium de 30 à 40 % (soit 20 à 25 % de potasse pure  $K_2O$ ) ;
- *la couche inférieure*, séparée de la couche supérieure par une épaisseur de 20 m environ de marnes, de sel gemme et de schistes, a une puissance variant entre 2 m et 5,50 m et elle donne des sels d'une teneur en chlorure de potassium de 23 à 32 % (soit 15 à 20 % de potasse pure  $K_2O$ ).

L'importance totale du Bassin potassique a été évaluée à 2 000 millions de tonnes de sels gisants, soit, en prenant une teneur moyenne de 17 % de potasse pure, à environ 340 millions de tonnes de potasse pure.

Les sondages effectués dans le Bassin potassique traversent les alluvions quaternaires d'épaisseurs variables avant d'atteindre les puissants dépôts oligocènes auxquels font suite les couches éocènes continentales de moindre importance reposant sur le Jurassique moyen.



Fig. 2. — Vue aérienne prise au-dessus d'Amélie montrant au fond les Vosges et, au premier plan, les bois du Nonnenbruck qui recouvrait la région avant la découverte de la potasse (cette photo, ainsi que les suivantes, sont dues à M. BUEB, M.D.P.A.).



Fig. 3. — Vue aérienne prise au-dessus de la mine Marie-Louise avec le village de Staffelfelden, près duquel fut découvert le pétrole.

D'après M. V. МАЙКОВСКИЙ, la succession des terrains est la suivante :

Quaternaire.

Oligocène supérieur :

*Chattien*.

Oligocène moyen :	}	Couches à Cyrènes.	
<i>Stampien</i> . . . . .	}	Couches à Meletta et à Amphysile . . . . .	} Niveau sans Forami- nifères. } Niveau avec Forami- nifères.
	}	Couches à Foramini- fères . . . . .	} Niveau sans Textila- ria carinata. } Niveau à Textilaria carinata.
Oligocène inférieur :	}	Zone salifère sup. avec <i>potasse</i> à la base.	
<i>Sannoisien</i> . . . . .	}	Zone salifère moyenne	} Niveau supérieur. } Niveau inférieur.
	}	Zone salifère inférieure.	

Eocène : *Lutétien* (Sondage de Hombourg).

Jurassique . . .	}	<i>Rauracien</i> (sondage de Wittelsheim).
	}	<i>Oxfordien</i> (sondage de Staffelfelden).
	}	<i>Callovien</i> (sondage de Hombourg).
	}	<i>Bathonien</i> (sondage de Staffelfelden).
	}	<i>Bajocien</i> : calcaire oolithique avec pétrole à Staffelfelden.

Pour bien situer les couches et comparer leur importance relative, nous prendrons comme exemple un sondage récent effectué en grande profondeur à 1 918 m : celui de Staffelfelden (Staffelfelden IV. DP. XXV) qui, en 1951, devait révéler l'existence du pétrole.

*Coupe géologique du sondage Staffelfelden IV. DP. XXV (fig. 4).*

QUATERNAIRE : 40,50 m.

27 m : *alluvions vosgiennes* composées de galets, gravier, sable mêlé de plus ou moins d'argile.

13,50 m : *zone argileuse de transition* : argile avec un peu de gravier.

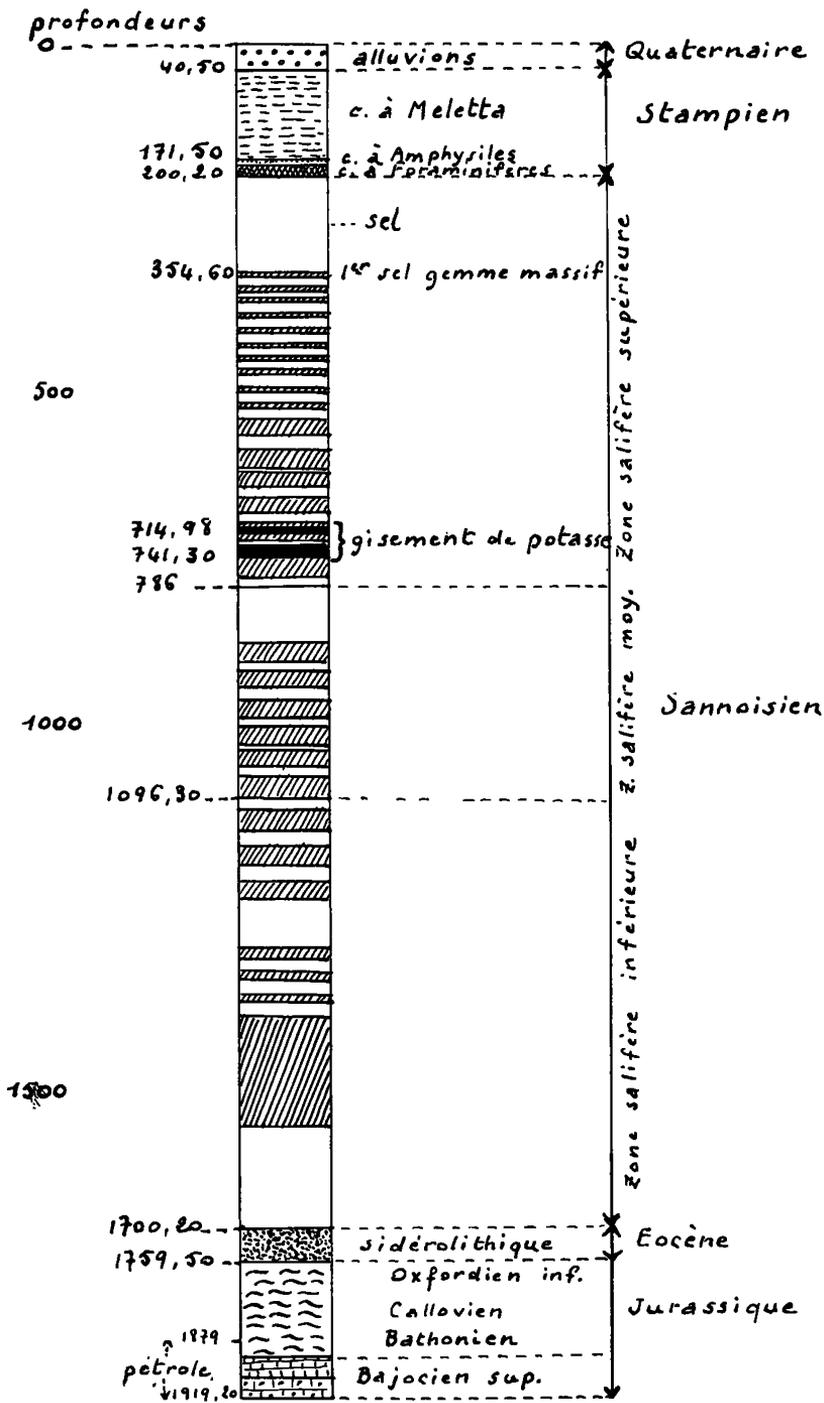


Fig. 4. — Coupe des terrains du sondage de Staffelfelden.

Cette coupe est destinée à souligner la faible importance du dépôt potassique par rapport à la couche considérable des terrains salifères avec leurs alternances de marnes et de sel gemme.

OLIGOCÈNE : 1 659,70 m.

*Stampien* : 161 m.

*Stampien moyen* : 131 m. *Couches à Meletta* : principalement marne calcaire plus ou moins gréseuse avec intercalation de grès.

*Stampien inférieur* : 30 m.

15,65 m : *couches à Amphysiles* : marne schisteuse bitumineuse.

14,25 m : *couches à Foraminifères* : marne argileuse, grisâtre puis bistre.

*Sannoisien* : 1 498,70 m.

1. *Zone salifère supérieure* : 584,80 m + 7,35 m de potasse. Alternance de marne compacte, friable et schisteuse et de couches de sel gemme plus ou moins puissantes. Anhydrite en rognon et en couches.

A 354,60 m de profondeur : premier sel gemme massif.

A 713 m : *couche supérieure de potasse* qui a 1,95 m.

A 735 m : *couche inférieure de potasse* qui a 5,40 m.

2. *Zone salifère moyenne* : 311,30 m. Puissante formation marneuse de 80 m, puis alternance de marne et de couches de sel.

3. *Zone salifère inférieure* : 603,90 m. Alternance de marne verdâtre et de couches de sel.

EOCÈNE : 59,30 m.

*Sidérolithique* : marne rouge avec des éléments conglomératiques variés et des pisolites ferrugineuses.

JURASSIQUE :

Il est formé de deux niveaux distincts :

131,90 m de *marne calcaire* avec intercalations de calcaire ;

26,80 m de *calcaires oolithiques*.

Le premier niveau attribué par MAÏKOVSKY au Callovien comprend, d'après SCHIRARDIN, le *Bathonien* en entier, le *Callovien* proprement dit et environ 50 m de marnes de l'*Oxfordien inférieur*, car le Callovien ne dépasse guère 30 à 35 m d'après les affleurements connus dans les régions voisines.

A 1 879 m de profondeur on voit apparaître les premiers indices hydrocarbonés gazeux.

Le deuxième niveau serait du *Bajocien supérieur* (Mlle GILLET) et non pas du *Bathonien* (MAÏKOVSKY).

On trouve d'abord 20,10 m de calcaires oolithiques et de calcaires à entroques. Indices hydrocarbonés gazeux et liquides, suintement d'huile dans les fissures.

On a ensuite 6,70 m de calcaire pseudo-oolithique renfermant des graviers calcaires dans une pâte de pseudo-oolithes très fines. Indices hydrocarbonés : gaz, liquides, huiles.

*Cette coupe met en évidence l'importance des dépôts oligocènes qui atteignent près de 1 600 m, alors que l'Eocène en a 60 et le Jurassique 160.*

Nous exposerons de façon un peu détaillée les connaissances acquises au cours des sondages sur les différents niveaux rencontrés, en parlant d'abord des alluvions, puis du substratum mésozoïque pour nous étendre ensuite davantage sur les dépôts oligocènes.

#### A) Quaternaire et Pliocène.

La grande épaisseur des sédiments qui recèlent les gisements potassiques nous est masquée par les alluvions du Rhin dont l'épaisseur varie de quelques mètres à 200 m. Ces alluvions ont été déposées au Quaternaire et par endroits dès la fin du Pliocène (G. DUBOIS).

Les variations d'épaisseurs de ces alluvions sont intéressantes à noter puisqu'elles suivent la forme du soubassement tertiaire sur lequel s'est fait le dépôt.

Grâce aux nombreux forages des Mines de potasse, la forme de ce substratum est bien connue. Elle est régulière, bosselée, et ces ondulations déterminent les épaisseurs des alluvions de la plaine. Une carte de cette surface a été établie par THEOBALD (1948) et elle met en évidence les faits suivants :

1) Les alluvions ont une épaisseur de 0 à 50 m dans le Sundgau, le fossé de Bâle, le fossé de Dannemarie et la région de Mulhouse, et elles se sont déposées sur une surface légèrement inclinée.

2) Entre Mulhouse et les Vosges une série de crêtes et de vallées orientées vers le NE : crêtes de Pfastatt, crête de la Mine Théodore, crête d'Amélie, correspondent à de faibles dépôts alluviaux : 50 à 100 m au NE de Mulhouse, 100 à 150 m dans la zone située à l'W de l'Ill jusqu'à Colmar.

3) En direction de Colmar et de Vieux-Brisach les profondeurs augmentent : 150 m à plus de 200 m, et entre ces bas-fonds se trouve une crête formée d'une série de dômes alignés dont les deux principaux sont ceux de *Meyenheim* et de *Hettenschlag*.

Ces alluvions proviennent essentiellement des Alpes, apportées par le Rhin de son cours supérieur. On y trouve des galets granitiques et cristallins, des galets calcaires, des sables micacés et des vases grises.

Il s'y ajoute des galets vosgiens, au débouché des rivières descendant des Vosges. En particulier, un important cône alluvial a été déposé par la Thur : l'*Ochsenfeld*. C'est une grande bande caillouteuse qui s'étale en avant de Thann, devant Cernay et jusqu'à Lutterbach, près de Mulhouse.

Aux galets granitiques et cristallins s'ajoutent des grauwackes, des sables et des vases rouges issus du remaniement du Permien et du Trias gréseux.

Le *læss*, d'origine éolienne, recouvre souvent les alluvions. On le trouve dans les collines sous-vosgiennes, dans les moyennes terrasses de basse Alsace et dans le Sundgau, mais il n'existe pas dans la plaine potassique.

### B) Substratum mésozoïque.

Les sondages les plus profonds effectués dans le Bassin potassique atteignent le Jurassique à différents niveaux : *Oxfordien*, *Callovien*, *Bathonien* ou *Bajocien*.

Les précisions concernant ces étages géologiques ont été fournies par les études faites en basse Alsace et en haute Alsace, dans les collines sous-vosgiennes et dans le Jura alsacien.

Elles peuvent se résumer ainsi :

	<i>Basse Alsace</i>	<i>Jura alsacien</i>
Callovien.	Argile du Scharrachberg à <i>Cosmoceras jason</i> .	Oolithe ferrugineuse à <i>Reineckia anceps</i> .
	Marnes à <i>Macrocephalites macrocephalus</i> .	Calcaire marneux jaune à <i>Macrocephalites macrocephalus</i> .
Bathonien.	Lacune.	Marnes et calcaires marneux à <i>Rbynchonella alemanica</i> dites « couches à <i>varians</i> ».
	Marnes de Bouxwiller à <i>Rb. alemanica</i> . Marne et calcaire d'Imbsheim.	Lacune.
	Couche sup. de la grande oolithe avec niveau à <i>Rb. alemanica</i> .	Partie supérieure de la grande oolithe.
Bajocien.	Grande oolithe à <i>Parkinsonia Parkinsoni</i> .	Grande oolithe.
	Marnes et calcaire siliceux à <i>Coeloceras Blagdeni</i> . Marnes et calc. à oolithes ferrugineuses à <i>St. Humphriesianum</i> .	Marnes à <i>Stephanoceras Humphriesianum</i> .
	Marnes sableuses à <i>Sonninia Sowerbyi</i> .	Calcaire à <i>Sonninia Sowerbyi</i> marnes sableuses à <i>Cancellophycus</i> .

Quelques sondages seulement ont atteint le *Bajocien* et le *Bathonien*. Le sondage de Bischwihr a rencontré à une profondeur de 1 474 m à 1 482 m du calcaire oolithique blanc, du même type que la grande oolithe de Ferrette.

A Staffelfelden, le calcaire oolithique peut être attribué au *Bajocien supérieur* (Mlle GILLET), alors qu'il avait été daté du *Bathonien* par le Service géologique des Mines de Potasse.

L'étude du *Callovien* de Barr et du Scharrachberg par SCHIRARDIN a élargi nos connaissances sur cet étage et a permis d'identifier certaines couches traversées par la sonde à la base du Tertiaire.

Le premier sondage ayant constaté la présence du *Callovien* en un point du sous-sol du fossé rhénan est celui de Hombourg. Les 46 m de grès calcaires micacés attribués à cet étage comprennent le *Callovien inférieur* et le *Callovien moyen*. On y a trouvé *Perisphinctes cf. Recuperoi* Gemmellaro, *Rhynchonella spathica* Lam., *Aequipecten fibrosus* Sow. On a reconnu ensuite le *Callovien* dans le sondage de Hirtzbach, puis à Wittelsheim et à Staffelfelden.

Les sondages effectués dans la région de Mulhouse, dans la région de Péchelbronn et les études détaillées faites dans les collines sous-vosgiennes ont montré que le *substratum jurassique n'offre pas une surface régulière*.

Les remarques faites à ce sujet diffèrent selon les auteurs. SCHNAEBELE remarque que l'assise terminale du Jurassique n'est pas la même partout et qu'elle est de plus en plus récente à mesure qu'on se déplace vers le Sud, en allant du Toarcien jusqu'au *Bajocien*. Pour cet auteur, les couches sont uniformément inclinées vers le Sud et les variations locales observées sont dues à des failles distinctes de celles qui affectent le Tertiaire.

L. VAN WERVEKE, au contraire, considère que le *Dogger supérieur* (grande oolithe et *Bathonien*) est constitué par des couches horizontales formant le soubassement du Tertiaire.

Des études détaillées de J. SCHIRARDIN montrent que les couches du Jurassique (du *Bajocien supérieur* à l'*Oxfordien supérieur*) ne se suivent pas en progression régulière du Nord au Sud mais forment des bandes régulières parallèles, orientées WSW-ENE et traversant obliquement le fossé rhénan. Cette structure s'explique par un phénomène de plissement sous l'influence d'une poussée venue du SSE, premier indice du plissement alpin qui affecte la masse rhénane et fait apparaître des ondulations à grand rayon de courbure. Nous avons une série de synclinaux et d'anticlinaux aplanis par l'érosion prétertiaire qui sont, du S au N :

— *Le synclinal d'Ensisheim* avec de l'*Oxfordien inférieur* et moyen et du *Callovien* au Nord,

- *L'anticlinal de Colmar* avec grande oolithe et Bathonien inférieur,
- *Le synclinal de Sélestat* avec Oxfordien et Callovien,
- *L'anticlinal d'Obernai* avec grande oolithe et Bathonien inférieur,
- *Le synclinal de Truchtersheim-Mommenheim* avec Callovien et Oxfordien inférieur et moyen.

Ces plissements ont eu lieu avant le dépôt du Lutétien moyen et se placent probablement, nous dit SCHIRARDIN, dans la *phase laramienne* de l'Alpin ancien.

Il résulte de cette disposition que les sondages effectués dans le fossé rhénan ne peuvent rencontrer l'Oxfordien et le Callovien que dans les bassins d'ennoyage (bassin d'Ensisheim, cuvette de Sélestat, fossé de Mommenheim-Truchtersheim). Ailleurs on a trouvé sous le Tertiaire soit le Bathonien, soit la grande oolithe du Bajocien supérieur.

### C) Eocène.

En Alsace, l'Eocène est représenté par des dépôts sidérolithiques et par des calcaires lacustres.

*Le sidérolithique*, qui vient de l'altération superficielle des calcaires jurassiques, nous apparaît sous forme de marne ou d'argile bariolée ou jaune, à pisolithes ferrugineuses. Cette formation occupe généralement les fentes ou les excavations du calcaire. En Alsace on n'y a pas trouvé de fossiles, tandis qu'en Suisse la découverte d'une faune de Mollusques et de Mammifères (E. GREPPIN et H. G. STEHLIN) permet de placer cette formation dans l'Eocène moyen et supérieur (*Lutétien* et *Bartonien*).

*Le calcaire lacustre*, qui a son type à Bouxwiller (Bas-Rhin), contient en abondance des Gastéropodes d'eau douce (*Planorbis pseudoammonius* Schloth., *Paludina hammeri* Defr., *Bythinia Deschiensi* Desh., *Glandina cordieri* Desh., *Nanina voltzu* Desh.) et des restes de Mammifères étudiés par G. CUVIER, Ch. DEPERET, M. GIGNOUX, H. G. STEHLIN.

Parmi ces Mammifères, les plus abondants sont les restes de Tapirs (*Lophiodons*) qui vivaient en troupes au bord de l'eau : *Lophiodon tapiroides* Cuv., *L. bouxovillanum* Cuv. On trouve une Sarigue : *Peratherium*, des Insectivores aquatiques : *Palaesinopa*, des Lémuriens : *Periconodon*, *Heterohyus armatus* Gervois, une Marmotte de prairie humide : *Plesiarctomys spectabilis* Major et divers autres Mammifères qui vivaient au bord de lacs aux rives herbeuses et boisées (région équatoriale : Indo-Malaisie actuelle).

Cette faune lutétienne, qui se retrouve également près d'Obernai et Kaysersberg, a laissé des traces dans le sondage de Hombourg, à l'Est de

Mulhouse. D'après les évaluations de МАЙКОВСКИЙ, l'Eocène y est épais de 74,40 m et il comprend des marnes et des argiles bariolées avec des pisolithes ferrugineuses et des rognons de limonite, de calcaire et d'agate surmontées de calcaires et de grès. La présence de *Planorbis pseudo-ammonius* permet de bien dater ces couches.

Le sondage de Staffelfelden traverse également l'Eocène qui apparaît sous son faciès sidérolithique : 60 m de marnes rouges avec des pisolithes ferrugineuses et divers éléments conglomératiques.

Après ce Lutétien pendant lequel se sont déposés les calcaires lacustres ou pendant lequel se sont remplies des poches de dissolution affectant les calcaires sous-jacents, vient une période d'érosion et de troubles. On voit en effet que *les couches basales de l'Oligocène reposent en discordance sur le Lutétien.*

Les couches éocènes ont été morcelées en petits compartiments plus ou moins enfoncés par des accidents tectoniques précurseurs de l'effondrement du fossé rhénan. Ces mouvements, qui ont eu lieu avant les dépôts oligocènes, se sont fait sentir surtout en direction rhénane et ils appartiennent à la phase pyrénéenne (SCHIRARDIN).

Avant les dépôts oligocènes, le sol du fossé rhénan comprend les synclinaux et anticlinaux dessinés avant le Lutétien :

- Synclinaux d'Ensisheim, de Sélestat et de Mommenheim ;
- Anticlinaux de Colmar et d'Obernai,

dont la surface a été aplanie puis brisée par de petites failles datant de la fin de l'Eocène.

Cette structure a influencé les événements tectoniques qui ont marqué au Sannoisien l'effondrement du fossé rhénan. Les synclinaux ont été des zones de faible résistance et sont devenus des bassins de subsidence où l'effondrement était facilité par la présence de failles d'affaissement. Les anciens anticlinaux ont résisté davantage et sont devenus les hauts de la structure actuelle du fossé rhénan.

Ainsi, à l'intérieur du fossé rhénan, se trouvent alignées quatre grandes cuvettes :

- la cuvette d'Ensisheim qui deviendra le bassin potassique ;
- la cuvette de Sélestat ;
- le fossé de Mommenheim ;
- le bassin de Pêchebbronn.

**D) Oligocène.**

L'Oligocène est divisé de la façon suivante :

Aquitanien ;  
Chattien ;  
Stampien (ou Rupélien) ;  
Sannoisien (ou Tongrien).

Nous aborderons l'étude de cet Oligocène par les premiers dépôts : ceux du Sannoisien.

Nous savons que l'Oligocène est marqué par de profonds changements paléogéographiques. Les zones d'effondrement, qui se dessinent à cette époque dans les massifs hercyniens, se manifestent ici par l'affaissement du sol entre les Vosges et la Forêt-Noire. Ces zones effondrées sont envahies par les eaux marines ou les lagunes. Ainsi se forme *le fossé rhénan*. Ce fossé s'est affaissé à mesure que les sédiments s'y déposaient, en créant un véritable appel de sédimentation. C'est un *bassin de subsidence*. Ainsi les dépôts oligocènes, bien que formés sous des profondeurs d'eau insignifiantes, s'accumulent sous des épaisseurs de plus de 1 000 m.

Dans le fossé rhénan allongé NNE-SSW l'accumulation des sédiments n'a pas toujours la même importance. La subsidence est doublée d'un affaissement par failles et nous avons vu précédemment que les régions synclinales formées avant les dépôts tertiaires étaient elles-mêmes des régions où la subsidence était accélérée.

L'épaisseur des sédiments est donc variable selon les régions du fossé rhénan et les variations de faciès y sont également importantes.

***Sannoisien.***

Sur les lambeaux d'Eocène lacustre, le Sannoisien est représenté par des épaisseurs considérables de marnes (1 700 à 2 000 m dans la région des mines) où alternent des faciès marins à Cyrènes, lacustres à Limnées ou saumâtres avec gypse et sel.

La partie supérieure du Sannoisien est limitée par l'apparition des couches du Stampien : les *couches à Foraminifères*.

Les couches déposées au Sannoisien sont divisées par les géologues des Mines de potasse en trois zones :

la *zone salifère inférieure*, la *zone salifère moyenne* et la *zone salifère supérieure*, qui correspondent aux dépôts suivants :

D'après WAGNER, FOERSTER et VAN WERVEKE			D'après MAÏKOVSKY	
Couches de Pêchebronn.	Zone de l'anhydr. ou des marnes bigar.	Zone gypse-anhydrite.	Couches de Wittelsheim Werveke.	Zone salifère supérieure.
		Zone à sel et nodules d'anhydrite.		
	Marnes striées.	Zone bitumineuse supérieure avec potasse.		Zone salifère moyenne.
		Zone fossilifère (Cyrena).		
		Zone bitumineuse inférieure.		
	Zone de conglomérats.			
Marnes à Limnées.	Zone de marnes dolomitiques.	Zone salifère inférieure.		
	Zone de marnes calcaires à gypse et anhydrite.			

*Zone salifère inférieure* : 170 m en moyenne.

Les dépôts du Sannoisien débutent par des marnes calcaires grises contenant de l'anhydrite ou bleues contenant du gypse.

Elles sont surmontées de marnes vertes dolomitiques. Ces marnes sont en général compactes. Des bancs de sel gemme s'y intercalent ; mais les couches marneuses dominent.

Ces marnes contiennent des Gastéropodes, en particulier des Limnées. M. MAÏKOVSKY cite dans le sondage de Schoenensteinbach des restes végétaux : algues, *Carex* et *Phragmites*.

*Zone salifère moyenne.*

Elle débute par une zone conglomératique et les marnes y sont striées. Ces dernières sont gris-brun ou gris-vert et elles sont rayées de gris et de vert.

A la base, les marnes striées renferment de l'anhydrite, un peu de sel gemme et elles présentent des surfaces de plissements.

Au-dessus une zone bitumineuse, appelée zone bitumineuse inférieure par WAGNER (qui l'évalue à 200 m), est faite de marnes bitumineuses avec du sel gemme.

Cette zone salifère moyenne se termine par une *zone fossilifère* (90 m d'après WAGNER). Elle comprend des marnes bitumineuses, tou-

jours striées mais dépourvues de sel gemme et contenant des fossiles, en particulier des *Cyrènes*. Il s'y mêle des Gastéropodes : *Nystia*, *Hydrobia*, *Planorbis*, des restes de Poissons et des Crustacés : *Ostracodes* et *Gammaridés*.

Cette zone fossilifère située à 30-40 m au-dessous de la couche inférieure de potasse est un niveau repère, témoignant d'influences marines (Poissons, *Mytilus*, *Cyrènes*). L'ingression de cette mer sannoisienne en Alsace pose un problème de paléogéographie sur lequel se sont penchés de nombreux auteurs (VAN WERVEKE, DOLLFUS, KILIAN, Mille GILLET). La transgression ne semble pas avoir pu arriver par le Bassin de Mayence au N, nous dit M. GIGNOUX dans sa stratigraphie, puisque le Sannoisien marin n'y est pas connu.

VAN WERVEKE a pensé à une communication directe avec le Bassin de Paris par la dépression de Phalsbourg, tandis que DOLLFUS parle d'une liaison possible avec les lagunes des plaines du Rhône et de la Saône par la trouée de Belfort où le Sannoisien laguno-lacustre est connu (L. MEYER).

Nous reparlerons de ce problème dans le chapitre relatif à la genèse du gisement.

#### *Zone salifère supérieure.*

Elle est limitée à la base par la zone fossilifère et au sommet par les marnes à Foraminifères déposées au début du Stampien.

Elle débute par des marnes bitumineuses rayées, gris-vert, gris-brun et noir, interrompues par des bancs de sel gemme et par *deux couches de potasse*.

La potasse est représentée sous forme de *sylvinite* qui est un mélange de chlorure de potassium, la sylvine (KCl) et de chlorure de sodium (NaCl) ; exceptionnellement, à la Mine Amélie on rencontre la potasse sous forme de *carnallite* (chlorure de potassium et de magnésium : KCl, MgCl<sub>2</sub>, 6 H<sub>2</sub>O).

La première couche de potasse apparaît à 40 m environ au-dessus du sommet de la zone salifère moyenne. Elle a 4 m d'épaisseur moyenne et elle est séparée de la couche supérieure (1,75 m environ d'épaisseur) par une vingtaine de mètres faits d'alternances de couches de sel gemme et de marnes schisteuses avec de l'anhydrite.

Les couches de potasse sont formées de niveaux alternés de sel gemme de teinte grise et de sylvinite rougie par de minces paillettes d'oligiste ; entre ces dépôts on trouve de minces lits argileux.

Dans un lit d'argile de la couche inférieure de potasse, F. QUIÉVREUX a découvert une petite flore (environ 15 espèces) et une riche faune d'insectes : 757 spécimens répartis en une quarantaine de genres. Ces

restes ont dû être entraînés par le vent dans la lagune potassique azoïque, comparable à la Mer Morte. L'étude détaillée de ces insectes et leur comparaison avec les genres actuels permet d'imaginer qu'il existait alors un climat tempéré (environ 18°), mais non désertique.

Entre ces deux couches de potasse s'empilent les couches de marnes et de sel gemme d'importance variable. Certaines couches de sel gemme atteignent plusieurs mètres et entre elles les intercalations marneuses striées sont minces. Au-dessus de la potasse les marnes s'épaississent, deviennent plus compactes, à cassure conchoïdale, et elles sont souvent multicolores. On trouve de l'anhydrite distribuée en rognons et les couches supérieures des marnes renferment du gypse (cristaux, grains, rognons, gypse fibreux).

Une coupe effectuée dans la zone salifère supérieure montre la distribution des couches de marnes, de sel gemme et de potasse.

En gros, le sel gemme forme 35 % de la masse des sédiments, les marnes 60 % et l'anhydrite 5 %.

Une coupe de détail des deux couches de potasse montre la répartition des diverses couches de sylvinite séparées par des bancs de marnes et de sel gemme.

### **Stampien.**

Il comprend quatre niveaux :

- Marnes à Cyrènes ;
- Couches à Meletta ;
- Schistes à Poissons ;
- Marnes à Foraminifères,

que nous étudierons successivement.

#### 1) *Marnes à Foraminifères.*

Dès le Stampien, la mer envahit le fossé rhénan en y déposant une vingtaine de mètres de marnes riches en Foraminifères.

MAÏKOVSKY y distingue un niveau basal à *Textilaria carinata* où les marnes sont friables et un niveau supérieur sans *Textilaria* dont les marnes sont plus résistantes. Ces marnes sont pyriteuses. Brunes dans les dépôts inférieurs, elles deviennent ensuite verdâtres.

Notons que R. BARBIER en 1938 avait proposé la même subdivision dans les marnes à Foraminifères du Bassin de Pêchebron. A la base il avait la zone à *Textilaria carinata* d'Orb. caractérisée par cette espèce qui y est très abondante avec *Cibides Dutemplei* d'Orb. et *Ammobaculites Humboldti* Rss. Ce niveau fournit également des Mollusques et aussi des Bryozoaires et des Oursins indiquant un faciès franchement côtier.

Au-dessus : zone à *Ceratobulimina contraria* Rss. avec *Rotalia Roemeri* Rss., *Biloculina ringens* Lam., *Quinqueloculina laevigata* d'Orb., *Cornuspira involvens* Rss., caractérisée par l'abondance des débris pyriteux.

### 2) Schistes à Poissons.

Avec l'apparition des schistes à Poissons, la faune extrêmement riche en Foraminifères s'appauvrit considérablement, et si quelques espèces subsistent encore au début, avec une taille diminuée, telles *Bolivina Beyrichi* Rss., *Gyroidina Soldanii* d'Orb., elles disparaissent ensuite.

En dehors de ces rares Foraminifères, on trouve des restes de Poissons et quelques Lamellibranches.

Le Poisson le plus répandu est *Amphysile Heinrichi* Heckel qui est souvent conservé intact et auquel se mêlent des restes de fanoncles de *Cetorhinus parvus* Leriche.

Ces schistes papyracés, bitumineux, ont une vingtaine de mètres d'épaisseur.

МАЙКОВСКИЙ n'a pas séparé les schistes à Amphysile des couches à Meletta qui leur font suite, mais il a distingué un niveau inférieur à Amphysile et Meletta avec Foraminifères et un niveau supérieur dépourvu de Foraminifères.

### 3) Couches à Meletta.

Ce sont des couches épaisses de 300 à 400 m constituées par des marnes et des grès micacés renfermant de nombreuses écailles de Poissons.

Les grès sont calcaires, micacés, souvent bitumineux et généralement compacts, de couleur sombre, gris-brun ou gris foncé.

Les marnes de teinte également foncée sont gréseuses, schisteuses et parfois interrompues par de minces dépôts de calcaires dans les zones inférieures.

Ces marnes contiennent de très nombreuses écailles de Melettes, sortes de petits Harengs dont l'espèce caractéristique est *Clupea (Meletta) longimata* Heckel.

Ce sont des dépôts assez littoraux et leur grande épaisseur résulte de la subsidence du bassin dans lequel ils se sont accumulés.

De nombreux débris végétaux (*Cinnamomum*) témoignent d'apports locaux d'eau douce par les fleuves ou une tendance au retour du régime lagunaire.

Dans les niveaux supérieurs il y a disparition presque complète de la faune, à l'exclusion des Poissons, ce qui laisse supposer un milieu acide ayant détruit les tests calcaires.

#### 4) *Marnes à Cyrènes.*

Les assises marneuses avec intercalations de grès qui font suite aux couches à *Meletta* sont appelées *marnes à Cyrènes* à cause de l'abondance de ces Lamellibranches à ce niveau.

Il s'y mêle de nombreux Foraminifères, des Gastéropodes, des restes de Crustacés et de Bryozoaires.

Tous les genres représentés sont littoraux ou côtiers, déposés par une mer peu profonde, annonçant la fin du cycle oligocène (Mlle GILLET, 1953). Différents auteurs (MEYER, SCHNAEBELE, DUBOIS) placent ce niveau dans le *Chattien*, l'homologuant aux marnes à Cyrènes du Bassin de Mayence. D'autres, comme WAGNER, MAIKOVSKY, Mlle GILLET, le situent au sommet du Stampien à cause de la présence de nombreux genres représentés au Stampien.

La mer à Cyrènes communiquait avec le N de l'Europe par la mer qui recouvrait une partie de l'Allemagne et elle était reliée à la mer alpine par l'intermédiaire du bassin où se déposait la molasse suisse<sup>2</sup>.

Les dépôts atteignent 150 m aux environs de Mulhouse.

#### ***Chattien.***

Dans le Bassin potassique les marnes à Cyrènes sont recouvertes de marnes bigarrées et de sables ou grès calcaires, micacés, très friables, qui ont des épaisseurs très variables (600 m au sondage d'Ungersheim et 15 m à Ensisheim).

Ce sont des couches lacustres dans lesquelles on trouve des débris de végétaux : *Chara*, *Cinnamomum* et de nombreux Gastéropodes : *Potamidés*, *Limnaea*, *Planorbis*, *Helix rugulosa*.

La mer a définitivement quitté l'Alsace qui va connaître une longue période d'émersion et d'érosion avant le dépôt des alluvions pliocènes et quaternaires dont nous avons parlé au début de cette étude.

---

<sup>2</sup> Dès 1934, L. MORET, dans sa « Géologie du Massif des Bornes » (*Mém. S.G.F.*), note la communication de la mer alpine avec le golfe alsatique au Stampien et il pense que cette liaison pouvait se faire au Sannoisien, puisque des dépôts lagunaires existent dans la vallée de la Saône

## II. — ÉTUDE GÉOPHYSIQUE

La prospection géophysique a contribué en grande partie à la connaissance du Bassin potassique et elle nous fournit en particulier des renseignements précieux sur la tectonique du Bassin.

Les premiers travaux de prospection géophysique remontent aux années 1926-32. Les méthodes électriques et gravimétriques furent employées principalement pour permettre de situer la position des diapirs. Par la suite, le problème s'est posé d'obtenir une vue plus précise sur la tectonique du Bassin. Une campagne de prospection gravimétrique fut exécutée par les équipes du Service géophysique des Mines domaniales. Elle fut suivie par les travaux de prospection sismiques et électriques.

### 1) *Méthode gravimétrique.*

Elle est basée sur l'étude des anomalies de la pesanteur dues à la distribution variable des roches de densités différentes.

Cette méthode statique est employée avec succès dans les bassins sédimentaires. Elle permet de préciser l'étendue d'un bassin de subsidence et de noter ses particularités : seuils, enfoncements, dômes. On sait en effet qu'un corps perturbant provoque une anomalie d'autant plus brutale que la distance de la surface à son centre de gravité est plus petite et que la différence des densités du corps et du milieu ambiant est plus grande.

Les cartes gravimétriques donnent les écarts des mesures de la pesanteur en milligals, par rapport à ce qu'elles seraient sur un globe théorique de densité homogène et de topographie identique à celle du globe réel. Dans le cas du Bassin potassique, les résultats font apparaître des zones « légères » très accentuées et bien délimitées qui correspondent à la déformation du toit de la formation salifère. Ces zones légères correspondent à des lagunes et les zones lourdes séparant les différentes lagunes sont des seuils.

On a pu, avec cette méthode, avoir des indications intéressantes sur la tectonique et guider l'exploration du bassin en tenant compte des résultats obtenus.

### 2) *Méthode sismique de réflexion.*

Cette méthode est basée sur la variation de la vitesse de propagation des ondes sismiques à travers le sol.

Les ondes sismiques sont produites par des explosions artificielles et elles sont enregistrées par des sismographes ou géophones.

Cette vitesse de propagation des ondes n'est pas la même pour toutes les roches et, d'une façon générale, elle est proportionnelle à la densité et à l'état compact des formations géologiques.

Les sismographes inscrivent les ondes réfléchies sur diverses couches qui constituent des miroirs ou horizons de réflexion. Ils sont placés en des points précis indiqués par la carte gravimétrique et ils fournissent des renseignements sur la profondeur du niveau potassique qui a pu être déterminé, à 20 m près, sur le pendage des couches et sur les accidents tectoniques qui les affectent.

Cette méthode permet donc d'étudier dans le détail les anomalies décelées par la gravimétrie ; elle donne une interprétation quantitative des phénomènes. On peut, grâce à elle, suivre les horizons géologiques repères et dresser des cartes tectoniques relativement précises.

La campagne sismique s'est révélée utile pour l'exploration des bassins. Il a été possible de reconnaître les principaux accidents et de situer la position des couches potassiques avec une certaine précision. On connaît à présent les régions où l'exploitation pourra être poursuivie ainsi que les endroits où de nouveaux travaux peuvent être prévus.

### 3) *Méthode des résistivités avec sondages électriques et sismique-réfraction.*

Cette méthode est basée sur la différence de résistivités des différents terrains, en particulier sur la grande résistance du sel par rapport aux terrains de recouvrement.

On fait donc des sondages électriques en étudiant la variation de la résistivité des terrains en un point déterminé du sol et on arrive à déterminer le toit du sel.

Pour avoir plus de précision, on effectue des tirs de sismique réfraction. Les ondes émises par un foyer d'explosion situé à la surface du sol se propagent dans un premier milieu supposé homogène et se réfracte dans le second, d'après les lois de l'optique géométrique, étendues aux rayons sismiques.

Dans le sel, la vitesse des ondes atteint 4 500 à 5 000 m/sec., tandis que dans les terrains marneux elle est de l'ordre de 2 500 à 3 000 m/sec. Les études électriques sont destinées à la reconnaissance des diapirs, là où la méthode sismique est défailante.

L'échelle des résistivités des terrains déduites des sondages électriques permet de différencier trois terrains. Les alluvions du Rhin ont une résistivité comprise entre 150 et 500 ohms/m, avec une moyenne de 400 ohms/m. La résistivité des marnes, assez constante, est de 2 ohms/m. Quant à la résistivité de la série salifère, elle est supérieure à 20 fois celle des marnes surincombantes.

La technique utilisée est celle du rectangle de résistivité avec une ligne AB d'envoi de courant égale à 6 000 m. Dans ces conditions il a été possible de dresser une carte en courbes de niveau du toit de la série salifère et de déterminer la profondeur de cet horizon sur une superficie d'environ 170 km<sup>2</sup>.

### III. — ÉTUDE TECTONIQUE DU BASSIN POTASSIQUE

Les prospections géophysiques nous apportent des renseignements sur le toit du sel, sur l'apparition de la couche potassique et sur les accidents tectoniques qui affectent le dépôt salin.

Ces données tectoniques, ajoutées aux précisions fournies par de nombreux sondages, nous montrent que le Bassin potassique de Mulhouse comprend deux zones distinctes séparées par le parallèle d'Ensisheim.

1° *Au S d'Ensisheim* et jusqu'au horst de Mulhouse, dans toute la zone occupée par les concessions des M.D.P.A., on observe une série de panneaux monoclinaux, uniformément inclinés vers l'E avec des pentes variables, pouvant atteindre 15 à 25°. Ces panneaux sont coupés par des failles, de direction rhénane, parallèles aux deux grandes failles bordant le fossé rhéan. Ces failles donnent une série de compartiments semblables à ceux que l'on observe dans le Bassin de Péchelbronn. C'est la tectonique dite « en dents de scie » faite d'une succession de « horst » et de « graben ».

La pente des failles est relativement faible (35 à 40°) et le rejet peut atteindre jusqu'à 500 ou 600 m (fig. 5).

A ces horst et graben correspond dans la couche saline souple une série d'anticlinaux et de synclinaux. Les failles sont situées sur le flanc W des anticlinaux.

On a deux anticlinaux principaux :

a) Le premier passe par Joseph-Else, Amélie et Feldkirch (à Joseph-Else on trouve la potasse à 175 m) ;

b) Le deuxième est l'anticlinal médian, passant par Wittenheim et Ensisheim.

A l'W du premier anticlinal on a le *synclinal de Bollwiller* où la potasse se trouve à 800-900 m ; à l'E du deuxième, le *synclinal de Wittenheim* où la couche se trouve à 600 m.

A côté de ces grands accidents on en a de moindre importance géologique, mais dont l'exploitation doit tenir compte, l'anticlinal et le synclinal de Max (fig. 6).

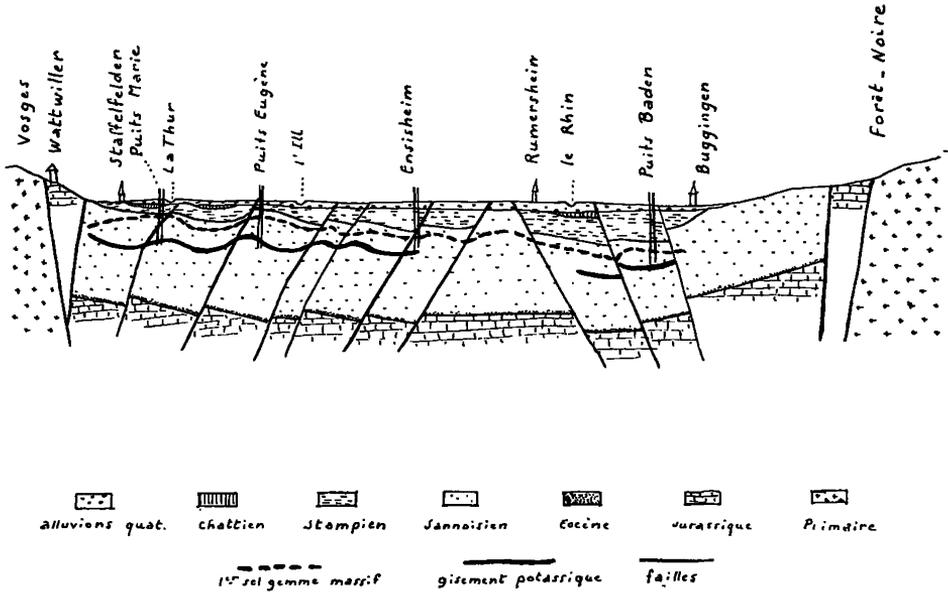


Fig. 5. — Coupe schématique de la vallée rhénane.

Cette coupe met en évidence les failles qui affectent le Fossé rhénan entre les Vosges et la Forêt-Noire. Ces failles déterminent dans le Bassin potassique une série de panneaux monoclinaux inclinés vers l'E.

La couche de potasse est ondulée et ses ondulations sont désignées sous le nom d'anticlinaux et de synclinaux.

Près du Rhin et jusqu'à Buggingen, les failles sont inclinées vers l'W (coupe faite d'après les travaux du Service géologique des M.D.P.A.).

En profondeur, le Bassin potassique se prolonge jusqu'aux contreforts de la Forêt-Noire où il est exploité à Buggingen.

Des sondages ont prouvé l'existence de la potasse à Blodelsheim et à Ottmarsheim. Mais quand on va vers l'E, le sel remonte diapiriquement et à Battenheim la potasse n'est plus qu'à 146 m.

2° Au N d'Ensisheim on assiste au développement de la tectonique saline avec la montée diapirique du sel gemme qui se traduit par la formation de *dômes*.

Parmi ces dômes, citons ceux de *Meyenheim* et d'*Hettenschlag* qui surgissent de régions basses de l'effondrement rhénan, entre Colmar et Ensisheim.



D'autres sont connus plus à l'E vers le Rhin à *Blodelsheim* et à *Heiteren*.

Le dôme de sel de *Meyenheim* a une forme ellipsoïdale dont le grand axe de direction rhénane WSW-ENE a 8 km, alors que le petit axe a 1,200 km.

Sa saillie par rapport aux couches en place dont il est issu est d'environ 900 à 950 m.

Le dôme d'*Hettenschlag* est un dôme émoussé qui s'élève de 1 000 m au-dessus des couches en place. Le sommet de cette masse saline se trouve à 100 m de profondeur sous 90 m de marnes oligocènes et une dizaine de mètres d'alluvions quaternaires (DUBOIS). Le sommet du cône forme en surface un bombement de 2,50 m de hauteur qui émerge sur la surface uniformément plate de la plaine.

La carte des résistivités établie grâce aux sondages électriques montre que ces deux dômes sont alignés avec le grand anticlinal de Rustenhart-Marckolsheim (entre Colmar et Sélestat) selon une ligne qui suit la crête topographique entre l'Ill et le Rhin.

La montée du sel est naturellement facilitée par les mouvements du sol, et en particulier il a tendance à s'accumuler le long des charnières anticlinales.

A *Blodelsheim*, le dôme diapir a crevé le Sannoisien et la potasse se trouve rejetée sur les flancs en couches désordonnées et très inclinées. Elle est difficilement exploitable et le puits de *Blodelsheim* a été abandonné.

L'élévation diapirique du sel commencée après le Sannoisien continue pendant le Quaternaire et se poursuit sans doute actuellement.

En dehors des diapirs se développent de vastes zones très effondrées avec une puissance maximum des formations marneuses.

Pour illustrer cette montée diapirique, nous prendrons un exemple à *Hettenschlag* et nous donnerons les cartes figurant les courbes de niveau du toit des marnes oligocènes et celles du toit du sel, courbes effectuées d'après les résultats des sondages électriques (fig. 7).

Des coupes géologiques effectuées à *Hettenschlag* et près de *Blodelsheim* à *Roggenhouse* montrent bien l'élévation diapirique du sel (fig. 8).

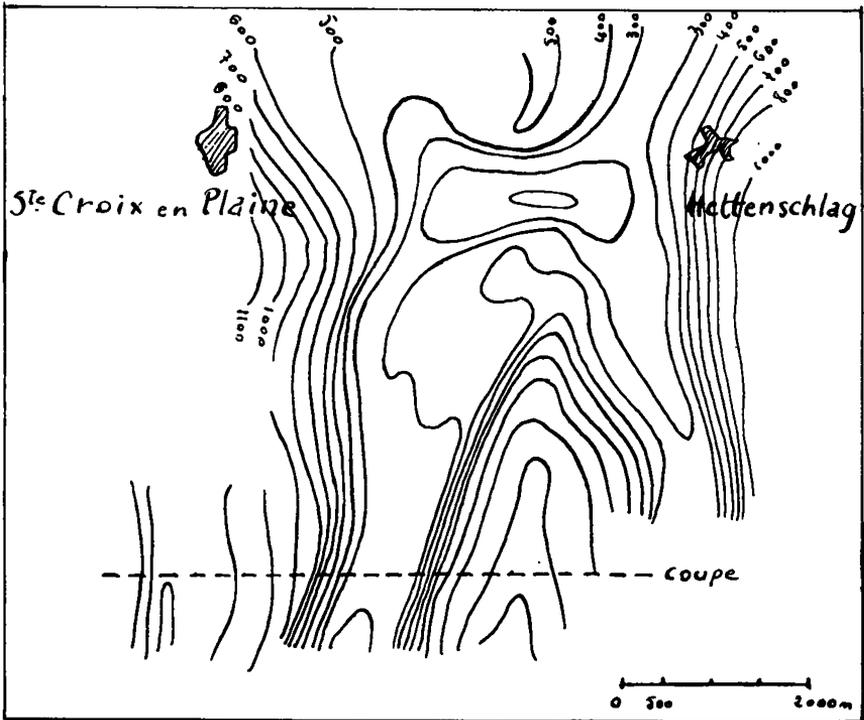
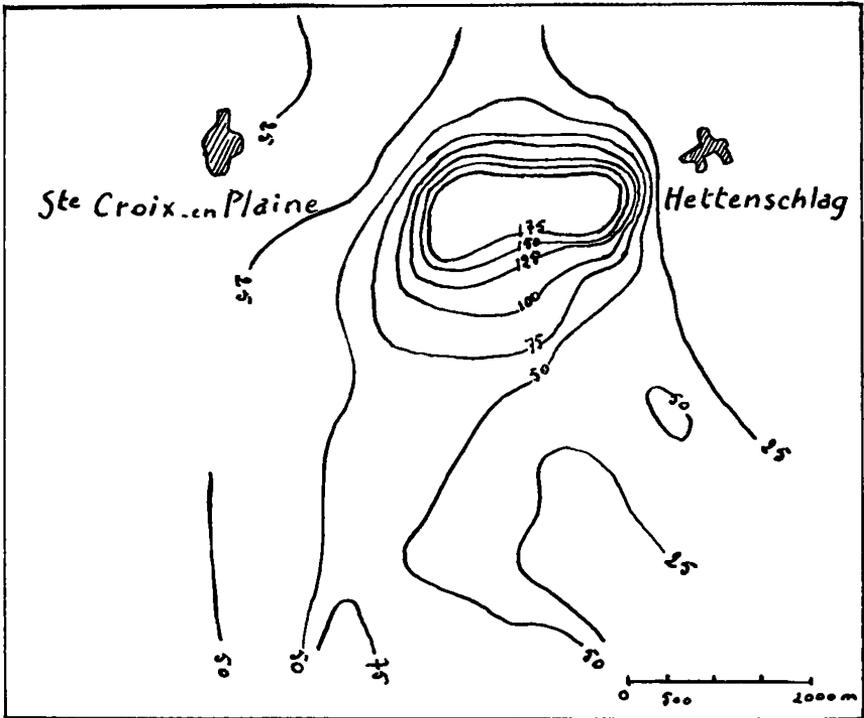


Fig. 7. — Etude des diapirs (Région de Ste-Croix-en-Plaine - Hettenschlag).

Cartes du toit des marnes oligocènes (en haut) et du toit du sel (en bas) obtenues d'après les résultats des sondages électriques (méthodes des rectangles de résistivité). Les courbes de niveau sont mesurées en mètres (cartes dessinées d'après les documents qui m'ont été aimablement communiqués par L. SIMLER, adjoint au Service de la Carte géol. d'Alsace-Lorraine).

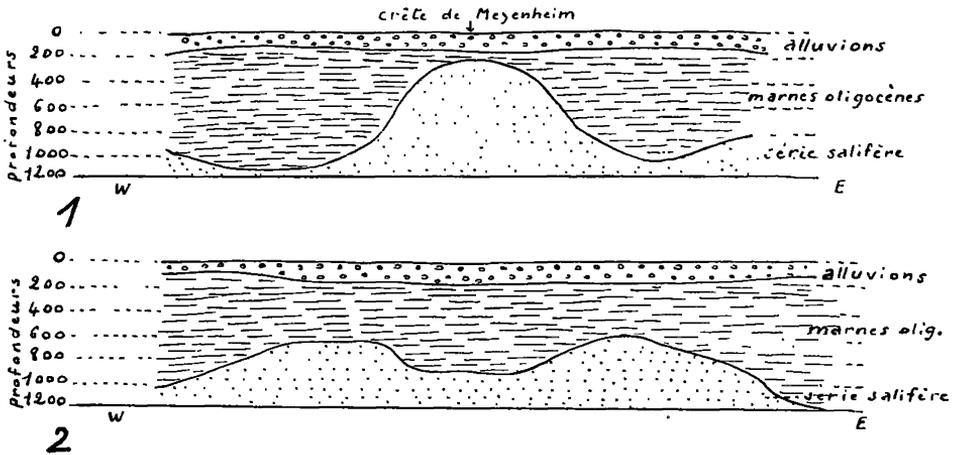


Fig. 8. — Coupes géologiques des diapirs.

1. Coupe effectuée dans la région de Ste-Croix-en-Plaine, Hettenschlag (suivant le pointillé de la figure précédente). On voit bien le dôme de sel perçant les marnes oligocènes.

2. Coupe effectuée dans la région de Roggenhouse. La montée du sel a été moins prononcée, mais deux dômes distincts se sont formés.

#### IV. — GENÈSE DU GISEMENT POTASSIQUE

##### *Description d'une coupe du gisement.*

Avant de rappeler les différentes hypothèses proposées pour expliquer la formation du Bassin potassique, nous donnerons une coupe détaillée des deux couches de potasse prises à Wittelsheim (Mine Amélie) (fig. 9).

Ces couches déposées au Sannoisien se situent dans la zone salifère supérieure qui est limitée à sa base par la zone fossilifère.

La *couche inférieure* se situe à une quarantaine de mètres de cette couche fossilifère dont elle est séparée par un dépôt de sel gemme et de marnes.

La couche inférieure a une puissance moyenne de 4 m (elle varie de 3 m à 5,50 m) et elle contient 18 % environ de  $K_2O$ .

La *couche supérieure* est moins épaisse (1,50 m en moyenne), mais elle est plus riche en potasse pure : 25 % en moyenne.

La couche de potasse n'est pas homogène, mais elle est formée par une alternance répétée de lits de sylvine ( $KCl$ ) et de sel gemme ( $NaCl$ )

formant la *sylvinite*. Ces petites couches de NaCl et de KCl sont séparées par de minces intercalations argileuses.

Les couches de sylvinite ainsi constituées sont séparées par des couches de sel gemme.

La *couche inférieure* est elle-même découpée par des intercalations de marnes stériles en 5 parties nommées *sillons* et qui sont désignés sous les noms de sillons A, B1, B2, C et D.

Le sillon A épais de 1,30 m à 1,50 m comprend les lits à peu près réguliers de sel gemme et de sylvinite.

On traverse ensuite une couche de marnes et d'anhydrite avant d'arriver aux sillons B1 et B2 (de 0,50 m chacun) où les couches de sylvinite augmentent pour devenir plus serrées encore dans le sillon C (puissant de 0,50 m).

A la partie supérieure (sillon D) on note l'apparition de carnallite (KCl, MgCl<sub>2</sub>, 6 H<sub>2</sub>O), en même temps que la diminution en NaCl. On sait en effet que quand la teneur en MgCl<sub>2</sub> augmente, la proportion KCl augmente dans le dépôt. Avec la formation de carnallite, il y a donc diminution de sel gemme.

La couche marneuse ayant fourni à QUIÉVREUX la faune d'Insectes se trouve à la base de l'intervalle stérile entre B2 et C.

*Couche supérieure.* — La couche supérieure, moins épaisse, ne comprend pas de couches stériles importantes, mais comme la couche inférieure elle montre une augmentation de la teneur en KCl quand on va du bas vers le haut. Cela prouve que la concentration de la saumure est allée en augmentant.

Fig. 9. — Coupe du gisement potassique.

Cette coupe a été faite au cours de l'exploitation dans la Mine Amélie, à Wittelsheim. On sait que là, la partie supérieure de la couche de potasse comprend de la *carnallite*.

La figure de gauche donne une coupe des terrains au 1/200<sup>e</sup> destinée à situer les deux couches de potasse dans le gisement.

La figure du centre représente la couche supérieure, avec sous les marnes les alternances de sylvine (en noir) et de sel gemme, en blanc. Ces alternances constituent la *sylvinite*.

La figure de droite représente la couche inférieure avec ses sillons A, B, C et D. En D, on a la carnallite alternant avec du sel. En A on a les alternances de sylvine et de sel, séparées par des couches, figurées en grisé, où la sylvine et le sel sont mélangés (d'après MAIKOVSKY, [12]).



Fig. 10. — Exploitation de la couche inférieure à la mine Théodore, montrant les sillons B2, C et D séparés par des schistes (sombres).

Dans le sillon B2, à la partie inférieure de la photo, on voit nettement les alternances de sylvine, foncée, et de sel gemme, clair.

Des analyses détaillées ont été faites sur les couches de potasse et sur les bancs stériles qui les séparent. On a constaté l'*absence de sulfate de magnésium* et la faible proportion de chlorure de magnésium (0,3 %). Il faudra en tenir compte pour comprendre l'origine du dépôt. Il faudra aussi essayer d'expliquer les alternances de sylvine et de sel gemme.

Entre les deux couches de sylvinite, les terrains sont constitués de marnes bitumineuses, généralement schisteuses et de sel gemme.

#### **Température. Degré géothermique (fig. 11).**

La température notée dans les couches de potasse est élevée. Elle est déjà de 33,2° dans la mine Anna à 432 m de profondeur, de 40,7° à 643 m à Amélie, et dans les puits où la couche de potasse est plus profonde, comme à Bollwiller, cette température atteint 53,6° à 986 m.

Une courbe de cette température en fonction de la profondeur permet de déterminer le degré géothermique qui est de 27,5 m, donc inférieur au degré géothermique normal.

Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer cette augmentation anormale de la température en profondeur : processus de l'hydratation de l'anhydrite et faible chaleur spécifique des marnes, processus de polymérisation des bitumes, chaleur due à un volcanisme récent. Aucune n'a été retenue.

Actuellement on pense que la diminution du degré géothermique vient de ce que la couche de potasse s'est déposée dans une région à

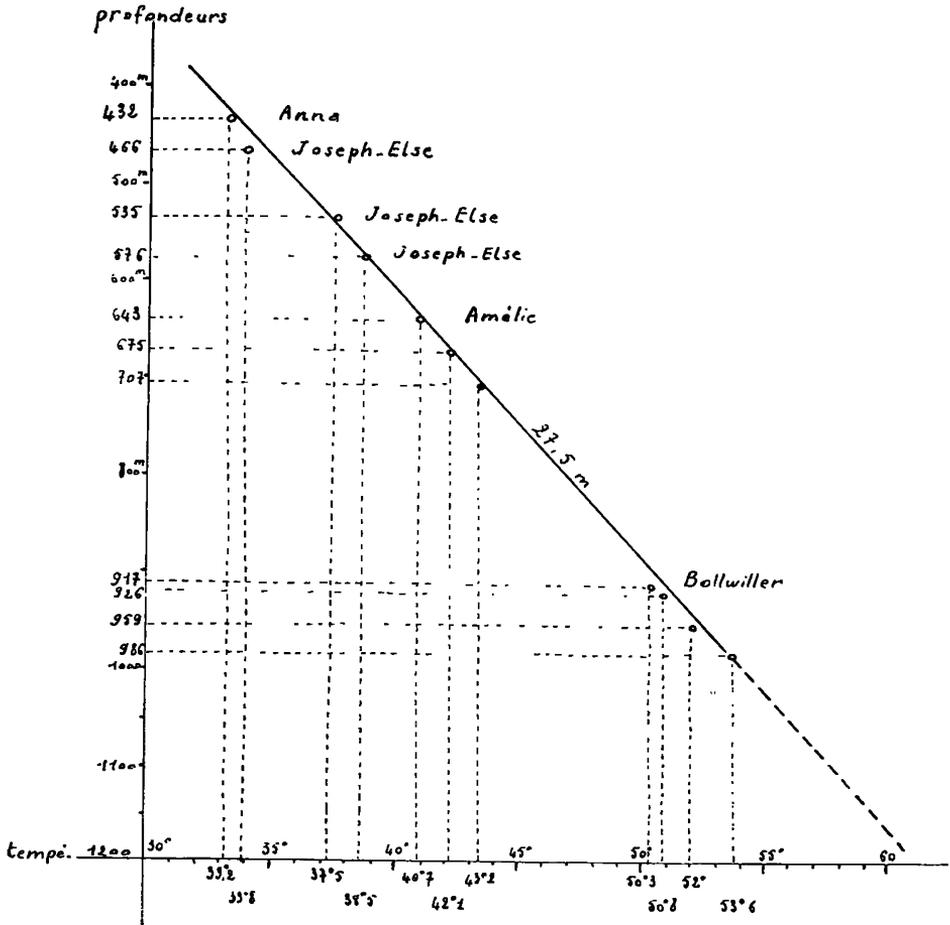


Fig. 11. — Courbe des températures relevées au fond, au cours de l'exploitation.

Ces températures sont notées en fonction de la profondeur. En reliant les points obtenus, on voit qu'ils sont pratiquement alignés suivant une droite qui détermine le degré géothermique, soit 27,5 m.

subsidence active, située dans un fossé étroit et instable de l'écorce terrestre. On a remarqué en effet que dans les fosses de subsidence le degré géothermique diminue, alors qu'il augmente dans les zones de vieilles plates-formes. On sait par exemple qu'il est de 100 m en Afrique du Sud et de 40 à 50 m au Canada où l'on note seulement 25° à 1 000 m de profondeur.

### ***Théories essayant d'expliquer la genèse du gisement.***

Les dolomies, les roches sulfatées (gypse et anhydrite) et les roches salines (sel gemme et sel de potassium) qui forment les dépôts du Bassin potassique sont des roches d'origine lagunaire.

Elles se sont formées dans une lagune où l'eau de mer s'est évaporée et concentrée déterminant la précipitation des sels qui y étaient dissous.

On sait que dans les marais salants actuels la précipitation des sels se fait dans l'ordre suivant :

— Sulfates de chaux : anhydrite ( $\text{SO}_4\text{Ca}$ ) ou gypse ( $\text{SO}_4\text{Ca}, 2\text{H}_2\text{O}$ ), suivant la température ;

— Chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ) ;

puis les sels dits déliquescents :

— Sulfate de magnésium ( $\text{SO}_4\text{Mg}$ ) et sulfate de potassium ( $\text{SO}_4\text{K}_2$ ),

puis les chlorures :

— Chlorure de magnésium ( $\text{Cl}_2\text{Mg}$ ) et chlorure de potassium ( $\text{ClK}$ ) quand le point de saturation est atteint.

Les borates de Ca et de Na restent en solution dans les eaux-mères tandis que celles-ci renferment des sels déliquescents.

Actuellement les dépôts salins importants se forment dans les *lagunes* séparées du large par une barre et où l'évaporation est intense et dans les *chotts*, dépressions fermées des régions désertiques.

Deux théories permettaient jusqu'ici d'expliquer l'origine des roches lagunaires : la théorie de la barre et la théorie des chotts.

#### 1) *Théorie de la barre.*

Les sels se déposent dans une lagune séparée du large par un seuil ou barre. L'évaporation et la concentration de l'eau entraînent la précipitation des sels, tandis que l'eau de mer se renouvelle, amenée régulièrement par le flux ou les marées par-dessus la barre, ou accidentellement par suite des mouvements ayant entraîné des différences de niveaux.

Actuellement on connaît sur la côte du Gabon des lagunes, en particulier celles de *Fernan-Vas*, qui sont ainsi alimentées par le jeu d'une barre et, sur la bordure E de la Caspienne, la lagune de *Kara-Bougas* est fournie en eau par un faible courant venu de la mer.

## 2) *Théorie des chotts.*

Les chotts sont des dépressions fermées des déserts du S algérien dans lesquelles aboutissent des eaux de ruissellement ayant lessivé les terrains salifères avoisinants. L'évaporation désertique conduit aux dépôts de sels, en particulier aux dépôts de gypse et de sel gemme.

Pendant longtemps on a pensé que les sels étaient amenés dans les chotts seulement par les eaux de ruissellement, mais depuis les travaux de MILOKHOFF on sait que les chotts étaient autrefois en communication avec la mer (découverte de Foraminifères, niveau inférieur à celui de la Méditerranée) et par conséquent n'étaient autres que d'anciennes lagunes. De toute façon, que l'eau de la lagune ait été alimentée par des eaux de ruissellement ou par des eaux marines, des dépôts de vases détritiques ont pu se produire.

Le dépôt de la vase se faisait avant la précipitation des sels, comme dans les vasières des marais salants actuels.

Puisque les chotts sont d'anciennes lagunes, nous ne séparerons pas les deux hypothèses, mais nous distinguerons deux cas possibles, selon que la lagune continuait ou pas à être en relation avec la mer.

Voyons comment ces théories peuvent s'appliquer au gisement potassique. Les couches salifères se sont déposées dans une lagune provenant de la dernière incursion marine dans le Sud du Fossé rhénan. Nous avons vu que les derniers fossiles marins saumâtres précédant les dépôts de potasse sont ceux de la couche fossilifère (couche à *Hydrobites*, *Mytilus*, *Cyrènes*) qui marque la fin de la zone salifère moyenne.

En se retirant, cette mer peu profonde installée sur un fond instable laisse une lagune dont le fond continue à s'enfoncer à mesure que les sédiments s'y déposent.

Ce bras de mer dépendait de la mer qui occupait le Bassin de Paris et qui avait pénétré en Alsace, soit par le seuil de Phalsbourg (VAN WERVEKE), soit par le seuil de Bourgogne (MEYER). Actuellement on opte pour la deuxième hypothèse.

De toute façon, ces seuils constituaient une barre que la mer franchissait périodiquement pour alimenter la lagune en eaux nouvelles.

Pour certains auteurs (GORGEY, 1912), la théorie des barres explique la formation du gisement potassique qui se serait déposé dans la lagune régulièrement inondée par les eaux marines, alors que d'autres auteurs (LOTZE, 1938, et WAGNER, 1938) pensent au contraire que la lagune était alimentée par les eaux de ruissellement et n'était plus en communication avec la mer.

Nous allons donner un bref exposé de ces deux opinions.

1) *Théorie de la barre : lagune en communication avec la mer.*

GORGEY, auquel nous devons le premier essai d'explication physico-chimique du gisement, pense que celui-ci s'est formé dans un bassin qui s'enfonçait lentement et qui contenait une saumure riche en chlorure de Mg, de Ca, de Na et de K.

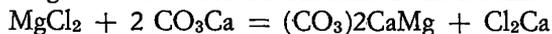
Ce bassin était périodiquement envahi par la mer qui y amenait des eaux chargées de chlorures alcalins et de  $\text{SO}_4\text{Mg}$ . Les réactions chimiques produites entre les deux saumures amenaient la formation de dolomie, d'anhydrite et de sylvine, *sans qu'il y ait évaporation*.

Pour cet auteur, la sylvine se serait déposée dans une saumure riche en  $\text{MgCl}_2$ , puisque les roches à teneur élevée en KCl et pauvres en NaCl ne peuvent précipiter que dans des solutions à peu près saturées en  $\text{MgCl}_2$ .

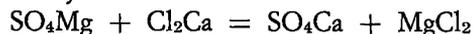
Tantôt la carnallite se serait déposée la première, se transformant ensuite en sylvine par action d'une saumure lui ôtant  $\text{MgCl}_2$ , tantôt ce serait la sylvine qui aurait cristallisé directement.

L'abondance de l'anhydrite et l'absence de  $\text{SO}_4\text{Mg}$  dans les sédiments s'expliqueraient par les deux réactions suivantes :

$\text{MgCl}_2$  agit sur la calcite en donnant de la dolomie et du chlorure de Ca :



$\text{Cl}_2\text{Ca}$  agissant sur le sulfate de magnésie de la saumure donne de l'anhydrite :

2) *Dépôt dans un bassin fermé sans communication avec la mer.*

La lagune serait envahie par des eaux douces et non par des eaux marines. LOTZE (1938) compare le bassin haut-rhinois à la Mer Morte qui est une mer fermée dans laquelle les eaux très chargées en sels dissous s'abaissent au rythme d'environ 1 cm chaque année. Sur le fond et à proximité on a trouvé de la potasse et du sel gemme massif.

Les dépôts marneux seraient dus à des invasions fluviales qui auraient déclenché un nouveau cycle de précipitation identique au précédent et qui se fait après le dépôt des argiles.

Pour LOTZE les invasions d'eaux douces seraient liées chaque fois à une période climatique humide de longue durée (correspondant sans doute aux dépôts de lignites de l'Oligocène de haute Alsace).

BORCHERT (1940) pense que la lagune oligocène était remplie d'eau de mer de même composition que celle des mers actuelles, et il explique la forte teneur en carbonates des couches intermédiaires par des arrivées de saumures venant de la terre ferme.

ROZSA (1915-1920) avait déjà envisagé l'arrivée d'eaux douces chargées en bicarbonate de Ca dans la lagune en voie d'assèchement. Ces

eaux auraient réagi sur les ions Mg et SO<sub>4</sub> de la saumure lagunaire en donnant de la dolomie, du gypse et de l'anhydrite :



Dès que la concentration est suffisante, il y a précipitation de dolomie et d'anhydrite. Il y a ensuite précipitation de carnallite, puis dissolution de MgCl<sub>2</sub> et dépôt de NaCl et de KCl.

Ces réactions expliquent l'abondance de la dolomie et de l'anhydrite et l'absence de SO<sub>4</sub>Mg dans les couches potassiques.

WAGNER (1938) pense lui aussi que le dépôt de potasse s'est fait dans un bassin fermé. Pour lui la communication qui existait avec la mer du Bassin de Paris, et qui devait se faire à l'époque fossilifère par le seuil de Phalsbourg ou par le seuil de Bourgogne, a dû se fermer à l'époque de la zone supérieure bitumineuse.

Les sels de potasse se seraient déposés dans 3 bassins tectoniques différents, sous un climat sec et chaud, et la dissolution des dépôts de sels mésozoïques aurait favorisé leur formation.

D'autres auteurs proposent une *origine secondaire* des sels de potasse qui proviendraient non pas de l'eau de mer mais d'un remaniement des dépôts permien et triasiques (HARBORT, 1913 ; DECKE, 1917, et FULDA, 1928).

#### ***Dépôt alterné de sylvine, de sel gemme et d'argile.***

En décrivant les couches du gisement potassique, nous avons noté l'alternance régulière des couches de sylvine, de sel gemme et de marnes.

D'après VAN'T HOFF les alternances de sylvine et de sel gemme sont dues à des différences annuelles de températures et les dépôts argileux viennent d'importantes inondations périodiques.

La solubilité de la sylvine dans une solution riche en MgCl<sub>2</sub> et CaCl<sub>2</sub> augmente beaucoup avec la température, alors que celle du sel gemme diminue.

Donc quand la température s'élève c'est NaCl qui précipite, alors que quand elle diminue c'est la sylvine.

Au cours d'une année il y a précipitation de sylvine pendant l'hiver, suivie d'un faible dépôt de sel gemme au printemps ; les pluies d'été amènent de l'argile et la chaleur favorise le dépôt de carbonates, d'anhydrite et de sel gemme ; l'automne avec ses variations permet la formation d'une épaisse roche sylvinique halitique.

Ainsi pour VAN'T HOFF chaque unité sylvine-halite correspondrait à une année, et la couche inférieure de potasse et les dépôts de marnes auraient mis environ 160 ans à se former. La formation salifère avec sa hauteur totale de 38 m aurait mis environ 1 700 ans.

LOTZE pense que la durée de la formation potassique est beaucoup plus longue. Pour lui les dépôts marneux n'ont pas été annuels, mais ils se sont formés pendant une période humide de longue durée.

Ces arrivées d'eaux douces n'auraient pas amené de modifications dans le mécanisme chimique des saumures. Après les phases de trouble et le dépôt d'argile, la précipitation aurait recommencé selon le même mode régulier.

De toute façon, quelle que soit la durée des périodes sèches et des périodes humides, la différence des températures a provoqué l'alternance des dépôts de sylvine et de sel gemme et les eaux amenées dans la lagune ont entraîné un dépôt d'argile.

Après ce dépôt d'argile, le cycle des précipitations reprend normalement.

D'après les études de QUIÉVREUX lors de sa découverte d'insectes, la température moyenne à l'époque était supérieure de 8 à 9° à la température actuelle, ce qui donnait une moyenne de 18 ou 19°. Cela pouvait être vrai à l'époque précise où se sont déposées les marnes contenant cette faune, mais cela n'a pas empêché le climat de varier au cours du dépôt des couches de potasse et de devenir en particulier plus chaud et plus humide.

STURMFELDS (1943), dans son étude du gisement potassique de Buggingen, propose lui aussi une origine marine pour la potasse, mais il ne pense pas qu'il y ait d'arrivées d'eaux marines pendant la formation du gisement.

Pour lui, l'étude chimique des couches déposées dans le gisement montre que les éléments de la saumure se retrouvent, bien qu'il y ait migration de ces substances minérales. La texture a été influencée par métamorphose. Pendant la durée du dépôt des sels de potasse, il n'y a pas eu dans le bassin d'afflux d'eaux marines, ni de saumures de remaniement, mais seulement des arrivées d'eaux saumâtres chargées de bicarbonate de Ca qui ont permis la formation de dolomie et d'anhydrite aux dépens du  $\text{SO}_4\text{Mg}$ .

L'alternance de sel gemme et de sylvine proviendrait des variations de températures des saumures.

### ***Essai d'explication de la formation du gisement.***

Après avoir rappelé les grandes lignes des événements tectoniques qui ont affecté la région, après avoir examiné les différentes hypothèses proposées pour la formation des couches de sels et grâce aux renseignements recueillis auprès de M. MILOKHOFF, nous essayerons de comprendre l'histoire du Bassin potassique.

Après les dépôts marins jurassiques soumis à l'érosion crétacée, de larges ondulations ont dessiné dans le sous-sol du Bassin potassique quatre synclinaux traversant obliquement la plaine du Rhin actuelle et qui sont, du S au N, les synclinaux d'Ensisheim, de Sélestat, de Mommenheim, de Péchelbronn.

C'est une première ébauche de l'aspect du sous-sol du fossé rhénan.

Au *Lutétien*, des dépôts résultant de l'altération des calcaires jurassiques remplissent les anfractuosités du sol qui va être de nouveau ébranlé et fracturé (phase pyrénéenne de plissements).

Avec l'*Oligocène*, de grands changements surviennent. La mer envahit la région et le fossé rhénan s'affaisse à mesure que les sédiments s'y accumulent (bassin de subsidence).

La structure que possédait le sous-sol à la fin de l'Eocène a réglé les événements tectoniques qui ont suivi. En effet, les synclinaux ont été des zones de moindre résistance et sont devenus des bassins de subsidence dont le fond était d'autant plus instable qu'il était déjà compartimenté par des failles.

Ainsi se sont formés quatre bassins dans lesquels vont s'accumuler des marnes puis des dépôts salifères : les bassins d'Ensisheim et de Sélestat séparés par l'anticlinal de Colmar, puis au-delà de l'anticlinal d'Obernai la région de Strasbourg et celle de Péchelbronn (cuvettes de Mommenheim et de Péchelbronn).

Ces régions étaient occupées par des lagunes en relation plus ou moins directe avec la mer et des dépôts importants d'origine marine s'y sont accumulés, parmi lesquels la potasse, le sel gemme et le pétrole.

Après ce régime lagunaire, le régime marin reprend au Stampien où la mer du Nord envahit la vallée du Rhin actuelle et rejoint la mer qui borde les premiers chaînons des Alpes suisses. Les lagunes alsaciennes et badoises sont transformées en un chenal marin formant toujours fosse de subsidence.

La mer du Stampien supérieur se dessale graduellement et, après quelques récurrences marines, se transforme en un lac d'eau douce qui devait couvrir tout le chenal de Mayence-Bâle.

Une longue période d'émersion et d'érosion s'établit ensuite et la plaine se recouvre d'alluvions pliocènes et surtout quaternaires.

### ***Bassin potassique.***

Le gisement potassique de Mulhouse a donc été déposé par une lagune dont le fond instable s'enfonçait à mesure que les sédiments s'y accumulaient. Cette lagune est restée en communication avec la mer.

Ce régime lagunaire s'est établi en Alsace dès le début du Sannoisien et il a été entrecoupé d'apparitions marines, saumâtres et lacustres. La dernière incursion marine importante qui a laissé des traces nettes par ses fossiles est celle de la zone fossilifère qui a précédé la zone bitumineuse supérieure.

La communication avec la mer installée sur le Bassin de Paris devait se faire par l'intermédiaire d'une barre située au Sud du Bassin potassique. Cette barre était franchie par la mer régulièrement, ou sporadiquement, au niveau de Belfort.

Le Bassin potassique est une fosse de subsidence limitée au Sud par le seuil de Mulhouse et au Nord par le seuil de Colmar.

Les incursions marines étaient plus ou moins importantes et leur influence s'est manifestée irrégulièrement dans les différentes zones du fossé rhénan, selon que la mer a pu franchir ou non les seuils du fossé. Ainsi, tandis que se déposaient les couches à Hydrobies du Sannoisien de Mulhouse, plus au Nord, près de Strasbourg on avait des couches à Cyrènes dénotant une influence lacustre.

L'influence marine étant plus importante dans le Bassin de Mulhouse, on a supposé que la mer venait du Sud.

Selon que les lagunes étaient ou non alimentées en eaux marines, les dépôts qui s'y formaient étaient différents. Il a fallu des conditions très spéciales pour que les sels de potasse se déposent au fond de la lagune, ainsi que nous l'avons vu en exposant les diverses théories essayant d'expliquer ce phénomène et comme le montrent d'autre part les courbes de saturation. Il a fallu, non seulement des eaux alimentées en sels marins mais encore des conditions spéciales de concentration des saumures liées à des questions chimiques (présence de certains sels dans la saumure) et physiques (températures et concentration).

Ainsi nous avons parlé de l'importance du  $MgCl_2$  dans les saumures puisque la proportion entre sel gemme et sylvine varie avec la teneur en  $MgCl_2$  et que la saturation en  $KCl$  n'est atteinte que pour une teneur élevée en  $MgCl_2$ .

La température a une grande importance puisque le sel gemme cristallise lors de la concentration à haute température, alors que la sylvine se dépose quand la température baisse.

La concentration de la saumure, liée à l'évaporation et à l'arrivée d'eaux nouvelles, influence aussi beaucoup les dépôts de sels qui se font dans un ordre déterminé, les sulfates précédant toujours les chlorures et les sels de  $K$  et de  $Mg$  venant après les sels de  $Ca$  et de  $Na$ , à mesure que la concentration augmente.

Il a donc fallu des conditions très particulières pour que les sels de potasse se déposent, ce qui explique leur moindre importance dans

l'énorme accumulation des dépôts sannoisiens, et aussi leur localisation en un point déterminé du fossé rhénan, là où les conditions physico-chimiques se sont réalisées, tandis qu'ailleurs des conditions différentes amenaient la formation du sel gemme (par exemple au Nord de Colmar et jusqu'à Strasbourg).

Nous avons vu l'importance de l'*arrivée des eaux bicarbonatées* pour la formation de la dolomie et de l'anhydrite. Celles-ci ont pu être facilement amenées dans la lagune par des eaux de pluie ou par des rivières descendant des Vosges ou de la Forêt-Noire qui étaient alors recouvertes par les sédiments calcaires du Trias.

Les alternances de sel gemme et de sylvine sont certainement liées à des *cycles de température*.

Les *influences marines et lacustres* ont dû intervenir à tour de rôle pendant le dépôt de la couche potassique, comme cela se passe dans les lagunes actuelles.

La lagune oligocène n'a donc pas été soumise seulement aux influences marines ou simplement inondée par des venues d'eau douce, comme le voulaient certains auteurs.

M. MILOKHOFF, en étudiant en détail les lagunes de la côte gabonaise, a fait des remarques très intéressantes sur le dépôt des sels, sur les influences marines et lacustres auxquelles est soumise la lagune et sur les mélanges de faunes marines et terrestres que l'on trouve dans la lagune ou à son voisinage. Ces lagunes sont alimentées périodiquement en eaux nouvelles par le jeu d'une barre et régulièrement l'eau de la lagune est diluée par des venues d'eaux douces amenées par les fleuves.

Les venues d'eaux douces correspondent à la longue période de pluies à laquelle succède une chaleur torride occasionnant l'évaporation de la lagune. Des venues d'eaux marines plus ou moins importantes compenseront en partie cette évaporation.

Selon les périodes sèches (influences marines dominantes) ou humides (influences saumâtres), les dépôts salifères seront différents puisque les conditions physico-chimiques auront changé.

L'alternance des sels n'est pas régulière, car les conditions atmosphériques peuvent varier d'une année à l'autre ou au contraire à des intervalles plus espacés.

Tout a dû se passer de façon analogue dans le Sud du fossé rhénan qui était occupé par une lagune en relation plus ou moins sporadique avec la mer et qui recevait régulièrement des venues d'eaux terrestres.

A chaque période d'invasion d'eaux (ou marines ou lacustres), l'eau de la lagune était troublée et des argiles ou des marnes s'y déposaient, précédant les dépôts salins qui variaient selon la température et la concentration de l'eau.

Si une longue période sèche s'établit ou si, par suite de mouvements du sol, la lagune n'est plus en communication avec la mer, elle peut se transformer en un chott dans lequel la concentration des sels augmente, déclenchant un dépôt important de ces sels.

Les conditions physico-chimiques de la lagune ont pu varier beaucoup au cours de cette longue période oligocène, et il est probable que de longues périodes chaudes permettaient la forte concentration des eaux marines en sels sodiques et potassiques.

Si certains auteurs (WAGNER, STURMFELS) prétendent que pendant la durée du dépôt des sels potassiques les influences marines ont cessé (couches de plus en plus riches en K à mesure qu'on s'élève dans la couche, donc pas d'apport de NaCl), M. MILOKHOFF, en revanche, pense que ces influences marines ont toujours existé et il donne comme preuve la présence d'iode et de brome dans toutes les couches de potasse.

Les lagunes pouvaient être plus ou moins dispersées dans le fossé rhénan et par suite plus ou moins atteintes par les venues d'eaux de mer, ce qui permettrait d'expliquer les différences de faciès observées dans les différentes régions du fossé. On peut très bien imaginer par exemple que la mer venant du Sud n'a pas pu atteindre la cuvette de Sélestat séparée du bassin de Mulhouse par le seuil de Colmar, tandis que la potasse trouvait à Mulhouse des conditions favorables à sa formation, elle ne les trouvait plus ailleurs, et le sel gemme se déposait à sa place.

Pour conclure, nous dirons que les sels potassiques se sont déposés, comme tous les sels de la longue période salifère sannoisienne, dans une lagune soumise à des influences marines et saumâtres plus ou moins importantes, lagune ayant pu, avec le temps, se transformer localement en un chott.

Le rythme des dépôts était comparable à ce qui se passe actuellement dans une lagune alimentée en eaux marines par le jeu d'une barre et recevant pendant les périodes humides des afflux d'eaux douces.

#### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BARBIER (R.) (1938). — Etude micropaléontologique des terrains stampiens du District d'Ohlungen (Bassin de Péchelbronn) (*Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, t. 5, p. 7-25).
- DUBOIS (G.) (1955) et Mme. — La géologie de l'Alsace (*Mém. Carte Alsace-Lorraine*, n° 13).

- GILLET (S.) (1933) et SCHNEEGANS (D.). — Stratigraphie des terrains jurassiques dans la région de Ferrette (Jura alsacien) (*Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, t. 2, fasc. 1, p. 35-49 et pl. IV).
- (1935) et SCHNEEGANS (D.). — Etude de la région fracturée située entre Lauw et Sentheim (Haut-Rhin) (*Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, t. 2, fasc. 3, p. 163-193 et pl. XVI).
- (1937). — Synchronisme des dépôts jurassiques en Alsace et dans les régions voisines (*Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, t. 4, p. 99-101).
- (1937). — Les Ammonites du Bajocien d'Alsace et de Lorraine (*Mém. Carte Alsace Lorraine*, n° 5).
- (1940). — Sur la faune sannoisienne de Pêchebronn (*C.R. Ac. Sc.*, n° 15, p. 539).
- (1944). — La faune oligocène de Pêchebronn (*Bull. S.G.F.*, 5<sup>e</sup> série, t. XIV, p. 233-246, fig. 1 et 2).
- (1949). — Les Invertébrés de l'Oligocène de basse Alsace (*Bull. S.G.F.*, t. XIX, p. 51-74).
- (1953). — Les marnes à Cyrènes de l'Oligocène d'Alsace (*Revue de l'Institut français du Pétrole*, vol. 8, p. 395-422, 5 pl.).
- (1954). — Flore de l'Oligocène d'Alsace (*Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, t. 7, p. 69-80).  
(*Travaux M.D.P.A.*)
- MAIKOVSKY (V.) (1941). — Contribution à l'étude paléontologique et stratigraphique du Bassin potassique d'Alsace (*Mém. Carte Alsace-Lorraine*, n° 6). On trouvera dans cet ouvrage toute la bibliographie concernant le Bassin minier.
- (1952). — Le pétrole dans le Haut-Rhin, le sondage de Staffelfelden, DP XXV (*Travaux M.D.P.A.*).
- MEYER (L.) (1928). — Etude stratigraphique du terrain oligocène de la Haute-Alsace et du Territoire de Belfort (*Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, t. 1, fasc. 3).
- MILOKHOFF (1952). — Contribution à la connaissance géologique des grands choirs du Sud Tunisien (*Travaux M.D.P.A.*, 150 p., 30 pl. photo, 23 cartes et coupes de sondages).
- SCHIRARDIN (J.) (1953). — Les surfaces prétertiaires dans la vallée du Rhin en Alsace (*C.R. Ac. Sc.*, t. 236, p. 1806).
- (1954). — Notes sur le Callovien de l'Alsace. Les formations littorales et côtières du Sannoisien de la moyenne Alsace (*Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, t. 7, p. 13-33 et p. 35-67).
- (1955). — Contribution à la stratigraphie et à la paléontologie de l'Oxfordien moyen et sup. de la basse Alsace (*Bull. Carte géol. Alsace-Lorraine*, t. 8, fasc. 1, p. 21-60).
- SCHNAEBELE (R.) (1948). — Monographie géologique du champ pétrolifère de Pêchebronn (*Mém. Carte Alsace-Lorraine*, n° 7).
- STURMFELS (E.) (1943). — Das Kalisalzlager von Bugginge (Sudbaden). *Neue Jahrbuch für Mineralogie...*, A, Bd. 78 ; p. 131-216.
- THEOBALD (N.) (1948). — Carte de la base des formations alluviales dans le Sud du Fossé rhénan (*Mém. Carte Alsace Lorraine*, n° 9).
- WAGNER (W.) (1929). — La géologie des puits des mines de potasse de haute Alsace (*Mém. Carte Alsace-Lorraine*).