

LES DÉPRESSIONS FERMÉES DE LA RÉGION PARISIENNE

Le problème de leur origine

par A. PISSART,

Assistant à l'Université de Liège

ABSTRACT

More than 4 500 enclosed depressions may be observed South of Paris.

Studies have shown that they only exist in those places where « meulière » (millstone or coarse-grained - limestone of Brie and Beauce) is outcropping. On the contrary they are missing in those places where the millstone-clay is lacking either because it has been removed by erosion or because limestone has been turned into « meulière » on the Surface.

In the fields these depressions have been modified by farming processes : Those which are entirely cultivated have been smoothed down and most of the time they assume a circular shape ; while the others still keep a very clear break of slope.

The author has taken a great number of measures of their shape, size, and slope. He has also recorded the number of flooded depressions as well as of the number of the rocks inside. All these informations are shown on figure 3. However this has not been sufficient to know with certainty the exact origin of these depressions. It is likely that except for some rests of quarrying and sink holes, most of them have a periglacial origin as A. Cailleux has already stated in 1956. However they are not rests of pingos, but rather cryokarstic hollows because of the lack of annular mounds.

Two other very differently looking groups of hollows, only locally observed, are also described : first small holes (average length 6 m) ; secondly depressions founded near Clairefontaine, in the Lands of Fontainebleau, which have at least two origins : the wind and a caving-in caused by the dissolution of chalk lying twenty meters below.

INTRODUCTION.

Des traces de pingos quaternaires, cuvettes, entourées d'un bourrelet circulaire, ont été décrites en 1955 aux Pays-Bas (1) et en 1956 Belgique (2). Peu après, A. CAILLEUX (3) expliquait par le même phénomène des dépressions fermées énigmatiques de Brie, de Beauce, de Lorraine et du Jura, et M. BOYÉ (4) invoquait le même processus pour expliquer les « lagunes » des Landes.

Afin de préciser l'origine des formes signalées dans le Bassin Parisien, nous avons entrepris leur étude systématique grâce à une bourse de voyage de la Fondation Universitaire de Belgique. Ce travail nous avait été conseillé par A. CAILLEUX qui nous a par la suite constamment aidé à le mener à bien. Nous le prions de trouver ici l'expression de nos vifs remerciements. Nous exprimons aussi toute notre gratitude à P. MACAR, de l'Université de Liège, sans qui ce travail n'aurait pas été possible et qui nous a fait bénéficier de ses précieux conseils.

L'étude des nombreuses dépressions de la région parisienne nous a permis de les grouper en trois catégories de caractères différents, que nous décrivons dans l'ordre suivant :

1. Les dépressions de la Brie et du Hurepoix (diamètre moyen 34 m).
2. Les dépressions observées près de Sucy-en-Brie (diamètre moyen 6 m).
3. Les dépressions localisées près de Clairefontaine dans la zone de déblayage des sables de Fontainebleau.

1. - LES DÉPRESSIONS DE LA BRIE ET DU HUREPOIX.

L'examen des photos aériennes et de nombreuses excursions sur le terrain, nous ont montré que la majorité des dépressions sont indiquées sur les cartes au 1/20 000^e de l'I.G.N. — Des omissions existent, mais elles ne sont nombreuses qu'aux endroits où les formes sont très proches les unes des autres. Malgré cela, nous avons dénombré 4 500 mares dans la région parisienne et nous avons dressé ainsi la carte de leur répartition (fig. 1). Ce document n'est certes pas parfait, mais il rend compte des caractères principaux de la localisation des dépressions.

Seule une carte des densités à petite échelle pouvait donner une vue d'ensemble de la répartition des mares. Le choix de l'unité de surface qui devait servir au calcul des densités, était délicat. Nous avons adopté le 1/100^e d'une planche au 1/50 000^e, soit un rectangle représentant 2 000 × 2 700 mètres. Le nombre absolu a été inscrit dans chaque rectangle, en chiffres romains si le dénombrement a été

effectué au 1/50 000^e, en chiffres arabes s'il a été obtenu en consultant le 1/20 000^e.

Pour conserver une vue d'ensemble, nous avons adopté une seule échelle de teinte et afin de tenir compte du plus grand nombre d'omissions, sur le 1/50 000^e, nous avons établi après plusieurs essais, une correction dans ce sens. Ainsi le même signe a été inscrit dans un rectangle, lorsque 6 à 10 mares ont été comptées sur le 1/20.000^e, ou lorsque 4 à 8 mares ont été comptées sur le 1/50 000^e.

Les cavités dont l'origine humaine est certaine (carrières) n'ont pas été recensées. Par contre, pour éviter d'utiliser des critères arbitraires et fallacieux, toutes les formes douteuses ont été comptées, même si elles se trouvent à proximité immédiate d'une ferme. Hâtons-nous de dire toutefois que ces cas sont rares.

Les constructions humaines cachent un certain nombre de dépressions. Par ailleurs, pour faciliter l'exploitation, les agriculteurs comblent ces cuvettes quand ils le peuvent. Ainsi, nous avons recherché en vain sur le terrain, des dépressions visibles sur les photos aériennes qui avaient été comblées par le cultivateur. En raison de ce facteur et des causes d'erreurs inhérentes aux documents utilisés, cette carte ne représente qu'imparfaitement la répartition originelle des cavités ; son interprétation doit donc être faite avec prudence et uniquement dans un cadre très général.

La densité moyenne des dépressions est de 1 mare au km² pour toute la zone considérée. Ce chiffre ne veut cependant rien dire, car nous trouvons de grandes différences d'une région à l'autre. Ainsi sur les cartes au 1/20 000^e, nous avons compté pour :

Brie-Comte-Robert 1-2 (135 km²) :
6 dépressions/km² ;

Rambouillet 7-8 (135 km²) :
3 dépressions/km² ;

Versailles 5-6 (135 km²) :
1 dépression pour 5 km².

Par ailleurs, si l'on considère une superficie plus petite, la densité peut être beaucoup plus forte. Ainsi, sur la planche de Brie-Comte-Robert 1-2, la densité est de :

10 dépressions au km² en choisissant un ensemble de 65 km² ;

15 dépressions au km² en choisissant un ensemble de 10 km² ;

20 dépressions au km² en choisissant un ensemble de 5 km².

A première vue, la carte semble montrer une alternance de zones de densités différentes, souvent orientées du NW au SE. Cette disposition résulte de l'orientation générale des vallées et ne peut être retenue comme un caractère de la répartition des mares.

Examinons maintenant cette carte plus en détail. Sur la surface de Beauce, les mares sont limitées au Hurepoix ; elles se font rares au S du parallèle de Dourdan où la meulière fait place au calcaire de Beauce intact. Vers le nord, les formes disparaissent sur la planche de Versailles où la surface meulière n'a pas été conservée, car l'érosion a été plus intense en raison de la proximité de la Seine. En Brie, le nombre de plus en plus restreint de mares vers le N correspond également à la disparition de la surface meulière de plus en plus disséquée dans cette direction. Quant à la limite S, elle coïncide avec l'extrémité de la Brie et les formes sont nombreuses jusqu'au sommet de la cuesta dominant la Champagne, comme jusqu'au pied de la côte de Beauce. Donc, les mares sont localisées uniquement sur les surfaces meulières de

FIG. 1. — (ci-contre).

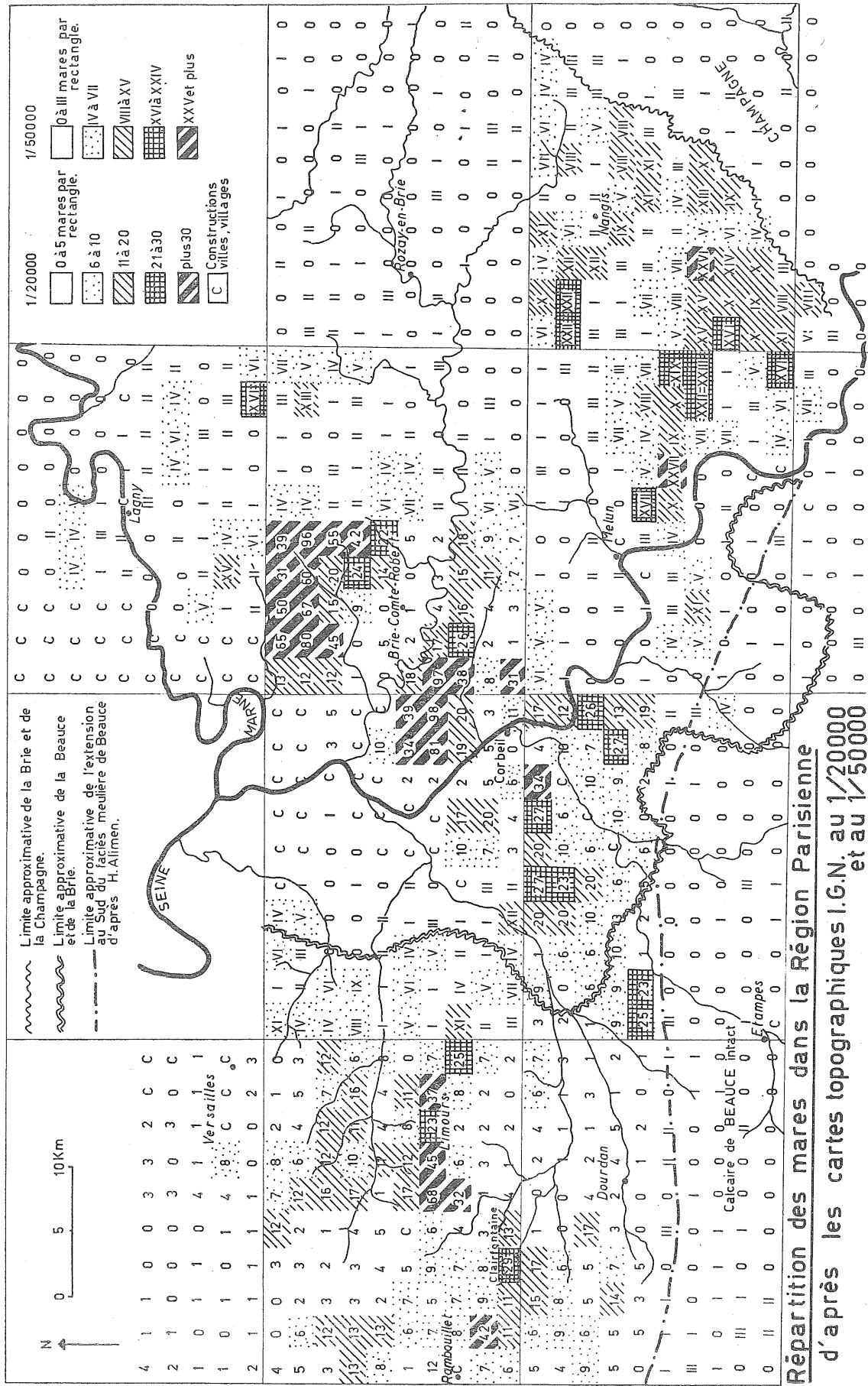
Carte de la répartition des dépressions fermées de la région parisienne, d'après les cartes topographiques I.G.N.

Le nombre absolu de dépressions recensées dans chaque rectangle de 2 000 × 2 700 m, a été inscrit en chiffres romains si le dénombrement a été effectué sur la carte au 1/50 000^e et en chiffres arabes si le 1/20 000^e a été utilisé. Les fronts de cuesta des plateaux de Beauce et de Brie ont été indiqués approximativement, ainsi que la limite S d'extension du faciès meulière de Beauce. Cette dernière limite a été tracée d'après le travail de H. ALIMEM. — *Etude sur le Stampien du Bassin de Paris* (Mem. Soc. Géol. France, n° 31, 1936. Fig. 36, p. 225).

La répartition des dépressions est clairement en rapport avec les surfaces meulières, que ce soit de Beauce ou de Brie. La diminution de densité vers le N sur les feuilles de Versailles, Rosay-en-Brie et Lagny, coïncide avec la dissection de plus en plus poussée des surfaces meulières dans cette direction.

Map of the depressions repartition in Paris area. Extract from I.G.N. maps.

The figures are indicating the absolute number of depressions within each 2 000 × 2 700 meters quadrangle ; the census made from the 1/50 000^e map is platted with roman figures, and the census made from the 1/20 000^e map is platted with arabian ones. The Brie and Beauce « cuesta »-lines are shown as well as the Southern limit of the Beauce « meulière ». This limit has been drawn from H. Alimen's map, « Etude sur le Stampien du Bassin de Paris ». There is an obvious relationship between the distribution of the hollows, and the surface of the Brie and Beauce « meulière ». The decreasing density of hollows towards the north, as shown on Versailles, Rosay-en-Brie and Lagny topographical sheets, coincides with the increasingly deeper dissection of the meulière - surface in this direction.



Beauce et de Brie. Elles disparaissent là où la meulière est absente : lorsque ces surfaces sont entamées par l'érosion ou lorsque le calcaire est bien conservé.

Description des dépressions.

Deux régions de la Brie et deux régions de la Beauce où les dépressions sont particulièrement nombreuses ont été spécialement étudiées. Il s'agit, sur le plateau de Beauce, de la région de Limours et de Rambouillet et, sur le plateau de Brie, du Bois Notre-Dame et de la Forêt de Senart.

Le tableau ci-après, permet la comparaison des caractères principaux des mares dans ces deux régions. Les chiffres obtenus sont étonnamment semblables et prouvent qu'il s'agit bien du même phénomène.

Cet examen d'ensemble des mares de la région parisienne prouve à première vue qu'il s'agit bien, sur les deux plateaux, d'un même phénomène. Nous allons voir, toutefois, qu'il existe d'une région à l'autre des différences considérables dans l'aspect des dépressions. Et tout d'abord, signalons l'influence des cultures. Comme le montre le tableau II ci-après, les dépressions circulaires sont beaucoup plus nombreuses dans les champs que dans les bois et cela parce que l'homme modifie l'aspect originel des mares par ses façons de culture.

Cependant cette modification est différente suivant que le fond de la dépression est cultivé ou non. Dans le premier cas, les pentes des versants sont toujours faibles (10° au maximum) et les labours ont estompé les

TABLEAU I

	Dimensions			Forme en %			
	Nbre de mares mesurées	Longueur moyenne	Profondeur moyenne	Circulaire	Allongée	Irrégulière	Accolée
BRIE Bois N.-Dame Forêt de Senart	70	33,40 m	1,89 m	31	51	10	8
BEAUCE Limours Rambouillet	95	34,30 m	1,88 m	48	36	10	6

TABLEAU II

Localisation		Circulaires	Allongées	Irrégulières	Accolées	Nombre de mares mesurées
FORET DE SENART	Dans Bois	13 %	57 %	10 %	20 %	30
BRIE COMTE ROBERT	Dans Bois	20 %	54 %	27 %	—	15
RAMBOUILLET	Dans bous	27 %	30 %	30 %	13 %	23
LIMOURS	Dans champs	55 %	38 %	3 %	4 %	72
BRIE COMTE ROBERT	Dans Champs	58 %	31 %	11 %	—	26

La similitude est surtout grande en ce qui concerne les dimensions mais elle se marque en ce qui concerne la forme en plan de ces dépressions.

Les formes accolées sont celles où l'on retrouve sans conteste deux dépressions simples juxtaposées. Le tracé des mares irrégulières montre une convexité vers l'intérieur. Quant aux dépressions allongées, elles n'ont été classées dans cette catégorie que si leur allongement dépassait 1/10° du diamètre. Comme en général, l'allongement des mares est peu marqué, il nous semble logique de grouper les formes circulaires et allongées en une classe unique de mares simples qui pour le tableau I représenterait 82 % des mares en Brie et 84 % en Beauce.

creux. Il en résulte des dépressions aux contours incertains et en fond de bol (fig. 2a).

Par contre, les dépressions dont le fond n'est pas cultivé, mais qui sont entourées directement par des cultures ont des bords abrupts (souvent supérieur à 45°) et souvent un fond plat. Cet abrupt a une forme en plan généralement polygonale, car son origine est identique à celle des rideaux décrits par L. AUFRERE (15) (fig. 2b).

Le plus grand nombre de dépressions appartient à la première catégorie : elles sont cultivées et de ce fait estompées. En raison de l'imprécision de leurs contours un faible allongement n'est plus visible et elles apparaissent généralement comme circulaires.

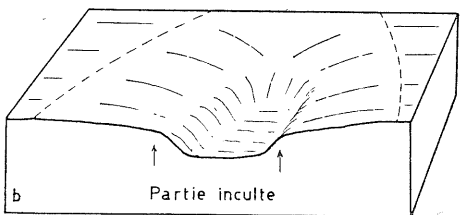
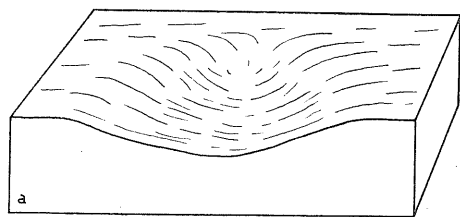


Fig. 2a. — Dépression entièrement cultivée et estompée par les labours.

Fig. 2b. — Dépression partiellement cultivée, — — — limite de la dépression.

2a. Depression entirely tilled and softened by the tillage.
2b. Depression partly tilled. The kollow's bottom is incultivated. In broken line, the depression's limits.

Voilà l'origine du grand nombre de mares circulaires réparties dans les champs (tableau 2).

Examinons maintenant avec plus de détails, le résultat de nos mesures dans la région parisienne. Le tableau ci-joint (tableau 3), qui résume nos principales observations, montre des variations importantes d'une région à l'autre. Signalons cependant que le petit nombre de mesures effectuées dans chaque secteur est en partie responsable de ces différences.

Forme : Le pourcentage de mares circulaires varie entre 13 à 55 % ; le premier chiffre pour la Forêt de Sénart, le second pour Limours où toutes les mesures ont été faites dans les champs. Cette différence est en partie explicable par les façons de culture.

Le nombre de mares allongées est aussi variable : entre 30 et 57 %. Ces mares ont une forme soit ovale, soit ovoïde.

Les mares irrégulières constituent entre 3 et 30 % du nombre de mares.

Elles ont souvent une forme en haricot, mais certaines sont beaucoup plus irrégulières. Quant aux mares accolées, elles varient d'après nos observations de 0 à 20 %. il s'agit nettement de formes indépendantes, juxtaposées.

Longueur : La dimension moyenne est assez constante, mais en réalité, dans chaque zone étudiée, les longueurs varient beaucoup.

La longueur minimum étant de 12 m et la longueur maximum de 100 m.

Profondeur : en ce qui concerne leur profondeur, la variation est aussi grande : de 0,50 m à 5 m.

Pentes : Les pentes que nous avons mesurées étaient comprises entre 2 et 45°. Les moyennes calculées se rapprochant de 20°.

Pourcentage de mares inondées : Les chiffres donnés ne sont pas directement comparables puisque les dates d'observation ne sont pas les mêmes. D'après les renseignements que nous avons rassemblés, certaines sont toujours inondées, d'autres toujours sèches et le plus grand nombre temporairement inondées.

Orientation : L'orientation des mares allongées a été également étudiée. Nous avons mesuré à la boussole l'orientation du grand axe des mares et ces mesures ont été reportées sur un graphique. Aucune orientation préférentielle n'a été observée.

Topographie voisine : Toutes les mares étudiées se trouvent sur une surface horizontale ou de pente très faible (3° maximum), sauf à Rambouillet, où nous avons noté trois mares sur des pentes variant entre 5° et 7°.

Roches : Lorsque la végétation n'est pas trop dense, on observe parfois des débris de roches dans ces dépressions. Les débris les plus fréquents sont des morceaux de meulière. Généralement il s'agit de blocs de petite taille (quelques cm). Les plus gros blocs observés ne dépassaient pas 30 cm de grand axe. Suivant l'utilisation du sol, le nombre de mares où ces cailloux ont été observés varie de 43 % (Rambouillet), à 33 % (Limours).

En Brie, les blocs de grès de Fontainebleau ne sont pas rares. Nous en avons observé dans 10 % des dépressions de Brie-Comte-Robert et dans 23 % de celles de la Forêt de Sénart. Les plus gros blocs ont 1 m de grand axe. Certains sont fortement éolisés.

Nous avons observé seulement deux débris de calcaire et ils étaient de petite dimension. Le premier a été trouvé dans une dépression de Rambouillet et le second dans une mare de Limours.

Rempart : Il n'existe jamais de rempart de terre autour des dépressions.

En conclusion, les dépressions localisées sur la meulière de Beauce et de Brie paraissent à première vue très semblables, mais cette similitude s'estompe à l'examen, en raison de la très grande variété d'aspect de ces dépressions ; variété telle que nous n'avons pas pu définir les caractères morphologiques nets qui les caractérisent. Les limites dimen-

TABLEAU III

Localisation	Nombre de mares mesurées	Forme				Dimensions en mètres						Pente des versants en degré			% de mares inondées	% de mares avec blocs de :							
		Circulaire %	Allongée %	Irégulières %	Accolées %	Longueur			Profondeur			Moyenne	Maximum	Minimum		Moyenne	Maximum	Minimum	Meulière	Grès Fontainebleau	Calcaire	Concrétions ferrugi.	Rien
						Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum												
Sucy-en-Brie Brie. Altitude \pm 100 m. Bois et champs Meulière + limon	41	44	46	10		30	50	14	2	4	0,5	17°	45°	2°	33 8-57	34	10				61		
Forêt de Senart Brie, altitude \pm 85 m. Bois. Meulière + Cailloutis P.	30	13	57	10	20	36	85	12	1,75	2,50	1	21°	40°	10°	35 % 8-57	13	23				64		
Limours Hurepoix. Altitude \pm 175m. Champs. Meulière sur sable.	72	55	38	3	4	36,6	100	16	1,63	4	0,75		45°	2°	6 % 8-56		3		1		96		
Rambouillet Hurepoix. Altitude \pm 150 m. Bois. Meulière sur calcaire.	23	27	30	30	13	27	70	15	2,70	5	0,80				22 % 7-56	43		4		4	52		
Sucy-en-Brie Brie. Altitude \pm 100 m. Bois. Meulière.	95	35	47	11	7	6	14	2,5	1,73	2,75	0,6	41°	90°	5°	6 % 8-57	48	6			5	38		

sionnelles nous paraissent constituer les observations les plus intéressantes.

Interprétation : le problème de l'origine de ces dépressions.

Confrontons les faits que nous venons de décrire avec les différentes hypothèses qui peuvent être émises pour expliquer ces formes. Nous considérerons successivement les origines suivantes :

- A. humaine ;
- B. karstique ;
- C. par tassement naturel ;
- D. périglaciaire.

A. Origine humaine :

L'opinion très générale des paysans que nous avons interrogés, est que ces dépressions ont été creusées par l'homme, soit pour extraire la meulière ou le calcaire sous-jacent,

soit pour constituer des abreuvoirs pour le gibier. Les auteurs des monographies communales de 1899 (5) qui abordent ce problème, sont généralement du même avis et ils mentionnent l'existence à cette date d'un certain nombre de carrières de meulière et de marne. D'après LEMOINE (6), de telles extractions étaient toujours multiples, de peu d'importance et de faible profondeur aussi bien en Brie qu'en Beauce.

Malgré que cela s'accorde bien avec certaines de nos observations, nous ne pensons pas que toutes les dépressions ont été creusées par l'homme, car cette hypothèse n'explique pas :

- le nombre considérable de dépressions ;
- leur répartition sans aucun ordre et dans des conditions topographiques défavorables. Alors que les carrières sont généralement sur les versants des vallées ou à

- proximité de celles-ci, ces mares sont sur les plateaux où les pentes sont très faibles ;
- leur localisation quelconque sans aucune liaison avec les lieux habités, les chemins d'accès, etc...
 - l'absence de déblais ;
 - leur forme en plan simple (90 % circulaires, ovoïdes, ovales ou accolées) ;
 - le manque d'accès au fond même des dépressions.

Ces objections sont telles que l'on doit considérer ces formes comme naturelles.

B. Origine karstique.

La description des dépressions que nous avons donnée est en faveur de la seconde hypothèse : effondrements dus à la dissolution d'une roche soluble sous-jacente. En effet, les dolines présentent un contour très peu anguleux ; comme les mares, leurs formes sont généralement circulaires ou ovales et quand elles sont complexes, un examen attentif montre souvent qu'il s'agit de la juxtaposition de formes simples. D'autre part, les dolines inondées ne sont pas rares. Quant à leur localisation topographique, elle n'est inféodée à aucune règle fixe ; elles se répartissent le plus souvent sans ordre ; on les trouve sur les versants, les fonds de vallées, les plateaux...

Vu la ressemblance entre mares et dolines, cette hypothèse karstique mérite donc d'être considérée attentivement, d'autant plus qu'il existe, sous la Beauce et la Brie, plusieurs niveaux perméables et solubles. Nous envisagerons successivement chacune de ces couches en commençant par celles qui sont les plus proches de la surface.

1. Calcaire de Beauce et de Brie. — Nous avons vu que les dépressions qui nous intéressent sont localisées sur les surfaces meuliérisées de Beauce et de Brie. Cependant, la meuliérisation n'a pas toujours affecté toute l'épaisseur du calcaire et il en subsiste très souvent une certaine épaisseur qui, attaquée par la dissolution, a pu créer des dolines. Cette hypothèse, à première vue bien séduisante, ne justifie pas les dépressions si nombreuses du plateau de Limours, où il n'existe plus de tels lambeaux de calcaire. D'autre part, il resterait à expliquer pourquoi les mares deviennent très rares au S du parallèle de Dourdan, où le calcaire est conservé intact.

Remarque : il existe dans la meulière de Beauce des dolines fossiles remplies de sable de Lozère (7), qui sont sans doute antérieures à la meuliérisation. Des formes semblables se retrouvent dans la meulière de Brie. Elles sont

fossilisées par des sables de Fontainebleau en place. Faute de renseignements concernant la répartition de ces formes nous ne savons pas s'il existe un rapport entre elles et les dépressions topographiques actuelles.

2. Calcaire de Champigny. — Le calcaire de Champigny ne présente généralement pas des faciès gypseux dans la zone où nous avons observé des mares. Sa puissance varie de 20 à 40 m et est donc susceptible, si il y a dissolution, de donner naissance à des dépressions importantes. La surface de ce calcaire est située à moins de 20 m sous le sol de Brie, dans la région de Melun, à environ 25 m sous le bois Notre-Dame et à environ 35 m sous la Forêt de Sénart. Signalons toutefois que dans ces trois régions où les mares sont abondantes, les couches perméables de l'argile verte (6 à 12 m), surmontent le calcaire de Champigny.

Dans ces conditions il est invraisemblable que les mares observées aient pour origine la dissolution du calcaire de Champigny. En effet, en plus de l'objection que pose le niveau imperméable de l'argile verte, il faudrait admettre que la dissolution du calcaire de Champigny donne les mêmes dépressions en Bauce qu'en Brie, malgré l'interposition de 60 m de sables de Fontainebleau. Enfin des mares existent près de Rambouillet alors que le calcaire de Champigny y est absent en profondeur !

La superposition de la carte de la surface topographique du calcaire de Champigny (8*) et de celle de la répartition des mares, ne montre aucune liaison ; des mares existent aussi bien sur les anticlinaux que sur les synclinaux, et nous n'avons observé aucune densité particulière à proximité des endroits où le calcaire de Champigny est recoupé par des vallées, ce qui, pourtant, doit favoriser la circulation de l'eau.

3. La craie. — Troisième assise susceptible de dissolution, mais qui se trouve à plus de 100 m sous le Bois Notre-Dame, à 150 m sous la Forêt de Sénart et à près de 120 m sous la Plaine de Limours.

Les objections que nous avons formulées au chapitre précédent restent valables et elles ont encore plus de poids, puisque l'épaisseur des terrains interposés est accrue. D'autre part, ici encore, il n'existe aucune corrélation entre la carte de la surface topographique de

(*) Cartes inédites de R. SOYER, montrant la surface topographique de la Craie et du Calcaire de Champigny. Nous remercions très vivement leur auteur qui nous les a aimablement communiquées.

la craie (8) et la carte de la répartition des mares.

Cependant, des effondrements qui ont pour origine la dissolution de la craie, ont été signalés dans la région de Dourdan (9). Voici les faits : le 26-9-1886, une cavité d'une profondeur de 1 m 50 environ sur 5 m 60 de diamètre est apparue dans un ravin qui s'étend de Marchais à Joinville en pleine masse des sables de Fontainebleau (craie 50 m plus bas). le 18-2-1919, se produisit sur le plateau de Montfrix un autre effondrement circulaire de 7 m 20 de diamètre et 7 m de profondeur. Ici encore, la dépression est apparue dans les sables stampiens en entraînant le calcaire de Beauce et la terre végétale (craie environ 70 m en contrebas).

Enfin, dans la même région, près de Clairfontaine, nous décrirons plus loin une dépression qui est incontestablement due à un effondrement (voir p. 82). En cet endroit la craie n'est pas à plus de 30 m en contrebas.

Ces trois formes sont localisées sur l'axe crétacé E.W. passant entre Limours et Dourdan, soit dans une région où la craie, située à faible profondeur, affleure sur les versants des vallées. D'autre part, sur cet axe crétacé, les assises sableuses et argileuses interposées entre les sables de Fontainebleau et la craie se réduisent à peu de chose et ne constituent pas un niveau imperméable continu.

En conclusion, les dépressions d'origine karstique certaine sont très rares dans la région étudiée. Là où elles existent sûrement, c'est-à-dire sur l'axe crétacé, les conditions sont exceptionnellement favorables. Mais même dans cette région, les formes de cette origine sont de toute façon rares, puisque la densité générale des mares n'y est pas particulièrement forte. Seuls, des sondages pourraient montrer avec certitude quelles sont les dépressions dues à des effondrements.

C. Tassement naturel.

Au service spéléologique du B.R.G.G. nous avons appris l'existence de cavités dans la masse des sables stampiens ou plus exactement sous des dalles de grès de Fontainebleau.

L'origine de ces cavités pose un problème que nous devons considérer ici. La cimentation des sables en grès de Fontainebleau a été irrégulière à : l'intérieur du grès lui-même des poches de sable ont subsisté. Les petites grottes que nous retrouvons sont des poches semblables qui ont été déblayées.

Le processus de déblayement n'apparaît pas clairement, mais les grottes que nous avons vues n'ont pas pour origine un effondrement car sous la cavité existaient chaque fois des

bancs épais de grès indiscutablement en place. Comme ces formes s'ouvrent très généralement sur un versant ou à proximité d'une vallée (300 m au maximum), elles ont probablement pour origine le transport des sables vers les versants par l'eau accumulée à la surface des bancs gréseux imperméables. Des processus semblables d'entraînement de la matière ont été invoqués en 1953 par R. BARBIER (9) et F. WIEDENBACH (10).

Ces phénomènes d'entraînement mécanique des sables, ne paraissent pas en rapport avec les dépressions ; en effet, ces dernières ne sont pas plus nombreuses à proximité des vallées qu'ailleurs. Enfin, cette hypothèse ne peut expliquer les mares de Brie qui présentent cependant les mêmes caractères que celles de Hurepoix.

D. Dépressions d'origine périglaciaire.

Seul A. CAILLEUX a considéré le problème que pose les dépressions de la région parisienne. Il a formulé l'hypothèse qu'il s'agissait de cicatrices de pingos datant de la dernière glaciation.

Cette explication rend compte de la forme en plan simple des dépressions observées ainsi que leur localisation uniquement sur l'argile à meulière imperméable et dans des régions de faible pente. En effet, STAGER* a montré que les pingos apparaissent seulement dans des régions de drainage difficile et qu'ils laissent le plus souvent des traces circulaires ou ovales.

Cependant la levée de terre périphérique, caractère essentiel des pingos, manque absolument. Aussi nous pensons plutôt que les cuvettes étudiées sont des formes de cryokarst dues à la fusion de lentilles de glace apparues à plus grande profondeur.

Si les conditions d'apparition de ces deux phénomènes sont assez semblables, leur évolution diffère cependant considérablement. En effet, un pingo disparaît généralement lorsque par suite de son accroissement, la lentille de glace brise la couverture de terre et s'expose directement à l'air. Par contre, la glace responsable du cryokarst n'arrive pas jusqu'à la surface du sol, elle est de ce fait beaucoup plus stable et elle fond au moment de la disparition du pergélisol suite à un change-

(*) L'étude de 1 380 pingos (STAGER, 1956) a donné les résultats suivants : 71 % sont circulaires, 20 % sont ovales et 9 % irréguliers. Rappelons le résultat de nos mesures dans la région parisienne :

Beauce : 48 % circulaires ; 36 % ovales ; 10 % irrégulières ; 6 % accolées.

Brie : 31 % circulaires ; 57 % ovales ; 10 % irrégulières ; 2 % accolées.

ment climatique ou à une modification dans la couverture végétale. L'apparition de ces formes de cryokarst a été décrite à plusieurs reprises (12), mais il est encore trop tôt pour savoir si des caractères extérieurs permettraient de distinguer ces dépressions de cuvettes ayant une autre origine. Il semble toutefois que les formes nées par ce processus sont très variables comme le sont les modes de gisement de la glace du sol.

Souignons pour terminer que, dès 1951, HALICKI (13) pensait qu'un grand nombre de dépressions dispersées dans des régions non glaciées d'Allemagne et de Pologne pouvaient avoir cette origine.

Conclusion.

La majorité des dépressions de la région parisienne ont une origine naturelle et il s'agit sans doute de traces de climat périglaciaire. Mais, parmi ces milliers de mares, nous admettons qu'un certain nombre d'entre elles peuvent être des excavations humaines ou des formes d'affaissement, sans cependant qu'il nous soit possible de les distinguer des autres.

2. LES DÉPRESSIONS OBSERVÉES PRÈS DE SUCY-EN-BRIE.

Description :

Ces dépressions se distinguent des formes décrites précédemment par leurs dimensions nettement plus faibles. Elles ont en effet un diamètre moyen de 6 m et une profondeur moyenne de 1 m 73. Ces cuvettes ont donc des pentes très raides, verticales en certains cas.

Par ailleurs, ces dépressions sont groupées en quelques secteurs du Bois Notre-Dame où elles sont quasi contiguës. Ainsi près du Carrefour des Bruyères, il en existe plus de 1 000 sur une superficie de 25 hectares. Leur forme est le plus souvent simple, puisque 35 % sont circulaires et 47 % allongées. Généralement sèches (94 % en août 57), ces dépressions montrent quelques débris de roches ; 48 % laissent apparaître des débris de meulière, 6 % des blocs de grès de Fontainebleau et 5 % des concrétions ferrugineuses. Comme ces mares sont très proches les unes des autres, le sol paraît tout bouleversé et il est difficile de voir si il existe des déblais. nous avons cependant observé en plusieurs endroits quelques bourrelets de terre incontestables, mais ils n'entouraient pas les cavités d'une façon régulière.

Souvent la densité des dépressions diminue progressivement lorsqu'on s'écarte de la région caractéristique. Par contre, en quelques endroits, il n'existe pas de zone de transition entre la région criblée de cavités

et la région intacte. Nous avons repéré trois zones du Bois Notre-Dame où se groupent des dépressions de ce type. Elles ne sont distantes l'une de l'autre que de 2 km.

Le problème de leur origine :

LEMOINE (14) signale que « en certains points de la Brie (Ferrière, Ozouer-la-Ferrière), la petite quantité de fer que la meulière de Brie contient s'est concentrée à sa base sous forme de minerais globulaires et a été exploitée ». Bien que des concrétions ferrugineuses aient été observées dans 6 % de petites dépressions, qui d'ailleurs ne se trouvent pas à plus de 8 km de Ferrière dont parle LEMOINE, nous doutons qu'il s'agissent d'anciennes carrières. En effet, ce mode d'exploitation paraît trop irrationnel ; d'autre part, les déblais sont rares à proximité.

Quant à une origine karstique ou thermokarstique, elle nous semble encore plus difficile à admettre vu la répartition et les dimensions des cavités. Le problème reste donc entier.

3. LES DÉPRESSIONS SITUÉES PRÈS DE CLAIREFONTAINE.

L'aspect de ces dépressions n'est pas semblable à ce qui a été vu jusqu'ici et cela en raison de leur localisation dans les sables de Fontainebleau. D'autre part, elles se groupent dans une vallée, en un endroit où une capture vient de se produire et où la topographie est confuse.

Trois km à l'E.S.E. de Clairefontaine, il existe plus de 150 dépressions fermées rassemblées sur une surface d'environ 2 km² près du carrefour de Crussol. Comme le montre le schéma ci-joint (fig. 3), la vallée de la Rabette présente en cet endroit un élargissement considérable et la Claye vient y prendre sa source. Ce dernier ruisseau apparaît à proximité immédiate de la Rabette, en contre-bas par rapport à celle-ci, et menace donc de la capturer. En effet, la Claye est avantagée par une pente plus forte puisque, par sa vallée, nous trouvons la courbe de niveau de 100 m à 3 km 400 en aval du point présumé de capture, alors que la même courbe de niveau est distante du même point de près de 4 km 900 par la vallée de la Rabette. L'examen attentif de la région, nous permet même d'affirmer que cette capture a déjà eu lieu et que c'est sans doute l'homme qui a forcé la Rabette à reprendre son cours antérieur. En effet, la Claye se prolonge jusqu'à la Rabette par un lit bien marqué, quoi qu'aucun versant ne vienne l'alimenter.

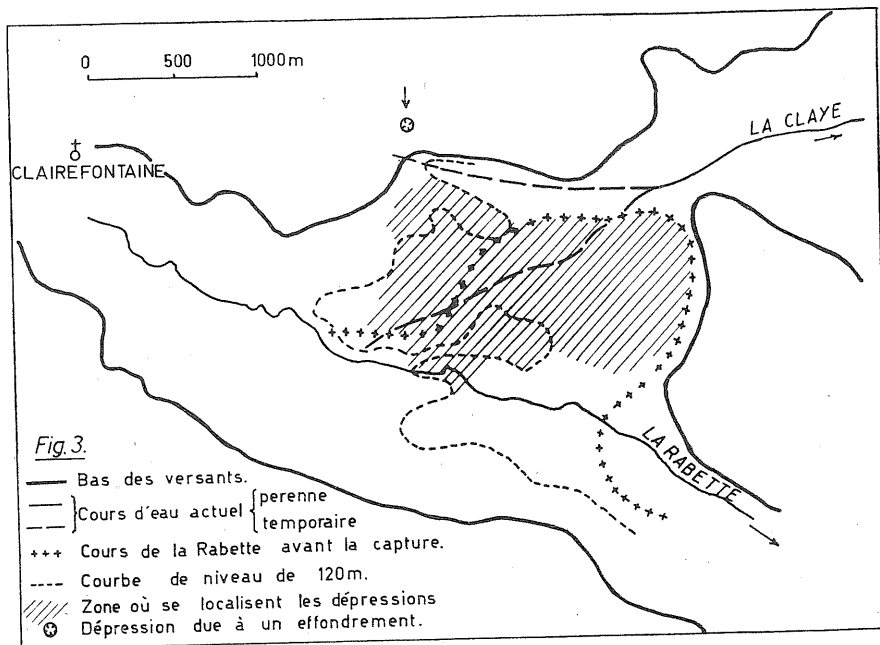


FIG. 3. — Clairfontaine. Topographie de la zone de déblayage dans les sables de Fontainebleau où se localisent les dépressions.

L'érosion régressive de la Claye n'a pas été seule à provoquer la capture, elle a été aidée par l'élargissement d'un grand méandre de la Rabette dont on retrouve la trace dans la forme concave très régulière du versant W, bien visible sur les photos aériennes, et dans le pédoncule dessiné par la courbe de niveau de 120 m au milieu de la zone déblayée.

La topographie de cette zone de déblayage dans les sables de Fontainebleau tout à fait perméables s'explique donc par une érosion normale importante difficile à concevoir aujourd'hui. Elle a cependant été possible en périglaciaire à la suite de l'imperméabilisation du sol par le gel et des fortes crues de dégel. C'est d'ailleurs la seule façon d'expliquer la topographie de « bad-lands » que présentent les versants de la vallée, aspect que CAILLEUX et MALAURIE ont retrouvé au Groënland dans le même type de matériel.

Le profil longitudinal d'un de ces vallons aboutissant dans la zone des dépressions est dessiné sur la figure 4. Remarquons que :

1. - C'est seulement lorsque la pente est faible qu'apparaissent les dépressions.
2. - Les rebords des premières dépressions semblent prolonger le profil d'amont.
3. - La paroi de la quatrième dépression est plus élevée et ferme le vallon sans cependant que persiste une issue prolongeant le profil longitudinal.

Clairfontaine. Topography of the area in the Fontainebleau sands where the depressions are located.

- End of the slope.
- Persistent actual stream.
- Temporary.
- +++ Rabette stream just before capture.
- Level line of 120 m.
- //// Area where the hollows are located.
- ⊕ Depression (Collapse) sinking

La topographie de la zone où se localisent les dépressions est très incertaine. Elle se présente comme une série de buttes très irrégulières qui isolent des cuvettes souvent imprécises et non comme une surface régulière entamée de ci de là par des cavités, ainsi que nous l'avons vu partout ailleurs. Ces dépressions ne montrent pas de régularité dans leur forme en plan, ni aucun ordre dans leur répartition ; leur grand axe varie de 15 à plus

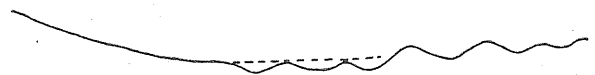


FIG. 4. — Clairfontaine. Profil longitudinal d'un vallon aboutissant dans la zone des dépressions. Il est probable que ces cavités sont dues à la combinaison de l'action éolienne et de la dissolution de la craie sous-jacente. Ce dernier processus a dû être le principal responsable des cuvettes qui prolongent immédiatement le vallon.

Clairfontaine. Longitudinal profile through a vale ending in the hollow area. It is probable that these depressions result from wind action and sinking through the dissolution of the chalk located twenty meters below. This last process is probably the main agent of hollow-making along the vale.

de 200 m, ce dernier chiffre pour certaines formes très irrégulières.

Cette disposition confuse semble indiquer une origine éolienne ; l'hypothèse trouve des arguments dans l'étalement du matériel sableux en un endroit particulièrement exposé à l'action du vent (carrefour de vallées).

Cependant cette action éolienne n'est pas le seul agent responsable du relief particulier que nous avons décrit. En effet, il ne peut avoir créé la dépression qui est située à 150 m au SE du Carrefour de la Fosse aux Larrons, en pleine masse des sables de Fontainebleau. Cette cavité de forme ovale a une longueur de 20 m, profondeur de 7 m et des pentes variant entre 56° et 35°. Localisée dans l'axe d'un vallon qui, 40 m en aval, marque une nette contre-pente, cette dépression est très sèche, bien qu'un ruisseau temporaire vienne s'y perdre. Vu sa localisation et la raideur de ses versants dans des sables, il paraît certain que cette forme est due à un effondrement causé par la dissolution de la craie qui est sous-jacente à 20 ou 30 m de sable.

L'existence de cet effondrement permet de croire que des phénomènes karstiques sont également intervenus dans la formation des dépressions décrites plus haut ; ils expliquent notamment les dépressions nettement en contrebas au débouché du vallon que nous avons signalé sur la figure 4.

En conclusion, le vent et la dissolution de la craie, très proche en cet endroit, ont participé à l'apparition des dépressions décrites, mais il n'est toutefois pas exclu que d'autres processus, périglaciaires par exemple, y aient joué un rôle.

Université de Liège.

Laboratoire de Géographie physique.

BIBLIOGRAPHIE

1. MAARLEVELD G.C. en VAN DEN TOORN J.C., 1955. « Pseudo-sölle in Noord-Nederland ». Tijdschrift van het koninklijk nederlandsch aardrijkskundig genootschap. Deel 72, n° 4, p. 344 à 360.
2. PISSART A., 1956. « L'origine périglaciaire des viviers des Hautes Fagnes ». Ann. Soc. Géol. de Belgique, tome 79, p. b 119 à 131.
3. CAILLEUX A., 1956, « Mares, mardelles et pingos ». Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, tome 242, p. 1912 à 1914.
4. BOYE M., 1957, « Clots, Lagües et Lagunes de la Lande girondine ». Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, tome 244, p. 1058 à 1060.
5. « Monographies communales. - Canton de Versailles. - Inspection académique du département de Seine-et-Oise ». Octobre 1899. Monographies manuscrites conservées aux Archives départementales de Versailles, 16, rue Neuve-Notre-Dame.
6. LEMOINE P., 1911, « Géologie du Bassin de Paris », A. Hermann et Fils, 6, rue de la Sorbonne, Paris, p. 273 à 285.
7. CHOLLEY A., 1957, « Recherches morphologiques ». A. Colin, Paris, p. 102 et 86.
8. COURT M.G., 1921, « Les bétouilles du Hurepoix comparées aux puits naturels de la région vésulienne », A.F.A.S., Rouen, p. 484 à 489.
9. BARBIER R., 1953, « Une curieuse forme d'érosion, les entonnoirs d'ablation ». — Ds travaux du laboratoire de géologie de l'Université de Grenoble. T. 30 Grenoble.
10. WEIDENBACH F., 1953, « Erdfalle in eiszeitlichen Beckentönlern der Bodenseegegend ». Neues JB. Géol. u. Palaontol, 97, p. 379-390 Stuttgart.
11. STAGER J.K., 1956, « Progress report on the analysis of the characteristics and distribution of pingos east of the Mackenzie delta ». Ds The Canadian Geographer n° 7, p. 13-20.
12. HOPKINS D.M., 1949, « Thaw lakes and thaw sinks Imuruk lake area. Seward Peninsula. Alaska ». The Journal of Geology. Vol. 57, n° 2, p. 110 à 132.
BENNINGSHOFF W.S., 1952, « Interaction of vegetation and soil frost phenomena ». Ds Arctic. Vol. 5, n° 1, March 52. (Voir p. 37 et 41).
ROSS MACKAY J., 1953, « Post Glacial Drainage Changes in the Darnley Bay Area, N.T.T. Canada ». Ds Yearbook of the Association of Pacific coast Geographer, vol. 15. (Voir p. 21).
PEWE T.L., 1954, « Effect of Permafrost on cultivated fields, Fairbanks area, Alaska ».
13. HALICKI B., 1951, « The role of ground ice in shaping pleistocene periglacial forms ». Acta Geologica Polonica 1951. Vol. 2, Warszawa, p. 209-210.
14. LEMOINE P. (Voir 6) p. 273.
15. AUFRERE L., 1929, « Les rideaux ». Etude topographique. Annales de Géographie, T. 38, p. 529 à 560.