

### Annexe 3

## ***Les marnières souterraines, carrières souterraines de craie et de « tuffeau », carrières souterraines mixtes silex/« tuffeau » et carrières souterraines de craie phosphatée du Bassin de Mons. Crétacé de Hesbaye et du Bassin de Mons.***

**Mission SPW/ISSeP « Aléas de mouvements de terrain » 2013-2017**

D. Pacyna (Service géologique de Wallonie) et A. Kheffi (Institut scientifique de Service public). Namur, 2018

### 1. PRÉAMBULE

#### 1.1. Définitions principales

On trouvera un lexique en fin de fascicule. On se bornera ici aux définitions clés à connaître avant d'aborder le sujet.

- *Puits* : conduit vertical ou sub-vertical destiné à puiser de l'eau, à rejeter des eaux usées en sous-sol ou mettant les travaux d'une exploitation souterraine (mine, minière ou carrière) en relation avec la surface. Synonymes dans le domaine minier : *bure* (province de Liège et de Namur, occasionnel dans le Hainaut) : Il s'agit d'un synonyme exact de « puits » en wallon liégeois. Introduit en France, il y désigne les puits intérieurs (« burquins »).
- *Marne* : dénomination populaire de la craie blanche (anciennement, on trouve aussi « *marle* »). Cette définition ne correspond pas à la définition lithologique des géologues (craie argileuse). La marne altérée, argileuse et mêlée de limon, sous les formations meubles de surface, est appelée « *marlette* » dans le Hainaut.
- *Marnière (marlière)* : exploitation de marne, à ciel ouvert ou par travaux souterrains. On trouve aussi, plus rarement, les dénominations de « *trou à marne* » ou de « *puits à marne* ».
- *Eboulement* : chute de blocs et de matériaux meubles depuis le toit d'une excavation ou d'une paroi rocheuse. Les blocs et matériaux tombés au sol constituent les éboulis.
- *Effondrement* : déformation de la surface du sol marquée par des bords présentant un abrupt périphérique (surface de rupture).
- *Affaissement* : déformation progressive de la surface du sol, sans surface de rupture périphérique notable.
- *Fontis* : effondrement local du sol en forme d'entonnoir à bords raides, provoqué par l'éboulement progressif des terrains surmontant un vide souterrain. La remontée de vide laisse derrière elle une cheminée de fontis, parfois appelée « cloche ». La cinétique de remontée du fontis peut être plus ou moins lente. Le phénomène semble rapide vu depuis la surface, où le fontis se manifeste brutalement suite à l'effondrement de la voûte « en cloche » de la cheminée, au moment où elle arrive au raz de la surface du sol : c'est alors qu'on découvre le phénomène. Vu d'en dessous, il est souvent assez lent.
- *Chambres et piliers abandonnés* : système d'exploitation des couches peu inclinées et épaisses dans lequel les galeries-chambres d'exploitations se croisent selon une maille plus ou moins régulière, en laissant entre quatre points de croisement un massif de roche inexploité, abandonné, le pilier. Les piliers soutiennent le toit de l'exploitation.
- *Carrière* : exploitation, à ciel ouvert ou par travaux souterrains de toute substance non listée comme « mine ». Selon le Code civil, les carrières étaient et sont à la libre disposition des propriétaires de surface. Une déclaration d'exploitation n'est nécessaire que depuis 1852 (par galeries) et 1899 (ciel ouvert) et un permis que depuis 1988. Elles appartiennent aux propriétaires de surface à leur aplomb et sont sous leur garde et leur responsabilité. Inactives, elles ne sont pas soumises à une surveillance administrative.
- *Concession (mine)* : une concession minière est le périmètre dans lequel un « concessionnaire » a le droit exclusif de rechercher et d'exploiter les substances listées à l'acte de concession (décret, arrêté royal). Il s'agit de substances à caractère économique stratégique (combustibles fossiles, minerais métalliques). L'acte de concession lui donne la propriété perpétuelle des substances listées et des ouvrages et travaux d'exploitation (l'ensemble constitue la « mine »). Une mine peut être souterraine ou à ciel ouvert. Elle constitue une propriété distincte de la surface. Les propriétaires de surface conservent la propriété de leur sous-sol sans limite de profondeur, à l'exception de la mine (gisement, chantiers et ouvrages). Les mines sont sous surveillance administrative spéciale. La concession peut être radiée au terme d'une procédure impliquant la sécurisation des ouvrages miniers, dont les puits. Les ouvrages traités sont couverts d'un « dispositif de sécurisation » (dalle de béton armé, grille, borne d'indentification).

## 2. DESCRIPTION DES OBJETS ET DE LEUR CONTEXTE

### 2.1. Contexte technique et historique (pour information).

#### 2.1.1. Importance du contexte géologique

L'exploitation de la craie est circonscrite aux zones où existent des formations de craie blanche ou de craie grossière (« tuffeau ») répondant à l'usage souhaité (marnage ou chaufournage : voir ci-dessous). Le choix d'exploiter en souterrain ou à ciel ouvert est également conditionné par la géologie, au travers de l'épaisseur des formations géologiques et superficielles recouvrant la craie.

Par ailleurs, le niveau de la nappe phréatique limitait la profondeur de l'exploitation (on ne descendait pas sous le niveau des eaux d'hiver, sauf parfois en été, juste avant d'abandonner le site). Il faut que le gisement sain présente au moins 4 m d'épaisseur au-dessus du niveau de l'eau pour pouvoir y mener des travaux solides. En pratique, les marnières les plus profondes descendent à une trentaine de mètres (niveau de la nappe).

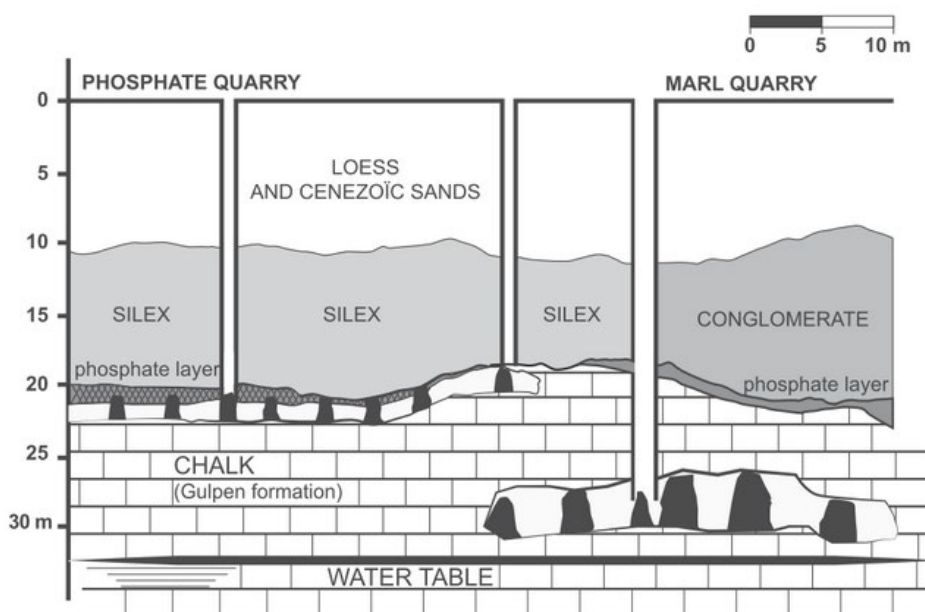
L'exploitation de la craie phosphatée est limitée au seul grand gisement exploitable qui ceinture au sud et à l'est le territoire de la Ville de Mons, depuis Cuesmes, par Cily, Mesvin, Nouvelles, Spiennes, Saint-Symphorien, jusqu'à Havré, ainsi qu'au petit gisement au sud de Baudour (Saint-Ghislain).

##### 2.1.1.1 Aperçu de la géologie entre Orp-Jauche et Bassenge.

##### 1. Géologie du plateau de Hesbaye et des vallées du Geer, de la Meuhaine et de la Petite Gette.

Entre Hannut et Herstal, la géologie des terrains peut être résumée schématiquement comme suit :

- *limons quaternaires*, d'origine éolienne ou éluviale, sous forme d'importants dépôts recouvrant tout le plateau de Hesbaye. Leur épaisseur varie de 2 à 18 m. Calembert a montré que l'épaisseur moyenne des limons diminue avec l'altitude ; on trouve des colluvions sur les versants de vallées ;
- *sables et cailloux roulés d'âge tertiaire*, présents localement, sous les limons, sous forme de lambeaux plus ou moins étendus ou préservés dans des dépressions paléokarstiques. Leur répartition n'obéit à aucune règle particulière. Au nord et à l'ouest de la Ville de Liège, ils peuvent atteindre 8 à 10 m d'épaisseur ;
- *tuffeau* : craie grossière à lits de silex (formations de Maastricht et de Folx-les-Caves). On y retrouve trois formations :
  - la Formation de Maastricht qui affleure au nord de la Hesbaye, à l'est de Lantremange, sur une bande le long de la frontière avec la Flandre, de part et d'autre de la vallée du Geer et jusque dans la vallée de la Basse-Meuse. Il s'agit d'une craie grossière, couleur crème, tendre, avec lits de silex gris-noirs ;
  - la Formation de Folx-les-Caves affleure le long de la Meuhaine et de ses affluents. Il s'agit d'une craie grossière de couleur blanc-crème, à lits de silex. Elle se présente sous forme d'une craie arénacée entre Braives et Meeffe. Au sud-est de la Hesbaye, vers Fernelmont, la Formation de Folx-les-Caves passe à la Formation de Seron, un ensemble de quelques mètres d'épaisseur comportant des bancs de grès calcaire, exploités par galeries, comme les marnières (Hemptinne) ;
  - la Formation de Jauche, de 4 m d'épaisseur au maximum, qui affleure le long de la Petite Gette et de ses affluents. Vu sa faible épaisseur, elle est cartographiée regroupée avec la Formation de Gulpen sous-jacente ;



Coupe schématique du Crétacé de la Hesbaye (Kheffi et Pacyna, 2018)

- *craie blanche*. Au sud de la bordure sud de la vallée du Geer, on trouve la vaste surface d'affleurement de la craie blanche de la Formation de Gulpen, qui s'étend au sud et à l'est jusqu'au sommet du versant de la vallée de la Meuse. Au nord, elle plonge vers la Flandre et est recouverte par la Formation de Maastricht. La Formation de Gulpen présente des lits de silex noirs au sommet. Elle mesure de 30 à 40 m d'épaisseur (cette épaisseur diminue du nord-ouest vers le sud-est). Dans la région de Chapon-Seraing/Verlaine, elle est presque affleurante. Elle repose sur les argiles de la Formation de Vaals (« *smectite* »). Elle renferme la nappe de la craie, où s'alimentaient et s'alimentent toujours les puits domestiques, agricoles et industriels. C'est en son sein que sont établies les galeries de captage alimentant la ville de Liège en eau de distribution. Là où la Formation de Gulpen est recouverte par le conglomérat à silex et/ou la couche de phosphate, sa surface supérieure est très irrégulière, affectée par les phénomènes d'altération qui ont donné naissance à cette couche et au conglomérat à silex ;
- *conglomérat à silex*. Sous le sommet du plateau de Hesbaye, sous les limons et les dépôts tertiaires, existe une couche parfois importante d'argile à silex recouvrant la Formation de Gulpen ou, plus au nord, la Formation de Maastricht : il s'agit de blocs de silex de toutes tailles, intacts ou cassés, enrobés dans une gangue argileuse et sableuse. D'une manière générale, les silex sont beaucoup plus gros vers le sommet de la couche qu'à la base, où ils sont brisés mais non roulés. L'épaisseur de ce conglomérat varie de quelques dizaines de centimètres à plus de 15 m. L'épaisseur augmente dans la partie nord de la Hesbaye, jusqu'au sommet du versant de la vallée du Geer, où elle atteint de 4 à 19 m. Cette épaisseur est irrégulière. Elle augmente au sein des poches et dépressions paléokarstiques qui marquent la surface des craies. L'argile à silex n'est pas présente à l'ouest et au sud-ouest de la Hesbaye ou y est très peu épaisse. Les craies y sont recouvertes par des formations sableuses (Formation de Hannut et Formation de Sint-Huysbrecht-Heern), surmontées de limons quaternaires. C'est dans ce conglomérat que sont ouvertes les carrières de silex de Hesbaye, exploitées pour la construction et l'empierrement des routes et des chemins. Les essais de sol, type CPT, et les forages à la tarière légère atteignent généralement le refus au sommet de la couche, en buttant sur les blocs de silex. La couche se reconnaît bien en forage ;
- *couche de phosphate* : elle apparaît juste sous le conglomérat à silex. Elle est constituée d'une matrice argilo-sableuse englobant des grains ou des nodules de phosphate de chaux. L'épaisseur, la composition, l'allure sont variables : la gangue peut être argileuse, sableuse, calcareuse, de diverses couleurs. 2 à 5 niveaux à concrétions phosphatées alternent avec des lentilles stériles. Localement le phosphate se présente comme une roche zonaire grise, avec l'aspect d'une roche d'origine chimique. La couche moule la surface karstifiée et altérée de la Formation de Gulpen. Calembert décrit cette surface comme moutonnée et découpée en chenaux et en crêtes, en poches et en bosses de toutes dimensions, sans direction ni disposition privilégiée. Certains entonnoirs de dissolution atteignent plusieurs mètres de profondeur, avec des parois très raides et peuvent renfermer des poches (amas) de « phosphate riche ». La couche est d'épaisseur assez faible : de quelques décimètres à un mètre. Elle gît à une profondeur de 5 à 27 m, en général de 10 à 20 m. Calembert a constaté que les zones dans lesquelles l'épaisseur de la couche était maximale correspondait à la surface topographique comprise entre les cotes 150 à 170 m ;
- *phénomènes karstiques*. D'une manière générale, la partie supérieure de la craie et du tuffeau est affectée de phénomènes karstiques (poches et cheminées de dissolution, intercalations dans les bancs de craie de poches lenticulaires horizontales, présence de vides centimétriques à métriques suivant les bancs, diaclases et failles de la craie). La densité de ces phénomènes peut parfois être très importante, particulièrement en bordure de vallée. Ces poches et cheminées (« tuyaux d'orgues ») renferment des matériaux sablo-limoneux d'âge plus récent descendus au fur et à mesure du développement des phénomènes karstiques. On y trouve, presque partout en Wallonie, des sables verts d'âge Thanétien. Ces matériaux peuvent migrer vers les vides du massif ou des cavités souterraines sous l'effet d'infiltrations d'eau (chemin préférentiel) et générer des mouvements de terrain en surface.

## 2. Géologie de la région d'Orp-Jauche

Dans la région d'Orp-Jauche, de part et d'autre des vallées de la Petite Gette et de ses affluents, la Formation de Gulpen est recouverte par la Formation de Jauche (craie plus grossière, d'une épaisseur maximale de 4 m, cartographiée comme un seul ensemble : le Groupe de Jauche-Gulpen). C'est dans ces niveaux que sont ouvertes les carrières accessibles depuis le bas du versant.

## 3. Géologie de la région de Wasseiges - Meeffe

Dans la région de Wasseiges – Meeffe - Braives, les marnières sont ouvertes dans la Formation de Folx-les-Caves. Hormis sur les versants des vallées, cette formation est recouverte de sables cénozoïques et de limons.

## 4. Géologie de la vallée du Geer

Dans la vallée du Geer, les carrières souterraines sont ouvertes dans la Formation de Maastricht. De ce fait, les accès par galeries à flanc de coteau se situent au-dessus du fond de la vallée, à la base de l'affleurement de la Formation de Maastricht, juste au-dessus de son contact avec la Formation de Gulpen (la Formation de Folx-les-Caves n'y existe pas). La Formation de Maastricht est limitée en extension et en épaisseur au sud de la vallée du Geer. Au nord, sur les plateaux qui se développent vers la Flandre, elle y est recouverte de sables cénozoïques et de limons quaternaires.

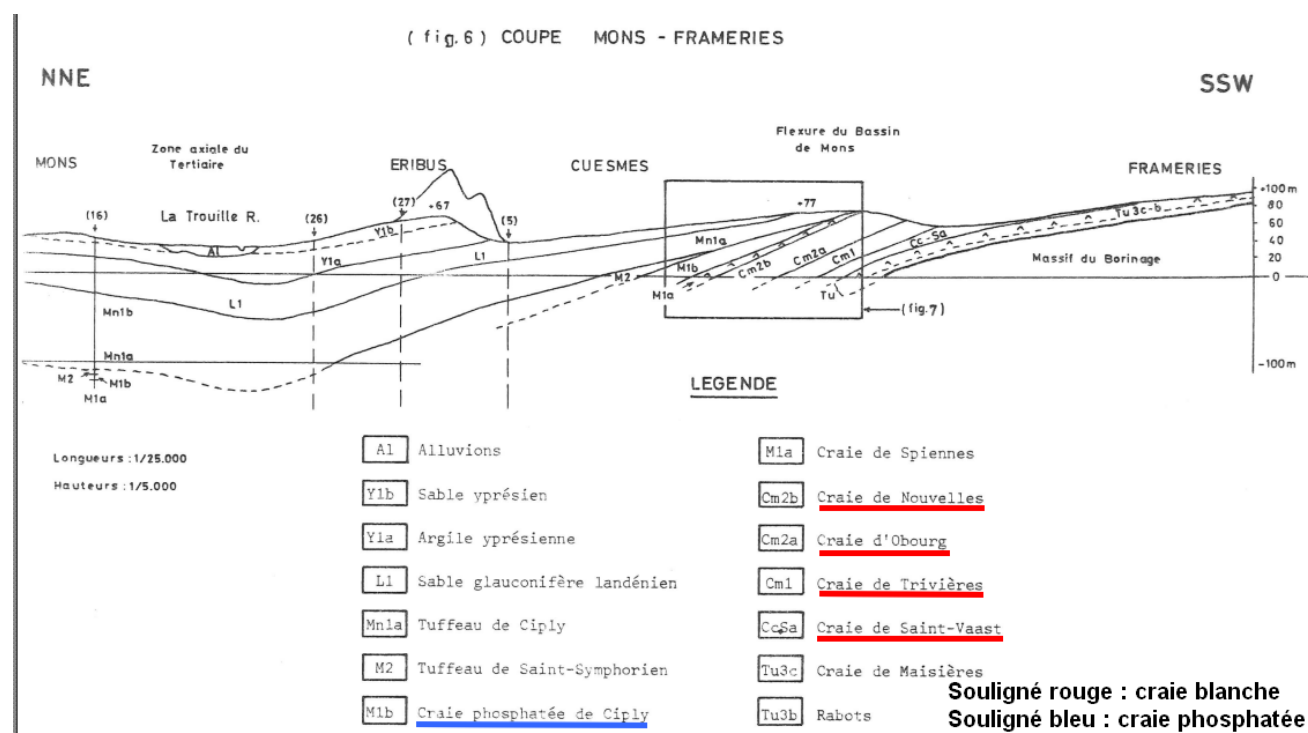
### 2.1.1.2. Aperçu de la géologie du Bassin de Mons

Les craies blanches exploitées par carrières souterraines, à l'affleurement, dans le Bassin de Mons, sont, de haut en bas, et du centre du bassin vers l'extérieur, celles des formations d'Obourg-Nouvelles, de Trivières et de Saint-Vaast.

La Formation d'Obourg-Nouvelles est constituée de craie blanche fine, traçante, avec quelques bancs de silex noirs au sommet. La Formation de Trivières est plus argileuse, en particulier vers la base et ne renferme pas de silex. La Formation de Saint-Vaast est argileuse et présente des silex bigarrés. L'épaisseur totale de ces craies est de plus de 100 m. Elles renferment une nappe souterraine importante exploitée. Ces craies ont également été extraites par de vastes carrières à ciel ouvert.

Les craies sont recouvertes, à l'affleurement, par les sables verts thanétiens (Groupe de Grandglise) et par les limons et dépôts quaternaires.

La craie phosphatée de la Formation de Ciplly-Malogne repose au-dessus des craies blanches, dont elle est séparée, en général, par la craie de Spiennes, craie blanche grossière à nombreux lits de silex (exploités à Spiennes par les mineurs néolithiques). Il s'agit d'une craie grossière, jaune-brun (verdâtre en profondeur sous la nappe). La couleur est due aux grains de phosphate de chaux (5 à 15% de la masse) enrobé par la matrice crayeuse. La craie est massive, en bancs pluridécimétriques. Elle est sans silex à Cuesmes mais présente quelques lits de silex gris à Ciplly et Mesvin. Le sommet est induré sur plusieurs décimètres, voire plus (« hard-ground » ou « banc durci »). La craie affleure à la limite des craies blanches au sud de Cuesmes, à Ciplly et à Spiennes. En bordure de bassin, on a exploité du « phosphate riche » semblable à celui de Hesbaye, résultant d'une altération locale en poches.



Carte géologique de Belgique à 1/25.000. Extrait du texte explicatif de la feuille 151 Mons – Givry (Marlière R., 1966).

A Cuesmes, Ciplly, Mesvin et Saint-Symphorien, elle est recouverte par un calcaire grossier, tendre à induré, à bancs de silex tabulaires gris, le « tuffeau de Ciplly » (Formation de Ciplly, début du Tertiaire). A Cuesmes, son épaisseur varie de zéro en bordure externe de bassin à plus de 15 m au-dessus des carrières. A Saint-Symphorien, elle est de zéro à quelques mètres.

La craie phosphatée et le tuffeau de Ciplly sont recouverts de quelques mètres de sables verts thanétiens et de quelques mètres de limons quaternaires.

Au-dessus du niveau de la nappe, tant le tuffeau de Ciplly que la craie phosphatée et que les craies blanches présentent de nombreuses et parfois vastes poches karstiques. Elles renferment près des parois et du fond des argiles de décalcification, dans la masse des sables verts thanétiens et au cœur des limons décalcifiés (sédiments meubles descendus au fur et à mesure de la dissolution de la craie). Ces poches se présentent sous forme d'entonnoirs irréguliers (en particulier autour de Mons), pouvant atteindre 10 à 20 m de diamètre à la tête de la craie et la racine peut descendre à 30 m sous la surface. Ici aussi, les matériaux meubles peuvent migrer vers les vides de la craie ou dans les galeries d'une carrière souterraine. Les mouvements de terrain en surface peuvent alors présenter une ampleur importante (Cuesmes, carrière Rolland-Mortiau).

### 2.1.2 – Contexte historique et technique : les marnières agricoles

Le marnage des terres consiste à apporter un amendement calcaire pour corriger l'acidité des terres exploitées. Il est connu de très longue date. Les « puits à marne » sont attestés dans le nord de la Gaule dès l'époque gallo-romaine. Les archives de la Carte géologique de Belgique renseignent une marnière datée de 1189 (graffiti).

Chez nous, les baux à ferme imposaient souvent aux agriculteurs de marner leurs terres. Là où les craies marneuses, les craies blanches et les craies grossières existent et sont facilement accessibles, elles ont été exploitées (Tournaisis, Borinage, Mons et Centre, région d'Orp-Jauche, Hesbaye liégeoise, Basse-Meuse). Ailleurs, ce sont des formations sableuses à forte charge carbonatée (couches supérieures des sables bruxelliens du Brabant wallon) ou des argiles marneuses et des marnes vraies (Trias et Jurassique de Gaume) qui ont servi à cet usage. Des centaines, sinon des milliers, de petites marnières ont ainsi été ouvertes au cours des siècles.

Dans les régions où le substratum carbonaté affleure naturellement dans les terres de cultures, le marnage n'était pas nécessaire.

En contexte crayeux, la qualité des matériaux extraits importait peu. Il convenait juste qu'ils puissent être extraits sans moyens particuliers. On les laissait se déliter en tas un certain temps à la surface, exposés aux intempéries, pour les épandre facilement sur les champs. Les couches tendres (tuffeau), les craies altérées et très fracturées étaient plus faciles à mettre en œuvre que les craies massives. Les silex renfermés dans la craie étaient souvent récupérés pour la construction ou l'empierrement des chemins.

A une époque où il n'existait que des chemins non empierrés, sans camions et autres excavatrices, il fallait limiter le transport ainsi que les terrassements pour accéder au gisement calcaire. C'est pourquoi ces marnières se sont développées le long des vallées, où la craie affleurerait dans les versants (Orp-Jauche, vallée du Geer) et directement sous les terres de cultures. Ce sont les formations de Gulpen (craie blanche), de Jauche et de Folx (craie plus grossière) qui ont surtout été exploitées à cet effet.

L'extraction pouvait être menée à ciel ouvert sur les versants de vallée ou par galeries, avec un accès à flanc de coteau ou par puits.

### **2.1.3 – Contexte historique et technique : les carrières pour fours à chaux et produits industriels**

Parallèlement à son usage agricole, la craie a surtout servi, sans doute depuis l'époque gallo-romaine, à la fabrication de chaux, là où les calcaires du Paléozoïque n'étaient pas disponibles. C'était le cas dans le Hainaut, entre Quiévrain et Haine-Saint-Paul. On trouve également quelques fours à chaux dans la vallée de la Petite Gette et à Grez-Doiceau (Biez).

Les exploitations et les fours à chaux associés (« *chauffours* » ou « *chaufours* ») sont attestés depuis la fin du Moyen-Âge près de Mons (1444 à Quaregnon). Leur expansion est liée à celle de l'habitat en maçonnerie et, à partir du 18<sup>ème</sup> siècle, à celle des charbonnages, grands consommateurs de briques. La période d'exploitation la plus intense se situe entre 1750 et 1930, avec un pic dans la seconde moitié du 19<sup>ème</sup> siècle. A cette époque, on trouve également des sucreries parmi les consommateurs de chaux.

La cuisson de la craie dans les fours, par alternances de lits de craie et de lits de charbon, nécessite de la craie en blocs de taille moyenne, suffisamment cohérente pour ne pas s'écraser sous la charge en bas du four. En effet, il était essentiel que les gaz de combustion, chargés de CO<sub>2</sub>, puissent circuler et interagir avec la craie pour la transformer en chaux.

De ce fait, contrairement aux marnières agricoles, les carrières de craie sont descendues sous la partie altérée superficielle pour trouver la qualité de roche désirée. C'est une des raisons du choix de l'exploitation souterraine avant le 20<sup>ème</sup> siècle, avec la limitation des terrassements pour accéder au gisement sain. Outre cet impératif technique, la craie recherchée ne devait pas contenir d'impuretés (argiles, glauconie, phosphate, ...) susceptibles d'altérer la qualité de la chaux. Les marnes, craies glauconifères ou craie grossière à silex de la base du Crétacé hennuyer ont donc été délaissées, tout comme les craies grossières et « tuffeaux », trop friables, du sommet du Crétacé et de la base du Cénozoïque. Entre Quiévrain et Haine-Saint-Paul, on n'exploitait que les craies blanches, presque sans lits de silex, des formations de Saint-Vaast, Trivères et Obourg-Nouvelles.

Au nord de Liège, on ne trouve pas de traces de ces fours à chaux. La chaux produite à partir des calcaires paléozoïques de la vallée de la Meuse, en amont de Liège, y était facilement disponible via le fleuve. Il n'est toutefois pas exclu que des fours à chaux aient pu exister sur le plateau de Hesbaye. On a exploité, au nord de l'agglomération liégeoise, des carrières souterraines dans la Formation de Gulpen pour fabriquer des poudres abrasives douces pour polir les métaux et les miroirs (Sainte-Walburge, Rocourt).

Dans la région d'Orp-Jauche, on trouve quelques carrières souterraines récentes, avec accès à flanc de coteau, qui ont alimenté des fours à chaux et de petites cimenteries.

A Grez-Doiceau (Biez), on trouve des exploitations anciennes alimentant des fours à chaux et des artisans qui fabriquaient des craies pour les écoles. On y trouve aussi une vaste carrière souterraine récente mixte (galeries/chambres et piliers) partiellement remblayée pour y établir une champignonnière. Elle sert aujourd'hui de captage d'eau.

### **2.1.4. – Contexte historique et technique : les carrières de tuffeau et de silex des vallées du Geer et de la Basse-Meuse.**

Le long des zones d'affleurement de la Formation de Maastricht, sur les flancs de la vallée du Geer et le long du versant occidental de la Basse-Meuse, en aval de Lixhe, on a exploité, depuis des siècles, la Formation de Maastricht pour le marnage des terres ou pour la fabrication sur place de moellons de construction, voire d'éléments d'architecture plus élaborés. La formation renfermant des bancs de silex, tout comme le sommet de la Formation de Gulpen sous-jacente, ces blocs de silex étaient également extraits comme moellons de construction ou pour l'empierrement des chemins (Bassenge, Wonck, Eben-Emael). Ils ont été extraits en souterrain jusque vers 1960. Plus récemment, on les taillait en pavés de revêtement de broyeurs.

Un certain nombre de ces carrières ont été réutilisées comme champignonnières au 20<sup>ème</sup> siècle. L'une d'elles abrite encore un marché de Noël annuel. Une autre a servi de site militaire de transmission pendant la Guerre froide.

On retrouve 90 carrières de ce type (avec accès par puits ou à flanc de coteau), de l'autre côté de la frontière régionale, au sud-est du Limbourg flamand, et plus de 250 aux Pays-Bas, autour de Maastricht.

### **2.1.5. – Contexte historique et technique : les carrières-caves des vallées du Geer et de la Basse-Meuse.**

On trouve, en pied de versant de la vallée du Geer et de la vallée de la Basse-Meuse, souvent derrière les habitations et les fermes, des carrières souterraines de peu de développement (parfois à peine 10 ou 20 m), qui ont servi de caves, de remises, d'étables ou de porcheries,... Certaines servent encore de remises ou de garages à matériel agricole. Il s'agit sans doute d'anciennes marnières ou d'abri creusés spécifiquement comme pièces. Elles ne comportent souvent qu'un seul couloir, avec ou sans diverticules et pièces latérales. M. Caubergs en a décrit assez bien.

### **2.1.6. – Contexte historique et technique : les carrières de craie phosphatée du Bassin de Mons.**

L'exploitation de la craie phosphatée dans le Bassin de Mons a débuté à Cipluy en 1874. Le gisement de Cuesmes a commencé à être exploité, directement en souterrain en 1876. Les gisements de Spiennes et Saint-Symphorien ont été mis à fruit à partir de la décennie suivante. Les poches de phosphate riche étaient déjà toutes exploitées vers 1890-95.

La craie extraite devait être broyée, lavée pour séparer le carbonate de chaux des grains de phosphate. La boue phosphatée, concentrée, était séchée et ensachée pour être expédiée aux usines chimiques qui la transformaient en engrais. Les boues crayeuses étaient mises à décanter en bassins à schlamms à ciel ouvert, puis dans des bassins aménagés dans les travaux souterrains, ce qui a joué le rôle de remblais. Les usines de traitement se trouvaient sur site.

Contrairement aux marnières ou carrières de craie blanche, on a exploité sous eau à Saint-Symphorien, Havré, Cuesmes et Baudour, au moyen de pompes puissantes (exhaure journalière de 24.000 m<sup>3</sup> à chacun des deux sièges de la Malogne à Cuesmes). L'extraction se faisait par puits avec chevalement à Cuesmes, Mesvin et Saint-Symphorien. Les exploitations de Cuesmes, d'un seul tenant, occupent une surface de 67 ha, dont 30 ha hors eau (3,5 km de long sur 150 à 500 m de large, entre 10 et 45 m de profondeur). Les exploitations de Saint-Symphorien comportaient deux niveaux.

L'essentiel de l'extraction souterraine date d'avant 1920 (1950 à Saint-Symphorien). A partir de cette époque, les moyens mécaniques de terrassement ont permis d'exploiter à ciel ouvert et notamment d'enlever la couverture d'exploitations souterraines et d'extraire les piliers restés en place (25% du gisement). L'extraction de la craie phosphatée a cessé fin des années 1950. Les schlamms des bassins de décantation ont encore été exploités jusque vers 1995.

### **2.1.7. – Pourquoi exploiter par puits ?**

Dès le néolithique, partout dans le monde, le creusement de puits est la règle. On estime à plus de 20.000 le nombre de puits à silex à Spiennes. On trouve également de ces puits en Hesbaye (Avennes). Les « puits à marne », pour l'amendement des terres, sont attestés dans le nord de la Gaule il y a 2.000 ans. Les agriculteurs de Hesbaye en ont creusé des centaines, sinon des milliers. Des puits à eau de 20 à 40 m de profondeur étaient innombrables partout en Wallonie.

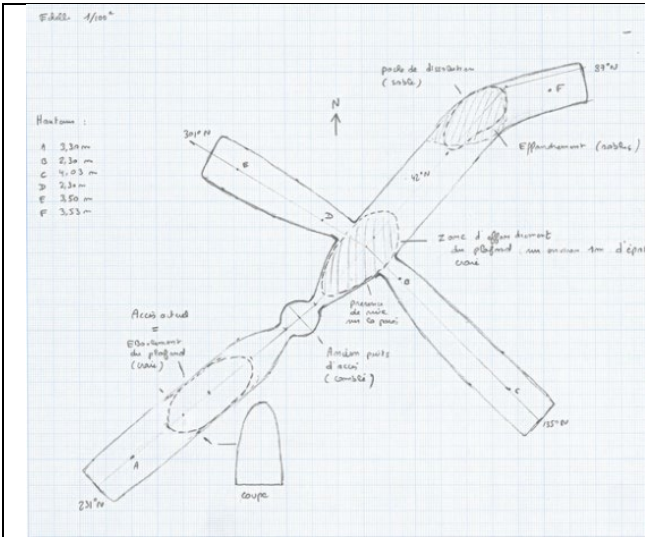
Le creusement de puits est le moyen le plus court et le plus économique d'accéder à un gisement non affleurant sans évacuer des volumes importants de stériles, à une époque où la brouette remplaçait le camion. L'opération est très simple techniquement, à faible profondeur.

### **2.1.8. – Méthode d'exploitation des marnières agricoles.**

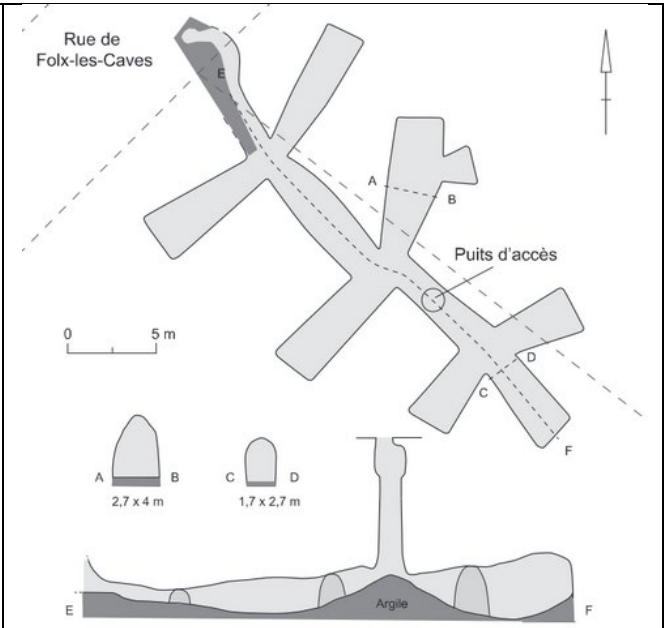
L'exploitation des marnières agricoles ne nécessitait pas de compétences spéciales. Le matériau était facile à extraire sans explosifs et le massif suffisamment stable pour supporter l'ouverture de cavités assez larges, sans boisage ni soutènement.

L'agriculteur exploitant creusait un puits de 1 à 1,5 m de diamètre au travers des limons et des sables tertiaires et, là où ils existent, au travers du conglomérat à silex et de la couche de phosphate, jusqu'à arriver à la couche de craie, dans laquelle il entraînait de quelques mètres. Les puits débouchaient en surface au sommet d'un « terrisse » constitué des terres de creusement du puits. Lors de la saison d'exploitation, on y installait un treuil à bras, protégé sous un auvent en chaume.

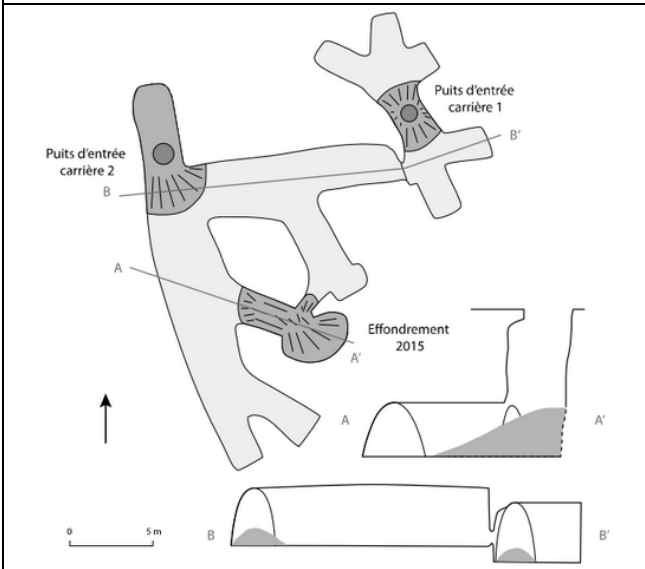
Du fond du puits, il creusait une ou deux galeries, en fait des chambres d'exploitation (« galeries-chambres » servant directement à extraire le matériau dans le gisement). Il poussait ces galeries entre 10 et 30 m du puits, en suivant la fracturation naturelle dense de la craie, de manière à faciliter l'extraction des petits blocs et à assurer la stabilité des travaux pour plusieurs saisons. De chaque galerie pouvaient partir une ou plusieurs galeries secondaires. Au final, il en résultait un réseau de galeries « divagantes », dont l'allure irrégulière était en fait souvent conditionnée par les particularités du sous-sol et par la pratique de l'exploitant. La stabilité était assurée par la section des galeries et par les massifs de craie irréguliers laissés en place (« piliers »). Il ressort des données bibliographiques et de terrain que les galeries mesurent en général de 2 à 3,5 m de largeur, pour 2 à 5 m de hauteur. Du point de vue de la stabilité, il était préférable, à section égale, d'augmenter la hauteur de la galerie plutôt que sa largeur.



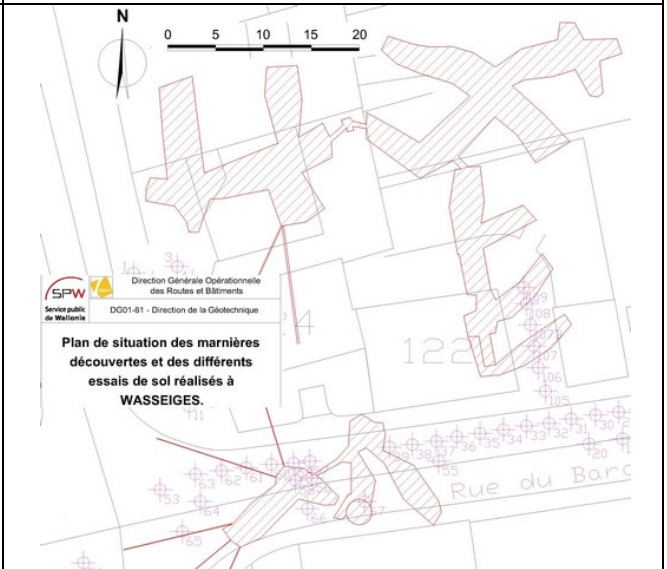
Grâce-Hollogne (carrière du bassin d'orage, topo SPW, Dir. Archéologie)



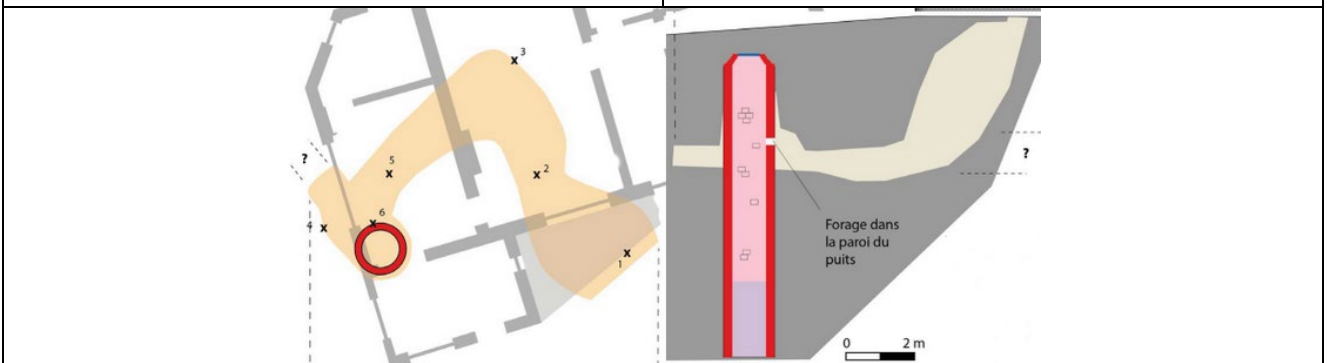
Jauche-la-Marne (carrière Renau-Fosse, topo SPW, Dir. Arch.)



Jauche-la-Marne (carrière de l'étang, topo SPW, Dir. Archéologie)



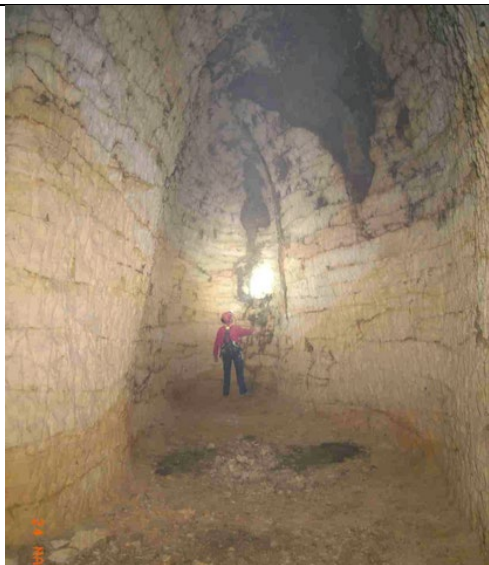
Wasseiges (carrières du centre, topo SPW, Dir. Géotechnique)



Biez (marnière et puits à eau, topo SPW, Dir. Géotechnique)

L'agriculteur évitait de trop excaver le sous-sol au risque de détériorer ses terres en surface. Une fois le secteur épuisé après quelques années, il ouvrait une nouvelle marnière à proximité. On retrouve ainsi souvent ces marnières par groupes. Evidemment, au cours des siècles, il arrive fréquemment qu'une marnière recoupe des travaux plus anciens, ce qui explique les différences de niveau et de styles rencontrés parfois....

En fin d'exploitation, l'agriculteur remblayait le puits avec son terrisse pour rendre les terres à la culture. A partir de 1852, la cessation de l'exploitation devait faire l'objet d'une déclaration au Gouverneur, par le biais du Bourgmestre. Suite à cette déclaration, l'Administration allait constater sur place le remblayage des puits et donnait un avis favorable à l'abandon. En pratique, on remblayait les puits sans envoyer la déclaration d'abandon requise.



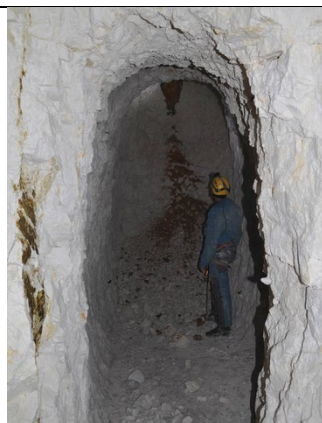
Wasseiges (carrière de la grange, photo SPW, Dir. Géotechnique)



Wasseiges (carrière de la grange, photo SPW, Dir. Géotechnique)



Grâce-Hollogne (carrière du bassin d'orage, photo SPW, Dir. Géotech.)



Grâce-Hollogne (carrière du bassin d'orage, photo SPW, Dir. Géotech.)

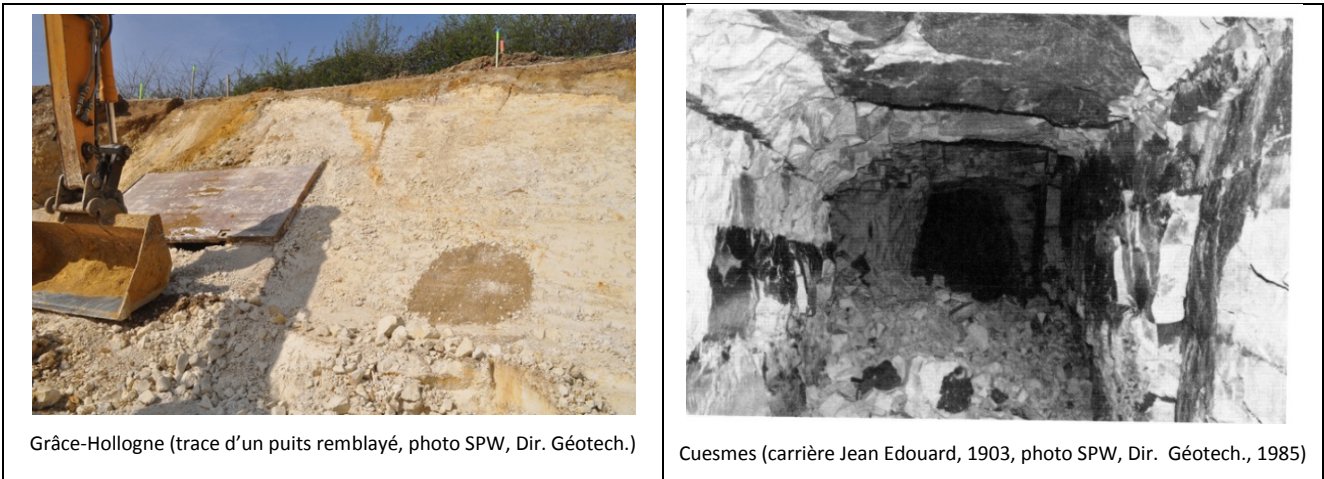


Jauche-la-Marne (carrière de l'étang, photo SPW, Dir. Géotechnique)



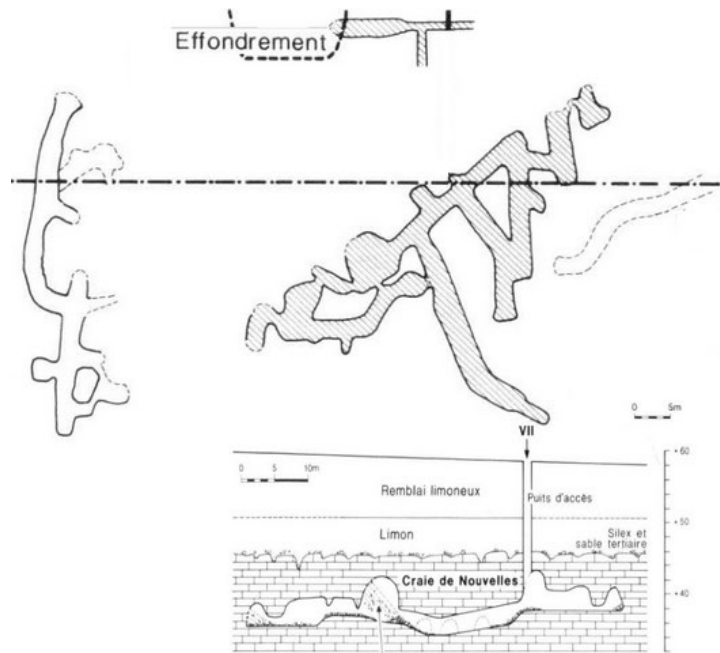
Jauche-la-Marne (carrière de l'étang, photo SPW, Dir. Géotechnique)





### 2.1.9. – Méthode d'exploitation des carrières pour la production de chaux.

Dans le Hainaut, les carrières souterraines de craie destinée à la production de chaux étaient exploitées à partir d'un puits de 1,5 à 2 m de diamètre. Ce puits se trouve presque toujours assez éloigné du four à chaux, de sorte que les fumées ne puissent descendre envahir les travaux souterrains et menacer la vie des ouvriers. Vu l'extension des travaux, on trouve souvent un ou deux puits d'aéragé de plus faible section. Ils servent alors aussi à la translation du personnel, via des échelles.



Plan et coupe d'une carrière sous le R5 à Cuesmes (SPW, Dir. de la Géotechnique, 1986)

Au pied du puits débouchent une ou deux galeries, qui démarrent avec une section réduite pour prendre leur pleine largeur après quelques mètres. Ceci permet d'assurer la stabilité du pied du puits. Comme pour les marnières, les galeries sont en fait des chambres d'exploitation (pas de galeries de liaison en roche stérile). Elles sont creusées sans explosifs, le réseau dense de fractures et de diaclases parcourant la craie ayant débité naturellement les bancs en blocs décimétriques, faciles à abattre avec des outils. Ces galeries peuvent s'étendre à plusieurs dizaines de mètres du puits. Elles suivent les particularités du gisement : elles apparaissent comme divagantes mais présentent souvent des directions préférentielles. Dans certains cas, on retrouve des zones plus régulières, en chambres et piliers. Seule la carrière du Coucrou, à Biez, présente une vaste surface exploitée en chambres et piliers.

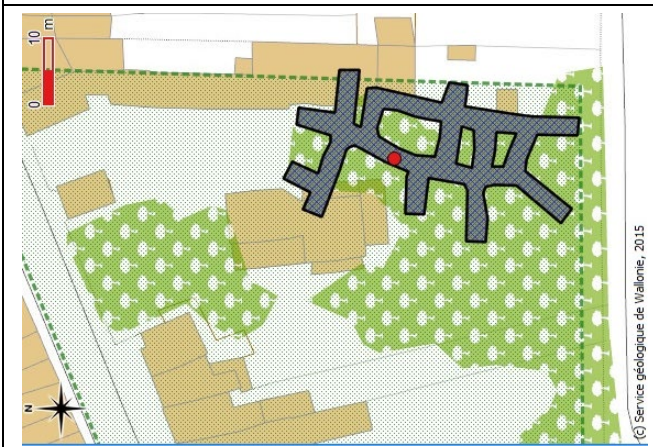
Les galeries ont couramment de 2 à 4 m de largeur pour 2 à 5 m de hauteur. Ici aussi, pour des raisons de stabilité, il est préférable, à section égale, d'augmenter la hauteur des galeries plutôt que leur largeur. Dans le Couchant de Mons, deux cas au moins sont connus pour avoir fait l'objet, en un point ou deux, d'une extraction en cloche au toit des galeries, au moyen d'outils à très long manche, jusqu'à 8 ou 9 m de hauteur. Il s'agissait sans doute d'une manière de prolonger la durée de vie de la carrière.



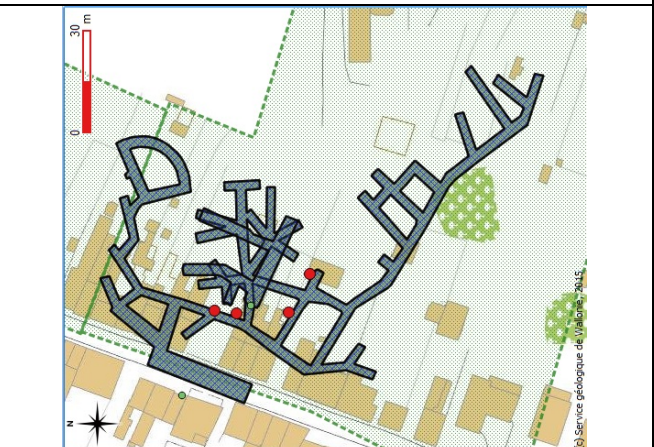
Jemappes, avant 1850 (archives SPW, DRIGM)



Jemappes, d'avant 1850 à 1895 (archives SPW, DRIGM)



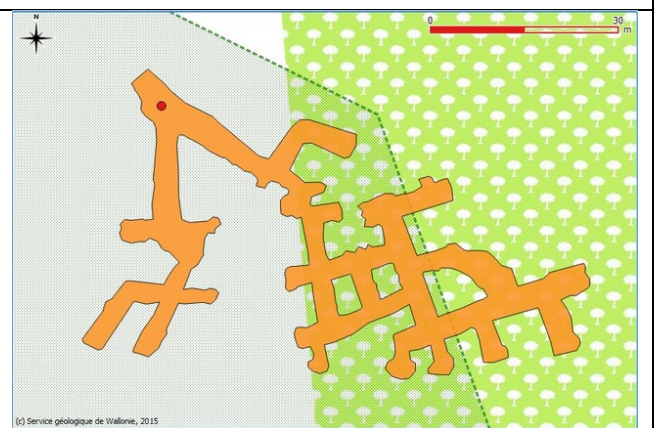
Elouges, vers 1860 (archives SPW, DRIGM)



Jemappes, sur deux niveaux (vers 1890, archives SPW, DRIGM)



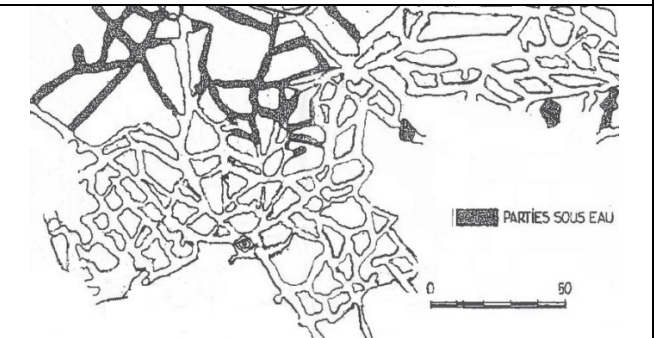
Cuesmes, sur deux niveaux (vers 1850-70, archives Char. du Borinage)



Frameries, à moins de 8 m de profondeur (< 1850, arch. SPW, DRIGM)



Quaregnon (famille Taine, vers 1850-70, archives SPW, DRIGM)

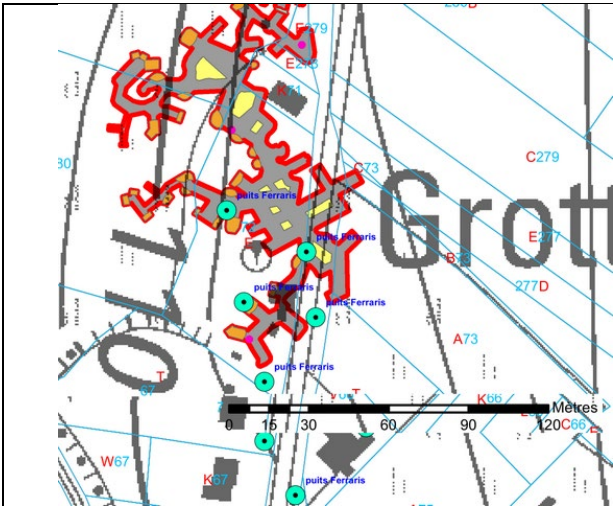


Carrières du Cocrou (Grez-Doiceau), extrait (SPW, Dir. Géotech.).

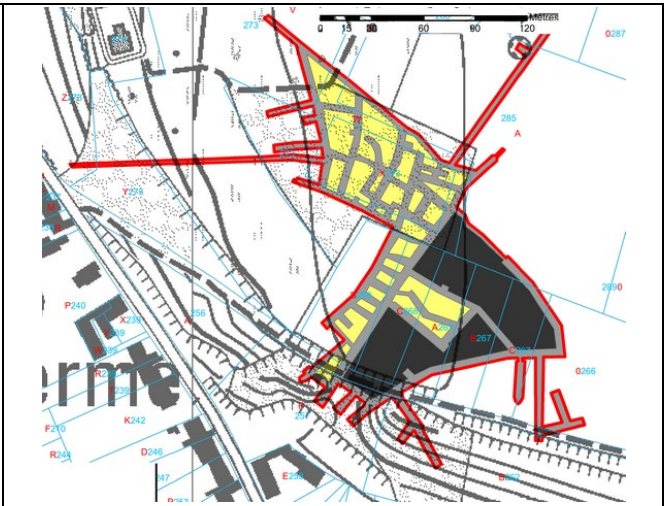
Les carrières souterraines de craie sont en général exploitées sur un seul niveau. Deux carrières sur deux niveaux sont toutefois connues à Jemappes et Cuesmes. Il existe en outre, à Cuesmes, une carrière de craie blanche établie, vers 1905, à quelques mètres sous les carrières souterraines de craie phosphatée de la Malogne.

### 2.1.10. – Carrières de la vallée de la Petite Gette (Orp-Jauche)

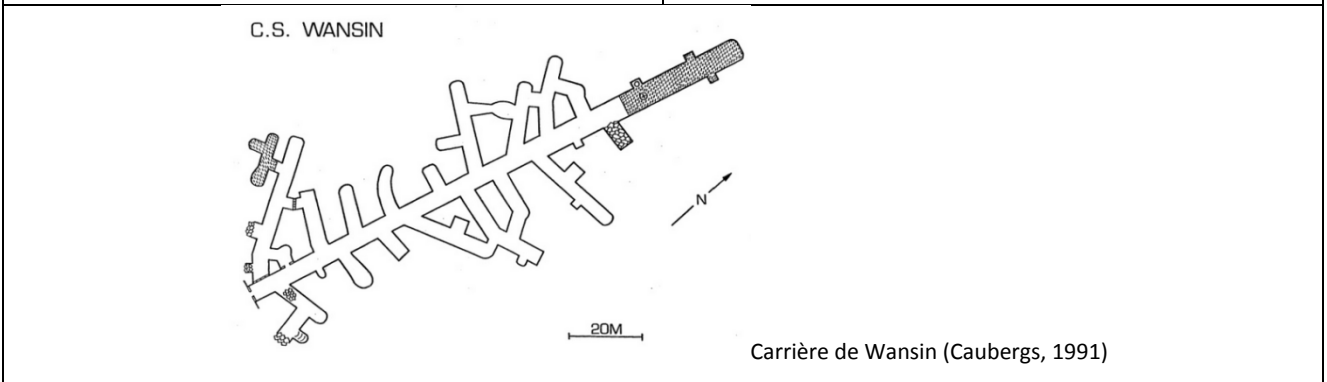
Dans la vallée de la Petite Gette, on trouve des carrières d'un certain développement avec accès à flanc de coteau, dans les formations de Folx-les-Caves et Jauche. Certaines de ces carrières semblent fort anciennes (« caves » de Folx-les-Caves), d'autres datent de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle et du début du 20<sup>ème</sup> (Wansin, Orp-le-Petit). Les réseaux y sont étendus et compacts, avec des secteurs en chambres et piliers abandonnés. L'accès à ces carrières se fait depuis des galeries ouvertes au pied des versants. La plupart sont encore accessibles et peuvent donc être caractérisées du point de vue de la stabilité et surveillées.



Folx-les-Caves (Caves Racourt, carto SPW, DGO4)



Orp-le-Petit (carrière Pahaut, carto SPW, DGO4)



Carrière de Wansin (Caubergs, 1991)

La craie des formations de Folx-les-Caves et de Jauche s'y présente en bancs plus massifs que dans la Formations de Gulpen. Elle est cependant assez tendre et se laisse extraire sans difficultés avec des outils. En dehors de ces quelques carrières souterraines, les craies y étaient exploitées dans des carrières à ciel ouvert à flancs de versant, la couverture y étant très faible.

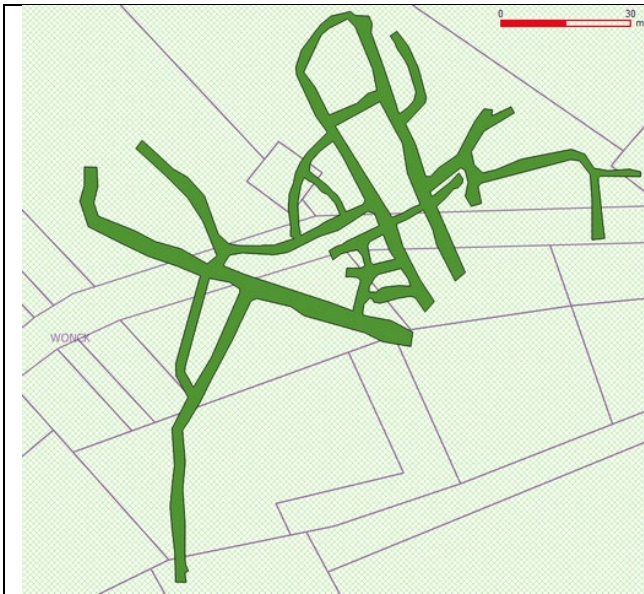
### 2.1.11 – Carrières de la vallée du Geer et de la Basse-Meuse

Les carrières souterraines de la vallée du Geer, depuis Lantremange, et le long du versant occidental de la Basse-Meuse présentent toutes des accès par galeries à flanc de coteau.

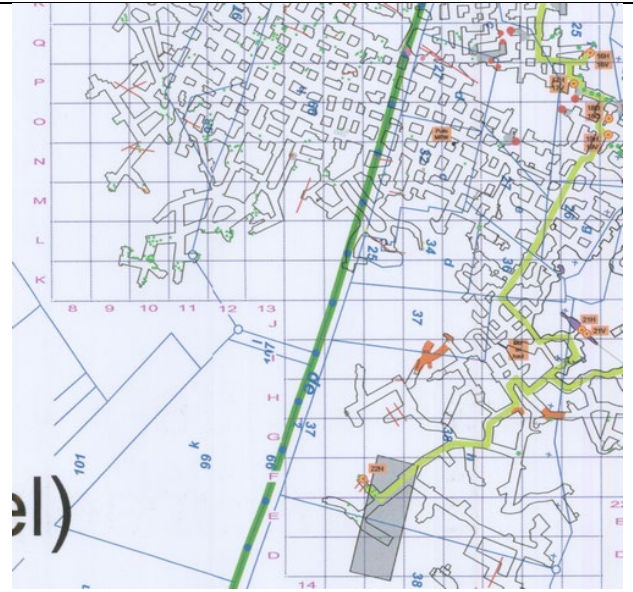
Ces carrières sont de toutes tailles, depuis de simples couloirs à diverticules jusqu'aux vastes carrières, comprenant des secteurs en chambres et piliers abandonnés, de la Montagne Saint-Pierre, en passant par des réseaux de taille moyenne, plus ou moins compacts (Wonck, Eben-Emael). Cette zone de carrières souterraines prend tout son développement dans le sud-est du Limbourg flamand et autour de Maastricht.

Les carrières où on a extrait le tuffeau comme pierre de construction sont très faciles à reconnaître : les galeries et les piliers présentent encore les faces plates de découpe à la scie ou à l'outil du massif en vue d'en extraire des blocs de taille régulière (carrières de la Montagne Saint-Pierre). Les déchets et les résidus de sciage étaient utilisés pour le marnage. Le toit des galeries est plat et moins large que la base des galeries.

Les carrières d'extraction de silex se présentent le plus souvent comme des réseaux de galeries divagantes parfois assez étendus (plusieurs hectares), avec des secteurs en chambres et piliers. Le toit des galeries présente une section en forme de voûte surbaissée. Elles sont en général d'une largeur de 3 à 4 m pour une hauteur un peu moindre.



Wonck. Carrière de silex « Pach-Lauw »  
(archives SPW, DRIGM)

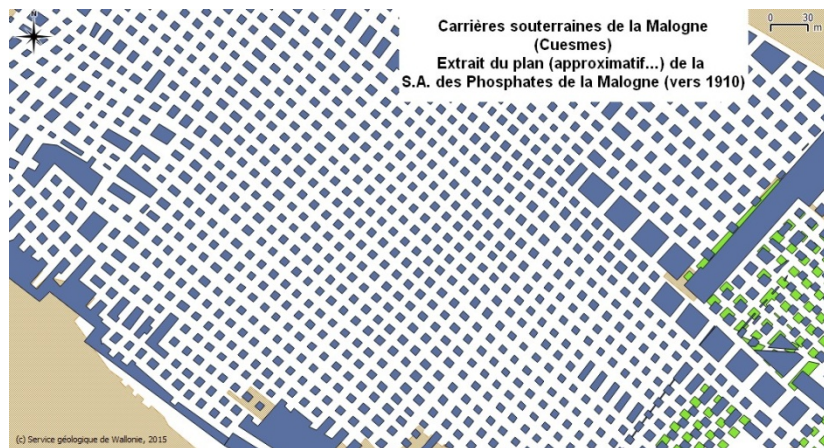


Carrières de tuffeau du Thier de Caster.  
Secteurs en chambres et piliers abandonnés et par galeries.  
(topo SPW, Dir. Géotech.)

### 2.1.12 – Carrières souterraines de craie phosphatée du Bassin de Mons

Ces exploitations se sont développées entre quelques mètres et plus de 40 m de profondeur (localement 60 m), sur des superficies parfois importantes (carrières de la Malogne, sur 67 ha à Cuesmes), localement sur deux niveaux (Saint-Symphorien, Baudour).

Elles ont été exploitées par chambres et piliers abandonnés. Les galeries-chambres mesurent 4 m, occasionnellement 5 m, de largeur. Les piliers mesurent 4 m (le plus souvent) à 5 m de côté. La hauteur varie avec l'épaisseur de la couche, de 2 à 10 m.



Extrait du plan de la S.A. des Phosphate de la Malogne (Wikipedia : La Malogne, D. Pacyna, 2015)

Les variations rapides d'épaisseur de part et d'autres de failles synsédimentaires sont fréquentes (on peut passer d'une épaisseur de 3 m à une épaisseur de 7 m brutalement).

Le creusement des galeries-chambres se faisait à l'explosif (poudre noire en grains et dynamite dans les zones très humide).

A Cuesmes, Havré et Saint-Symphorien, on a exploité certaines parties altérées de la couche, en bordure d'affleurement, suivant une technique très proche de celle utilisée en Hesbaye pour les exploitations de phosphate (tailles remblayées).

Les risques sont les mêmes que pour les toutes carrières de craie, avec en plus, un risque d'effondrement généralisé, relativement imprévisible, propres aux exploitations en chambres et piliers à toit raide (banc durci), dans certaines situations géotechniques et géologiques. Il s'agit de la descente quasi instantanée d'un secteur plus ou moins important de la carrière, les piliers s'écrasant les uns après les autres très rapidement. Le dernier s'est produit à Cuesmes le 22 avril 2015 (1 ha, 150 x 75 m, pour 1 à 3 m de profondeur, à proximité d'un effondrement semblable de 1932-34. Ce type d'effondrement n'est pas abordé ici.



L'effondrement généralisé de 2015 à Cuesmes (photo Police fédérale)

Le gisement de Cuesmes a été fortement fracturé par les exploitations minières sous-jacentes, contrairement à ceux allant de Mesvin à Saint-Symphorien.

Il n'existe de plans que pour une partie de celles de Cuesmes (peu précis), et de celles de Saint-Symphorien et, partiellement, pour une de Ciplly et une de Baudour. Des topographies récentes existent pour Cuesmes (Malogne) et Ciplly (2 carrières).

#### **2.1.13. – « Exploitations clandestines » et « exploitations officielles »**

On considère souvent qu'une bonne partie des marnières et carrières souterraines de craie aurait été réalisée « sans autorisation » ou « clandestinement ».

Avant l'entrée en vigueur de l'arrêté royal du 29 février 1852 sur les carrières souterraines, l'exploitation des carrières souterraines était libre, moyennant l'autorisation du propriétaire de surface et le respect de règles locales (distance par rapport aux chemins, remblayage des puits,...). Ces carrières n'ont donc pas laissé de traces administratives, tout en étant parfaitement légales dans le contexte administratif de l'époque.

A dater de 1852, le candidat exploitant devait d'abord obtenir la permission du propriétaire de la parcelle. Ensuite, tout en commençant les travaux, il adressait une déclaration d'ouverture de carrière souterraine au Gouverneur de la province. Ce dernier en donnait acte, ce qui valait autorisation. La carrière se trouvait alors placée sous la surveillance de l'Administration des Mines ou de l'Inspection du Travail, selon les cantons. La tenue de plans n'était pas exigée. Après l'entrée en vigueur de l'arrêté royal du 2 avril 1935 sur la police des carrières souterraines, il était procédé à une instruction plus complète et la carrière était autorisée par arrêté de la Députation permanente. La tenue de plans devient alors obligatoire, tout comme le remblayage des puits hors service.

La majorité des marnières agricoles ayant été exploitées avant la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, il est normal qu'elles n'aient pas laissé de traces administratives dès lors qu'aucune démarche n'était requise.

Pour ce qui est des carrières de craie du Hainaut, une grande majorité ont fait l'objet de la déclaration requise dès 1852. La présence du four à chaux en surface rendait difficile les exploitations clandestines...

Il en est de même pour les carrières de craie phosphatée, sauf pour la plus importante, celle de la S.A. des Phosphates de la Malogne, qui n'a jamais fait l'objet d'une déclaration mais était pourtant suivie par l'Administration des Mines.

#### **2.1.14 – Sources et précision de la localisation.**

La quasi absence de traces administratives, de plans et de topographies n'a pas permis de réaliser un inventaire exhaustif des carrières existantes de craie, et en particulier des marnières, et de tuffeau/silex. La quasi-totalité des données provient :

- des archives de l'ex-Administration des Mines, telles que transférées à la Région wallonne en 1986-87 ;
- des archives de la Carte géologique de Belgique à 1/40.000 (1890-1919) et de la Carte géologique de Wallonie à 1/25.000 (1990-1919), tenues à jour depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Il s'agit de marnières dont le puits est localisé et d'effondrements constatés par les agents et collaborateurs du Service géologique de Belgique. Ces données ont été reportées sur des cartes de l'Institut géographique militaire, en projection Bonne, à l'échelle du 1/20.000 (1/10.000 depuis 1990). Ces points ont été localisés par mesurages simple depuis des éléments de terrain. Leur précision est donc estimée à environ 20 m ;
- des dossiers d'archives du Service public de Wallonie, à l'occasion d'intervention sur des effondrements ou des découvertes de carrières souterraines (Cellule Sous-sol/Géologie de 1999 à 2013, Cellule Mines et Service géologique de Wallonie depuis 2013,

Direction de la Géotechnique,...). Depuis 2014, ces dossiers sont suivis et archivés par la Cellule Avis et Conseils Effondrements. D'une manière générale, depuis 2000 environ, les accidents font l'objet de descriptions et de repérages soignés ;

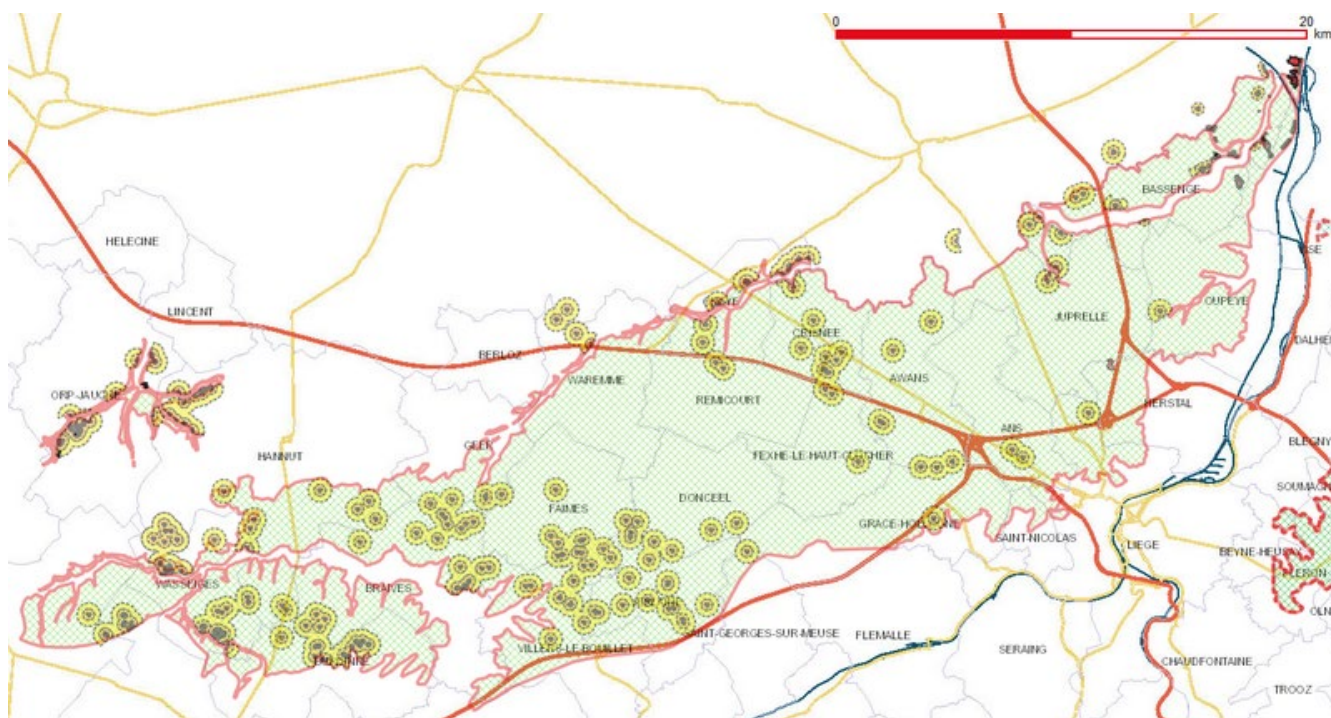
- d'une enquête de terrain menée sur 11 communes de Hesbaye, en 2008, par la Commission wallonne d'Etude et de Protection des Sites souterrains, sur demande de la Région wallonne (Cellule Sous-sol/Géologie) ;
- de recherches dans la presse et dans la bibliographie papier (dont le travail de compilation de M. Caubergs, 1991) et internet ;
- des archives conservées par la S.A. Charbonnages du Borinage en liquidation.

L'inventaire et la cartographie des carrières souterraines de craie phosphatée autour de Mons ont été réalisés sur base :

- des archives de l'ex-Administration des Mines, telles que transférées à la Région wallonne en 1986-87 (dossiers administratifs et techniques, déclarations et autorisations sur base parcellaire, plans,...) ;
- d'archives privées détenues par D. Pacyna et par la S.A. Charbonnages du Borinage en liquidation ;
- des levés topographiques anciens et récents (dont les levés des carrières de la Malogne par la Direction de la Géotechnique, entre 2001 et 2018, avec l'aide de l'ASBL Malogne et de la Commission wallonne d'Etude et de Protection des Sites souterrains, et d'autres opérateurs non institutionnels). Le report sous GIS des plans anciens et récents a été assuré par D. Pacyna entre 2011 et 2018).

### 2.1.15. – Cartographie

#### 2.1.15.1. Marnières, carrières de craie, de « tuffeau » et mixtes « tuffeau »/silex.



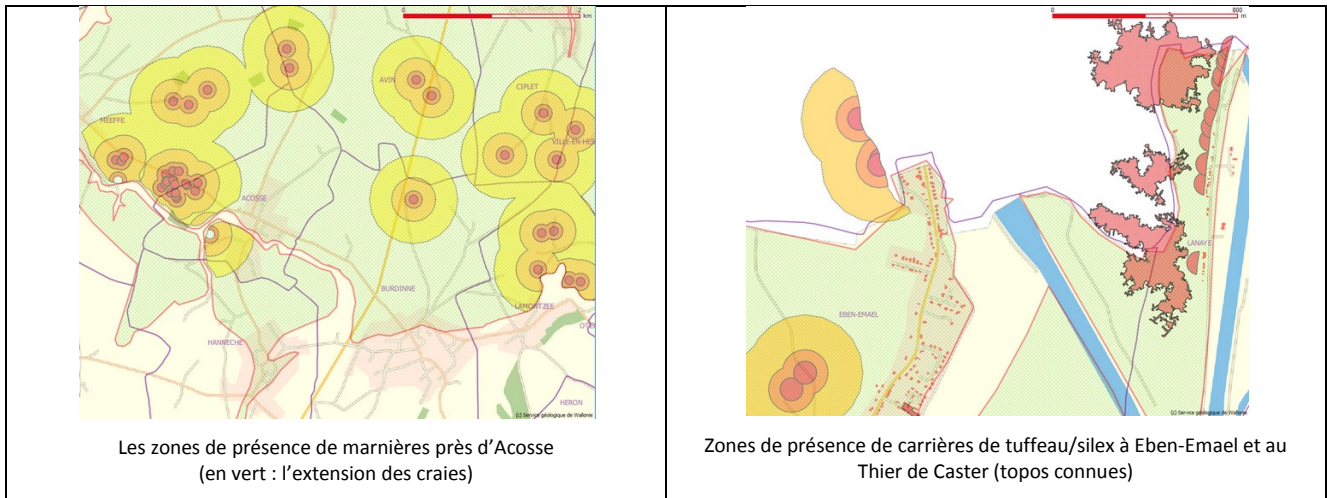
Zones de présence de carrières de craie, de tuffeau/silex et de marnières en Hesbaye (situation 2018). En vert, l'extension des craies.

La nature des données disponibles a conduit à envisager de cartographier la présence de carrières de craie selon la méthodologie suivante, prenant en compte le type de donnée, leur imprécision, les caractéristiques locales de l'exploitation, la géologie et la topographie :

- *zone de présence certaine* d'une carrière souterraine dans le périmètre :
  - périmètre enveloppe d'une carrière dont un plan à la fin des travaux ou une topographie actuelle est connue ;
  - parcelle pour laquelle existe un plan de travaux, dont on ignore s'il s'agit de l'état final ;
  - parcelle pour laquelle existe une déclaration d'ouverture ou une autorisation (partant du principe que si un exploitant a effectué cette démarche administrative, il est logique qu'il l'ait mise en œuvre) ;
  - indice clair (effondrement, point décrit, indication bibliographique), affecté d'un cercle de 50 m de rayon (imprécision de la donnée et extension caractéristique des marnières) ;
- *zone de présence très probable* d'une ou plusieurs marnières dans le périmètre (rayon de 50 m autour de la zone de présence certaine, lorsque celle-ci est ponctuelle). Les marnières étant fréquemment groupées, la présence d'une marnière est suffisante pour estimer qu'une ou plusieurs autres sont présentes à 100 m autour ;
- *zone de présence probable* d'une ou plusieurs marnières dans le périmètre (rayon de 150 m autour de la zone de présence très probable). Il ne peut y être exclu d'y rencontrer des marnières inconnues ;

- *zone de présence possible de marnières* (rayon de 250 m autour de la zone de présence probable). Etant donné l'existence de marnières dans le secteur et au vu la géologie locale, les conditions étaient présentes pour en ouvrir une ou plusieurs.

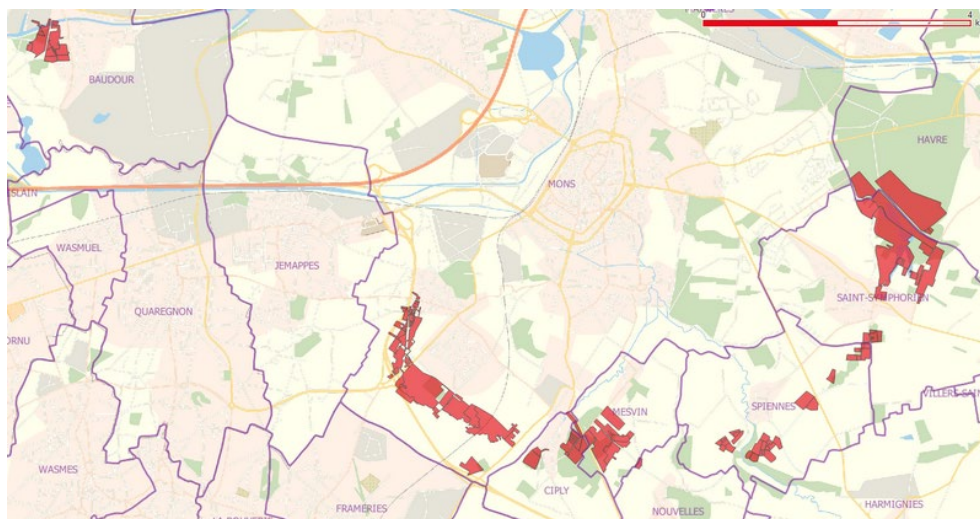
Ci-dessous, les détails de deux zones.



#### 2.1.15.2. Carrières de craie phosphatée du Bassin de Mons.

La nature des données disponibles a conduit à envisager de cartographier la présence des carrières de craie phosphatée selon la méthodologie suivante, prenant en compte le type de donnée, leur imprécision, les caractéristiques locales de l'exploitation, la géologie et la topographie :

- *zone de présence certaine* d'une carrière souterraine dans le périmètre :
  - périmètre enveloppe d'une carrière dont un plan à la fin des travaux ou une topographie actuelle est connue (précision : 1 à 5 m) ;
  - parcelle pour laquelle existe un plan de travaux, dont on ignore s'il s'agit de l'état final (précision : 5 m) ;
  - parcelle pour laquelle existe une déclaration d'ouverture ou une autorisation (confirmée par des rapports ou par la bibliographie ; précision de positionnement de la parcelle d'époque : 5 m) ;



Extension des carrières souterraines de craie phosphatée du Bassin de Mons

Les parcelles pour lesquelles une information était disponible (Bassin de Mons surtout et vallées du Geer et de la Basse-Meuse), parfois en prenant en compte les contours approchés des exploitations, avaient été intégrées au marché de cartographie des carrières souterraines que la Cellule Sous-sol/Géologie du Ministère de la Région wallonne avait confié à l'association momentanée Walphot-CIGER, en 2001-02.

Pour ce qui est des plans et topographies disponibles, le Service géologique de Wallonie poursuit leur numérisation et leur géoréférencement. Ce travail est néanmoins conséquent, faute de points de calage précis de qualité.

### 2.1.16. – Interactions entre le karst dans les craies et tuffeaux et les carrières souterraines

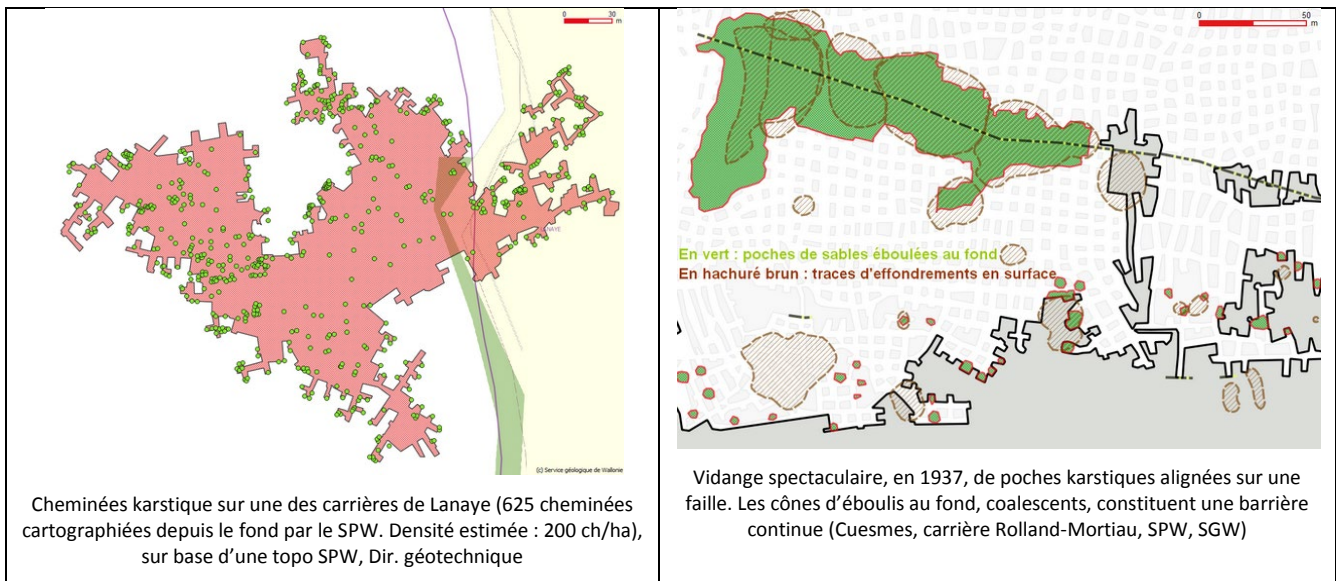
En recoupant des cheminées et poches karstiques, les galeries des divers types de carrières souterraines ont provoqué et peuvent encore provoquer la vidange des matériaux meubles de remplissage dans les vides souterrains.

Pour les poches larges, la chute des matériaux meubles commence par une remontée de fontis classique, jusqu'à ce que les parois de ce fontis s'élargissent sous terre comme le feraient celles d'une excavation en surface. Les matériaux peuvent alors s'écouler assez vite dans les galeries. La voûte, d'une largeur plurimétrique, entièrement dans les sables et limons, finit par s'effondrer, créant un cratère au jour. Les matériaux sableux vont alors s'écouler jusqu'à atteindre leur pente de talus naturel. Plusieurs cratères de ce type peuvent être coalescents (Cuesmes, carrière Rolland-Mortiau).

Pour les cheminées du type « tuyau d'orgue », la remontée du fontis se déroule comme pour un puits, restant canalisée dans le « puits naturel ».

Il est probable qu'un nombre non négligeable d'effondrements de marnière soit à attribuer à de semblables vidanges de poches karstiques, souvent sous l'effet d'infiltrations d'eau (chemin préférentiel).

Les deux figures qui suivent donnent une idée de la densité et du volume de ces poches karstiques.



### 2.1.17. – L'influence des exploitations houillères sous-jacentes.

Dans le Couchant de Mons et au nord de Liège, de Grâce-Hollogne à Herstal, l'exploitation de la houille a provoqué, dans la zone d'influence des chantiers, une dislocation des terrains reposant sur le Houiller, y compris des formations crayeuses. Cette fracturation a pu, dans certains cas, favoriser l'exploitation de la craie. Toutefois, pour les exploitations qui existaient déjà, elle a contribué à réduire la résistance des massifs et des piliers et fracturé le toit des galeries. Elle a aussi facilité les infiltrations d'eau depuis la surface, et, avec elles, la migration des matériaux meubles renfermés dans les poches de dissolution vers ces fractures.

## 2.2. Description des objets.

### 2.2.1 – Les puits

Les puits de marnières agricoles mesurent de 1 à 1,5 m de diamètre. Ils sont en général de section circulaire. Ils n'étaient que rarement boisés, ou seulement au niveau des couches friables (sables et limons). Le revêtement est habituellement réalisé au moyen de fortes branches flexibles disposées en cerceaux horizontaux ("aires") ou au moyen de branches plus longues disposées en hélice. Ces cadres élastiques pressaient contre les parois des branches verticales, plaquant, au besoin, des veloutes ou de la paille.

Les puits des carrières de craie pour fours à chaux mesurent de 1,5 à 2 m de diamètre. Ils sont généralement de section circulaire. Comme ces carrières sont plus étendues et que leur exploitation doit durer plusieurs années, ces puits sont souvent maçonnés, au moins dans la traversée des terrains meubles. On trouve aussi fréquemment des puits d'aération maçonnés, de plus petite section. Ils servent parfois de puits aux échelles.

Dans les deux cas, au pied du puits, on trouve un ou deux débouchés de galeries, souvent assez étroits. Dans d'autres cas, le puits débouche à l'extrémité d'une galerie ou dans le toit d'une galerie ou d'un carrefour de galerie.

Il existe plusieurs cas connus de puits de mines réutilisés pour exploiter des carrières souterraines de craie (Couchant de Mons et Liège) après avoir établi un plancher et une ouverture dans le revêtement.



Dans les vallées du Geer et de la Petite Gette, les carrières présentent un accès principal par une ou des galeries horizontales débouchant souvent au niveau d'un chemin en pied de versant ou sur le versant, à la base de l'affleurement de la couche convoitée (vallée du Geer). Des puits d'aération de faible section peuvent alors exister sur le plateau.

### 2.2.2. – Les galeries-chambres

Les dimensions des galeries sont fixées par l'expérience et les usages locaux et par la volonté d'assurer la stabilité interne des ouvrages sur plusieurs saisons et le maintien à long terme des terres de culture.

Une galerie de faible largeur, au toit en voûte ou en ogive, présentera moins de risques de voir les bancs de toit s'écrouler qu'une galerie plus large au toit plat. Il vaut toujours mieux augmenter la section d'une galerie en augmentant sa hauteur plutôt que sa largeur. Une galerie étroite, avec une voûte en ogive, évite d'avoir affaire à des bancs de trop forte portée, sujet à la flexion et à la rupture. Si la roche est naturellement fracturée, elle peut permettre un effet de voûte par encorbellement.

Il ressort des données disponibles que, dans les marnières agricoles, les galeries mesurent de 2 à 3,5 m de largeur pour 2 à 5 m de hauteur. Elles présentent en général une section en ogive.

Dans les carrières de craie à chaux, les galeries peuvent être un peu plus large, de 2 à 4 m, pour 2 à 5 m de hauteur, localement jusqu'à 6 m. Exploitées en continu et avec des débits plus importants, il semble souvent qu'elles aient été creusées avec moins de soin. Dans le Hainaut, le toit est souvent assez large.

Dans les carrières de tuffeau maastrichtien, les galeries présentent des assemblages de faces planes, laissées par le sciage des blocs à extraire. Les hauteurs varient de 2 à 10 m, pour des largeurs de 3 à 5 m. En Flandre, elles sont souvent assez large (3 à 4 m, mais de faible hauteur (2 à 3 m). Le toit est souvent plat mais de largeur moindre que celle de la base de la chambre.

Dans les carrières de silex, les galeries mesurent de 2 à 4 m de largeur pour 2 à 4 m de hauteur. Le toit est souvent en voûte plate.

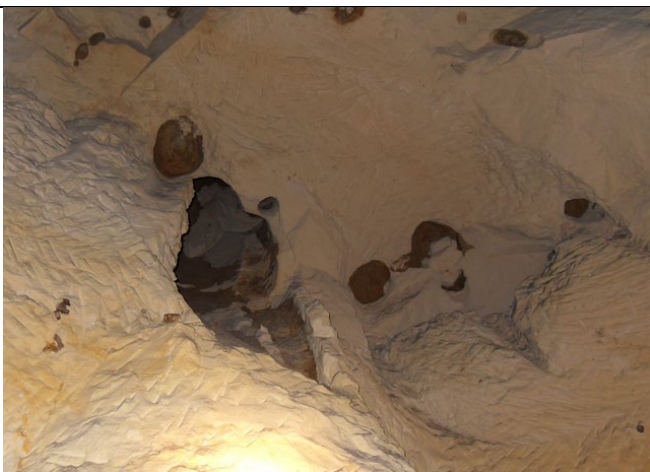
Dans la craie phosphatée, elles mesurent 4 m de largeur en majorité, pour 2 à 10 m de hauteur (2 à 8 à Cuesmes).

### 2.2.3. – Les cheminées et poches karstiques

La partie supérieure des craies, juste sous les terrains tertiaires, présente souvent une surface de contact altérée, en creux et bosses. Cette surface d'altération est marquée par des dépôts de résidus insolubles d'altération (argiles, phosphate, argile à silex), qui en épousent l'allure ou y constituent des poches locales. Ce phénomène d'altération ancienne est particulièrement marqué en Hesbaye.

Par ailleurs, la partie des craies située entre les terrains meubles de couverture et la nappe présente des cheminées (conduits étroits, verticaux, d'allure sinueuse) et des poches (entonnoirs plus ou moins vastes) de dissolution. Les terrains meubles superficiels peuvent y être descendus à des profondeurs parfois importantes (jusqu'à une trentaine de mètres). Parfois, ces poches continuent d'évoluer, générant des dolines en surface. Ces cheminées et poches sont fréquemment recoupées par les galeries.

La karstification ne s'est pas développée que verticalement. Elle s'est aussi attaquée aux joints horizontaux et aux diaclases entre les bancs, les élargissant et y infiltrant des matériaux meubles de surface. On trouve ainsi, dans certains sondages, des alternances de craie et de sables ou de limons. Parfois, en bordure de vallée, de véritables chenaux ou conduits karstiques se sont développés sur les axes de circulation d'eau. En France, de vraies grottes ont été découvertes dans un contexte similaire.



Cheminées karstiques dans la Formation de Maastricht (toit de la galerie. Diamètre de la plus grande : env. 1 m)  
(Thier de Caster, photo SPW, SGW)



Vidange d'une poche karstique dans des galeries, à -25 m (Cuesmes, Formation de Ciplu-Malogne, photo SPW, SGW)



Cheminée karstique dans la Formation de Gulpen  
(Grâce-Hollogne, carrière du bassin d'orage. Photo SPW, Dir.  
Géotechnique)



Carrières de tuffeau du Thier de Caster.  
Vidange d'une importante poche karstique au toit  
(hauteur de la galerie : 7 à 8 m. Photo SPW, SGW)



Vidange d'une poche karstique dans des galeries, à -15 m  
(Cuesmes, Formation de Ciplly-Malogne, photo SPW, SGW)



Poche karstique en cul-de-galerie, à -15 m  
(Cuesmes, Formation de Ciplly-Malogne, photo SPW, SGW)

### 3. .MANIFESTATIONS EN SURFACE DE CES CARRIÈRES

Aujourd'hui, on n'aperçoit plus aucune trace en surface de la majorité de ces carrières. Elles ne se rappellent à nous que par des effondrements réguliers souvent en hiver ou après des périodes de fortes précipitations, qui provoquent l'évolution rapide de la phase finale de remontée du fontis. A la campagne, la plupart des effondrements sont remblayés directement par les agriculteurs, habitués à ce genre d'accidents. Ils provoquent cependant régulièrement l'inquiétude du public et des autorités lorsqu'ils surviennent dans des zones aujourd'hui urbanisées ou à proximité de voiries.

La grande majorité, uniquement accessibles par puits, ne sont plus visibles ni visitables. Toutefois, il existe un certain nombre d'entre elles qui ont pu être visitées, suite à un effondrement ou une découverte en terrassements, par les agents de la Direction de la Géotechnique SPW, DGO1), de la Direction de l'Archéologie (SPW, DGO4), de la Cellule Environnement et Aménagement (SPW, DGO4), de la Direction des Risques industriels, géologiques et miniers (Cellule Mines et Service géologique de Wallonie) dans le cadre de dossiers traités par ces services ou à titre d'experts pour le compte de la Cellule Aide et Conseils Effondrements (CACEff). Ces visites ont permis de collecter de précieuses données typologiques. Un certain nombre de carrières avec accès à flanc de coteau ou de carrières restent accessibles dans les vallées de la Petite Jette, du Geer et de la Basse-Meuse ainsi que dans la région de Mons.

#### 3.1. Mécanisme conduisant de la ruine au toit de la cavité à l'effondrement de surface (fontis).

Il n'y a pas de phénomènes localisés consistant en la descente brutale d'un prisme de terrain dans un vide en sous-sol. Il en est différemment des effondrements généralisés, quasi instantanés, qui peuvent affecter certains quartiers de carrières souterraines en chambres et piliers abandonnés ou en très grandes chambres.

Un effondrement de la surface lié à la présence d'une cavité trouve son origine dans la ruine du toit de la cavité. Cette ruine commence par la chute des premiers bancs du toit, à la faveur de discontinuités (diaclasses, faille, fractures naturelles ou d'origine minière, discontinuités d'origine karstique), par fléchissement des bancs si la portée est trop importante par rapport à leur épaisseur (carrefour de galeries, élargissement) ou par éboulement de couches présentant une cohésion faible.

Cet éboulement peut alors progresser vers le haut, banc par banc ou couche par couche, jusqu'à ce que se forme une voûte naturelle solide (bancs en encorbellement, cloche), ce qui peut se produire pour de faibles section de fontis, ou jusqu'à rencontrer un horizon plus solide (banc épais, bancs de silex tabulaires, hard-ground, argile à silex compacte,...).



Remontée de fontis et ses éboulis de pied  
(fontis linéaire sur faille, Cuesmes, photo SPW, SGW)



Eboulis sous remontée de fontis ayant rejoint le toit de la galerie  
(fontis linéaire sur faille, Cuesmes, photo SPW, SGW)

Si la remontée de la cheminée de fontis n'est pas arrêtée avant la rencontre de formations meubles superficielles, le vide progressera vers la surface. C'est lorsque la voûte se trouve à proximité immédiate de la surface qu'elle est la plus dangereuse, la « bulle » de vide n'en étant séparée que par une croûte assez mince. C'est l'éboulement final de cette croûte qui donne l'impression que le phénomène est survenu brutalement, alors qu'il progressait lentement.

Selon l'importance du foisonnement et de l'épaisseur des terrains au-dessus du sommet de la cheminée, le sommet de la colonne d'éboulis rattrapera plus ou moins rapidement le sommet de la cheminée. Le vide cessera alors d'exister par auto-comblement et aucun fontis n'apparaîtra à surface. Si le foisonnement est nul (matériaux meubles sur le très long terme), il ne peut y avoir auto-comblement mais migration de la totalité du volume de vide disponible secondaire vers la surface.

La cheminée de fontis qui va se développer par éboulements successifs va donc progressivement migrer vers la surface. Si l'auto-comblement de la cheminée de fontis n'est pas possible, il apparaîtra en surface un cratère d'effondrement primaire, d'allure cylindrique (le fontis), dont le volume sera le volume résiduel qui aura migré en surface. Si ce volume de vide résiduel est très faible, la surface ne sera qu'à peine déformée par un affaissement (« pseudo-doline »).

En l'absence de traitement du cratère primaire (remblayage rapide), il évoluera vers un cratère secondaire ayant l'allure d'un cône ou d'un tronc de cône renversé dont le volume et la pente des talus dépendront du volume initial du cratère initial et de l'épaisseur et des caractéristiques géotechniques des formations meubles superficielles (en première approximation, on peut prendre pour pente du talus l'angle de pente de talus naturel).

La cinétique d'évolution d'un effondrement depuis l'effondrement prismatique initial jusqu'au cône ou tronc de cône renversé final, peut être très variable. Elle dépendra essentiellement des caractéristiques géotechniques des formations meubles et du contexte (infiltrations, écoulement d'eau, exposition aux intempéries, vibrations, ...).

En milieu urbanisé, cette évolution est très rare. En effet, le premier mouvement de sol est rapidement traité pour empêcher son extension. Il s'agit de cas limites rencontrés en terrain agricole ou forestier.

### 3.2. Description des effets en surface liés aux carrières de phosphate - Les constats de terrain

Aujourd'hui, on n'aperçoit plus aucune trace en surface de la majorité de ces carrières. Elles ne se rappellent à nous que par des effondrements réguliers, souvent en hiver ou après des périodes de fortes précipitations, qui provoquent l'évolution rapide de la phase finale de remontée du fontis. La plupart des fontis ou affaissements sont remblayés directement par les agriculteurs. Ils provoquent cependant souvent l'inquiétude du public lorsqu'ils surviennent dans des zones aujourd'hui urbanisées.

En pratique, l'effondrement initial est d'allure cylindrique à légèrement évasée (selon la cohésion des terrains et leur état de saturation). Il mesure environ 3 à 6 m de diamètre pour les marnières agricoles (dont une majorité entre 4 et 5 m) et de 2 à 6 m de diamètre pour les carrières de craie à chaux du Hainaut. La profondeur des vides peut aller de quelques mètres à 10-15 m, selon le volume des galeries, leur hauteur et l'épaisseur des terrains de recouvrement. Les données sont quasi-inexistantes pour les carrières de tuffeau et de silex des vallées du Geer et de la Basse-Meuse : seuls de grands entonnoirs anciens sont visibles au Thier de Caster.

Si la cavité résultant de l'effondrement initial n'est pas rapidement remblayée, elle évoluera vers une excavation de forme conique au sein des limons et sables superficiels. Les plus grands cônes d'effondrement, dont aucun ne paraît avoir eu le temps d'évoluer vers son plein développement, auraient mesuré de 7 à 10 m de diamètre. Encore s'agit-il d'effondrements abandonnés un certain temps aux intempéries, en terres agricoles.

Lors de l'évolution entre les deux situations, il faut se rappeler que les terrains autour de l'excavation ont subi une décompression et présentent souvent des crevasses périphériques marquant cette évolution.

**Note importante :** les informations relatives à la dimension des effondrements sont sujettes à caution comme a pu le montrer l'expérience de l'Administration. Les dimensions fournies par les riverains, les autorités locales, voire les professionnels de la sécurité publique sont presque toujours surestimées, parfois d'un facteur 2 à 5. Depuis 2000 environ, les dimensions sont mesurées avec rigueur par l'Administration. Les données anciennes précisent, quant à elles, rarement le stade d'évolution de l'excavation décrite depuis sa survenance.

Lorsqu'aucun fontis ne s'est encore manifesté en surface, on peut toutefois en trouver la trace dans des essais géotechniques ou dans des forages, sous forme d'une zone de décompression déconsolidée, sur et au-dessus d'une cheminée de fontis auto-comblé ou en progression.

Il n'est connu que quelques rares accidents sur carrières de craie ayant entraîné la ruine ou la démolition d'un immeuble (non exhaustif) :

- Jemappes, entre deux-guerres (un banquet de mariage prêt dans une cuisine sous terre ; l'habitation a été conservée) ;
- Jemappes 1937 (la moitié d'une habitation sous terre, abattue) ;
- Jemappes, 1984-85 (une salle de spectacle scolaire, avec sa bibliothèque, lézardés et abattus) ;
- Wasseiges, 1992 (un immeuble de service ruiné et abattu) ;
- Jemappes, 2003 (un immeuble lézardé, exproprié et abattu) ;
- Verlaine, vers 2004 (un immeuble endommagé) ;
- Wasseiges, 2012 (une maison écroulée et une autre abîmée).

La dangerosité à court et moyen terme de ces effondrements pour les infrastructures est liée à leur section et non à leur profondeur. En effet, c'est la dimension au sol de l'excavation qui conditionne la réaction des fondations et assises des immeubles et infrastructures.

### 3.3. Estimation des effets en surface associés aux carrières de phosphate - Quelques ordres de grandeur

Il est tout à fait possible d'estimer par calcul les dimensions d'un cratère effondrement dans un contexte géologique (et donc géotechnique) donné. Pour cela, il convient :

- de retenir que le volume du cratère ne dépassera jamais le *volume de vide disponible secondaire* dans la cheminée de fontis et donc le *volume primaire* dans la cavité souterraine (corrigé du facteur de foisonnement des déblais qui y prennent place) ;
- que le *cratère d'effondrement maximal* n'aura jamais plus de profondeur que celle des terrains meubles superficiels et que le rayon du *cratère d'effondrement maximal* est lié à sa profondeur par les caractéristiques géotechniques des formations meubles superficielles ;
- que si le volume du *cratère final d'effondrement* est entièrement contenu dans l'épaisseur des formations superficielles, alors il s'agira d'un cône sur pointe de volume égal à celui du *cratère initial d'effondrement*; le rayon et la profondeur de ce cône sont liés par les caractéristiques géotechniques des formations meubles superficielles.

Les tableaux ci-dessous donnent une idée des dimensions des vides liés à ces marnières, avec les hypothèses de départ et un angle de talus naturel des formations superficielles de 30°.

	Marnière 1	Marnière 2	Marnière 3	Marnière 4
Profondeur du toit des galeries $z$ (m)	25	25	22	22
Largeur des galeries $l$ (m)	3,5	3,5	2	3
Hauteur des galeries $h$ (m)	5	5	3,5	3,5
Nombre de galeries de part et d'autre du pied du fontis $n$	4	2	2	0
Angle naturel des éboulis au fond $\alpha$ (°)	40	40	40	40
Volume de vide disponible $V_{disp}$ (m <sup>3</sup> )	269,81	165,53	72,40	50,20
	Marnière 1	Marnière 2	Marnière 3	Marnière 4
Diamètre crat. primaire $2r_{cratère1}$ (m)	3,50	3,50	2,00	2,00
Profondeur crat. primaire $z_{cratère1}$ (m)	25,54	14,70	20,84	8,03
Diamètre crat. Secondaire $2r_{cratère2}$ (m)	14,82	12,32	8,94	8,04
Profondeur crat. Secondaire $z_{cratère2}$ (m)	4,28	3,56	3,13	2,32

On peut constater que, rétrospectivement, ces valeurs de profondeur s'inscrivent dans la plupart des situations en Hesbaye, où l'épaisseur des limons quaternaires et des sables tertiaires atteint presque partout 3 à 5 m (sauf sur des versants de vallée ou dans la région de Chapon-Seraing – Verlaine). Il s'agit donc déjà d'une estimation a priori généralisable.

## BIBLIOGRAPHIE.

- CALEMBERT L. 1947. Phosphates de la Hesbaye. *Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (A.I.Lg). Congrès 1947 Section Géologie*, A.I.Lg. Liège.
- CALEMBERT L. & MONJOIE A. 1979. Observations sur les phénomènes karstiques en Belgique et bilan des recherches. *Annales de la Société géologique de Belgique* 102, 125-135.
- CAMERMAN C & al.. 1947. Les roches calcaires. *Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (A.I.Lg). Congrès 1947 Section Géologie*, A.I.Lg. Liège.
- CAUBERGS M. 1991. *Inventaire de quelques anciennes mines et carrières souterraines de Wallonie. Essai d'archéologie minière*, Caubergs M. Bruxelles.
- DELABY S. & HENNEBERT M. 2014. Quiévrain – Saint-Ghislain, 45/5-6-5. *Carte géologique de Wallonie*. Service public de Wallonie Namur (en cours de reviewing).
- DELABY S. & HENNEBERT M. 2014. Mons - Givry, 45/7-8. *Carte géologique de Wallonie*. Service public de Wallonie Namur (en cours de reviewing).
- DELCAMBRE B. & PINGOT J.-L. 2006. Perwez – Eghezée, 40/7-8. *Carte géologique de Wallonie*. Ministère de la Région wallonne Namur.
- DELCAMBRE B. & PINGOT J.-L. 2014. Wasseiges – Braives, 41/5-6. *Carte géologique de Wallonie*. Service public de Wallonie Namur.
- DIDIER C. & SALMON R. 2010. Un modèle de calcul des hauteurs prévisibles de remontée de fontis à l'aplomb d'exploitations souterraines peu profondes, *Revue française de Géotechnique* 113, pp.21-36.
- KHEFFI A. & PACYNA D. 2016. A new tool for underground risk prevention in Wallonia (Belgium) – Case of abandoned underground quarries named "La Malogne". Journées nationales de la Géotechnique et de la Géologie de l'Ingénieur, 6-8 July 2016, Nancy, France.
- KHEFFI A. & PACYNA D. 2018. Elaboration de cartographies de zones d'aléas de mouvement de terrain engendrés par les objets souterrains connus de Wallonie. Rapport de mission 0326/2018.
- LAMBERT C. & SALMON R. 2007. Evaluation et traitement du risque de fontis lié à l'exploitation minières. INERIS Rapport DRS-07-86090-05803A.
- LOHEST M. 1890. Des gisements de phosphate de Hesbaye. Etendue de la zone où on peut espérer les rencontrer. *Annales de la Société géologique de Belgique* XVIII, XLX-XXIII.
- MARLIERE R. 1966. Carte géologique de Belgique à 1/25.000. Notice explicative de la feuille 151 Mons – Givry.
- PACYNA D. & MARCHE A. 2000. *Inventaire des exploitations souterraines de phosphates (et autres carrières souterraines). Anciennes communes d'Awans, Bierset, Grâce-Berleur et Hollogne-aux-Pierres*. Ministère de la Région wallonne Namur (inédit).
- PINGOT J.-L. 2015. Hannut - Montenaeken, 41/5-6. *Carte géologique de Wallonie*. Service public de Wallonie Namur.
- SALMON R. 2015. Retour d'expérience sur les effondrements localisés miniers. INERIS Rapport DRS-15-149489-10509A.
- VRIELYNCK O., DELABY S., FUNCKEN L. & VAN DIJCK F. 2013. Orp-Jauche/Jauche : la carrière souterraine de "Renau-Fossé". *Chroniques de l'Archéologie wallonne* 20, 40-41.
- VRIELYNCK O., FUNCKEN L. & VAN DIJCK F. 2016. Orp-Jauche/Jauche : découverte de deux marnières. *Chroniques de l'Archéologie wallonne* 24, 58-59.

### Crédits photographiques :

- Service public de Wallonie, Direction de la Géotechnique.
- Service public de Wallonie, Direction de l'Archéologie.
- Service public de Wallonie, Direction des Risques industriels, géologiques et miniers, Service géologique de Wallonie.