

Formations superficielles en Lorraine

par Christian PAUTROT

Tellement omniprésentes que la plupart de nos contemporains n'y prennent jamais garde, elles sont pourtant le fondement incontournable du développement de la civilisation. Ce sont elles qui ont fourni à l'homme nomade et prédateur les matières premières de son industrie, puis à son successeur en voie de sédentarisation ses matériaux de construction et surtout le substrat de son agriculture. De nos jours, seul l'agriculteur reste en contact avec ces formations ô combien modifiées par son activité mais toujours aussi indispensables pour la production de nourriture. Quant au géologue, elles représentent pour lui un raccourci de l'histoire d'une région.

Définitions

Ce sont des dépôts meubles, peu épais, le plus souvent d'origine récente, couvrant la surface de la Terre. Ils peuvent s'être formés sur place aux dépens de la roche sous-jacente ou avoir été plus ou moins longuement transportés. On y adjoint des concrétions récentes des cavités souterraines et des formations organiques.

Historique

C'est surtout l'évolution des idées concernant les alluvions et le déluge qui mérite qu'on s'y arrête.

Jusqu'au début du XIX^e siècle, la peau de la Terre ne fait guère l'objet de grandes polémiques. Les savants ont des idées claires et logiques pour nos conceptions actuelles. Il faut dire qu'on se contente d'observer la nature et d'appliquer avant la lettre le principe d'actualisme. Ainsi, Buffon, dans sa *Théorie de la Terre* (1749) donne des idées précises quant à l'origine des sols : « *Suivant les différentes combinaisons de ces trois différentes matières, du limon, des parties d'animaux et de végétaux, et des particules de sable et de pierre, les terres*

sont plus ou moins fécondes et différemment colorées ». La rosée renferme de fines particules de poussière qui rejoignent la terre après un transport aérien : « *c'est proprement le résidu de la poussière que l'air transporte, que les vents enlèvent continuellement de la surface de la Terre, et qui retombe ensuite, après s'être imbibé de l'humidité de l'air* ». Quant aux alluvions, « *ces sables qui se trouvent à la superficie de la terre, ne sont que les détriments des granits, des grès et de la roche vitreuse, dont les masses forment les noyaux et les sommets des montagnes, desquelles les pluies, la gelée et les autres agens extérieurs ont détaché et détachent encore tous les jours des petites parties, qui sont ensuite entraînées et déposées par les eaux courantes sur la surface de la Terre* ». Deux cent cinquante ans plus tard, on ne saurait mieux dire.

Valmont de Bomare, dans son Dictionnaire d'histoire naturelle de 1764 décrit à son tour les alluvions sous le nom d'atterrissements : « *accroissement qui se fait par degrés plus ou moins rapides, au rivage de la mer ou de la rive d'un fleuve, par les terres, ou les sables, ou un limon composé de substances de toute espèce, les cailloux roulés ou galets que l'eau ou des alluvions y apportent successivement. Les atterrissements ne sont que superficiels* ».

C'est après la Révolution française et plus précisément la Restauration qu'on se préoccupe de trouver dans la géologie des arguments confortant la tradition biblique bien mise à mal après la période de destructions et de remise en question des fondamentaux. Alors naquit une controverse qui devait durer près d'un demi-siècle. On a en effet constaté la présence d'alluvions et de blocs de taille respectueuse à des niveaux très supérieurs à celui des cours d'eau actuels. Ces formations seront nommées diluvium par opposition à l'alluvium des fonds de vallées. Dans son Discours sur les révolutions du globe (1822), recherchant pourquoi *Les blocs nombreux et volumineux de substances primitives* ont pu se retrouver à la surface des terrains secondaires, Cuvier, parmi d'autres hypothèses, propose : *ou bien enfin que les mouvements des eaux qui les ont transportés passassent en violence tout ce que nous pouvons imaginer aujourd'hui* et pense à une succession de déluges dont le dernier serait celui de Noé.

D'Omalius d'Halloy, dans *Éléments de géologie* (1831-1834), passe en revue les différentes hypothèses expliquant le déluge et admet également l'existence de plusieurs révolutions du globe. L'explication par des phénomènes volcaniques semble le séduire mais il aborde toutes les hypothèses avec un esprit critique fort judicieux. Il cite également Élie de Beaumont qui met en relation le diluvium du pourtour des Alpes avec la fonte des glaciers observée par de Saussure.

D'autres hypothèses plus ou moins sulfureuses voient le jour à cette époque, dont celle de

Nérée Boubée, – *Géologie élémentaire*, Paris 1833 – qui, partisan du déluge, imagine un cataclysme général. Une erreur d'appréciation du climat

régnant à l'époque des grands mammifères disparus lui fait penser à un refroidissement brutal de la température qu'il explique par le choc d'un aérolithe ou comète géante qui aurait stoppé momentanément la rotation de la Terre puis inversé sa polarisation.

Des échanges et communications plus faciles entre les érudits, une prise en compte objective des phénomènes actuels ainsi qu'un détachement progressif des dogmes religieux permettent enfin d'expliquer convenablement alluvium et diluvium. Guérin, dans son dictionnaire pittoresque d'histoire naturelle de 1840 adopte une attitude plus réaliste et, en Lorraine, Henri Hogard en 1851 distingue le diluvium des plateaux à galets exclusivement quartzeux et le diluvium des vallées renfermant en plus des roches granitiques, diabases et autres, différenciant le transport par les glaciers du transport fluvial. Cependant, il sous-estime encore l'importance du creusement des vallées par les rivières.

Ailleurs en Europe, les analyses étaient bien plus clairvoyantes et Charles Lyell, dans ses *Éléments de géologie*, explique correctement dès 1839 les traces de phénomènes glaciaires. Il cite M. Venetz qui en 1821 déjà a émis l'opinion que les glaciers des Alpes s'étaient jadis étendus bien au-delà de leurs limites actuelles. Toutefois, Lyell ne reconnaît pas l'origine éolienne du lœss à une époque où les zones froides, arides et venteuses étaient encore fort peu visitées.

Différents types de formations superficielles

Formations autochtones

Les sols

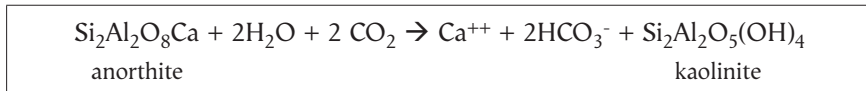
Un sol est formé de couches ou horizons superposés différant par leurs caractères physiques et leur composition chimique responsables entre autre de leur couleur. De haut en bas : humus, horizon lessivé, horizon d'accumulation et roche-mère.

C'est l'eau chargée de divers acides qui est à l'origine de cette structuration spatiale ; sont évacués vers la nappe phréatique certains composants solubles de la roche-mère initiale (Na^+ , Cl^- , Ca^{++} , Mg^{++}). D'autres éléments sont simplement légèrement déplacés (Fe^{+++} , Al^{+++}), d'autres enfin, les insolubles, restent sur place et se concentrent (quartz, argiles). Les débris végétaux fournissent la matière organique sombre qui colore les horizons supérieurs et donne sa texture au sol en s'unissant aux particules minérales.

En Lorraine actuelle, les conditions sont peu agressives et les sols récents n'ont guère plus d'une dizaine de milliers d'années d'âge et quelques décimètres de profondeur, leur genèse n'ayant débuté qu'après la fin de la glaciation du

Würm soit il y a à peine 12 000 ans. Les sols les plus communs autour de Metz sont les sols bruns caractérisés par un horizon lessivé sombre et un horizon d'accumulation argileux de couleur rouille.

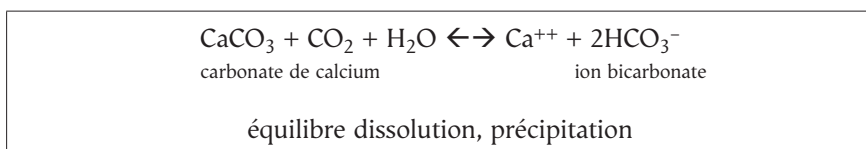
Des conditions plus chaudes et humides créent des sols de couleur brun-roux puis de plus en plus rouges quand le climat devient tropical. Les sols ferrallitiques équatoriaux atteignent jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur avec un horizon lessivé important et des horizons d'accumulation très épais où se concentrent les oxydes de fer et éventuellement d'aluminium si la composition de la roche-mère le permet. En-dessous apparaissent des argiles complètement ou partiellement néoformées telle la kaolinite. Celle-ci résulte d'une hydrolyse incomplète de silicates d'alumine tels les feldspaths et les micas. Un exemple d'hydrolyse d'un feldspath plagioclase, l'anorthite :



Des circulations d'eau ascendantes peuvent faire apparaître en surface des concrétions d'oxyde de fer, de carbonate de calcium et autres mais c'est surtout la destruction des horizons supérieurs qui provoque l'apparition de cuirasses latéritiques épaisses de plusieurs décimètres et très résistantes qu'on retrouve dans les paléosols du nord de la Meurthe-et-Moselle. Les hydroxydes de fer précipitent alors sous forme d'hématite et de limonite. Les cuirasses de la Borne de fer à Aumetz et de Saint Pancré sont datées du Barrémien, soit de 130 millions d'années. Elles fournirent le fer fort exploité jusqu'au milieu du XIX^e siècle par la sidérurgie avant que les progrès techniques ne permettent l'utilisation du minerai oolithique.

Les concrétionnements

Carbonate de calcium. Les eaux dissolvent CaCO₃ des plateaux calcaires. Ca⁺⁺ et HCO₃⁻ se réassocient quand CO₂ et (ou) H₂O quittent la solution. Il se forme alors diverses concrétions des cavernes (chute de pression, agitation de l'eau) et, à l'extérieur, les tufs (chute de pression, augmentation de température, agitation, évaporation, captage par les végétaux chlorophylliens). Ces tufs, présents aux résurgences, montrent des végétaux aquatiques encroûtés par le calcaire.





Tuf calcaire à Heudicourt (55). Les débris végétaux sont incrustés par de la calcite déposée par l'eau très minéralisée d'une source.

Magnétite. Des bactéries chimiolithotrophes présentes dans les sols argileux sont capables de réduire partiellement l'oxyde ferrique Fe_2O_3 et de le transformer en magnétite Fe_3O_4 qui s'accumule sous forme de dragées attirées par l'aimant.

Minerais de fer des marais. Dans la zone de battement des vagues, d'autres bactéries procèdent à l'oxydation du fer dissous dans l'eau, formant de petits nodules d'oxyde de fer autrefois exploités ainsi que figuré sur des planches de l'Encyclopédie.

Silicification. Elle a essentiellement lieu dans certains sols tropicaux, imprégnant plus ou moins profondément les roches calcaires ou cimentant les sables quartzes pour former des grès très durs tels la pierre de Stonne. Une partie de cette pierre rencontrée dans le nord ouest de la Lorraine et les Ardennes semble s'être formée en milieu lacustre.



Pierre de Stonne récupérée dans les labours à Mairy-Mainville (54).

Cette imprégnation peut également avoir lieu pour des fragments ligneux immergés au sein des alluvions siliceuses, le silicium remplaçant alors le carbone du bois par épigénie, conservant ainsi parfaitement la structure cellulaire de fossiles étonnants.

La tourbe

Dans les zones humides où l'activité bactérienne est inexistante (eaux froides et (ou) acides), la matière organique s'accumule sans pourrir et forme la tourbe. Les composants essentiels en sont des mousses aquatiques du genre *Sphagnum*. L'accumulation peut atteindre plusieurs mètres de puissance et fit l'objet de nombreuses exploitations notamment dans les Vosges.

Formations allochtones

Origine des éléments

L'existence d'éléments de taille restreinte susceptibles d'être transportés par l'eau suppose un débitage initial de roches cohérentes. L'altération chimique vue précédemment est une possibilité. Les roches calcaires en partie dissoutes donnent des grains, cailloux et plaquettes pouvant être déplacés.



■ Fragmentation de la roche calcaire dans une carrière à Liffol-le-Petit (52).

L'arénisation du granite est un autre exemple au cours duquel l'hydrolyse des minéraux sensibles tels les feldspaths et minéraux ferromagnésiens déstructure la roche, donnant des boules très altérées et un sable grossier ou arène riche en quartz et éventuellement en muscovite bien visible au pied des chaos granitiques.

L'érosion mécanique a pu également jouer un rôle considérable à certaines époques. Dans un environnement périglaciaire, les écarts thermiques journaliers provoquent la gélifraction ou cryoclastie qui fournit des accumulations de fragments anguleux calibrés. La grouine ou grèze de Meuse en est un bon exemple.

Plus simplement, l'eau entraîne facilement les éléments plus ou moins fins de roches sédimentaires tels ceux des roches argileuses, des grès et conglomérats fragilisés et les remet en circulation. L'essentiel des argiles et sables arrêtés dans nos plaines alluviales ou arrivant en Mer du Nord ont cette origine.



■ Grouine d'origine périglaciaire à Greux (55).

Le transport et la sédimentation

Ils dépendent de l'énergie ou puissance du transporteur liée à la densité du fluide et à sa vitesse. Dans tous les cas, la gravité reste un élément incontournable.

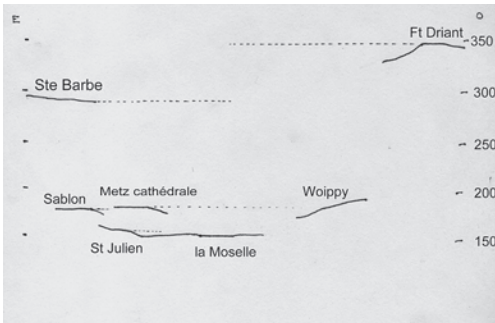
TRANSPORT PAR L'EAU

Il est à l'origine des alluvions fluviatiles dont les éléments usés mécaniquement s'arrondissent.

L'énergie variant dans le temps, on aura pour un même cours d'eau des phases de transport, d'érosion et de sédimentation à l'origine des terrasses alluviales. Les terrasses supérieures sont les plus anciennes et renferment des



■ Alluvions fluviales de la Moselle à Ay-sur-Moselle (57).



■ Position relative des terrasses de la Moselle autour de Metz.

alluvions déposées alors que le niveau du fond de la vallée était beaucoup plus haut, souvent plus d'un million d'années. L'érosion est maximale à la fonte des glaciers et lors de périodes très pluvieuses. C'est alors que les rivières creusent leur lit, abandonnant des terrasses sur les flancs des vallées. Durant les périodes interglaciaires, c'est la sédimentation qui l'emporte.

TRANSPORT PAR LES GLACIERS

Les Vosges ont été recouvertes par une calotte glaciaire lors de la glaciation du Würm et en particulier lors de son paroxysme il y a 18 000 ans. De la calotte rayonnaient des langues glaciaires qui érodaient le socle et récupéraient les débris tombant des flancs de leur auge. Ces débris très hétérogènes ont formé les moraines abandonnées à la fonte. Les moraines frontales barrent

les vallées et sont à l'origine de lacs comme celui de Gérardmer. En été, les eaux de fonte entraînent les produits des moraines et les déposent en lits grossièrement triés constituant les formations fluvio-glaciaires qui peuvent barrer des vallées. Le lac de Longemer est dû à un tel barrage. L'évacuation des produits fins par l'eau laisse sur place les gros blocs erratiques dans des situations étonnantes qui avaient tant intrigué les anciens et étaient pris pour arguments du déluge.

TRANSPORT ÉOLIEN

Lors des glaciations, l'air est très sec puisque l'eau est à l'état solide. Les vents venant des zones de hautes pressions nordiques transportent les particules fines sur de grandes distances et les déposent dans les dépressions, formant le lœss, partie importante des limons des plateaux. Actuellement, les lœss ne sont plus présents que sur les plateaux et aux interfluves car l'érosion par l'eau les a évacués des pentes.

DESCENTE GRAVITAIRE SANS DÉPLACEMENT LATÉRAL

La pédogenèse dégrade la roche-mère et produit des éléments fins. Le sol peut être périodiquement recouvert par des éléments allochtones de tailles variées. L'érosion par l'eau, qu'elle soit en nappe, en rigoles ou en ravins évacue les éléments les plus fins, laissant sur place les éléments gros et denses. Les limons des plateaux renferment ainsi des grains de quartz et de fer fort ainsi que de rares galets siliceux, souvenirs d'anciennes roches gréseuses maintenant disparues, d'alluvions très anciennes et d'anciens sols ferrallitiques.

Problème de l'origine des éléments

Les roches siliceuses, très résistantes, peuvent subir sans grands dommages plusieurs cycles sédimentaires. Une formation actuelle aura donc parfois plusieurs origines spatio-temporelles.

La recherche de ces origines suppose l'utilisation de plusieurs critères.

Utilisation des caractères lithologiques

La nature des galets permet de remonter aux massifs d'origine s'ils existent encore.

À cet égard, il est intéressant de constater que les alluvions anciennes des hautes terrasses ne renferment pratiquement que des galets issus du conglomérat principal couronnant le Grès vosgien (quartz et quartzite), alors que les

alluvions récentes de fond de vallée renferment également des roches magmatiques et métamorphiques que l'érosion de la couverture triasique durant quelques centaines de milliers d'années a portées à l'affleurement.

La direction du courant transporteur peut être déduite de l'orientation des galets : leur allongement est parallèle au courant dans les dépôts fluviatiles.

Exemple des alluvions de la Sarre. Les galets siliceux viennent d'abord du Conglomérat principal triasique formé à partir de reliefs hercyniens situés à l'ouest : Massif parisien (actuellement affaissé et couvert par près de deux kilomètres de dépôts sédimentaires), Bretagne. Ils viennent également du grès rhétien (sommet du Keuper) lui-même formé à partir du Massif calédonien Eifel-Ardenne. À ces éléments s'ajoutent à partir de Sarrebruck les débris permo-carbonifères de l'anticlinal sarro-lorrain.

Utilisation des caractères minéralogiques

Les granites et autres roches magmatiques renferment, outre les minéraux classiques que sont quartz, feldspaths et micas, des minéraux lourds : tourmaline, zircon, rutile, amphiboles et grenats. Tourmaline, zircon, rutile des alluvions de la Moselle sont des minéraux très résistants originaires des granites altérés et encore abondants dans les grès du Permo-Trias après un premier cycle sédimentaire ; amphiboles et grenats, plus fragiles, sont relativement plus abondants par rapport aux précédents dans les sédiments issus directement de roches magmatiques et métamorphiques vosgiennes où ils n'ont pas encore été hydrolysés.

Exemple des alluvions de la vallée de la Moselle en aval de Pompey et leur datation par rapport à la capture vers la Meurthe :
avant la capture, la Meurthe qui occupe en aval de Pompey le lit de la Moselle actuelle est essentiellement alimentée par les roches permo-triasiques des Vosges du nord. Les roches « cristallines » sont en partie protégées par la couverture gréseuse donc ne fournissent pas encore de minéraux. Tourmaline, zircon et rutile sont donc relativement abondants dans les hautes terrasses de la Meurthe et de la Moselle actuelle.
Après la capture, la Moselle emprunte l'ancienne vallée de la Meurthe. L'alimentation vient en plus grande partie des roches « cristallines » des Vosges centrales et du sud (amphiboles et grenats) mais aussi de la couverture sédimentaire triasique (tourmaline, zircon, rutile) d'où un mélange de minéraux lourds.
Les hautes terrasses de la Meuse renferment également ce type de mélange puisqu'elles ont été formées par l'ancienne Moselle alors qu'elle s'écoulait dans la vallée actuelle de la Meuse.

Formations superficielles en Lorraine

amphiboles : silicates de Fe, Mg, Ca – Na, K, F, OH.

grenats : silicates d'Al et Fe, Mg, Ca...

rutile : TiO₂.

tourmaline : silicate Al, Mg-Fe-Mn., Na, B, F.

zircon : Zr, SiO₄

Utilisation de caractères sédimentologiques

Le transport des matériaux terrigènes par un agent opère un tri caractéristique s'il est assez long. Ce tri prend en considération la densité des éléments (séparation des minéraux lourds) mais surtout leur granulométrie. On aura ainsi une répartition suivant une courbe de Gauss. Exemple des alluvions fluviales de la Sarre à Keskasten (Fig. page suivante).

Par contre, s'il n'y a pas eu un transport suffisant, le dépôt sera beaucoup plus hétérogène et la courbe ne sera pas gaussienne. Exemple de dépôts résiduels riches en fer fort à Sanry-lès-Vigy. Ces débris provenant de la destruction d'une ancienne cuirasse n'ont pas été transportés ; la fraction fine correspond à un dépôt de loess. On peut remarquer que les pourcentages en volume sont relativement plus forts que ceux en masse pour les faibles granulométries, ce qui est dû à l'abondance du quartz peu dense dans cette fraction alors que le fer fort domine largement dans les fortes granulométries.

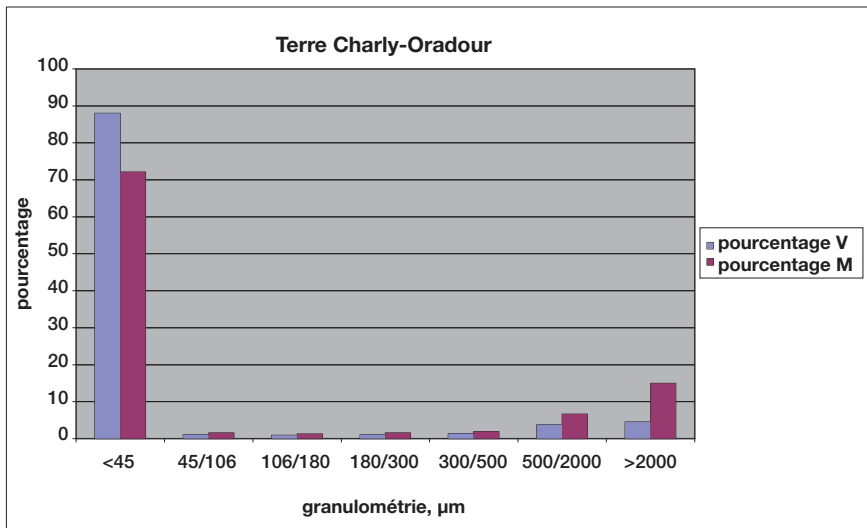


Diagramme donnant les pourcentages de produits meubles en fonction de leur granulométrie.

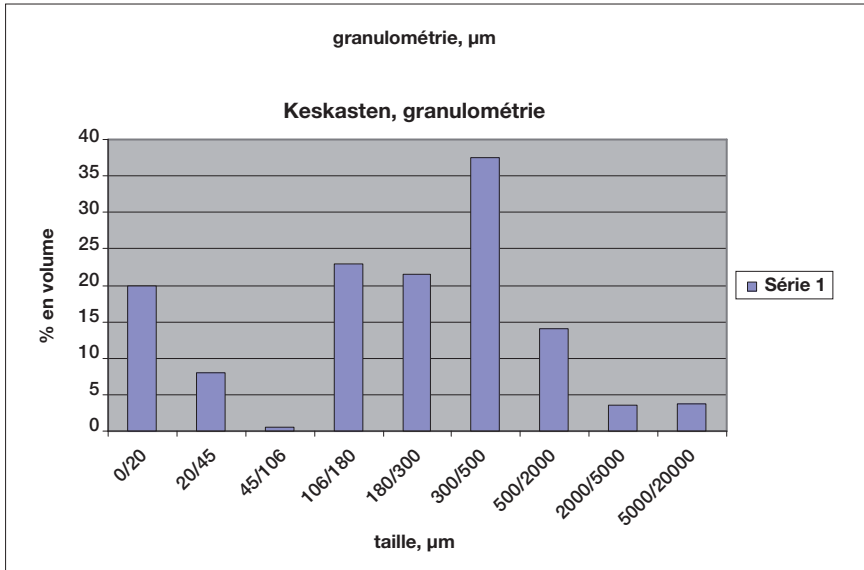


Diagramme donnant les pourcentages de produits meubles en fonction de leur granulométrie.

La fourchette de granulométrie est évidemment plus large et déportée vers de fortes valeurs si le transporteur est l'eau, les vents habituels ne pouvant guère transporter que des éléments de taille inférieure à celle des sables les plus fins (0,2 mm).

L'homme et les formations superficielles

L'homme directement au contact de ces formations les exploite depuis toujours pour y trouver les matières premières de son industrie : pierres dures des alluvions pour l'outillage préhistorique, limons pour la céramique et la confection de torchis, fer fort pour la métallurgie, granulats pour la construction. Le seul département de la Moselle exploite plus d'un million de tonnes d'alluvions par an utilisées dans les BTP.

C'est sur les formations superficielles que s'exerce l'agriculture et nous avons vu que leur nature dépend de nombreux facteurs pas toujours en rapport avec la nature lithologique du substratum rocheux.

Les alluvions renferment en leur sein des nappes phréatiques considérables. Elles jouent un rôle de filtre qui améliore la qualité des eaux et, avec

Formations superficielles en Lorraine

les autres formations superficielles, sont un ralentisseur efficace des eaux de ruissellement en période de pluie.

Enfin, ces formations sont le réceptacle des résidus en tout genre d'une fort longue histoire. Une image montre le résultat d'une prospection à Coincy où l'on voit du bois silicifié, un galet de chert ardennais, un autre de diorite vosgienne et un troisième de fer fort, des artefacts tels une armature et un grattoir néolithiques en silex belge, une bille de calage de four de potier, une perle en porcelaine, un tesson de porcelaine de la compagnie des Indes, un bouton du 41^e de ligne. Les formations superficielles témoignent de l'histoire d'une région depuis des temps immémoriaux. Il ne faut donc pas être surpris qu'elles intéressent tant géologues et archéologues. ■

