

La Molasse grise de Lausanne : de la roche sédimentaire détritique au matériau de construction séculaire

Autor(en): **Rousset, Bénédicte**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Monuments vaudois. Hors-série**

Band (Jahr): **1 (2013)**

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1053484>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La Molasse grise de Lausanne

De la roche sédimentaire détritique au matériau de construction séculaire

Bénédicte Rousset

À Lausanne, comme partout ailleurs avant l'avènement du chemin de fer, les hommes ont puisé dans la roche locale pour construire leurs maisons en dur. Il se trouve que dans cette ville, le sous-sol est essentiellement constitué de Molasse grise, un grès tendre facile à tailler que l'on retrouve sur les parements de la cathédrale Notre-Dame où il vieillit tant bien que mal avec l'édifice depuis le XIII^e siècle. Ce vieillissement s'accompagnant de formes d'altération spectaculaires, la Molasse grise de Lausanne est qualifiée de « mauvaise » pierre. La présente contribution se propose de discuter le pourquoi, le comment et l'importance de l'altérabilité de cette pierre.

UNE ROCHE SÉDIMENTAIRE DÉTRITIQUE DE 20-23 MILLIONS D'ANNÉES

HISTOIRE ET DÉFINITIONS GÉOLOGIQUES

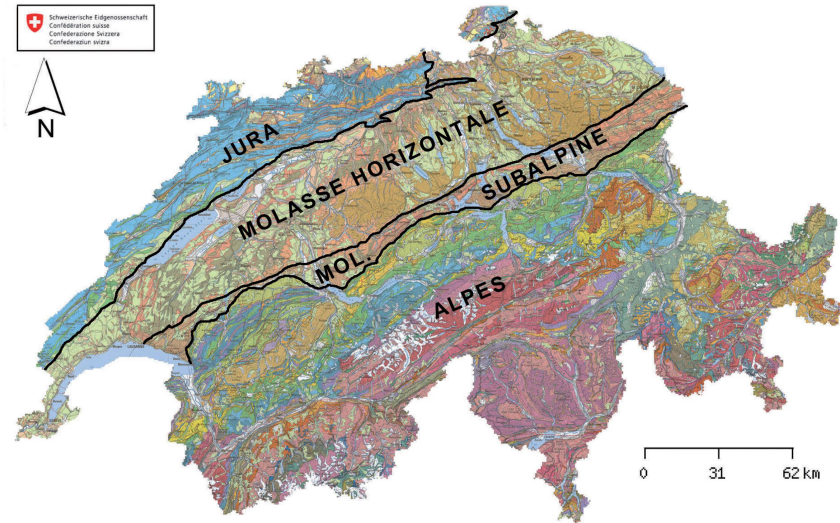
Aux époques géologiques de l'Oligonène et du Miocène (il y a environ 35 à 5 millions d'années – Ma) la chaîne alpine née de la collision entre les plaques tectoniques africaine et eurasiennne était en pleine croissance. Ses hauts reliefs exposés au cycle de l'eau perpétuellement actif dans l'atmosphère de notre planète étaient intensément soumis à l'érosion. Au gré des saisons, les matériaux – ou détritiques – issus de cette altération ont été charriés par les torrents qui les ont abandonnés au pied de la montagne par paquets lenticulaires. Dans la région que l'on appelle aujourd'hui

le Plateau suisse, cet abandon a eu lieu alternativement en milieu marin ou continental, au gré des mouvements tectoniques globaux. Ces sédiments détritiques se sont lentement accumulés puis enfoncés vers la profondeur où ils se sont asséchés, compactés et progressivement cimentés pour former la Molasse. Ce sont les roches de ce supergroupe qui constituent aujourd'hui le sous-sol du Plateau suisse (**fig. 1**). Elles sont constituées d'argiles, de marnes, de calcaires, de vrais grès¹ (durs), de conglomérats, de molasses² ou de mélanges de ces diverses lithologies.

Dans la région lausannoise, la Molasse qui a été exploitée, appelée Molasse grise de Lausanne (MgL), s'est formée à l'Aquitanienn (il y a environ 20-23 Ma) par accumulation sur une vaste plaine d'inondation marécageuse³, d'un sable majoritairement formé de grains de quartz et de feldspaths qui ont par la suite été cimentés entre eux par de la calcite. La roche résultante est un grès qualifié de tendre ou de mi-dur par les tailleurs de pierre.

COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DE LA MOLASSE GRISE DE LAUSANNE

La MgL présente différents faciès : fins, grossiers, plus ou moins argileux, plus ou moins bien cimentés. Pour en donner une composition minéralogique représentative, il faudrait prélever et analyser de nombreux échantillons dans chacun de ces faciès. Sauf erreur, ce type d'étude n'existe pas. Quelques auteurs ont analysé l'un ou l'autre faciès pour répondre à des questions particulières.



1 Principales zones tectoniques de la Suisse reportées sur la carte géologique. Les grès tendres (molasses) de la Molasse horizontale, dont fait partie la Molasse grise de Lausanne, sont réputés pour être des matériaux sensibles à l'altération atmosphérique (carte géologique de la Suisse, 1:500 000, © Office fédéral de topographie).

Dans cet article ne sont mentionnés que des résultats d'analyses minéralogiques obtenus par Claude Félix lors d'études menées sur la MgL de «la Mercerie», lieu-dit lausannois très proche de la cathédrale de Lausanne et aujourd'hui construit qui, au début des années 1990, a fourni une carrière temporaire pour la restauration du château de Prangins (VD, CH)⁴ et de la tour-lanterne de la cathédrale. Ces résultats sont reportés dans le tableau de la **figure 2**⁵. Les minéraux correspondants s'observent très bien au microscope (**fig. 3**).

PROPRIÉTÉS PÉTROPHYSIQUES DE LA MOLASSE GRISE DE LAUSANNE

La composition minéralogique et surtout le mode de formation d'une roche déterminent la qualité de sa cimentation, la quantité et la géométrie de ses structures poreuses. Ces paramètres intrinsèques déterminent quant à eux la dureté de la roche, sa capacité à échanger avec les fluides atmosphériques, à se déformer et donc à s'altérer. Il est de ce fait très important de connaître les propriétés physiques et mécaniques des roches pour comprendre – voire anticiper – leur comportement sur un bâtiment.

En raison de la grande variété de faciès mentionnée plus haut, les propriétés pétrophysiques de la MgL peuvent être très variables. Comme pour le contenu minéralogique, à notre connaissance il n'existe pas d'étude exhaustive qui soit représentative de l'ensemble de cette formation géologique. Le tableau de la **figure 4** synthétise les résultats de quatre études réalisées pour la cathédrale de Lausanne⁶. Malgré la quantité relativement restreinte d'échantillons analysés, les valeurs montrent bien l'hétérogénéité de la

MINÉRAUX	% MASSIQUE
Quartz (SiO ₂)	40-50%
Feldspaths (K,Na)[Si ₃ AlO ₈] - Na[Si ₃ AlO ₈] - Ca[Si ₂ Al ₂ O ₈]	15-20%
Phyllosilicates (minéraux silicatés argileux et micacés)	3-5%
Calcite (CaCO ₃)	20-30%

2 Analyse minéralogique de la MgL extraite au lieu-dit de la Mercerie (coord. [m] ~ 538275/152615). Pour les 3 à 5% de phyllosilicates, Félix note: glauconite, biotite, chlorite, micas et autres (y compris argiles gonflantes).

MgL. On notera que, sur un édifice où la MgL est mise en œuvre, les variations naturelles liées à sa pétrographie (MgL N.A.) sont «aggravées» par l'effet des altérations, du moins pour les pierres exposées (MgL A): il est tout à fait possible qu'en parement, un bloc de molasse déjà hétérogène ait une porosité variant de 8 à 13% dans la partie saine, alors qu'elle pourra atteindre 16-20% (sinon plus!) dans la partie superficielle exposée et altérée.

UN MATÉRIAU DE CONSTRUCTION

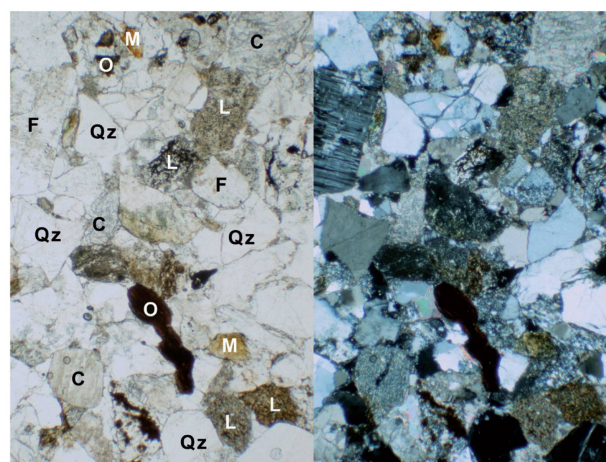
SÉCULAIRE

PRINCIPAUX FACTEURS D'ALTÉRATION

Comme mentionné plus haut, l'atmosphère terrestre est caractérisée par un cycle hydrologique actif en continu au cours duquel l'eau sous toutes ses formes interagit avec la moindre matière émergée. Il s'ensuit l'érosion inéluctable des montagnes tout autant que celle des bâtiments. Au cours de ces processus, chaque roche réagit et s'érode de manière typique suivant sa nature géologique et les conditions d'exposition auxquelles elle est soumise.

Il est bien connu que la MgL, comme tous les grès tendres de la Molasse du Plateau suisse, est très sensible à l'altération atmosphérique. Parmi les géologues qui ont étudié ces formations sur le terrain, Bersier souligne : « À quelques exceptions près, les molasses sont des roches de cohérence faible, gélives, que le contact avec l'atmosphère ou simplement la proximité de la surface décompose et ameublissent encore. Ce qui affleure d'un banc, même cohérent ou dur à l'intérieur du sol, ce n'est souvent qu'une matière sableuse, pulvérulente, complètement désagrégée par l'effet de l'air, de l'humidité et du gel, et dont la consistance est à peine supérieure à celle des moraines »⁷.

On apprend de ces observations de terrain que l'eau n'est pas le seul facteur important dans les altérations des molasses : en profondeur, malgré la grande quantité d'eau qui circule dans les massifs perméables qu'elles constituent, ces roches ne s'altèrent pas notablement. Elles doivent être près de la surface pour commencer à perdre structure et texture suite à des cycles répétés de mouillage/séchage, voire de gel/dégel. Le même genre d'observation peut être fait pour les molasses mises en œuvre sur les bâtiments : ce sont les surfaces des pierres régulièrement exposées à de fréquents cycles de mouillage/séchage – impliquant l'action répétitive de fortes tensions à l'échelle du grain et



3 MgL de la Mercerie au microscope optique à lumière transmise polarisée (à gauche), et polarisée et analysée (à droite). Hauteur des images : ~2,7 mm. Qz = quartz, F = feldspath, M = mica, O = amas d'argiles et d'oxy-hydroxydes de fer, C = ciment de calcite, L = lithoclaste.

à terme une fatigue mécanique – qui s'altèrent de manière spectaculaire. Notons encore que sur un édifice, l'action du gel n'est jamais aussi importante que sur un affleurement naturel : sur un bâtiment, il est rare que la porosité d'une pierre mise en œuvre dans une maçonnerie où elle peut sécher librement atteigne une saturation en eau suffisamment grande pour entraîner la gélifraction au moment des grands froids.




LES FORMES D'ALTÉRATION DE LA MOLASSE GRISE DE LAUSANNE

Les diverses formes d'altération qui peuvent affecter la MgL ont été décrites de manière très détaillée dans deux rapports scientifiques en 2002 et 2005⁸. Parmi ces multiples morphologies, nous choisissons de ne mentionner ici que les trois types d'altération qui affectent le plus souvent

	ρ_{APP} [-]	R_{COMP} (N/mm ²)	ϵ_{72} (mm/m)	Pt [%]	S [%]	A (mg/cm ² .min ^{1/5})	B (cm/min ^{1/5})
MgL N.A.	2,2 à 2,5	30 à 72	1,5 à 2	8 à 20	65 à 75	13 à 90	1,2 à 0,4
MgL A.	2,2	12	2,5	19	64	94	0,7

4 Caractéristiques physiques et mécaniques mesurées sur des MgL non altérées (N.A.) et altérées (A.) au cours de quatre études réalisées pour la cathédrale de Lausanne. ρ_{APP} = densité apparente, R_{COMP} = résistance à la compression uniaxiale sur échantillons secs, ϵ_{72} = coefficient de dilatation hydrique, Pt = porosité totale, S (%) = coefficient de saturation capillaire, A = coefficient de capillarité massique, B = coefficient de capillarité linéique.

MORPHOLOGIES MAJORITAIRES DES ALTÉRATIONS DE LA MgL

FORMES D'ALTÉRATION	CARACTÉRISTIQUES	EXPOSITIONS
Altérations en plaques		
 <p><i>Cathédrale de Lausanne, façade sud, exposition ouest, 31 janvier 2007 (Photo CSC Sàrl).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - débit de la pierre en plaques parallèles à la surface exposée - indépendant du litage - profondeur moyenne : 0,5 à 3 cm - profondeur max. : → 20 cm - surface cohérente et bien conservée, parfois fissurée - zone de décollement fortement désagrégée, décalcifiée, feuilletée et riche en gypse - perte de la surface généralement lente. 	<ul style="list-style-type: none"> - sud - sud-ouest - ouest - toute surface fortement soumise aux pluies battantes ou eaux ruisselantes + séchage potentiel rapide (exposé à un fort ensoleillement et/ou à de forts courants d'air); grands apports d'eau intermittents pouvant sécher <i>très</i> rapidement.
Désagrégation granulaire		
 <p><i>Château Saint-Maire, Lausanne, façade est, 10 avril 2012 (Photo CSC Sàrl).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - séparation des grains superficiels par suite de la perte du ciment naturel de la pierre et/ou cristallisation de sels - pulvulence superficielle d'une épaisseur de quelques grains - érosion plus ou moins rapide suivant les conditions d'exposition - perte de la surface immédiate. 	<ul style="list-style-type: none"> - nord-ouest - nord - est - base des bâtiments non protégés des apports de sels - toute surface soumise à des apports d'eau liquide faibles (brouillard, bruine, adsorption de vapeur d'eau par des sels présents dans la pierre...) séchant relativement lentement.
Croûtes		
 <p><i>Cathédrale de Lausanne, façade nord, 6 novembre 2007 (Photo CSC Sàrl).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - croûte superficielle de composition chimique et de propriétés physiques différentes de la pierre - formées de matériaux externes (poussières atmosphériques naturelles, particules issues de la pollution, sels) ou intrinsèques à la pierre (sels, oxyhydroxydes de fer, acides organiques...) - riches en gypse - noires, grisâtres et parfois blanches - perte de la surface généralement lente; peut s'accélérer rapidement en cas d'apports d'eau liquide accidentels. 	<ul style="list-style-type: none"> - est - nord - toute surface abritée ne recevant pas d'apport d'eau liquide direct mais régulièrement humidifiée en surface par la condensation de l'humidité de l'air - toute surface soumise à des apports réguliers d'eau essentiellement sous forme de vapeur (humidité de l'air) permettant un piégeage des poussières et/ou des sels sous forme de croûte.



5 Exemple de cartographie archéologique d'un élément de la façade sud.

Légende des couleurs: rouge = XIII^e siècle, vert = XVIII^e siècle, bleu = XIX^e siècle (Relevé cartographique transmis par Werner Stöckli, AAM SA Moudon).

la MgL – formes d'altération que Félix a déjà décrites à maintes reprises⁹: les altérations en plaques, la désagrégation granulaire et les croûtes. Leurs caractéristiques, les conditions d'exposition nécessaires à leur développement ainsi qu'une photo illustrant un cas extrême pour chacune des trois sont exposées dans le tableau en page 27¹⁰.

En raison de la fragilité de la MgL, les façades de tout édifice construit avec cette pierre montrent tôt ou tard des désordres. Ces derniers sont d'autant plus marqués que 1. le « nano-climat »¹¹ entourant le bâtiment est contrasté et 2. la modénature des parements est complexe et tortueuse, offrant ainsi une plus grande surface d'interaction entre la pierre et les éléments atmosphériques.

LA MOLASSE GRISE DE LAUSANNE ET LA CATHÉDRALE

Les altérations observées sur la MgL de la cathédrale de Lausanne ne sont pas plus exceptionnelles qu'ailleurs : elles sont plus nombreuses et plus profondes sur les façades sud et ouest et sur tout élément de maçonnerie soumis régulièrement à des ruissellements d'eau intempestifs, ce qui est normal. Pourtant, malgré la fragilité avérée de cette pierre, il existe encore sur les façades extérieures de la cathédrale des blocs de MgL datant du XIII^e siècle (fig. 5) dont certains présentent un état de conservation relativement « bon » : il est encore possible de trouver quelques traces de badigeons anciens, quelques marques de tâcherons ainsi que les reliefs typiques des coups d'outil du tailleur

de pierre. Bien sûr, ces blocs se trouvent majoritairement à des endroits plutôt abrités de l'eau et du vent, mais il s'agit malgré tout de Molasse grise de Lausanne exposée depuis plus de 700 ans.

CONCLUSION

La relation qui peut exister entre une construction et le matériau MgL peut bien se résumer par cette citation souvent détournée : « Ce n'est pas la pierre qui est mauvaise, c'est l'usage qu'on en fait ». La MgL utilisée sur des parements extérieurs fortement exposés aux eaux de pluie, aux eaux de ruissellement et au vent est par nature vouée à une dégradation rapide. La même pierre employée sur un parement extérieur relativement protégé, sur une façade nord-est naturellement peu exposée aux intempéries ou sur une façade sud-ouest plus exposée mais protégée par un avant-toit par exemple, pourra traverser les siècles sans montrer de dégradations catastrophiques, comme on peut l'observer sur certaines façades de Payerne (VD) ou d'Estavayer-le-Lac (FR), où la MgL a aussi été mise en œuvre au Moyen Âge. Et bien sûr, la MgL peut parfaitement être employée pour construire des parements intérieurs. Il suffit pour s'en convaincre d'observer l'état de conservation de la MgL des parements intérieurs de la cathédrale de Lausanne, datant pour beaucoup du XIII^e siècle.

NOTES

¹ Le grès est une roche sédimentaire détritique terrigène composée à 85% au moins de grains de quartz (SiO_2) (Alain FOUCAULT & Jean-François RAOULT, *Dictionnaire de géologie : géophysique, préhistoire, paléontologie, pétrographie, minéralogie*, Paris 2010 [7^e éd.]).

² L'origine du mot « molasse » est discutée. Pour certains, il viendrait de « meule », pour d'autre du latin *mollis*, mou. En Suisse, Savoie et Dauphiné, l'origine semble plutôt latine puisque « molasse » désigne pour les carriers les grès tendres, faciles à tailler (Rolf Friedrich RUTSCH, « Région-type et faciès de la Molasse », in *Archives des Sciences* 24, 1971, pp. 11-15). Les géologues ont adopté le terme pour désigner toute formation sédimentaire détritique, épaisse, déposée dans une zone orogénique en fin de tectonisation (FOUCAULT & RAOULT 2010 [cf. note 1]).

³ Marc WEIDMANN, *1243 Lausanne. Topographie, carte nationale de la Suisse 1:25 000: Notice explicative*, [Ittigen bei Bern] 1988 (Atlas géologique de la Suisse, feuille 85).

⁴ Claude FÉLIX, « Choix de grès tendres du Plateau suisse pour les travaux de conservation », in *Conservation et restauration des biens culturels : pierre, pollution atmosphérique, peinture murale, études scientifiques et cas pratiques* (Actes du congrès Laboratoire de conservation de la pierre), Montreux 1995, pp. 45-71.

⁵ Laboratoire de conservation de la pierre, *Rapport préliminaire, Molasse grise de Lausanne – Puits de la Mercerie*, Lausanne 1990 (non publié); IDEM, *La molasse de la Mercerie. Rapport 18/91/LCP*, Lausanne 1991 (non publié).

⁶ FÉLIX 1995 (cf. note 4); Expert Center, Association Gentile-James, *Cathédrale de Lausanne. UEF, La conservation de la molasse in situ. Recherches et évaluations (nettoyage/consolidation/colmatage). Rapport de synthèse*, Lausanne 2005 (non publié); Conservation Science Consulting, *Cathédrales de Bâle, de Berne, de Fribourg et de Lausanne. Projet de contrôle et de suivi des consolidations. Résultats des tests de laboratoire. Rapport CSC/R.0014.01f*, Fribourg 2009 (<http://www.cscsarl.ch/6-0-etudesexpertises.html>).

⁷ Arnold BERSIER, « Recherches sur la géologie et la stratigraphie du Jorat », in *Mémoires de la Société vaudoise des sciences naturelles* 6, 1938, 3.

⁸ Expert Center, *Cathédrale de Lausanne. Arcs-boutants. Rapport EC/01407*, 2002 (non publié); Expert Center, Association Gentile-James 2005 (cf. note 6).

⁹ Claude FÉLIX, « Comportement des grès utilisés en construction sur le Plateau suisse », in *La géologie de l'ingénieur appliquée aux travaux anciens, monuments et sites historiques, II. Préservation et protection* (Symposium international de l'AIGI, Athènes, 19-23 septembre 1988), éd. par Paul G. MARINOS & George C. KOUKIS, Rotterdam 1988, pp. 833-841; FÉLIX 1995 (cf. note 4).

¹⁰ Les termes mentionnés dans le tableau en page 27 correspondent aux définitions du glossaire des formes d'altération de la pierre édité par ICOMOS en 2008: *Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre*, éd. par ICOMOS-ISCS, Paris 2008.

¹¹ Le nano-climat entourant un bâtiment est défini par la fréquence et l'intensité des variations de température, de pluviométrie, d'insolation, des turbulences et de l'humidité de l'air agissant directement sur les façades extérieures. Cette notion a été citée dans Jean-Pierre DELISLE & Vinicio FURLAN, « Activités du LMP dans le domaine de la restauration des monuments historiques », in *Chantiers*, 1978, 1, pp. 20-23.