

REPENSER LES PIERRES

exploration sensible d'une ressource



2024, Sébastien Hasler & Achille Pidoux

Ce document est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution (CC BY <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Les contenus provenant de sources externes ne sont pas soumis à la licence CC BY et leur utilisation nécessite l'autorisation de leurs auteurs.

REPENSER LES PIERRES

exploration sensible d'une ressource

Énoncé théorique

2023 - 2024

Master 3

EPFL

Sébastien Hasler

&

Achille Pidoux

Luca Pattaroni

Sarah Nichols

Arthur de Buren

Professeur responsable de l'énoncé

Directrice pédagogique

Maître EPFL



Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué et nous ont aidé lors de la rédaction de cet énoncé

Nous voudrions dans un premier temps remercier notre groupe de suivi académique: le professeur Luca Pattaroni, la professeure Sarah Nichols et Arthur de Buren pour leurs conseils et leur encadrement.

Merci également Mr. Giovanni Polti, Giuseppe Ongaro, Laurent Bondenet, Etienne Rossier et Luc Chappuis pour nous avoir accordé de leur précieux temps et fait découvrir leur métier ainsi que les carrières.

Célia Comte, pour sa patience, son expertise et sa pédagogie dans la relecture et la correction de notre travail.

Cindy Cherpillod, pour son œil aiguisé lors de la relecture.

Nos amis, nos familles, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

Marco Odermatt, pour avoir embelli nos longues journées d'hiver.





00	INTRODUCTION	11
01	(RE)LIER L'ARCHITECTURE À LA RESSOURCE	15
02	COMPRENDRE LE PROCESSUS	23
	les pierres naturelles	27
	la carrière	
	le travail de la pierre	37
	les enjeux environnementaux	51
	l'artisanat de la filière pierre	
	le savoir-faire	63
	un modèle familial	73
	la valorisation de la matière	79
	l'héritage industriel	89
	les pierres <i>locales</i>	95
03	APPLIQUER LES ENSEIGNEMENTS	103
	construire selon le type de pierre	107
	construire selon la forme de la pierre	113
	inscrire la construction dans le temps	119
04	CONCLUSION – au-delà de la carrière	123
05	BIBLIOGRAPHIE	129

introduction

En architecture, la question des ressources – de leur origine, de leur raréfaction – est longtemps restée ignorée. Une logique de prescription de produits issus de l'industrie dominait, véhiculant une fausse impression d'abondance et de « propreté » des opérations : se procurer béton, verre ou acier simplement en choisissant une référence sur catalogue laisse croire que ces matériaux sont aisément disponibles partout et tout le temps.¹

Clara et Philippe Simay

Il est devenu indéniable que la gestion actuelle des ressources par l'industrie de la construction pèse négativement sur notre environnement, que ce soit en affectant les sols, en perturbant les écosystèmes ou encore en dégradant la biodiversité. En outre, le manque de diversité des matériaux employés contribue encore davantage à la surexploitation des ressources naturelles déjà en cours. Il importe dès lors de chercher à diversifier non seulement nos ressources, mais également leur champ d'utilisation. Dans ce travail, nous nous intéresserons à la place qu'occupent aujourd'hui les pierres naturelles dans le domaine du bâti. Si celles-ci sont relativement présentes dans la construction contemporaine en France – notamment grâce aux projets de l'architecte Gilles Perraudin ou du bureau Barrault Pressacco qui ont déjà pu développer un certain savoir-faire dans la construction en pierre – elles ont plutôt tendance à être absentes de l'industrie de la construction suisse. Cette tendance semble néanmoins sur le point de changer : le travail de recherche qu'a effectué Stefano Zerbi en 2011, intitulé « Construction en pierre massive », atteste l'émergence d'un véritable regain d'intérêt, bien qu'essentiellement théorique. On assiste d'ailleurs depuis peu aux premiers exemples contemporains de construction en pierre en Suisse avec les immeubles genevois du

bureau Archiplein, ce qui nous laisse penser que nous assistons bel et bien aux prémices de la matérialisation de cet intérêt jusque-là théorique. De cette absence d'utilisation des pierres naturelles dans l'industrie de construction résulte une demande réelle et une filière pierre qui n'ont pas encore évolué. Nous voyons ici une opportunité : la chaîne de production n'étant pas encore entièrement industrialisée et observant une première matérialisation de ce regain d'intérêt pour la ressource. Cela signifie donc que nous pouvons mener une profonde réflexion autour du devenir de cette filière et imaginer engager une transition vers une architecture plus sensible à son environnement et ses organismes, ainsi qu'identifier de nouveaux cadres de réflexion et de pratiques susceptibles de répondre aux différents enjeux du présent comme du futur.

Nous sommes d'avis qu'une des voies pour opérer cette transition passe par une approche qui reconsidère le processus qu'implique l'utilisation de la pierre, de la prospection de son gisement à sa fin de vie. En effet, nous estimons qu'une des raisons pour laquelle l'architecture est aujourd'hui associée à des pratiques destructrices serait la perte d'une relation entre architecte et ressource. Il nous semble ainsi essentiel de (re)trouver ce lien, ce qui ne peut se faire qu'à travers une meilleure compréhension de la ressource elle-même et de son processus. Ceci nous amène donc à nous poser la question suivante: comment est-ce qu'un matériau, par une reconsidération de son processus, peut prétendre à une transition vers une architecture plus sensible à son environnement et proche de l'humain ? Pour y répondre, il nous a semblé évident d'aller à la rencontre de la filière pierre, aussi bien les carrières que les acteurs qui la composent. Ces visites nous ont révélé à quel point cette filière est animée par un savoir-faire subtil et des pratiques artisanales. Sur la base de ces observations, nous pouvons ainsi tout à fait imaginer une approche s'appuyant sur cet artisanat et ce savoir-faire pour penser un projet en pierre.

Néanmoins, le but de ce travail n'est pas de découvrir la totalité des variétés de pierres qui forment notre territoire. Par conséquent, nous avons délimité un périmètre géographique, lequel nous semblait être le plus pertinent à étudier. Nous avons décidé de nous tourner vers les paysages géologiques qui nous entourent au quotidien et qui caractérisent la région lausannoise. Bâtie sur le Plateau, au sol composé en majeure partie de molasse, la vieille ville de Lausanne – posée sur la colline de la Cité – voit se dessiner devant elle, au-delà du lac Léman, la chaîne des Alpes et leurs contours saillants. À l'Ouest, les montagnes verdoyantes du Jura, aux arêtes arrondies, se montrent entre les toitures et viennent terminer le panorama. Ce sont donc sur ces bases paysagères, plutôt que par une délimitation abstraite de frontières, que nous avons

choisi de nous concentrer sur trois types de pierres principales qui composent ce paysage : le grès molassique du Plateau, le calcaire du Jura et le gneiss des Alpes. Nous avons ainsi visité les lieux où celles-ci sont extraites : la carrière de Myon dans le Jura français, la carrière de Villarlod dans le canton de Fribourg et finalement les carrières de Cresciano et d'Arvigo, respectivement au Tessin et dans les Grisons. Ce travail est structuré en trois parties : il s'ouvrira tout d'abord sur l'importance de (re)créer un lien avec la ressource par le biais de la compréhension du processus, avant de pénétrer au cœur de la filière afin de découvrir comment la pierre est extraite, puis transformée, passant de ressource naturelle à matériau de construction. Nous tenterons finalement de transposer au domaine architectural les différents constats qui auront été faits au gré de nos visites.

I.

(re)lier l'architecture à la ressource

L'habitabilité de la planète n'a jamais été autant compromise. Nous sommes entrés dans l'ère de l'Anthropocène, une époque géologique caractérisée par « l'avènement [...] d'*homo transformator* »¹. Autrement dit, l'impact des activités humaines sur la biosphère a surpassé celles des forces géophysiques. Activité transformative par excellence, l'architecture se trouve intimement liée aux problématiques écologiques, en particulier quant à son utilisation des ressources. L'enjeu le plus notable concerne l'exploitation des matières premières : la demande toujours croissante en matériaux de construction génère une surexploitation des ressources terrestres, contribuant notamment à la déforestation, l'érosion des sols, la perturbation des écosystèmes locaux et la perte de la biodiversité. Cette surexploitation entraîne inévitablement une diminution rapide des réserves disponibles – à l'exemple du sable exploité en masse pour la production de béton – jusqu'à atteindre l'épuisement. Un point de bascule est déjà franchi, la demande humaine dépassant la capacité régénératrice de la nature. En ce qui concerne l'exploitation des sols, les pratiques minières produisent des déchets et des substances toxiques qui compromettent la qualité de l'eau et du sol, affectant de ce fait les communautés locales et la vie aquatique. À cet enjeu d'exploitation s'ajoute un enjeu géopolitique puisque des tensions, aussi bien locales qu'internationales, peuvent rapidement entraîner des pénuries de matériaux causées par des restrictions sur les échanges de ces matières premières. Ces questions d'exploitation et de géopolitique s'inscrivent encore dans une problématique plus large : le dérèglement climatique, qui impacte l'accessibilité et la disponibilité des ressources. Il émerge ainsi qu'à l'heure actuelle l'architecture, dans son exploitation des ressources, dépend encore largement de facteurs de production et de distribution dont nous peinons à saisir les différents rouages et dont les effets sont dévastateurs pour le vivant au sens large, que ce soit au niveau environnemental, climatique ou sanitaire². Ce constat négatif devrait nous pousser à questionner nos méthodes afin d'adopter une approche différente, qui prenne en compte ces enjeux majeurs.

Si « parler d'Anthropocène amène à questionner la manière de vivre et de comprendre l'organisation sociale, la relation avec l'"environnement" vivant et non vivant »³, alors parler d'Anthropocène et d'architecture invite à réfléchir à une transition vers des pratiques de construction non seulement plus sensibles et respectueuses de notre environnement, mais également plus durables et résilientes. Il est en effet devenu essentiel « de questionner nos acquis, nos réflexes, nos méthodes, nos outils [...]. Il s'agit d'inventer des morphologies et des assemblages sans cesse adaptés à ce défi sociétal, économique et écologique de notre temps : une perception plus inclusive de nos

1 Laurent Fonbaustier, *Environnement*, Paris, Anamosa, 2021, p. 29.

2 *Ibid.*, pp. 76-77.

3 Maria Grace Salamanca González, *Esthétiques du care pour l'Anthropocène*, Lyon, École urbaine de Lyon / Éditions deux-cent-cinq, 2023, p. 35.

milieux de vie »⁴. Comme le formule Christophe Bailly, « la question [...] n'est plus "où aller ?" mais "comment faire avec ce qui est là ?" »⁵. Plus que nos pratiques d'exploitation et de construction, c'est donc avant tout notre relation au monde qui est à revoir, celle-ci étant « toujours plus pauvre en monde, séparée et "hors-sol", mortifère et (auto-)destructrice »⁶. Dans le domaine architectural, cette relation « hors-sol » semble accompagnée d'un véritable désintérêt à l'égard de la ressource et de ses processus.

Avec l'arrivée de la mondialisation et l'ère du béton, notre regard vis-à-vis de la ressource s'est modifié en accélérant les processus, invisibilisant la production, coupant ainsi les liens entre l'architecte et la ressource. Ceci génère dès lors une perte de connaissances et de compétences dans le domaine du bâtir⁷ et, plus globalement, une dégradation des techniques et pratiques artisanales. Les technologies modernes ont également contribué à ce changement de regard. Si celles-ci étaient traditionnellement perçues comme une force capable d'apporter des améliorations significatives, elles ont par la suite été « déployées à leur plus grande échelle » et ont contribué de façon considérable « à la maîtrise et à la modification de notre environnement »⁸. Facilitant grandement les pratiques d'exploitation, les technologies modernes ont ainsi contribué à l'instrumentalisation de l'environnement naturel, l'assimilant à un réservoir de ressources inépuisables, en libre-service. De nos jours, la perception positive et idéalisée des avancées technologiques est donc teintée d'une préoccupation grandissante quant à leurs conséquences négatives de certaines d'entre elles. Autrement dit, « la promesse de la technique moderne s'est inversée en menace »⁹. Plus qu'un renversement, il s'agirait même d'un paradoxe : « la société postindustrielle se présente aujourd'hui simultanément comme la plus formidable machine à produire et la plus effrayante machine à détruire »¹⁰. Dans un tel contexte, les solutions ne peuvent plus être purement technologiques¹¹, d'où la nécessité d'adopter des approches plus globales intégrant des considérations autant sociales, éthiques, environnementales que systémiques. Nous défendons en effet l'idée qu'il est aujourd'hui devenu essentiel de réinstaurer une relation entre l'architecte et la ressource. Dit simplement, la ressource doit redevenir le catalyseur du projet architectural en passant par une reconsidération du processus de production. Pour reprendre les

4 Bassel Farra, « Un continuum sensible », farra zouboulakis & associés architectes urbanistes (éd.), dans *Milieu Lien Lieu*, Gollion, Infolio, 2023, p. 31.

5 Christophe Bailly, « L'architecture au-delà du projet », dans *Le Visiteur*, n°28, Gollion, Infolio, 2023, p. 13.

6 Fonbaustier, *op. cit.*, p. 91.

7 Anselm Jappe, *Béton. Arme de construction massive du capitalisme*, Paris, Éditions L'échappée, 2020, p. 112.

8 Fonbaustier, *op. cit.*, p. 29.

9 Hans Jonas, *Le Principe Responsabilité : une éthique pour la civilisation technologique*, Paris, Flammarion, 1995, p. 15. (trad. J. Greisch, Éditions du Cerf, 1990).

10 Fonbaustier, *op. cit.*, p. 33.

11 Pierre Veltz, « Quelques remarques sur l'industrie et l'écologie », dans *Le Visiteur*, n°28, Gollion, Infolio, 2023, p. 111.

termes de Mathias Rollot, « l'architecture doit être pensée d'une part en termes de process, pour que sa production construise une nouvelle activité vertueuse pour le territoire, et d'autre part en termes de résultat pour que l'usage et l'image des réalisations participent à l'amélioration du cadre de vie »¹². Pour rétablir une telle relation, l'architecte doit chercher à (ré)concilier son activité architecturale avec l'environnement bâti et naturel, en cherchant à bénéficier de la diversité des conditions naturelles plutôt que de s'y opposer.

Une redéfinition de la notion de « ressource » en architecture semble ainsi s'imposer comme une des multiples réponses aux défis contemporains liés à la durabilité et la disponibilité limitée des matières premières, tout en permettant de repenser les pratiques traditionnelles de conception architecturale et de construction. À ce propos, Nicolas Fiévé et Xavier Guillot avancent précisément que « l'enjeu commun est d'interroger la trajectoire culturelle et historique singulière en Occident qui a été au fondement de notre rapport aux ressources naturelles de la Terre et du système productiviste et extractiviste sur lequel nos sociétés se sont construites depuis plusieurs siècles »¹³. Redéfinir la ressource consisterait dès lors à ne plus simplement la limiter à une matière brute à exploiter, mais plutôt à la considérer comme un concept holistique incluant des dimensions écologiques, économiques, sociales et culturelles. Conséquemment, les bâtiments ne seraient plus perçus comme des entités statiques, mais comme des objets évolutifs, qui interagissent avec leur environnement et leurs utilisateurs. Une telle redéfinition incite donc à repenser l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment. Elle s'inscrit encore dans un contexte social et culturel en s'intéressant non seulement à la richesse des connaissances traditionnelles et locales, mais aussi aux pratiques architecturales vernaculaires qui ont historiquement su utiliser les ressources disponibles localement de façon sensible. En somme, redéfinir cette dernière valorise la connaissance des ressources humaines et matérielles, ainsi que de leurs caractéristiques et leurs limites, pouvant ainsi permettre aux architectes de prendre des décisions avisées tout au long du processus de conception, suggérant dès lors la réalisation de bâtiments fonctionnels, durables et esthétiquement cohérents. Si une redéfinition de la notion de ressource nous semblait ainsi indispensable pour pouvoir songer à recréer un lien avec cette dernière, une matérialisation de cette approche est également nécessaire. C'est à travers le regard nouveau porté sur la ressource et ses processus de construction, que nous abordons dans ce travail le thème de la pierre.

12 Christophe Aubertin cité par Mathias Rollot dans « L'architecture localement bio- et géo-sourcée de Christophe Aubertin : régionaliste, bio régionaliste ? », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 11, 2021, p. 16.

13 Nicolas Fiévé et Xavier Guillot, « Dépasser l'exploitabilité de la ressource en architecture : un défi politique, anthropologique et philosophique », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 11, 2021, pp. 5-6.

L'intérêt pour la pierre n'est pas nouveau dans l'histoire moderne. La pierre a connu un premier élan de popularité durant l'après-guerre en France avec le programme national de la Reconstruction. Les besoins urgents de reloger la population après les destructions de nombreux logements, couplés à la pénurie de matériaux poussent les autorités à s'intéresser à la pierre. C'est une ressource locale disponible en grandes quantités, permettant une chaîne de production indépendante des approvisionnements extérieurs. De plus, ceci permet de relancer l'économie nationale. La construction en pierre naturelle commence ainsi à être mise en pratique. À la même époque, on retrouve en Suisse des questionnements similaires quant à l'utilisation de ce matériau, « redécouvert » à la suite de la pénurie de ciment qu'a engendré la guerre. Cependant, ces pénuries ne dureront pas et l'industrie du béton finira par avoir raison de la pierre, l'empêchant ainsi de s'affirmer comme véritable matériau de construction en Suisse.

Après cette courte période de « redécouverte » de la pierre, peu de nouveaux projets seront construits en pierre naturelle. La pierre se confine alors à être un matériau de la conservation ou de parement noble en raison de son prix en comparaison avec ceux d'autres matériaux. Il faudra attendre jusqu'à la fin des années 1990, avec les constructions de Perraudin, pour retrouver une véritable architecture de la pierre. Par la suite, différents architectes œuvreront ci et là à employer la pierre en Europe, sans jamais que l'ampleur de ces constructions anecdotiques ne parvienne à porter ce matériau sur le devant de la scène de la construction. Ce n'est donc que récemment que l'on a pu constater un regain d'intérêt pour l'architecture en pierre. Influencé en grande partie par la problématique des ressources mentionnée plus tôt, le recours à ce matériau devient de plus en plus présent dans un nombre grandissant de constructions en Europe. En Suisse, ce regain d'intérêt reste cependant essentiellement théorique. Zerbi, dans sa thèse doctorale sur les « Constructions en pierres massives en Suisse », évoque notamment les enjeux écologiques de l'utilisation de la pierre. Il paraît clair que les enjeux qui poussent aujourd'hui les acteurs du secteur de la construction à promouvoir la pierre ne sont plus les mêmes que durant la seconde moitié du XX^{ème} siècle.

Au-delà de construire des bâtiments qui peuvent servir de précédents contemporains, il est tout autant nécessaire de diffuser cette architecture de la pierre, d'en discuter et de la faire (re)découvrir au plus grand nombre. Si l'industrie de la pierre naturelle ne bénéficie pas d'un poids économique suffisamment important dans le secteur de la construction suisse pour se porter seule sur le devant de la scène, elle peut toutefois compter aussi bien sur les

revues d'architecture que sur les fondations et autres organisations architecturales ou culturelles pour promouvoir ce matériau. Celles-ci soulignent les bienfaits environnementaux propres à une construction en pierre en comparaison à d'autres techniques de construction conventionnelles en mettant en avant les analyses du cycle de vie ou les bilans carbone des édifices¹⁴. L'interdisciplinarité, l'échange entre professionnels et la transmission d'un savoir-faire sont en effet indispensables pour faire évoluer l'utilisation d'un matériau.

14

Voir par exemple l'analyse de cycle de vie produite par le bureau d'ingénierie ELIOTH pour l'exposition *Pierre, révéler la ressource, explorer le matériau*, Pavillon de l'Arsenal, 2018. Dossier de presse disponible en ligne (13.11.2023) :

https://www.pavillon-arsenal.com/data/expositions_fbccd/fiche/9767/dp_pierre_89668.pdf

Ou la publication suivante comparant différents systèmes constructifs en pierre ou en béton : Dimitra Ioannidou, Guillaume Habert, Stefano Zerbi, 2014, When more is better – Comparative LCA of wall systems with stone, Elsevier

Ou encore l'ACV d'un immeuble de Fernand Pouillon après 60 ans d'exploitation : Dimitra Ioannidou, Spyridon Daglas, Gerasimos Kallivokas, Maria Ploumaki, Guillaume Habert, Stefano Zerbi, 2016, The hidden value of stone: Life Cycle Assessment of the construction and refurbishment of a 60-year-old residential stone building, ETH Zurich

II.

comprendre le processus

Nous estimons qu'une transition vers une architecture de la pierre sensible à son environnement et proche de l'humain n'est possible que par la compréhension des processus qui constituent la chaîne de production de la pierre. C'est ce raisonnement qui nous a poussé à aller sur le terrain. Nous présentons dans ce chapitre la pierre naturelle au regard de sa diversité ainsi que les méthodes d'extraction et de transformation de la pierre. Cette matière constitue le fruit de nos visites des carrières et des rencontres que nous avons pu faire avec les différents acteurs de la filière : elle compose la matière première sur laquelle les constats qui suivront s'appuieront.

les pierres naturelles

La structure géologique de la Terre révèle une grande variété de formations rocheuses à sa surface. La pierre naturelle se définit tout d'abord par une extraordinaire diversité. Le marché international recense entre 4'500 et 5'000 types de pierres naturelles, dont plus de 2'500 uniquement en Europe¹. En plus de ces pierres commercialisées, il existe une multitude de pierres d'intérêt local dans les constructions traditionnelles, bien que les connaissances qui les entourent peinent parfois à se transmettre aux nouvelles générations, leur extraction et utilisation se faisant de plus en plus rares².

La diversité de cette ressource réside avant tout dans ses caractéristiques, qui définissent principalement les différentes variétés de pierre, mais qui peuvent également fluctuer entre des pierres d'une même variété et parfois au sein d'un même banc rocheux. Les pierres peuvent dévoiler une large palette de couleurs et de textures – deux caractéristiques indissociables lorsqu'il s'agit d'observer l'apparence de la surface d'une pierre. La densité, la porosité, la dureté, la résistance mécanique, la clivabilité et la résistance aux agents atmosphériques sont toutes des caractéristiques qui influencent l'utilisation de la pierre, en tant qu'elles impactent autant son apparence que les procédés de transformation, la mise en œuvre ou encore la durée de vie d'un ouvrage en pierre³. Plusieurs sens sont activés lors de l'identification des caractéristiques d'une pierre, principalement la vue, le toucher et l'ouïe. Ingrid Schegk avance qu'il n'y a pas de meilleur moyen que la construction de murs en pierre sèche⁴. C'est en travaillant la pierre de ses propres mains et en l'observant avec attention qu'on peut véritablement la comprendre.

La dénomination commerciale des pierres naturelles est souvent imprécise, ce qui peut rendre l'identification de pierres difficile. Au moment de décrire les pierres naturelles, de nombreux fournisseurs utilisent en effet des termes géologiques inappropriés, que ce soit par respect de la terminologie locale et traditionnelle, par manque de connaissances ou à des fins marke-

1 Standard européen EN 12440 pierre naturelle – terminologie, 2008.

2 Ingrid Schegk et Environmental Action Foundation, *Dry stone walls. Basics, Construction, Significance*. Zurich, Verlag Scheidegger & Spiess AG, 2019, p. 50.

3 *Ibid.*

4 *Ibid.*

ting. Ainsi, il n'est pas rare qu'une pierre calcaire du Jura soit incorrectement qualifiée de « marbre du Jura », malgré sa nature géologique de pierre sédimentaire. Des confusions peuvent également apparaître lors de la traduction de la terminologie des roches, comme en italien où le terme « graniti » sert à englober toutes les pierres naturelles dures et polissables, telles que le gneiss ou le quartzite⁵. C'est pourquoi le terme de « granite » est fréquemment utilisé en français pour qualifier le gneiss alpin. La norme européenne EN 12440 permet de faire de l'ordre dans la dénomination des pierres, en établissant une liste des critères terminologiques. Cette liste comprend le nom commercial, le nom scientifique de la famille de roches, la couleur caractéristique, ainsi que le lieu d'origine pour plus de 2'500 pierres naturelles, lesquelles proviennent de 21 pays européens et dont une cinquantaine sont originaires de Suisse⁶.

Comme énoncé en introduisant ce travail, aborder l'ensemble des pierres qui composent notre territoire n'était pas le but. C'est pourquoi, notre périmètre d'étude, étant défini par le paysage lausannois formé par le Plateau, le Jura et les Alpes, recense les trois types de pierres les plus représentatives de ces régions : le grès molassique du Plateau, le calcaire du Jura et le gneiss des Alpes. Nous avons pu étudier ces dernières sur quatre sites d'extraction qui se répartissent dans les différentes régions géologiques : la carrière de Myon dans le Jura français, la carrière de Villarlod dans le canton de Fribourg, la carrière de Cresciano au Tessin et la carrière d'Arvigo dans le canton des Grisons.

Les grès molassiques de la carrière de Villarlod, située dans le canton de Fribourg, appartiennent à la famille des molasses marines supérieures, qu'on trouve dans une large zone du Plateau, entre Lausanne et Schaffhouse⁷. Il s'agit d'une pierre relativement tendre et facile à travailler. Les liaisons calcaires entre les grains sont plutôt faibles, ce qui lui donne un caractère sableux. La porosité est quant à elle élevée, résultant en une résistance mécanique limitée. En termes de couleur et de texture, la majeure partie de la molasse de Villarlod est d'une teinte légèrement bleue - verte et ne présente aucune stratification apparente, à l'exception de la partie supérieure du gisement qui est jaunâtre et dévoile une légère stratification de sa matière. Il est encore à noter que ce type de pierre craint l'exposition prolongée à l'humidité, laquelle dissout les liaisons entre les grains.

Le calcaire de Myon est une roche calcaire jurassique qu'on rencontre près de Besançon. Si elle est plutôt tendre et facile à travailler, sa résistance à la compression reste élevée. Les calcaires résistent également bien

5 *Ibid.*, p. 56.

6 *Ibid.*

7 Stefano Zerbi, « Construction en pierre massive en Suisse », École polytechnique fédérale de Lausanne, Thèse doctorale n.4999, 2011, p. 70.

aux agents atmosphériques, mais sont sensibles aux attaques des acides⁸. Le gisement de Myon comporte des variations importantes dans sa structure et sa densité, ainsi que dans sa couleur : des taches bleutées apparaissent çà et là dans la masse beige.

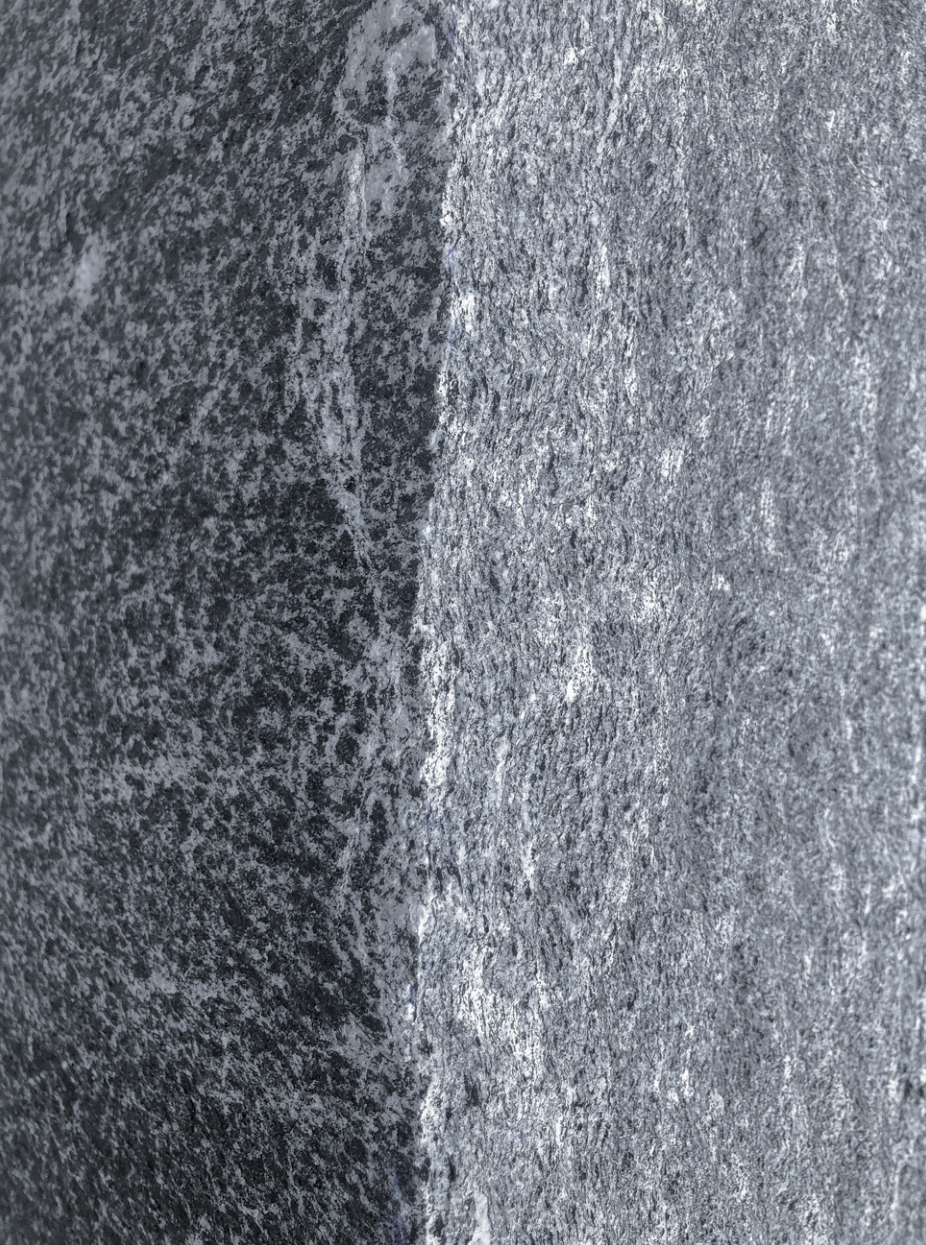
En ce qui concerne les gneiss alpins, nous avons visité deux carrières: celle de Cresciano, dans la vallée tessinoise Valle Riviera, et celle d'Arvigo du Valle Calanca, dans les Grisons. Le gneiss est une pierre très dure qui supporte la compression et dont la structure foliée permet une bonne clivabilité. Sa résistance aux agents atmosphérique est excellente⁹. Bien que la présence de certains cristaux provoque parfois la formation de taches de rouille sur la surface de la pierre, cela ne modifie pas son comportement. La couleur des gneiss de Cresciano et d'Arvigo est gris clair, révélant dès lors bien les différents cristaux blancs et noirs qui les composent. Les gisements de gneiss présentent généralement un nombre élevé de fissures naturelles, exploitées pour l'extraction de la masse rocheuse.

8 *Ibid.*, p. 73.

9 *Ibid.*, p. 79.













calcaire de Myon découpé à la haveuse

entrepôt de molasse bleue de Villarlod

gneiss d'Arvigo, la face de gauche a été
fendue dans le sens des veines à l'aide
de coins et la face de droite brisée

bloc de molasse équarri, avant débitage
en morceaux plus petits

bloc de calcaire découpé à la haveuse,
avant équarrissage

la carrière

le travail de la pierre

Le travail de la pierre change énormément selon la nature de la matière rocheuse à extraire. Les techniques d'extraction d'une carrière de pierre naturelle, de concassé ou de ballaste, d'une gravière ou encore d'une sablière sont très différentes, tout comme leurs impacts environnementaux et humains divergent considérablement. Nous allons nous concentrer dans cette partie sur la description des techniques d'extraction et de transformation de la pierre naturelle, avant de présenter leur application dans les quatre carrières visitées.

L'accessibilité d'une ressource varie en fonction de son environnement et de sa localisation. Pour ce qui est de la pierre naturelle, on compte deux familles principales de carrières, les exploitations souterraines et les exploitations à ciel ouvert, parmi lesquelles on peut encore identifier trois types: les carrières en flanc de taille, les carrières en fosse et les carrières en puits. L'exploitation souterraine est rare en Suisse, car elle est particulièrement coûteuse et limite le nombre de techniques d'extraction employables. Elle permet cependant d'atteindre des gisements sans modifier la surface du terrain, limitant les impacts sur la faune et la flore et ne compromettant pas systématiquement l'utilisation de la surface du terrain. En ce qui concerne les carrières à ciel ouvert, représentant la grande majorité des cas en Suisse, le choix du type précis de carrière se fait principalement en fonction de la topographie du terrain et des techniques utilisées pour l'extraction et l'évacuation de la pierre. La première étape de l'exploitation d'une carrière à ciel ouvert est le dégagement de la couche dite de « découverte », laquelle est composée de terre ou de roche friable qu'on enlève afin d'atteindre la roche convoitée.

L'extraction de la pierre naturelle se réalise en détachant des blocs massifs de bancs rocheux. Leur dimension varie selon le type de pierre et les procédés utilisés. Les dimensions maximales des blocs sont généralement déterminées aussi bien par les engins de transport au sein de la carrière que par les capacités des machines qui débitent et mettent en forme la pierre. Si les blocs dépassent ces dimensions maximales, ils sont divisés directement

sur le site d'extraction, avant d'être commercialisés bruts ou acheminés vers les ateliers de taille où ils prendront leur forme finale.

Il existe différentes méthodes d'extraction de pierre naturelle. En règle générale, plusieurs d'entre elles sont combinées au sein d'une même carrière, cela étant notamment dû aux caractéristiques diverses des pierres. Dans cette première partie, nous catégorisons les techniques d'extraction en suivant trois principes de séparation de la roche : fendre, éclater et scier. Le choix de distinguer les techniques en fonction du principe de séparation plutôt que de l'outil vient de notre intérêt à comprendre le comportement de la matière.

I. Fendre

Une roche se fend lorsque ses faiblesses naturelles sont exploitées ; la matière pouvant être séparée avec peu d'énergie. Pour la division de fragments de petites dimensions ou la taille de pierre, on fend la pierre dans le sens des veines. En ce qui concerne l'extraction de gros blocs, c'est en exploitant les fractures et défauts naturels que l'on peut fendre la pierre. Dès l'époque romaine – où on trouve les premiers exemples d'extraction de pierre sur notre territoire – on utilise des coins métalliques pour détacher la masse rocheuse. Aujourd'hui, bien que le coin traditionnel existe encore, il est rarement utilisé pour l'extraction de blocs, d'autres techniques modernes étant plus efficaces et rapides. Les coins sont cependant utilisés lors du débitage de plus petits éléments, comme les plaques de gneiss. Lorsque la masse rocheuse présente des failles naturelles, on utilise souvent le coussin hydraulique pour extraire la matière : le coussin hydraulique se place dans une découpe faite à la scie, puis, en gonflant, il écarte les deux parois jusqu'à ce que la roche se fende sur une autre face. Il s'agit donc d'une méthode relativement douce et peu invasive, mais elle n'est pas pour autant applicable dans chaque situation.

II. Éclater

Éclater une pierre nécessite plus d'énergie que pour la fendre. Dans le cas de petits éléments, c'est habituellement au niveau des contre-veines que l'on éclate une pierre. Un des outils fréquemment utilisé est le coin écarteur (ou coin éclateur). Celui-ci est constitué d'un coin et de deux lames métalliques plantées dans un trou foré d'une quinzaine de centimètres de profondeur. Les lames sont écartées par l'enfoncement du coin, permettant ainsi l'éclatement de la pierre¹. Il arrive que le coin écarteur soit également utilisé pour détacher un bloc en suivant les fractures naturelles de la pierre. Une autre méthode, principalement utilisée pour les pierres dures et résistantes aux chocs comme

les gneiss, consiste à recourir aux explosifs. Des trous sont alors forés sur toute la hauteur de la face à éclater, à intervalles réguliers d'une trentaine de centimètres. On insère ensuite une charge explosive, généralement un cordeau détonant (penthrite) dans les trous². L'explosion en chaîne fait briser la roche et permet au bloc de se séparer. Cette technique a néanmoins le désavantage de faire plus de bruit que les autres procédés d'extraction. Par le passé, avant de recourir aux explosifs modernes, il existait un « explosif naturel »³ qui s'appuyait sur les propriétés physiques du bois. Ainsi, on insérait des morceaux de bois sec dans des fentes préalablement sciées, puis on les arrosait d'eau. Le bois se dilatant lorsque mouillé, il exerce une pression contre la pierre qui finit par céder. Comme lorsqu'il s'agit de la fendre, réussir à éclater une pierre demande une bonne lecture du banc rocheux, et donc un grand savoir-faire.

III. Scier

Lorsqu'on scie une pierre, on enlève la matière entre la masse rocheuse et le bloc à extraire, permettant ainsi à ce dernier de se séparer de la masse. Jusqu'au milieu du XXe siècle, on utilisait le pic pour gratter la pierre. Par la suite, des scies électriques ou à essence ont été développées et, de nos jours, les deux plus répandues sont la haveuse à chaîne et le fil diamanté. La haveuse à chaîne se présente sous la forme d'une grande tronçonneuse montée sur un bras rotatif et est particulièrement adaptée aux pierres tendres, telles que les calcaires du Jura ou les grès molassiques du Plateau. Elle permet des découpes allant jusqu'à quatre mètres de profondeur et peut faire des coupes à la fois horizontales et verticales⁴. L'équarisseuse fonctionne de manière similaire à la haveuse, mais elle sert à la découpe secondaire d'un bloc, contrairement à la haveuse dont l'utilisation est réservée à l'extraction. Le fil diamanté est, quant à lui, un long câble d'acier renforcé formant une boucle de plusieurs dizaines de mètres. Pour parvenir à le faire passer dans la roche, il est nécessaire de préalablement forer un trou vertical et un horizontal. Un moteur au bout de la boucle fait ensuite tourner le fil diamanté, qui doit être lubrifié à l'eau de manière continue. Contrairement à la haveuse, le fil diamanté se prête particulièrement bien aux pierres dures. Cette méthode, fortement automatisée, permet de détacher des blocs de grandes dimensions tout en limitant les pertes.

² *Ibid.*, p. 113.

³ Ingrid Schegk et Environmental Action Foundation, *op. cit.*, p. 60.

⁴ Stefano Zerbi, *op. cit.*, p. 112.

Dans cette deuxième partie, l'objectif est de comprendre l'utilisation de ces différentes techniques dans un contexte plus concret en donnant un aperçu de leur mise en œuvre dans les carrières visitées.

I. Le calcaire de Myon

Dans la carrière de calcaire de Myon, la pierre est extraite en fosse. La masse rocheuse qui compose les bancs supérieurs du gisement comporte une quantité de fissures supérieure à la moyenne. Dans cette situation, le carrier utilise généralement une combinaison d'outils. Il utilise tout d'abord la haveuse à chaîne pour scier deux faces verticales parallèles du bloc à extraire, puis exploite les failles verticales et horizontales pour décoller le bloc du banc rocheux en glissant un coussin hydraulique dans les fentes préalablement sciées. Si les coussins hydrauliques ne suffisent pas à complètement détacher le bloc, le carrier termine l'action à l'aide d'un marteau perforateur hydraulique monté sur une chenillette. Les blocs sont ensuite taillés sur six faces grâce à l'équarisseuse et sont finalement commercialisés sous cette forme. Ils seront transformés dans des ateliers de taille de pierre externes.

II. Le gneiss de Cresciano et d'Arvigo

Les carrières de Cresciano et d'Arvigo sont exploitées en flanc de taille, comme la plupart des carrières de gneiss alpins. Comme nous l'avons évoqué, le gneiss est une pierre dure, à la structure marquée, qui se fend bien. La haveuse à chaîne, conçue pour les pierres plus tendres, n'est pas adaptée à ce type de pierre. Ainsi, on utilise principalement des explosifs pour briser la pierre en suivant ses défauts naturels, ainsi que le fil diamanté pour scier la masse rocheuse. Ces deux techniques permettent d'extraire des blocs de très grandes dimensions, généralement autour des six mètres de hauteur. Il est à noter que, lorsqu'utilisé sur des pierres tendres, l'explosif produit beaucoup de déchets⁵ et risque aussi bien de fissurer la masse rocheuse que d'appauvrir sa qualité. En revanche, dans le cas d'une pierre dure comme le gneiss, l'explosif est suffisamment puissant pour fendre la pierre sans pour autant produire de déchets ou altérer la roche. Le lit des bancs rocheux de la carrière de Cresciano étant horizontal et plutôt régulier, avec tout de même quelques fissures, le carrier peut scier ou fendre la pierre à l'explosif en suivant simplement les fissures et la géométrie de la carrière, puis retravailler le bloc directement au pied du banc rocheux.

À l'inverse, le lit des bancs rocheux du gneiss d'Arvigo est en pente, obligeant ainsi les carriers à utiliser une technique particulière : ils scient les

quatre faces verticales au fil diamanté, avant de détacher le bloc en utilisant de l'explosif sur la face inférieure en pente. De cette manière, lorsque l'explosif fend cette dernière face, le bloc glisse naturellement sur la pente sur plusieurs dizaines de mètres avant de venir s'échouer sur un lit composé de déchets de carrière. Les blocs sont ensuite divisés en morceaux manipulables à l'aide de coins écarteurs, puis sont transportés vers l'atelier de taille. L'utilisation des explosifs, bien que bruyante dans certains cas, ne produit que très peu de vibrations et de poussière. Il est intéressant de relever ici que les quantités d'explosif employées pour fendre le gneiss sont 160 fois inférieures aux quantités employées pour la création de tunnels⁶. Les émissions principales de poussière sont donc avant tout liées au trafic des camions et des machines au sein de la carrière, d'où la nécessité, parfois, d'arroser les chemins de graviers de la carrière d'Arvigo durant les étés secs.

III. La molasse de Villarod

La molasse de Villarod est extraite dans une carrière à flanc de taille. Cette pierre est, on l'a vu, très régulière et comporte peu de fissures naturelles dans sa structure. L'exploitant utilise donc principalement la haveuse à chaîne pour détacher des blocs réguliers aux faces parallèles, permettant ainsi de limiter grandement la quantité de déchets au moment de l'équarrissage ou du débitage. La carrière de Villarod est exploitée depuis plus de 150 ans. Sa morphologie en flanc de taille découle de l'utilisation des outils du passé (le pic), mais n'est cependant pas spécialement adaptée à la haveuse, cette dernière étant plus efficace sur de grandes surfaces horizontales, typiques des carrières en fosse. De plus, la poussière de molasse étant particulièrement abrasive, les haveuses à chaîne nécessitent un entretien soigneux et tombent facilement en panne. Tout comme les carrières de gneiss de Cresciano et d'Arvigo, la carrière de Villarod possède son propre atelier de taille au pied de la carrière.

Une fois le bloc primaire détaché de la masse rocheuse, le formatage de la pierre commence par un découpage secondaire des blocs, cette fois en taille commerciale⁷. Cette première étape de mise en forme est faite à l'aide soit de masses et de coins écarteurs soit du fil diamanté. Lorsque l'on emploie les coins écarteurs, une série de perforations espacées d'environ 20 centimètres est réalisée au moyen d'un marteau-perforateur manuel, d'un chariot de forage ou d'appareils équipés de plusieurs marteaux parallèles. Des trous sont ainsi percés sur toute l'épaisseur de la tranche. Les coins sont ensuite

6 Giuseppe Ongaro, entretien du 4 décembre 2023, Tessin : on utilise 50 g d'explosif par m³ de pierre pour le gneiss de taille contre 8 kg par m³ de roche pour la création d'un tunnel.

7 Raymond Perrier, *Les roches ornementales*, St-Imier, Edition Pro Roc, 2004, p. 498.

insérés et quelques coups de masse suffisent pour diviser le bloc⁸. Néanmoins, à la suite de cette découpe secondaire, il n'est pas systématiquement possible de tirer un parallélépipède des roches fracturées. Ainsi, afin d'obtenir des blocs commercialement attrayants, l'équarrissage implique l'identification et l'isolation du parallélépipède idéal à l'intérieur du bloc avant d'effectuer un découpage ultérieur⁹. Celui-ci est généralement exécuté à la scie, que ce soit le châssis monolame, l'équarrisseuse à chaîne ou encore le fil diamanté. Une fois le bloc équarri, il peut être débité en tranches ou en blocs plus petits ou taillés. Les surfaces peuvent finalement être texturées à l'aide d'une multitude d'outils traditionnels ou mécanisés. Il arrive parfois que les pierres subissent des traitements particuliers de leur surface, dont le but peut être esthétique ou protecteur. Il s'agit de techniques comme le flammage ou l'application d'une couche de protection. Ce qui est intéressant ici, c'est que la pierre peut être utilisée sous chacune de ses formes, donc à chaque étape de sa transformation, du bloc brut sorti de carrière à la pierre taillée et texturée issue de l'atelier de taille.













on reconnaît les traces des anciennes techniques d'extraction sur la paroi rocheuse de Villarod

coussin hydraulique utilisé pour détacher un bloc de calcaire de Myon

utilisation des coins écarteurs et du marteau pneumatique pour diviser un bloc de gneiss de Cresciano

fil diamanté dévié de 90° par un système de poulies pour couper la roche orthogonalement dans la carrière d'Arvigo

marteau perforateur hydraulique utilisé dans la carrière de Myon pour détacher les blocs en suivant les failles structurales de la pierre

les enjeux environnementaux

L'extraction et la transformation, des matériaux pierreux au sens large (la pierre naturelle, mais principalement les agrégats) constituent une activité industrielle d'importance économique vitale qui contribue de façon substantielle au secteur de la construction et aux infrastructures. L'activité extractive peut avoir des impacts environnementaux significatifs : émissions de gaz à effet de serre, épuisement des ressources, dégradation de la qualité et de la quantité des réserves d'eau, perturbations de la faune et de la flore ou encore transformation du paysage. Ces différents impacts ne doivent pas être sous-estimés, car si l'extraction de la pierre naturelle se caractérise par une utilisation de méthodes minières plus lentes et moins invasives que celles employées pour l'extraction d'agrégats, c'est principalement l'échelle des volumes produits plutôt que les techniques minières à proprement parler qui définit l'ampleur des répercussions sur l'environnement. Il est donc primordial de garder en tête qu'une augmentation drastique de l'utilisation de la pierre naturelle et de son volume d'extraction comporte le risque d'en faire, au même titre que d'autres ressources non-renouvelables, un matériau dévastateur.

Il n'y a pas que l'augmentation des échelles de production qui impacte largement l'environnement. La manière dont on transforme et utilise la pierre a également une importance primordiale sur les retombées environnementales de l'exploitation de cette ressource. Dans ce sous-chapitre, nous nous attarderons dans un premier temps sur les émissions de gaz à effet de serre de la production, du transport et de l'utilisation de la pierre, afin de donner les premières clefs quant aux pratiques à privilégier. Nous aborderons ensuite les répercussions sur les écosystèmes et la réhabilitation active et passive des carrières. Nous terminerons cette partie sur la perception des paysages altérés comme potentiel de sensibilisation aux impacts de la construction.

Un des outils les plus répandus pour évaluer les impacts environnementaux d'un matériau ou d'une technique de construction est l'analyse du cycle de vie (ACV), laquelle retrace les impacts alloués à un produit en prenant

en compte l'obtention de matières premières, la production, l'entretien et l'élimination du produit. Une étude conduite par Dimitra Ioannidou¹, membre de la chaire de la construction durable de l'ETH Zurich, présente une ACV en deux phases. La première concerne la production du matériau pierreux, alors que la deuxième phase se rapporte à des systèmes constructifs. L'étude considère deux carrières suisses, une de gneiss et une de calcaire, et nous informe sur les émissions de gaz à effet de serre et l'épuisement des ressources abiotiques².

Cette étude fait ressortir deux principes élémentaires à l'échelle de la production du matériau. Premièrement, les impacts environnementaux alloués à la transformation d'une pierre sont plus importants que ceux alloués à son extraction. À dimensions identiques, un revêtement brut fendu et non traité aura un impact largement inférieur à un revêtement scié et flammé. Au contraire, si on compare deux parements aux traitements similaires mais aux épaisseurs variables, la différence d'impact est moins significative³. Par conséquent, il est préférable de limiter au maximum les processus de transformation d'une pierre, en particulier les traitements dont l'objectif n'est pas d'améliorer la durée de vie du matériau. Deuxièmement, l'exploitation d'une variété de pierre plutôt qu'une autre, tout comme les propriétés de la carrière, n'influence pas les émissions de gaz à effet de serre⁴. De ce point de vue, c'est donc la distance de transport entre le site de production et celui de construction qui justifie principalement le choix d'un type de pierre.

Dans la deuxième phase de son travail, Ioannidou compare trois systèmes constructifs employant la pierre naturelle : un mur en béton armé avec parement extérieur en pierre fine suspendu à la structure, un mur en béton armé avec parement extérieur autoporteur en pierre et un mur maçonné en pierre massive avec traitement minimal. La comparaison des impacts de ces trois variantes informe quant aux pratiques à favoriser lors de la conception d'un bâtiment utilisant la pierre naturelle. Par exemple, dans le cas d'un mur construit avec des matériaux de provenance locale (c'est-à-dire une distance de transport de 50 kilomètres), les émissions de gaz à effet de serre de la variante en pierre massive sont inférieures d'environ deux tiers aux émissions des variantes en béton avec parements en pierre. Les résultats indiquent que le transport de la pierre est un facteur dont l'importance est considérable pour un mur construit en pierre massive. Ceci en raison du peu de procédés de transformation et à la masse élevée du produit. En revanche, pour un mur en béton armé avec un parement en pierre, le transport de la pierre joue un rôle minimal,

1 Dimitra Ioannidou, Stefano Zerbi et Guillaume Habert, « When more is better – Comparative LCA of wall systems with stone ». *Building and Environment*, 2014.

2 L'épuisement des ressources abiotiques donne une idée du risque potentiel de pénurie des ressources non vivantes.

3 Dimitra Ioannidou, Stefano Zerbi et Guillaume Habert, *op. cit.*, p. 634.

4 *Ibid.*

puisque les impacts environnementaux sont principalement liés au béton et à la transformation de la pierre, dont la masse à transporter par surface de mur est faible. Ainsi, il est plus important d'utiliser de la pierre locale lorsque l'on construit en pierre massive que lorsque l'on utilise la pierre comme parement. En outre, l'impact des déchets pierreux de carrière est particulièrement élevé dans le bilan carbone d'un mur en pierre massive. En effet, si le bilan de la production d'un parement réside essentiellement dans le traitement de la pierre, le bilan des impacts pour la production d'un mur en pierres massives brutes est, quant à lui, influencé principalement par les processus d'extraction et les déchets qui y sont générés. Il est donc primordial de limiter au maximum les déchets de carrière lors de l'utilisation de pierres massives, et cela, en utilisant de préférence des pierres brutes et en valorisant le plus de matière possible.

Concernant l'entretien de la pierre, il s'avère que, de manière générale, plus l'épaisseur de la pierre diminue, plus la durée de vie du matériau diminue⁵. C'est pourquoi, même si la production d'un parement autoporteur épais émet plus d'émissions de gaz à effet de serre qu'un parement fin suspendu à une structure, la meilleure durée de vie du premier équilibre son bilan carbone. Le mur en pierre massive a ainsi une longévité beaucoup plus importante que les parements en pierre, bien que certains traitements de surface soient parfois appliqués aux constructions massives pour les protéger. À titre d'exemple, l'hôtel de ville de Zurich, construit en pierre calcaire massive, se voit appliquer une protection anti-graffiti toutes les deux à trois années⁶. Ces pratiques influencent le bilan carbone de la maintenance d'un mur, bien qu'il soit difficile d'estimer leur impact réel sans considérer les améliorations qu'elles apportent (réduction de la quantité de produits de nettoyage utilisés et de l'altération de la pierre que ceux-ci provoquent).

La fin de vie de la pierre n'est pas prise en compte dans l'étude de Ioannidou. L'estimation de la durée de vie totale d'un bâtiment est en effet difficile à juger, en particulier pour des constructions en pierre, dont la fin de vie est principalement due à une obsolescence d'usage plutôt qu'à une dégradation complète. De plus, les processus de mise en décharge, de réemploi ou de revalorisation sont difficiles à estimer dans le futur. On peut cependant supposer que la longévité d'un bâtiment en pierre massive est en moyenne supérieure à celle d'un bâtiment en béton, que la mise en décharge de la pierre naturelle demande moins de procédés énergivores que celle du béton armé et que le potentiel de réemploi de la pierre massive est supérieur. Il semble donc probable qu'en tenant compte de la totalité du cycle de vie d'un bâtiment, le bilan des émissions de gaz à effet de serre soit encore plus favorable à la

construction en pierre massive que ce qu'avance Ioannidou.

Les données exprimant l'épuisement des ressources abiotiques corrélaient généralement avec celles relatives aux émissions de gaz à effet de serre. Néanmoins, cet indicateur, défini comme le ratio entre le rendement d'extraction globale d'une ressource et la réserve totale terrestre de cette ressource, est davantage adapté aux ressources « rares » (métaux, etc.) ou aux énergies (gaz, pétrole, charbon, etc.) qu'il ne l'est aux ressources disponibles en abondance sur Terre, comme la pierre. Ainsi, dans l'étude de Ioannidou, l'épuisement des ressources abiotiques est particulièrement prononcé en ce qui concerne le transport des matériaux, activité particulièrement gourmande en énergies fossiles. Si à l'échelle globale, l'épuisement des ressources pierreuses est peu probable au vu de leur abondance, à l'échelle locale, il est tout à fait plausible que l'accessibilité à une ressource soit compromise. Il devient donc primordial de planifier l'extraction de la pierre tout en considérant les stocks de gisements locaux accessibles.

Bien que les émissions de gaz à effet de serre soient très basses pour la production et l'entretien de la pierre massive (en comparaison au béton) et que le risque d'épuisement des ressources de pierres naturelles ne soit pas particulièrement alarmant au vu des quantités de pierre naturelle extraites actuellement, les impacts environnementaux de celles-ci ne se limitent pas à ces deux indicateurs. L'activité extractive est, non seulement, irréversible, mais elle altère aussi directement les habitats et provoque la destruction et la perturbation des écosystèmes, entraînant de ce fait une réduction de la biodiversité et un bouleversement des équilibres écologiques essentiels⁷. Cependant, « la perte de l'habitat ne doit pas systématiquement être associée à des impacts néfastes »⁸. Comme le démontre Julie Chenot-Lescure, un habitat dégradé peut faire preuve d'un certain potentiel écologique une fois remis en état. Les recherches qu'elle a menées permettent d'avancer que « si l'exploitation de carrières peut être un facteur de perte de biodiversité par rapport à l'écosystème historique, elle peut également être source de gain avec un apport écologique non négligeable. En effet, les anciennes carrières fonctionneraient aujourd'hui comme un refuge écologique pour de nombreuses espèces animales et végétales, dont certaines possèdent une forte valeur patrimoniale, et ce, corrélé à la diversité des habitats »⁹. L'« ouverture » du sol, comme c'est le cas pour l'exploitation de la pierre, crée une diversité d'habitat qu'on ne retrouve pas forcément à la surface et qui favorise la richesse de la biodiversité. Il émerge donc que la réaffectation des carrières offre quelques aspects

7 Julie Chenot-Lescure, « Faut-il restaurer les carrières après exploitation? Potentialités écologiques des carrières abandonnées à moyen terme (30-40 ans) », *Ecologia mediterranea*, 45, 2019, p. 6.

8 *Ibid.*, p. 27.

9 *Ibid.*, p. 23.

positifs, « il est nécessaire de rappeler que la proposition de mesures ne doit pas être prise pour des appels à destruction si la restauration passive apporte des résultats plus favorables que la restauration active des milieux. La conservation de certains habitats naturels reste une urgence absolue »¹⁰. Il n'est ainsi pas toujours possible de réduire l'impact négatif créé par l'exploitation du sol. L'impact environnemental demeure une préoccupation majeure qui exige une surveillance constante tout au long de la durée de vie de la carrière. Une surveillance qui doit être abordée, en règle générale, à travers trois aspects : la planification, la gestion et la remise en état après l'exploitation¹¹.

S'il existe la possibilité de « recréer » une biodiversité lorsqu'une carrière n'est plus utilisée, il demeure que celle-ci a un impact visuel considérable sur le paysage. Parler de « paysage » est délibéré : ce dernier est fondamentalement subjectif, prenant forme selon notre manière singulière d'appréhender visuellement notre environnement. Autrement dit, l'expérience du paysage matérialise une interprétation unique et personnelle du monde environnant. On pourrait dès lors considérer l'altération du paysage comme un moyen de s'apercevoir de ce qui a été construit dans la mesure où, comme nous l'avons abordé précédemment, nous vivons aujourd'hui dans une société « qui valorise le résultat au détriment du processus »¹² et de la matière. Cette (sur)valorisation du résultat explique en partie pourquoi il y a actuellement une vraie invisibilisation et méconnaissance de l'exploitation. Il nous importe très peu de savoir comment le matériau est produit et d'où il provient dès lors qu'il nous permet de répondre à nos besoins. Il devient ainsi primordial de sortir de cette invisibilisation en remettant l'accent sur l'ensemble du processus (donc nos méthodes de production) pour pouvoir imaginer une transition. Pour reprendre les mots de Clara et Pierre Simay, « il faut rendre visible ce qui est caché, montrer l'envers du décor : rappeler d'où viennent les matériaux, mettre au jour la brutalité de leur extraction, causes d'inégalités environnementales majeures »¹³. En approchant le paysage d'une telle façon, on rend possible une véritable sensibilisation quant à l'impact de chaque action humaine sur l'environnement. Le but ici n'est évidemment pas de banaliser nos actes (nous développerions alors un risque de surexploitation) mais, au contraire, de conscientiser le geste de l'extraction et ainsi de la construction, afin de comprendre et revaloriser le processus et non plus uniquement le résultat. Cette extraction rend visible les marques laissées par notre système de construction sur notre environnement par le paysage.

10 *Ibid.*, p. 29.

11 Stefano Zerbi, *op. cit.*, p. 137.

12 Clara Simay et Philippe Simay, *op. cit.*, p. 149.

13 *Ibid.*, p. 132.

Les différents aspects que nous venons d'aborder permettent de saisir, du moins en partie, les enjeux environnementaux qui encadrent l'exploitation de la pierre naturelle. Les émissions de gaz à effet de serre associées à l'utilisation de ce matériau permettent de dresser un bilan très encourageant de manière générale, bien qu'il soit primordial de respecter certaines pratiques, car mal utilisée, la pierre peut s'avérer encore plus émissive que le béton. Si les questions liées aux émissions de gaz à effet de serre peuvent être traitées de manière quantitatives grâce à l'analyse de cycle de vie, les problématiques de l'épuisement des ressources ainsi que des impacts sur la biodiversité et sur le paysage sont à traiter qualitativement. Si l'exploitation de la pierre en carrière demeure une activité extractive aux impacts indéniables sur l'environnement, les constats ne sont cependant pas nécessairement alarmants, ils peuvent parfois même révéler des potentiels écosystémiques et éducatifs. Nous sommes convaincus que par la mise en place de mesures réglementaires rigoureuses, une communication transparente et des efforts continus pour intégrer de manière équilibrée les impératifs écologiques dans la planification territoriale, nous pouvons aspirer à une transition vers des pratiques de la construction plus respectueuses de notre environnement.









la carrière de Myon entourée de vastes
surfaces boisées
le développement de la carrière se fera
principalement en profondeur

la carrière de Villarlod non loin des
habitations et la toiture de l'ancienne
maison de carriers, aujourd'hui habitée
par des villageois

la carrière de Cresciano au premier plan
et d'autres carrières de gneiss de la val-
lée Biasca en arrière plan

l'artisanat de la filière pierre

le savoir-faire

Comme la chaîne de production des pierres de construction est particulièrement courte, les intermédiaires étant peu nombreux, il est relativement aisé de comprendre les processus d'extraction et de transformation, ainsi que d'avoir une bonne vue d'ensemble de la filière. Dans le cas de la pierre naturelle, ces processus s'apparentent d'ordinaire à une mise en forme plutôt qu'à une transformation à proprement parler, la pierre ne subissant ni changement d'état ni modification de sa composition. C'est d'ailleurs dans ces processus de mise en forme que réside une grande part de la valeur d'une pierre. Une même pierre peut – pour autant qu'elle ne présente pas de défauts structurels ou esthétiques majeurs – être utilisée brute, c'est-à-dire pas ou peu taillée, dans un mur crépi d'une construction vernaculaire comme devenir une pierre de monument si la taille et le traitement de ses surfaces sont traités avec un soin particulier.

Aujourd'hui, l'extraction de la pierre s'appuie sur des outils industrialisés, comme la haveuse à chaîne ou le fil diamanté, alimentés par des énergies non humaines (électricité, pétrole, explosifs). On reconnaît cependant que les techniques d'extraction, à proprement parler, n'ont que très peu évolué depuis la période préindustrielle. Le choix de la technique et des outils à utiliser pour l'extraction des blocs dépend d'une multitude de facteurs qu'il incombe au carrier d'analyser avant de prendre une décision. Savoir où et quand fendre la pierre, la briser ou la scier varie en fonction de l'utilisation future du bloc, de la structure de la matière, de la morphologie du banc rocheux ou de la carrière et demande une connaissance de la pierre qui ne peut s'acquérir que par l'apprentissage pratique. Il n'est d'ailleurs pas rare qu'un bloc rocheux réserve des surprises au carrier, à l'instar d'une face cachée du bloc comportant des irrégularités non anticipées. Bien que l'évolution des outils d'extraction ait permis aux travailleurs des carrières de soulager le travail extrêmement physique et dangereux qu'est l'extraction¹, ces outils ne peuvent pas remplacer

1

Etienne Cunrath, architecte et sculpteur, révèle dans son livre *Pierre de taille, artisanat, outillage et applications* (2007), qu'un carrier sur seize était victime d'un accident mortel dans les mines parisiennes exploitées pour la construction de Paris. Nous n'avons pas trouvé de chiffres sur le nombre actuel de décès dans les carrières de pierre naturelle, bien qu'il soit évidemment plus faible.

le savoir-faire et l'expérience humaine nécessaires à l'extraction de la pierre naturelle. À ce titre, ce sont des outils que l'on pourrait qualifier, en reprenant les termes de Richard Sennett, de « répliquants »², c'est-à-dire qu'ils imitent le geste humain sans pour autant se substituer aux connaissances techniques de l'artisan.

Il est intéressant de relever que les techniques et outils destinés à la taille de la pierre semblent évoluer différemment de ceux réservés à l'extraction. Dans les carrières de Villarlod et d'Arvigo, la CNC (machine à commande numérique) pour le débitage et la taille fait aujourd'hui partie des outils de mise en forme de la pierre. Ce tournant vers une robotisation de la mise en forme de la pierre est récent et commence à se faire une place dans les ateliers de taille de pierre, en parallèle à l'utilisation d'outils traditionnels ou répliquants. Ceci est particulièrement marquant dans la carrière d'Arvigo, où un atelier de forge servant à la réparation et la création d'outils traditionnels cohabite avec un robot CNC de taille de pierre. Le recours à cette « machine robotique », toujours selon Sennett, place le savoir de l'artisan au service de la machine³ (modélisation, programmation) et modifie profondément les compétences techniques de l'artisan. Plutôt que de porter un jugement sur l'évolution de l'artisanat à travers la machine robot, nous aspirons ici à essayer de comprendre cette évolution dans le but de découvrir les opportunités que les techniques et les savoir-faire qui entourent la pierre naturelle peuvent apporter au projet d'architecture et plus globalement à l'industrie de la construction. De nos jours, ce sont dans les phases de transformation et de mise en œuvre de la pierre que le plus d'innovations ont lieu. Ainsi, à Londres, l'exposition « The New Stone Age », portée en 2020 par l'architecte Amin Taha (Groupwork), l'ingénieur Steve Webb (WebbYates engineering) et le tailleur de pierre Pierre Bidau (The Stonemasonry Company), cherchait à mettre en avant l'interdisciplinarité en combinant nouvelles technologies et artisanat. Différentes recherches étaient présentées sur des planchers structurels, des poutres précontraintes ou encore des escaliers aux formes et à la structure remarquables.

Si le recours aux outils robotisés et aux nouvelles technologies pour la transformation et la mise en œuvre modifie le travail de l'artisan-tailleur, le savoir-faire des acteurs de la pierre concernant les techniques d'extraction et le potentiel d'utilisation des pierres demeurent non seulement primordial, mais gagnent également en importance. En effet, ces nouvelles technologies ouvrent des possibilités encore inexplorées par le passé et impliquent une diversité d'usage encore plus vaste. Comprendre quelle pierre peut, par ses qualités intrinsèques, aspirer à être utilisée dans une technologie plutôt qu'une

2 Richard Sennett, *Ce que sait la main : la culture de l'artisanat*. Paris, Éditions Albin Michel, 2010, p. 119.

3 *Ibid.*

autre requiert inévitablement l'expérience de l'artisan. Tapio Wirkkala explique à ce propos que « tous les matériaux ont leurs propres lois non écrites. [...] L'artisan a l'avantage, à chaque étape de son travail, de tenir le matériau entre ses mains pour le sentir et le façonner. Dans l'industrie, le matériau est constamment subordonné à une loi et à un outillage préconçus ; une fois que l'opération est lancée, il est difficile d'introduire des modifications »⁴. C'est donc grâce à l'artisanat que la pluralité des transformations et par extension des utilisations peut avoir lieu. Pour le dire avec les mots de Juhani Pallasmaa, « le travail artisanal requiert une collaboration avec le matériau. Au lieu de lui imposer une idée ou une forme préconçue, l'artisan doit être à l'écoute de la matière ».⁵

La pierre naturelle et son caractère imprévisible exigent une grande adaptabilité de la part des carriers. On peut parfois effectuer une seule découpe sur des dizaines de mètres en suivant un banc de bonne qualité, ou devoir adapter les techniques et la géométrie des blocs fréquemment si le banc est irrégulier. Conséquemment, il est difficile de chiffrer le rendement d'une carrière de pierre naturelle, cette notion étant en grande partie dictée par la ressource. Cette adaptabilité permet cependant des opportunités pour une association entre architecte et carrier : « l'architecte avisé se doit de tisser des liens personnels avec le monde de l'art et de l'artisanat, de manière que sa pensée intellectualisée renoue avec les sources de la vraie connaissance : le monde réel de la matérialité et de la gravité, ainsi que l'intelligence sensorielle et incarnée de ces phénomènes physiques ».⁶ Pour certains projets, cette collaboration architecte-carrier rend possible l'adaptation de l'extraction de la roche aux demandes spécifiques, par une planification commune. Pour le dallage de la place de l'Europaallee à Zurich, par exemple, exécuté en gneiss de Cresciano, les dimensions des blocs extraits ont été adaptées à des multiples des dalles de la place, permettant ainsi de réduire les chutes de matière et les coûts⁷.

Toute la splendeur de ce matériau réside dans les différentes collaborations, propres à l'artisanat, qu'il fait naître. Premièrement, la complicité entre la main de l'homme et la ressource peut faire d'une pierre banale un monument. Antoine de Saint Exupéry l'avait déjà parfaitement compris, lorsqu'il utilisa la collaboration entre pierres et humains comme analogie à l'insignifiance de l'homme considéré en dehors de sa communauté : « La pierre n'a point d'espoir d'être autre chose que pierre. Mais de collaborer, elle s'assemble et devient temple »⁸. Deuxièmement, la collaboration entre architecte et carrier peut mener à des pratiques cohérentes sur l'ensemble des processus qui défi-

4 Cité par Juhani Pallasmaa, "The World of Tapio Wirkkala", dans *Tapio Wirkkala. Eye, Hand and Thought*, musée du Design, Helsinki, Werner Söderström, 2000, p. 22.

5 Juhani Pallasmaa, *La main qui pense*. Paris, Actes Sud, 2013, p. 51.

6 *Ibid.*, p. 64.

7 Entretien personnel avec Giuseppe Ongaro, 4 décembre 2023, Tessin.

8 Antoine de Saint Exupéry, *Citadelle*. Folio, 2000, chapitre 87.

nissent l'utilisation de la pierre, de son extraction à sa mise en œuvre. C'est au travers de ces relations entre artisan, matériau et architecte que l'on peut aspirer à un emploi véritablement respectueux du matériau ainsi qu'à une diversité dans son utilisation.









division d'un bloc de gneiss d'Arvigo à
l'aide de coins écarteurs
la pelleteuse retient la chute du mor-
ceau détaché

équarrissage d'un bloc massif de gneiss
de Cresciano à l'aide d'une masse et
de coins

insertion du coussin hydraulique dans
la découpe préalablement effectuée à la
haveuse

un modèle familial

L'extraction et l'emploi de la pierre naturelle suivent un schéma particulier. Il fut pendant longtemps un matériau essentiel dans l'industrie de la construction avant d'être remplacé par d'autres matériaux comme le béton. Zerbi relève que la quantité de pierres naturelles extraites a considérablement chuté en Suisse entre 1910 et 1980 du fait de l'avènement des nouveaux matériaux industriels, avant de connaître une période stable jusqu'en 2001¹ – dernière date où des données précises et analysées sont disponibles. Selon les entretiens que nous avons menés durant nos visites de carrières, il semblerait néanmoins que l'évolution des volumes extraits depuis 2001 continue d'être stable. C'est en particulier l'augmentation de l'utilisation d'autres matériaux de construction – à l'instar du ciment dont les quantités employées mondialement étaient plus de 20 fois supérieures en 2019 qu'en 1950² – qui tend à marginaliser l'extraction de la pierre naturelle. À une échelle temporelle plus large, la Fondation Action Environnement précise que la quantité globale des volumes extraits sur les deux millénaires n'a pas diminué³, contrairement à ce que l'on pourrait imaginer.

L'évolution principale des rendements d'extraction de la pierre réside dans la répartition des quantités entre les différents types de roches. Les deux carrières de gneiss visitées au Tessin, dont le volume d'extraction annuel⁴ oscille entre 15'000 m³ et 20'000 m³, ont gagné en importance au cours des deux dernières générations, comme nous l'ont révélé les exploitants. S'il n'est pas possible de faire état de l'évolution historique de l'extraction du calcaire de la carrière de Myon en raison de sa récente ouverture, on peut cependant avancer que l'exploitation de calcaire à l'échelle régionale est en légère augmentation⁵.

1 Stefano Zerbi, *op. cit.*, pp. 101-103.

2 Anselm Jappe, *op. cit.*, p. 85.

3 Ingrid Schegk et Environmental Action Foundation, *op. cit.*, p. 59.

4 Comme évoqué dans le sous-chapitre « le savoir-faire », le rendement d'une carrière dépend largement de la structure et la géométrie de la masse rocheuse. Les rendements annuels décrits dans ce chapitre indiquent plutôt des ordres de grandeur que des valeurs strictes.

5 Laurent Bondenet, entretien personnel du 24 octobre 2023, Myon.

Du côté des grès molassiques, on peut constater une perte d'intérêt qu'on retrouve effectivement dans la carrière de Villarlod⁶. Si on estime ses rendements au début du XXe siècle à 1500 m³ de roches extraites, on compte aujourd'hui une extraction équivalente à un dixième des volumes extraits par le passé. On trouve deux raisons principales derrière cette tendance à la baisse. Tout d'abord, la situation géographique des gisements de grès molassiques contribue à la difficulté de leur exploitation. Se localisant dans la région la plus densément peuplée de Suisse, à savoir le Plateau, les gisements de molasse côtoient en effet plus facilement des secteurs habités que, par exemple, dans les Alpes ou le Jura. Leur proximité avec les habitations complique les démarches d'ouverture ou d'extension des carrières, car l'extraction en carrière est associée à des nuisances sonores. Néanmoins, la baisse d'extraction de la molasse est surtout liée à « une réputation de “mauvaise” pierre »⁷, donc à un désintérêt quant à son utilisation. La molasse, sensible aux intempéries comme au gel, est une pierre qui n'est pas particulièrement intéressante pour les domaines du paysagisme et de la construction routière. Dans la construction de bâtiments, elle est également mieux adaptée à une utilisation sous sa forme massive qu'à un revêtement, pour les raisons évoquées précédemment, ainsi que sa friabilité. Bien qu'il soit difficile d'obtenir des chiffres concernant l'évolution de la répartition de l'utilisation de la pierre naturelle par secteur et celle des techniques de mise en œuvre au sein du secteur de la construction, il semble que la quasi-absence de constructions en pierre massive en Suisse – depuis l'arrivée des matériaux modernes – ait particulièrement dévalorisé l'emploi de la molasse, là où le gneiss et le calcaire, grâce à leur plus grande polyvalence, ont continué à être exploités de manière relativement stable.

Ces variations de rendement en fonction des types de pierre influencent directement les structures d'exploitation. Les carrières de pierre naturelles que nous avons visitées présentent deux modèles différents. La carrière de molasse de Villarlod ainsi que celles de gneiss de Cresciano et d'Arvigo sont exploitées par des entreprises « sédentaires », ce qui signifie qu'une même entreprise est responsable de l'entier de la chaîne de production de la pierre, directement sur leur site d'extraction. Ces trois carrières extraient la pierre de manière continue en dehors des mois les plus froids et possèdent des ateliers de taille à même le site/sur place. Ce modèle permet une planification simplifiée et facilite la collaboration entre architectes et carriers. L'entreprise qui exploite la carrière de Myon suit un autre modèle, moins sédentaire : les « cam-

6 Si, en 1915, près d'1/3 des volumes extraits en Suisse étaient des grès molassiques, ce type ne représentait en 1980 plus que 13% du marché total. Au contraire, les granits et gneiss sont passés de 18% à 33% sur la même période. Stefano Zerbi, *op. cit.*, p. 101.

7 Audanne Comment, « Molasse et architecture contemporaine, un amour impossible? », *Tracés*, 4, 2022.

pagnes de sciage »⁸. Ici, le carrier sous-traite l'extraction à une entreprise qui procure ouvriers, machines et équipement nécessaires à deux campagnes de sciage par année, d'une durée d'environ un mois chacune. Le reste de l'année est dédié à la commercialisation des blocs aux tailleurs externes et à l'exploitation d'autres gisements rocheux. Ce modèle, plus fréquent en France qu'en Suisse, propose une chaîne de production moins directe, mais qui permet de réduire le temps d'exploitation en carrière, de limiter les coûts fixes et d'assurer une rentabilité économique même en cas d'extraction de plus petits volumes. À moins de parvenir à planifier les besoins en pierres des mois en avance, ce modèle s'adapte néanmoins difficilement à la demande directe.

En Suisse, la pierre naturelle est généralement exploitée par des structures où se transmettent de génération en génération savoir-faire et connaissances géologiques. Déjà lorsqu'il est question de localiser des gisements rocheux, c'est en premier lieu la transmission orale plutôt que les recueils géographiques écrits qui sont invoqués. Ainsi, Laurent Bondenet, exploitant de la carrière de Myon, nous expliquait faire appel à l'expertise des générations précédentes avant de procéder à des analyses de la roche : « Pour identifier des gisements rocheux exploitables, nous demandons aux anciens. Ils connaissent l'histoire de l'exploitation régionale et la localisation des roches réputées qualitatives mieux que nous »⁹. L'évolution principale de ces structures réside au niveau économique : si le nombre de personnes par quantité de matière extraite a drastiquement diminué ces 100 dernières années¹⁰, l'importance du capital matériel a en contrepartie augmenté drastiquement. Ce changement de capital – de l'humain à la machine – comporte des risques économiques importants pour quiconque souhaite ouvrir une nouvelle entreprise. Bien que la structure des entreprises ait évolué au cours du siècle passé, celles-ci restent relativement petites : le nombre d'employés des entreprises visitées varie entre trois personnes pour la carrière de molasse de Villarlod et une quarantaine pour celle de gneiss d'Arvigo. Cette taille restreinte a pour avantage que les interactions entre les membres de l'entreprise peuvent se faire en face à face, tandis que la transmission des informations et connaissances peut être directe. Richard Sennett associe la structure des telles entreprises à celle d'une famille, c'est pourquoi on peut les qualifier de « familiales »¹¹, en opposition au système d'organisation hiérarchique pyramidal, où les transmissions d'informations se font par une multitude d'intermédiaires. Nous pouvons donc établir une analogie entre le fonctionnement des entreprises de carriers-tailleurs et celui de la chaîne de production de la pierre, caractérisée

8 Terme utilisé par Laurent Bondenet, exploitant de la carrière de Myon, pour qualifier des périodes d'activité limitées dans l'année, lors de l'entretien personnel du 24 octobre 2023, Myon.

9 Laurent Bondenet, entretien personnel du 24 octobre 2023, Myon.

10 Stefano Zerbi, *op. cit.*, pp. 101-102.

11 Richard Sennett, *op. cit.*, pp. 89-90.

par la transparence de ses opérations et par le nombre réduit d'intermédiaires.

Les entreprises du travail de la pierre se caractérisent également par le fait qu'elles ne sont pas centrées sur elles-mêmes, mais fonctionnent en s'adaptant à leur environnement. Le travail des carriers dépend des éléments naturels. Le climat n'influence pas seulement le confort des ouvriers, mais également la matière rocheuse, dont le comportement change lorsqu'elle gèle. Le gneiss est une pierre peu poreuse qui ne craint a priori pas le gel. Pourtant, il peut arriver qu'elle devienne gelée dans quel cas la pierre se fend de manière irrégulière, c'est pourquoi la plupart des entreprises diminuent, voire arrêtent l'extraction de la pierre durant les mois les plus froids. En revanche, les ateliers de taille protègent les ouvriers et la roche des intempéries et peuvent rester en activité toute l'année. Les entreprises qui exploitent la pierre naturelle doivent ainsi adapter leurs activités au fil des saisons, selon l'altitude à laquelle se situent le gisement rocheux et le type de pierre exploité.

Ces structures familiales permettent aux exploitants d'avoir une vue d'ensemble sur la chaîne de production et contrôler chacun des processus qui la composent. En assurant une production et des rendements à échelle humaine, le risque de surexploitation peut diminuer, bien qu'il ne disparaisse pas complètement, d'où l'importance des contrôles, analyses et réglementations qui entourent l'activité des carrières de pierre naturelle. La flexibilité des entreprises, engendrée par leur structure « familiale », offre des opportunités de projet que l'on ne peut trouver dans les catalogues de produits standardisés des structures industrielles. Nous aimerions par ailleurs relever que nous avons été accueillis avec enthousiasme et intérêt par tous les acteurs de la pierre que nous avons eu la chance de rencontrer. La pierre, ainsi que les artisans passionnés qui l'entourent, ont une grande variété de possibilités à offrir.

la valorisation de la matière

La pierre est un matériau naturel irrégulier qui varie énormément en fonction de sa localisation. En effet, même au sein d'un banc rocheux de bonne qualité, certaines de ses parties peuvent s'avérer moins qualitatives – un aspect sur lequel l'humain n'a aucune emprise. Pour autant, cela rend chaque pierre de carrière unique et le savoir-faire des artisans leur permet de faire ressortir tout son potentiel en la transformant de manière optimale. Cette lecture de la ressource permet donc d'optimiser sa mise en forme et son utilisation. Malgré tout, ce formatage engendre aujourd'hui inévitablement des sous-produits qui ne sont pas toujours utilisés dans la construction et qui deviennent des déchets.

Il existe deux types principaux de déchets issus de carrières : les déchets que nous appelons ici « d'usage » et les déchets de transformation. Ces derniers sont des chutes de toute taille qui surviennent à chaque étape d'extraction et de mise en forme, autrement dit des gros morceaux lors de l'équarrissage au sortir de la carrière, des plus petits lors du débitage des blocs, des éclats lors de la taille d'un élément et du traitement de sa surface, ou encore de la poussière lors du sciage ou du fraisage. Une part de la mise en forme que la pierre subit est exigée par l'industrie de la construction qui cherche à uniformiser le matériau afin de répondre à des standards exigeants de forme et d'utilisation, sans forcément prendre en considération les caractéristiques de la pierre, cela dans le but de réduire les coûts et diminuer le temps de production¹. Si ces déchets sont inhérents au travail de la pierre naturelle – la taille étant par définition un procédé de transformation par soustraction de la matière – il reste possible de les réduire en limitant le nombre d'étapes de transformation. Dans le cadre de l'utilisation de la pierre naturelle sous sa forme massive, une certaine standardisation de forme est certes requise mais le même degré de standardisation n'a pas à être systématiquement appliqué dans toutes les situations.

Les déchets d'usage sont quant à eux des blocs primaires bruts qui sont jugés inaptes à être valorisés à cause de défauts structurels et esthétiques. À proprement parler, il s'agit plutôt de blocs incompatibles aux usages courants plutôt que de déchets. Ils comprennent la matière rocheuse de moins bonne qualité qu'il est nécessaire d'extraire pour atteindre la matière commercialisable, ainsi que les blocs qui présentent des défauts cachés que l'on ne découvre qu'après leur extraction. Ce type de déchets change grandement en fonction de la variété de pierre et la qualité du gisement. Ainsi, dans la mesure où le gisement de molasse de la carrière de Villarlod est principalement composé de bancs rocheux à la structure homogène présentant peu de fissures et de défauts, la plus grande partie de ses déchets, soit environ 10 % de la matière totale, comporte essentiellement des déchets de transformation. Les gisements de gneiss des carrières de Cresciano et d'Arvigo se distinguent, quant à eux, par une plus grande quantité de défauts et d'irrégularités. On compte dès lors dans ces deux carrières jusqu'à 50 % de déchets, principalement alloués aux déchets d'usage. Dans la carrière de calcaire de Myon, on compte environ 30 % de déchets d'usage, bien qu'on puisse s'attendre à une certaine réduction dans les années à venir ; la partie supérieure du gisement – moins qualitative que les bancs inférieurs – étant actuellement exploitée. Si pour les déchets de transformation, ce sont les standards de forme qui posent certains problèmes, dans le cas des déchets d'usage, ce sont principalement les standards de qualité du matériau qui empêchent la commercialisation de la pierre. C'est justement en raison des standards de qualité trop strictes appliqués aux constructions de bâtiments que certaines carrières, à l'image de celle d'Arvigo, ont drastiquement réduit leur production de pierre naturelle pour les bâtiments et se sont ainsi tournées majoritairement vers le paysagisme.

Les carriers sont contraints de se conformer aux catégories de pierre dictées par le secteur de la construction. Dans le cas des carrières tessinoises de gneiss que nous avons visitées, seule la première classe est considérée comme suffisamment valable pour une remise en valeur et passe en atelier de taille. Les blocs de deuxième classe sont, quant à eux, parfois utilisés bruts dans des projets de paysagisme, tandis que ceux de troisième classe, présentant des défauts structurels ou esthétiques jugés trop importants, sont perçus comme des déchets. Ainsi, ils servent à reboucher les carrières en fosse ou en puits, ou sont partiellement utilisés pour l'aménagement des rampes d'accès au banc rocheux. Lorsqu'un bloc comporte une partie commercialisable réduite et une autre présentant des défauts conséquents, il n'est généralement pas rentable pour les exploitants de transporter le bloc jusqu'à l'atelier de taille

pour y transformer la partie qualitative, puis ramener la partie défectueuse pour qu'elle serve remblais de carrière. Le bloc ne quittera finalement jamais le site d'extraction.

Les défauts qui caractérisent la qualité d'une pierre sont principalement de nature structurelle ou esthétique. Les défauts structurels consistent en des irrégularités ou des imperfections dans la structure interne d'une pierre; autrement dit, sont regroupées sous cette catégorie aussi bien des fissures naturelles, des densités ou porosités variables, que des veines irrégulières et courbées. Des solutions sont aujourd'hui explorées pour maximiser leur utilisation. En particulier, il existe une « nouvelle » pratique qui a pour but d'injecter de la résine dans la pierre afin de combler ses défauts structurels et donc pouvoir l'exploiter dans quel contexte que ce soit. Cette méthode permet ainsi de limiter les déchets en les revalorisant, ce qui témoigne également d'une volonté de la part des carriers et des tailleurs de pierre d'essayer de trouver des solutions leur permettant d'optimiser l'usage de la matière extraite. Il émerge donc que le problème vient plutôt de la demande, en d'autres termes des architectes et des constructeurs. Si on voyait et comprenait davantage ce que produit l'extraction, alors on saurait qu'il faut employer la pierre sous les différentes formes qu'elle peut offrir. En effet, contrairement à ce qui est pensé et fait aujourd'hui, la plupart des pierres présentant ce type de défauts pourraient bel et bien être employées dans la construction. Une pierre comportant une fissure naturelle ne peut bien sûr pas être utilisée en plaque de revêtement fine, mais elle pourrait servir en tant que bloc massif travaillant en compression, si la pierre est orientée de façon à présenter la fissure horizontalement. De façon similaire, une pierre dont les veines sont courbées ne peut pas être fendue finement, mais une utilisation massive est, là aussi, envisageable. Finalement, il ressort que toute pierre est bonne à être utilisée, pour autant que sa mise en œuvre prenne bien en compte ses défauts comme ses qualités.

En plus de ces défauts structurels, les défauts esthétiques sont susceptibles de « déclasser » un bloc de pierre. Ceux-ci sont en règle générale liés aux irrégularités dans la texture et la couleur de la pierre. Ainsi, les traces orangées de rouille provenant de certains minéraux dans les gneiss ou les variations de couleur telles que des taches bleutées que l'on trouve dans le calcaire de la carrière de Myon rendent ces pierres difficilement commercialisables. Néanmoins, dès lors que ces variations dans la texture et la couleur sont inévitables lorsqu'on travaille avec des matériaux naturels, vouloir appliquer les codes esthétiques des matériaux industrialisés – notamment avec le désir d'atteindre une homogénéité et une régularité de la surface – à un ma-

tériau naturel relève pour nous d'une certaine absurdité. La beauté inhérente au travail d'un matériau naturel aussi singulier que la pierre ne réside-t-il pas, justement, dans sa diversité et son langage propre ?

La couleur et la texture ont toujours été des critères importants dans le choix des pierres de revêtement, et cela conformément aux modes des différentes époques. Il est à noter cependant que la pierre de revêtement ne représentait qu'une petite partie de la pierre utilisée dans la construction. Actuellement, en raison de sa quasi-absence d'utilisation structurelle, l'esthétique semble être le principal critère déterminant le choix de la pierre naturelle. Toutefois, si l'architecture de demain redonnait de l'importance à une diversification d'usages de la pierre, il deviendrait possible de valoriser davantage des pierres dont la texture et la couleur présenteraient des « défauts » esthétiques. Les pierres de grande valeur esthétique seraient alors mises de côté pour être travaillées comme parement et ainsi révéler au mieux leurs qualités.

Plusieurs recherches sont par ailleurs menées par le secteur de la construction et le milieu universitaire afin de revaloriser au maximum les déchets de transformation. On peut notamment citer le travail de Dominik Reisch, qui mène actuellement à l'ETH de Zurich un projet de recherche visant à réduire le downcycling (recyclage d'un produit dont la valeur finale est inférieure à son potentiel) des chutes issues de la transformation de la pierre, en alliant design numérique et tradition pour proposer un système de dallage aux formes irrégulières. Autrement, l'architecte Amin Taha présentait en 2018 un projet à la biennale de Venise qui consistait en une structure en voûte mettant en avant les déchets de carrière en employant de fines chutes de pierres laminées-colées. Si ces innovations techniques sont porteuses d'espoir en termes de revalorisation des déchets de transformation, les déchets d'usage peinent quant à eux à retrouver de la valeur sur le marché de la construction, alors même qu'ils représentent souvent le plus grand volume de déchets produits par une carrière. Ce n'est pas uniquement par des innovations techniques que l'on pourra pallier la dévalorisation des pierres défaillantes esthétiquement et structurellement parlant. L'utilisation « juste » de la pierre, dans le sens de l'économie du matériau, impliquait par le passé une considération de l'ensemble de la matière extraite, selon les possibilités que chaque pierre avait à offrir. Il est ainsi essentiel que les concepteurs, architectes et clients réapprennent à élargir le spectre de l'utilisation de la pierre naturelle, et cela afin de trouver des usages adéquats pour chacune d'elles. C'est peut-être là que réside l'apprentissage principal de nos visites et rencontres : toute pierre est parfaite pour une application précise. En collaborant minutieusement avec les artisans de la pierre, ces utilisations possibles peuvent pleinement révéler leur multiplicité et leur variété.









déchets d'usages entreposés dans la
carrière d'Arvigo

défait structurel d'un morceau de
gneiss : les veines ondulées ne per-
mettent pas à la pierre d'être fendue en
plaques fines

défait esthétique : les taches de rouille
déclassent la pierre et compliquent sa
mise en valeur

déchets de taille entreposés dans la car-
rière de Cresciano

l'héritage industriel

L'artisanat qui imprègne encore profondément la filière pierre ne résulte pas uniquement du fait que la nature de ce matériau se prête mieux à des techniques artisanales et des structures familiales. Cela s'explique également par le fait que cette filière n'a actuellement pas un poids économique suffisant dans le secteur de la construction pour être développée de façon industrielle à la même échelle que certains matériaux transformés comme le béton, l'acier et la brique ou comme d'autres matériaux naturels comme le bois. Il semble fort probable que si l'intérêt économique à l'égard de cette filière venait à grandir, des développements en direction d'une industrialisation plus lourde pourraient en résulter. Toutefois, nous pensons qu'une industrialisation trop lourde de la filière pierre poserait certains problèmes à une transition écologique de la construction. La pierre naturelle a déjà vécu un développement industriel bref mais significatif durant la période de l'après-guerre en France. Nous proposons dans ce chapitre de porter un regard critique sur les nouvelles possibilités que l'industrialisation de la pierre a permises, mais aussi sur les problèmes qu'elle a engendrés.

Durant la période qui a suivi la Seconde Guerre mondiale, l'État français soutient financièrement un vaste programme de reconstruction : il faut construire des logements en masse, rapidement et à bas coûts¹. La volonté d'optimiser les procédés de construction passe en partie par l'industrialisation des matériaux. Si la pierre gagne l'intérêt des autorités, c'est grâce à son attrait économique : étant une ressource disponible en larges quantités sur le territoire français, elle permet une chaîne de production qui ne dépend pas des approvisionnements extérieurs². De plus, l'extraction de la pierre est peu gourmande en énergie et constitue dès lors un atout majeur durant cette période, le coût de l'énergie étant quant à lui élevé. C'est donc dans un contexte d'urgence et dans une volonté d'appliquer les codes de la modernité à une chaîne de production jusqu'alors profondément artisanale que l'on développe la pierre structurale « pré-taillée », terme utilisé en référence au béton « préfabriqué ».

1 Jonas Kuratli et Marie Le Dréan, *La pierre banale ; logements collectifs en pierre massive, Paris 1945-1973* », Lausanne, EPFL Press, 2018, p. 13.

2 *Ibid.*, p. 21.

La pierre pré-taillée est débitée aux bonnes dimensions directement sur le site de la carrière, avant d'être acheminée « prête à poser » sur le chantier, sans nécessiter d'ajustement particulier de la matière ou de traitement de surface supplémentaire³. La rapidité de mise en œuvre et l'effacement du travail artisanal de tailleur en font un matériau moderne. Fernand Pouillon, architecte et constructeur prolifique, est un des protagonistes principaux de cette technique de construction en France ainsi qu'à Alger. L'industrialisation de la pierre atteint son pic en 1951 avec la mise au point par Paul Marcerou d'une nouvelle machine, qui consiste en l'utilisation en série parallèle de haveuses montées sur châssis, afin de découper en chaîne des blocs massifs pré-taillés. Installée dans la carrière de Fontvieille en 1952, cette machine permet d'augmenter considérablement la cadence d'extraction en atteignant des volumes vertigineux de 10'000 m³ de pierre calcaire par mois⁴.

Bien que les volumes extraits soient démultipliés, cette technologie est uniquement adaptée à un type de pierre et à une morphologie de carrière spécifiques. Pour fonctionner correctement, elle demande en effet de grandes étendues horizontales de pierre calcaire, elles-mêmes composée de bancs rocheux suffisamment réguliers et qualitatifs à large échelle. Autrement dit, il s'agit de critères remplis par un nombre limité de carrières. Quand bien même ces conditions seraient remplies, un problème de valorisation de la ressource demeure : l'entière de la matière est traitée de manière identique, sans prendre en compte les fluctuations de la roche au sein du gisement. D'une part, on produit des déchets en taillant de la masse rocheuse inapte à être utilisée comme bloc massif équarri, alors que l'on pourrait lui trouver une utilisation dès lors qu'on s'attacherait à changer sa forme. D'autre part, on dévalorise des morceaux de roches de qualité exceptionnelle qui mériteraient d'être magnifiés, par exemple en parements fins plutôt qu'en blocs massifs. Les rendements des nouvelles machines, comme celle développée par Marcerou, mettent également en évidence les risques accrus de surexploitation que leur utilisation pourrait entraîner. En effet, comme nous l'avons mentionné dans le chapitre traitant des impacts environnementaux des carrières, l'augmentation significative et non contrôlée de l'extraction de la pierre peut entraîner des dégâts irréversibles sur notre environnement. En particulier, l'exploitation de grands volumes de pierre dans une même région géologique peut provoquer l'épuisement local d'une ressource. Malgré son efficacité, cette machine ne s'est finalement pas implantée dans de nombreuses carrières, l'intérêt de l'État français pour la filière pierre s'étant rapidement estompé suite au développement massif du béton armé.

3 *Ibid.*, p. 25.

4 *Ibid.*, p. 29.

Aujourd'hui, lorsque l'on construit en pierre naturelle structurelle, on s'inspire encore largement des techniques de construction qui ont été développées durant l'après-guerre en France, quoique les techniques d'extractions ultra-industrialisées aient été généralement abandonnées par la suite. Le projet construit par le consortium d'architectes Archiplein-Perraudin à Plan-les-Ouates fait partie des exemples récents qui mettent en œuvre de manière fidèle le système constructif de la pierre pré-taillée. Afin de répondre aux exigences de coûts et de rapidité de mise en œuvre, les architectes ont favorisé une optimisation considérable des étapes de transformation et de mise en place. La taille, effectuée directement en carrière, se limite au débitage de blocs sciés sur leurs six faces. La surface des blocs pré-taillés est brute de sciage. Le calepinage est quant à lui simplifié au maximum, permettant ainsi de réduire le nombre de pierres aux dimensions différentes. Des blocs de grand format sont utilisés afin de réduire les découpes en carrières et limiter les manœuvres sur le chantier. Le recours à cette technique de mise en œuvre était probablement la plus susceptible de répondre aux exigences techniques et aux habitudes constructives de l'industrie du bâtiment en Suisse. Elle a en outre permis d'amener pour la première fois l'utilisation structurelle de la pierre dans un bâtiment contemporain en Suisse.

La pierre naturelle, sous sa forme structurelle, s'impose comme une alternative indispensable aux solutions conventionnelles pour assurer la transition écologique du secteur de la construction. La pierre pré-taillée a des avantages indéniables, comme le soulignent Jonas Kuratli et Marie Le Drean⁵. Pour autant, la question de l'économie de la matière n'est pas toujours résolue, ceci pour deux raisons principales. Premièrement, les exemples de bâtiments qui ont marqué l'époque de l'après-guerre et qui caractérisent les constructions en pierre d'aujourd'hui, sont généralement mono-matériau et mono-technique. Ainsi, une même pierre est mise en œuvre de façon identique de la base du bâtiment jusqu'à son couronnement, cela sans jamais être adaptée aux éventuelles variations d'exposition aux agents atmosphériques, de charges structurelles ou d'usages. Les opérations d'optimisation concernent donc principalement la réplication du plus petit nombre d'éléments différents, et non une optimisation de la matière. Deuxièmement, comme évoqué précédemment, ce type d'ouvrage est adapté à un type de pierre et un type de carrières spécifiques. À titre d'exemple, la pierre employée pour le bâtiment de Plan-les-Ouates provient de carrières situées entre 400 et 500 kilomètres du site de construction. Ce choix est basé sur une multitude de facteurs techniques et financiers : la morphologie et l'équipement des carrières, les caractéristiques

précises de la pierre, le volume d'extraction (particulièrement important ici, du fait de l'ampleur de la construction) ou encore le coût de la main-d'œuvre et du transport. Les exigences de cette technique de construction, ainsi que l'ampleur du projet ont fait qu'il n'était pas possible d'utiliser des carrières plus proches. Bien que le projet d'Archiplein–Perraudin ait une empreinte carbone inférieure à un ouvrage similaire en béton, les impacts alloués au transport de la pierre représentent la majeure partie des émissions des murs⁶. En développant le projet directement à partir d'un matériau précis et des répercussions que celui-ci a sur le choix de carrière, les architectes auraient peut-être pu permettre l'utilisation d'une pierre locale.

Ce modèle, sur lequel se base un nombre grandissant de projets en France et qui a dernièrement fait ses preuves en Suisse grâce au précédent de Plan-les-Ouates, montre bien que l'utilisation de la pierre structurelle a un réel potentiel pour se faire une place dans l'industrie de la construction. Pour autant, nous aimerions insister ici sur l'importance de la diversité des techniques et des échelles : la pierre pré-taillée, héritage industriel de l'après-guerre, ne doit pas devenir l'unique modèle, et cela afin de respecter au mieux la ressource au regard du large spectre d'utilisation qu'elle nous offre.

les pierres *locales*

Aujourd'hui, pour prétendre à une potentielle transition vers un monde plus durable, il est nécessaire de « recentrer les pratiques de construction autour du développement de chaînes d'approvisionnement traitant des matériaux locaux et régionaux à travers des chaînes d'approvisionnement transparentes et équitables fondées sur une approche régénérative. »¹ Si ce constat propose à juste titre de s'orienter vers des pratiques locales, il ne précise cependant pas réellement ce qu'il signifie par là. La définition d'un matériau local n'est en effet pas si évidente et peut varier selon bien des facteurs, dont notamment son accessibilité et sa chaîne de production. On l'a vu, l'utilisation des pierres locales est de plus en plus présente dans les théories et débats actuels autour du bâti – et incarne également le cœur de ce travail, qui invite à recréer un lien avec les pierres à travers une meilleure compréhension du processus. Toutefois, afin de pouvoir envisager ce que signifie véritablement le terme « local », il faut d'abord tenter de comprendre ce qu'il représente, tout du moins dans notre cas, au regard de la pierre. Nous clôturons/terminons ainsi ce chapitre avec la question des pierres locales, en prenant en considération trois notions qui, selon nous, sont majeures dans cette compréhension : les impacts environnementaux, les questions économiques et les résonances.

L'accessibilité aux ressources a bien évolué au cours du dernier siècle. Les technologies modernes d'extraction comme le développement massif des infrastructures de transport permettent aujourd'hui d'exploiter et transporter sur de plus grandes distances des ressources qui n'étaient disponibles, autrefois, que pour les populations avoisinantes d'une carrière. L'exploitation des roches alpines dures, comme le gneiss, s'est largement amplifiée durant le siècle de la révolution industrielle et l'expansion des voies de chemin de fer. Si le gneiss est désormais le type de pierre le plus exploité en Suisse, il était réservé auparavant aux ouvrages d'art uniquement². Le développement des infrastructures routières durant la deuxième moitié du XXe siècle a facilité encore davantage l'accès aux régions reculées. Au contraire, de nombreuses

1 Amica Dall et Material Cultures, *Material Reform : Building for a Post-Carbon Future*, MACK, 2022, p. 43.

2 Stefano Zerbi, *op. cit.*, pp. 96-97.

carrières exploitées à proximité immédiate des villes sont à présent devenues inaccessibles, la surface construite de la Suisse s'étant considérablement étendue au cours du dernier siècle : entre les années 1985 et 2018 seulement, les surfaces d'habitat et d'infrastructures ont augmenté d'un tiers à l'échelle nationale³. Si durant l'époque préindustrielle le transport était un facteur qui limitait la possibilité d'exploiter une carrière, c'est aujourd'hui l'étalement continu des zones construites qui constitue une entrave considérable. Pourtant, comme évoqué plus tôt, le transport est responsable d'une grande partie des émissions de CO₂ d'une construction en pierre, en particulier lorsque celle-ci est utilisée sous sa forme massive. Ioannidou souligne en effet qu'au-delà d'une distance de transport de 430 kilomètres en camion, le recours à la pierre massive plutôt qu'au béton n'est plus justifiable d'un point de vue des émissions de gaz à effet de serre⁴.

En plus de la distance, le type de transport joue également un rôle primordial dans les impacts environnementaux d'un matériau. La grande majorité des pierres utilisées pour la construction des cités algériennes de Pouillon provenaient de la carrière de Fontvieille⁵, située en Provence, et ont été acheminées par voie marine. Cette décision, motivée principalement par les relations politiques et amicales qu'entretenait Pouillon avec les exploitants de la carrière française ainsi que le maire d'Alger⁶, peut paraître absurde à bien des égards, d'autant plus sachant que la pierre était largement exploitée en Afrique du Nord à l'époque romaine et que la ressource y est abondante. Cependant, il s'avère que les impacts environnementaux d'un transport maritime sont amplement inférieurs à ceux d'un transport en camion. Ainsi, les émissions de gaz à effet de serre d'un bloc de pierre parcourant les 700 kilomètres qui relient le port de Marseille et celui d'Alger ne sont pas plus conséquentes que celles d'un même bloc transporté par camion sur 50 kilomètres⁷. Cette comparaison n'a pas pour but d'encourager les transports de marchandises maritimes sur de grandes distances, mais cherche à mettre en évidence l'importance du choix quant au type de transport à employer pour déplacer la pierre massive. En Suisse, l'utilisation du train pourrait, par exemple, être une alternative au camion pour transporter la pierre⁸, bien qu'il serait également essentiel de revoir les critères d'accès aux carrières de pierres. De la même manière que l'on exploitait par le passé des carrières au bord de fleuves ou de lacs navigables

3 Statistique suisse de la superficie : Les surfaces d'habitat et d'infrastructure de la Suisse, Office Fédéral des Statistiques, 2023.

4 Dimitra Ioannidou, Stefano Zerbi et Guillaume Habert, *op. cit.*, p. 636.

5 Pierre Frey *et al.*, *Fernand Pouillon, le téméraire éclectique*. Paris, Actes Sud, 2023, p. 30.

6 *Ibid.*, p. 307.

7 Chiffres basés sur les données écobilans KBOB (version 4.0 du 07.11.2023), URL : https://www.kbob.admin.ch/kbob/fr/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html

8 Selon la base de données écobilans KBOB (version 4.0 du 07.11.2023), le train de marchandise en Suisse émet 90% d'émissions de gaz à effet de serre en moins qu'un camion 32-40t.

afin de faciliter le transport maritime, le choix de l'emplacement d'une carrière devrait aujourd'hui reconsidérer le réseau ferroviaire comme il faut par ailleurs, plus généralement, réévaluer le mode de transport.

En ce qui concerne les pierres de parement fin, le transport n'a, a priori, que peu d'influence sur leurs impacts environnementaux, les étapes de transformation des éléments étant les principales responsables des émissions de gaz à effet de serre⁹. Il faut noter cependant que cette assertion est valable pour autant que les distances parcourues par le matériau en question n'atteignent pas des valeurs insensées. À une époque où la mondialisation s'est profondément enracinée dans toutes nos chaînes de production et où les marchés publics sont presque exclusivement basés sur la valeur économique d'une prestation, le recours à un transport adéquat, donc raisonnable, n'est malheureusement plus (du tout) systématique. Nous citerons à titre d'exemple l'immeuble de Boltshauser sur l'Europaallee, à Zurich, dont le parement en pierre provenant de la carrière allemande de Wurzburg, a été traité et pré-assemblé en Chine, à Shenyang. Ainsi, plutôt que de parcourir les 350 kilomètres qui séparent la carrière du site de construction, la pierre en a parcouru 43'120 – soit une plus grande distance que la circonférence de la Terre. Dans un tel cas de figure, il est évident que le transport exerce une influence notable sur l'impact total du produit, qui a ici été estimé à vingt fois supérieur à celui d'un parement qui aurait été transformé en Suisse¹⁰.

Ces quelques exemples montrent l'importance d'une utilisation de pierres locales, en particulier – mais pas uniquement – sous sa forme massive. Il apparaît également que les émissions de gaz à effet de serre induites par la distance et le type de transport ne sont pas toujours intuitives. C'est pour ces raisons qu'il est, entre autres, nécessaire de recourir à des outils comme l'analyse de cycle de vie pour guider la prise de décision quant à l'utilisation d'un matériau plutôt qu'un autre, et cela en fonction de sa localisation et de son mode d'acheminement.

L'analyse des émissions de gaz à effet de serre du transport n'est pas le seul indicateur permettant d'attester de l'importance des ressources locales: l'argument économique est également déterminant dans le secteur de la construction. La question du local ne concerne pas uniquement la ressource, mais également le savoir-faire et la main d'œuvre utilisées pour la production du matériau comme pour sa mise en œuvre. Par rapport aux techniques de construction industrielles, les pratiques vernaculaires ont l'avantage de permettre des retombées économiques plus proches des communautés locales. C'est précisément ce que montre une autre étude de Ioannidou, qui présente

9 Dimitra Ioannidou, Stefano Zerbi et Guillaume Habert, *op. cit.*, p. 635.
 10 Association Initiative de Alpes, « pierre du diable » et « cristal de roche », 2018, URL: https://www.alpeninitiative.ch/fr/echos_151_2_pierre-du-diable/, dernière consultation le 09.01.2024.

une analyse des flux économiques de la construction d'un pont en pierre :

78 % des coûts totaux du projet reviennent à la communauté locale (située ici dans un rayon inférieur à 30 kilomètres du site de projet)¹¹. La répartition des coûts par activité révèle que les montants alloués à la main-d'œuvre représentent la grande majorité des coûts totaux du projet, à savoir 68 %. En comparaison, un pont similaire en béton présenterait des retombées économiques locales de 52 %, tandis que la répartition par activité indique que seulement 35 % des coûts seraient attribués à la main-d'œuvre, les frais généraux étant beaucoup plus élevés lors de l'utilisation de béton. Il est intéressant de souligner ici que cette étude appuie, avec des arguments économiques, le même constat que celui que nous avons tiré de nos rencontres avec les acteurs de la filière pierre : il est primordial de considérer les ressources humaines locales au même titre que les ressources matérielles – d'où l'importance d'une réflexion qui privilégie une approche locale.

Enfin, nous estimons qu'il est à la fois essentiel et éclairant de prendre encore en considération la résonance inhérente au caractère local d'une pierre. Durant l'Antiquité, des pierres ornementales particulièrement remarquables, imprégnées d'une symbolique forte, ont voyagé sur de longues distances pour venir embellir églises ou œuvres d'art – à l'instar du porphyre rouge d'Égypte à l'époque romaine¹² ou du marbre blanc de Carrare à la Renaissance¹³, appréciés pour leurs couleurs et textures uniques. Tandis que des pierres exotiques voyagent à travers le monde en raison du luxe qu'elles symbolisent, d'autres pierres sont quant à elles particulièrement appréciées pour leur caractère local ou régional¹⁴. En effet, selon Giovanni Polti, exploitant de la carrière d'Arvigo, le caractère local d'une pierre est ce qui la fait entrer en relation directe avec son environnement. Ce que nous renvoie une pierre locale lorsqu'on la regarde, c'est donc un sentiment de cohérence, d'harmonie avec le paysage, soit « Wo das Stein passt »¹⁵ (en français : « là, où la pierre convient »), pour reprendre l'expression de Polti. Il prend pour exemple le cimetière, soit un lieu qui regroupe souvent une grande diversité de types de pierres différentes dans un seul espace et dans lequel les pierres tombales, aussi magnifiques soient-elles en termes de couleur et de texture, ne peuvent entrer en résonance avec le paysage qui nous entoure que si elles sont issues de ce même paysage¹⁶. En effet, lorsqu'extraite du même milieu où elle est ensuite placée, une pierre s'inscrit de façon évidente et cohérente dans son environnement. Il s'agit donc

11 Dimitra Ioannidou, « Where does the money go? Economic flow analysis of construction projects », Building Research and Information. 2017. Cité par Dimitri Ioannidou dans *on sustainability aspects through the prism of stone as a material for construction*. Thèse doctorale ETH Zurich n. 23520. p.139.

12 Thomas Raff, *Die Sprache der Materialien. Anleitung zu einer Ikonologie der Werkstoffe*. Münster. Waxmann. 2008. p. 134.

13 Ingrid Schegk et Environmental Action Foundation, *op. cit.*, p. 55.

14 Thomas Raff, *op. cit.*, p. 114.

15 Giovanni Polti, entretien personnel du 5 décembre 2023. Arvigo (Grisons).

16 *Ibid.*

d'une manière de respecter le matériau que de garder cette relation sensible avec son site d'extraction. Interroger le local, c'est faire attention non seulement à la provenance et aux processus qui dessinent l'identité de la pierre, mais aussi à ses résonances. On pourrait appliquer cette observation au cas de Lausanne et avancer qu'un gneiss alpin ou un calcaire du Jura peuvent, au même titre qu'un grès molassique du Plateau, trouver une identité locale dans la relation qu'ils entretiennent avec le paysage géologique de la ville, imprégné des chaînes montagneuses des Alpes et du Jura.

L'intention de ce chapitre aura été de démontrer que s'intéresser au local ne signifie pas uniquement s'intéresser à la chaîne d'approvisionnement. La question du local est imprégnée de plusieurs notions aussi différentes que complémentaires et touche aux impacts environnementaux, à l'économie, ainsi qu'à la perception de l'architecture et du paysage. C'est pourquoi il est si difficile de définir précisément ce qu'est une pierre locale. Pour construire local et en pierre, il ne suffit pas de répondre à la question du « où ? », mais également à celles du « comment ? » et « avec qui ? », tout en menant une réflexion continue sur la résonance d'une pierre avec le paysage qui l'entoure.





102 appliquer les enseignements

bloc de gneiss d'Arvigo et la montagne
du Poncione Rosso

maison en gneiss à l'état de ruine
devant le sommet Matro

III.

appliquer les enseignements

Dans ce troisième et dernier chapitre, il paraît pertinent de faire émerger les clefs de compréhension qui nous semblent cruciales dans le processus de construction de la pierre et d'explorer comment cette considération du processus permet de faire évoluer le projet d'architecture. Nous n'avons pas la prétention d'établir des règles de conception – n'ayant pas expérimenté l'exercice du projet en pierre – mais proposons plutôt de transposer à des principes architecturaux les considérations que nous avons formulées sur la filière pierre et sa chaîne de production. À la suite de notre rencontre des différents types de pierres et des personnes qui les travaillent, ainsi que de notre observation de leur extraction et leur transformation, nous pouvons tirer quelques constats que l'on peut résumer avec les trois principes suivants : construire selon le type de pierre, construire selon la forme de la pierre et inscrire la construction dans le temps.

construire selon le type de pierre

La question du choix de la variété de pierre était par le passé un luxe réservé aux constructions opulentes. Aujourd'hui, la plus grande accessibilité aux ressources lointaines et le coût dérisoire du transport de marchandises permettent à une multitude de pierres différentes d'apparaître sur le marché. Si cette diversité d'offres est d'une grande richesse, elle complexifie également le choix du type de pierre à employer. Il nous semble ainsi important de parler de l'influence du type de pierre sur le projet architectural. Nous sommes d'avis qu'il est incohérent de construire des bâtiments « monolithiques », pour reprendre le terme d'Anselm Jappe, c'est-à-dire sans mixité de matériaux¹, dans la mesure où les caractéristiques techniques, spatiales et environnementales propres à chaque matériau nécessitent des mises en œuvre spécifiques. Cette observation s'applique également aux différents types de pierre : comme nous l'avons observé lors de nos visites, un grès molassique, un gneiss ou un calcaire sont extraits en suivant des techniques différentes et ne tolèrent pas les mêmes procédés de transformation ou les mêmes mises en œuvre. Par conséquent, nous pensons que le choix des matériaux – dans le cas présent celui de pierres spécifiques – doit s'accommoder aux exigences du site et du projet.

En premier lieu, il nous semble essentiel de parcourir brièvement quelques exemples de mises en œuvre courantes dans l'architecture, afin de saisir de quelle manière les caractéristiques de la pierre définissent non seulement les techniques de construction, mais aussi l'aspect des bâtiments. Les grès molassiques du Plateau sont des pierres friables, qui craignent l'exposition prolongée à l'eau et dont la réputation de courte durée de vie ne fait pas l'éloge. Néanmoins, force est de constater que les bâtiments de la vieille ville de Lausanne, dont une bonne partie est construite en molasse locale, existent toujours. Ces édifices datent pourtant d'époques plus anciennes que ceux en béton que l'on démolit aujourd'hui les uns après les autres. Les grès molassiques sont certes des pierres capricieuses, mais lorsqu'elles sont mises en

œuvre correctement, elles peuvent durer plusieurs générations. Ainsi, en ville, les soubassements des immeubles étaient généralement conçus en pierre calcaire qui, on l'a vu, ne craint pas le contact prolongé avec l'eau, alors qu'en campagne, les façades des fermes vaudoises les plus exposées aux vents et à la pluie étaient surmontées de larges avant-toits. Si les pierres taillées des chaînes d'angles et des encadrements étaient généralement laissées apparentes, le corps des murs, en molasse brute, étaient quant à eux crépis afin de protéger les pierres des intempéries. Dans chacun de ces cas, ces stratégies permettaient une meilleure longévité des façades. La tendance actuelle de dénuder les anciens murs en molasse brute, conçus initialement pour être crépis, atteste donc d'une fausse croyance² qui, en transmettant une utilisation erronée de la pierre brute, empêche la pérennisation de cette dernière. Si l'on accepte que l'ossature d'une façade en bois soit recouverte, pourquoi vouloir par-dessus tout montrer la pierre structurelle en molasse, quand bien même elle ne demande qu'à être couverte ? Si les exemples cités ici se cantonnent au cas des grès molassiques, des observations similaires doivent être menées pour chaque type de pierre. Il est indispensable d'apprendre des bâtiments qui nous entourent et qui ont survécu aux siècles pour comprendre les possibilités et les limites d'une pierre. Les innovations technologiques doivent se baser sur l'apprentissage des pratiques précédentes afin d'en tirer le meilleur, et non recommencer de zéro.

Le choix du type de pierre doit également se faire en fonction de la disponibilité des ressources à proximité. Comme présenté dans le chapitre traitant de la pierre locale, le transport d'une pierre sous sa forme massive ne peut être justifié lorsque cela implique des centaines de kilomètres, les émissions de gaz à effet de serre étant dès lors trop importantes. Cela peut paraître évident, mais il est nécessaire de rappeler que l'échelle d'un projet conditionne le choix d'un matériau. Ainsi, l'échelle modeste du projet de dépendance conçu par Ellipse Architecture à Savigny (VD) a permis l'intégration de murs structurels en grès molassiques, dont les blocs ont été extraits de la carrière la plus proche, à savoir celle de Villarlod, à quelques 40 kilomètres de là. À l'inverse, si l'ampleur d'un projet est telle qu'il n'est pas possible de se fournir en un certain type de pierre locale, il convient d'envisager un autre type de pierre dont l'approvisionnement est possible. Si aucune pierre disponible localement ne répond aux exigences du projet, il devient alors nécessaire de se tourner vers d'autres matériaux. La pierre n'est en effet pas systématiquement la solution optimale dans tous les contextes.

La technique de mise en œuvre et le transport influencent donc le choix du type de pierre, lequel va ensuite déterminer l'expression architecturale

du bâtiment. En effet, comme le soulève John Ruskin dans son livre *The Seven Lamps of Architecture*,

les styles d'architecture [...] dont la décoration dépend de la disposition des points d'ombre plutôt que de la pureté des contours, ne souffrent pas, mais gagnent souvent en richesse d'effet lorsque leurs détails sont en partie usés ; c'est pourquoi ces styles, en particulier le gothique français, devraient toujours être adoptés lorsque les matériaux utilisés sont susceptibles de se dégrader, comme la brique, le grès ou le calcaire tendre ; et les styles qui dépendent dans une certaine mesure de la pureté des lignes, comme le gothique italien, doivent être pratiqués dans des matériaux durs et non décomposables, comme le granit, la serpentine ou les marbres cristallins. Il ne fait aucun doute que la nature des matériaux accessibles a influencé la formation des deux styles ; et elle devrait encore plus déterminer notre choix de l'un ou l'autre.³

Il émerge donc que l'expression architecturale d'une pierre ne dépend pas uniquement de sa couleur et de sa texture, mais également de sa dureté, son vieillissement et l'influence qu'ils exercent sur la perception de la forme.

Enfin, le caractère symbolique d'une pierre peut également influencer sur le choix d'un type en particulier. En Suisse, l'exemple le plus frappant serait probablement le Palais Fédéral de l'architecte Hans Auer, composé avec plus de trente types de pierres naturelles. Cette grande diversité – qui regroupe d'ailleurs toutes les variétés de pierres exploitées sur le territoire suisse durant cette période⁴ – est mise en scène à l'intérieur du Parlement : la diversité géologique vient ici servir de symbole pour la diversité culturelle du pays. Par contraste, la façade extérieure du Parlement est quant à elle essentiellement composée de molasse bernoise. Autrement dit, l'intérieur du bâtiment représente les valeurs culturelles associées à la population suisse, tandis que ses façades asseyent la souveraineté de la capitale bernoise.

En approchant d'une telle façon la sélection du type de pierre, on peut pleinement exploiter les avantages de chaque matériau et créer des ouvrages qui tirent parti de la richesse des propriétés des matériaux disponibles. C'est en favorisant cette diversité que l'on peut mieux répondre aux exigences fonctionnelles des projets tout en assurant une utilisation judicieuse des ressources disponibles. L'objectif final consiste donc à promouvoir des constructions qui sont à la fois pérennes et adaptées à leur contexte, le tout en tirant parti des qualités uniques de chaque matériau. En outre, le choix de la pierre peut influencer autant les techniques de construction que le style architectural ou la symbolique même du bâtiment.

3 John Ruskin, *The Seven Lamps of Architecture*, Londres, Dover Publications, 1989, pp. 241-242.

4 Stefano Zerbi, *op. cit.*, p. 97.



[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

[Fig. 1]

Dépendance à Savigny (VD), Ellipse Architecture

Façade porteuse en molasse de Villarlod.

[Fig. 2]

Façade à Lausanne, soubassement en calcaire dur,

encadrements en pierre tendre, mur crépi.

[Fig. 3]

Escalier principal du Parlement suisse, Hans Auer

Main courante en marbre de Merlingen, balustres en marbre de St-Triphon
et marches en granit de l'Aar.

construire selon la forme de la pierre

Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre précédent, l'activité extractive génère une certaine quantité de sous-produits qui n'est pas forcément utilisée par l'industrie de la construction, ou du moins pas pleinement. Il s'agit aussi bien de chutes provenant des procédés d'extraction et de transformation que de déchets induits par l'utilisation partielle des pierres sous leur différente formes. Afin de réduire ces déchets, il est tout d'abord nécessaire de limiter la mise en forme de la pierre, d'autant plus qu'elle n'est pas toujours essentielle. Cela signifie, en d'autres termes, qu'il faut utiliser une matière plus brute dans la construction. Ce sont sur ces bases que le studio Groupwork s'est dirigé lors de la réalisation d'un immeuble à Londres en 2018, constitué d'une façade porteuse en grille. Les colonnes et linteaux monolithiques en pierre calcaire n'ont subi que peu de travail de transformation pour atteindre leur forme finale. Cette pratique permet donc non seulement de réduire les déchets pierreux de transformation, mais également de rendre possible la lecture du travail artisanal fait en carrière. De plus, la pierre calcaire utilisée pour l'immeuble de Groupwork possède des résonances historiques : les bâtiments environnant le quartier londonien de Clerkenwell où se situe le bâtiment ont été conçus pendant des siècles avec ce même matériau, avant d'être peu à peu remplacés par la brique¹. Ainsi, le choix de la pierre a permis ici de donner une grande cohérence à l'immeuble en mettant à l'œuvre un matériau auquel on avait renoncé pendant des décennies.

Bien que des efforts puissent être faits pour limiter la transformation de la pierre, il demeure indéniable qu'une certaine quantité de sous-produit est inévitable, d'où la nécessité de s'orienter vers une logique d'économie du matériau et d'intégrer dans nos constructions contemporaines l'intégralité de cette matière secondaire, ou du moins tenter de maximiser son utilisation. La reconsidération de l'ensemble de la matière pierreuse issue de la carrière, ainsi que la prise en compte dans le projet d'architecture des différentes formes de pierres qui sont extraites permettent, précisément, de valoriser ces

1

Douglas Murphy, « A song in stone: 15 Clerkenwell Close, London, UK, by Amin Taha + Groupwork », *The Architectural Review*, 18 juillet 2018.

sous-produits, et donc de réduire la quantité de déchets. À cet égard, il peut être opportun de s'intéresser aux formes d'architecture vernaculaire qui existent sur notre territoire, lesquels nous permettent de (re)découvrir comment les artisans du passé ont exploité des matériaux disponibles dans leur environnement pour concevoir le bâti. Cette redécouverte est d'autant plus essentielle que nous faisons actuellement face à des enjeux environnementaux critiques. Dans un tel contexte, l'architecture vernaculaire semble se présenter comme une voie à suivre puisque, comme le souligne Jappe, « l'épuisement des ressources auxquelles nous assistons actuellement pourrait bien remettre à l'honneur d'anciens procédés dans tous les domaines, y compris celui du bâti – des procédés remontant à des époques où, par nécessité, les humains avaient appris à être “économés” des moyens à leur disposition. »² L'approche de la construction en pierre telle que qu'on la trouve dans l'architecture vernaculaire met en effet l'accent sur une utilisation judicieuse et maximisée des ressources locales. Cela implique notamment de prendre en considération l'aspect et les propriétés naturelles de la pierre extraite, puis de les agencer de manière à minimiser les coupes et les pertes. Cette méthode réduit le gaspillage de matériau, tout en préservant également l'intégrité structurelle des pierres extraites. De toute évidence, « il ne s'agit pas [pour autant] de revenir aux pratiques de construction d'antan telles quelles. Il existe évidemment des techniques modernes, souvent simples, qui peuvent être intégrées dans les techniques qui ont fait leurs preuves pendant des millénaires »³. Le développement continu d'outils numériques permet à la fois des assemblages géométriques complexes et des calculs de structures irrégulières, créant de ce fait des opportunités de se détacher peu à peu des standards de forme que l'industrialisation a tant promue. Le projet de Groupwork en est l'exemple parfait : l'utilisation de tels outils a permis une mise en œuvre contemporaine tout en minimisant les déchets de pierre. Cette fusion entre principes vernaculaires et techniques modernes permet non seulement de promouvoir une utilisation plus efficiente des matériaux, mais également de créer des bâtiments qui s'intègrent harmonieusement dans leur environnement. En adoptant une approche consciente des ressources, on contribue à la réduction de l'impact environnemental de la construction et on rend également possible la préservation et la valorisation de l'artisanat, donc des savoir-faire traditionnels, ainsi que du matériau lui-même.

Il existe aujourd'hui plusieurs cas concrets de valorisation de ce qu'on pourrait qualifier de matière secondaire issue de l'extraction des carrières. Entre autres, on peut citer le projet de cave à vin réalisé en 1998 par

2 Anselm Jappe, *op. cit.*, p. 195.

3 *Ibid.*, p. 193.

Herzog et De Meuron à Napa Valley, en Californie, où des murs en gabions constitués de pierres locales ont été installés devant la structure des façades. En plus d'améliorer le confort climatique des usagers en augmentant la masse thermique de la façade, les gabions permettent un traitement de la lumière singulier : ils fonctionnent comme un filtre de lumière dans une région particulièrement exposée au soleil, permettant ainsi un éclairage plus ou moins intense en fonction de l'orientation et la disposition des gabions. On peut également évoquer un autre projet, à savoir le Musée des Vins au nord de la Corse, conçu en 2011 par Perraudin. Les murs et les colonnes des différents pavillons sont construits en pierres massives taillées, alors que les soubassements sont composés de pierres brutes – provenant des anciens murets de vignes avoisinant le site – et de ciment, qu'on appelle aussi « béton cyclopéen »⁴. Dans ce cas, les différentes techniques permettent une transition subtile du naturel à l'artificiel : le sol du terrain en terre et en pierre, le soubassement rustique en pierre brute et la finesse de l'étage en pierre taillée.

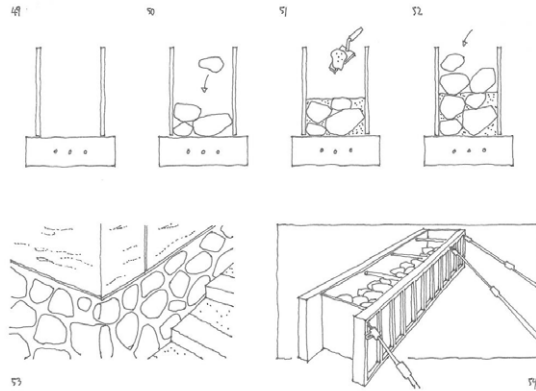
Enfin, de manière plus globale, il convient de « recourir au maximum à ce qui a déjà été extrait, transformé, mis en œuvre et qui, la plupart du temps, est destiné à être jeté : les “délaissés” du monde matériel. »⁵ C'est justement en allant à la rencontre du carrier, du matériau et du site d'extraction que l'on peut comprendre ce qui en sort et ce que l'on peut produire avec, car après tout personne ne connaît mieux ces sous-produits des carrières que ceux qui les travaille. De plus, comme présenté à travers ces quelques exemples de projets, l'utilisation de la pierre sous ses différentes formes entraîne une diversité des langages architecturaux et permet la conception d'espaces singuliers.



[Fig. 4]

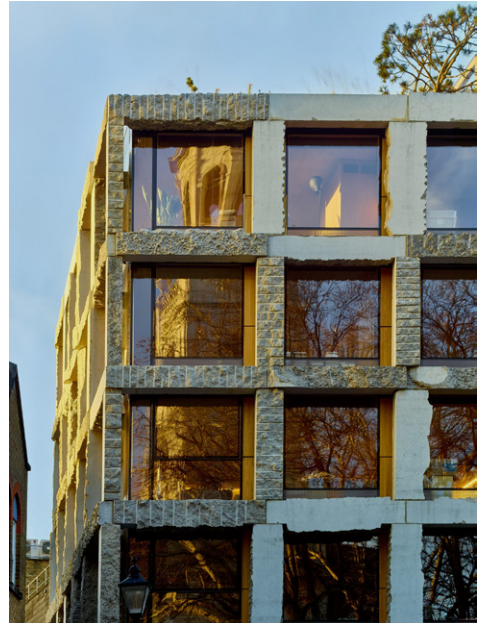


[Fig. 5]



[Fig. 6]

[Fig. 7]



[Fig. 4]
Cave à vin en Californie,
Herzog & de Meuron
Façade translucide en
gabions.

[Fig. 5]
Musée des vins, Corse
Gilles Perraudin
Soubassement en béton
cyclopéen, murs en pierres
taillées.

[Fig. 6]
Technique de mise en
oeuvre du béton cyclopéen.

[Fig. 7]
Immeuble à Londres,
Groupwork
Façade porteuse en pierres
calcaires.

inscrire la construction dans le temps

*La forme d'une ville change plus vite, hélas ! que le cœur d'un mortel.*¹

Charles Baudelaire

Les bâtiments ont été réduits à des produits de consommation comme les autres et n'échappent pas au fléau de l'obsolescence programmée, qui repose sur des principes de spéculation et de rentabilité². Comme l'écrivait déjà Frank Lloyd Wright en 1932, « la plupart de nos édifices et de nos villes, à la fois par leur plan et leur style, sont obsolètes à peine construits. Presque toute notre architecture actuelle et notre équipement structurel – en dehors de certaines industries – sont obsolètes. Trop vieux. »³ Une fois un bâtiment déclaré obsolète, la démolition, bien que brutale, se présente dès lors comme la solution la plus évidente et la plus économique, au détriment de pratiques qui visent à réinvestir l'existant, comme la rénovation, l'adaptation ou la transformation. Par conséquent, il est à présent essentiel de ne plus uniquement considérer les enjeux à court terme d'un projet – c'est-à-dire les coûts de construction – mais de prendre également en compte les enjeux à moyen et long terme : la durée de vie d'un bâtiment, son coût d'entretien, son coût de démolition, et ses impacts environnementaux.

Sous sa forme structurelle, la pierre est probablement le matériau par excellence pour durer dans le temps – tel qu'en attestent les nombreux exemples à travers l'histoire. Aujourd'hui, si le recours à la pierre structurelle s'accompagne souvent de coûts de construction élevés, Jappe rappelle à juste titre que « dès qu'on élargit l'horizon temporel, on peut faire un simple calcul : en mettant en relation le temps de réalisation d'une construction en pierre taillée, incluant le temps de la taille et de l'acheminement de la pierre, avec la durée de vie prévisible de cette construction, on voit [un] gain en matière d'économie et de temps »⁴. Cependant, le bâti ne doit pas seulement durer, mais également pouvoir évoluer, s'agrandir, se démonter, se transformer,

1 Charles Baudelaire, *Les Fleurs du Mal*. Paris, Gallimard, 2020, LXXXIX, Le Cygne.

2 Clara Simay et Philippe Simay, *op. cit.*, p. 136.

3 Frank Lloyd Wright, *La ville évanescence*. (trad. de Claude Massu), Gollion, Infolio, 2013, p. 165.

4 Anselm Jappe, *op. cit.*, p. 117.

et cela en fonction des besoins de la ville et ses composantes qui ne cessent de se métamorphoser.

À cet égard, il est essentiel de comprendre que, comme l'explique Mathias Rollot, « c'est la fonction d'un objet et non cet objet lui-même qui peut être frappé par l'obsolescence. »⁵ Autrement dit, c'est l'usage d'un bâtiment qui devient obsolète et non le bâtiment en lui-même. Et c'est précisément cette potentielle modification de l'usage – donc ce potentiel risque d'obsolescence – qui doit être pris en compte au moment de la conception d'un ouvrage. Cela est d'autant plus crucial à considérer que, dans le cas de la pierre, lorsqu'elle n'est pas impactée par cette problématique d'usage, celle-ci peut presque durer « éternellement » – contrairement au béton qu'on a trop longtemps faussement vanté pour sa longue durée de vie. Si un mur en pierre a une exceptionnelle longévité, il demande cependant une énergie considérable pour être transformé ou déplacé et devrait donc être pensé de manière à ne pas entraver l'évolution des espaces. Il faut donc identifier les parties d'un bâtiment vouées à changer et, à l'inverse, celles qui peuvent durer quand bien même l'usage du bâtiment se modifie. Le but de cette démarche étant finalement de répondre au mieux aux évolutions potentielles en définissant au préalable les matériaux et les propriétés formelles des éléments (par exemple mur plein ou colonne) que l'on souhaite mettre en œuvre – d'où l'intérêt de ne pas construire des bâtiments monolithiques qui risquent d'être bien plus rapidement mis hors d'usage.

À supposer que le bâtiment devienne tout de même obsolète et que la démolition apparaisse comme la « seule » option envisageable, l'utilisation de la pierre peut offrir, là encore, un certain avantage. En effet, si la mise en place de la pierre a été faite de manière judicieuse lors de la construction – en réfléchissant, par exemple, à limiter le recours aux goujons ancrés, aux colles ou aux scellements chimiques –, les pierres peuvent alors être déconstruites une à une afin d'être réutilisées et non pas détruites. Cette démarche est d'autant plus intéressante à considérer que le potentiel de réutilisation de la pierre est grand : celle-ci s'altère peu et permet d'être retaillée presque indéfiniment. Conséquemment, il est important de prendre en compte le futur réemploi des pierres dès la phase de conception d'un bâtiment. Une fois la fin de leur cycle de réutilisation atteinte, les pierres naturelles peuvent, pour autant qu'elles n'aient pas été modifiées dans leur composition, être éliminées sans traitement particulier et ainsi retourner dans les écosystèmes dont elles ont autrefois été extraites.

IV.

conclusion

au-delà de la carrière

Ce voyage à la rencontre de la pierre naturelle a fait ressortir le statut ambigu de la chaîne de production de la pierre, entre artisanat et industrialisation. Le savoir-faire et les structures de ces entreprises souvent familiales, reposant sur des pratiques artisanales, se confrontent à un secteur de la construction profondément industrialisé et globalisé. Cette cohabitation entre deux modèles aux principes fondamentalement différents entraîne certains dysfonctionnements dans la production et l'utilisation de la pierre, dont trois particulièrement notables. Premièrement, les standards industriels, dont les critères d'homogénéité de forme, de structure et d'esthétique ont été transposés des matériaux industriels à la pierre naturelle, entravent la valorisation de la grande diversité de la matière rocheuse. Deuxièmement, la production de déchets, la quasi-absence d'utilisation structurelle de la pierre, ainsi que la banalisation des transports polluants, provoquent des impacts environnementaux contraires aux arguments mêmes qui motivent l'actuel regain d'intérêt des architectes pour la pierre naturelle. Enfin, l'obsolescence programmée et l'absence de considération des facteurs économiques à moyen et long terme attribuent à la pierre un statut de matériau de luxe inadapté aux attentes actuelles des maîtres d'ouvrage, quand bien même celle-ci pourrait s'avérer économiquement intéressante, une fois l'entretien et la durée de vie du bâtiment considérés.

Si ces visites et ces rencontres ont permis d'identifier quelques-uns des problèmes actuels de l'exploitation de la pierre naturelle en Suisse, elles ont également fait émerger les multiples potentiels de l'utilisation de la pierre. Nous pensons que les principales solutions n'impliquent ni une refonte profonde de la filière de production, ni un développement technique frénétique, mais émergent avant tout de reconsidérations relationnelles. La collaboration entre architecte et ressource est le premier pas vers une utilisation respectueuse de la matière. De plus, tous les acteurs qui sont impliqués dans un projet de construction en pierre doivent travailler ensemble afin de reconnecter le secteur de la construction à celui de la filière pierre.

Dans ce travail, nous avons exploré la ressource pierreuse par le biais de la carrière en tant que lieu d'extraction et de transformation, car celle-ci regroupe aujourd'hui le plus de connaissances et de savoir-faire autour de la pierre. L'extraction dans une carrière conventionnelle n'est cependant pas l'unique manière d'exploiter la pierre naturelle. Il existe notamment la méthode de l'« urban mining », laquelle consiste à considérer l'ensemble des constructions qui forment un territoire comme une grande mine de matières premières anthropiques¹. Néanmoins, elle ne se présente pas véritablement comme une alternative à grande échelle à l'extraction en carrière conventionnelle, la quantité de matière pierreuse disponible à l'heure actuelle dans le parc bâti suisse étant marginale. Cela étant dit, l'exploitation de matière d'excavation mériterait d'être explorée sérieusement. Si l'intérêt grandissant pour les constructions en terre crue se justifie en partie par la valorisation des terres d'excavation, il est encore rarissime que la matière rocheuse issue des fouilles d'excavation soit considérée comme une ressource en tant que telle. Cela peut paraître surprenant, sachant que la composition des sols suisses est pourtant réputée pour être riche en matière rocheuse. Par ailleurs, la valorisation de la roche d'excavation peut se faire à petite échelle en employant des pierres isolées directement sur site – à l'instar des fondations du Musée des Vins de Perraudin cité précédemment – mais peut également se faire à plus grande échelle, en taillant directement dans la masse des gisements rocheux. Les exemples du deuxième type sont rares, mais ils existent. Ainsi, lors de la construction de la salle de gymnastique du Gymnase de la Cité à Lausanne en 1990, pas moins de 550 m³ de « molasse grise Lausanne » ont pu être extraits à partir des travaux d'excavation du projet². En 2010, ce sont les importants travaux d'excavation du nouvel herbier du Conservatoire et du Jardin Botanique de Genève qui ont permis d'exploiter près de 700 m³ de molasse « lacustre »³. Dans un cas comme dans l'autre, ces travaux ont permis de valoriser des ressources locales réputées pour leur grande qualité, alors que l'étalement urbain avait rendu l'accessibilité à ces gisements impossible durant plusieurs siècles⁴.

Ces ressources alternatives permettent non seulement d'élargir le spectre des matières premières, mais également de contribuer à la réduction des impacts sur les écosystèmes et le paysage, ainsi qu'à la limitation des émissions de gaz à effet de serre. La prospection de nouvelles formes de res-

1 Office fédéral de l'environnement BAFU. Exploitation des mines urbaines (*urban mining*). dernière consultation le 11.01.2024. URL : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/dechets/glossaire-dechets/urban-mining.html>

2 Stefano, Zerbi. *op. cit.*, p. 159.

3 *Ibid.*, p.162.

4 *Ibid.*

sources n'a pas à impliquer de grandes avancées technologiques et ne doit pas toujours être imprégnée de violence : les opportunités se trouvent parfois sous nos yeux, dans et sous nos bâtiments. Il suffit de regarder suffisamment bien autour de soi et de composer avec ce qui s'offre à nous.

bibliographie et annexe

livres

Bailly, Christophe et al. *Le Visiteur*, n°28, Gollion, Infolio, 2023.

Baudelaire, Charles. *Les Fleurs du Mal*, Paris, Gallimard, 2020.

Berque, Augustin. *Entendre la Terre. À l'écoute des milieux humains*, Paris, Le Pommier, 2022.

Cunrath, Etienne. *Pierre de taille. Artisanat - Outillage et applications : Forge - Extraction - Taille*, Paris, Archives des Artisans de la Pierre de Taille, 2007.

Dall, Amica et Material Cultures. *Material Reform: Building for a Post-Carbon Future*, Londres, MACK, 2022.

Environmental Action Foundation. *Dry stone walls. Basics, Construction, Significance*, Zurich, Verlag Scheidegger & Spiess AG, 2019.

Farra, Bassel. « Un continuum sensible », farra zouboulakis & associés architectes urbanistes (éd.), *Milieu Lien Lieu*, Gollion, Infolio, 2023.

Fonbaustier, Laurent. *Environnement*, Paris, Anamosa, 2021.

Frey, Pierre et al. *Fernand Pouillon. Le Téméraire éclectique*, Arles, Actes Sud, 2023.

Jappe, Anselm. *Béton. Arme de construction massive du capitalisme*, Paris, Éditions l'Échappée, 2020.

Jonas, Hans. *Le Principe Responsabilité : une éthique pour la civilisation technologique*, Paris, Flammarion, 1995 (trad. J. Greisch, Éditions du Cerf, 1990).

Lloyd Wright, Frank. *La ville évanescence* (trad. de Claude Massu), Gollion, Infolio, 2013.

Pallasmaa, Juhani. *La main qui pense*, Arles, Actes Sud, 2013.

Pallasmaa, Juhani. *Tapio Wirkkala. Eye, Hand and Thought*, musée du Design, Helsinki, Werner Sönderström, 2000.

Perrier, Raymond. *Les roches ornementales*, St-Imier, Éditions Pro Roc, 2004.

Raff, Thomas. *Die Sprache der Materialien. Anleitung zu einer Ikonologie der Werkstoffe*, Münster, Waxmann, 2008.

Rollot, Mathias. *L'obsolescence : ouvrir l'impossible*, Genève, MétisPresses, 2016.

Ruskin, John. *The Seven Lamps of Architecture*, Londres, Dover Publications, 1989.

Salamanca González, Maria Grace. *Esthétiques du care pour l'Anthropocène*, Lyon, École urbaine de Lyon / Éditions deux-cent-cinq, 2023.

de Saint Exupéry, Antoine. *Citadelle*, Folio, 2000.

Sennett, Richard. *Ce que sait la main : la culture de l'artisanat*. Paris, Éditions Albin Michel, 2010.

Simay, Clara et Philippe. *La Ferme du Rail. Pour une ville écologique et solidaire*, Arles, Actes Sud, Domaine du possible, 2022.

Standard européen EN 12440 pierre naturelle. *terminologie*, 2008.

articles

Bengana, Alia. « Fondations: pour un nouvel âge de la pierre. » *Tracés* (11 août 2022).

Chenot-Lescure, Julie. « Faut-il restaurer les carrières après exploitation? Potentialités écologiques des carrières abandonnées à moyen terme (30-40 ans). » *Ecologia mediterranea*, (Vol. 45, 2019).

Comment, Audanne. "Molasse et architecture contemporaine, un amour impossible ?" *Tracés* (26 avril 2022).

Fiévé, Nicolas, Guillot, Xavier. "Dépasser l'exploitabilité de la ressource en architecture : un défi politique, anthropologique et philosophique." *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère* (20 mai, 2021).

Rollot, Mathias. "L'architecture localement bio- et géo-sourcée de Christophe Aubertin : régionaliste, biorégionaliste ?" *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère* (20 mai, 2021).

Murphy, Douglas. « A song in stone: 15 Clerkenwell Close, London, UK, by Amin Taha + Groupwork. » *The Architectural Review* (18 juillet 2018).

travaux académiques

Brousse, Gaspard et Chachuat, Antonin et Piereschi, Danis. « Requestionner la notion de standard en architecture. » ENSA de Paris Belleville, 2015.

Ioannidou, Dimitra. « on sustainability aspects through the prism of stone as a material for construction. » ETH Zurich, 2016.

Ioannidou, Dimitra et Zerbi, Stefano et Habert, Guillaume. « When more is better – Comparative LCA of wall systems with stone. » *Building and Environment*, 2014.

Kuratli, Jonas et Le Dréan, Marie. « La pierre banale. » École polytechnique fédérale de Lausanne, 2018.

Pidoux, Achille. « L'impact environnemental de la pierre massive : Analyse comparative du cycle de vie d'une construction en pierre », École polytechnique fédérale de Lausanne, 2023.

Zerbi, Stefano. « Construction en pierre massive en Suisse. » École polytechnique fédérale de Lausanne, Thèse doctorale n.4999, 2011.

sites internet

Office Fédéral des Statistiques OFS. « Statistique suisse de la superficie : Les surfaces d'habitat et d'infrastructure de la Suisse » 2023,

URL : <https://www.bfs.admin.ch/> (consulté le 15 janvier 2024).

Données écobilans KBOB.

URL : <https://www.kbob.admin.ch/kbob/fr/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten-baubereich.html> (version 4.0 du 07 juillet 2023).

Association Initiative de Alpes. « “pierre du diable” et “cristal de roche” » 2018,

URL: https://www.alpeninitiative.ch/fr/echos_151_2_pierre-du-diable/ (consulté le 15 janvier 2024).

Office fédéral de l'environnement BAFU. « Exploitation des mines urbaines (urban mining) » 2023,

URL : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/dechets/glossaire-dechets/urban-mining.html> (consulté le 15 janvier 2024).

iconographie

- | | |
|---------------|---------------------------------|
| Fig. 1 : | ©ellipsearchitecture |
| Fig. 2 : | ©Alicia Fankhauser |
| Fig. 3 : | ©Toni Labhart, Felix Thierstein |
| Fig. 4 : | ©Herzog & DeMeuron |
| Fig. 5 et 6 : | ©Atelier Architecture Perraudin |
| Fig. 7 : | ©Timothy Soar |

Les autres images ont été produites par les auteurs



