

Usage de la technique pierre sèche dans le domaine routier

Tsilia Poussin¹, Benjamin Deceuninck¹, Sigrid Riffard¹, Didier Rieux², Marine Bagneris³, Fabien Cherblanc³

¹ Association nationale Artisans Bâisseurs en Pierres Sèches, Ventalon en Cévennes, France, contact@abps.fr

² Artisan membre ABPS, Collias, France, contact@didierieux.fr

³ Bureau d'études STONO, Dieulefit, France, stono@stono.fr

RESUME

Les murs de soutènement en pierre sèche sont des ouvrages traditionnels sans liant, dont la stabilité repose sur un savoir-faire spécifique. Si la mise en œuvre de la pierre sèche est aujourd'hui reconnue et encadrée par des règles professionnelles, son application dans le domaine routier reste limitée par l'absence d'outils de dimensionnement utilisables à grande échelle. Pourtant, redéployer cette technique constructive dans le domaine routier offre des solutions vertueuses sur le plan environnemental (bilan positif sur l'ensemble du cycle de vie des ouvrages, mobilisation et valorisation de ressources locales, création d'habitats favorables à la biodiversité...) et respectueuses du patrimoine existant, dont une part notable à l'échelle nationale est encore bâtie en pierre sèche. A partir de réalisations exemplaires récentes, nous pouvons démontrer que l'utilisation contemporaine de la pierre sèche pour la réalisation de murs de soutènement routiers est techniquement faisable, à condition de mobiliser des compétences spécialisées (études de dimensionnement, artisans qualifiés, maîtrise d'œuvre experte) pour rassurer et accompagner les prescripteurs sur le plan technique et encourager l'adoption de la pierre sèche comme solution constructive à plus grande échelle.

Mots-clefs

Pierre sèche ; murs de soutènement ; dimensionnement ; infrastructures routières ; patrimoine.

I. INTRODUCTION

La pierre sèche est un mode constructif spécifique non industrialisable, qui nécessite une technique et une compétence maîtrisées pour assurer la stabilité et la résistance de l'ouvrage, garantie par des règles de choix, de disposition, de croisement et de contact entre les pierres.

Les murs de soutènement ainsi bâtis sont des ouvrages sans aucun liant ni jointoiment, à l'arrière comme dans la structure ou le parement du mur. Ils appartiennent à la catégorie des murs poids en maçonnerie « Type 1 » au sens du Cerema (SETRA, 1998).

En l'absence de document normatif, des artisans et des scientifiques ont conjointement élaboré des règles professionnelles (Collectif, 2017) pour déterminer les modalités d'exécution de travaux en pierre sèche. Celles-ci, basées sur des travaux de recherche couplant modèles de calcul à la rupture et expérimentations à échelle 1 (Colas, 2009 ; Terrade, 2017), ont été acceptées par la C2P de l'Agence Qualité Construction et servent de référence aux bureaux de contrôle, aux assureurs et, en cas de litige, aux experts.

Cependant, les abaques de dimensionnement des ouvrages en pierre sèche proposés par les règles professionnelles ont été conçus pour des murs de soutènement uniquement soumis au poids des terres (action quasi-statique) ne prenant pas en compte les chargements routiers. Pour ces derniers, notons que les murs poids en maçonnerie relèvent de la NF P94-281 « Justification des ouvrages géotechniques – Ouvrages de soutènement - Murs », norme d'application nationale de l'Eurocode 7 qui propose des modèles de diffusion des actions transmises par le terrain, basés sur la théorie de la plasticité. Pour autant, la problématique du dimensionnement des murs de soutènement en maçonnerie de pierre sèche sous chargements localisés demeure un champ actif de recherche (Terrade, 2017), tout comme l'étude de leur comportement sous chargement sismique (Savalle et al., 2023).

II. UN REGAIN D'INTERET POUR LA TECHNIQUE PIERRE SECHE

Dans tous les territoires où la pierre est présente, les gestionnaires d'infrastructures sont confrontés à la nécessité d'entretenir voire de réparer des ouvrages bâtis pour assurer leur fonctionnalité. Afin d'assurer la protection et la stabilité des cheminements, divers aménagements de soutènement ont été ou sont réalisés en fonction des contraintes topographiques et d'usage. Parmi eux, les murs situés en amont des routes contribuent à sécuriser la chaussée en la protégeant des glissements ou éboulements, tandis que les murs en aval jouent un rôle de nivellement et de soutien de la plateforme routière. Un recensement des ouvrages de soutènement du réseau national non concédé effectué par le SETRA a mis en évidence qu'en 2016, près de 16 % de ces ouvrages étaient encore bâtis en pierre sèche, représentant une surface de 183 149 m². Cette proportion confirme la valeur patrimoniale de la pierre sèche et atteste de la pertinence de cette technique constructive dans le temps.

Mais l'intérêt du redéploiement de la pierre sèche dépasse la seule dimension de conservation. Il répond à des enjeux techniques et environnementaux auxquels tous les acteurs de la construction sont confrontés (Colas et al., 2015). En effet, les constructions en pierre sèche accordent une place centrale à la pierre, matériau naturel, durable, réutilisable et souvent extrait au plus près des chantiers. L'outillage est sobre et la consommation de ressources se limite à l'extraction de la pierre, matériau valorisé dans son entièreté au sein des ouvrages. Par ailleurs, la pierre sèche possède des qualités intrinsèques qui favorisent l'écoulement diffus des eaux et contribuent à l'assainissement des sols soutenus, tout en limitant les phénomènes d'érosion. La structure poreuse et la régulation thermique offertes par la masse pierreuse participent également à la création de micro-habitats écologiques, favorables au développement d'une biodiversité végétale

et animale spécifique. Plusieurs études d'analyse du cycle de vie (ACV) démontrent que les murs en pierre sèche présentent un bilan environnemental particulièrement favorable en matière de consommation énergétique, d'émissions atmosphériques et de gestion des déchets (Vincens, 2009 ; Colas et al., 2014, Colas, 2017).

Cette approche globale, intégrant les dimensions environnementale, économique et sociale, révèle la capacité de la pierre sèche à répondre aux enjeux actuels de durabilité et d'économie circulaire. Elle participe ainsi à un développement territorial équilibré, en valorisant les ressources locales et en mobilisant des savoir-faire artisanaux d'exception, transférables et pérennes.

III. DES CHANTIERS EXEMPLAIRES POUR CONVAINCRE

Les travaux de recherche réalisés jusqu'alors soulignent la pertinence de la pierre sèche comme technique constructive contemporaine. Bien que traditionnellement associée à des ouvrages vernaculaires, elle fait aujourd'hui l'objet d'un intérêt scientifique et technique qui en révèle le potentiel pour des projets publics. Cependant, un travail de diffusion des connaissances auprès des prescripteurs ainsi qu'un accompagnement technique garantissant la fiabilité et la conformité des réalisations est encore nécessaire.

Dans le secteur routier, plusieurs expérimentations menées ces dernières années démontrent la faisabilité et l'intérêt de la pierre sèche. Leur conception et leur mise en œuvre reposent sur une méthodologie intégrante :

- un diagnostic préalable de faisabilité technique et économique,
- des études de dimensionnement adaptées aux sollicitations routières,
- la rédaction de documents contractuels tenant compte des spécificités des entreprises spécialisées,
- un suivi de chantier assuré par des experts qualifiés.

Parmi les expérimentations menées pour redéployer la pierre sèche dans le domaine routier, deux démarches exemplaires peuvent être citées pour illustrer ces propos : la restauration d'un ensemble de murs de soutènement aval du chemin historique d'accès au site départemental de la Baume à Poulx (Gard), et la restauration d'un mur de soutènement routier pour le maintien de la route départementale RD26C (en amont du mur) et la protection de la route départementale RD33L (en aval du mur) à Barbazan (Haute-Garonne).

Le premier projet a été commandité par le Conseil départemental du Gard, qui s'est associé à une maîtrise d'œuvre pluridisciplinaire (paysagistes-concepteurs, géotechnicien, artisan) menée par l'Atelier aux Iris pour apporter une vision globale du site, tenant compte à la fois des enjeux paysagers et patrimoniaux, et des enjeux techniques du site (topographie, accessibilité, fréquentation...).

L'entreprise qui a obtenu le marché est une entreprise locale dirigée par Didier Rieux, diplômé du CQP Compagnon professionnel en pierre sèche (niveau de qualification le plus élevé à l'heure

actuelle), qui s'est entouré pour ce chantier d'une équipe expérimentée composée d'ouvrières et ouvriers également qualifiés et spécialisés en pierre sèche.

La présence d'un géotechnicien (Géolithe) ayant déjà mené divers projets en pierre sèche au sein de la maîtrise d'œuvre a permis de justifier les calculs de dimensionnement des ouvrages à réaliser, en tenant compte des contraintes techniques et contraintes d'exploitation du site. La réactivité de l'entreprise titulaire du marché et son expertise dans la mise en œuvre d'ouvrages complexes sont venues compléter les préconisations de la maîtrise d'œuvre par des solutions techniques adaptées à chaque ouvrage, validées par tous les acteurs et à chaque étape du projet.



FIGURE 1. Murs de soutènement de la route de la Baume, Poulx (Gard)

Le second projet s'intègre à la programmation annuelle du Conseil départemental de la Haute-Garonne pour la restauration et l'entretien de son patrimoine routier. La collectivité s'est engagée à maintenir et à redévelopper la technique pierre sèche par suite d'un travail d'inventaire ayant révélé l'importance de cette technique au sein de son patrimoine.

Une première étape a consisté à proposer des formations sur la construction en pierre sèche aux entreprises locales et à identifier des entreprises spécialisées afin de s'assurer de la disponibilité des compétences sur le territoire. Le Conseil départemental de la Haute-Garonne a ensuite fait appel à l'association nationale Artisans Bâisseurs en Pierres Sèches (ABPS), association d'artisans spécialisés reconnue pour son expertise sur la pierre sèche, pour évaluer les travaux à mener et proposer des solutions techniques adaptées à chaque ouvrage.

Le dimensionnement des ouvrages de soutènement aval a été réalisé par le bureau d'études STONO, dont l'expérience dans l'étude du comportement mécanique des maçonneries est avérée. Le dimensionnement des murs a été justifié selon la méthode du calcul à la rupture étendue aux cas de chargements routiers recommandée par l'Eurocode 1 en prenant en compte les effets de charges localisées transmises par le terrain et proposés dans l'Annexe B de la NF P94-281. Le Conseil départemental de la Haute-Garonne a ainsi pu assurer la maîtrise d'œuvre du projet en s'appuyant sur les compétences techniques apportées par ABPS et STONO.

L'association ABPS a également été sollicitée pour accompagner le maître d'œuvre dans la rédaction des pièces constitutives du marché en se référant aux normes en vigueur et en tenant compte des éventuelles contraintes des entreprises spécialisées (simplification des documents, délais de réponse...).

Les qualifications de l'entreprise titulaire du marché ont ici aussi été étudiées avec attention. Ainsi, c'est l'entreprise « Range Cailloux 46 », dont le dirigeant est titulaire du CQP Compagnon professionnel en pierre sèche, qui a été retenue pour exécuter les travaux.

Pour assurer le suivi du chantier, le Conseil départemental de la Haute-Garonne a souhaité bénéficier de l'accompagnement d'ABPS pour former ses agents aux spécificités techniques rencontrées sur ce type de chantier (contrôle des matériaux et respect des règles professionnelles notamment).



FIGURE 2. Mur de soutènement routier, Barbazan (Haute-Garonne)

L'expérience montre que la réussite de ces projets dépend de trois conditions principales :

- l'association précoce d'experts techniques spécialisés dès la phase de conception,
- l'exigence de qualifications professionnelles spécifiques à la pierre sèche pour les entreprises intervenantes,
- un contrôle rigoureux de la mise en œuvre en conformité avec les normes en vigueur.

Ces expérimentations constituent une première étape vers la reconnaissance de la pierre sèche comme solution technique pleinement intégrée au catalogue des pratiques du génie civil. Elles démontrent que, lorsqu'elle est associée à une démarche scientifique de conception et à un encadrement rigoureux, cette technique traditionnelle peut répondre aux exigences actuelles en termes de performance structurelle, de durabilité et de respect des normes.

IV. CONCLUSION

Les travaux présentés mettent en évidence la pertinence de la maçonnerie en pierre sèche comme solution constructive, y compris dans le domaine du génie civil. L'élaboration de règles professionnelles, fondées sur des modélisations par le calcul à la rupture et des expérimentations à échelle réelle, constitue une étape décisive vers la formalisation scientifique de cette technique. Ces règles offrent désormais un cadre opérationnel reconnu, mobilisable par les bureaux d'études, les assureurs et les instances de contrôle.

Les expérimentations menées démontrent que l'intégration des contraintes liées à l'augmentation des charges de trafic et à l'évolution des exigences normatives nécessite des études spécifiques, associant compétences en mécanique, géotechnique et savoir-faire constructif, afin de garantir la stabilité et la durabilité des ouvrages.

Ces résultats ouvrent plusieurs perspectives de recherche. Il apparaît nécessaire de développer des modèles de dimensionnement utilisables à grande échelle adaptés, de consolider les protocoles de suivi et de contrôle permettant de vérifier la conformité des ouvrages aux règles de l'art, et de systématiser l'évaluation des performances à long terme, tant sur le plan mécanique qu'environnemental.

La pierre sèche, bien que non industrialisable et fortement dépendante du savoir-faire des opérateurs, peut ainsi être considérée comme une technique constructive à part entière dans le génie civil, sous réserve d'un approfondissement scientifique de ses méthodes de justification, du recours systématique à des entreprises qualifiées et d'un encadrement technique rigoureux.

RÉFÉRENCES

Colas, A.-S. (2009). *Mécanique des murs de soutènement en pierre sèche : modélisation par le calcul à la rupture et expérimentation échelle 1*. ENTPE.

Colas, A.-S., Brière, R., Feraille, A., Habert, G., Tardivel, Y. (2014). Holistic approach of a new masonry arch bridge on a Cevennes road, *Proceedings of the 9th International Masonry Conference, 7-9 Juillet 2014, Guimaraes, Portugal*.

Colas, A.-S. & Tardivel, Y. (2015). *Réalisation d'un mur de soutènement en pierres de granit à Felletin. Réemploi de pierres issues de la déconstruction de bâtiments*. DTITM (CTOA) / IFSTTAR (MAST).

Colas, A.-S. (2017). *Étude des ouvrages en maçonnerie du génie civile : Aptitude au service, sécurité et performances environnementales. Habilitation à diriger des recherches*.

Collectif (2017). *Règles Professionnelles. Technique de construction des murs en pierre sèche*. ENTPE/ABPS.

Projet d'étude sous le tutorat de Vincens, E. (2009). *Ouvrages en pierre sèche : Analyse du cycle de vie*. Centrale Lyon.

Savalle, N., Monchal, C., Vincens, E., Forcioli, S., Lourenço, P. B. (2023). Static and seismic design of Dry Stone Retaining Walls (DSRWs) following Eurocode standards, *Engineering Structures* 274.

SETRA (1998). *Les ouvrages de soutènement. Guide de conception générale*, Cerema (ex-Setra).

Terrade, B. (2017). *Evaluation structurale des murs de soutènement en maçonnerie*. Université Paris Est.