

## FILIERE INDUSTRIELLE POUR LES TRAVAUX DE PEINTURE ANTICORROSION

### *Industrial sector for anti-corrosion coating works*

**Renaud BLANC, Philippe GUILLEUX, Luc BOULAT**

CNR, 2 rue André Bonin - 69316 LYON 04

[r.blanc@cnr.tm.fr](mailto:r.blanc@cnr.tm.fr) ; [p.guilleux@cnr.tm.fr](mailto:p.guilleux@cnr.tm.fr) ; [l.boulat@cnr.tm.fr](mailto:l.boulat@cnr.tm.fr)

**Simon TERLE MOUTTET, Geneviève VIGUIER**

SHEM, 1 Rue Louis Renault - BP 13383, 31133 BALMA Cedex

[simon.terlemouttet@shem.engie.com](mailto:simon.terlemouttet@shem.engie.com) ; [genevieve.viguiet@shem.engie.com](mailto:genevieve.viguiet@shem.engie.com)

**Olivier CHENE**

ALPIQ AG, Chemin de Mornex 10 CH - 1003 LAUSANNE

[olivier.chene@alpiq.com](mailto:olivier.chene@alpiq.com)

**Mallory GENOUD, Jérémy KERN**

HYDROEXPLOITATION, Rue de l'Industrie 10, CP 315, CH-1950 Sion

[gem@hydro-exploitation.ch](mailto:gem@hydro-exploitation.ch) ; [kej@hydro-exploitation.ch](mailto:kej@hydro-exploitation.ch)

## MOTS CLEFS

Peinture anticorrosion, filière industrielle, robotisation, capacité à faire, programme travaux

## KEY WORDS

Anti-corrosion painting, industrial sector, robotization, capacity to carry out, work program

## RÉSUMÉ

*L'adéquation entre la ressource (capacité à faire des entreprises) et la demande (équipements et ouvrages à maintenir) tend à se déséquilibrer. Ce constat souhaite être partagé par un groupement de MOA producteurs d'hydroélectricité car un enjeu de taille se profile pour maintenir le marché hydroélectrique francophone attirant aux yeux des industriels de la filière.*

*La raréfaction des entreprises qui interviennent sur les ouvrages hydrauliques devient une forte contrainte sur les programmes travaux à venir. Les contraintes (humaines, environnementales, santé-sécurité) qui pèsent sur les travaux augmentent ainsi que leurs délais et leurs coûts. Cela semble inversement proportionnel avec cette capacité à faire industrielle qui s'amenuise.*

*Les questions soulevées dans cette communication pour appréhender l'avenir industriel de l'anticorrosion dans l'hydroélectricité sont :*

- *Comment rendre plus attractif le marché francophone de l'anticorrosion dans l'hydroélectricité ?*
- *Faut-il donner une visibilité du volume de travaux global aux entreprises ?*
- *Une robotisation de certaines tâches de peinture anticorrosion pourrait-elle solutionner la raréfaction des applicateurs ?*
  - *Une évolution de la norme liée à l'anticorrosion avec une ouverture sur la maintenance de peinture des ouvrages immergés peut-elle être envisageable ?*

## ABSTRACT

*The match between resources (capacity to do business) and demand (equipment and works to maintain) tends to become unbalanced. This observation would like to be shared by a group of hydroelectricity producing MOA because a major challenge looms to maintain the French-speaking hydroelectric market attractive in the eyes of industrialists in the sector.*

*The scarcity of companies working on hydraulic works is becoming a strong constraint on future work programs. The constraints (human, environmental, health and safety) weighing on the work are increasing, as are their deadlines and costs. This seems inversely proportional to this diminishing industrial capacity.*

*The questions raised in this communication to understand the industrial future of anticorrosion in hydroelectricity are:*

- How can we make the French-speaking hydroelectric anti-corrosion market more attractive?*
- Should companies be given visibility of the overall volume of work?*
- Could robotization of some solve the scarcity of applicators?*
- Could an evolution of the standard linked to anti-corrosion with an opening to paint maintenance of submerged structures be possible?*

### 1. L'HYDROELECTRICITE : UN ENJEU NATIONAL ET DE SURETE DEPENDANT DES CONDITIONS CLIMATIQUES

L'hydroélectricité est la deuxième source de production électrique derrière le nucléaire et la première source d'électricité renouvelable en France. Avec environ 25,7 GW (gigawatts) installés en France métropolitaine, le pays dispose de l'un des plus grands parcs hydroélectriques d'Europe. Cette puissance représente environ 20 % de la puissance électrique totale installée. La France compte plus de 340 concessions hydroélectriques qui représentent plus de 90 % du total de la puissance hydroélectrique installée.

En Suisse, en 2022, la force hydraulique était à l'origine d'environ 58% de la production d'électricité, avec 37'260 GWh. La Suisse compte 693 centrales hydroélectriques de puissance égale ou supérieure à 300 kW.

Cette filière est importante pour le système électrique à plusieurs titres, notamment en termes d'équilibre et de sécurisation du réseau. La France et la Suisse sont historiquement bien équipées avec un développement important des ouvrages hydroélectriques dès le début et tout au long du vingtième siècle. L'enjeu actuel est d'assurer la maintenance, l'entretien et la modernisation du parc en composant avec des exigences accrues de sécurité et d'environnement tout en pérennisant l'exploitation de ces infrastructures à moyen et long termes.

Une installation hydroélectrique est généralement composée d'un ouvrage de retenue Génie-civil (barrage) permettant le cas échéant de stocker l'eau et de l'orienter vers une usine de production au sein de laquelle l'eau met en mouvement une turbine. La gestion des écoulements et son exploitation sont permises par des équipements mécaniques (turbines, vannes, conduites forcées, ...). Ces équipements mécaniques (bien souvent métalliques) sont primordiaux pour exploiter les ouvrages et produire de l'électricité.

Au-delà de l'aspect purement mécanique, leur environnement les contraint à devoir protéger leurs structures par des systèmes de protection anticorrosion. Les ouvrages et équipements vieillissant, l'enjeu est aujourd'hui de s'assurer que nous pourrions à l'avenir avoir la « capacité à faire » nécessaire pour faire face au besoin lié à l'anticorrosion.

Afin de donner une vision pérenne sur ces besoins moyen et long termes, ALPIQ, SHEM, HYDRO EXPLOITATION, FMV (via HYDRO EXPLOITATION) et CNR se sont concertés pour partager ce besoin et ont mis en commun un programme travaux fiabilisé à 5 ans puis tendancier de +5 à +20 ans.

## 2. NOS OUVRAGES ET EQUIPEMENTS HYDROELECTRIQUES

On distingue principalement deux types d'ouvrages en gestion auprès des maitres d'ouvrages représentés : Les ouvrages hydroélectriques de haute et moyenne chute et les ouvrages hydroélectriques au fil de l'eau (en rivière).

En fonction de leur hauteur et de leur volume, les barrages sont classés dans les catégories A, B ou C par la réglementation. Chaque catégorie fixe pour les gestionnaires des obligations croissantes en termes de sécurité (les plus fortes concernent la classe A), précisées dans le code de l'environnement et de l'énergie.

D'un point de vue technique, les ouvrages constitués d'une chute de plus de 70m disposent d'une architecture particulière avec un barrage en altitude communicant avec l'usine en contre-bas à l'aide de conduites forcées (CF) ou puits blindés (PB) en acier. Le barrage dispose généralement de vannes évacuateur de crue et l'usine de turbines avec alternateur mais aussi de vannes sphériques situées au pied des conduites forcées. Les CF sont des ouvrages particuliers installés généralement en forte pente de longueurs de plusieurs centaines de mètres à plusieurs kilomètres et de diamètres allant de DN600 à DN3500.

Les équipements constitutifs de ces ouvrages de haute chute concernés par l'anticorrosion sont (liste non exhaustive) : Conduites forcées ; Vannes évacuateur de crue (au barrage) ; Vanne de tête, Vannes de pied (à l'usine) ; Bâches Turbines ; Alternateur ; Portiques de manutention ; Pylônes électriques

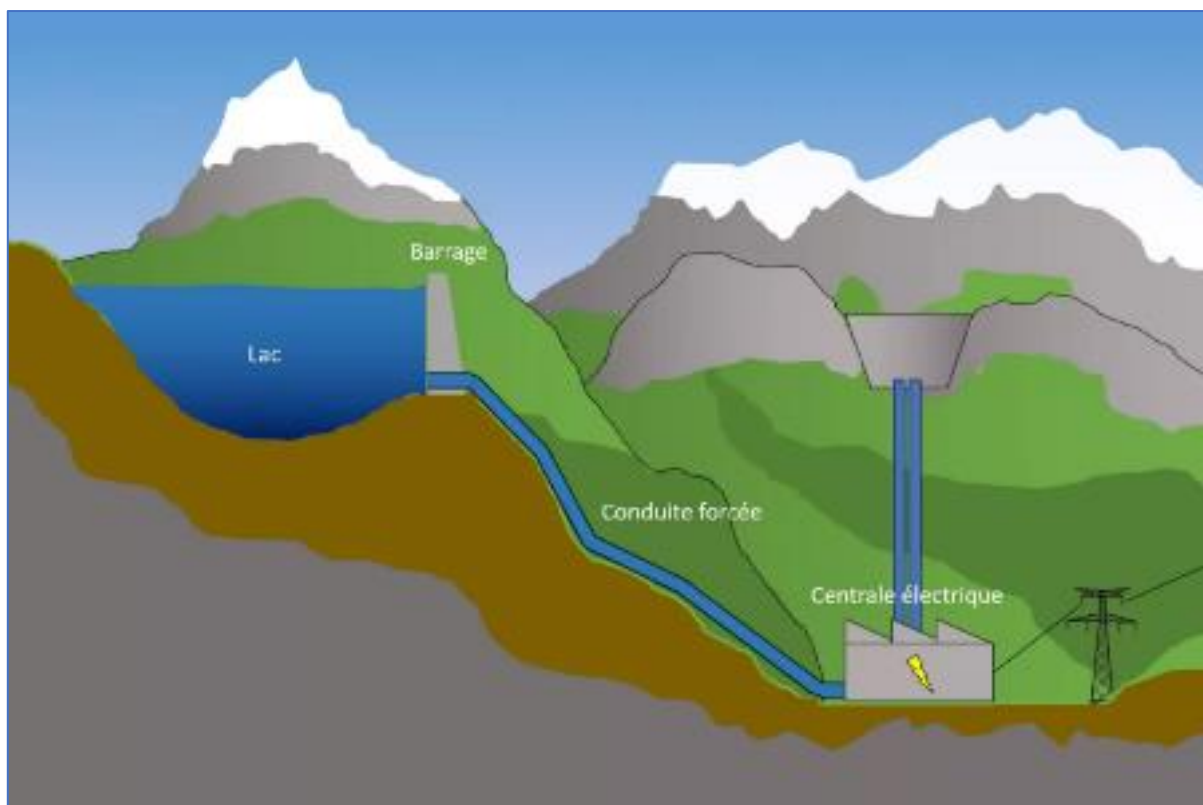


Figure 1 : Schéma d'un aménagement de haute chute



Figure 2 Photo d'une conduite forcée



Figure 3 Photo d'une évacuateur de crue avec ses 3 vannes



Les ouvrages au fil de l'eau sont aussi constitués d'un barrage en amont et d'une usine plus en aval mais la hauteur de chute est de l'ordre d'une dizaine de mètres. Elle est permise au moyen de vannes essentiellement. La communication entre les deux se fait par un canal contenu par des ouvrages en terre.

Les équipements constitutifs de ces ouvrages au fil de l'eau concernés par l'anticorrosion sont : *Vannes évacuateur de crue (au barrage)*; *Vannes aval (usine)*; *Turbines*; *Alternateur*; *Portiques de manutention*; *Portes d'écluses*



Figure 4 Schéma d'un aménagement hydroélectrique au fil de l'eau

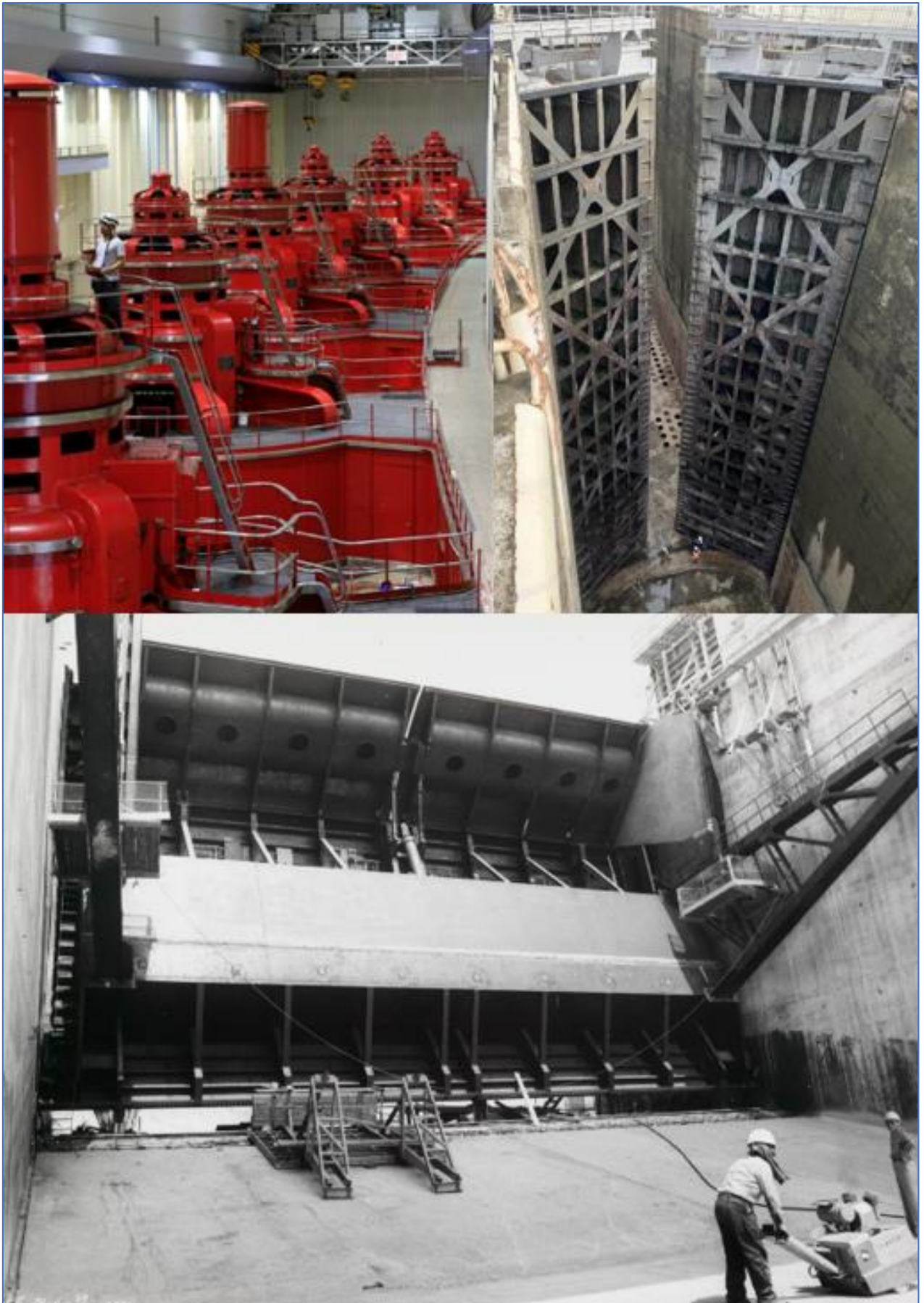


Figure 5 Exemple d'équipements hydroélectriques CNR (Turbines, Porte d'écluse, vanne barrage)



### 3. LES MARCHES DE TRAVAUX DE PEINTURE ANTICORROSION ET LEURS PROBLEMATIQUES ACTUELLES

Nos marchés actuels de travaux de peinture anticorrosion sur nos équipements sont rendus complexes par l'accessibilité, l'environnement naturel dans lequel ils se situent, la complexité constructive des équipements mais aussi la présence d'anciens fonds pollués (amiante et/ou plomb).

Cela implique bien souvent une logistique importante dont la mise en place d'un échafaudage et d'un confinement total de la zone de chantier pour ne rejeter aucun type de pollution dans l'environnement et respecter les règles de sante-sécurité au travail.

Le procédé le plus communément utilisé pour la préparation de la surface à peindre reste le décapage par abrasif pour retrouver un métal à nu. Ce procédé génère une quantité de déchet importante qu'il est souvent difficile de recycler (séparation des matières amiantées, plombés, poids, traitement, ...).

Les systèmes de peinture utilisés sont généralement composés de trois couches avec une couche primaire, une couche intermédiaire et une couche de finition (rôle esthétique et anti-UV). Ces systèmes sont majoritairement ceux listés et certifiés ACQPA (Association pour la Certification et la Qualification en Peinture Anticorrosion) car ils permettent d'obtenir des garanties contractuelles fournies par l'OHGPI (Office d'Homologation des Garanties de Peinture Industrielle).

Ces systèmes certifiés nécessitent un degré de préparation qui impliquent, pour des ouvrages hydroélectriques, une logistique conséquente et peu agile. Or nos ouvrages au fil de l'eau doivent répondre à des besoins de sûreté hydrauliques (passage des crues notamment) et doivent rester manœuvrables même en phase de chantier de rénovation.

Pour se donner du "temps" entre deux rénovations complètes de peinture, nous avons besoin de mettre en œuvre des pratiques de maintenance de peinture pouvant, quand les conditions des anciens fonds se présentaient (adhérence principalement), s'appliquer avec un processus moins contraignant qu'à l'accoutumée.

Ces systèmes que nous souhaitons qualifier (notamment en milieu immergé) n'existent pas dans le cadre de l'ACQPA et il n'est donc pas possible d'obtenir des garanties OHGPI. Cependant ils permettent d'obtenir des durabilités équivalentes.

Deux problématiques principales existent :

1. Dans le cadre d'une rénovation complète d'une peinture anticorrosion, comment rendre les travaux moins « pénibles » pour les intervenants et plus optimisés (logistique, temps d'indisponibilité, coûts)
2. Dans le cadre d'un besoin de maintenance d'un système existant partiellement dégradé, comment mettre en place une maintenance de premier niveau permettant d'optimiser les temps d'intervention entre deux rénovations complètes et de garder un état technique cohérent

Conscients de la complexité de ces travaux nous nous sommes réunis, maitres d'ouvrages de l'hydroélectricité francophone pour parvenir à étudier puis faire évoluer les pratiques afin de pouvoir rendre plus attractif et "confortable" la réalisation des chantiers futurs. Cela passe avant tout par l'implication des applicateurs en partageant de manière transparente nos besoins pour les prochaines années et décennies et en se réunissant pour évaluer les axes d'amélioration.

A ce jour les chantiers en France et en Suisse sont réalisés par une demi-douzaine de sociétés applicatrices. Le rythme et le volume de travaux évalués pour les prochaines années nous laissent penser que cette capacité à faire ne sera pas suffisante pour répondre au besoin s'il n'y a pas d'évolution de la filière industrielle, qu'elle soit humaine comme technologique.



Figure 6 Exemples de chantiers anticorrosion



#### 4. BESOIN A FAIRE ET PROGRAMME TRAVAUX FIABILISE A 5 ANS PUIS TENDANCIEL A +5+20 ANS

Les entreprises co-auteurs de cet article ont travaillé à l'estimation de leurs besoins sur un horizon de 0 à 10 ans environ. Cela permet de donner la vision au secteur industriel de l'anticorrosion du besoin en capacité à faire sur un avenir court à moyen termes.

La direction Gestion d'actifs de CNR planifie un volume de travaux selon différents horizons allant de la planification opérationnelle (0 à 6 ans) à la planification stratégique (6 à 20 ans). Par ce biais-là, il est possible de communiquer un ordre de grandeur sur les travaux de peinture anticorrosion (maintenance comme neuvage) qui seront nécessaire de réaliser dans les prochaines années :

Type d'équipement	Travaux prévus sous 5 ans	Travaux prévus de 5 à 20 ans
Vannes barrage	12	35
Vannes usines	15	18
Turbines	4	12
Portiques de manutention	11	8 (à compléter)
Total	42 chantiers	73 chantiers

Figure 7 Volumétrie de travaux prévisionnels pour la CNR (France)

Les sociétés suivantes, SHEM et HYDRO EXPLOITATION, sont essentiellement concernées par des besoins de peinture anticorrosion sur leurs conduites forcées.

À l'image de CNR, la direction de la maîtrise d'ouvrage SHEM planifie ses opérations sur un horizon de 10 ans et plus particulièrement ses opérations stratégiques. Ainsi, il est actuellement possible pour la SHEM de communiquer qu'entre 2024 et 2030, elle projette la remise en peinture extérieure de 20 conduites forcées situées dans le Massif central et sur la chaîne des Pyrénées représentant au total plus d'une quinzaine de kilomètres. Ce programme est actuellement prévu à un rythme de 3 à 5 conduites par an à partir de 2026 représentant le plus généralement 2 sites par an.

Programme travaux structurants SHEM	Année									Total
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	
Conduite Forcée (nمبر)	3	0	0	2	4	5	6	2	3	25
Longueur (m)	123	0	0	1565	2683	3362	5006	535	430	13704
Surface (m²)	618	0	0	4993	11433	15083	16252	2200	2300	52879

Figure 8 Volumétrie de travaux prévisionnels pour la SHEM (France)

Concernant la Suisse avec les aménagements exploités par HYDRO Exploitation dont les propriétaires sont ALPIQ, Grande Dixence, FMV et Romande Energie, le volume des travaux planifiés est similaire à celui du SHEM. Plus de 17 km de conduites forcées et puits blindés, représentant plus de 90'000 m² de revêtement intérieur et extérieur, vont être rénovés entre 2024 et 2032, principalement pendant des périodes hivernales.

Programme travaux structurants HYDRO	Année									Total
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	
Conduite Forcée (nمبر)	4	4	4	6	3	1	2	1	2	27
Longueur (m)	885	1'947	1'941	3'182	4'987	983	1'629	347	1'241	17'142
Surface (m²)	3'604	9'282	9'152	21'383	26'171	7'562	7'207	1'962	6'027	92'350

NOTA : Les années sont comptées en saison hiver-été. Les chantiers commençant à l'hiver sont inscrit sur l'année de commencement des travaux

Figure 9 Volumétrie de travaux prévisionnels pour HYDROEXPLOITATION (Suisse)

Ce besoin en chantiers de peinture anticorrosion semble difficilement appréhendable dans les conditions d'intervention actuelles et qui deviennent, par respect des codes de la santé-sécurité et de l'environnement, de plus en plus contraignantes et compliquées. Ce volume de travaux ne semble possible que par l'amélioration des conditions de travail et d'intervention.

## 5. LES AXES D'AMELIORATION ENVISAGEABLES

Des améliorations côté maîtrise d'ouvrage doivent être envisagées notamment sur les précisions à apporter sur les besoins en expertises (données d'entrée de tout travaux d'anticorrosion) et sur nos cahiers des charges travaux.

Pour pouvoir se permettre de réaliser de la maintenance de nos peintures anticorrosion sur nos équipements nous devons, dès les expertises, récolter les informations de l'existant notamment les épaisseurs de peintures résiduelles ainsi que leurs valeurs d'adhérence. Ces données vont nous permettre d'arbitrer sur le périmètre travaux à savoir : maintenance ou neuvage. Si la maintenance est techniquement envisageable alors le cahier des charge travaux précisera le mode opératoire ainsi que les systèmes à envisager par l'applicateur de peinture. Les systèmes de maintenance de peinture seront au préalable testés et pré-qualifiés en laboratoire par les maitres d'ouvrage. L'idée étant de présélectionner ceux qui répondront au mieux au besoin de chacun des cas d'usage.

Par ailleurs, pour donner une cohérence et unicité dans les contrôles et réception des travaux de peinture anticorrosion, les maitres d'ouvrages souhaitent s'accorder sur la teneur des contrôles de réception ainsi que des valeurs cibles par le biais d'un cahier de réception nécessitant le respect de valeur caractéristiques cibles et normatives (conditions d'intervention, épaisseurs, adhérences, ...). Ceci dans le but que toute entreprise intervenant pour l'un, puisse s'attendre à devoir obtenir les mêmes résultats pour l'autre. L'idée étant de converger vers des processus similaires d'un client à l'autre et d'une certaine standardisation à moyen terme (sous 3 à 5 ans).

Pour pallier le problème de main d'œuvre qui se raréfie et qui passe souvent par la sollicitation de main d'œuvre étrangère à cause des conditions de travail complexes, une première solution viserait à pouvoir robotiser tout ou partie des tâches de peinture anticorrosion.

Un état de l'art a été réalisé sur les robots existants et révèle les points suivants :

- La robotisation pour les travaux sur les conduites forcées est à un stade avancé et est désormais industrialisé (essentiellement en France). Le retour d'expérience est positif et les résultats sont conformes aux prescriptions techniques attendues. Les gains tant en termes de temps que de coût (notamment d'installation d'un échafaudage complexe puis d'un confinement) sont importants et apportent une valeur ajoutée certaine,
- La robotisation pour les travaux sur les équipements plus charpentés et irréguliers est au stade du prototypage et nécessite encore de l'investissement pour franchir un palier technique qui permettra une utilisation sur un cas concret. L'enjeu sera de miniaturiser les outils existants et éprouvés.

Pour ce dernier point, CNR envisage de participer, avec les acteurs du monde industriel de la peinture anticorrosion, au développement de ces technologies pour pouvoir aboutir dans les prochaines années à un robot pouvant travailler sur ses ouvrages. Il semble important à ce stade où la main d'œuvre se raréfie ainsi que les compétences, que nous puissions acter un changement des pratiques. Il en va de soi que les seuls applicateurs ne peuvent pas prendre à leur charge le développement des tels outils. Un maitre d'ouvrage tel que CNR doit s'associer à ce développement (ou co-développement) pour encourager cette évolution.

## 6. CONCLUSION

Donner de la visibilité sur les travaux à venir nous semble essentiel pour traduire notre motivation à travailler de concert avec les industriels de la peinture anticorrosion et traduire ce besoin à faire qui nous attend sur les 5 à 20 prochaines années. Cette communication représente le premier pas vers cette collaboration rendue nécessaire au secteur de l'anticorrosion, qu'il s'agisse des maitres d'ouvrage, des maitres d'œuvre comme des applicateurs.

Il semble que d'un point de vue des travaux d'anticorrosion, nous sommes à un tournant né d'un besoin croissant de travaux, du vieillissement des infrastructures et des normes peu innovantes et de plus en plus contraignantes pour les interventions humaines. Cela entraîne une capacité à faire sous tension, souvent sollicitée par plusieurs maitres d'ouvrages.

Les interventions de peinture d'anticorrosion se doivent d'être optimisées tant sur le périmètre d'intervention à définir que sur les modes opératoires. Un travail concerté doit être mené avec les maitres d'ouvrages, les fabricants de peinture, les applicateurs et tout autre tierce partie intervenante pour élaborer des modes opératoires, des cahier des charges et des outils permettant d'améliorer les conditions de travail et d'intervention sur les aspects coûts, performance, temps et qualité.

Plusieurs axes de travail sont intéressants de développer :

1. Travail sur les attentes, prescriptions techniques et résultats attendus : court à moyen termes (prescriptif) ;
2. Travail sur les moyens d'accès et de confinement : court à moyen termes (logistique) ;
3. Travail sur les outils robotiques permettant l'amélioration des conditions et l'optimisation des tâches : moyen à long termes (travaux).