

Rapport final, 19 janvier 2018

Rapport final

Faisabilité et potentiel pour mise en œuvre de contrôles de chantier par le biais d'une application web

Auteurs

Jérôme Attinger, Planair SA

Jean-Loup Robineau, Planair SA

Pius Husser, Nova Energie GmbH

**La présente étude a été élaborée pour le compte de SuisseEnergie.
La responsabilité du contenu incombe exclusivement aux auteurs.**

Adresse

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Adresse postale : 3003 Berne
Infoline 0848 444 444, www.suisseenergie.ch/conseil
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.suisseenergie.ch

Résumé

Les lois et règlements représentent des instruments légaux importants pour atteindre certains objectifs nationaux en matière d'efficacité énergétique, d'énergie renouvelable et d'émissions de gaz à effet de serre. Cependant, l'atteinte de ces objectifs est compromise par le fait qu'il existe souvent un écart entre les exigences légales et les performances réelles des bâtiments (le *performance gap*). Le contrôle des dossiers énergétiques et des chantiers sont des mesures indispensables pour réduire le *performance gap*. Mais le manque de ressources, entre autres, au regard du nombre élevé d'ouvrages à contrôler, rend difficile le contrôle de tous les chantiers. Dans ce cadre, l'objectif de cette étude est d'évaluer le potentiel d'une application mobile qui faciliterait le contrôle de chantier et optimiserait les ressources, de manière à réduire le *performance gap*.

Pour identifier les fonctionnalités de l'outil, plusieurs entretiens ont été menés auprès des acteurs du domaine (référents techniques des cantons, contrôleurs indépendants et architectes). Malgré les divergences de points de vue des interlocuteurs, mettant en avant la grande variété des besoins, certains points importants se dégagent : la sensibilisation des acteurs sur le terrain, la temporalité des contrôles, similitude des outils utilisés et le rôle de l'autocontrôle. Par ailleurs, nous avons étudié plusieurs solutions existantes. Certains outils, tels qu'ArchiPad, disposent de fonctionnalités intéressantes qui devraient sûrement être intégrées, mais aucun outil ne correspondait exactement aux besoins et il y a donc un potentiel pour développer un nouvel outil. Enfin, l'application doit s'inscrire dans le cadre d'un système de management de la qualité s'assurant du respect des prescriptions légales en matière d'énergie dans les bâtiments. Pour la suite, nous proposons de développer un prototype d'application et de le tester sur un échantillon de bâtiments.

Zusammenfassung

Gesetze und Verordnungen sind wichtige Rechtsinstrumente zur Erreichung bestimmter nationaler Ziele für Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Treibhausgasemissionen. Die Erreichung dieser Ziele wird jedoch dadurch behindert, dass es häufig eine Lücke zwischen den gesetzlichen Anforderungen und dem tatsächlichen Energieverbrauch von Gebäuden gibt (Performance Gap). Die Kontrolle von energetischen Vorgaben und deren Ausführung vor Ort sind wesentliche Maßnahmen zur Reduzierung des Performance Gap. Allerdings erschwert der Mangel an Ressourcen, unter anderem aufgrund der hohen Zahl der zu prüfenden Bauteile, die Kontrolle aller Baustellen. Das Ziel dieser Studie ist, das Potenzial einer mobilen Anwendung zu evaluieren, die die vor Ort-Kontrolle erleichtern und Ressourcen optimieren kann, um die Leistungslücke zu verringern.

Um die Funktionalitäten des Tools zu identifizieren, wurden mehrere Interviews mit den Stakeholders (technische Experten aus den Kantonen, unabhängige Prüfer und Architekten) geführt. Trotz der unterschiedlichen Standpunkte der Gesprächspartner, die die große Vielfalt der Bedürfnisse hervorhoben, wurden einige wichtige Punkte herausgearbeitet: Sensibilisierung der Baubeteiligten vor Ort, das Bewusstsein der Akteure vor Ort, idealer Zeitpunkt der Kontrollen, die Vergleichbarkeit der verwendeten Kontrollinstrumente und die Wichtigkeit der Selbstkontrolle der

Baubeteiligten. Darüber hinaus wurden mehrere bestehende Lösungen untersucht. Einige Tools, wie z.B. ArchiPad, haben interessante Funktionalitäten, die sicherlich integriert werden sollten, aber kein Tool entspricht genau den festgestellten Bedürfnissen und es besteht ein Potential für ein noch zu entwickelndes neues Tool. Schließlich muss die Entwicklung des Tools im Rahmen eines Qualitätsmanagementsystems erfolgen, um die Überprüfung der Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen an den Energieverbrauch von Gebäuden zu effektiv zu unterstützen. Als nächsten Schritt wird vorgeschlagen, einen Anwendungsprototypen zu entwickeln und diesen bei einer Auswahl von Gebäudetypen zu testen.

Abstract

Le leggi e i regolamenti rappresentano degli strumenti legali importanti per raggiungere gli obiettivi nazionali in materia d'efficacità energetica, d'energie rinnovabili e d'emissioni di gas a effetto serra.

Tuttavia, il raggiungimento di questi obiettivi è spesso compromesso dal divario tra le esigenze legali e la performance reale degli edifici (il *performance gap*). Il controllo dei certificati energetici e dei cantieri sono delle misure indispensabili per ridurre il *performance gap*. Ma l'assenza di risorse rispetto al numero elevato di opere da controllare, rende difficile il controllo di tutti i cantieri. In questo contesto, l'obiettivo dello studio è valutare il potenziale di un'applicazione mobile capace di facilitare il controllo di cantiere e ottimizzare le risorse, al fine di ridurre il *performance gap*.

Per identificare le funzionalità di questo nuovo strumento, si sono svolti diversi sondaggi con gli attori del settore (referenti tecnici dei cantoni, controllori indipendenti e architetti). Nonostante le divergenze tra i punti di vista degli interlocutori, capaci di evidenziare la grande varietà di bisogni, dei punti importanti sono emersi: la sensibilità degli attori in cantiere, il momento dei controlli, la similarità degli strumenti utilizzati e il ruolo dell'autocontrollo.

Certi strumenti, come ArchiPad, possiedono delle funzionalità interessanti che dovrebbero sicuramente essere integrate, ma nessuna app corrisponde esattamente ai bisogni degli utilizzatori; vi è pertanto un potenziale per sviluppare un nuovo progetto. Infine, l'applicazione deve inquadrarsi in un sistema di gestione della qualità, assicurando il rispetto delle prescrizioni legali in materia di energia degli edifici. Per il futuro, proponiamo di sviluppare un prototipo dell'applicazione e di testarla su un campione di edifici.

Contenu

1	Introduction	8
1.1	Contexte et objectifs.....	8
2	Méthode	11
3	Concept initial	12
3.1.1	Possibilités et avantages d'une plateforme.....	12
4	Résultat des entretiens.....	15
4.1	Personnes et entités consultées	15
4.2	Points importants relevés.....	15
4.2.1	Priorisation des chantiers à contrôler.....	15
4.2.2	Géolocalisation des ouvrages à contrôler.....	16
4.2.3	Importance de la temporalité	17
4.2.4	Éléments importants à contrôler	17
4.2.5	Dossier énergétique provisoire	19
4.2.6	Outils de contrôle	20
4.2.7	Autres éléments à contrôler sur un chantier	21
4.2.8	Portabilité de l'application	21
4.2.9	Orientation sur le chantier	21
4.2.10	Autocontrôle	22
4.2.11	Rôle de sensibilisation	22
4.2.12	Prévention par la dissuasion.....	23
4.2.13	Outil de communication.....	24
4.2.14	Particularités des lois cantonales.....	24
4.2.15	Compatibilité avec les systèmes informatiques déjà existants	24
4.3	Résumé des fonctionnalités	26
5	Etat des lieux des outils existants	27
5.1	ArchiPad.....	27
5.2	SQM Construction.....	29
5.3	QualiCasa	29

5.4	Solution T2i	29
5.5	BIM	32
6	Système de management de la qualité	34
7	Conclusions générales.....	35
8	Perspectives	37
9	Annexes	39
9.1	Questionnaire.....	39

1 Introduction

1.1 Contexte et objectifs

Le processus de réalisation d'un bâtiment passe par plusieurs étapes (cf. Figure 1). Lors de la planification, une estimation des consommations énergétiques pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire est réalisée par le planificateur énergétique dans le dossier énergétique provisoire, qui est intégré au dossier de mise à l'enquête. Le permis de construire ne peut être que délivré si les valeurs énergétiques planifiées respectent les exigences légales. Lors de la réalisation de l'ouvrage, les éléments installés (isolations, fenêtres, etc.) doivent en théorie respecter ce qui est inscrit dans le dossier énergétique provisoire. Si ce n'est pas le cas, le dossier énergétique doit être mis à jour avec les nouveaux éléments. Les nouvelles valeurs de consommation estimées doivent toujours respecter les exigences légales pour obtenir le permis d'habiter et ainsi permettre au bâtiment de passer en phase d'exploitation.

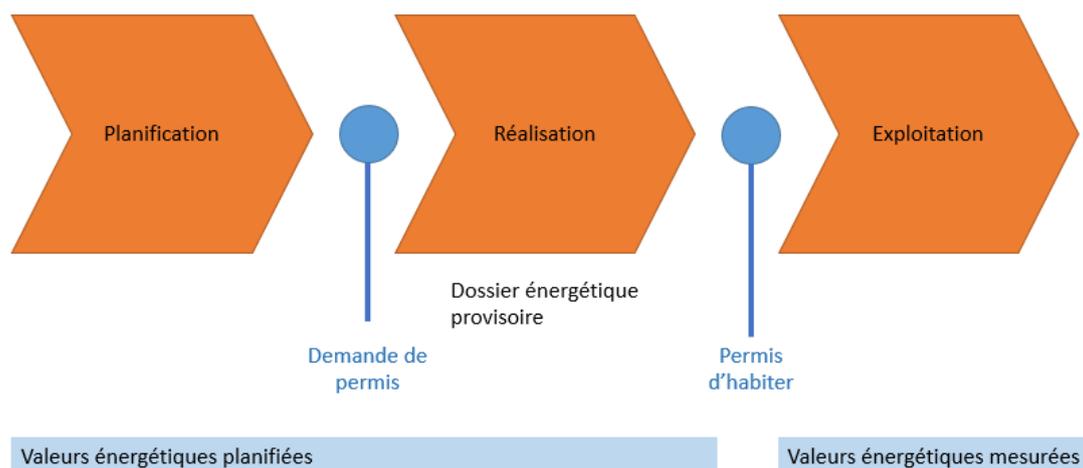


Figure 1. Processus de réalisation d'un bâtiment

L'Art. 45 de la Loi sur l'énergie (LEne) du 30 septembre 2016 (Etat le 1er janvier 2018) précise que les cantons sont en charge d'inscrire dans leurs législations respectives les conditions générales favorisant une utilisation économe et rationnelle de l'énergie ainsi que le recours aux énergies renouvelables. Pour élaborer ces conditions générales, les cantons se basent sur les modèles de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC) élaborés par la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (EnDK).

Par analogie, la surveillance de l'application des lois cantonales sur l'énergie sont également du ressort des cantons. Le fédéralisme suisse fait qu'il existe différents modèles et conditions générales selon les cantons et que la responsabilité du respect des lois cantonales au niveau de la planification et de l'exécution se fait parfois par le canton et parfois par la commune.

En 2006, le canton de Vaud a mené une étude afin d'évaluer la qualité des dossiers énergétiques livrés lors d'une demande de permis de construire. Les conclusions montrent que sur les 60 dossiers contrôlés, près de 60% n'étaient pas conforme aux dispositions cantonales¹.

Depuis quelques temps, les cantons ont pris conscience de ce « *performance gap* », soit la différence entre les exigences légales et les consommations réelles en phase d'exploitation des bâtiments. Ce « *performance gap* » peut provenir de plusieurs sources : non-respect des exigences cantonales, mauvaise qualité du dossier énergétique lié à une demande de permis de construire, mauvaise exécution lors de la phase de construction du bâtiment, problème de réglage des différentes installations techniques lors de la mise en service ou comportements inappropriés des utilisateurs.

La mise en œuvre des différents contrôles est cependant confrontée à des différents types de difficultés :

- Répartition des tâches : la répartition de la responsabilité de ces différents contrôles varie d'un canton à l'autre. Dans certains cantons, la responsabilité du contrôle du dossier énergétique et du contrôle de chantier est en mains cantonales (par exemple sur Genève). Parfois, il y a une répartition des tâches : le canton est en charge de contrôle des dossiers et la commune des contrôles de chantier (Jura et Fribourg, par exemple). Dans le canton de Vaud, la commune est en charge d'une part du contrôle du dossier énergétique et du contrôle de chantier. Ces différentes structures organisationnelles rendent la procédure difficilement lisible pour les acteurs qu'ils soient institutionnels ou privés. Le canton souhaite également pouvoir exercer sa tâche de haute surveillance et par conséquent avoir accès à certaines informations.
- Ressources internes : que la tâche soit assignée au canton ou à la commune, le contrôle des dossiers énergétiques et le contrôle de conformité sur les chantiers font souvent face à des problèmes de ressources en personnels internes.
- Compétences techniques : autant le contrôle des dossiers énergétiques que les contrôles de chantier exigent des compétences techniques élevées permettant de pouvoir comparer des valeurs planifiées à des valeurs en cours d'exécution.
- Organisationnelle : il est souvent difficile de déterminer le bon moment pour réaliser un contrôle de chantier, car cette information manque à l'organe de contrôle.

C'est sur la base de ces difficultés rencontrées dans le cadre de la mise en œuvre des contrôles de dossiers énergétiques (comparaison des valeurs planifiées aux exigences légales) et des contrôles de chantier (comparaison des valeurs en phase d'exécution à celles planifiées) que l'idée de développer une plateforme pour la gestion de la procédure et de la qualité d'un bâtiment au niveau énergétique a été imaginée.

Dans ce rapport, nous commencerons par présenter la méthode utilisée et le concept initial d'application mobile pour le contrôle de chantier en précisant les avantages possibles d'une telle application. Dans une deuxième partie, nous présenterons le résultat thématique des entretiens que

¹ http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/energie/fichiers_pdf/sia_rapport_bureau_10-06.pdf

nous avons mené auprès de plusieurs acteurs du domaine afin de mieux cerner les besoins de ces derniers et d'identifier les fonctionnalités requises pour une telle application. Dans une troisième partie, un état des lieux des outils existants qui pourraient être utile pour cette application est dressé. Dans une quatrième partie, nous élargirons les perspectives en parlant plus généralement du système de management de la qualité qui doit être mis en place pour s'assurer du respect des exigences légales, et dans lequel l'application doit s'inscrire. Enfin, nous concluons avec la carte des besoins et nos recommandations pour la suite.

2 Méthode

Afin de mener à bien cette étude, la démarche suivante a été suivie (cf. Figure 2). Comme mentionné en introduction, il y a une prise de conscience des cantons du *performance gap*. Partant de ce constat, l'objectif est donc de proposer une application qui faciliterait le contrôle de chantier, dans le but de réduire le *performance gap*. Un concept d'application avec une liste de fonctionnalités qui nous a semblé pertinentes est ainsi proposé (voir chapitre 3).

La deuxième étape consiste à confronter le concept de cet outil avec la réalité du terrain en interrogeant les différents acteurs concernés par le contrôle des aspects énergétiques sur les chantiers (voir chapitre 4). Pour cela, nous avons élaboré un questionnaire qui a servi de base aux entretiens (voir Annexe 9.1). Cela permet notamment de valider ou d'invalidier les fonctionnalités que nous avons proposées initialement, et de mieux comprendre les besoins de ces différents acteurs. D'autres fonctionnalités ont également été identifiées. L'analyse de ces entretiens débouche sur la une carte des besoins, dans laquelle chaque fonctionnalité est associé à un niveau de priorité (voir Tableau 1, page 26).

En parallèle, plusieurs outils sont analysés et comparés avec la carte des besoins pour identifier si une des solutions existantes répond déjà aux besoins, ou si certaines fonctionnalités intéressantes peuvent être intégrées (voir chapitre 5).

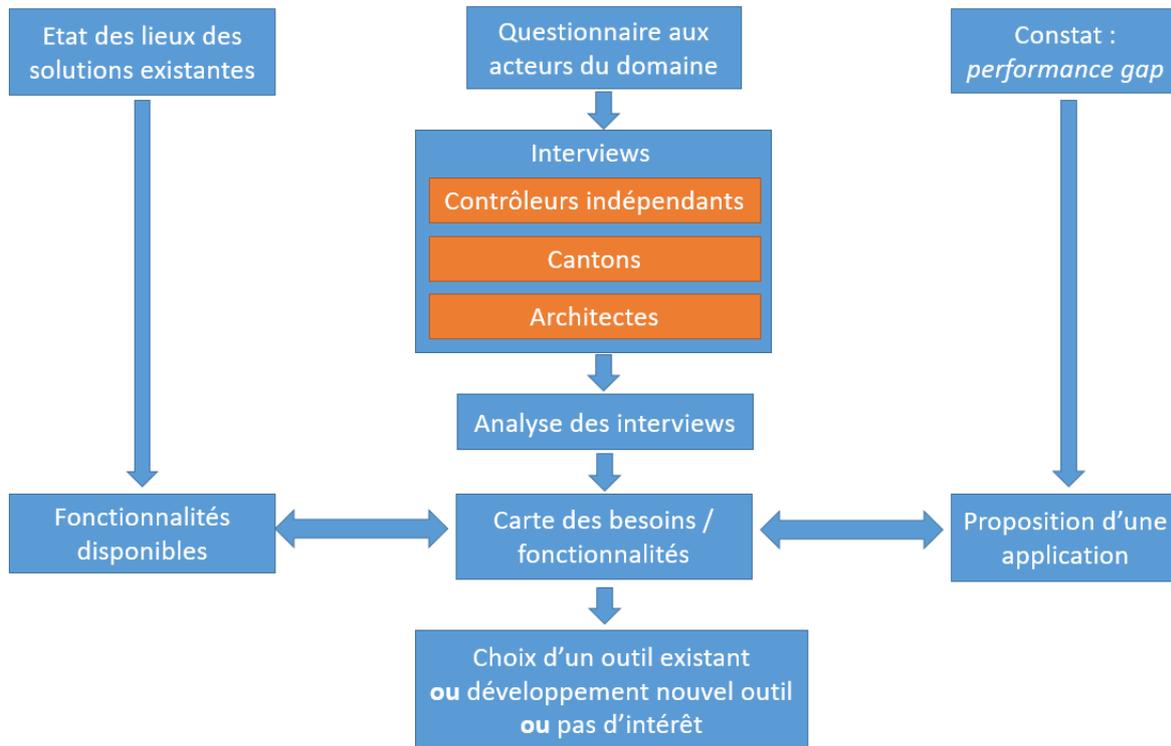


Figure 2. Représentation schématique de la démarche de travail

3 Concept initial

L'idée principale à la base de ce rapport est de développer pour les cantons et les communes une application informatique permettant de renforcer le contrôle des exigences énergétiques dans le domaine de la construction et par conséquent de diminuer le « *performance gap* » entre le dossier énergétique déposé lors de la demande de permis de construire et la réalisation lors de la phase d'exécution. La valeur ajoutée de cette application se trouve donc dans l'amélioration globale de l'efficacité énergétique du parc de bâtiments, tel qu'illustré sur la Figure 3.

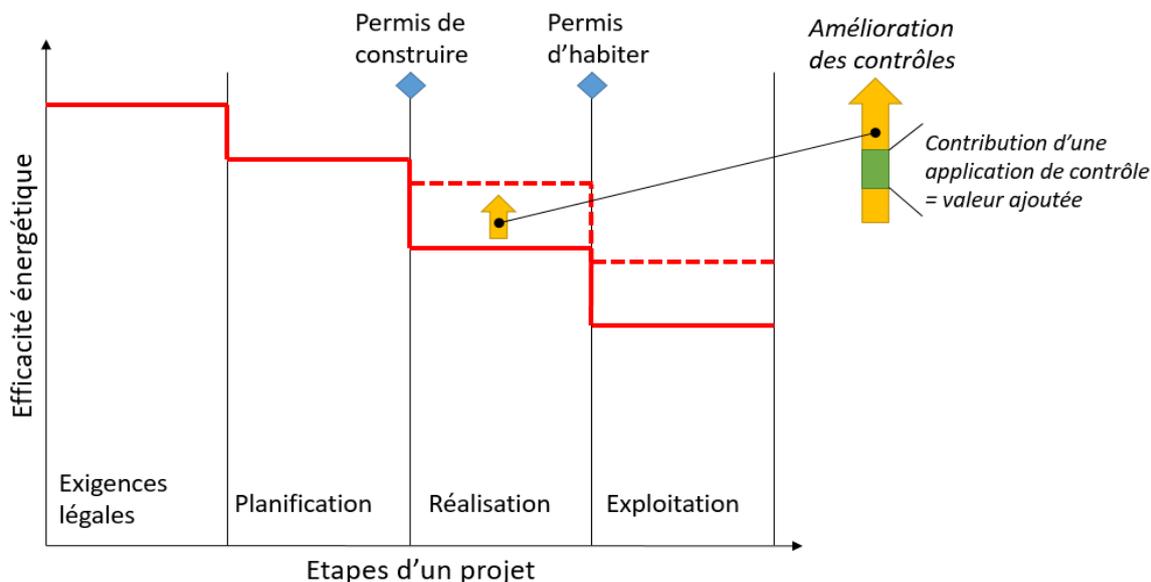


Figure 3. Valeur ajoutée d'une application de contrôle de chantier

L'idée et le concept a déjà été présenté à quelques cantons (principalement en Suisse romande). Cependant, certains aspects nécessitent d'être confirmés par une première étude. C'est donc l'objectif du présent document.

3.1.1 Possibilités et avantages d'une plateforme

Bien qu'il existe à ce jour différents modèles pour effectuer un contrôle de chantier selon les exigences cantonales, ces derniers font toujours face à certaines difficultés :

- Il est difficile de savoir à quel moment il est nécessaire d'effectuer un contrôle de chantier, car l'organe en charge de contrôle n'a pas toujours l'information. En principe, il est souhaitable d'effectuer par exemple un contrôle lors de la pose du radier, un autre lors de la pose des isolations périphériques et un dernier avant la livraison de l'objet. Par ailleurs, dans les cantons où la compétence du contrôle se situe au niveau communal, ces informations se retrouvent actuellement uniquement dans la commune concernée. Grâce à une plateforme internet, chaque maître d'ouvrage pourrait alors annoncer de manière aisée la date des différentes étapes du chantier. Avec toutes ces informations, il serait possible d'élaborer une carte, par exemple hebdomadaire, des différents chantiers à contrôler (cf. Figure 4).



Figure 4. Exemple d'application de géolocalisation

- Grâce à la version mobile de l'application, il serait également possible de déconnecter la saisie de certains éléments de preuve comme des photos d'éléments de construction, des étiquettes de produits livrés, de factures, etc. de l'interprétation et de l'évaluation de celles-ci (cf. Figure 5).

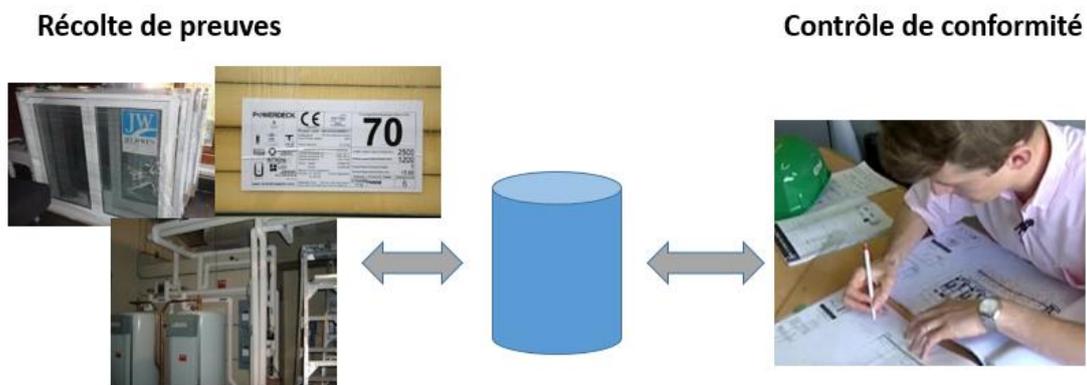


Figure 5. Schéma déconnexion récolte de preuve et contrôle de conformité

L'avantage principal serait dès lors qu'un employé communal pourrait se charger de faire la récolte de preuve sur les chantiers sans avoir besoin de faire l'analyse de la concordance avec les exigences énergétiques. Cette analyse pourrait alors se faire à distance par une personne compétente. En cas de doute, un contrôle sur place pourrait tout de même être effectué par un

spécialiste. De nombreux acteurs pourraient également intervenir dans la saisie des preuves : il pourrait s'agir d'un employé communal (comme déjà mentionné), d'un autre fonctionnaire cantonal venant vérifier par exemple les aspects sécuritaires sur le chantier, du futur propriétaire qui souhaite s'assurer que les éléments posés sont conformes au dossier énergétique, de l'architecte qui souhaiterait suivre une procédure qualité ou l'artisan / l'installateur qui annoncerait spontanément les différents éléments utilisés.

- Un autre avantage qu'il serait possible d'exploiter en utilisant les informations de la base de données serait par exemple de pondérer l'utilité d'un contrôle de chantier sur place, par exemple selon la surface de référence énergétique, selon les éventuels antécédents d'un maître d'ouvrage ou lors de l'arrivée d'un nouvel acteur sur le territoire. L'exploitation de ces données permettrait de mieux utiliser les différentes ressources à disposition pour prioriser les visites de chantier en fonction de critère défini par l'instance de contrôle (canton ou commune).

4 Résultat des entretiens

4.1 Personnes et entités consultées

Plusieurs personnes et entités impliquées dans le contrôle de chantier en Suisse à différents niveaux (cantons, contrôleurs indépendants, architectes) ont été interviewés entre août 2017 et janvier 2018, la plupart sur la base d'un questionnaire (cf. annexe 9.1). Lors de ces interviews, le projet d'application mobile a été brièvement présenté. Les interviews ont permis de mieux comprendre les attentes et les difficultés rencontrées par ces personnes, d'une part dans le cadre du contrôle des dossiers énergétiques, et d'autre part dans le cadre des contrôles de chantier. Ainsi, les personnes suivantes ont été interviewées :

- 1 personne du canton de Neuchâtel
- 1 personne du canton de Vaud
- 1 personne du canton du Valais
- 1 personne du canton de Fribourg
- 1 personne du canton de Basel-Stadt
- 1 personne du canton d'Aargau
- 2 contrôleurs indépendants en Suisse Romande
- 1 contrôleur Minergie en Suisse Alémanique
- 2 architectes en Suisse Romande

4.2 Points importants relevés

Quelle que soit la structure en charge de réaliser le contrôle des dossiers énergétiques et des contrôles de chantier, plusieurs points ont été relevés. Ces points concernent les contrôles de chantier énergétiques en général, mais nous avons également essayé de dégager un lien avec l'application en proposant systématiquement des fonctionnalités correspondantes pour y faire face (dans les encadrés).

4.2.1 Priorisation des chantiers à contrôler

Dans le contexte d'un manque de ressource, il est souvent impossible de contrôler tous les chantiers. Il semble donc important de pouvoir prioriser les bâtiments à contrôler. Cette priorisation peut se faire sur la base notamment de :

- le type et la surface de référence énergétique (plus un bâtiment est un grand consommateur, plus le contrôle est pertinent),
- s'il s'agit d'un bâtiment symbolique (par exemple, les bâtiments publics se doivent d'être exemplaires),
- la réputation de l'architecte / de la société de construction (attention particulière lorsqu'il y a un acteur nouveau ou avec des antécédents),
- s'il s'agit d'un bâtiment très performant (avec label de qualité énergétique), notamment ceux bénéficiant d'un bonus sur l'utilisation sol.

Pour le dernier point, il faut aussi tenir compte du fait que d'autres contrôles peuvent être effectués par ailleurs (par ex. dans le cadre d'une certification Minergie). Il est donc important de se coordonner avec les entités des différents labels qui sont également susceptibles de faire des contrôles, y compris des contrôles de chantier, et d'éviter à tout prix les contrôles redondants.

Actuellement, des outils simples pour identifier les ouvrages à contrôler en priorité sont déjà utilisés dans certains cas. Par exemple, dans le canton de Fribourg, les demandes d'autorisation de construire sont recensées dans un tableau Excel et une fonction permet de surligner en rouge automatiquement les chantiers à contrôler en priorité. Les outils informatiques de gestion de permis de construire et de suivi des constructions font également leur apparition dans plusieurs cantons, tel que la solution développée par T2i et déployée sur une trentaine de commune en Valais et qui sera bientôt disponible pour des communes d'autres cantons (voir chapitre 5.4 pour plus de détails).

Enfin, il pourrait être possible d'avoir plusieurs niveaux de contrôle. Sur certains bâtiments d'importance mineure ou bien dont l'architecte ou le maître d'œuvre est connu et n'a pas d'antécédent, un contrôle « light » pourrait être effectué (par exemple un seul contrôle à la réception), voir pas de contrôle. Pour des cas plus sensibles, un contrôle renforcé pourrait être effectué, avec un ou plusieurs contrôles au cours du chantier à un moment opportun et à la mise en service.

Sur la base de ces critères, la commune ou le canton (suivant qui est responsable) devrait pouvoir identifier quels bâtiments contrôler en priorité par le biais du système. Si l'application est liée à une base de données, elle pourra également fournir des statistiques sur les défauts relevés, et donc donner une indication sur la réputation des architectes/sociétés de construction.

L'application doit au moins être accessible par les contrôleurs des différents labels (par ex. Minergie), au mieux il devrait y avoir une application unique. Enfin, il serait intéressant de lier l'application de contrôle de chantier à une solution de suivi des demandes de permis de construire déjà existante.

4.2.2 Géolocalisation des ouvrages à contrôler

Pour les contrôleurs amenés à travailler sur un large territoire, il devient très intéressant de localiser rapidement les différents chantiers à contrôler sur une carte. Cette option serait donc appréciable pour une application. Idéalement, il faut pouvoir intégrer les coordonnées des sites dans un système de navigation existant (par exemple Google Maps) de telle sorte que le contrôleur puisse facilement l'utiliser pour planifier ses trajets.

En allant plus loin, on pourrait imaginer que l'application optimise le parcours d'un contrôleur au cours d'une journée en tenant compte de la priorité des bâtiments à contrôler (cf. paragraphe 4.2.1), du temps nécessaire à faire les contrôles et les trajets, et de la distance à parcourir.

4.2.3 Importance de la temporalité

La temporalité, c'est-à-dire à quel moment sont réalisés les contrôles, est apparue comme un aspect primordial des contrôles de chantier. En effet, le contrôle des différents éléments (radier, façades, fenêtres, installations techniques) ne peut pas se faire à n'importe quel moment. Ainsi, il est nécessaire d'avoir l'information concernant la période pendant laquelle le contrôle de tel ou tel élément est possible, ce qui souvent n'est pas le cas.

Par ailleurs, la vérification de certains éléments ne peut avoir lieu en même temps. En effet, si on vient vérifier l'isolation du sol lors de la pose du radier, alors on ne pourra pas vérifier en même temps l'isolation des façades car elles ne seront pas encore réalisées. De même, lors de la vérification de l'isolation des façades, les installations techniques ne sont pas encore présentes. Il en découle qu'il n'est pas possible de contrôler tous les points lors d'une seule visite.

Pour les bâtiments Minergie, il est possible d'indiquer les dates approximatives des différentes étapes du chantier. Toutefois, ceci est fait au début du chantier et les dates bougent souvent au cours d'un chantier.

L'autocontrôle par les architectes et exécutants pourrait en parti remédier à ce problème de temporalité (cf. paragraphe 4.2.10). En effet, l'exécutant sera sur le chantier au moment de toutes les étapes du chantier, et pourra par exemple prendre des photos prouvant qu'il a installé le matériel ou utilisé le matériau indiqué. Celles-ci pourront ensuite être transmises à l'instance de contrôle.

Il semblerait donc nécessaire que l'application puisse permettre aux architectes ou directeurs de travaux d'indiquer dans un calendrier dynamique (qui puisse être modifié au fur et à mesure) les dates des principales étapes du chantier. L'aspect dynamique est important car les dates peuvent évoluer au cours du temps suivant les aléas du chantier. Dans le cas où un logiciel de planification est utilisé (type MS Project), on pourrait également imaginer que les dates soient envoyées depuis ce dernier vers l'application.

4.2.4 Éléments importants à contrôler

Lors des entretiens, le *performance gap* entre les valeurs planifiées et les valeurs réelles a également été thématiqué. De manière générale, il existe trois éléments importants afin de diminuer ce *performance gap* :

1. Les éléments constructifs sur l'ensemble de l'enveloppe du bâtiment. Ces éléments ont une durée de vie de 50 ans. C'est en partie sur ces éléments que sont basés d'une part le dossier énergétique et d'autre part le contrôle de chantier comme le propose notamment le canton de Fribourg dans le formulaire de contrôle d'application disponible sur internet². Pour les cantons, ces aspects constructifs sont responsables d'environ 40% du *performance gap*. C'est un aspect important aux yeux des cantons car un manquement lors de l'exécution aura des répercussions

² http://www.fr.ch/sde/files/pdf65/fiche_contrle_chantier_vcommunes_fr1.pdf

énergétiques pendant plusieurs décennies sur la consommation d'énergie du bâtiment et que la mise en conformité une fois le bâtiment terminé est parfois techniquement impossible ou économiquement disproportionné.

2. Les installations techniques sont également responsables d'environ 40% du *performance gap*. Cependant, lors d'un contrôle de chantier, le contrôle du paramétrage des équipements lors de la mise en service n'est pas toujours réalisé. En effet, un contrôleur va par exemple s'assurer qu'une pompe à chaleur ait bien été installée ou que l'isolation des conduites est suffisante, mais il lui sera plus difficile de s'assurer que le réglage et le paramétrage de la pompe à chaleur soient corrects. Afin de diminuer le *performance gap* lié aux installations techniques, il serait nécessaire de pouvoir contrôler le protocole de mise en service des différentes installations techniques. Contrairement aux éléments constructifs dont les valeurs et les normes sont spécifiées dans les différentes lois et ordonnances cantonales, les exigences liées à la mise en service des installations techniques sont principalement du ressort des différents installateurs et artisans. Il est à noter cependant que le contrôle du protocole de mise en service est déjà réalisé par certains contrôleurs en Suisse alémanique. Cet aspect lié à l'optimisation des installations techniques peut se faire dans les premiers mois (voir années) de la phase d'exploitation du bâtiment.
3. L'exploitation des installations et le comportement de l'utilisateur final sont également des éléments responsables du *performance gap*. En effet, le dossier énergétique doit répondre à des exigences énergétiques selon un comportement planifié et modélisé dans le cadre des différentes normes SIA. Il est également nécessaire de s'assurer que l'utilisateur final se comporte de manière conforme et que les installations techniques soient également utilisées de manière conforme. On retrouve sur cet élément environ 20% du *performance gap*. Afin de s'assurer que cet élément est correctement mis en œuvre, il serait nécessaire de mettre en place un monitoring et éventuellement une optimisation des installations techniques. Pour cela, un système de smart monitoring avec relevé à distance est préconisé. A nouveau, ces aspects ne font pas partie d'une procédure de contrôle de chantier, bien que cette thématique soit abordée dans un module facultatif du MoPEC 2014 et notamment l'Art. 8.1 Principe de base de l'optimisation de l'exploitation.

Dans tous les cas, ce que l'on peut contrôler à un instant donné (isolation, fenêtre, paramètres d'exploitation, etc.) dépend de l'avancement du chantier.

Le contrôle de chantier concerne les points 1 et 2 essentiellement et donc l'application devra logiquement se focaliser sur ces points-là. Toutefois, on peut imaginer que l'application soit aussi utilisée en phase d'exploitation, afin de faire des contrôles ponctuels de bâtiments en exploitation. Si cela est couplé à une base de données, on pourra quantifier de façon plus précise et documenté l'écart de performance entre ce qui est planifié et la réalité. Par ailleurs, le suivi smart-monitoring pourrait être effectué par le biais de l'application.

Suivant le type de bâtiment, l'impact de tel ou tel élément sur le *performance gap* peut être différent. L'application pourrait évaluer les points qui sont le plus importants à contrôler suivant les

informations qui sont fournis sur l'objet à contrôler. Ces informations pourraient être issues du dossier de mise à l'enquête par exemple. Toutefois, cela nécessiterait une étude préalable approfondie pour définir dans quels cas tel ou tel élément doit être contrôlé en priorité.

4.2.5 Dossier énergétique provisoire

Le dossier énergétique est exigé lors du dépôt de la demande de construire. Il correspond à ce moment à un dossier provisoire qui va encore évoluer durant la phase de construction. En effet, lors de la phase d'exécution, il est possible que les éléments de construction évoluent ou ne soient pas ou plus disponibles.

Par exemple : Le dossier énergétique annonce 22 centimètres d'isolation en façade. En phase d'exécution, seuls 20 centimètres sont posés. Doit-on en déduire que le bâtiment ne répond pas aux exigences énergétiques ? Pas forcément, il se peut que la valeur λ soit différente et donc que sur l'élément en soi, l'efficacité énergétique soit respectée ou alors il se peut que sur un autre élément de construction, par exemple l'isolation de la toiture, des composants avec des valeurs plus élevées soient utilisés et donc que le bilan global réponde toujours aux exigences énergétiques. On voit donc dans cet exemple qu'il est parfois difficile de réagir de manière standardisée et simple en cas de non-conformité d'un élément de construction. En effet, il faudrait plutôt, dans un tel cas, demander une mise à jour du dossier énergétique afin de s'assurer que le bâtiment reste conforme aux exigences légales.

Le contrôleur qui relève un écart par rapport au dossier sur un élément lors d'une visite l'inscrit dans l'outil. L'outil envoie une alerte automatique (appli smartphone ou e-mail) au planificateur en charge du dossier énergétique, et éventuellement à d'autres personnes concernées, pour l'informer de l'écart constaté, en précisant les différences entre la planification et l'exécution (par exemple une épaisseur et un λ différent pour tel ou tel isolant).

Pour aller plus loin, la possibilité de recalculer directement le bilan thermique depuis l'application en modifiant tel ou tel paramètre présente un intérêt particulier. Il existe actuellement des outils de calcul de bilan thermique en ligne auxquels il est possible de se connecter, modifier des paramètres et recalculer le bilan. Peut-être qu'ils pourraient se coupler à l'application de contrôle de chantier. Il serait nécessaire d'évaluer ces solutions en ligne dans un premier temps. Dans tous les cas, le calcul « officiel » devra sûrement être refait par le planificateur énergétique, éventuellement avec un autre logiciel, mais cela permettra au contrôleur d'avoir une première idée de l'impact d'un élément non conforme.

4.2.6 Outils de contrôle

Les outils types utilisés actuellement par les contrôleurs lors de visites de chantier sont les suivants :

- appareil photo numérique
- smartphone pour les photos (à défaut d'appareil photo)
- règle ou mètre, notamment pour mesurer l'épaisseur des isolants
- check-list
- bloc-notes + crayon/stylo
- lampe de poche (ou utilisation du smartphone) pour les endroits sombres, non éclairés
- briquet (pour vitrage)
- caméra thermique (il existe des versions qui peuvent se raccorder au smartphone)
- tablette numérique (assez rare)

Sur la base de nos interviews, les outils qui sont pratiquement toujours utilisés sont l'appareil photo (souvent avec smartphone) pour prendre des photos des éléments, quelque chose pour mesurer l'épaisseur des isolants et de quoi prendre des notes (carnet ou tablette numérique). Le dossier de mise à l'enquête n'est pas toujours pris pendant la visite car c'est lourd et peu pratique à porter en plus des autres outils. Généralement, les points importants sont notés sur une check-list qui est emmené lors de la visite.

Il est clair que l'application mobile devrait prendre en charge les outils déjà utilisés quand cela est possible. Notamment, on devrait pouvoir faire les choses suivantes directement depuis l'application : prendre des photos, activer la lampe du téléphone et utiliser la caméra thermique raccordée au téléphone. La prise de photos devrait pouvoir se déclencher par reconnaissance vocale pour des raisons pratiques (smartphone dans une main, double-mètre dans l'autre). Par ailleurs, La check-list des points à contrôler et la possibilité de prendre des notes est indispensable (pour remplacer la checklist papier et le crayon/bloc-notes). Enfin, il est important que l'application permette d'emporter le maximum de documents avec soi sur le chantier (notamment le document de mise à l'enquête, mais également les documents tels que les lois, règlements etc.) afin de pouvoir y accéder pendant la visite en cas de questions ou de doute. La visualisation des plans du chantier est aussi pertinente (voir paragraphe 4.2.9).

En plus de ces outils classiques, un plus serait de proposer dans l'application des modules de calcul rapide de valeurs U (idéalement avec une base de données de matériaux) et de ponts thermiques (par exemple basé sur celui de l'OFEN).

Un jour les formulaires électroniques seront adoptés (pour les dépôts de permis de construire par exemple). Le jour où ceux-ci seront disponibles, il serait particulièrement intéressant d'ajouter une fonctionnalité permettant de comparer les relevés sur le chantier directement avec les formulaires électroniques de la mise à l'enquête. Cette fonctionnalité augmenterait nettement l'efficacité des contrôles.

4.2.7 Autres éléments à contrôler sur un chantier

Les aspects énergétiques sont un des éléments à contrôler sur un chantier. Il existe cependant d'autres éléments et thématiques qui doivent également être contrôlés notamment au niveau architectural (respect des gabarits), au niveau environnemental (infiltrations des eaux, gestion des déchets, mise en séparatif des eaux claires et des eaux usées, etc.) ou encore au niveau de la sécurité sur le chantier. Un regroupement des contrôles (une seule personne qui fait plusieurs contrôles pendant une même visite) semble à première vue intéressante du point de vue de l'optimisation des ressources humaines et financières. Cependant, il est important de rappeler que ces différents contrôles sont liés à des expertises différentes et qu'une même personne faisant les contrôles devrait être formée en conséquence. On pourrait imaginer de carrément développer un nouveau métier de « contrôleur général » d'un bâtiment.

Si un outil devait être développé, il serait intéressant de pouvoir également y inclure ces éléments de contrôle provenant des autres thématiques liées à la réalisation d'une nouvelle construction. Toutefois, les différents types de contrôle nécessitent des compétences bien différentes, et il est donc difficilement envisageable que les différents contrôles soient faits par la même personne.

4.2.8 Portabilité de l'application

La portabilité de l'application apparait comme un point essentiel. En effet, il n'est pas pratique d'apporter un ordinateur lors d'une visite de chantier pour accéder à une application web. En revanche, aujourd'hui presque tout le monde a un smartphone. Les smartphones sont déjà utilisés fréquemment par les contrôleurs pour prendre des photos lors des contrôles de chantier. En ce qui concerne les tablettes, l'avis est partagé : ils conviennent à certains contrôleurs et moins à d'autres. Toutefois, les tablettes numériques sont plus adaptées que les smartphones en raison de la taille de l'écran (visualisation et annotation des plans par exemple). Au retour au bureau, il est utile de pouvoir accéder aux informations depuis un PC.

Il est impératif que l'outil puisse être accessible depuis plusieurs plateformes (smartphone, tablette numérique, PC). Par ailleurs, les informations doivent être stockées sur le cloud pour faciliter cette portabilité et permettre à chacun d'accéder aux mêmes informations concernant un bâtiment, et y accéder depuis plusieurs appareils.

4.2.9 Orientation sur le chantier

Généralement, les contrôleurs sont accompagnés de quelqu'un de la direction des travaux et/ou d'un chef d'équipe du chantier. Dans certains cas, les contrôleurs font la visite tout seul, et il est donc nécessaire de pouvoir s'orienter sur le site grâce au plan. Par ailleurs, les plans peuvent être utilisés pour faire des annotations, à des endroits localisés.

L'application pourrait avoir ce rôle d'orientation en chargeant les plans dessus. Ils pourraient être consultés lors de la visite pour s'orienter, et également noter les défauts relevés, avec la possibilité de joindre des photos (à l'instar de l'outil ArchiPad, voir chapitre 5.1). Dans une version plus évoluée, on pourrait également imaginer que la position par rapport au plan soit donnée grâce au GPS du smartphone / de la tablette (mais il risque d'y avoir un manque de précision).

4.2.10 Autocontrôle

L'autocontrôle peut être réalisé par les architectes, les directeurs de travaux ou les différents corps de métier (sur les éléments qui les concernent). D'après nos entretiens, les avis sont partagés concernant l'autocontrôle. Pour certains il est souhaitable car, en plus de réduire le travail des contrôleurs, cela permet de responsabiliser les acteurs du bâtiment et créer un climat de confiance entre ces derniers et les instances de contrôles. En revanche, certaines personnes du terrain (architectes/directeurs de travaux) n'y sont pas favorables car cela leur demande plus de travail et beaucoup de lourdeur administrative. Ils préfèrent au contraire qu'un contrôleur vienne contrôler lui-même. On a sûrement beaucoup à gagner à favoriser l'autocontrôle, mais celui-ci doit être simplifié et ne devrait pas être imposé (sur la base du volontariat).

Il est aussi important de coupler l'autocontrôle avec un système de contrôle par échantillonnage, par exemple avec des contrôles surprises, et de communiquer sur ces derniers, afin d'avoir un effet dissuasif (voir paragraphe 4.2.12).

L'application doit être conçue pour faciliter l'autocontrôle. C'est un point essentiel. Par exemple, l'outil devrait permettre de prendre les photos des éléments installés et de les mettre en ligne pour les transmettre à l'autorité de contrôle. Il faudrait également pouvoir par exemple scanner directement les factures et étiquettes de produit pour fournir une preuve. Il pourrait aussi être envisagé de scanner les codes-barres des produits (avec le smartphone ou la tablette) et de coupler cela avec une base de données de produits des différents fabricants, afin de vérifier facilement si les éléments installés sont les bons et cela limiterait la possibilité de tricher.

4.2.11 Rôle de sensibilisation

Il y a parfois un manque de connaissance des bases légales de la part des architectes, des maîtres d'ouvrage, des artisans et des communes. Il est donc nécessaire dans un premier temps d'informer les différents acteurs sur leurs obligations en termes d'énergie et sur les sanctions possibles.

En effectuant des contrôles de chantier avec du personnel qualifié, que ce soit par des bureaux mandatés, la commune ou les cantons, il est possible de sensibiliser les différents corps de métier (architectes, entreprise de constructions, installateurs et artisans) sur les bonnes pratiques en matière d'exécution au niveau énergétique. Ceci va donc à l'encontre de l'idée de déconnecter la récolte de preuves et le contrôle de conformité.

Dans le cas où la commune effectue les contrôles, il est important que celle-ci ait du personnel formé pour le faire. Cela peut poser problème, en particulier pour les petites communes. Il serait donc préférable de déléguer cette fonction à une autre entité régionale ou cantonale ou à un mandataire externe.

Une application mobile ne semble a priori pas permettre de jouer et de renforcer ce rôle de sensibilisation. Toutefois, une liste de conseils à transmettre aux personnes sur site pourrait quand même être proposée dans l'outil (sous la forme d'une check-list par exemple). Par ailleurs, si les différents corps de métier ont eux-mêmes accès à l'outil, il pourrait leur donner des conseils sur les points à contrôler par exemple (notamment dans le cadre d'un autocontrôle).

4.2.12 Prévention par la dissuasion

Dans un objectif de dissuasion, des contrôles « surprises » peuvent être fait par échantillon. Pour maximiser l'effet dissuasif, il est important qu'il y ait une communication sur ces contrôles « surprises », afin que les architectes/constructeurs soient au courant que d'autres chantiers ont été contrôlés. Toutefois, il est ici nécessaire de clarifier exactement dans quelles conditions ces visites peuvent avoir lieu, notamment du point de vue légal. Suivant les personnes interrogées, certains vont sur les chantiers sans prévenir et font la visite eux-mêmes (éventuellement après s'être présenté à un responsable sur le chantier). D'autres personnes nous ont dit qu'ils organisaient les visites de contrôle de chantier à l'avance et étaient accompagné d'un architecte ou d'un membre de la direction des travaux. Il faut aussi tenir compte du cas des grands chantiers où l'accès est de plus en plus sécurisé.

De manière générale, il est important de marquer sa présence auprès des architectes et constructeurs afin de dissuader ces derniers à contourner la règle. Cela peut par exemple passer par un coup de téléphone en début de chantier pour demander les dates approximatives de réalisation des différents travaux (par exemple pour la pose de radier), dans le but de fixer une date pour le contrôle. Cela permet de mettre la pression et de faire prendre conscience aux constructeurs qu'ils peuvent être contrôlés n'importe quand.

Enfin, il faut qu'il y ait une légitimation du contrôleur externe, c'est-à-dire que ce dernier puisse appliquer les sanctions, ou bien en informer un tiers qui puisse le faire. Ceci peut passer par une assermentation si nécessaire. A défaut, il devrait être accompagné par un représentant qui ait ce privilège. Par ailleurs, cela pourrait aussi donner le droit au contrôleur d'outrepasser l'interdiction de pénétrer dans le chantier n'importe quand (chantiers « a ban »).

De nouveau, une application mobile ne semble à priori pas permettre de jouer ce rôle de prévention et dissuasion. Mais si elle est liée à une base de données accessible par tous les acteurs, il serait possible d'utiliser l'outil pour communiquer régulièrement sur des statistiques concernant le nombre de contrôle et de non-conformités relevés.

4.2.13 Outil de communication

Actuellement, les bureaux de contrôle reçoivent souvent les dossiers énergétiques par courrier. Par ailleurs, certains contrôleurs envoient une lettre aux architectes indiquant les différents points à vérifier (sur la base du dossier énergétique). Cette lettre peut être accompagnée de cartes que l'architecte doit remplir et renvoyer pour indiquer quand il est prêt à réaliser une certaine tâche (installer l'isolation par exemple).

L'application pourrait servir d'outil de communication entre les différents acteurs concernés pour échanger (fonction de messagerie instantanée par exemple), mettre des dates sur un calendrier (voir aussi paragraphe 4.2.3) et transmettre/mettre en ligne des documents (dossier énergétique, PV des contrôles, etc.). Par ailleurs, une alerte pourrait être envoyée à l'architecte (ou autre personne concerné) dès qu'une non-conformité est relevée.

L'outil devrait permettre de générer automatiquement un rapport structuré à la suite d'une visite. Ce dernier serait envoyé à tous ceux concernés et mis à disposition sur l'application. Un plus serait de pouvoir personnaliser le modèle du rapport.

4.2.14 Particularités des lois cantonales

Les particularités des différentes lois cantonales sont importantes aux yeux des cantons, même si ces dernières pourraient à futur tendre à s'harmoniser. Si ces particularités ont été introduites (quelles proviennent du MoPEC ou non), c'est qu'elles proviennent d'une volonté politique et par conséquent, il est important que ces exigences soient également contrôlées au même titre que les autres exigences.

L'application devrait donc permettre un paramétrage canton par canton. Il s'agit notamment de pouvoir paramétrer la liste des éléments à contrôler en fonction des différentes législations cantonales.

4.2.15 Compatibilité avec les systèmes informatiques déjà existants

Les cantons utilisent déjà pour certains une plateforme pour la gestion des autorisations de construire. Chaque système (par exemple, SATAC pour le canton de Neuchâtel ou CAMAC pour le canton de Vaud) est basé sur des systèmes informatiques différents et toutes les autorisations de construire n'y figurent pas forcément.

Aux yeux des cantons, il serait cependant nécessaire qu'en cas de développement d'une application permettant des contrôles d'exécution, cette dernière soit compatible et capable de lire et éventuellement d'écrire des informations dans la base de données centrale déjà en place.

Cependant, cela est probablement très complexe à mettre en place d'un point de vue technique (grande variété des bases de données et des protocoles), et cela nécessiterait d'être approfondi dans une étude spécifique.

4.3 Résumé des fonctionnalités

Un résumé des fonctionnalités identifiées est présenté dans le Tableau 1 et regroupé par thème. Une indication de la priorité de chaque fonctionnalité est également donnée, basé sur l'ensemble des entretiens réalisés et notre propre avis.

Fonctionnalité	Priorité
Aspects généraux	
Application mobile (smartphone, tablette)	●●●
Stockage données sur cloud / base de données centralisée	●●●
Compatibilité avec systèmes existants (base de données existantes, outils de gestion de permis de construire)	●●
Fonctionnalités de préparation de visite	
Calendrier étapes chantier	●●●
Priorisation des chantiers à contrôler	●●
Géolocalisation des ouvrages à contrôler (carte interactive)	●
Optimisation du parcours entre les différents chantiers à contrôler	●
Statistiques sur contrôles (base de données)	●●
Fonctionnalités de communication	
Messagerie instantanée	●
Alertes automatiques (smartphone, e-mail)	●●
Partage des documents du projet	●●●
Génération automatique de rapport structuré	●●●
Fonctionnalités d'aide au contrôle	
Check-list points à contrôler (sur la base du contrôle de dossier énergétique)	●●●
Paramétrage par canton	●●●
Conseils pour l'autocontrôle	●●●
Outils accessibles depuis l'application (photo, lampe, caméra thermique)	●●●
Accès aux documents du projet et documents légaux	●●●
Visualisation des plans	●●●
Annotation des plans (remarques, photos, etc.)	●●●
Scan des factures	●●●
Outil de calcul simple (valeurs U, ponts thermiques)	●●
Outil de calcul complet (bilan thermique global)	●
Option BIM	●
Couplage avec d'autres types de contrôle	●
Fonctionnalité liées à l'exploitation	
Suivi de l'exploitation	●
Outil smart-monitoring	●
Base de données performance exploitation vs. planification	●

Tableau 1 : Résumé des fonctionnalités de l'application de contrôle de chantier

5 Etat des lieux des outils existants

5.1 ArchiPad

ArchiPad³ est une application de suivi de chantier permettant de faciliter la gestion des réserves et des observations lors de la visite d'un bâtiment ou d'un chantier par le biais d'annotations sur les plans (cf. Figure 7Figure 6). Les plans sont chargés sur un iPad et ils peuvent être annotés en ajoutant des remarques et des photos, permettant ainsi de facilement localiser chaque défaut sur le plan. Il est possible de créer différentes catégories d'annotations (qui apparaissent avec différentes couleurs), pouvant correspondre à différents lots (sanitaire, CVC, électricité, menuiserie...). Il est également possible, pour chaque point, de mettre une date limite pour la correction du défaut, et de préciser le statut (à faire/fait). Les plans annotés sont accessibles depuis un ordinateur via le cloud (cf. Figure 6). Il est également possible de sortir des rapports automatiquement. Enfin, l'application peut envoyer des notifications sur un smartphone (version mobile de l'application) pour informer des nouveaux points ajoutés et de la mise à jour de ceux-ci (s'il y a eu une correction d'un défaut par exemple).

Il existe deux version de cette application : une version gratuite et une version payante (environ 40 € HT/mois). Bien que les fonctionnalités de bases soient disponibles sur la version gratuite, la version payante permet d'avoir accès à des fonctionnalités supplémentaires intéressantes : notification des prestataires sur smartphone (pour suivre l'évolution des réserves en direct), travail à plusieurs sur un même projet, gestion des droits d'accès, personnalisation du modèle de rapport.

Malheureusement, cette application est actuellement disponible exclusivement sur iPad via l'AppStore (pas sur Android) ce qui en limite la portée. De plus, elle ne semble pas pertinente pour certains types de contrôles dans la mesure où ils ne concernent pas des éléments localisables précisément sur un plan (par exemple pour l'isolation du radier ou des façades).

Malgré ces limitations, il semble que la fonctionnalité permettant d'annoter un plan avec des remarques et des photos est essentielle pour une application mobile de contrôle de chantier. Toutefois, elle ne devrait pas se limiter à cette seule fonctionnalité.

³ <https://archipad.com/fr/>

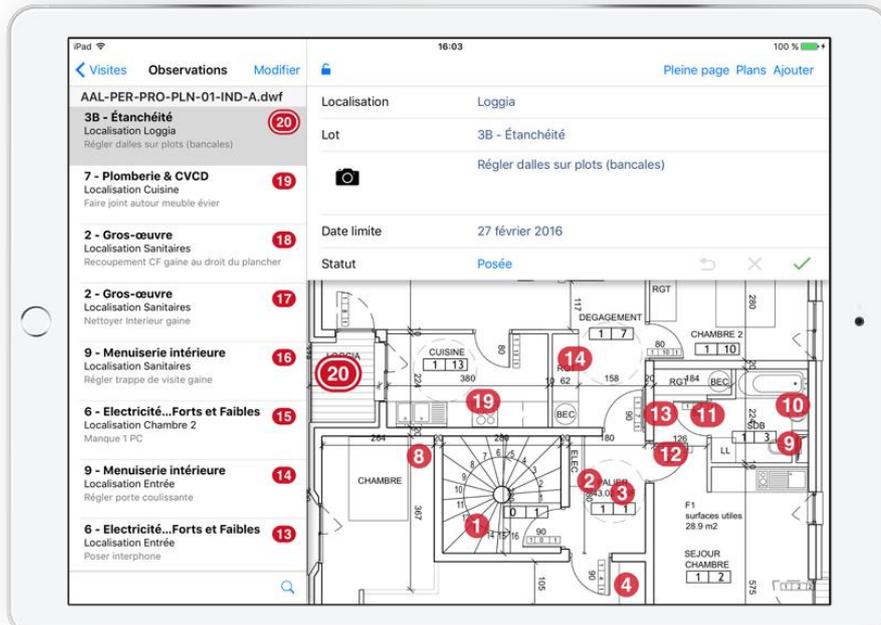


Figure 7. Archipad: application iPad (source: archipad.com)

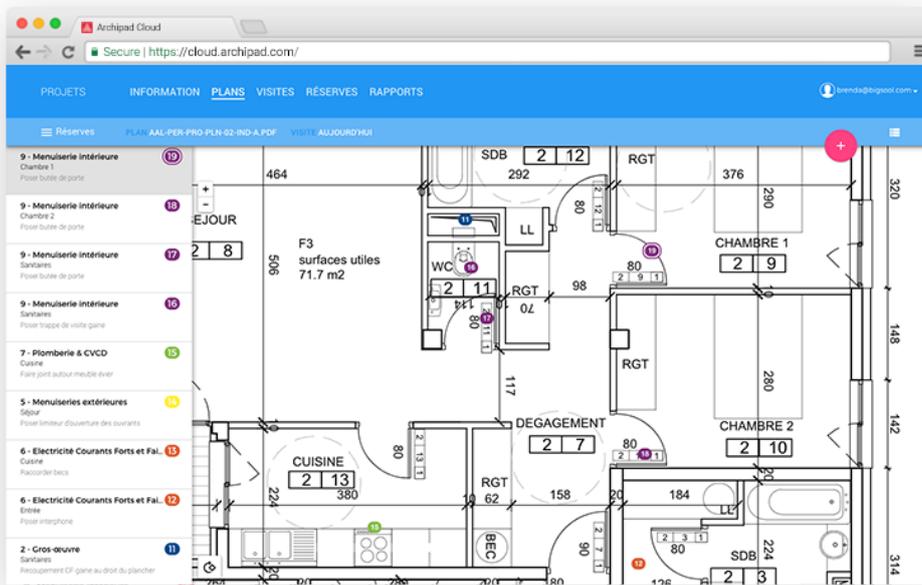


Figure 6. Archipad: application web (source: archipad.com)

5.2 SQM Construction

SQM Construction est un produit de Minergie permettant de garantir une qualité supérieure durant la phase de construction. Il permet de procéder à un contrôle systématique et à la documentation des éléments pertinents du point de vue de Minergie durant le processus de construction. Cela débouche sur une certification d'assurance-qualité.

SQM Construction se décline en deux volets :

- SQM Check Construction (pour les bâtiments d'habitation) : les entreprises de conception et d'exécution ont la possibilité de contrôler elles-mêmes les travaux en se conformant au système standardisé de qualité Minergie. L'office de certification Minergie examine ensuite la documentation SQM et peut ainsi délivrer le label qualité « certifié SQM Construction » si les exigences sont remplies.
- SQM Selection Construction (bâtiments d'habitation complexes, administration, écoles, affectations mixtes) : les contrôles sont effectués par un expert en construction SQM de l'Association Minergie. En sa qualité d'indépendant par rapport au projet, il effectue une vérification selon le principe du double contrôle.

5.3 QualiCasa

QualiCasa AG⁴ est une société en Suisse alémanique qui assiste les investisseurs immobiliers dans toutes les phases du cycle de vie d'un bien immobilier (planification, construction, réception, acquisition, exploitation) en proposant un service de contrôle qualité adapté à leur besoin, et cela sur tous les aspects du bâtiment, y compris les installations techniques. Ils ne développent pas d'application à proprement parler.

5.4 Solution T2i

T2i est un éditeur de logiciel et prestataire de services franco-suisse qui propose des solutions répondant aux enjeux de la transformation numérique. Parmi leurs clients figurent les administrations communales, pour lesquelles ils développent des solutions adaptés à leurs besoins. En particulier, T2i a développé deux solutions logicielles Xpert.ATC et Xpert.CST pour permettre aux communes de gérer les autorisations de construire et d'effectuer le suivi des constructions respectivement.

Le logiciel Xpert.ATC couvre le processus de gestion des demandes d'autorisation de construire (cf. aperçu Figure 8). Il permet de gérer de manière électronique le dossier de construction, l'historique du dossier, les demandes de préavis, la facturation des émoluments, les documents liés au dossier, etc. et présente les avantages suivants :

- Les informations saisies peuvent être transmises automatiquement au registre fédéral des bâtiments en temps voulu, évitant ainsi une double saisie des informations liées au logement.

⁴ <http://www.qualicasa.ch>

- De nombreux documents peuvent être générés automatiquement (autorisation de construire, demande de complément d'information, mise à l'enquête, attestation de l'octroi de l'autorisation, demande de préavis pour les services externes, formulaire de début/fin de travaux, courriers officiels à l'attention des autorités cantonales, accusé de réception des oppositions et recours, notification des demandes de préavis et demandes simplifiées, etc.) au travers de modèles Word mis à disposition dans l'application et pouvant être personnalisés et enrichis selon les besoins, chaque modèle pouvant être fusionné avec les données contenues dans l'application et chaque document produit étant automatiquement classé dans le dossier
- Tous les échanges en lien avec le dossier peuvent être consignés au sein de l'application.
- Le gestionnaire de tâche et l'échéancier intégré à l'application permet de suivre facilement le déroulement du dossier (par exemple, alerte automatique à la fin du délai légal d'opposition).
- Outil en ligne, lié à une base de données relationnel, accessible par tous les acteurs du projet.

Une fois l'autorisation entrée en force, le dossier génère automatiquement une tâche de début des travaux en attente dans le processus de gestion des constructions (Xpert.CST) qui prendra le relai.

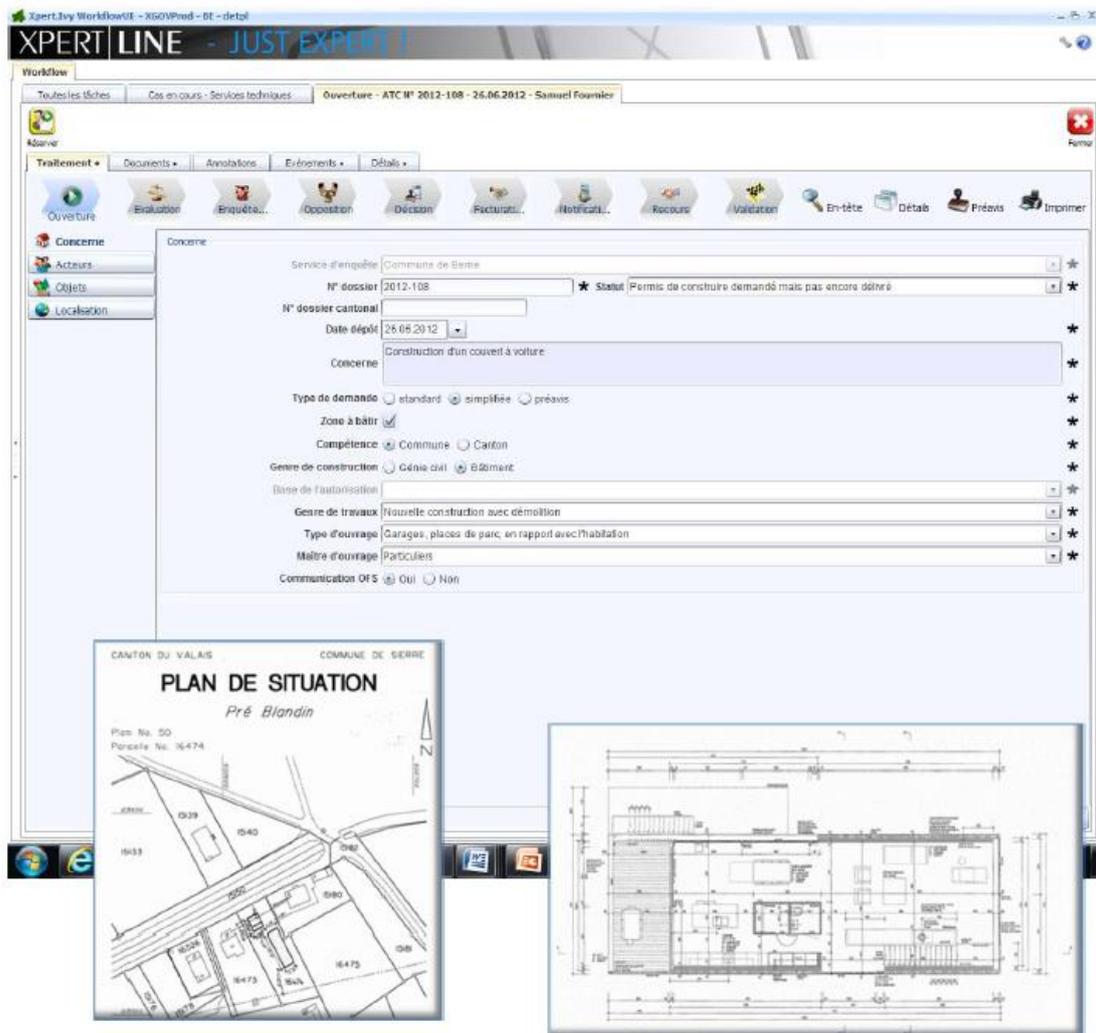


Figure 8. Aperçu du logiciel Xpert.ATC (source : T2i)

Le logiciel Xpert.CST couvre le processus de gestion du suivi des constructions (cf. aperçu Figure 9). Il prend en charge le dossier provenant du processus de gestion des autorisations de construire (Xpert.ATC) et le conduit au travers des étapes du projet, dont le contrôle des travaux et la délivrance du permis d'habiter.

Xpert.CST permet de générer automatiquement les documents et courriers en lien avec le processus de suivi des constructions (permis d'habiter, ordre d'arrêt des travaux, de remise en état, etc.). Le logiciel est paramétrable selon les besoins des différents contrôles effectués par la commune (contrôle sécurité, emplacement, mise hors d'eau, permis d'habiter, taxation, etc.) et les résultats et autres informations liées à chacun de ces contrôles (qui a fait le contrôle, aspects à vérifier, conforme/non conforme, statut global du contrôle, remarque, etc.) sont consignés dans l'application.

A l'heure actuelle, un module de contrôle spécifique à l'énergie n'a pas encore été paramétré mais le logiciel offre la possibilité de le faire et des réflexions sont en cours pour aller dans ce sens.

L'outil est déployé commercialement depuis 1 an et demi et est actuellement utilisé par une trentaine de communes dans le canton du Valais. Il a permis de gérer environ 5000 dossiers jusqu'à maintenant. Il est aussi prévu qu'il soit déployé prochainement dans des communes du canton de Vaud et de Fribourg.

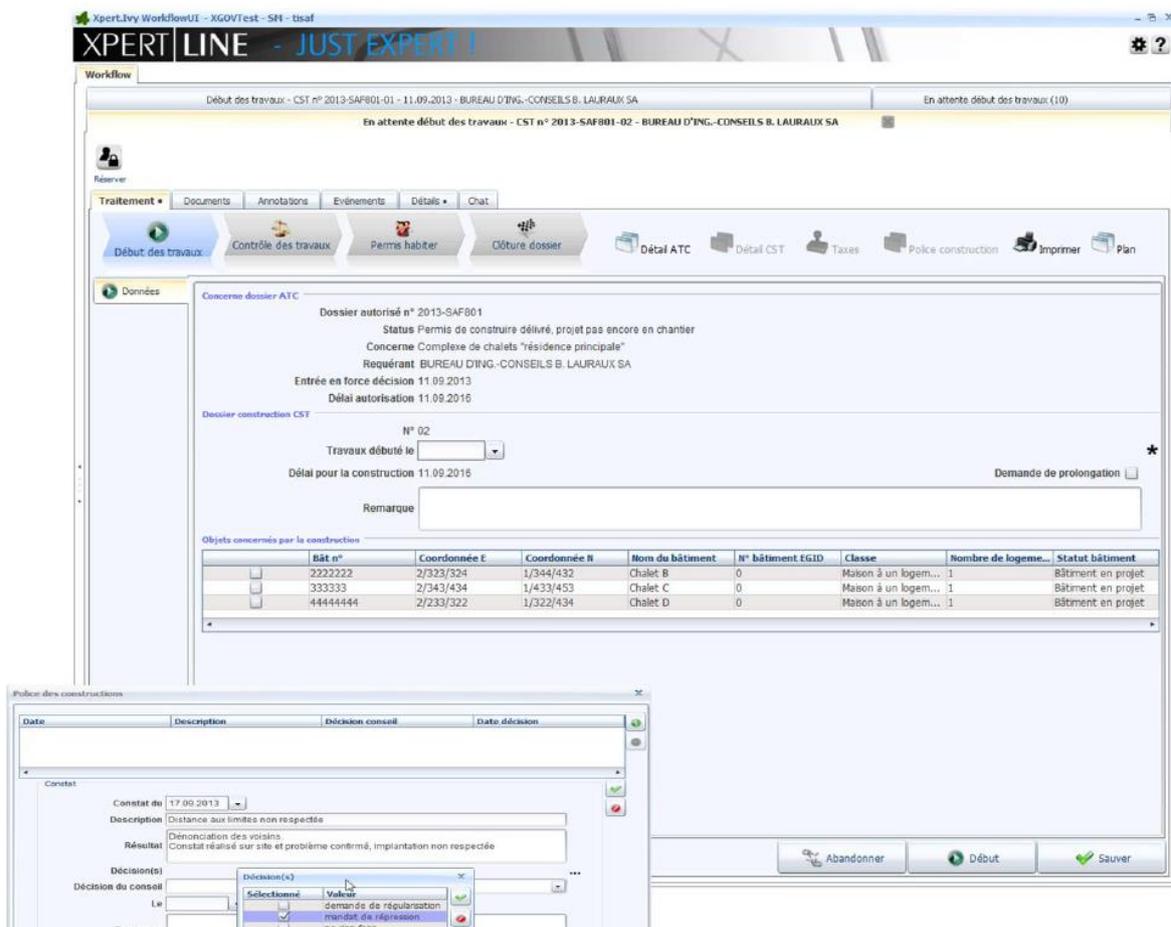


Figure 9. Aperçu du logiciel Xpert.CST (source : T2i)

5.5 BIM

Le BIM (*Building Information Modelling* en anglais) est un processus utilisé tout au long de la conception, de la construction et de l'utilisation d'un bâtiment ou d'une infrastructure permettant d'intégrer, de structurer, d'échanger, d'analyser et de visualiser toutes les données relatives à cet ouvrage. Il se base sur un ou plusieurs modèles virtuels 3D paramétriques intelligents et structurés (voir exemple Figure 10). Dans ce type de modèle, chaque élément possède des propriétés, ce qui fait du BIM non seulement une représentation visuelle, mais également un véritable modèle de données du bâtiment, incluant tous ses différents aspects (architecture, génie civil, électricité, CVC, etc.).

Ces modèles virtuels permettent d'effectuer des analyses et simulations (énergétiques, calcul structurel, détections des conflits, etc), des contrôles (respect des normes, du budget, etc) et des visualisations.

Le BIM en est encore en phase de développement mais va se développer peu à peu, en commençant par les projets de grande taille. Il semble donc important d'intégrer d'ores et déjà une réflexion sur le rôle du BIM dans une application de contrôle de chantier car l'interfaçage avec un tel modèle offre un potentiel immense. Dans un premier niveau, la visualisation du modèle BIM sur une tablette numérique lors d'une visite permettrait d'identifier rapidement quel matériau/équipement doit être installé à tel endroit et ainsi de repérer plus facilement des éléments non conforme. Dans un deuxième niveau, les résultats du contrôle pourraient directement être reportés sur le modèle BIM via l'application mobile (par exemple en cochant une case « contrôlé » sur un élément). Il existe d'ores et déjà des applications pour tablettes permettant de visualiser et modifier des modèles BIM, tels que BIMView⁵ développée par la société AriCad.

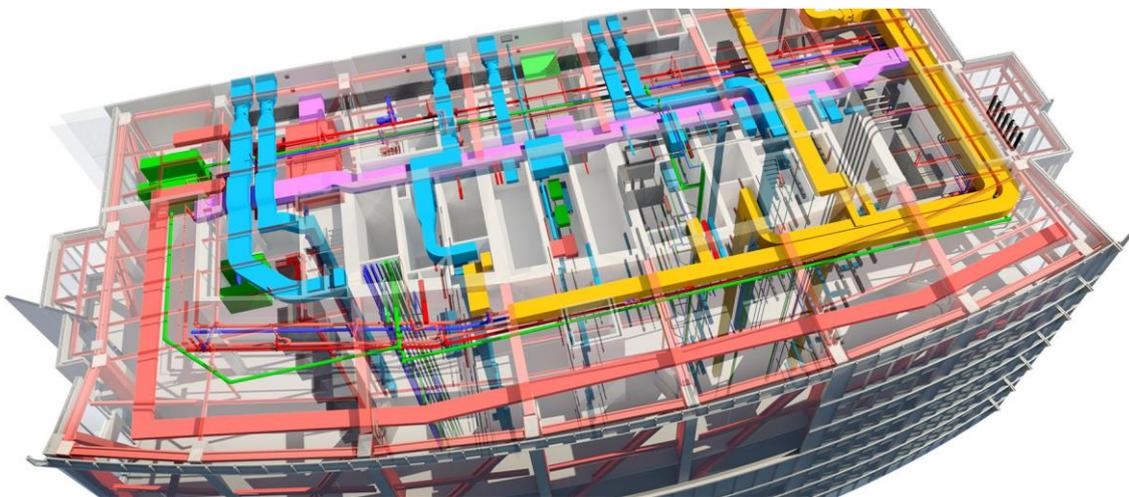


Figure 10. Exemple de modèle BIM (source: www.glumac.com)

⁵ <http://www.bimview.fr/>

Il est important de noter que l'interfaçage avec un modèle BIM dans l'application de contrôle devrait être optionnel car cela ne concerne actuellement qu'un faible nombre d'ouvrage au regard du nombre important d'ouvrage à contrôler, et l'utilisation d'un tel modèle n'est pas forcément pertinent pour les petites constructions (maisons individuelles par exemple).

6 Système de management de la qualité

Une application de contrôle de chantier ne doit pas être considérée de manière isolée mais doit au contraire s'inscrire dans un système de management de la qualité, lequel s'assure du respect des prescriptions légales en matière d'énergie dans les bâtiments. Une étude⁶ présentée par E+U et jenergieeffizient! a permis de mettre en évidence les cinq piliers sur lesquels doit reposer un système de management de la qualité :

- Connaissances : le respect et la vérification des exigences légales nécessitent avant tout une connaissance actuelle de ces dernières par tous les acteurs concernés (maitre d'ouvrage, architecte, exécutant, organisme responsable du contrôle (commune, canton), contrôleurs).
- Ressources : pour mener à bien les contrôles de dossier énergétique et contrôles d'exécution, on doit disposer de ressources humaines compétentes et suffisantes.
- Procédures claires : pour un résultat optimal, il est nécessaire d'avoir des procédures et règles claires, précisant le rôle et la responsabilité de chacun.
- Contrôles : il est indispensable de mettre en place un contrôle des dossiers et des chantiers (au minimum par échantillon) afin de s'assurer que les exigences légales soient respectées.
- Sanctions : des sanctions doivent exister lorsque des écarts par rapport aux exigences légales sont constatés, et celles-ci doivent être effectivement appliquées.

Dans cette même étude, plusieurs recommandations sont données pour aller dans ce sens :

- Modification du MoPEC pour y inclure dans le module de base des précisions sur le rôle des autorités publiques et du maitre d'ouvrage en matière de contrôle, ainsi qu'introduire l'obligation de fournir une attestation d'exécution à l'autorité compétente avant la mise en service.
- Des directives pour mettre en place des contrôles par échantillon, si possible lors de visites « surprises », afin de relever des infractions et d'avoir un effet dissuasif.
- Délégation de la compétence de contrôle à un service cantonal chargé des contrôles (surtout dans les cantons avec beaucoup de petites communes), afin de diminuer l'effort sur les communes.
- **Mise en place d'un outil informatique permettant de faciliter le contrôle**, y compris pour savoir quand les contrôles devraient être fait. Cet outil devrait être couplé à une base de données dans un but d'étude statistique.
- Mise en place de formations adaptées pour le personnel en charge des contrôles.
- Service de conseil assuré par le service cantonal des contrôles (mentionné plus haut) et dispensant des informations aux acteurs du bâtiment et maitres d'ouvrages.

On voit donc que selon cette étude publiée en 2016, le développement d'un outil ne constitue qu'un seul des éléments clés à prendre en compte pour améliorer le respect des exigences légales par la mise en place d'un système de qualité.

⁶ *Optimierung Vollzug der kantonalen Energievorschriften im Gebäudebereich*, Beatrix Schlaubitz und Stefan Wederkehr, Februar 2016

7 Conclusions générales

Le présent rapport présente les résultats de l'étude portant sur la faisabilité et le potentiel de la mise en œuvre d'une application mobile de contrôle de chantier pour le respect des exigences énergétiques. L'idée de développer cette application repose sur le constat fait par les cantons de l'écart entre les exigences légales et les performances réelles des bâtiments (le *performance gap*). Ce *performance gap* est en partie due à un non-respect de certains éléments du dossier de mise à l'enquête lors de l'exécution. Des contrôles de chantier – réalisées par les communes, les cantons ou des contrôleurs indépendants mandatés par ces derniers – permettraient d'éviter cela, et sont en partie implémentés. Mais le manque de ressources, entre autres, au regard du nombre élevé d'ouvrages à contrôler, rend difficile le contrôle de tous les chantiers. L'objectif de cette application mobile serait donc de faciliter le contrôle et d'optimiser les ressources, de manière à réduire le *performance gap*.

Pour évaluer le potentiel de cette application et identifier les fonctionnalités les plus utiles, plusieurs entretiens ont été menés auprès des acteurs du domaine concernés par ces contrôles : référents techniques des cantons, contrôleurs indépendants et architectes. Ces entretiens ont montré qu'il y a de nombreux points de vue différents, parfois même contradictoires, ce qui met en avant la grande variété des situations. Toutefois, il y a certains aspects récurrents :

- Information : il y a un manque de connaissance des exigences légales et des procédures existantes de la part des communes, des maîtres d'ouvrages et parfois aussi des acteurs du bâtiment (architectes, constructeurs, artisans) qui doit être comblé.
- Formation : il faut du personnel formé pour réaliser des ouvrages de qualité respectant les normes (artisans), d'une part, et faire des contrôles efficaces (communes, canton ou mandataire), d'autre part.
- Temporalité : le moment choisi pour faire la visite (par rapport à l'avancement du chantier) est un élément clé.
- Outils et méthodes similaires utilisés : il y a une grande similarité entre les outils et méthodes utilisés d'un contrôleur à l'autre (par ex. check-list de points à contrôler sur la base du dossier de mise à l'enquête, prise de photos, mètre pour mesurer l'épaisseur d'isolant).
- Autocontrôle : à favoriser car cela facilite le travail de contrôle et responsabilise les acteurs de terrain. Mais il doit rester sur la base du volontariat car les acteurs de terrain n'y sont pas tous favorables.

Par ailleurs, nous avons étudié plusieurs solutions existantes pour voir si une solution déjà disponible pourrait répondre aux besoins identifiés lors de la phase des entretiens, ou si du moins certaines fonctionnalités intéressantes pourraient être reprises. Sur la base des outils dont nous avons eu connaissance jusqu'à présent, il s'est avéré qu'aucun ne correspondait. Toutefois, certaines solutions présentent des aspects intéressants qui pourraient être repris dans une application, voire intégré dans / couplé à celle-ci :

- SQM Construction : la méthode de contrôle pourrait être reprise et ainsi offrir un guide de contrôle dans l'application (avec check-list des points à contrôler et comment le faire). Ceci

serait particulièrement intéressant pour l'autocontrôle ou lorsque du personnel non spécialisé réalise les contrôles (communes notamment).

- ArchiPad : plusieurs fonctionnalités de cette application nous semblent intéressantes : annotation des plans avec des photos, des remarques et des actions, alerte des prestataires concernés sur appli smartphone, travail collaboratif sur une même plateforme (annotation des mêmes plans).
- Solutions T2i : lier une application de contrôle de chantier avec une application déjà existante et implémentée de gestion des autorisations et de suivi des constructions semble pertinent (accès à tous les documents du projet via l'application, mise à jour de la base de donnée avec les informations entrées pendant la visite). A ne pas oublier également les systèmes de gestion d'autorisations mis en place par certains cantons (SATAC, etc.).

Enfin, nous avons mis en évidence le fait que l'application ne représente qu'un seul des aspects à considérer pour améliorer le *performance gap*. En effet, il faut avant tout mettre en place un système de management de la qualité s'assurant du respect des prescriptions légales en matière d'énergie dans les bâtiments. C'est dans le cadre de ce système qu'une application de contrôle de chantier pourrait s'inscrire.

Pour conclure, deux types d'outils sont envisageables, correspondant à deux niveaux d'investissement différents en termes de développement:

- Outil simple de contrôle de chantier : Un premier niveau serait une application mobile de contrôle qui donnerait accès à un certain nombre de fonctionnalités pratiques pour faciliter la visite de chantier et l'autocontrôle. Une telle application pourrait s'inspirer d'ArchiPad, mais inclure en plus des check-lists et des conseils pratiques, ainsi que l'accès aux documents utiles (dossier de mise à l'enquête, lois et règlements).
- Plateforme intégrée : l'outil simple de contrôle de chantier serait intégré avec un outil de gestion des autorisations de construire et de suivi de chantier, elle-même liée à une base de données de ces autorisations/constructions. En plus d'être un support aux contrôles, l'outil permettrait de prioriser les contrôles de chantier à effectuer, en s'aidant par exemple des statistiques sur les contrôles et des dates de chantiers inscrits par les directeurs de travaux.

Il faut quand même noter que cela pourrait être un outil évolutif : d'abord développer un outil simple de contrôle qui pourrait ensuite être intégré dans un système de gestion plus large.

8 Perspectives

A la suite de cette étude, nous suggérons d'aller plus loin en suivant les étapes suivantes (voir schéma de la Figure 11) :

1. Développement d'un outil prototype : un outil prototype est développé sur la base des fonctionnalités identifiées comme prioritaires (3 points dans le Tableau 1), et en collaboration avec un développeur informatique.
2. Consultation de partenaires : l'outil prototype est présenté à un groupes de partenaires intéressés (à définir) incluant l'OFEN, des représentants des différentes instances de contrôle (cantons, contrôleurs indépendants, Minergie, Programme Bâtiment), ainsi que des acteurs du terrain (architectes/directeurs de travaux). Ils décident ensemble de manière consensuel de l'intérêt de tester l'outil.
3. Test du prototype : l'outil est testé sur des chantiers avec des contrôleurs cobayes (à sélectionner). Par exemple, on peut imaginer que 100 de contrôles de tout type soit réalisés avec l'outil (Minergie, communes, cantons, indépendants). Les bugs rencontrés sont corrigées au fur et à mesure si besoin.
4. Déploiement de l'outil : si les tests sont concluants et qu'il y a un intérêt à poursuivre pour tous les acteurs impliqués, l'outil sera finalisé (polissage de l'interface, traitement des derniers bugs, etc.) et déployé à plus grande échelle.

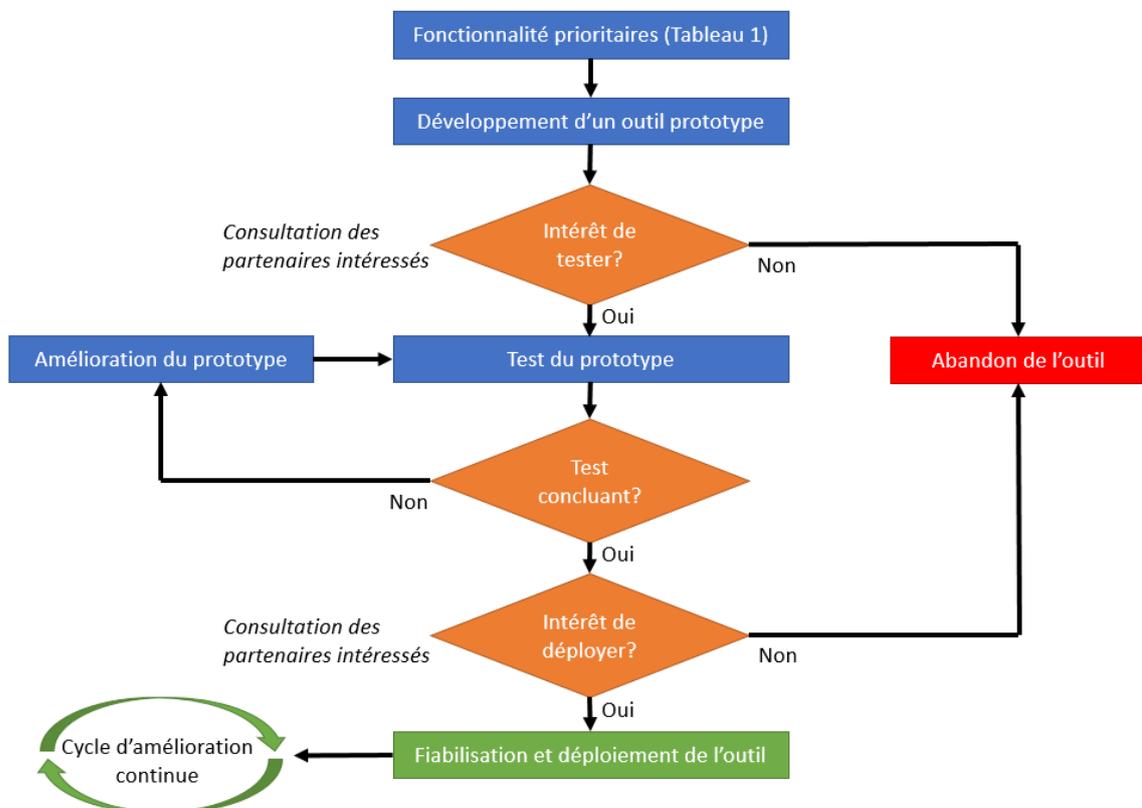


Figure 11. Prochaines étapes proposées

En parallèle, nous conseillons d'initier un dialogue avec les cantons et la conférence des directeurs cantonaux de l'énergie pour discuter de la mise en place d'un système de management de la qualité.

9 Annexes

9.1 Questionnaire

1. Est-ce que vous êtes amenés à faire des contrôles de chantier ? Si oui dans quel cadre ?
2. Quels sont les points que vous contrôlez ? (aspects énergétiques ? aspects techniques ? etc.)
3. Quels sont les points les plus importants à contrôler selon vous ?
4. Si vous ne devriez contrôler que trois points, lesquels serait-ce ?
5. A quel moment effectuez-vous les contrôles ? Quel est selon vous le moment le plus opportun pour faire le contrôle ?
6. Comment est fixée la date de la visite de chantier ?
7. Est-il envisageable de faire une visite « surprise » ou bien est-il préférable de la planifier à l'avance ?
8. Qui demandez-vous à être présent pendant le contrôle ?
9. Comment préparez-vous un contrôle de chantier ?
10. Quels documents prenez-vous avec vous pour les contrôles de chantier ?
11. Quels outils utilisez-vous lors d'un contrôle de chantier ? (appareil photo, smartphone, tablette numérique, carnet/stylo,...) ?
12. Combien de temps prenez-vous pour faire un contrôle de chantier ?
13. Comment gérer-vous le cas où un élément n'est pas conforme ? Quelle est la procédure ? Qui prévenez-vous ?
14. Est-ce que vous faites également de la sensibilisation auprès du maitre d'œuvre lors d'une visite ?
15. Dans quels cantons travaillez-vous ? Avez-vous noté des différences entre cantons ?
16. Pensez-vous qu'on peut demander au maitre d'ouvrage ou architecte de mettre les dates importantes (date prévu pour pose de radier, pose des isolations, etc.) sur un calendrier partagé ?
17. Pensez-vous qu'on peut prioriser les visites de chantier selon le type de chantier (catégorie d'ouvrage, taille du chantier, etc.), la réputation du maitre d'œuvre ou la qualité du dossier ?
18. Pensez-vous qu'on peut coupler différents types de contrôle (énergie, architecture, génie civil, etc.) lors d'une même visite ? Dans un même outil ?
19. Quelles autres fonctionnalités vous semblent utiles pour une application de contrôle de chantier ?
20. Qui devrait avoir accès à cet outil (maitre d'ouvrage, architectes, autorités, maitre d'œuvre, etc.) ?