Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 111 (1985)
Heft: 25

Artikel: Etude d'un système solaire à air avec accumulateur à bidons d'eau
Autor: Passos, Evandro
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75673

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Etude d'un système solaire à air avec accumulateur à bidons d'eau

par Evandro Passos, Lausanne

Résumé

Le nouveau bâtiment de la Caisse de prévoyance interprofessionnelle des syndicats patronaux à Genève, possède, en toiture, un système de captage solaire à air. Du point de vue économique, la réduction des frais de consommation due à la contribution solaire active ne rentabilise pas le prix de cette installation particulière. Néanmoins, en prenant la décision de cette réalisation, le maître de l'ouvrage a voulu contribuer au développement et à la recherche dans le domaine des économies d'énergie et de l'utilisation active de l'énergie solaire. Ainsi, les capteurs solaires à air étant moins souvent rencontrés dans la pratique que les capteurs à eau, le Laboratoire de thermodynamique et d'énergétique de l'EPFL a procédé à des mesures de fonctionnement, aussi bien qu'à des simulations numériques à l'aide du programme TRNSYS. Cet article est un résumé d'une recherche soutenue par l'Office fédéral de l'énergie. L'interaction capteur solaire à air/accumulateur a mérité une attention particulière, étant donné qu'il s'agit d'une nouvelle conception d'accumulateur, qui essaie de profiter de la grande chaleur spécifique de l'eau.

1. Motivation

Les systèmes solaires à air semblent être intéressants pour le chauffage des bâtiments, villas, séchage de produits agricoles, etc.

Les systèmes solaires qui utilisent des capteurs à air/accumulateur à pierre présentent des performances comparables à celles des systèmes recourant à de l'eau dans les capteurs et dans l'accumulateur. Grâce aux avantages de la stratification de la température dans le stock à pierres, de la simplicité de l'exécution du projet et de la construction des capteurs, ainsi qu'à une manutention plus facile, les systèmes à air sont très compétitifs comparés aux sstèmes à eau. A ce propos, on peut remarquer une très forte augmentation des ventes des systèmes à air dans le marché américain pendant ces deux dernières années: presque partout dans la région dite «snowbelt», les capteurs à air se vendent mieux que les capteurs à eau.

2. Description de l'installation

La partie solaire de l'immeuble CPI de Genève se compose de capteurs solaires à air (surface utile 80 m²) et d'un accumulateur de chaleur dont la fonction est d'emmagasiner l'énergie solaire excédentaire afin de la restituer à relativement court terme (quelques jours). L'accumulateur est constitué d'un stock d'environ 19 000 litres d'eau enfermés dans 72 fûts en plastique de 60 cm de diamètre. On dénombre encore deux ventilateurs, l'un destiné à faire circuler l'air uniquement dans l'installation solaire, l'autre soufflant de l'air vers les monoblocs de ventilation traditionnels.

Un réglage automatique des ventilateurs et clapets prévoit quatre types de fonctionnement:

1. *Mode charge*
   Lorsque la température de l'absorbeur (dans les capteurs solaires) dépasse celle du stock et si la température de l'absorbeur est supérieure à 25°C, l'air contenu dans l'installation solaire circule en circuit fermé (capteurs-stock). L'air reçoit de l'énergie au niveau des capteurs, la transférant ensuite aux fûts (et à l'eau) par convection forcée.
2. *Mode direct*
   Lorsque la température de l'absorbeur dépasse la température de l'air à l'admission, ce dernier, en provenance de l'extérieur, est acheminé à travers les capteurs vers le ventilateur situé à la sortie du système solaire.
3. *Mode combiné*
   Dans le cas où les trois conditions précédentes seraient vérifiées, on peut aussi combiner les modes de fonctionnement direct et charge.
4. *Mode décharge*
   Lorsqu'il n'y a pas d'ensoleillement et que l'utilisateur est demandeur, on décharge le stock, en faisant traverser de l'air neuf en sens inverse à celui du mode charge.

Remerciements

L'auteur tient à remercier le Gouvernement du Brésil, son employeur, pour avoir donné son accord à sa participation dans cette étude.
Le présent travail a été initialement dirigé par le professeur P. Suter, du Laboratoire de thermique appliquée de l'EPFL. Par la suite, c'est le professeur J.-C. Gianola, du Laboratoire, qui a pris la direction de ce travail. Je les remercie sincèrement de leur appui et de leurs conseils.
Ma gratitude va aussi à MM. Wiederkehr et Paillard, de la Fédération des syndicats patronaux, et au bureau d'ingénieurs A. Zakher, pour sa collaboration.

3. Paramètres importants

D'après les mesures et simulations numériques, les paramètres importants pour la performance de l'installation sont:

Paramètres du stock:
- longueur $L = 8{,}4$ m
- section $A = 4{,}2$ m²
- périmètre de la section droite $P = 8{,}2$ m
- masse volumique du stock supposé homogène $\varrho = 538$ kg/m³
- coefficient de pertes $U = 0{,}7$ W/m².°C
- conductivité thermique équivalente $k = 25$ W/m.°C
- coefficient de transfert volumique $h_v = 47$ W/m³.°C

Paramètres du capteur (d'après la subroutine type 1, mode 1 de TRNSYS, basée sur le modèle de Hottel et Whillier):
- facteur d'efficacité $F' = 0{,}76$
- coefficient de pertes $U = 5$ W/m².°C
- facteur de transmission $\tau = 0{,}78$
- facteur d'absorption $\alpha = 0{,}78$

Le problème des régimes transitoires (donc de l'inertie) se fait sentir plus fortement pour les capteurs à air que pour les

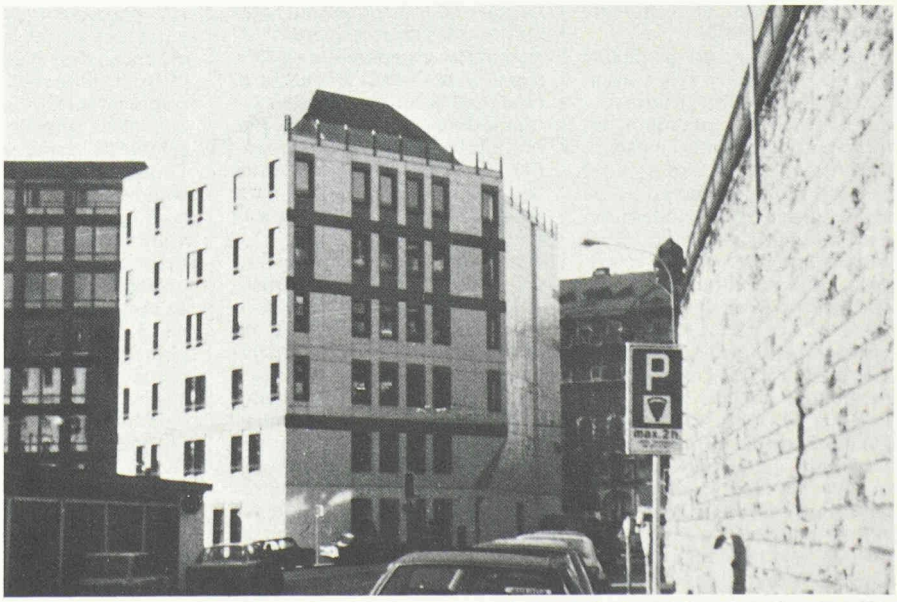

Fig. 1. – Le bâtiment de la Caisse de prévoyance interprofessionnelle des syndicats patronaux, rue de Saint-Jean 67, à Genève.

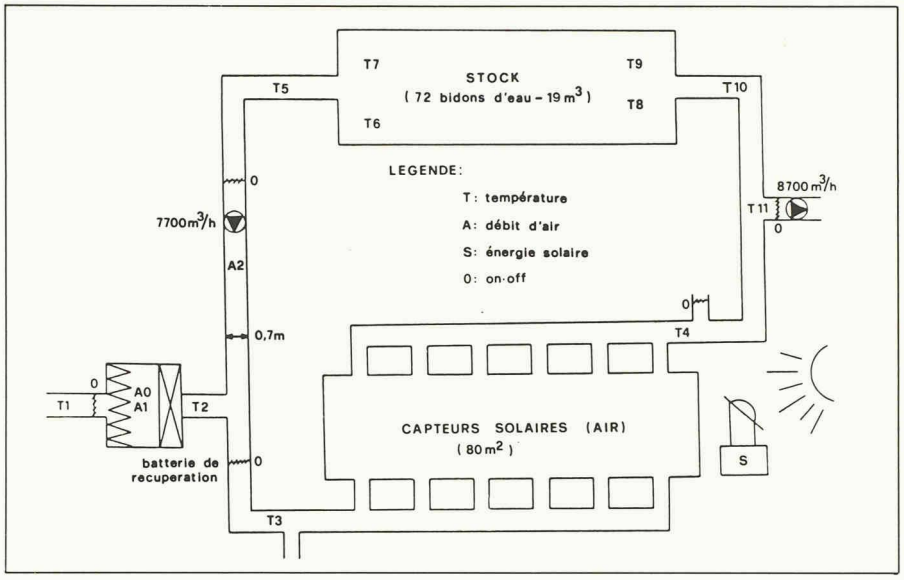

Fig. 2. — Schéma de principe de l'installation solaire du CAPI — système actif.

capteurs à eau. L'inertie rapportée à la surface de captation est estimée à 15 kJ/°C.m². Rapportée au débit d'air, elle correspond à une constante de temps de 13 minutes. Sa valeur élevée souligne l'effet de la dynamique des phénomènes.

4. Interaction capteur-stock

Si on néglige les pertes du stock pendant une période de charge, on peut dire que la chaleur cédée par l'air au stock est égale à la diminution de l'enthalpie de l'air le long du stock. Le paramètre important pour le transfert air-stock peut être calculé comme suit:

$$NTU = \frac{h_v \cdot V}{\dot{m}\, c} = \frac{\Delta T_{air}}{\overline{T}_{air} - \overline{T}_{stock}}$$

où $\dot{m}$ est le débit d'air et c la chaleur spéfique de l'air.

La figure 2 montre une corrélation entre $\overline{T}_{air} - \overline{T}_{stock}$ et ΔT_{air} dans le stock, obtenue à partir d'un grand nombre de mesures. Le calcul de *NTU* donne $NTU = 1$.

A titre de comparaison, le *NTU* des stocks à pierres (petits cailloux) n'est jamais inférieur à 10. L'amélioration du transfert de chaleur air-stock produit une stratification de température le long du stock qui est doublement positive:

- pendant la charge, la température de l'air à la sortie du stock-entrée du capteur est moins grande, d'où un meilleur rendement de captation;
- pendant la décharge, le niveau de température utile est important par rapport à la température moyenne du stock. Par exemple, si 90% du volume du stock est à 21°C et seulement 10% est à 66°C, l'air chaud peut quand même être fourni aux environs de 66°C en mode décharge.

Ainsi, avec un stock à pierres bien dimensionné, on peut s'attendre à une amélioration supérieure à 20% par rapport à un système sans aucune stratification de température.

Pour analyser quelques améliorations possibles du stock à bidons d'eau, nous avons considéré deux possibilités, à l'aide du programme TRNSYS et grâce à une subroutine développée pour prendre en compte le transfert dans le stock:

1. Diminuer le diamètre des bidons d'eau, tout en conservant la même masse totale d'eau. Dans ce cas, tous les autres paramètres inchangés, le coefficient de transfert volumique et le *NTU* seront augmentés du même facteur. Dans la figure 3, nous avons diminué d'un facteur 4/3 le diamètre des bidons d'eau (amélioration 1).
2. Remplacer les bidons d'eau par des pierres, le débit-masse étant supposé non modifié. Cette amélioration est simulée juste à titre de comparaison, puisque la longueur importante du stock actuel pénaliserait cette solution avec des pertes de charge importantes et une «zone morte».

L'évolution de la température moyenne du stock pendant une belle journée du mois de mars est montrée dans la figure 3 pour le stock actuel et pour les deux améliorations que l'on vient d'exposer. En ce qui concerne la variation de l'énergie interne du stock, l'amélioration est de 5% dans le premier cas et de 14% dans le deuxième cas.

On peut, à la limite, diminuer d'un facteur 10 le diamètre des bidons (au lieu du facteur 4/3 utilisé dans l'amélioration 1). Dans ce cas, tous les autres paramètres étant supposés non modifiés, la surface d'échange (donc le coefficient de transfert volumique et le *NTU*) sera multipliée par 10. D'après Hughes [2], la contribution solaire n'augmente plus avec le *NTU* pour $NTU > 10$. Un tel type d'accumulateur pourrait ainsi exploiter les avantages de l'inertie thermique de l'eau (chaleur spécifique environ cinq fois supérieure à celle des pierres), tout en profitant des effets favorables d'une très bonne stratification. Cela serait l'accumulateur «idéal» (à chaleur sensible, températures inférieures à 100°C).

Ainsi, la dimension caractéristique des «containers» d'eau de ce stock «idéal»

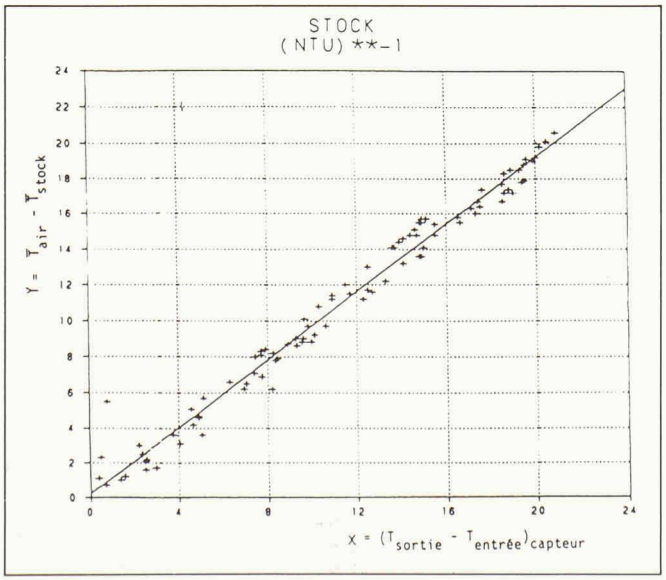

Fig. 3. — Transfert air-eau selon l'équation pour l'air.

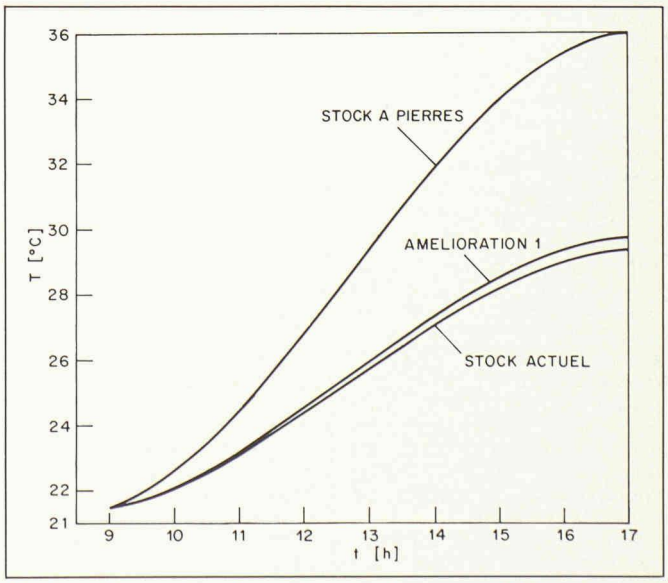

Fig. 4. — Comparaison des courbes de charge pour différents types de stock; simulation de la température moyenne du stock.

est de l'ordre de 6 cm. Compte tenu que, selon la théorie de transfert de chaleur, *NTU* dépend faiblement du débit (croissance, si le débit diminue), nous croyons qu'une telle recommandation est assez générale. Si on pense à une géométrie sphérique, cela représente des sphères de la taille d'une balle de tennis.
Par rapport à un stock de pierres de même capacité calorifique, les avantages du stock proposé sont une diminution importante du volume et des pertes de charge.

5. La régulation : quelques considérations

La souplesse de régulation possible de cette installation a motivé la modélisation dans TRNSYS d'un système de réglage qui nous permet d'envisager des simulations numériques à long terme.
Ainsi, nous croyons être en mesure de répondre à des questions telles que :

- Quel est l'effet des différentes stratégies de régulation sur la performance à long terme d'un système solaire à air ?
- Quelles sont les consignes optimales pour le déclenchement des différents modes de fonctionnement ?

A notre avis, ce sont des questions qui se posent avant de considérer la question plus générale :

- En ce qui concerne la simulation des performances à long terme, que peuvent offrir les systèmes à air comparés aux systèmes à eau ?

Bibliographie

[1] Karaki, S. ; Löf, G.O.G. et coll., *Comparative performance of solar heating with air and liquid systems.* Interim progress report, August 1976. Solar Energy Applications Laboratory, Colorado State University.

[2] Hughes, J.-P. ; Klein, S. and Close, D.J., *Packed bed thermal storage models for solar air heating and cooling systems.* J. Heat Transfer, ASME Trans. C98, pp. 336-338, 1976.

Adresse de l'auteur :
Evandro Passos, physicien
Laboratoire de thermodynamique
et d'énergétique de l'EPFL
1015 Lausanne

Nécrologie

† Laurent d'Okolski, architecte SIA, 1913-1985

Le 7 novembre dernier, nous a quittés notre excellent confrère, l'architecte Laurent d'Okolski. Fils de l'architecte Eugène d'Okolski, qui fut également membre de notre société, il débuta sa carrière dans le bureau de son père. Par la suite, il prit une part prépondérante dans l'agence paternelle, pour finir par pratiquer seul. On lui doit le bâtiment de l'avenue de Villamont 17, avec une façade à la fenestration originale ; il fut l'associé de Pierre Bonnard pour la Tour Georgette, l'un des «gratte-ciel» lausannois ; avec le même confrère, il transforma également le bâtiment de l'Abbaye de l'Arc, à Montbenon. Mais il fut connu surtout par la grande maison qu'il construisit à Epalinges pour l'écrivain Georges Simenon. Celui-ci brossa un portrait rapide de l'architecte dans ses «Mémoires intimes» :
«J'ai commencé par dessiner la façade, presque nue et uniformément blanche, que relèvent seulement le mince encadrement et l'entablement des portes et des fenêtres en métal doré, ce qui pose des problèmes, certes, mais l'architecte n'est-il pas là pour les résoudre ?
»Nous avons de fréquents tête-à-tête, lui et moi, pendant lesquels je défends courtoisement mais fermement nos idées. C'est un bel homme, grand et mince, au visage que, dans les romans populaires de mes débuts, j'aurais qualifié d'aristocratique. Et aristocrate il l'est, en effet, plus ou moins authentiquement comme les gens d'origine polonaise, ce qui ne m'impressionne pas. Elégant, homme du monde, il parle d'une voix feutrée de bonne compagnie et son comportement inspire la sympathie.
»Mes croquis ne l'enchantent pas (...). C'est à l'opposé des goûts de mon interlocuteur, esthète comme la plupart des architectes de l'époque. Les surfaces plates l'effraient, le choquent même, et simplicité est pour lui synonyme de monotonie sinon de pauvreté. (...) Il serait plutôt un adepte des colonnes ioniques sinon corinthiennes de l'ancienne Grèce que de la simplicité des colonnes doriques que j'ai toujours préférées. Mes goûts sont aussi simples que les siens sont raffinés.»
A ce portrait d'un homme distingué, il convient d'ajouter une qualité de plus en plus rare : celle qui consiste à détecter très tôt les talents que peuvent avoir ses jeunes collaborateurs, et à les encourager ; plusieurs architectes ont ainsi pu bénéficier de l'appui de Laurent d'Okolski pour faire carrière.
Bien qu'il se soit retiré complètement des activités de la SVIA depuis plusieurs années, nous conserverons de cet homme de bonne compagnie, de ce confrère honnête, le meilleur des souvenirs. *François Neyroud*

Industrie et technique

De combien de routes avons-nous besoin ?

Les allées d'arbres le long des routes sont-elles dangereuses ? Ce qui est dangereux pour les automobilistes, ce ne sont pas les routes bien intégrées dans le paysage, mais bien plus l'alternance de tronçons de bas et de haut niveau d'aménagement (non-homogénéité dans le tracé) !
C'est un des thèmes évoqués récemment lors d'une journée d'étude organisée à Fribourg par la Fondation suisse pour la protection et l'aménagement du paysage, journée destinée aux responsables des communes et des cantons, ingénieurs, constructeurs, planificateurs du trafic et aménagistes.
A l'origine de cette journée bien fréquentée : la publication d'un dossier qui, par de nombreuses illustrations, graphiques et exemples concrets, suggère comment mieux épargner notre paysage irremplaçable et inextensible lors de la construction routière, et comment mieux adapter la route à notre environnement naturel, culturel et économique.
Il est nécessaire – a relevé le conseiller d'Etat fribourgeois Fernand Masset – de mieux coordonner la planification des routes et l'aménagement du territoire ! Il en découle que la collaboration entre ingénieurs et défenseurs de la nature et du paysage doit intervenir au stade de l'avant-projet déjà : la question est trop importante pour n'être réglée qu'au niveau du plan de détail ou du plan d'exécution.
Protéger la nature et le paysage lors de la construction routière ne signifie pas seulement prendre des mesures de nature «cosmétique». C'est bien davantage et avant tout, de se demander si chaque route est bien nécessaire et si ses avantages sont bien réels.
Combien de fois en effet, on a pu après coup mesurer l'étendue des répercussions négatives : augmentation intenable du trafic lourd, constructions anarchiques, etc.
Le professeur Ph. Bovy de l'Institut de planification de l'EPFL n'a-t-il pas commencé sa conférence par cette phrase : «La construction des routes est trop importante pour la laisser aux ingénieurs seulement» ?

Le dossier routes, urbanisme et paysage peut être obtenu au secrétariat de la Fondation suisse pour la protection et l'aménagement du paysage (FSPAP), Rabbentalstrasse 45, 3013 Berne, au prix de Fr. 20.–.

Bibliographie

Littérature technique russe

Un aimable correspondant roumain vient d'envoyer à notre rédaction un lot d'ouvrages techniques parus entre 1982 et 1985 en Union soviétique. Nos connaissances de russe ne nous permettant pas d'en prendre connaissance, nous les mettons volontiers à disposition de lecteurs familiers avec cette langue qui voudraient bien nous en présenter un bref compte rendu.
Dans la mesure où nous pouvons en juger, ils traitent des sujets suivants :

- fabrication des circuits intégrés (semi-conducteurs) ;
- mécanique des fluides, étude des couches limites ;
- conception et fabrication des relais électro-mécaniques et électroniques ;
- technologie des semi-conducteurs.

Les intéressés sont priés de prendre contact avec la rédaction d'IAS, En Bassenges, 1024 Ecublens.

Hier baut die Stadt Bern

par *Ruth Geiser-Im-Obersteg.* Un volume broché, format A4, de 240 pages. Nombreuses photos et illustrations. En vente auprès de la Baudirektion der Stadt Bern au prix de Fr. 20.–.
Berne dresse un bilan de quatorze années de constructions réalisées sur son territoire ; on constate que l'autorité communale a organisé 12 concours importants et réalisé ou fait étudier un grand nombre d'ouvrages, notamment des écoles (51 projets !), des maisons pour personnes âgées, centres communautaires, auberges de jeunesse, constructions sportives, bâtiments culturels, équipements de protection civile, immeubles administratifs, etc. ; la plupart ont fait l'objet de mandats à des architectes privés ; seules les constructions agricoles ont été entièrement étudiées par l'administration.
On retire de cet ouvrage le sentiment que les thèmes dont doit s'occuper une administration sont nombreux et variés ; le fait de recourir à des mandataires privés paraît être le gage de réalisations exemplaires, très intéressantes ; la ville devient ainsi un maître de l'ouvrage important, susceptible de promouvoir la bonne architecture.