

# Les publications du Lab

## Le sol à albédo variable : lutter contre l'effet d'îlot de chaleur et améliorer le confort hygrothermique en ville

### Résumé

#### Une expérimentation au cœur de Lyon

Elioth, entité du groupe Egis, réalise actuellement une expérimentation de sol climatique innovant, dit à « albédo variable » dans le quartier de Lyon Part-Dieu. Pour le compte de la SPL Lyon Part-Dieu, Elioth fait partie du de maîtrise d'œuvre des espaces publics de Lyon Part-Dieu au sein du groupement dont le mandataire est l'AUC (avec Bas Smet, Egis, ON, No Design, Encore, Éléments Ingénieries).

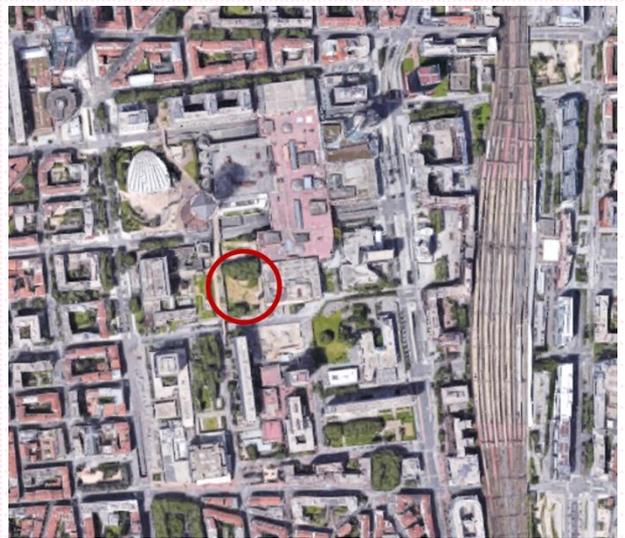


Fig 1. L'emplacement de l'expérimentation dans le quartier de Part-Dieu à Lyon.

## Qu'est-ce que l'albédo ?

L'albédo est le pouvoir réfléchissant d'une surface, c'est-à-dire le rapport de l'énergie lumineuse réfléchi à l'énergie lumineuse incidente. C'est une grandeur sans dimension. L'albédo de la neige fraîche est par exemple compris entre 0,75 et 0,90 : c'est-à-dire que l'énergie solaire renvoyée vers le ciel est comprise entre 75 et 90%. A l'inverse, en situation urbaine, du fait de la colorimétrie sombre de revêtements des bâtiments ou des sols urbains, du fait aussi de la géométrie complexe des tissus urbains, le rayonnement solaire est majoritairement piégé. En situation estivale, cette situation concourt à l'effet d'îlot de chaleur urbain.

## Une équation insoluble ?

Le « sol à albédo variable » est une expérimentation à mi-chemin entre de la recherche pure et un essai classique de sol. Il s'agit ici d'inventer de nouveaux matériaux de sol, aux propriétés thermiques particulières qui permettent de lutter contre les îlots de chaleur en milieu urbain, mais aussi d'améliorer le confort thermique en situation hivernale : objectifs contradictoires ?

## Le principe en deux schémas

À la différence d'un sol classique utilisant uniquement un albédo fixe pour réduire son impact sur la chaleur en été l'expérimentation consiste à créer un sol avec des capacités climatiques variables en fonction des saisons. Un sol plus frais en été et plus chaud en hiver. Il s'agit de conjuguer une micro-géométrie liée à la course solaire et l'usage de différents matériaux aux propriétés thermiques différentes. La différenciation saisonnière se fait grâce à une géométrie adaptée.

## Comportement du sol en hiver

Voici une coupe schématique à très petite échelle, en considérant que la hauteur des ondulations est millimétrique. Sur ce schéma, le sud est à gauche.

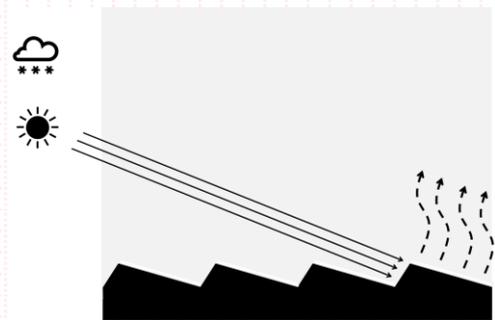


Fig 2. En hiver l'angle des rayons solaires atteint la face nord du sol et chauffe le matériau. La chaleur réchauffe l'environnement urbain.

## Comportement du sol en été

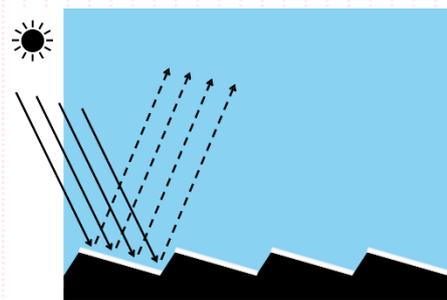


Fig 3. L'été les rayons frappent la face blanche qui les réfléchit et réduit la montée en température du sol.

## Caractéristiques

### La table d'expérimentation

Nous souhaitons tester différents types de sol : des sols courants comme des hypothèses de sol innovant, possédant cette caractéristique d'albédo variable. Aussi, cette table d'expérimentation de 6 mètres par 5 permet de tester différents types de matériaux utilisés pour le revêtement des sols des espaces publics.

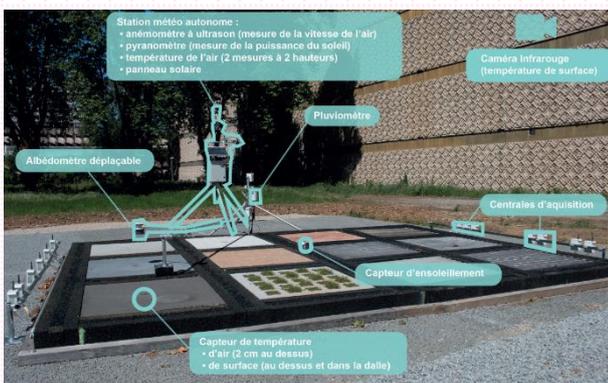


Fig 4. Vue de la table d'expérimentation et de des différents capteurs.

### Des capteurs pour ausculter le sol

A cette fin, la table a été très fortement instrumentée avec un ensemble de capteurs pour mesurer les évolutions des propriétés et des conditions thermiques. Selon le protocole de mesure établi par Eliothe, il y a par exemple des capteurs de température de surface et d'air, des capteurs d'ensoleillement, de vitesse du vent. On compte presque 60 capteurs qui prennent des mesures toutes les 10 minutes pendant les 7 mois de l'expérimentation. Toutes les informations sont retransmises sur un serveur pour être analysé ensuite par les équipes du Lab chez Eliothe.

### Une mosaïque de sols

La table est composée de 12 échantillons de sol de 1,2m par 1,2m. Six échantillons sont des matériaux existants servant de base de mesure (bétons, asphalte, stabilisés, ...). En discussion étroite entre les concepteurs d'Eliothe et les équipes de Maia-Sonnier, six échantillons de sol « à albédo variable » avec différentes caractéristiques ont été prototypés et testés. Les indentations des sols innovants visibles sur la table d'expérimentation seront évidemment réduites dans le cadre d'un futur développement industriel. L'objectif est de comparer les propriétés des matériaux sur plusieurs saisons et dans différentes conditions climatiques.



Fig 5. Aperçu des 12 échantillons de sol

### Études parallèles

En parallèle de l'instrumentation, un modèle de calcul thermique théorique urbain a été réalisé par Eliothe. Il sera calé grâce aux données récupérées de la table. L'objectif est de pouvoir explorer l'influence relative de l'albédo, de l'émissivité, de la capacité thermique des matériaux de pavage sur le confort (UTCI), et d'extrapoler les mesures sur site à d'autres conditions météorologiques (hiver / printemps / été / automne, autres, morphologie urbaine différente) et à d'autres échelles (si on pose 200m<sup>2</sup> du matériau par exemple). La modélisation se base sur une rue « canyon »

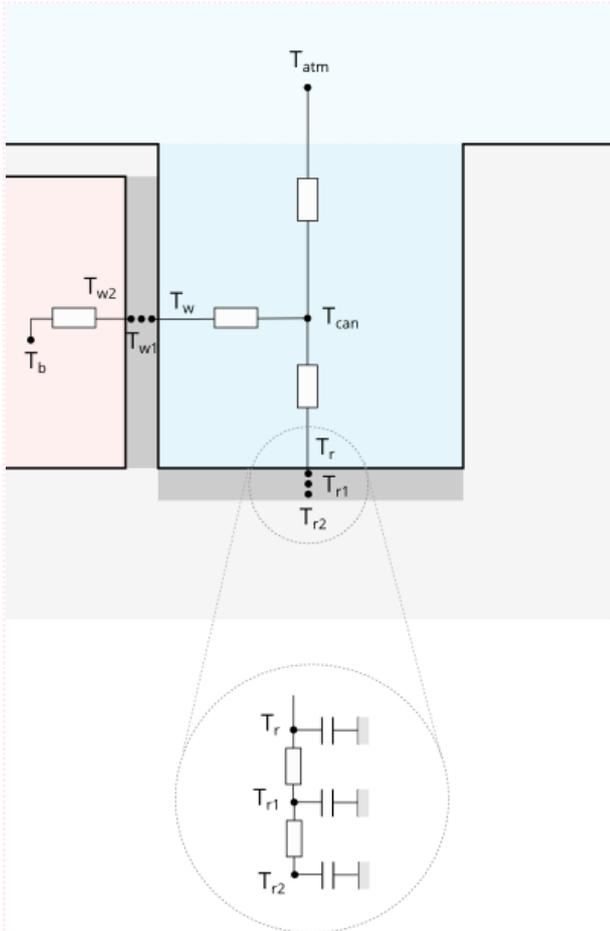


Fig 6. *Modèle électrique équivalent de la conduction/convection dans la rue canyon*

## En savoir plus

### Définition

La notion d'îlot de chaleur fait référence à l'augmentation de la température due à l'urbanisation : les villes sont plus chaudes que leurs environs moins denses. Les consommations d'énergie en chauffage sont diminuées, mais les consommations pour la climatisation augmentent et le confort thermique en été se dégrade.

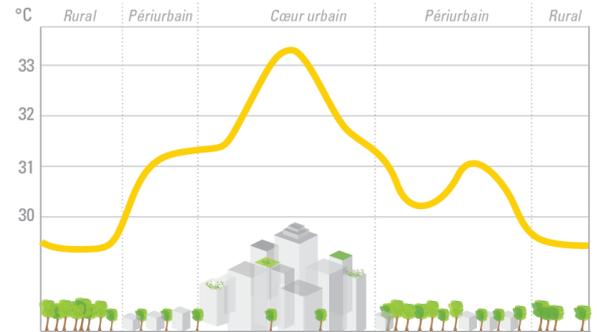


Fig 7. *Effet de l'îlot de chaleur urbain : Profil de température lors d'une journée estivale moyenne, extrait du guide IEC2 par Eliothe & Egis*

### Eléments d'état de l'art

Cette notion est extrêmement bien documentée avec par exemple des projets de recherche de grande ampleur comme MUSCADE, EPICER, ou plus spécifiquement des programmes de travail avec l'agence d'urbanisme de l'aire métropolitaine lyonnaise. La notion d'îlot de chaleur est d'autant plus importante que la tendance du changement climatique à long terme est sur l'amplification de ces phénomènes et surtout des conséquences négatives. Aussi, si la résilience vise essentiellement à réduire les causes et l'adaptation aux conséquences il est important d'améliorer généralement le confort (qui par rebond réduit les effets).

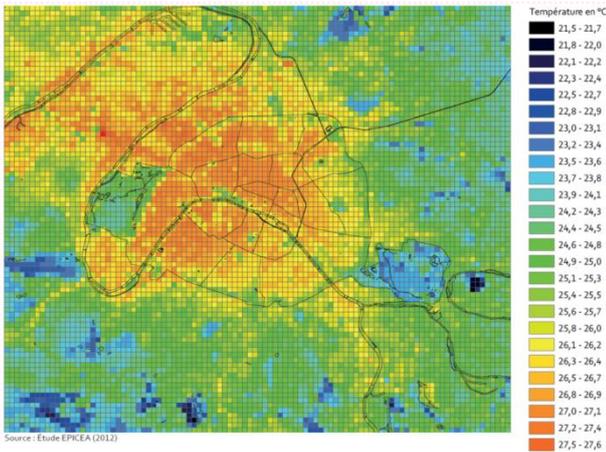


Fig 8. L'îlot de chaleur urbain à Paris, APUR

## Un sol climatique

Les recherches actuelles démontrent toutes que les sols ont non seulement un effet très important sur le climat urbain et donc l'îlot de chaleur mais surtout que c'est l'un des contributeurs majeurs. Les caractéristiques thermiques et spectrophotométriques des matériaux vont également influencer sur le microclimat ambiant au travers de l'effet d'albédo et de ses réflexions spéculaires ou diffuses mais aussi par leurs propriétés d'isolation ou d'inertie thermique. Afin de lutter contre l'îlot de chaleur il faut diminuer la température de surface de ces sols essentiellement l'été. Un des paramètres importants de ces phénomènes souvent mis en avant est l'albédo des matériaux de l'espace urbain, c'est-à-dire la proportion de rayonnement réfléchi. Par exemple, les toits en zinc du centre historique réfléchissent environ 60 % du rayonnement et chauffent moins que les toits en tuile, qui en réfléchissent environ 20 %.

## L'histoire d'une idée

En 2012 dans l'idée du « Sol Facile » de l'AUC, Elioth propose d'intégrer des sols innovants dans la création du quartier Part-Dieu, des sols producteurs d'énergie ou des sols régulateurs.

L'idée fait son chemin et en 2013 la proposition d'un sol dont l'albédo serait variable émerge, et reprend une proposition qui avait été formulée par Elioth en 2007 dans le cadre du quartier Artem à Nancy.

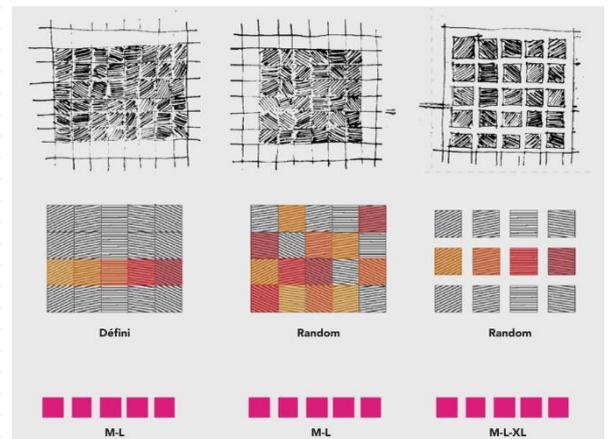


Fig 9. Recherche de pavages par Elioth

## Concrétisation avec la SPL Lyon Part-Dieu

Dès lors, grâce à la SPL Lyon Part-Dieu et l'agence l'AUC, le dispositif d'expérimentation des futurs espaces publics du quartier est lancé à travers l'installation d'un site test qui doit être l'occasion de réfléchir à des solutions innovantes en termes de matérialité, des propriétés des revêtements de sol et de solutions quant à l'îlot chaleur urbain.



Fig 10. Photo de Drone, C2AI, 2017

A la fin de l'année 2016, le Lab d'Elioth dessine le projet et le groupement Maia-Sonnier et C2AI remporte le marché pour la réalisation de la table qui sera finalement livrée début mars 2017.

Mock-up of innovative urban grounds



Fig 11. Les 6 échantillons innovants sur la partie droite de la table

Les premiers résultats

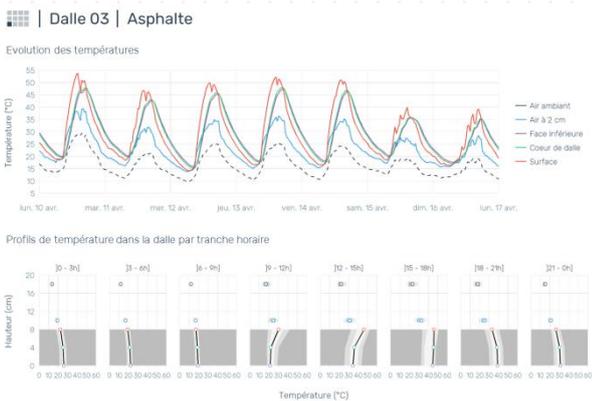


Fig 12. Extrait du rapport de récupération des résultats par Elioth et la comparaison horaire des températures des différents matériaux

Nous avons déjà un aperçu des premiers résultats. Lors de la canicule de juin le béton foncé et l'asphalte sont monté à 65°C là où les essais de sol à albédo variable sont restés sous les 55°C. Sur la

table d'expérimentation, des premiers résultats mettant en évidence des différences importantes de comportement thermique des différents revêtements testés (jusqu'à 20° d'écart entre les surfaces testées). Ils confirment notamment que l'utilisation du granit, prévu dans les principaux aménagements à venir du quartier est plus vertueux (inférieur à 50° en surface) que les matériaux plus traditionnels d'espaces publics, asphalte et béton (plus de 65° en surface).

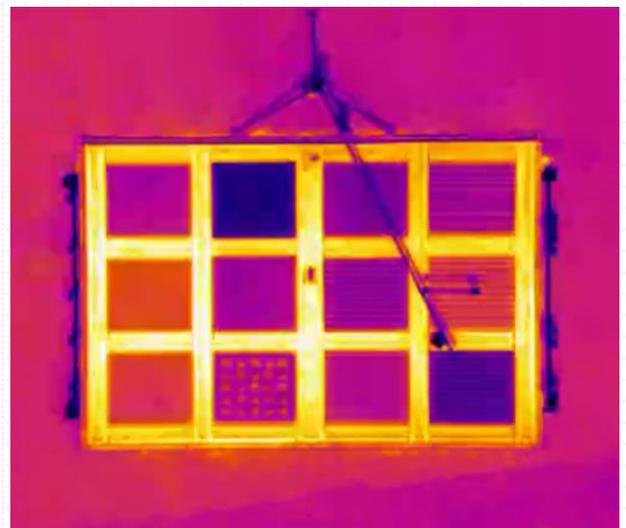


Fig 13. Thermo photographie

Objectif à terme

La recherche sur l'augmentation de l'albédo est très importante mais se focalise uniquement sur les problématiques de réduction de la température du sol. Chez Elioth, notre ambition est de trouver un matériau qui a une température de surface faible en été, mais aussi, et presque contre nature, une température plus élevée que la normale en hiver. Ce matériau permettrait à la fois de lutter contre l'îlot de chaleur en été mais aussi de réduire l'inconfort lié au froid en hiver. Indépendamment, ces deux contraintes sont réalisables mais l'innovation porte donc sur la manière cumuler les deux contraintes dans un seul matériau.

## Générique du projet

### Maitrise d'ouvrage

SPL Lyon Part-Dieu



### Soutiens

Une expérimentation du programme Ecocité porté par la Métropole de Lyon

**GRAND LYON**  
la métropole

éco  
citē



### Concepteurs

Création et Ingénierie du sol climatique : Elioth (Groupe Egis)

Elioth fait partie de l'équipe de maîtrise d'œuvre des espaces publics avec l'AUC (mandataire), Bas Smet, Egis, ON, No Design, Encore, Élément ingénierie

### Entreprises

Maia-Sonnier avec dans le groupement d'entreprise C2AI pour l'instrumentation

### Divers

Dimension et nombre d'échantillons : 12 échantillons de 1.2m x 1.2m  
Nombre de capteurs : 60

### Calendrier

Durée des essais : 7 mois, de mars 2017 à mi-octobre 2017

### Liens complémentaires

Informations par Lyon Part-Dieu

<https://www.lyon-partdieu.com/actualites/experimenter-espaces-publics/>

Reportage sur France 3 Régions

<http://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/emissions/jt-local-1920-grand-lyon>

## Le Lab en quelques mots

### Le Lab, territoires d'innovations



Le Lab est une structure transversale catalysant les curiosités et les créativité internes, en agissant sur plusieurs champs parallèles d'investigation.

### De la R&D interne...

Pour réfléchir à de nouvelles méthodes (ACV, référentiels Bas Carbone), fabriquer de nouveaux outils (ClimElioth, MicroGrid, Met'Elioth), capitaliser et partager de la connaissance de la façon la plus efficace et ouverte (WikiElioth), innover dans nos méthodes de conception et d'ingénierie (MNE), thésauriser sur les matériaux innovants et bas carbone (équipe Teamber, ...). Le Lab aide à muscler la soif d'innovation d'Egis et d'Elioth.

### De la R&D pour nos clients & partenaires

Le Lab peut intervenir comme consultants en innovation auprès d'institutions (« sol à albédo variable » pour la SPL à Lyon Part-Dieu), de grands groupes (R&D d'EDF sur le photovoltaïque biface) ou en expertise technique & créative auprès des start-ups.

### Des recherches & de l'enseignement

Depuis dix ans, le Lab participe à des programmes de recherche institutionnelle (ANR, Puca), rédige des publications scientifiques, intervient dans des colloques (Woodrise, AAG, CisBat, Assises de l'énergie) et possède des liens étroits avec l'enseignement en architecture et en ingénierie (Ponts ParisTech, EAVGT, EPFL). Le Lab peut intervenir également en formation créative, en lien avec l'expertise de la BU Conseil.

### Du datadesign & des outils innovants

Pour explorer de nouveaux outils numériques (R, Python), expérimenter de nouvelles façons de travailler (OpenSource, Github, Slack), fabriquer des outils dédiés à la recherche de nouveaux optimaux (algorithmes évolutionnaires), explorer de nouvelles géométries (design paramétrique), accélérer les réponses à des problèmes complexes, dessiner de nouvelles représentations de la complexité (dataviz). Voilà un aperçu du champ d'exercice du Geek Club au sein du Lab.

### Des architectures expérimentales

Avec son laboratoire d'architecture (169), le Lab offre des réponses uniques en construction très bas carbone et dans l'intégration énergies renouvelables. Quelques références récentes : la livraison en 2017 de l'édicule en bois de l'entrée Marguerite de Navarre à Châtelet-Les Halles ; de l'urbanisme prospectif avec la « Renaissance des Fabrique » à Lille, lauréat du concours EDF Bas Carbone, de nouveaux archétypes d'énergies renouvelables (Wind-it, Montagne Solaire, Cellter), des expérimentations dans le cadre de FAIRE (réemploi des vitrages du Centre Pompidou), de l'urbanisme participatif et bas carbone (Réinventer les places parisiennes), des préfigurations de ports très bas carbone (Saint-Malo)...

### Dénominateurs communs des actions

Structures, Enveloppes, Environnements, Climats, 2°C, Zéro carbone, Ressources, Energies renouvelables, Réemploi, Frugalité, Conforts, Geek, Architecture, Design, Entrepreneurs, Inventeurs, ...

### Contact

Mail [lab@eliOTH.fr](mailto:lab@eliOTH.fr)

## A propos d'Elioth

### En quelques mots



Elioth est une équipe multidisciplinaire composée d'ingénieurs, d'architectes, de designers et d'experts en simulations avancées, intervenant en maîtrise d'œuvre bas carbone et en R&D.

Ce rassemblement unique d'une quarantaine de personnes concrétise notre souci de fédérer l'ensemble des compétences techniques et créatives possédant une relation intime avec l'architecture et le design.

Elioth concentre tous les savoirs scientifiques visant à réduire l'empreinte écologique de tout projet et à toute échelle. Nous pouvons ainsi offrir à nos clients et partenaires des solutions globales, innovantes et réalistes.

Elioth est une entité du groupe Egis. Elioth est basé à Paris, à Lyon et à Londres. La dénomination juridique d'Elioth est Egis Concept, filiale du groupe Egis.

### Métiers

Elioth concentre des expertises pointues sur les structures et les géométries complexes, sur l'ingénierie des façades ainsi que sur les enjeux énergétiques, climatiques et environnementaux à l'échelle du bâti et de la ville.

Les activités d'Elioth s'articulent selon les thématiques suivantes :

- Structures complexes & géométries
- Enveloppes & matériaux
- Energie & climat, comprenant les expertises en carbone, confort, ambiances et plus généralement en physique du bâtiment et de la ville.

Le Lab d'Elioth est transversal à ces trois métiers.

### En savoir plus

Book Elioth	<a href="http://bit.ly/1RsTrqT">http://bit.ly/1RsTrqT</a>
Web	<a href="http://elioth.com">elioth.com</a>
Mail	<a href="mailto:contact@elioth.fr">contact@elioth.fr</a>
Twitter	<a href="https://twitter.com/elioth">twitter.com/elioth</a>
LinkedIn	<a href="https://linkedin.com/company/elioth">linkedin.com/company/elioth</a>
Paris2050	<a href="http://paris2050.elioth.com/">http://paris2050.elioth.com/</a>

## Quelques publications du Lab

### Les derniers rapports de stage

Extraits de quelques sujets de stage récents :

- Warde S., Développement d'une plateforme web de modélisation énergétique urbaine pour la simulation de l'équilibre consommateurs /producteurs au sein de projets Smart Grids
- Mam K., Franchissement Bas Carbone (conception environnementale des passerelles)
- Puech V., CLT : du panneau plan au mur courbe
- Klippfel E., Le verre mince trempé sur coussins d'air et le cintrage à froid
- Berbineau C.E., Analyse comparative du point de vue de la conception architecturale, technique et environnementale d'une structure en bois et d'une structure en béton et application d'outils de conception et de prédimensionnement
- Serrière J., Méthodologie et pack outil 'Conception intégrée matériaux' (en cours)

### Quelques ouvrages & publications

- *Paris, change d'ère.* Stratégie de neutralité carbone de Paris en 2050. Elioth, mandataire pour la Ville de Paris, 2016 (paris2050.elioth.com)
- *Analyse du potentiel solaire des toits parisiens.* Elioth pour l'APUR, 2015
- *La Renaissance des Fabriques,* un monde possible en 2050, récit prospectif dans le cadre du concours EDF Bas Carbone, 2050
- *Reforme,* rapport final de l'équipe Reforme, programme de recherche *Ignis Mutat Res - Penser l'architecture, la ville et les paysages au prisme de l'énergie-*, 292 pages, avril 2014
- *Guide d'interaction énergie-climat, volume 1, enveloppes,* ISBN : 978-2-8760-2048-1, 134 pages, Egis, Novembre 2011

- *Guide d'interaction énergie-climat, volume 2, résilience climatique,* ISBN : 978-2-8760-2052-8, Egis, 106 pages, mars 2013
- *Petit manuel pratique de transition énergétique pour le bâtiment et la ville, Convictions et solutions d'ingénieurs-concepteurs,* Egis, 96 p, juin 2013

### Quelques articles scientifiques

- Abaglo J., Bonalda C., Pertusa E., *Environmental Digital Model: Integration of BIM into environmental building simulations,* CISBAT, Septembre 2017
- Carvalho de Oliveira E., Gognat L., *Multi-criteria assessment of sustainable envelop strategies' performances,* CISBAT, Septembre 2017
- Ciminieri D., Ménard R., Meunier G., Ciuccarelli P., *Energetical streams visualization using interactive Sankey diagrams,* ISGG, 16th international conference on geometry and graphics, 4-8 août 2014
- Menard R., Fayette E., Azzopardi P., *The Solar Mountains,* Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2013
- Menard R., Fayette E., Azzopardi P., *Approximating a funicular shape with a translational surface - Example of a glass canopy,* Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2013
- E. Tromeur, R. Ménard, J.-B. Bailly, and C. Soulié, *Urban vulnerability and resilience within the context of climate change,* Natural Hazards and Earth System Sciences, 31 mai 2012

## Mentions légales

Les informations communiquées dans ce document sont strictement réservées aux salariés du Groupe Egis. La rediffusion de ce document à des tiers n'est pas autorisée.

© Tous droits réservés.  
Elioth, Egis Concept,  
groupe Egis, septembre  
2017.

