

---

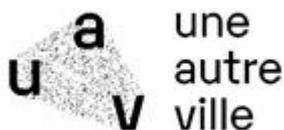
**ADEME**

**Mission d'AMO dans le cadre de l'AMI  
quartiers E+C-**

**Phase 2 – Capitalisation et outils – Fiches  
méthodes et outils**

**Fiche Outils – Études aérauliques et CFD  
(Computational Fluid Dynamics)**

---



Date	22/12/2020
Auteur et contact	Géraldine Viel – Olivier Davidau

## 1 | Principes de l'étude aéroulque et CFD

Les études de CFD (Computational Fluid Dynamics ou simulation numérique des fluides en français) permettent de modéliser les écoulements de fluides (eau, air, gaz...) et les transferts thermiques dans un volume donné.

Ce type d'études est utilisé à l'échelle des quartiers pour modéliser l'écoulement de l'air et les phénomènes associés via une modélisation 3D.

Pour réaliser cette étude, il faut tout d'abord modéliser le quartier étudié puis choisir un vent (une vitesse et une direction associée) dont on souhaite connaître l'impact sur la zone. En sortie du logiciel, il est possible de visualiser plusieurs phénomènes invisibles à l'œil nu comme la répartition des vitesses d'air, des températures ou des pressions.

Les études CFD nécessitent des calculs lourds qui peuvent prendre beaucoup de temps. Ce temps est fonction du nombre de points du modèle 3D qui dépend lui-même à la fois de la taille du volume à modéliser et de la finesse attendue pour les résultats. Certains calculs peuvent prendre plusieurs heures ou dizaines d'heures.

Cette étude peut être couplée à une étude de la radiation pour qualifier les effets d'îlots de chaleur urbains (ICU) (Voir la fiche Méthode et Outils : Etudes d'îlots de Chaleur Urbains).

## 2 | Finalités et impacts sur le projet

A l'échelle d'un quartier, les études de CFD permettent notamment d'étudier les sujets suivants :

- le confort dans les espaces extérieurs via la détermination des profils de vitesse de vent dans le volume étudié ;
- le potentiel de ventilation naturelle pour les bâtiments du quartier, qui est un paramètre important à prendre en compte dans l'étude du confort d'été des bâtiments ;
- la propagation des polluants : ce type d'étude est moins mature et relève toujours de démarches de recherche et développement.

Pour chacun de ces différents types d'études, la nature des résultats obtenus et les implications pour le projet varient en fonction de la problématique rencontrée :

- Concernant les vents et leur implication sur le confort, ce type d'étude peut être réalisé à plusieurs échelles
  - o pour étudier l'impact du quartier sur son environnement (les riverains qui seraient impacté par la création de bâtiments de grande hauteur par exemple). Cet impact dépendra en particulier de la morphologie du quartier, des conditions de vents et de la topographie du site

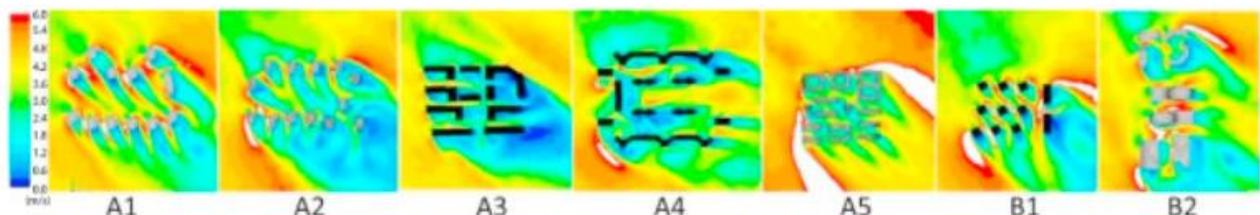


Image 1 : Étude des effets de différentes formes urbaines sur les vents au sein d'un quartier et à son voisinage  
(Source : [Wind potential evaluation with urban morphology - A case study in Beijing](#))

- pour évaluer le niveau de confort au sein même du quartier, à des niveaux de détail plus ou moins important. On peut ainsi s'intéresser à l'influence de la morphologie du quartier sur les vitesses de vent dans les rues, comme on peut regarder de manière plus précise la distribution des vitesses de vent à l'échelle du mètre au voisinage d'un bâtiment particulier ou au sein d'un espace public en tenant compte des bâtiments, de la végétation, du mobilier urbain...

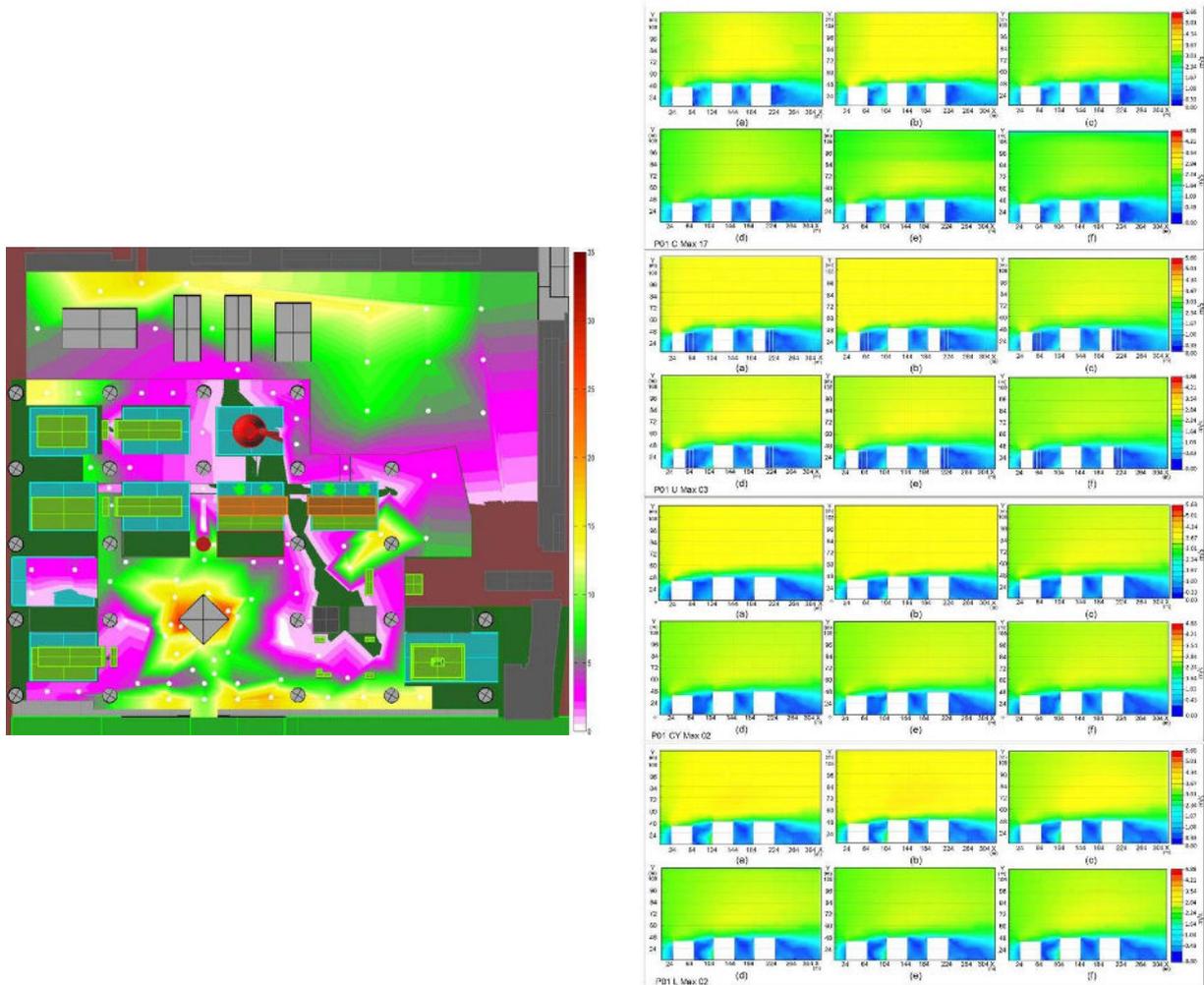


Image 2 : A gauche : étude du confort sur la place de Jussieu Paris (Source : [CSTB](#)) / A droite : étude de l'impact de la morphologie d'un quartier sur la distribution des vitesses de vent (Source : [Impacts of urban morphology on reducing cooling load and increasing ventilation potential in hot-arid climate](#))

- L'étude du potentiel de ventilation naturelle consiste à étudier les vitesses de vent et les coefficients de pression sur les façades d'un bâtiment en fonction des effets de vent à l'échelle du quartier (en tenant compte des bâtiments voisins notamment). Ces données peuvent ensuite être utilisées pour dimensionner précisément les dispositifs de ventilation naturelle du bâtiment concernés (entrées d'air, gaines).

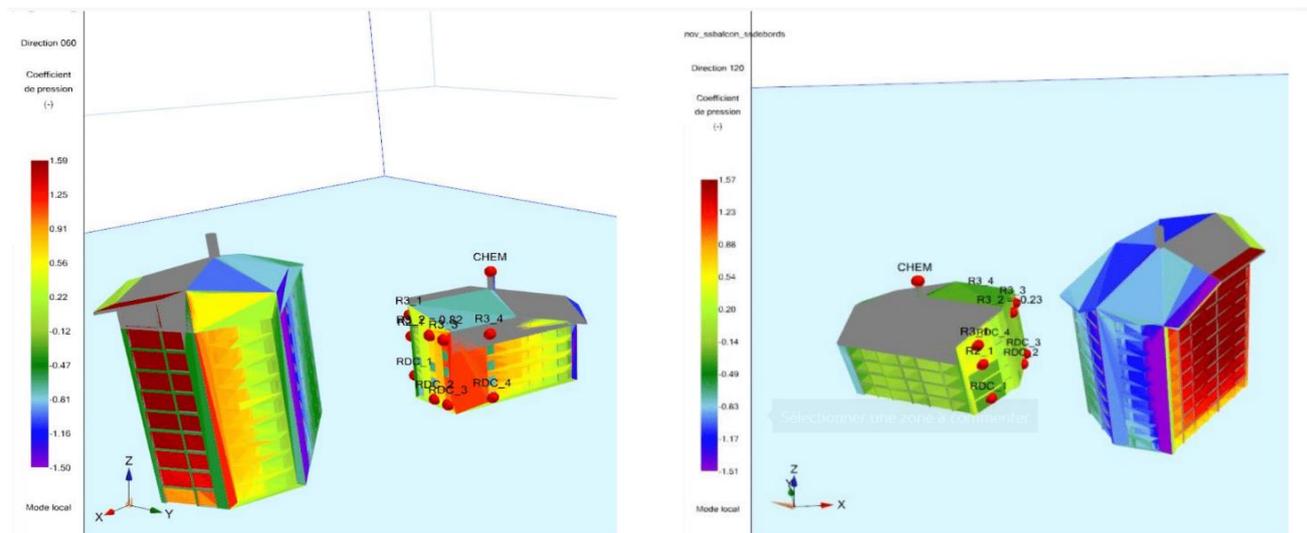


Figure 1 Répartition des coefficients de pression liés au vent pour l'estimation du potentiel de ventilation naturelle d'un bâtiment de logements à Pessac (Source : Amoès)

- Concernant l'étude de propagation des polluants, ces études peuvent tout aussi bien être effectuées pour étudier l'impact sur les zones avoisinantes (à une échelle pouvant aller de la centaine de mètres au kilomètre) d'une source de polluant interne au quartier (le panache d'une cheminée de chaufferie ou d'une installation industrielle par exemple) que la propagation des polluants émis par une source particulière (infrastructure routière, chaufferie...) au sein du quartier et les points de concentration de polluants.

Ce type d'étude peut donc être réalisé :

- En phase plan guide, pour orienter les choix de morphologie du quartier (plan masse, implantation de bâtiments singuliers tels que des IGH, profil et orientation des voies...) et identifier les zones à risques d'inconfort. En jouant sur les volumétries, la densité et la disposition des différents lots composant de quartier, il est possible de limiter les courants d'air désagréables pour les passants, ou au contraire favoriser l'aération de certaines zones susceptibles de créer des îlots de chaleur urbains. C'est également à cette étape que l'on peut optimiser la ventilation naturelle des bâtiments en jouant sur ces paramètres.
- En phase AVP, pour guider l'aménagement plus précis du quartier. A cette étape du projet, il est possible d'identifier plus finement les zones à risque d'inconfort ou de concentration de polluants et de cibler en conséquence les dispositifs à prévoir pour optimiser la conception (implantation des arbres et densité des plantations, mobilier urbain, implantation des zones nécessitant un confort particulier tels que les parcs, terrasses...).
- En phase PRO, il est envisageable de prévoir des itérations supplémentaires pour affiner le positionnement et le dimensionnement des dispositifs prévus pour améliorer le critère étudié (confort, ventilation naturelle, pollution de l'air). Il est ainsi possible d'étudier les micro-climats d'espaces semi-ouverts telles que des halles, d'estimer les vitesses de vent à l'échelle du mètre en fonction du mobilier urbain pour optimiser le confort en terrasse d'un café...

### 3 | Points d'attention et limites

Une grande gamme de logiciels permet de réaliser ces études. Les résultats des calculs pour une même étude peuvent être variables en fonction de la richesse des paramètres modélisés, du moteur de calcul et de la finesse de la grille de calcul retenue dans le modèle.

Ces différents paramètres peuvent être choisis par l'utilisateur de manière plus ou moins riche en fonction du logiciel utilisé. Certains logiciels ont été pensés spécialement pour les simulations CFD, alors que d'autres

sont des logiciels « multi-tâche » qui proposent différents modules (STD, CFD, éclairage naturel...). Ces logiciels offrent en général des possibilités de modélisation moins riches en CFD mais sont plus facilement appropriable par des modélisateurs qui ne sont pas experts de la CFD.

Une étude CFD correspond à la résolution d'un modèle numérique complexe qui est très sensible aux données d'entrées comme les conditions aux limites, et la résolution de la grille de calcul (le quartier est discrétisé en plusieurs petits volumes de tailles à définir). Ainsi, il faut être vigilant aux hypothèses saisies dans le logiciel, et bien choisir la précision de la grille à laquelle on souhaite travailler. Une maille très fine permet de modéliser les flux d'air devant une porte, mais demandera un temps de calcul très long. Une maille très large au contraire demandera un temps de calcul beaucoup plus court, mais ne permettra d'avoir qu'une vision fine des flux d'air du quartier.

Cette attention au temps de calcul et aux hypothèses choisies est d'autant plus importante qu'il est conseillé de réaliser plusieurs CFD pour réaliser une étude complète des flux d'air d'un quartier. En effet, une étude CFD correspond à l'étude d'impact d'un vent choisis (une vitesse, une direction et une température) sur le quartier. En étudiant plusieurs vents dominants, les conclusions de l'étude seront plus pertinentes qu'en n'en considérant qu'un seul.

Pour l'étude des îlots de chaleur urbains, plusieurs études CFD peuvent être combinées à une étude d'irradiation afin d'avoir une vision couplée de la répartition des vitesses de vent et des températures, qui influent tout deux très fortement le confort hygrothermique.

## 4 | Sélection d'outils identifiés

De nombreux outils sont disponibles pour réaliser ces études. Cette liste n'a pas vocation à être exhaustive mais donne un premier échantillon des logiciels disponibles :

Logiciels conçus exclusivement pour réaliser des CFD :

- Fluent, développé par ANSYS
- Code Saturne, développé par EDF (Open source)
- UrbaWind
- FloVent
- Autodesk CFD
- Ansys CFD
- OpenFOAM (Open source)
- StarCCM+
- Logiciel de CFD de MSC Software
- FloEFD
- SIMULIA

Logiciels ayant la possibilité d'effectuer des CFD :

- IES VE
- Design Builder
- Comsol Multiphysics
- Trnsys

ENVI-MET (combiné à une étude d'irradiation pour l'étude des îlots de chaleur)

## 5 | Remerciements

Nous remercions Guillaume Meunier du bureau d'études Elioth et Thibaut Degorre du bureau d'études INEX qui nous ont accordé des entretiens dans le cadre de la rédaction de la présente fiche.