

# Optimisation de la géométrie de l'espace urbain pour une qualité de l'ambiance thermo-aéraulique en été. Cas de la ville de Jijel-Algérie

Samira Bouketta\*<sup>1</sup>, Pr.Yasmina Bouchahm\*<sup>2</sup>, Warda Boulfani\*<sup>3</sup>, Badr El-Mounir Horra\*<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Enseignante-Chercheur (M.A-B), Département d'architecture, Université de Jijel –laboratoire A.B.E, Algérie, \*[samirabouketta@gmail.com](mailto:samirabouketta@gmail.com)

<sup>2</sup>Laboratoire A.B.E « Architecture Bioclimatique et Environnement », Faculté d'architecture et d'urbanisme, Université Constantine 3 – Algérie, \*[ybouchahm2@gmail.com](mailto:ybouchahm2@gmail.com)

<sup>3</sup> Enseignante-Chercheur (M.A.B), Département d'architecture, Université de Jijel – Algérie, \*[wardaabdelaiz@yahoo.com](mailto:wardaabdelaiz@yahoo.com)

<sup>4</sup> Enseignant-Chercheur, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme, E.P.A.U, Alger – Algérie, \*[horramounir@gmail.com](mailto:horramounir@gmail.com)

---

*RESUME. L'intérêt de cette étude est de mettre en exergue l'effet de la géométrie urbaine sur le confort et la qualité des ambiances thermo-aérauliques dans les espaces extérieurs dans la ville de Jijel (Algérie). Une campagne de mesures in-situ a été menée, pendant laquelle la température de l'air, l'humidité relative et la vitesse du vent ont été enregistrées simultanément pour deux cas d'étude (deux quartiers d'habitat collectifs) durant la période estivale. Les résultats montrent que la disposition des formes bâties détermine et modélise l'écoulement du vent et influe par conséquent sur le confort des usagers. Pour un tel climat humide, une forme urbaine éclatée du plan de masse est à déconseiller dans un site en altitude. En revanche, elle sera de mise pour les zones situées à basse altitude. Le logiciel envi-met 3.1 beta 4 nous a permis d'effectuer une simulation numérique et de vérifier les résultats obtenus par la campagne de mesures en tenant compte de différents scénarios. Ainsi, les résultats de simulation sont discutés dans le présent document.*

*MOTS-CLÉS : confort, vent, simulation.*

---

*ABSTRACT. The aim of this research is to bring out the effect of the urban geometry of the layout on quality of environments thermo-ventilation in outdoor spaces in residential neighbourhoods in the town of Jijel, Algeria. However, this study investigated the effect on outdoor thermal comfort. This is expressed in concrete form by a campaign of in-situ measures during which air temperature, relative humidity and wind speed have been simultaneously surveyed on two building layouts in a planned residential area situated in the city of Jijel, during the summer period. Data interpretation corroborates the fact that the arrangement of the built-up parts on the layout has a bearing on the wind circulation. For such a humid climate as the one prevailing in Jijel and its wind conditions, the scattered ordering on the layout will be advised against for a high altitude site. Conversely, the scattered arrangement has to be proposed for a lower altitude. In order to improve outside comfort in this open space, a numerical simulation tool, ENVI-met 3.1 beta 4, was used to simulate the urban thermal climate taking into account various scenarios. Thus, simulation results are discussed in this paper.*

*KEYWORDS : comfort, wind, simulation*

---

## 1. INTRODUCTION

L'évaluation du confort dans les espaces urbains extérieurs nécessite une connaissance approfondie de nombreux paramètres liés au milieu urbain, comme la température de l'air, l'humidité relative de l'air, la pluviométrie, le rayonnement solaire et le vent. Ce dernier représente un élément assez perceptible du microclimat urbain, en exerçant une grande influence sur le confort thermique et par conséquent sur l'activité des usagers. Son comportement en milieu urbain est lié à plusieurs facteurs à savoir : la rugosité du site, la nature de l'environnement et les obstacles, la direction des vents, la

géométrie urbaine (densité, dimensions, forme) et la porosité des masses bâties et leur morphologie (formes, dimensions et orientation). Cela engendre des effets aérodynamiques (Figure 01) dus au vent agissant sur les constructions. Plusieurs études expérimentales et théoriques ont été réalisées à travers le monde, afin d'étudier l'effet de l'écoulement des vents et leurs rapports avec les formes urbaines.

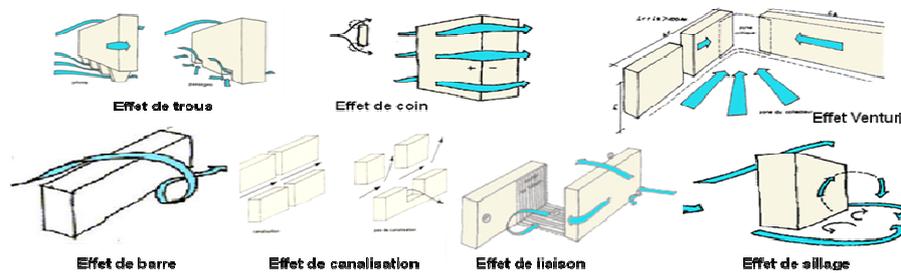


Figure 01 : Les effets dus au vent sur les masses bâties

En effet, (Zhang et al. 2005) constatent par simulation, que le champ de vent dépend fortement de l'agencement des bâtiments et de la direction du vent. L'étude de (Bocken et al. 2007), quant à elle, suggère que la vitesse du vent augmente dans les passages entre les bâtiments parallèles selon leur largeur. Confirmé par (Katarzyna et Marek 2004) qui avaient étudié l'influence de la disposition des bâtiments sur l'augmentation de la vitesse du vent et ses effets sur le confort des piétons en Varsovie. Dans le même contexte (Mazouz et Gouizi 2008) ont prouvé les mêmes résultats dans une étude expérimentale en soufflerie. D'autres études comme celle de (Bonneaud et al. 2001, et de Chen 2007), s'intéressent à l'évaluation de l'impact de la morphologie urbaine sur le vent, afin de déterminer la conception optimale d'un ensemble urbain. Ces recherches montrent que les espacements entre bâtiments déterminent le niveau d'abri ou d'exposition au vent dans une entité urbaine.

## 2. CLIMAT DE LA VILLE DE JIJEL

Jijel, ville côtière, située au nord-est de l'Algérie, entre les méridiens 5° et 6° 25 Est de Greenwich, et entre 36° 10 et 36 ° 50, Hémisphère Nord. Cette région est caractérisée par un climat maritime méditerranéen, pluvieux et doux en hiver, chaud et humide en été.

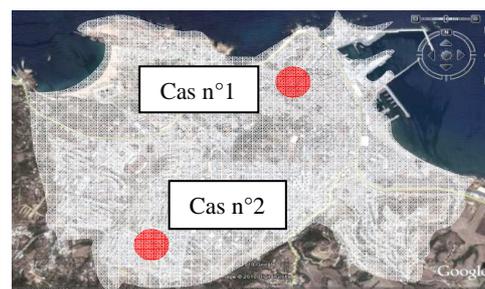
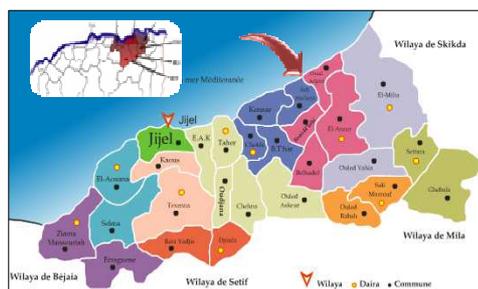


Figure 02 : Situation de la ville de Jijel      Figure 03 : Situation des cas d'étude

## 3. PRESENTATION DES CAS D'ETUDE

Deux cas d'étude ont été choisis situés au périmètre urbain de la ville de Jijel. Ce choix est tributaire essentiellement des paramètres de l'éloignement, de l'altitude par rapport au niveau de la mer et la géométrie du groupement (Figure 03).

### 3.1. LE CAS D'ETUDE N°1

Situé au centre-ville historique de Jijel. Eloigné de la mer de 700m pour une altitude de 16m. Le groupement s'organise en forme d'enclos (U) formant ainsi un espace central clos (Figure 04), marqué par la présence d'une végétation assez dense.

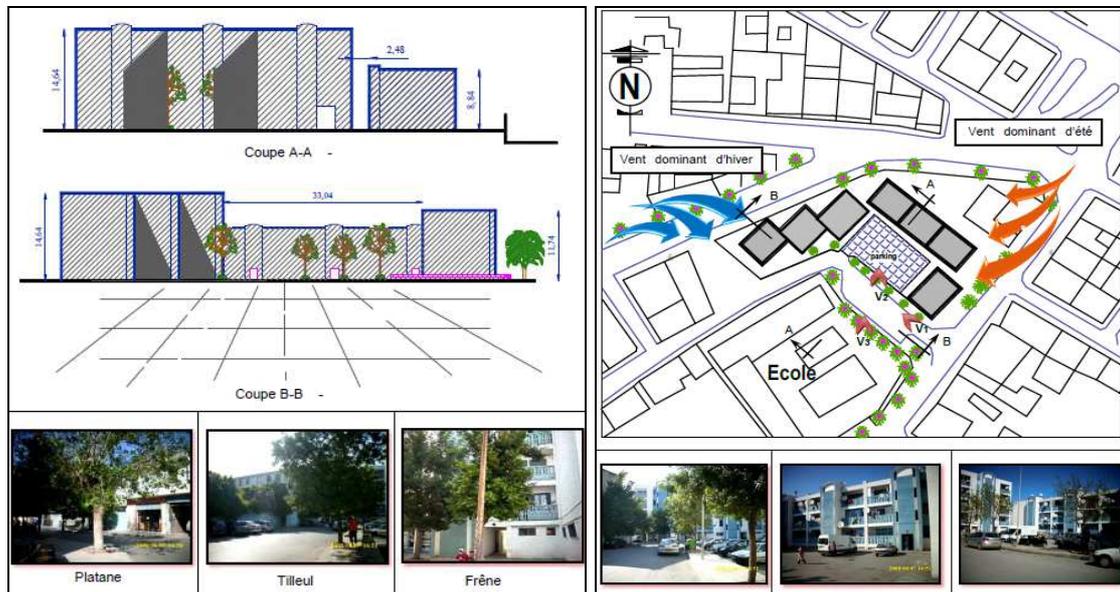


Figure 04 : Situation du cas d'étude n°1, plan, coupes et vues

### 3.2. LE CAS D'ETUDE N°2 :

Situé sur les hauteurs Sud de la ville de Jijel, et se trouve à 3 km environ de la mer pour une altitude de 101 m. Ce quartier se compose de bâtiments et d'un groupement scolaire. Il est quasiment dépourvu d'aménagements extérieurs, principalement les espaces verts là où on remarque la dominance d'asphalte et de béton créant un microclimat différent des précédents (Figure 04).

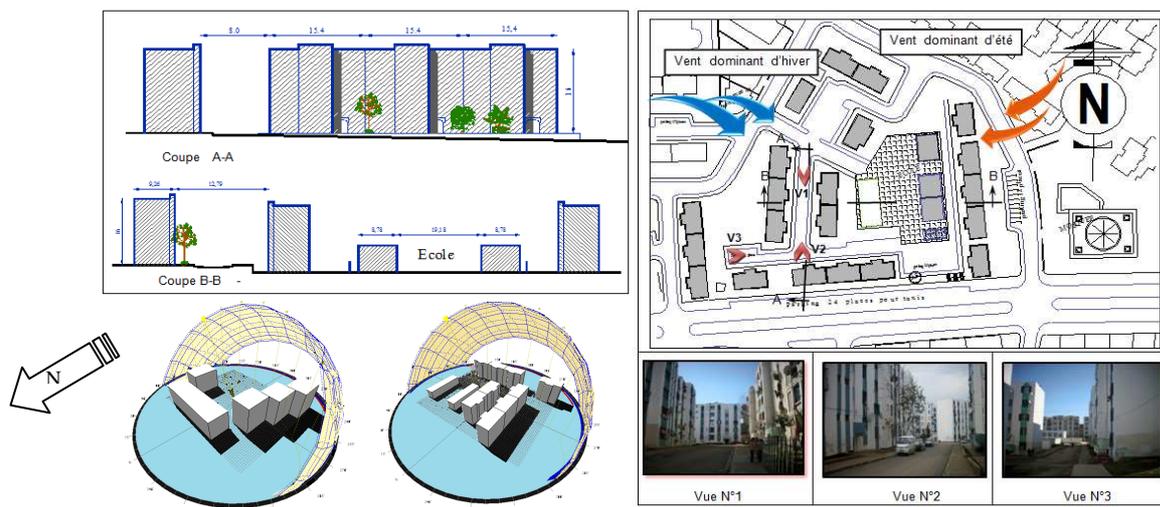


Figure 05 : Cas d'étude n°2, plans, coupes, & effets des masques en hiver (21 Déc à 10h) Ecotect v5.

## 4. INVESTIGATION ET DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE DE MESURES

Les mesures des variations microclimatiques des paramètres de la température de l'air (°C), l'humidité relative (%) et la vitesse du vent (m/s) ont été effectuées à l'aide d'un appareil

multifonctions modèle LM-8000. L'investigation s'est déroulée pendant la journée du 01/07/2010. Le choix et la répartition des points de mesure représentatifs seront dictés en fonction de plusieurs critères ; à savoir, la disposition spatiale des bâtiments au niveau du site, la provenance et la direction des vents dominants, la présence de la végétation ainsi que la présence des couloirs de ventilation. A ces fins, nous avons essayé de varier ces points pour l'obtention d'un maximum d'effets microclimatiques et de cerner quelques facteurs

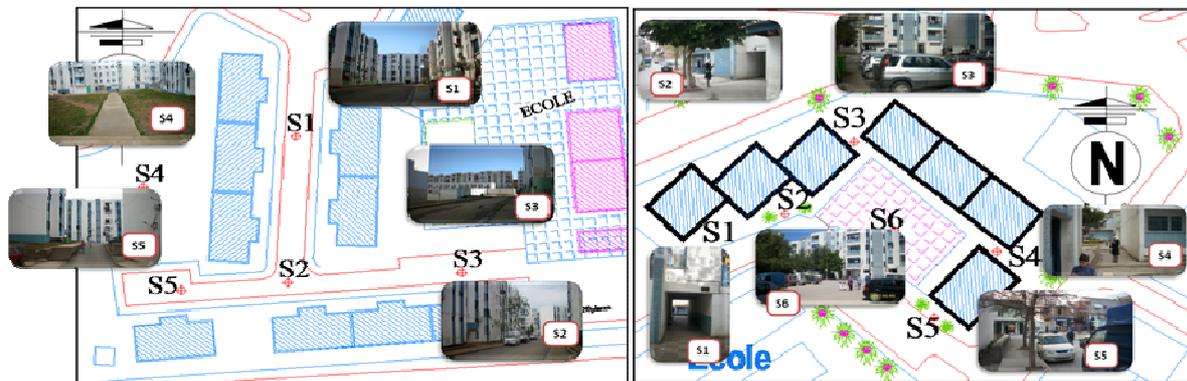


Figure 06 : Localisation des différents points de mesure

## 5. ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS DE L'INVESTIGATION

Des conditions stables ont marqué cette journée et sont caractéristiques d'une période chaude d'été. Cette campagne de mesures a été effectuée dans des conditions de temps anticyclonique ; un temps ensoleillé avec un ciel clair dégagé, ponctué par des vents frais d'un temps à l'autre, prenant une direction Nord à Nord Est pendant toute la journée. Une lecture globale des différents graphes a été développée, représentant l'évolution journalière des paramètres mesurés au niveau des deux cas d'étude et on a constaté ce qui suit :

En comparant les températures maximales mesurées sur terrain avec  $T_n$ , où :

$$T_n = 17.6 + (0.31 \times T_m) \quad (1)$$

$T_n$  est la température neutre (Szokolay et Auliciems 2007).

$T_m$  est la température moyenne des trois mois d'été (juin, juillet et août),

$$T_m = \sum T_o / 3 = 23 + 25.6 + 26.4 / 3 = 25^\circ\text{C} \quad (2)$$

→  $T_n = 25.35^\circ\text{C}$ .

De ce fait, le site N°1 a un écart de  $5.25^\circ\text{C}$  alors qu'un écart de  $7.65^\circ\text{C}$  caractérise le site N°2. Ces constats ont permis de ressortir que le cas N°1 est un site frais, confortable vis-à-vis des températures et des humidités. Cela est dû à la présence de la végétation. Ce site est aussi bien ventilé vu son rapprochement à la mer. Le quartier N°2 est plus chaud, malgré les vitesses de vent plus élevées, par rapport au premier, vu les températures élevées et les faibles taux d'humidité. Cela peut s'expliquer par l'absence du couvert végétal ainsi que la forte minéralisation des sols.

N° du quartier	$T_n$ °C	T°C (min-max)	HR % (min-max)	Vm/s (min-max)
N°1	25.35	24.5 - 30.6	44.1-58.1	0.1- 4
N°2		25 - 32	41.6 - 56.8	0.3 - 4.4

Tableau 01 : valeurs limites des trois paramètres mesurés dans chaque site

## 5.1. SYNTHÈSE :

L'analyse des résultats de la campagne de mesure au niveau des deux sites nous a permis d'identifier les variations microclimatiques pour une journée d'été. Egalement, en cette journée, nous nous sommes tenus à évaluer l'effet du vent dans ces espaces extérieurs, et d'estimer le degré du confort et d'en tirer les conclusions suivantes :

**Le cas N°1** est le plus performant ; il est le plus frais et confortable en été. Son organisation spatiale et sa géométrie semi ouverte (y compris l'aménagement, végétation) est **la forme** la plus adéquate face au régime des vents de la ville de Jijel. Car elle favorise une ventilation à l'extérieur et s'avère la plus protégée contre les effets aérodynamiques tout en assurant le confort des usagers (vérifié par les constats ainsi que par le biais de l'enquête menée sur terrain). Pour le climat humide de Jijel et son régime des vents, une géométrie éclatée du plan de masse sera à déconseiller pour une situation sur une haute altitude. En revanche, on devra générer une forme éclatée pour une altitude basse. Pour tester l'effet des paramètres géométriques sur l'écoulement du vent, une simulation numérique à l'aide du logiciel ENVI-met 3.1 s'avère aussi nécessaire pour le cas le plus favorable.

## 6. SIMULATION NUMÉRIQUE

### 6.1. PRÉSENTATION DU LOGICIEL ENVI-MET3.1 :

Outil informatique conçu à l'origine en Allemagne (Bart De Maerschalck et al., 2007) par son fondateur Michael Bruse. Le logiciel Envi-met version 3.1 Beta 4 sert à la modélisation numérique du microclimat urbain. Il est parmi les premiers modèles qui cherchent à reproduire la majorité des processus atmosphériques influant sur le microclimat, en basant sur des fondements physiques bien définies (Loi fondamentale de la thermodynamique et la dynamique des fluides, Ali Toudert F., 2005).

### 6.2. DÉROULEMENT DE LA SIMULATION :

La simulation a été effectuée à l'aide du logiciel ENVI-met 3.1 Beta 4. Elle couvre la même période estivale choisie pour l'investigation. Le cas d'étude a été soigneusement dessiné suivant une échelle convenable. Les dimensions et les hauteurs des constructions ainsi que la végétation ont été reportées afin de pouvoir reproduire la réalité du terrain.

<i>Cas N°1 - Altitude 16 m</i>		
	<i>Situation</i>	<i>Jijel, Algérie</i>
		<i>Longitude : 5° E</i>
		<i>Latitude : 36°48'</i>
		<i>Climat : méditerranéen, humide en été</i>
	<i>Période de simulation</i>	<i>Été</i>
	<i>Journée de simulation</i>	<i>01/07/2010</i>
	<i>Durée de simulation</i>	<i>A 03:00:00, 22 h.</i>
<i>Paramètres</i>	<i>Vitesse du vent à 10m [m/s]</i>	<i>3</i>
	<i>Direction du vent</i>	<i>120° Est</i>
	<i>Humidité spécifique – calculée [g/kg]</i>	<i>7</i>
	<i>Humidité relative à 2m de hauteur [%]</i>	<i>87</i>
	<i>Température initiale de l'atmosphère [K]</i>	<i>291.15</i>
<i>bâtiment</i>	<i>Transmission de chaleur des murs [W/m.²K]</i>	<i>1.37</i>
	<i>Transmission de chaleur du toit [W/m.²K]</i>	<i>1.3</i>
	<i>Albédo des murs</i>	<i>0.3</i>
	<i>Albédo du toit</i>	<i>0.18</i>
	<i>Hauteur de la coupe [z]</i>	<i>5 [2 m]</i>

Tableau 02 : déroulement et détails de la simulation

### 6.3. RESULTATS :

La lecture des résultats précédents montre que l'organisation spatiale des bâtiments et leur disposition sur le plan de masse influent sur l'écoulement du vent. Les résultats de Leonardo indiquent que la couleur foncée exprime le taux le plus élevé. De ce fait la concentration des couleurs vient attester les résultats de l'investigation, et que ces endroits ont enregistré des valeurs supérieures et importantes (que ce soit de Température de l'air, de l'humidité relative ou encore de vitesse de vent).

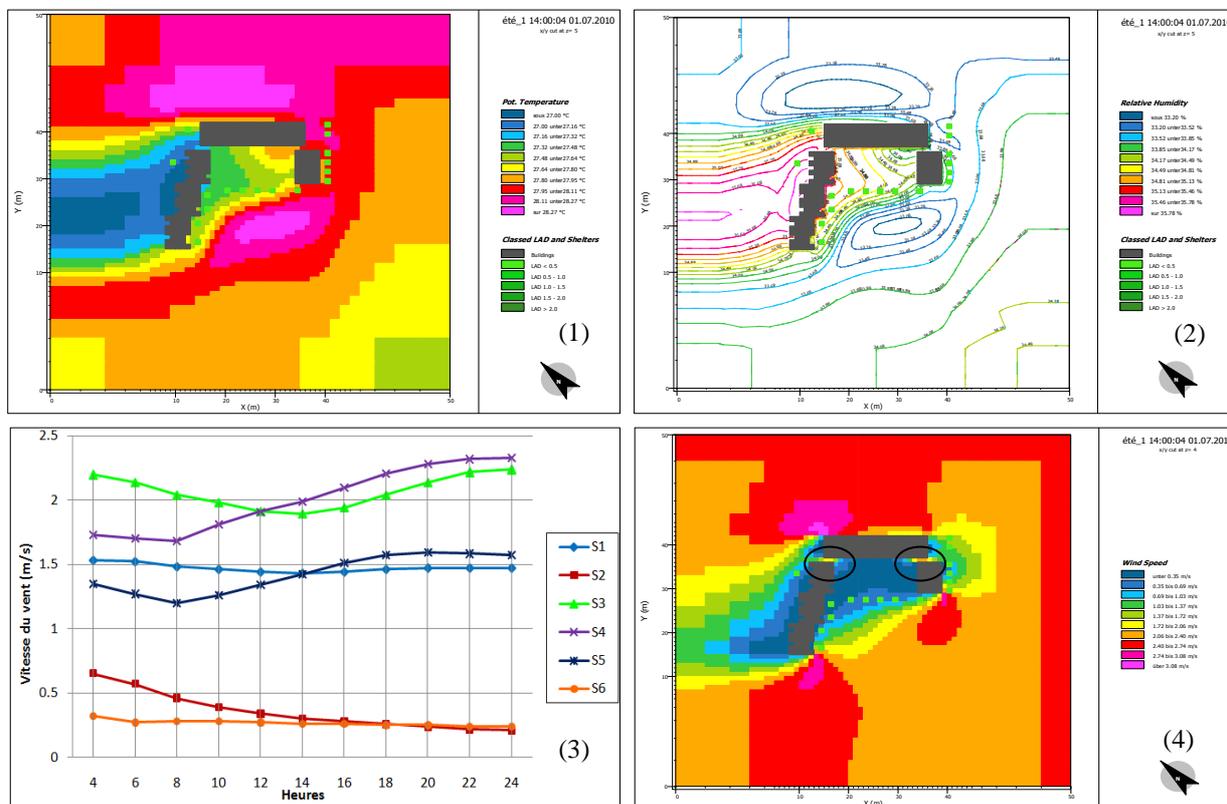


Figure 07: (1) Les températures de l'air à 14h, (2) les taux d'humidité, (03) et (04) vitesses du vent (01/07/2010)

### 6.4. SIMULATION DE L'EFFET DE L'ESPACEMENT DES BATIMENTS SUR LE MOUVEMENT ET LA VITESSE DU VENT :

Afin de tester l'effet de la géométrie des bâtiments et son influence sur le mouvement du vent et sa vitesse, des modifications ont été apportées sur l'organisation et la disposition des bâtiments sur ce plan de masse. Dans cet objectif, trois scénarios ont été développés. Les scénarios proposés sont reportés dans le tableau 02.

- **Scénario « N°1 »** : augmentation de la largeur des deux passages latéraux qu'occupent successivement S3 et S4. La largeur du passage  $w$  sera :  $w = L$  (largeur du bâtiment). Ce scénario s'intéresse à améliorer la ventilation en été au niveau de la station S3 (en hiver, les valeurs de toutes les stations ne dépassent pas le seuil de nuisance, particulièrement S3 et S4).
- **Scénario « N°2 »** : séparation des trois bâtiments mitoyens en gardant l'alignement initial. Là, le plan de masse devient plus éclaté que le premier scénario. Ce scénario s'intéresse à améliorer la ventilation en été des deux stations S1 et S2, car elles sont protégées en hiver.

- **Scénario « N°3 »** : Élimination du passage au niveau de la station S3 à fins de bloquer le vent provenant de cette direction en hiver et donc de protéger la station S4

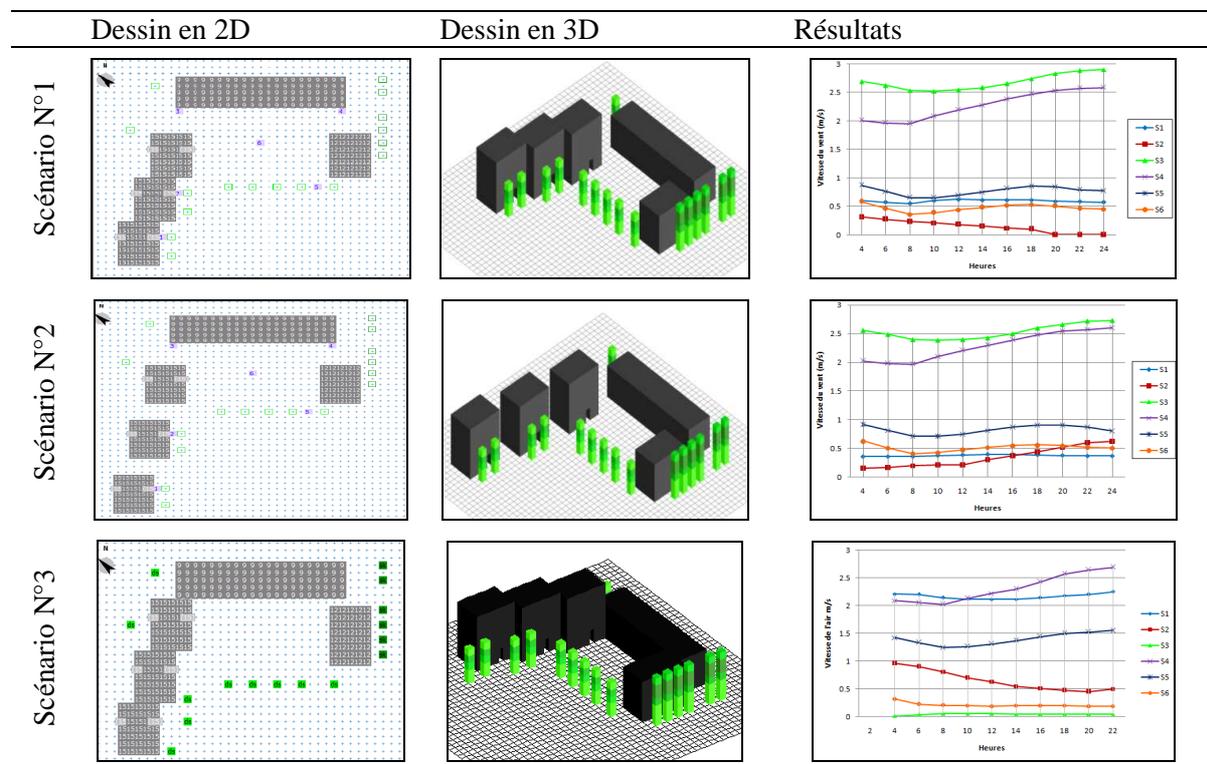


Tableau 02 : Les scénarios proposés et les résultats des vitesses du vent

## 6.5. RESULTATS DES SCENARIOS :

Les résultats des simulations des différents scénarios ont prouvé que l'organisation du plan de masse influe sur l'écoulement du vent. Elle joue un rôle important dans la détermination du flux de l'air, son intensité et sa direction. La variation de l'écoulement du vent, sa stabilité, son accélération et sa déviation dépend fortement de la disposition des bâtiments au niveau du plan de masse, leur géométrie, leur dimension et les espacements entre eux.

## 6.6. CONCLUSION DE LA SIMULATION

La simulation nous a permis de confirmer que l'arrangement des constructions sur le plan de masse a une influence sur l'écoulement du vent et donc sur le confort des usagers en espace extérieur. A ce volet, nos résultats sont conformes à plusieurs études telles que celle de (Zhang et al. 2005), (Katarzyna et Marek. 2004) et (Blocken et al. 2007) qui ont prouvé par simulation que le champ du vent dépend fortement de l'arrangement des constructions sur le plan de masse et de leur géométrie (largeur, longueur et hauteur), et par conséquent se répercute sur le confort en général et la qualité de l'ambiance thermo-aéroluque à l'extérieur en particulier.

De même, il est à signaler, que durant cette étude, nous avons effectué plusieurs essais de simulation et qui nous ont permis de ressortir quelques contraintes liées au modèle envi-met à l'instar des autres logiciels, ce qui a pu limiter notre travail, à savoir :

- L'évaluation de la vitesse de vent au cours du jour est possible avec ENVI-met, ce qui signifie que les effets thermiques quotidiens sont inclus. Cependant, le modèle ne suppose aucun changement du vent géostrophique à 2500 m. De ce fait, la simulation de la vitesse à un endroit devient difficile lorsque le vent est fortement influencé par le climat local: un endroit côtier, par exemple, est fortement influencé par les brises marines ayant comme conséquence des changements sensibles en vitesse et en direction et affectant le cycle quotidien de la température et de l'humidité de l'air. Les simulations faites à la ville côtière d'Alger (36°N) ont montré ces défauts.
- ENVI-met est construit pour calculer lui-même le cycle journalier avec des données seulement pour l'heure de départ. Actuellement, il n'y a pas la possibilité de « forcer » le modèle avec des données externes heure par heure pour ajuster les inputs.
- Le logiciel considère une seule direction du vent pour toute la durée de la simulation, alors qu'en réalité, la direction du vent change constamment, même s'il y a une direction dominante surtout en zone littorale.

## 7. BIBLIOGRAPHIE

- Ali Toudert, Fazia. 2005. «Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climat», thèse de doctorat, Freiburg.
- Blocken, Bert, Carmeliet Jan, et stathopoulos Ted. 2007. « CFD evaluation of wind speed conditions in passages between parallel buildings - effet of wall – function roughness modifications for the atmospheric boundary layer flow». *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 95(941–962).
- Bonneaud, Frédéric, Musy Marjorie, et Depecker Patrick. 2001. « Simulation of the wind in hot and humide climates cities: evaluation of the natural ventilation potential of the housing in urban blocks». *Simulation Building, Seventh international IBPSA Conference*. Rio De Janeiro. Brazil. August 13-15.
- Bottema, Marcel. 1993. *Wind climate and urban geometry*. Netherlands. Eindhoven, University of technology.
- Chatelet, Alain, Fernandez Pierre, et Lavigne Pierre.1998. *Architecture Climatique ; une contribution au développement durable : Concepts et Dispositifs*. Aix-en-Provence. Tome 2. édition EDISUD.
- Chen, Qingyan. 2007. Chapter 6 : wind in building environment design. Sustainable urban housing in China. Edité par L. R. Glicksman and J. Lin, Springer.
- Katarzyna, Klemm, et Marek Jablonski. 2004. «Wind speed at pedestrian level in a residential building complex». PLEA 2004: The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture, The Netherlands. Eindhoven.
- Mazouz, Saïd, et Gouizi Yamina. 2008. «Effet d'un groupe de bâtiments sur l'écoulement de l'air (le vent) et le confort des piétons dans les espaces extérieurs. Cas d'étude : ensemble de bâtiments collectifs des Z.H.U.N à Biskra ». *The third architecture and sustainability conference in Biskra (BASC 2008): Strategies and perspectives* (261- 271).
- Szokolay, Steven V., et Auliciems Andris. 2007. Thermal comfort, P.L.E.A. note 3 Design Tools and Techniques. Association with department of architecture university of Queensland. Second edition.

Zhang, Ling, Gao Cuilan, et Zhang Aishe. 2005. «Numerical simulation of the wind field around different buildings arrangements». *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 93(891–904).