

LIENS ENTRE FORMES URBAINES ET CLIMAT

1. Dans les transformations d'un centre ancien : Nantes 1680 - 1945
2. Dans la conception d'une ville nouvelle : Ecocité de Zénata

Mohamed Benzerzour

Directeur de projets, Franck Boutté Consultants
Maitre assistant des écoles d'architecture

« Transformations urbaines et variations du microclimat :

Analyse du centre ancien de Nantes entre
1680 et 1945 et proposition d'un
indicateur « morpho-climatique »

de Nantes Thèse de Doctorat

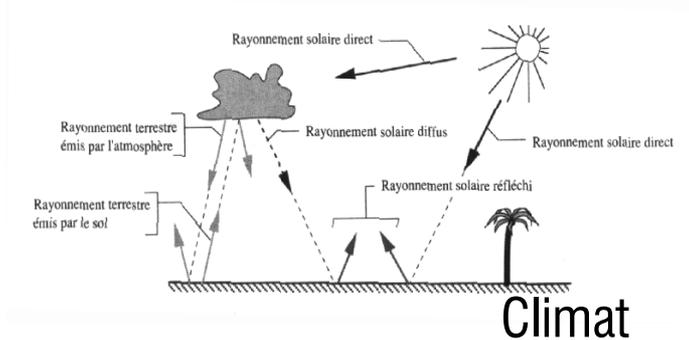
Discipline : Mécanique, Thermique et Génie Civil
Spécialité : Sciences pour l'ingénieur, option Architecture

Université de Nantes

Présentée et soutenue publiquement
Le 15 octobre 2004
à l'École d'Architecture

Transformations urbaines et variations du microclimat :

Application au centre ancien de Nantes et proposition d'un indicateur « morpho-climatique »



Forme urbaine

Mise en relation de la forme urbaine et du climat à l'échelle des ensembles bâtis.



- Quels sont les éléments de la forme urbaine qui interviennent dans la régulation du microclimat urbain ?
- Comment, à travers une connaissance du cadre bâti, pouvons nous anticiper les variations du microclimat ?

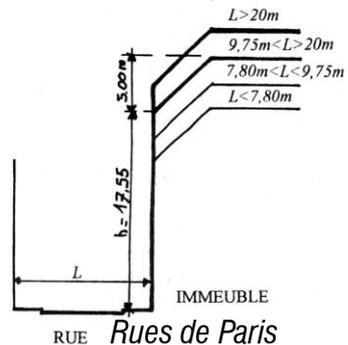
I. Les modes d'intervention sur la ville en lien avec le climat

Quatre phases et quatre modes d'intervention sur le climat local

1. Adaptation spatiale



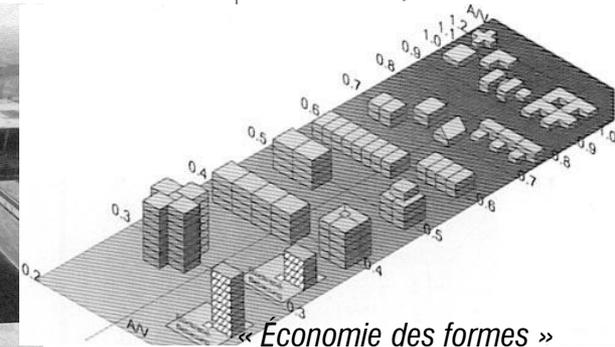
2. Ajustements morphologiques



3. Nouvelles formes urbaines



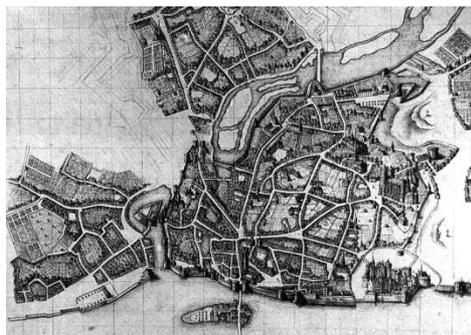
4. Des formes « intermédiaires »



- Réduction de la multiplicité des interventions à deux éléments de la forme urbaine : « *la forme du vide urbain* » et « *état et matériaux de surfaces* »
- Approche différentielle de la transformation

I. Les modes d'intervention sur la ville en lien avec le climat

- Les plans du bâti



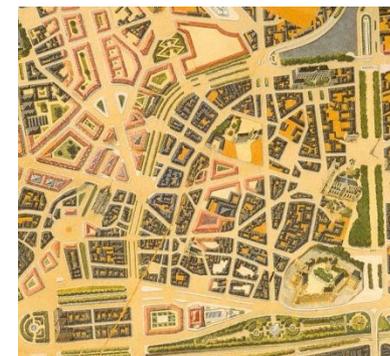
Fin XVIIe



« 1835 »



« 1880 »

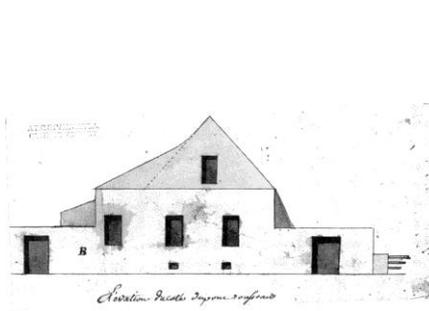


1945 à aujourd'hui

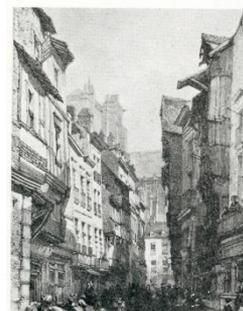
- Les iconographies



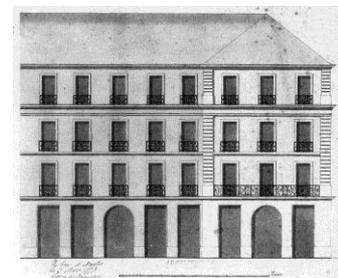
Fin XVIIe



Avant 1777



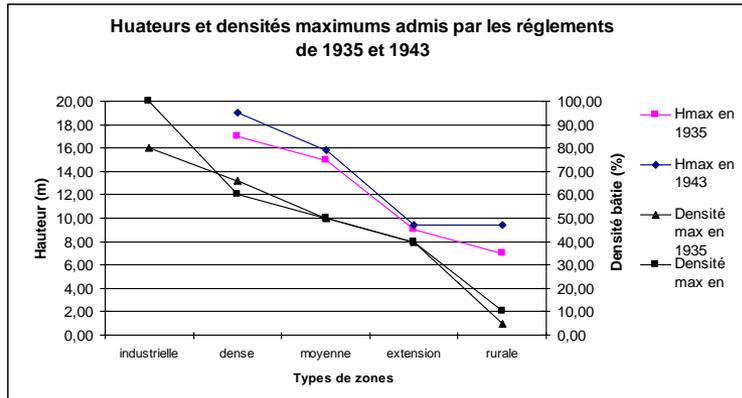
« 1866 »



après 1779

I. Les modes d'intervention sur la ville en lien avec le climat

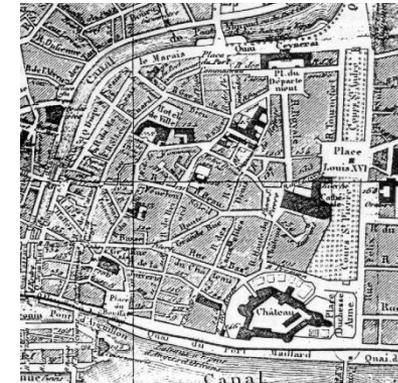
- Évolution des densités bâties



Dé-densification prescrite par les règlements



*Dé-densification par les percées
[Darin 1987]*



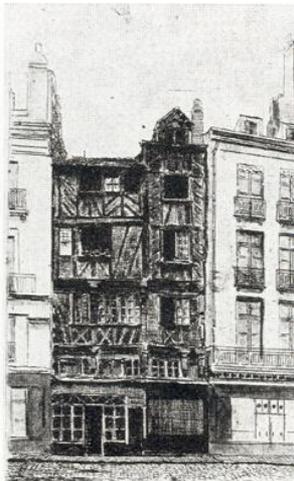
*Avant la grande percée
[Jouanne 1838]*



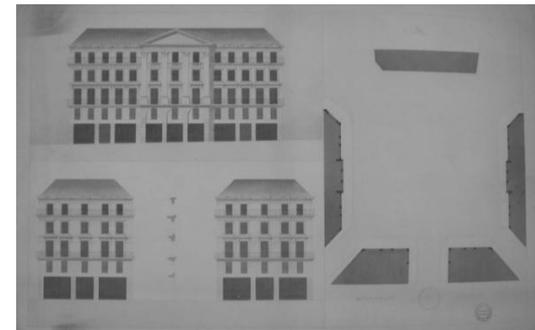
*Après la grande percée
[Jouanne 1894]*

I. Les modes d'intervention sur la ville en lien avec le climat

- Modification des matériaux de surface (murs et ouvertures vitrées)

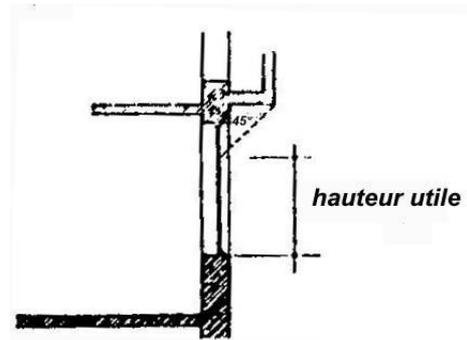


Substitution des pans de bois par la pierre



*Ordonnances urbaines
Pierre 1868)*

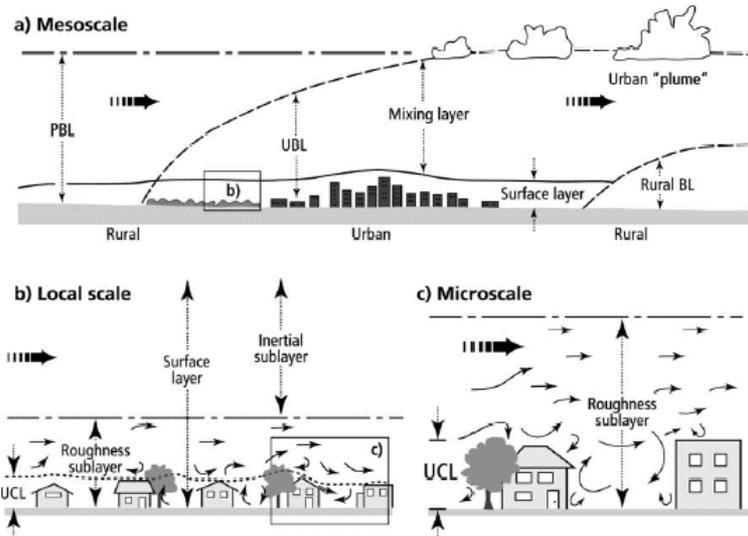
(Pl. St



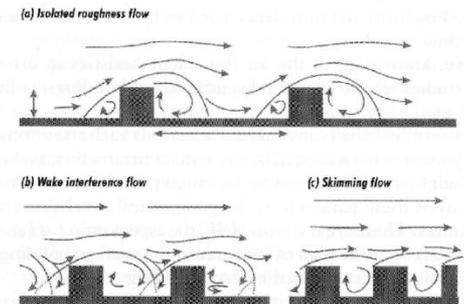
*Régulation de la taille des fenêtres
(règlement de 1943)*

II. Éléments de quantification

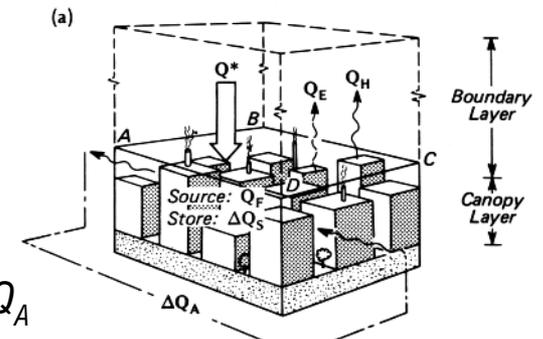
Modélisation climatologique des interactions forme urbaine - climat



Les échelles climatiques [Oke 1987]



« Le concept de canyon urbain » [Oke 1987]

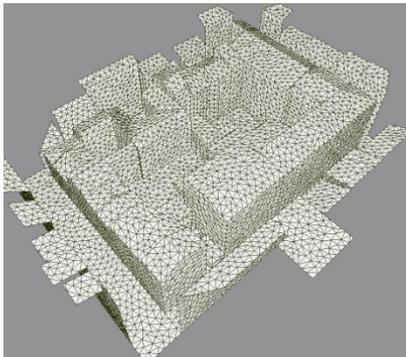
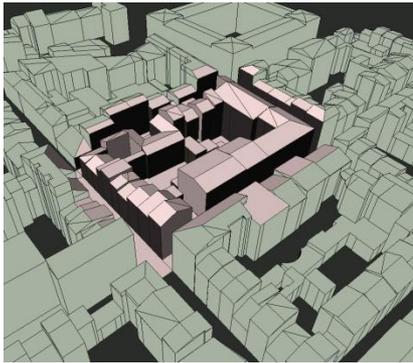


$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A$$

Modélisation des échanges surface – atmosphère [Oke 1987]

II. Éléments de quantification

Modélisation numériques



« SOLENE » [Groleau 2003]
« modèle thermo-radiatif »

Modélisation par discrétisation spatiale

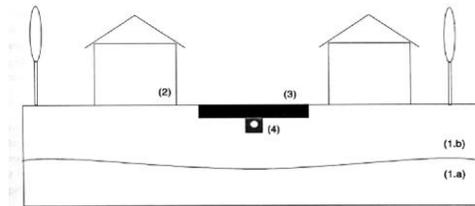
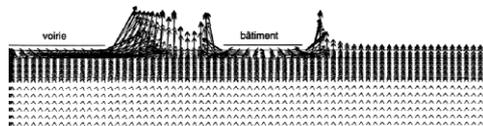


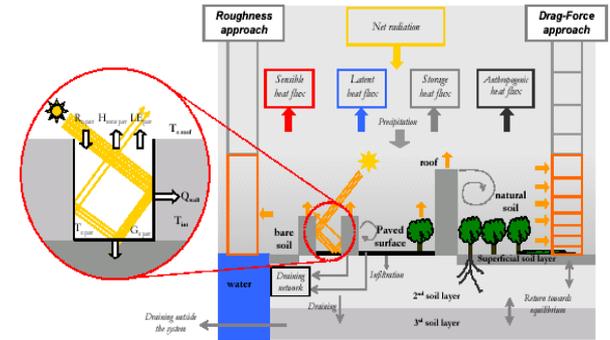
Figure 1.16 : Schématisation élémentaire bidimensionnelle du milieu urbain utilisée dans notre modélisation hydrologique à base physique



« E.H.U » [Berthier 1999]
« modèle hydrologique »

Réduction de la complexité des phénomènes physiques

Modélisation paramétrique (2d - 3d)



« SM2-U(3d) » [Dupont 2003]

Réduction de la complexité de la forme urbaine

II. Éléments de quantification

- Le modèle paramétrique T.E.B¹ (Town Energy Budget) comme modèle de simulation

- Prise en compte de la hauteur des espaces urbains (canyon)
- Simplicité des données d'entrée et la validation relative du modèle.
- Disponibilité et aide à l'usage du modèle

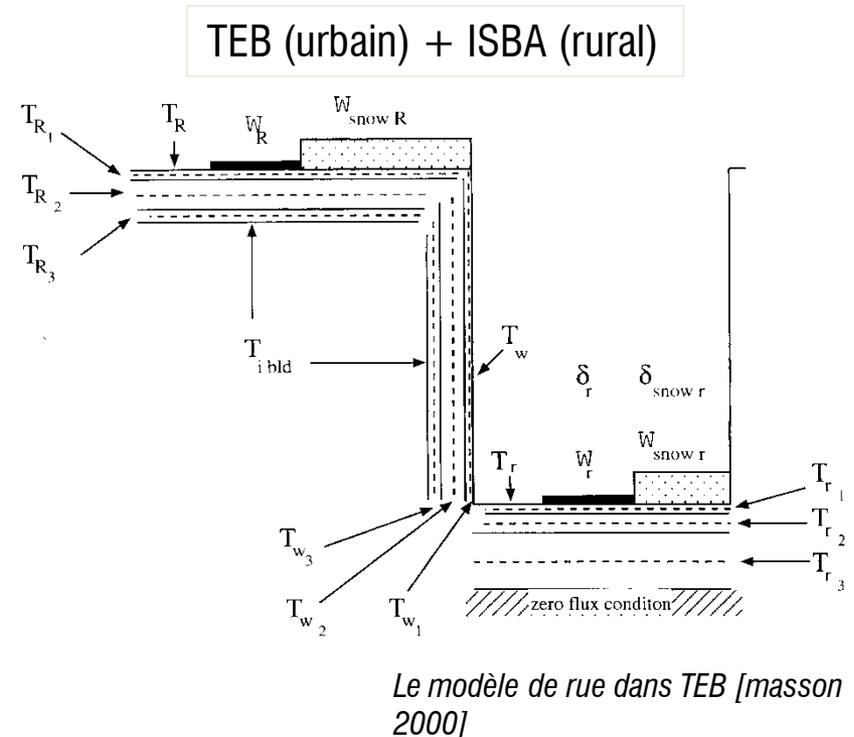
Calcul des flux d'énergie moyens:

Chaleur latente - Chaleur sensible - Chaleur stockée - Le flux net

Calcul des paramètres microclimatiques :

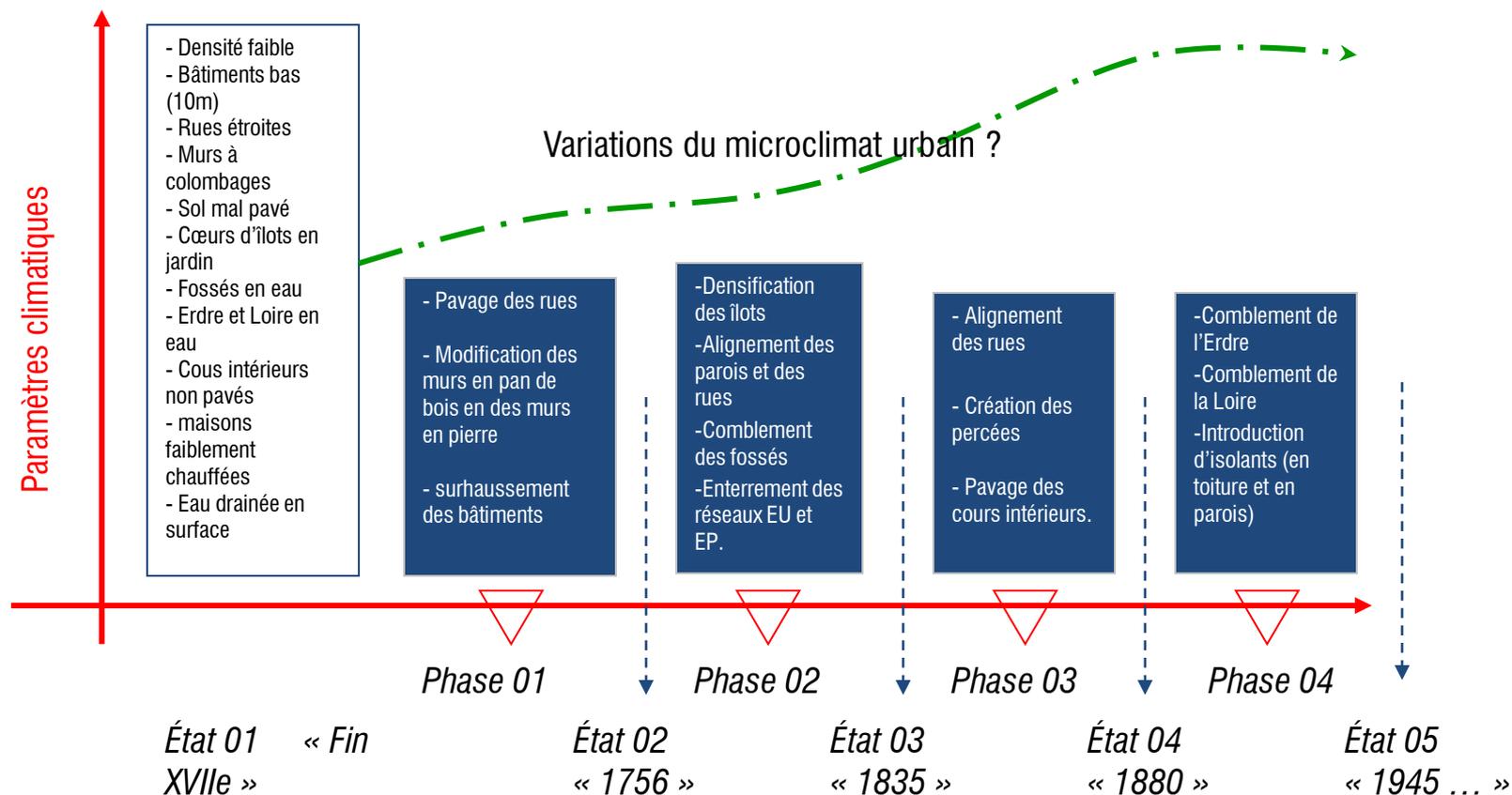
Température d'air et de surface - Vitesse du vent - Humidité spécifique

(1) [Masson 2000]; [Masson et al. 2002]; [Lemonsu et al. 2003]



III. Analyse des effets des transformations du centre de Nantes

- Les états représentatifs de la transformation du centre de Nantes



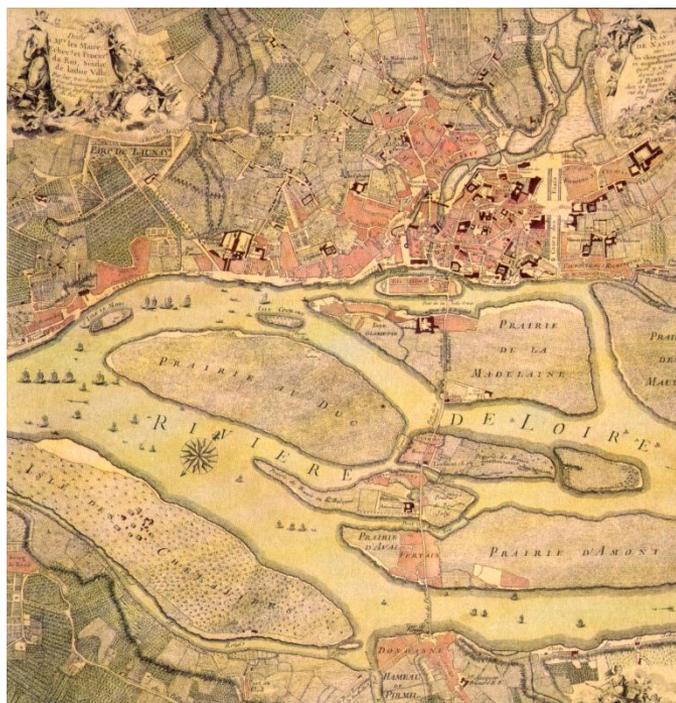
III. Analyse des effets des transformations du centre de Nantes

Sources et états représentatifs des transformations urbaines

Les plans de voirie



Defer 1716



Cacault 1756



Lerouge 1766



Demoget 1877

III. Analyse des effets des transformations du centre de Nantes

Reconstitutions des différents états

- Reconstitution numérique

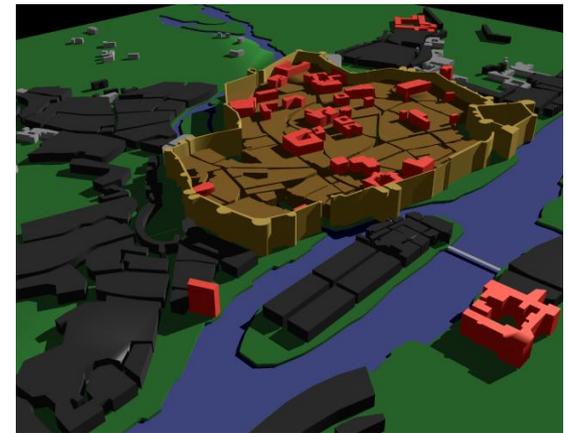
- Un ensemble d'hypothèses

A partir de témoignages

A partir de la littérature spécialisée

-Hauteurs du bâti
- Fraction vitrée des murs
- Densités

-Propriétés physiques des surfaces
- Épaisseur des murs

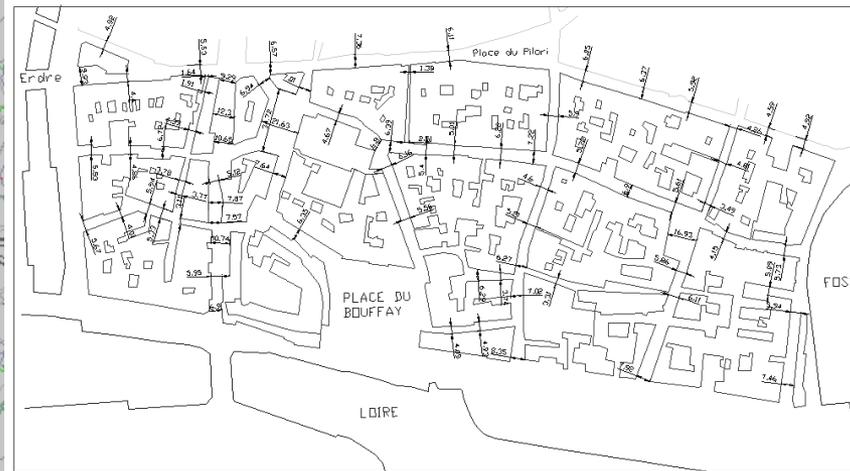


Exemple: reconstitution numérique du plan de 1756

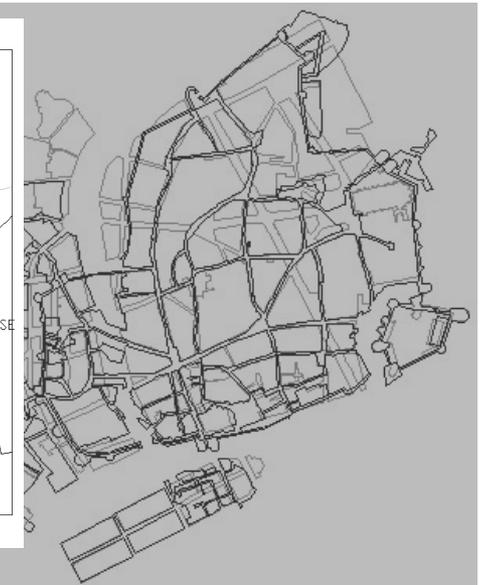
III. Analyse des effets des transformations du centre de Nantes



Reconstitution avec AUTOCAD



Calculs



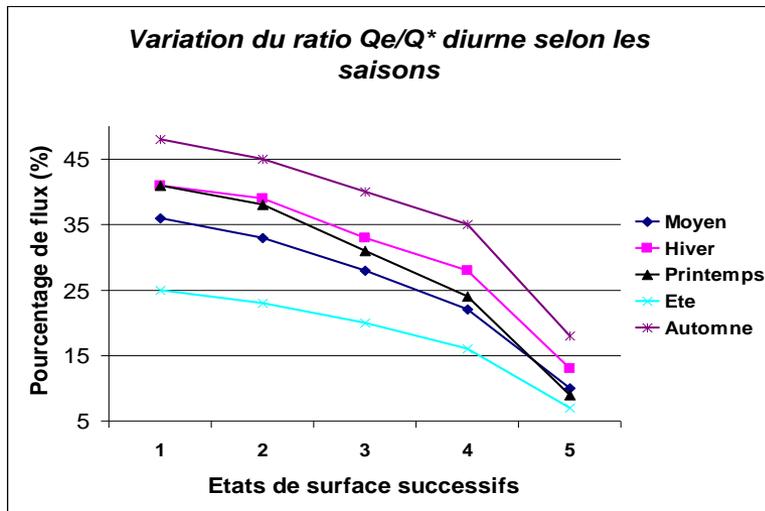
Superposition des plans

III. Analyse des effets des transformations du centre de Nantes

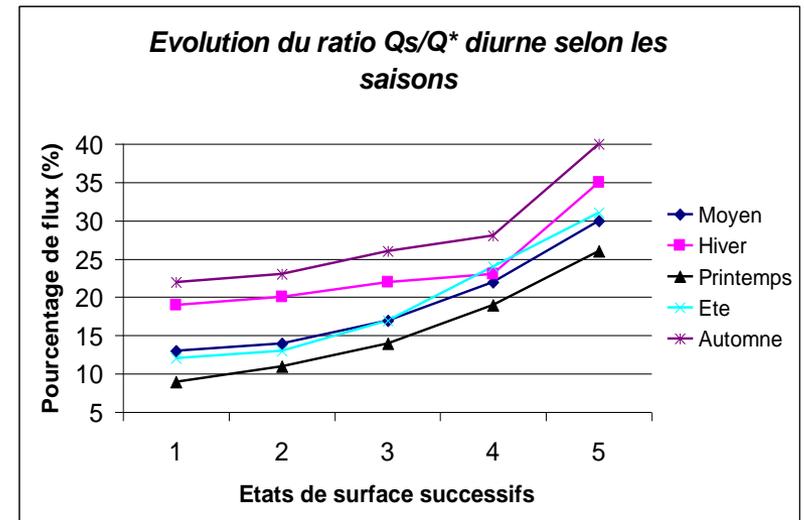
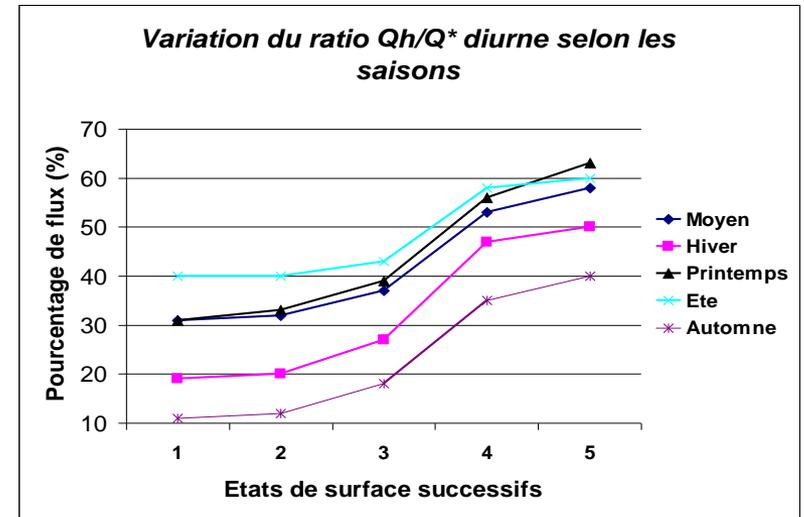
Paramètres	Unité	Etat 01	Etat 02	Etat 03	Phase 04	Etat 05
Paramètres géométriques						
Fraction bâtie	-	0.318	0.481	0.71	0.67	0.64
Hauteur des bâtiments	m	10	15	21	19	19
Prospect du bâti	-	1.25	1.5	1.41	1.187	1.187
H/L : prospect des rues	-	1.745	2.62	3.08	2.22	2.22
Longueur de rugosité	m	1.0	1.5	2.1	1.9	1.9
Paramètres radiatifs						
Albédo du toit		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Albédo des murs		0.20	0.25	0.25	0.25	0.25
Albédo du sol		0.15	0.11	0.11	0.11	0.08
Emissivité des toits		0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Emissivité des murs		0.88	0.85	0.85	0.85	0.85
Emissivité du sol		0.92	0.95	0.95	0.95	0.95
Paramètres thermiques						
Matériaux du toit		ardoise	ardoise	ardoise	ardoise	Ardoise + isol
Matériaux murs		pan + terre	Pierre	Pierre	Pierre	Pierre + isol
Matériaux sol		sol compact	pavé	pavé	pavé	bitume
Paramètres anthropogéniques						
Température intérieure	°C	10	10	10	19	19
Température du sol profond	°C	19	19	19	19	19
Fraction d'eau sur le sol		0.15	0.2	0.00	0.00	0.00

III. Analyse des effets des transformations du centre de Nantes

- Évolution des bilans d'énergie

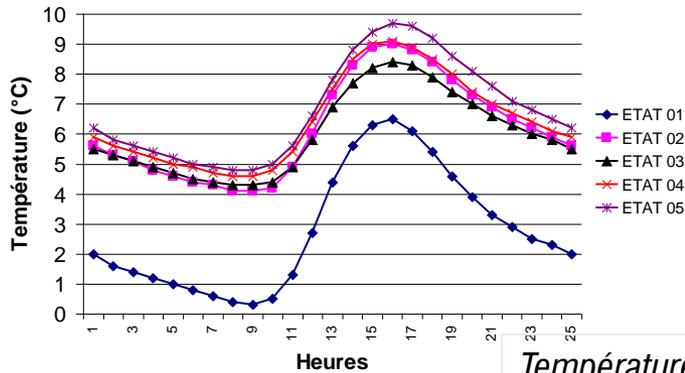


- Diminution régulière du flux de chaleur latente
- Augmentation du flux de chaleur sensible
- Augmentation du flux stocké

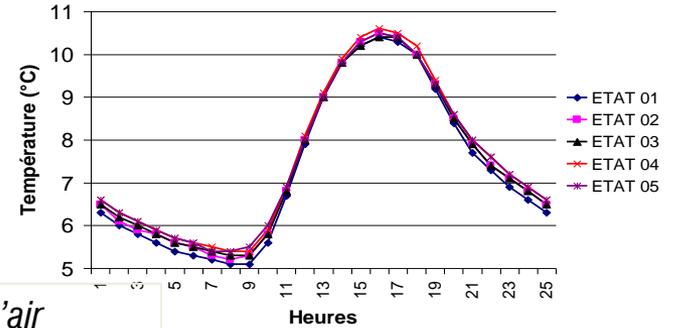


III. Analyse des effets des transformations du centre de Nantes

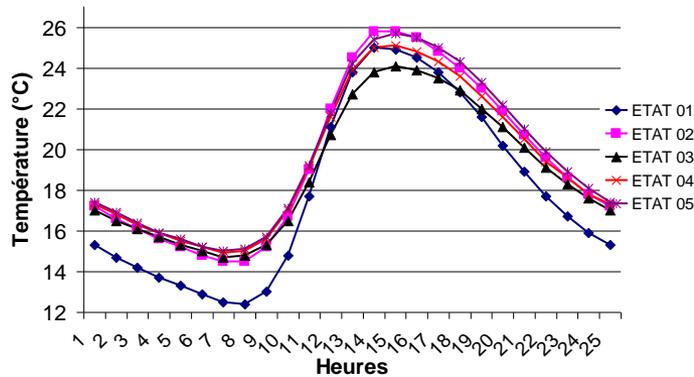
Variation de la température à la surface du sol des rues en hiver



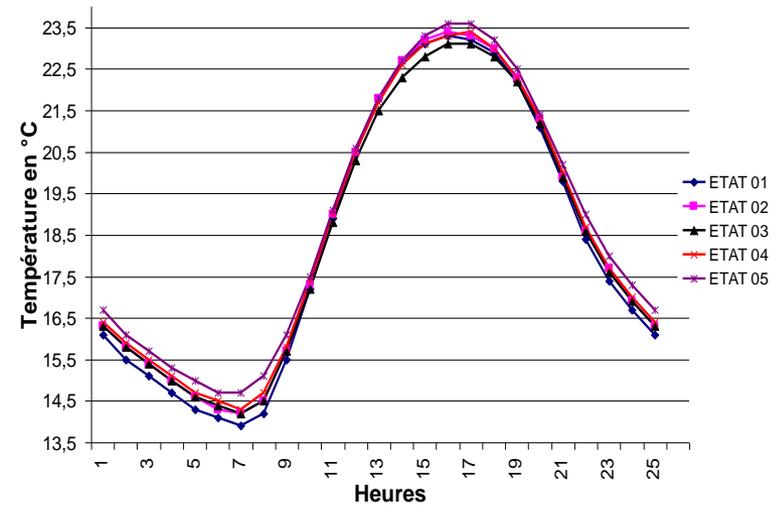
Variation de la température moyenne des rues en hiver



Variation de la température à la surface du sol des rues en été



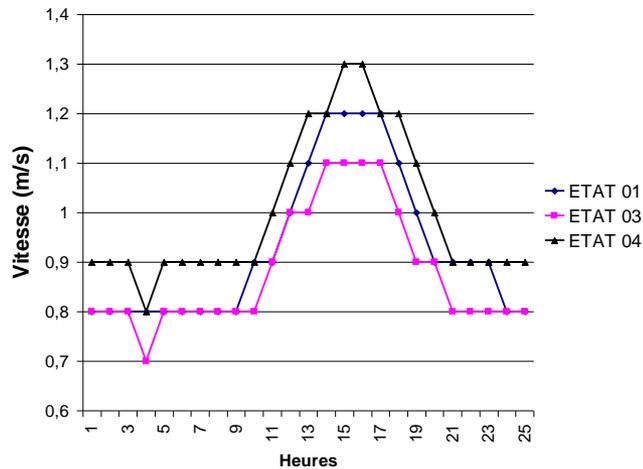
Variation de la température moyenne des rues en été



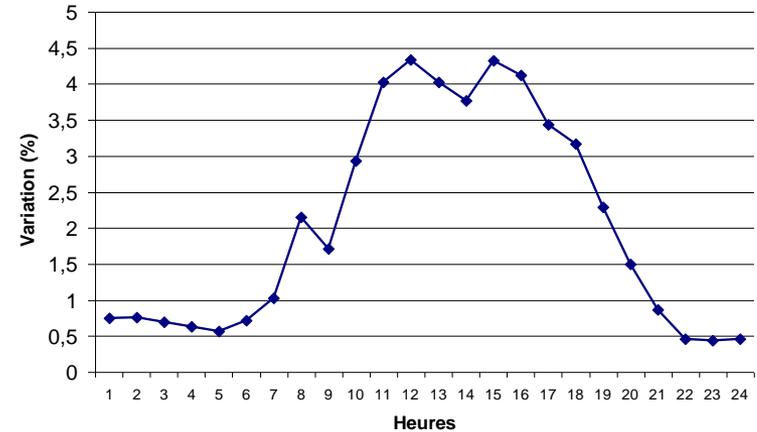
Les paramètres microclimatiques : Températures

III. Analyse des effets des transformations du centre de Nantes

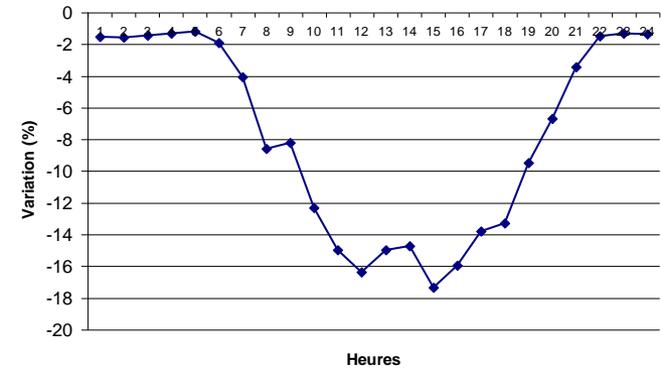
- Les paramètres microclimatiques : Vent et humidité spécifique



Variation de la vitesse du vent des les rues après rétrécissement (phase 3) puis élargissement (phase 4) des rues



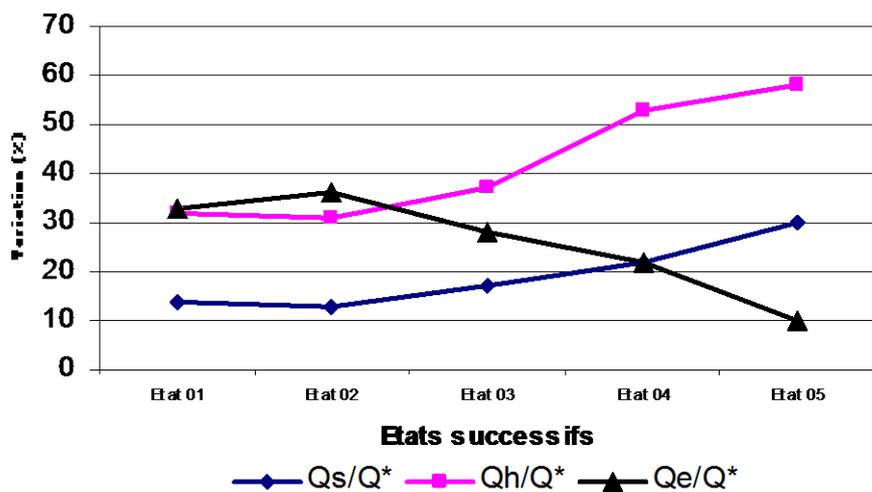
Variation (en%) de l'humidité spécifique de l'air après pavage des rues (le 22 juin)



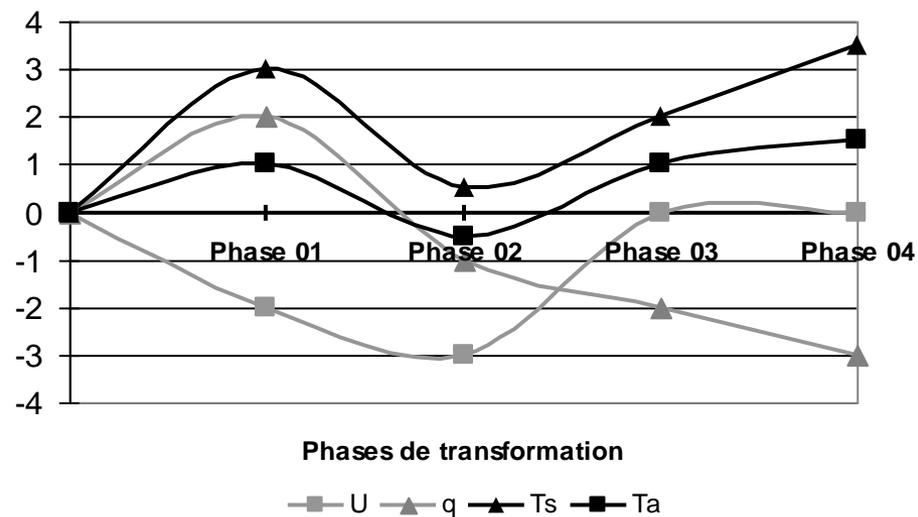
Évolution (en%) de l'humidité spécifique des rues après l'enterrement des réseaux (le 22 juin)

III. Analyse des effets des transformations du centre de Nantes

- Résultats

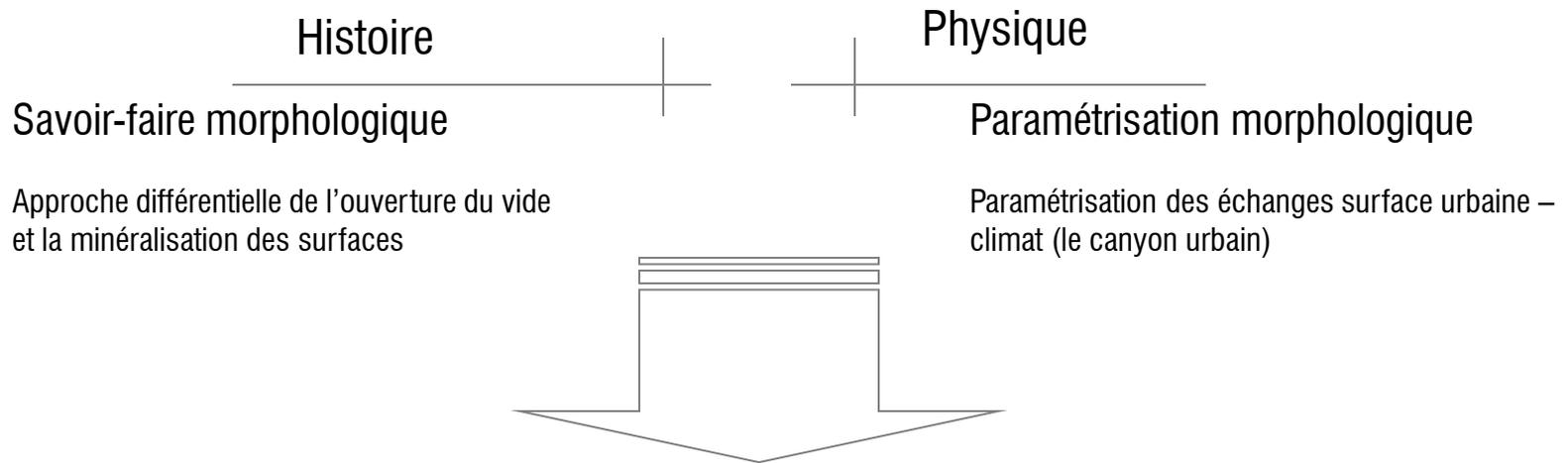


Représentation de l'évolution des ratios de flux de chaleur: Qs (stockée); Qh (sensible); Qe (latente), Q*(flux net)



Évaluation de la variation des paramètres micrométéorologiques U (vent); q (Humidité); Ts et Ta (températures)

IV. Proposition d'un indicateur morpho-climatique

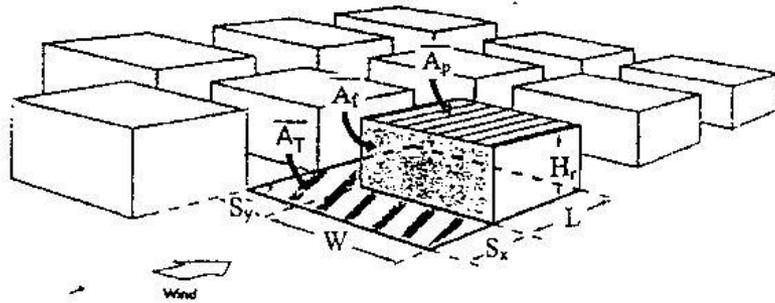


Vers la réduction « morpho – climatique » de la forme urbaine

IV. Proposition d'un indicateur morpho-climatique

- Des indicateurs existants

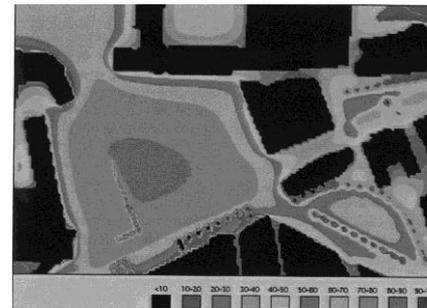
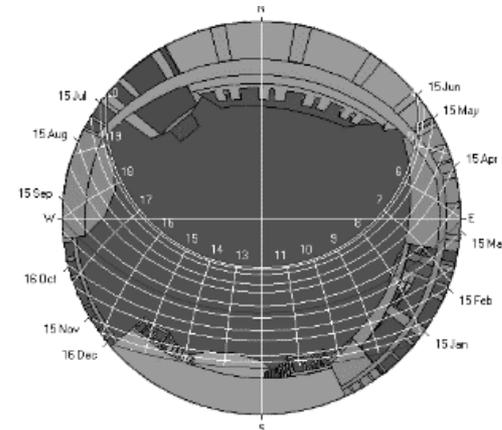
- Indicateurs numériques



« Morphométrie » du construit [Oke 1999]

- Vers un indicateur explicite, mesurable et applicable à plusieurs échelles spatiales

- Caractérisation graphique et numérique



- Rapport de masse
- Profondeur de vue
- Compacité
- Étalement
- Excentricité

Townscope [Teller 2001]

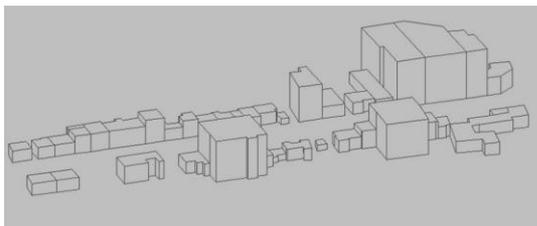
III. Analyse des effets des transformations du centre de Nantes

- Quelques limites au modèle

- Rue canyon?



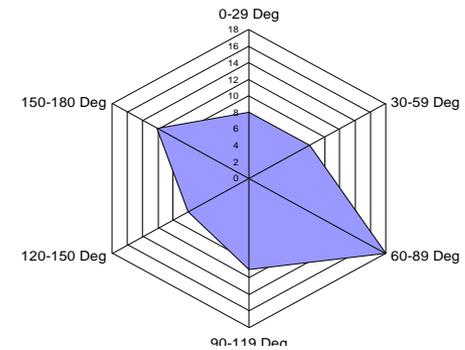
Fragments bâtis de Nantes



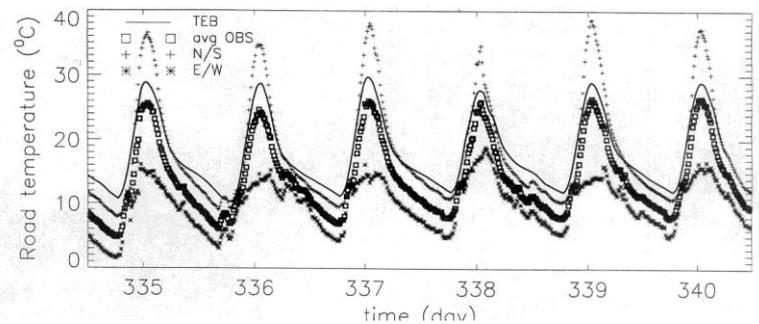
Une rue en périphérie du centre de Nantes

- Équiprobabilité de l'orientation des rues?

Variation des orientations d'une cinquantaine de rues autour du centre ancien de Nantes



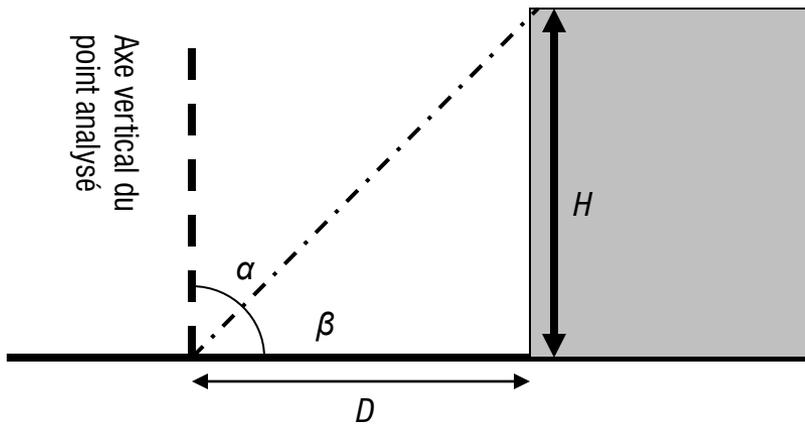
Orientation des rues en périphérie du centre de Nantes



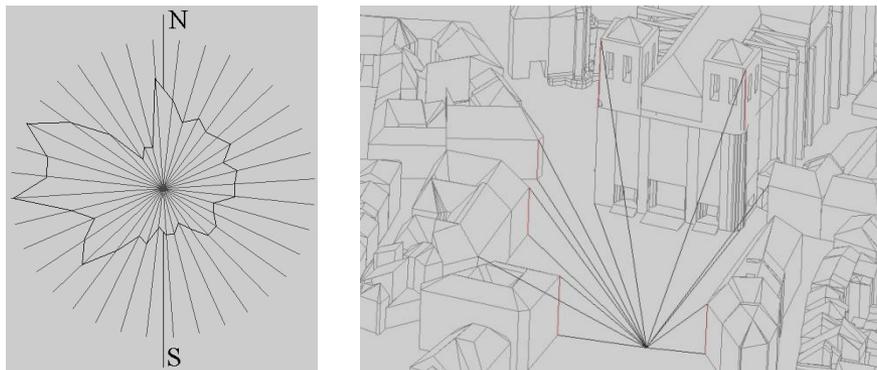
Température du sol selon l'orientation des rues [Masson et al. 2002]

IV. Proposition d'un indicateur morpho-climatique

- « L'ouverture directionnelle » du vide urbain comme indicateur

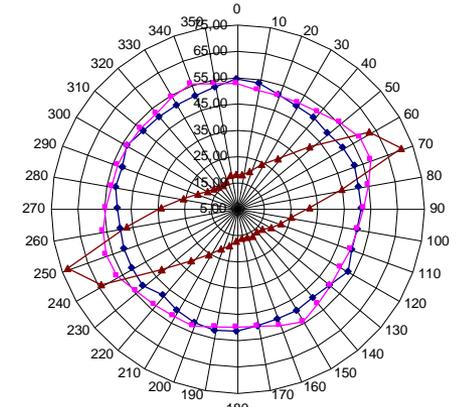


Le concept de canyon selon une analyse polaire

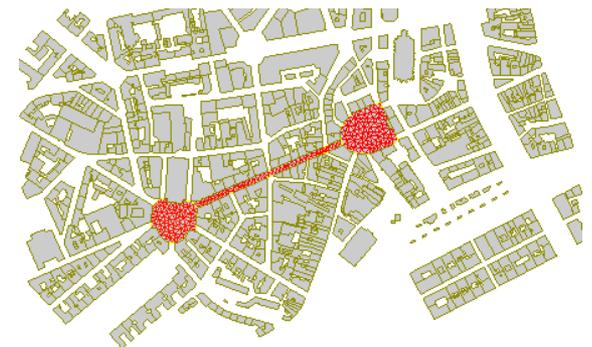


Choix du pas angulaire selon a complexité de l'environnement

Duverture directionnelle de la place Graslin, la place Royale et la rue Crebillon



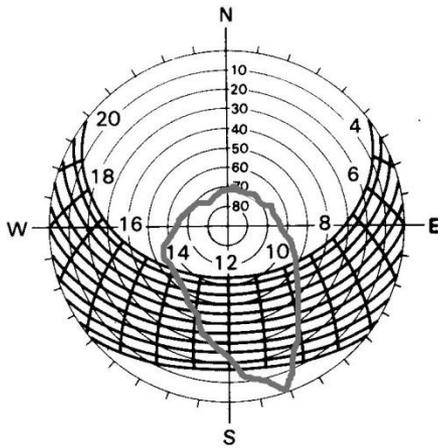
Projection sphérique équidistante



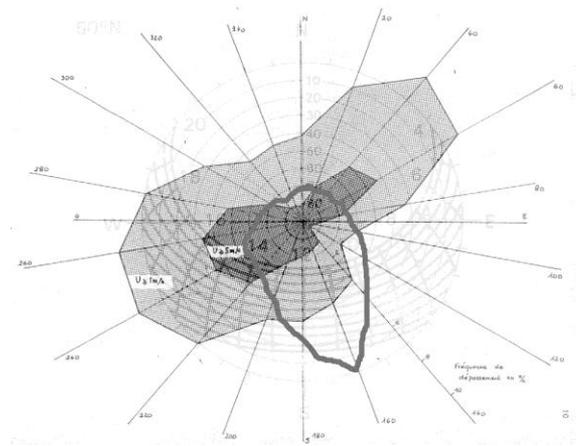
Exemple d'application à des espaces urbains

IV. Proposition d'un indicateur morpho-climatique

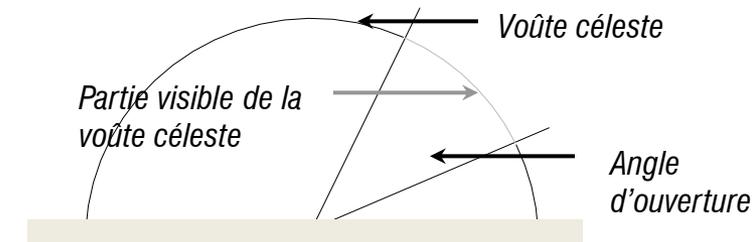
Éléments d'interprétation



Ensoleillement



Vent

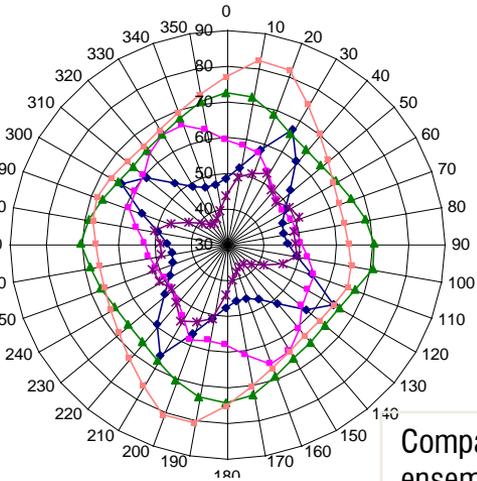


Portion visible du ciel selon un profil d'ouverture

Vue du ciel

IV. Proposition d'un indicateur morpho-climatique

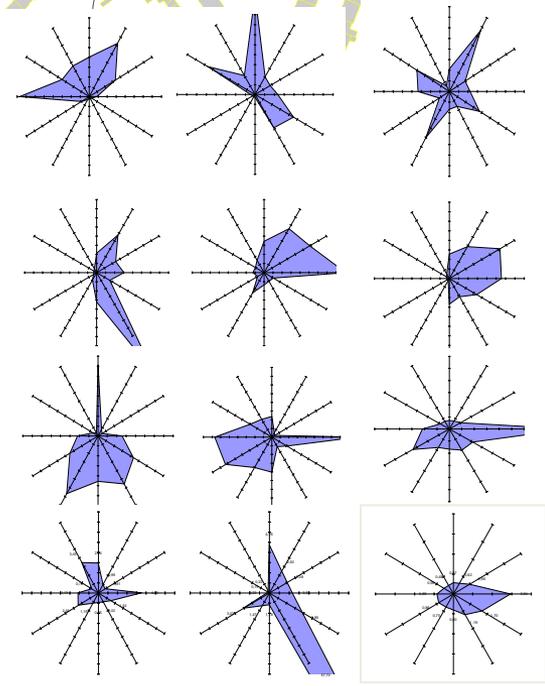
- Échelles d'application



Analyse d'un parcours

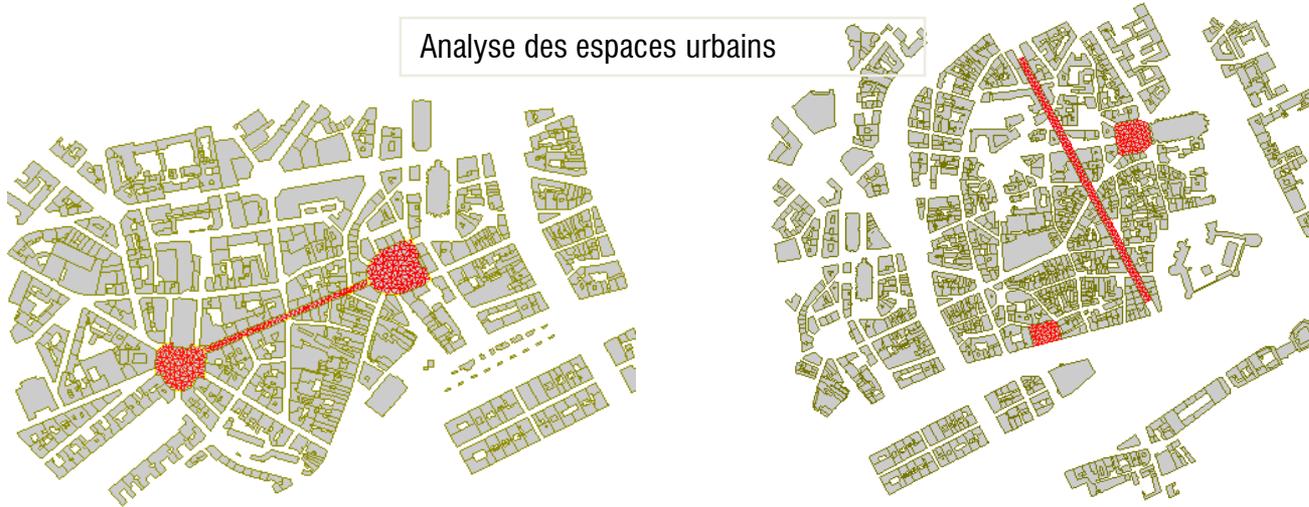


Comparaison des ensembles bâtis

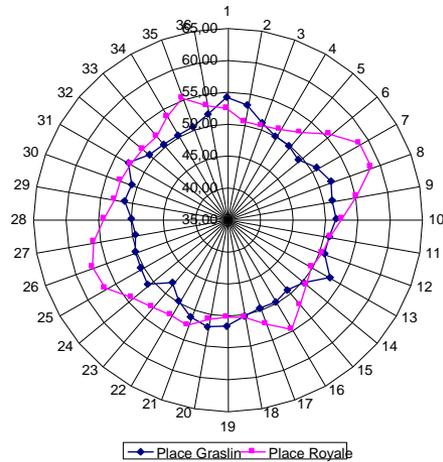


IV. Proposition d'un indicateur morpho-climatique

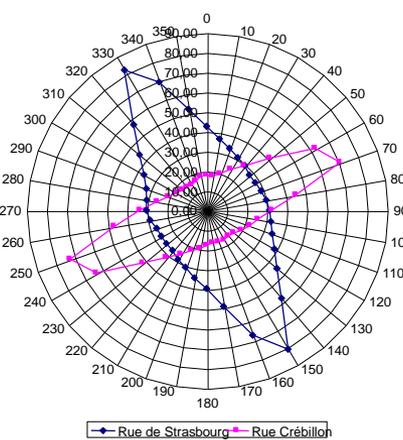
Analyse des espaces urbains



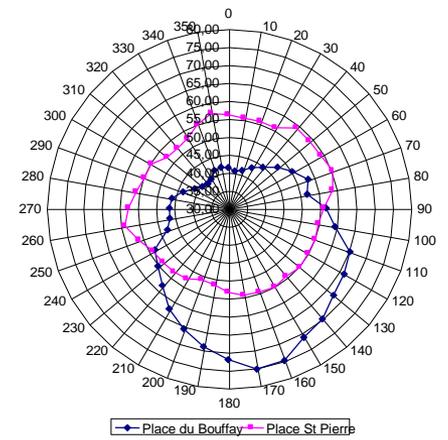
Ouverture directionnelle de la place Graslin et la place Royale à Nantes
(échelle de représentation 35° à 65°)



Ouverture directionnelle de la rue Crebillon et de la rue de Strasbourg
dans le centre de Nantes



Ouverture directionnelle de la place de Bouffay et de la place Saint Pierre
dans le centre ancien de Nantes (échelle 30° à 80°)



Ecocité de Zenata...

Une forme urbaine conçue avec le climat

Agence Franck Boutté Consultants

www.franck-boutte.com

43 bis rue d'Hautpoul 75019 Paris

T 01 42 02 50 80 / agence@franck-boutte.com

Concevoir la forme urbaine avec le Climat ... comment ?

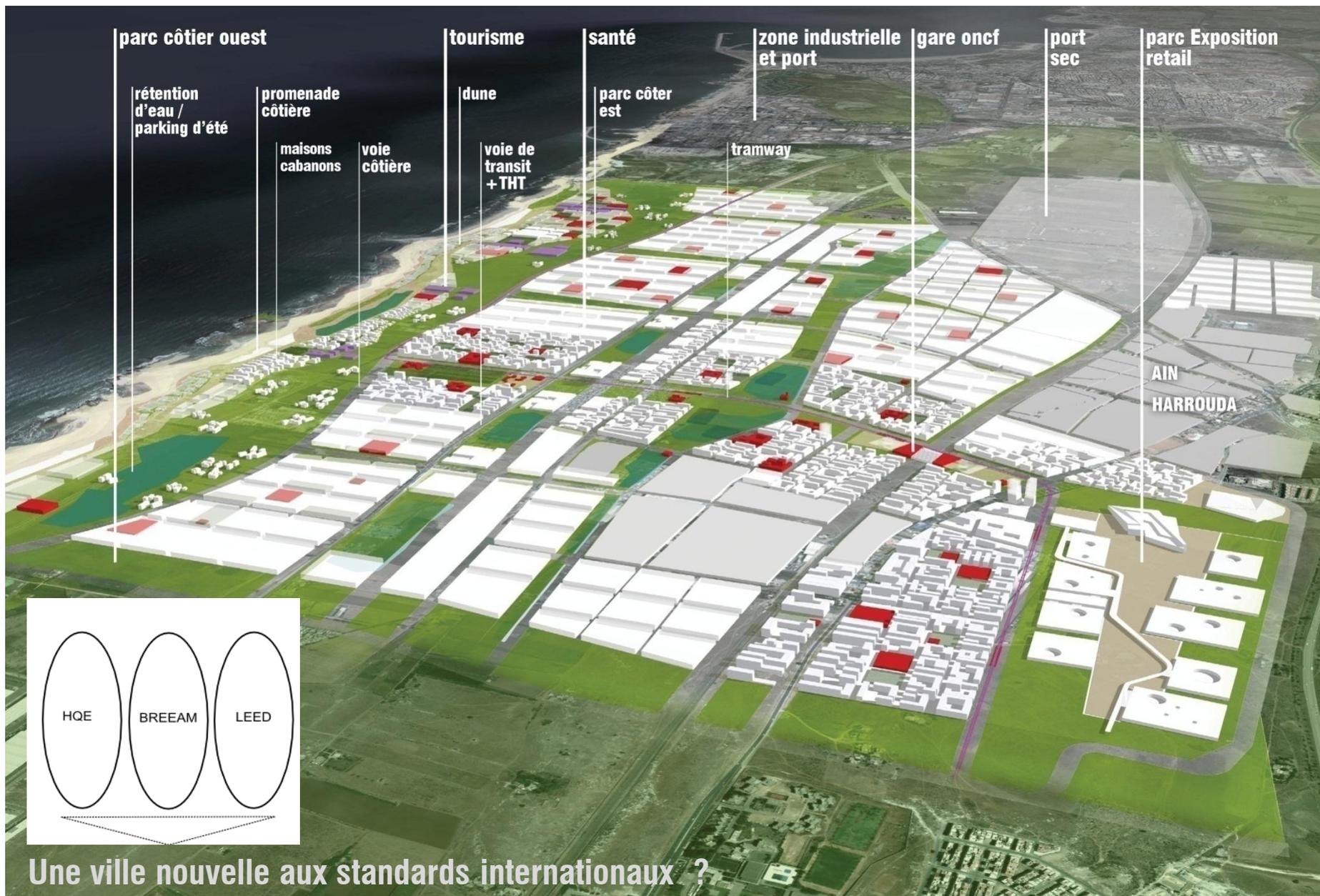
Ville nouvelle de Zenata (Maroc)

MOA : SAZ

MOEU : Reichen & Robert & Associés

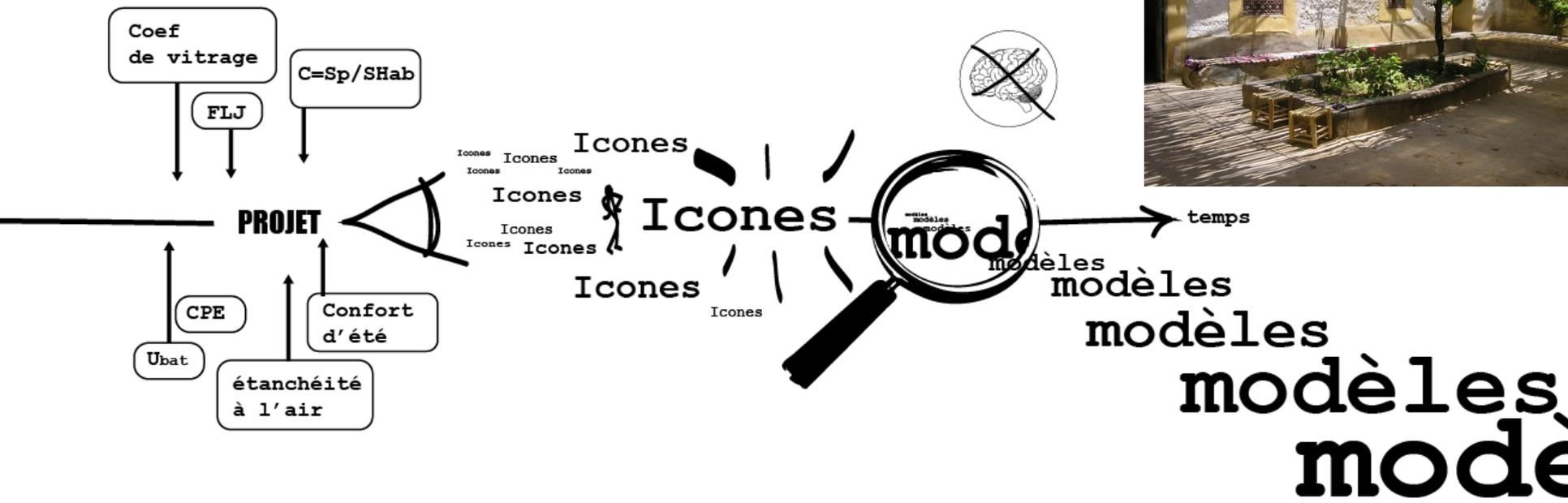
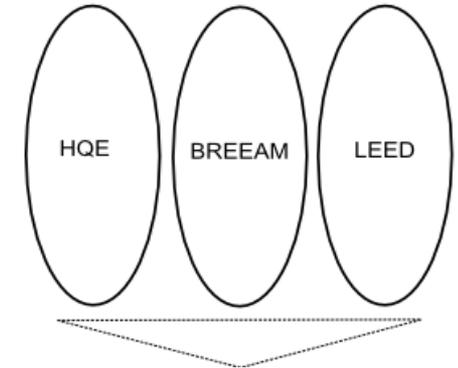
AMOEU : Franck Boutté Consultants



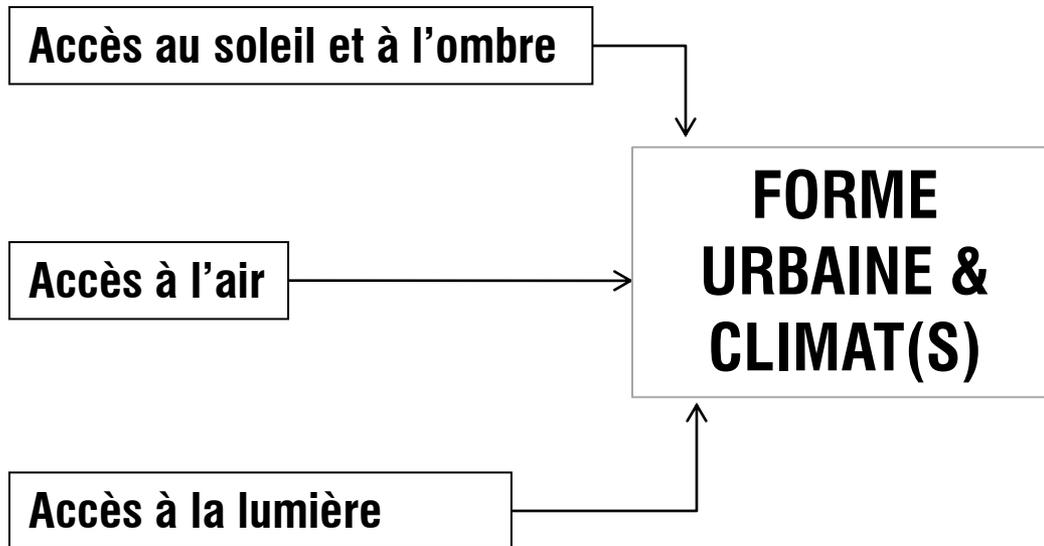


Une ville nouvelle aux standards internationaux ?

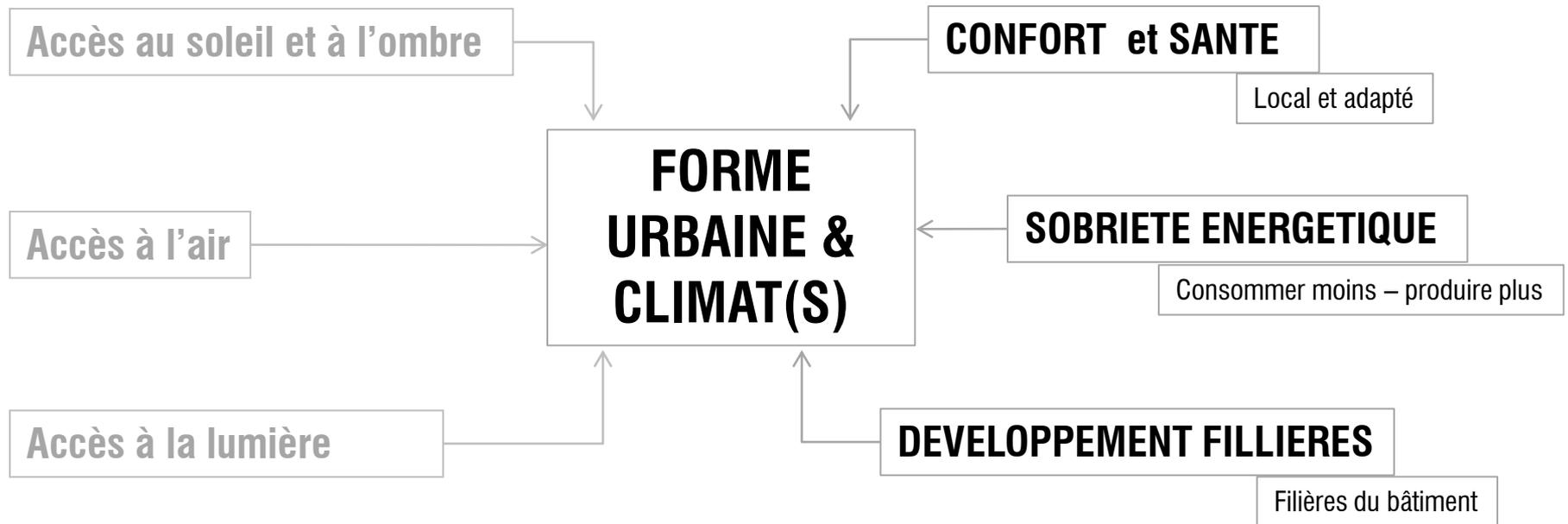
REPRODUIRE DES MODÈLES ?



CONCEVOIR LA VILLE AVEC LE CLIMAT ... POURQUOI ?



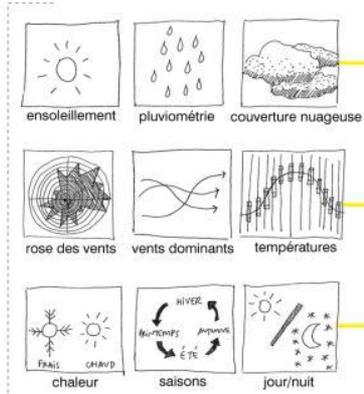
CONCEVOIR LA VILLE AVEC LE CLIMAT ... POURQUOI ?



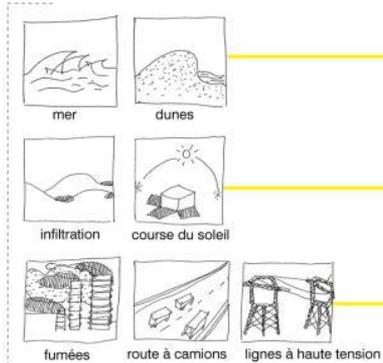
DU CONTEXTE ... À LA CONCEPTION

LES DONNEES CONTEXTUELLES

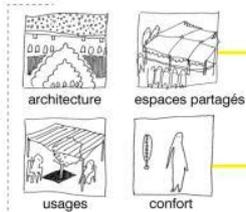
climat



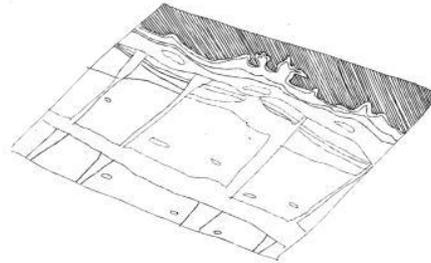
site



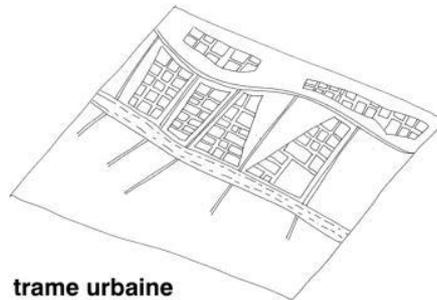
culture



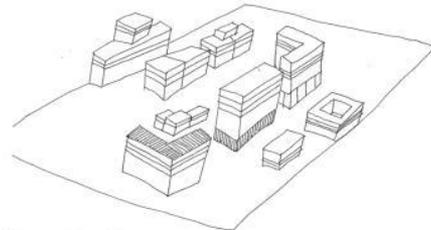
L'EMBOITEMENT DES ECHELLES



territoire géographique

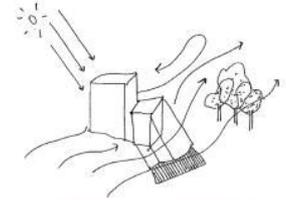


trame urbaine

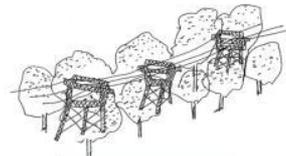


îlots de vie

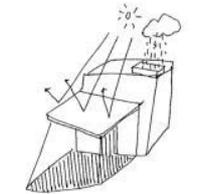
LES AXES DE CONCEPTION



VILLE
BIOCLIMATIQUE



POSITIVER LES
CONTRAINTES



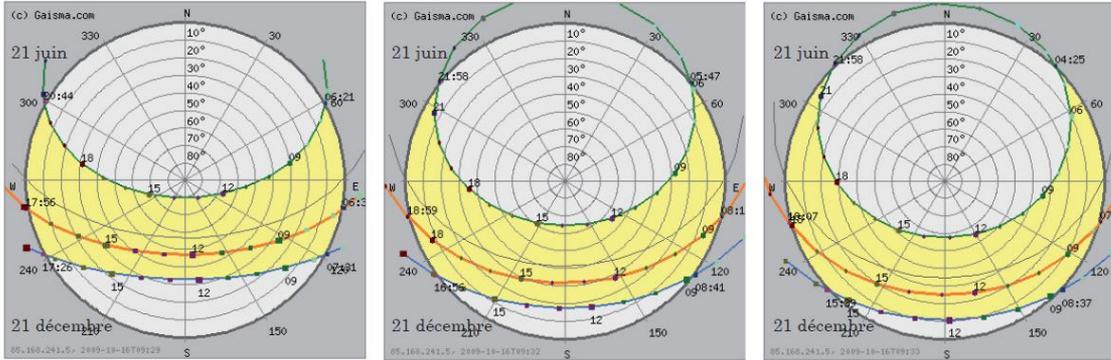
LOW-TECH
LOW-COST
HIGH EFFICIENCY

LES VALEURS

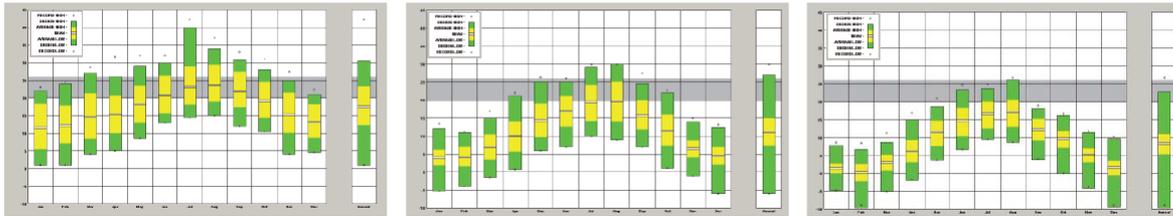
Une ville attractive,
fraîche et aérée,
plurielle et économe,
agréable à vivre

CONNAITRE LE CIMAT

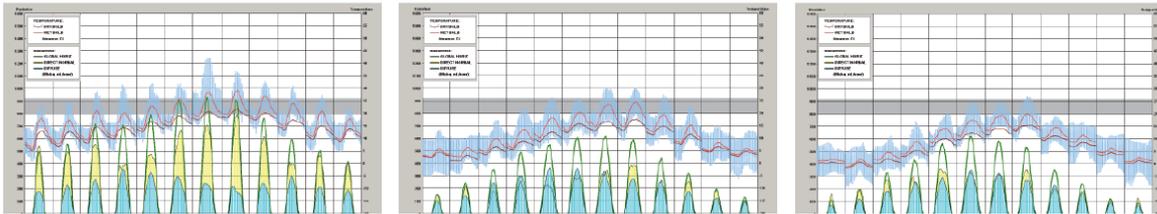
Diagrammes solaires



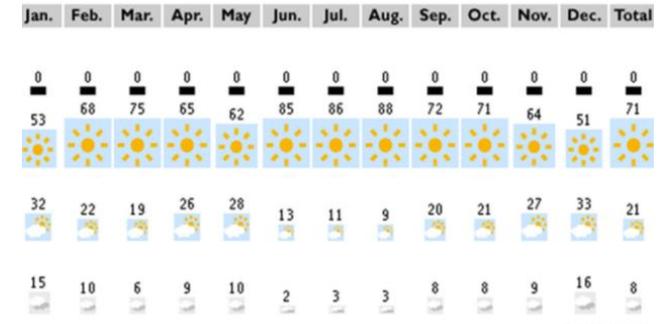
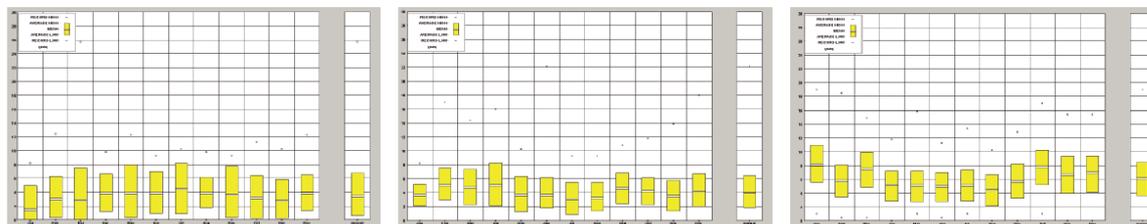
Températures moyennes mensuelles



Irradiation solaire et différentiel jour / nuit (moyennes horaires)

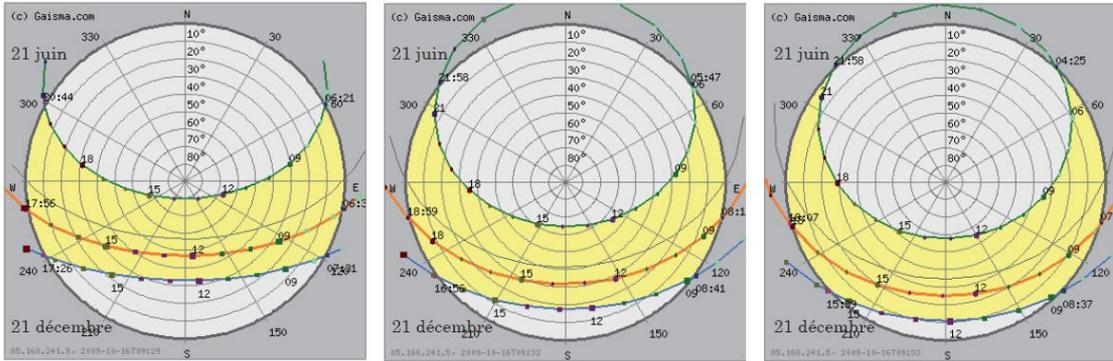


Force des vents

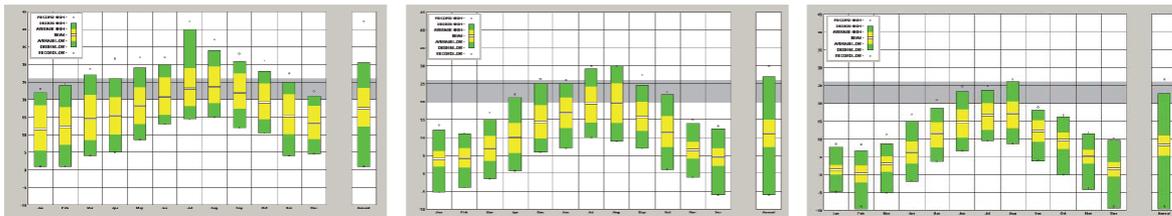


CONNAITRE LE CIMAT

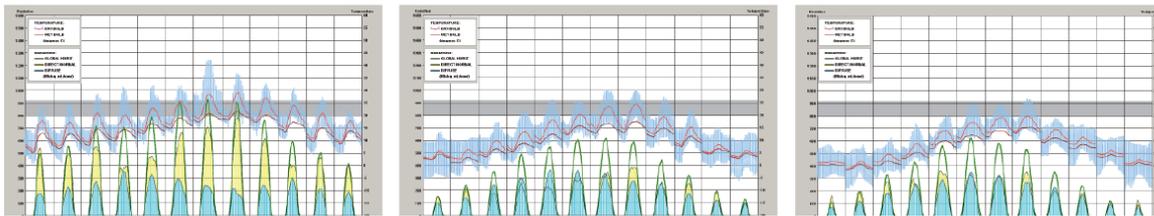
Diagrammes solaires



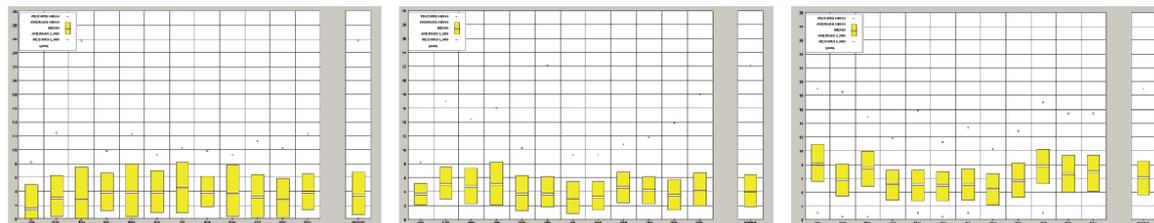
Températures moyennes mensuelles



Irradiation solaire et différentiel jour / nuit (moyennes horaires)



Force des vents



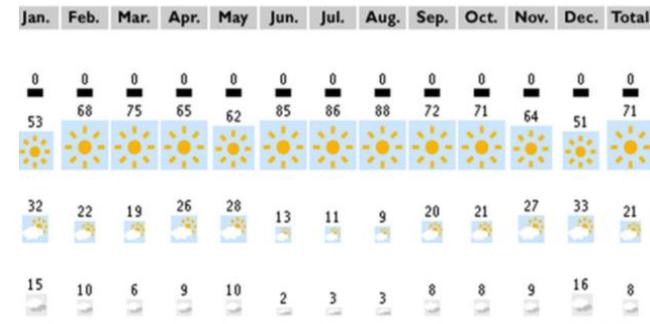
- **L'épaisseur du mur** comme protection solaire

- Un hiver peu froid et un mode constructif **sans isolations**

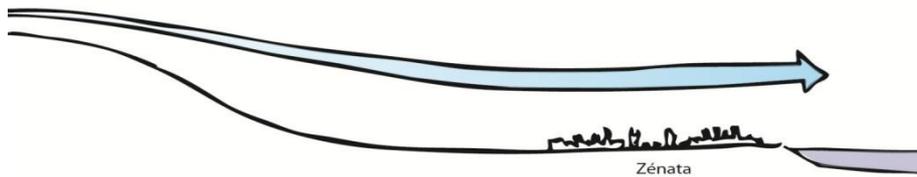
- Des **amplitudes de températures** favorables aux effets d'inertie

- Des **vents favorables à la ventilation** et un climat assez humide

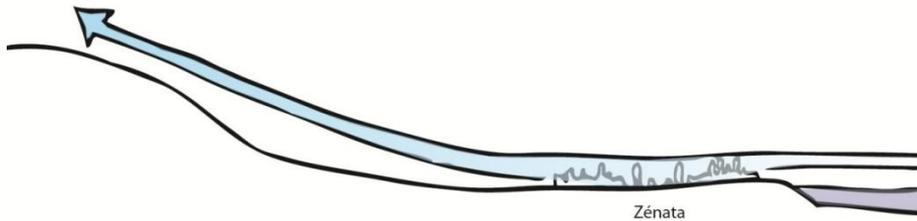
- Des rayonnements solaires importants et des **ombres attractives**



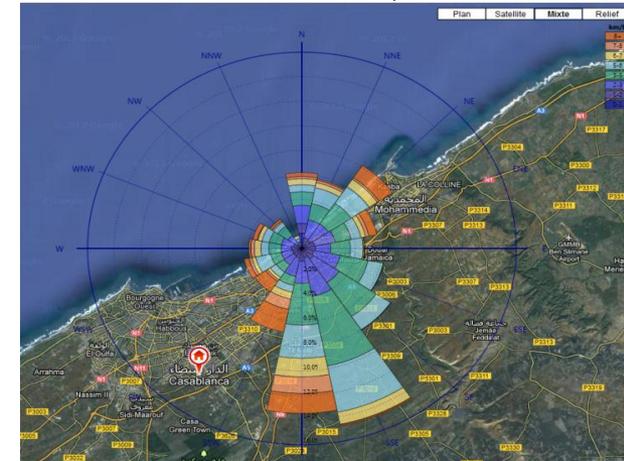
HIVER: le relief de l'hinterland protège la ville des vents froids



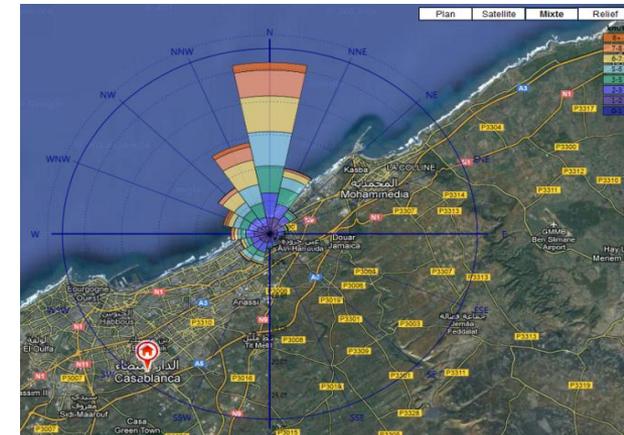
ÉTÉ: la ville profite des vents rafraichissants venus de l'océan



Moyenne hivernale (décembre-février)



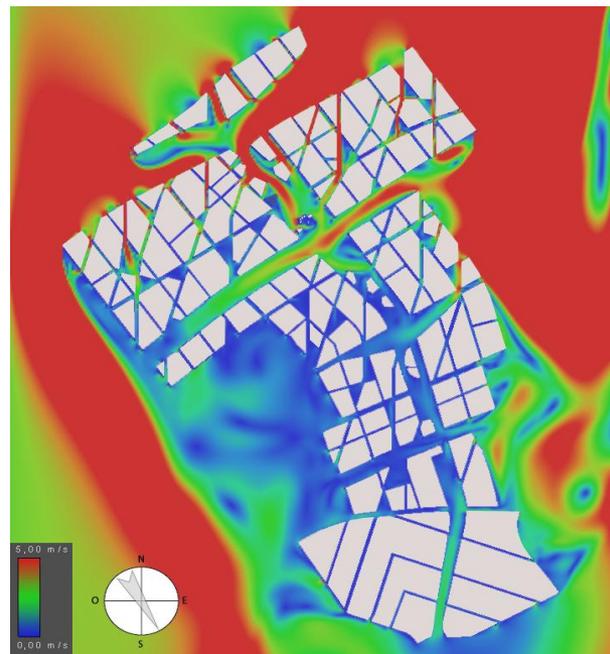
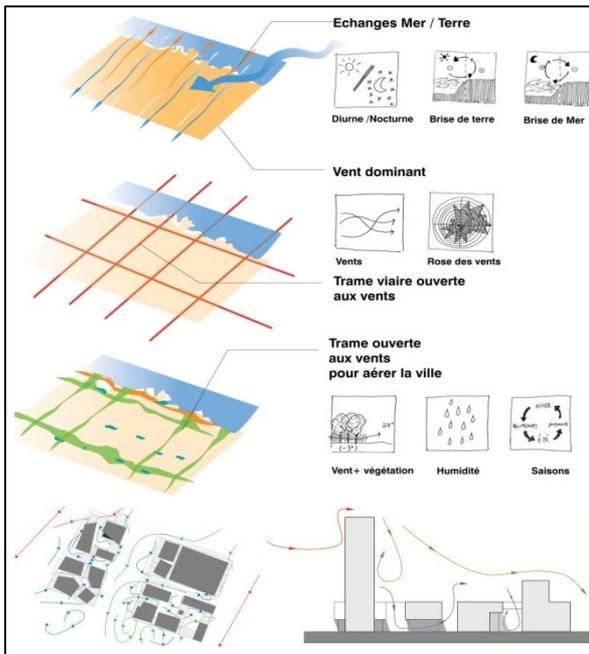
Moyenne estivale (juin-septembre)



FIGURES DE CONCEPTION ... échelle climatique locale

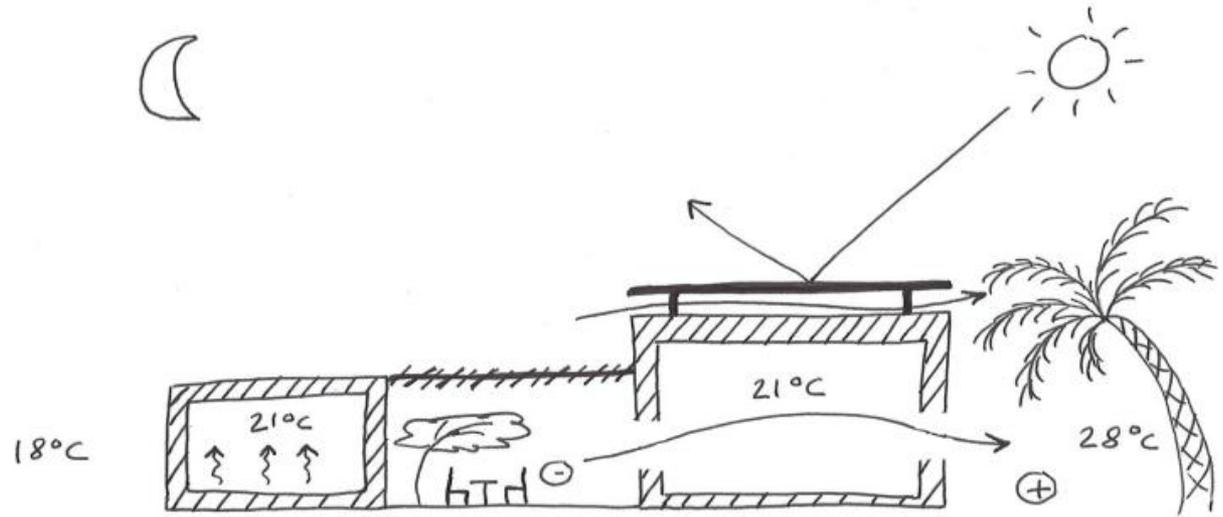
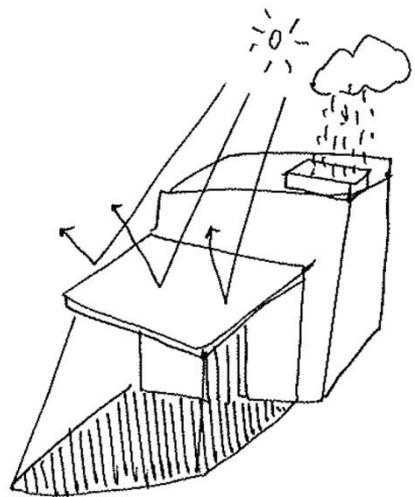
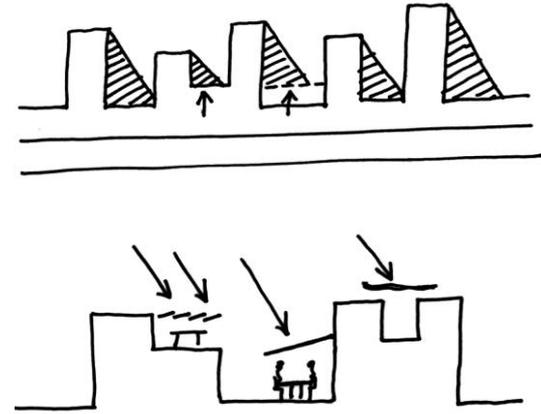
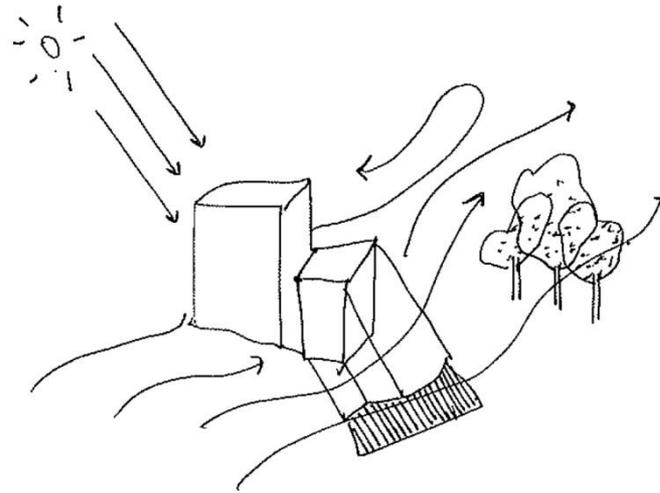
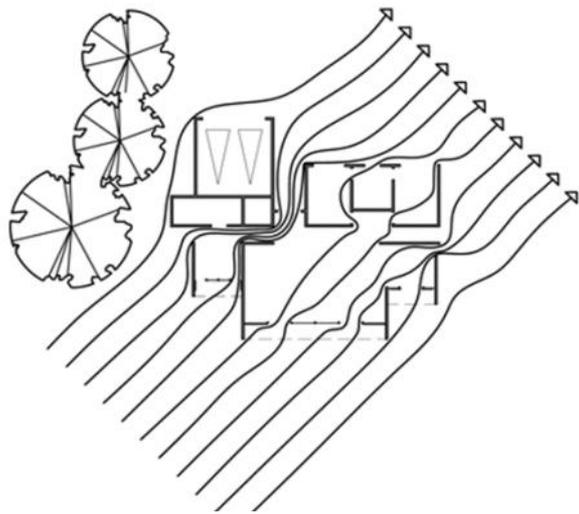


LA TRAME AERAUQUE

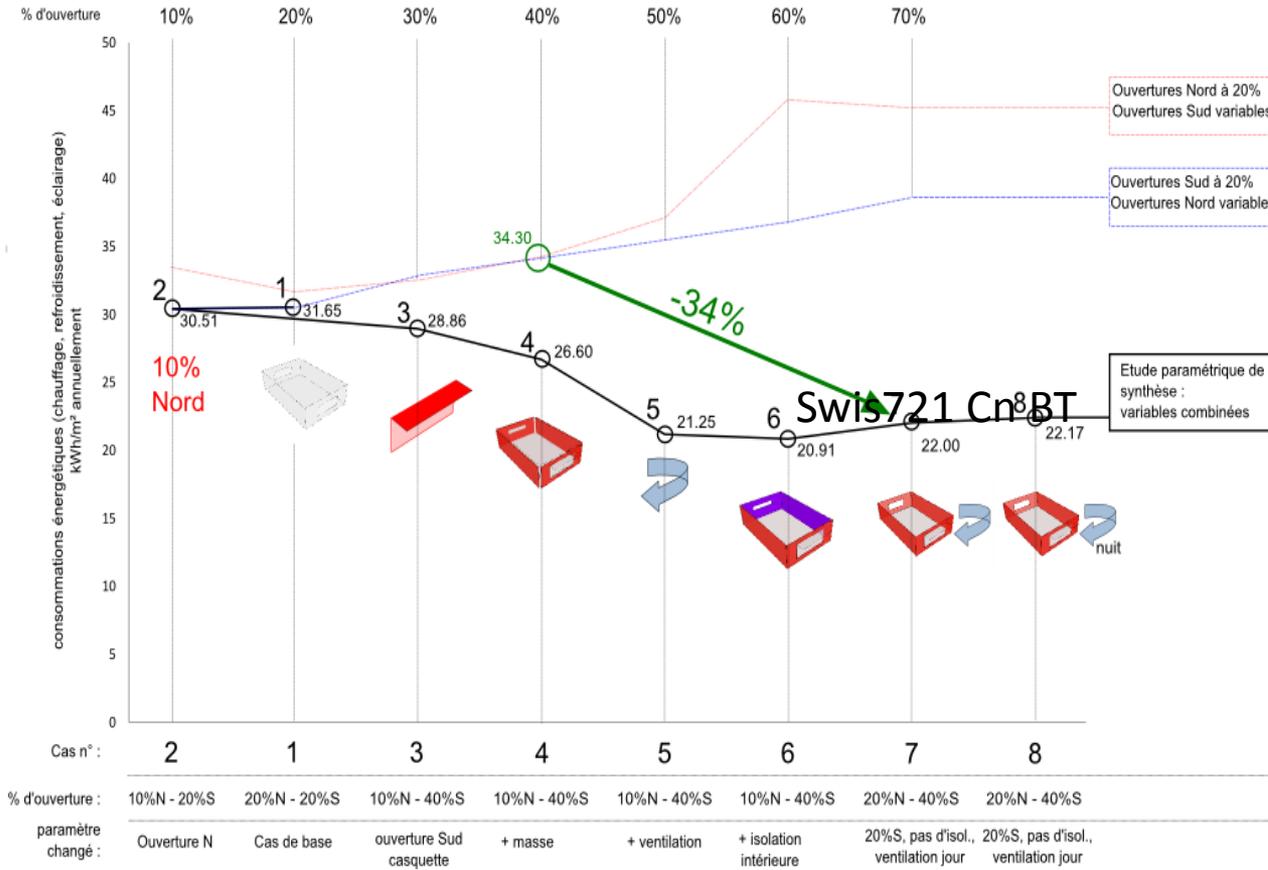


FIGURES DE CONCEPTION ARCHITECTURALE ...

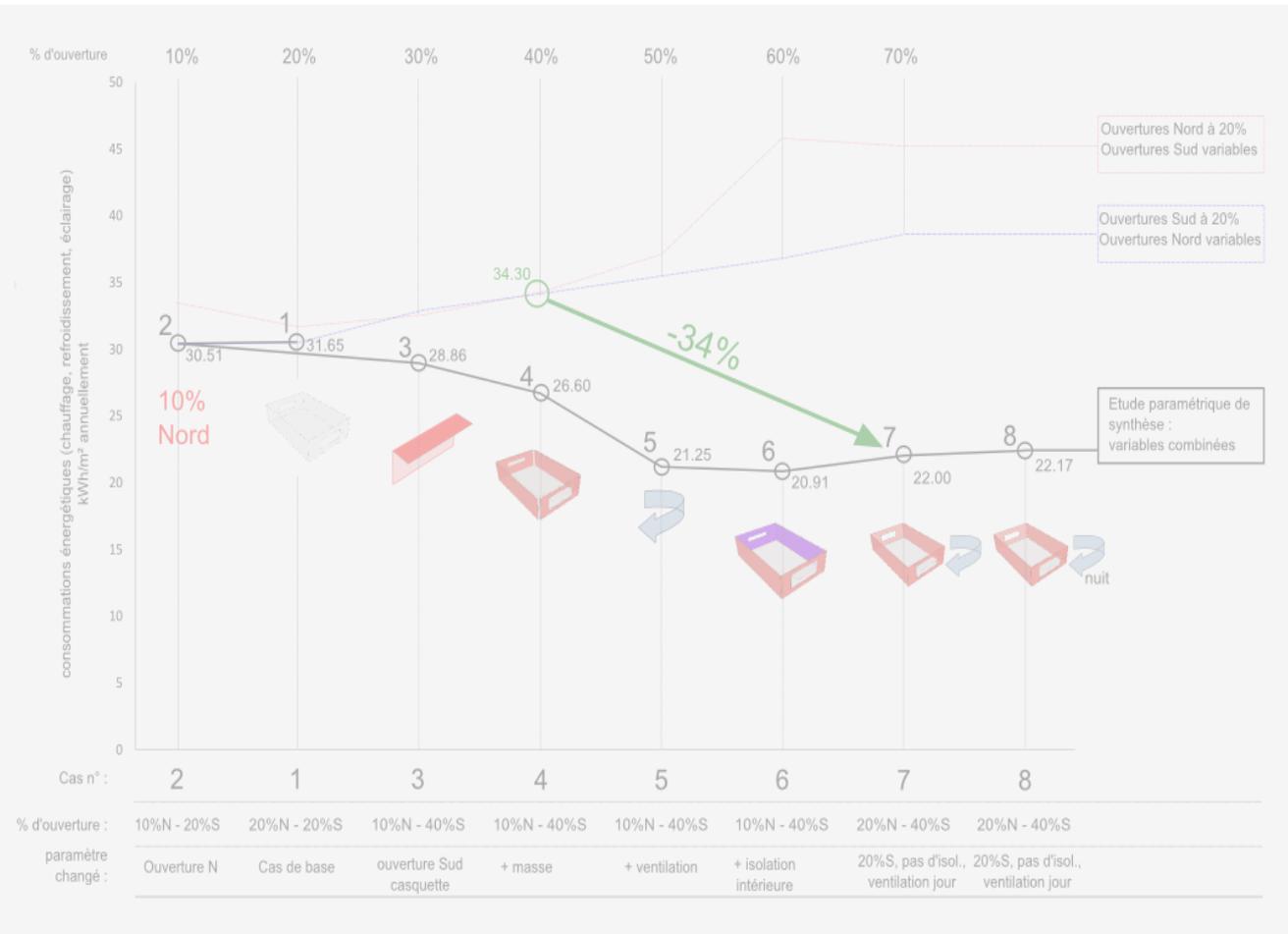
OMBRES POSITIVES, VENTILATION NATURELLE, PATIOS DE FRAICHEUR, TOIT HABITE



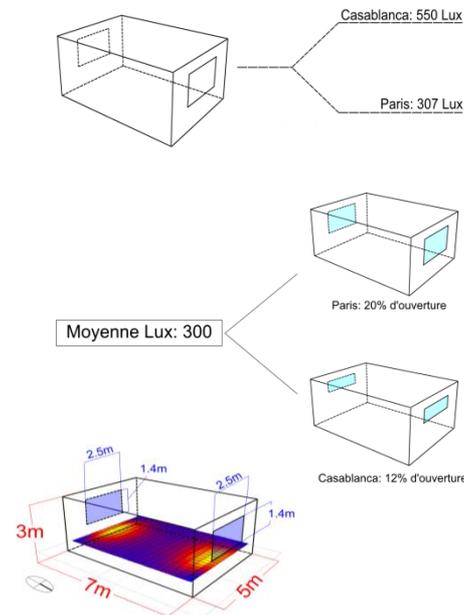
VERS UNE ECOLOGIE DU SUD / PRESCRIPTIONS POUR UNE ARCHITECTURE « ORDINAIRE » PASSIVE



VERS UNE ECOLOGIE DU SUD / PRESCRIPTIONS POUR UNE ARCHITECTURE « ORDINAIRE » PASSIVE



LUMIERE NATURELLE FLJ : 1 à Paris = 2 à Casablanca

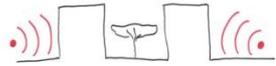


VILLE NOUVELLE DE ZENATA / A L'ECHELLE DES LIEUX DE VIE DES STRATEGIES ARCHITECTURALES LOW-TECH, NO-COST

Patios



Ilot de fraîcheur

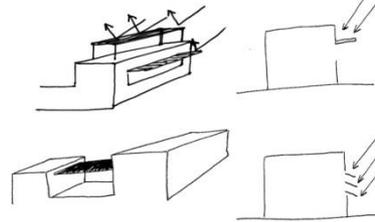


Protection contre les nuisances sonores



Différentiel de température: ventilation passive

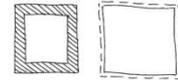
Protections solaires



Sur-toitures, auvents, pergolas

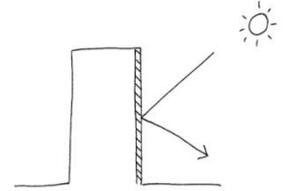


Enveloppes protectrices



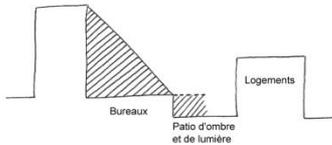
Epaisseurs protectrices variables selon les programmes

Albédo

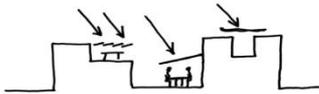


Revêtements de façades clairs (fort albédo) pour se protéger de la chaleur

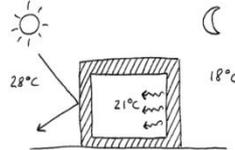
Usages



Organisation des usages selon les contraintes existantes (nuisances sonores, accès au soleil, vents)

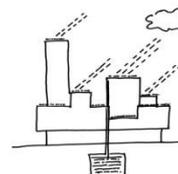


Inertie thermique



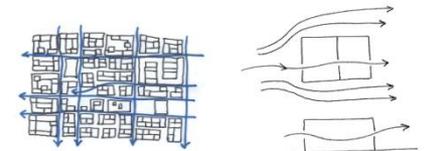
Utiliser l'inertie pour se chauffer en hiver et se rafraîchir en été

Eau pluvieuse

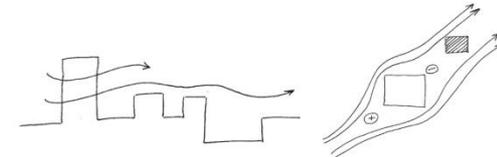


Récupérer l'eau pluviale sur les toitures

Vent



Ventilation naturelle à l'échelle de l'unité de vie et du bâtiment



Protection contre le vent

**VERS UNE ECOLOGIE DU SUD /
INVENTER UN REFERENTIEL ENDOGENE**
Culture constructive et savoir-faire locaux

