



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de
l'Écologie, du
Développement
durable et
de l'Énergie

Ministère
de l'Égalité
des Territoires
et du Logement

PUCA

plan
urbanisme
construction
architecture



POPSU

PLATE-FORME D'OBSERVATION
DES PROJETS DE STRATÉGIES URBAINES

Îlots de chaleur urbains Stratégies des villes face aux changements climatiques

Session 1

27 & 28 novembre 2014, à Barcelone

Ouverture du séminaire

Emmanuel Raoul

Secrétaire permanent du PUCA – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère du Logement, de l'Egalité des territoires et de la Ruralité

Merci de votre accueil dans ces locaux magnifiques pour cette sixième édition du programme POPSU Europe consacrée aux îlots de chaleur urbains.

L'un des intérêts d'être à Barcelone c'est que l'on va pouvoir se nourrir de l'approche que vous avez à Barcelone sur ces questions. La question des îlots de chaleur une question qui recueille énormément de suffrages, tout le monde se pose cette question, tout le monde se dit que c'est vraiment une question qu'il faut travailler, que c'est un sujet en devenir. Il faut que nous en profitions, c'est-à-dire que nous reconnaissons que nous en sommes finalement au début du travail, un travail absolument considérable puisque nous savons que nous ne pouvons pas empêcher le réchauffement climatique, on pourra peut-être le limiter mais on ne l'empêchera pas. L'adaptation à ce changement climatique passe entre autres par ces questions d'îlots de chaleur et nous savons tous que dans nos villes, en particulier les villes denses, villes denses qui ont par ailleurs des intérêts tout à fait importants en termes de développement durable, se posent des questions d'îlots de chaleur tout à fait difficiles, tout à fait complexes. Lorsqu'on passe du centre de Paris à la périphérie, il y a un gradient de température qui est pratiquement de 4°C, ce qui est quand même considérable pour aujourd'hui et qui sera encore plus considérable demain.

C'est un sujet qui intéresse également l'Ademe, qui est notre partenaire dans cette opération et qui aura sans doute l'occasion de présenter les travaux qu'elle mène sur le sujet. Ce sont bien entendu les villes qui sont les partenaires principaux de POPSU Europe puisque ce sont elles qui construisent, ce sont les autorités locales qui construisent les villes dans les différents pays européens, donc c'est bien avec ces collectivités que nous avons construit cette approche et que nous la concevons. L'idée c'est de faire le lien avec la recherche, donc le PUCA est dans son rôle habituel de passeur, d'intermédiaire, entre collectivités, administrations et chercheurs. Aujourd'hui et demain, nous allons essayer de faire la même chose.

Je ne vais pas être plus long parce que l'important c'est bien évidemment nos travaux et surtout nos discussions sur ce sujet en devenir. Au-delà des îlots de chaleur, la thématique de l'énergie à l'échelle de la métropole est un sujet extraordinairement vaste, il y a énormément de questions qui s'y rattachent. L'Etat est évidemment concerné, ce n'est pas parce que ce sont les collectivités qui sont aux commandes que l'Etat peut se désintéresser de ces sujets. Nous recherchons aussi à être les *go-between*, les intermédiaires par rapport aux administrations d'Etat. Merci à tous et à toutes d'être venus nombreux sur cette thématique, je suis certain que nos travaux vont être extraordinairement riches et efficaces. Encore merci à la Ville de Barcelone et à vous, Monsieur le Directeur, de nous accueillir.

Virginie Bathellier

Directrice de la plateforme POPSU – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère du Logement, de l'Egalité des territoires et de la Ruralité

Bonjour à tous. Pour ceux qui n'ont jamais participé à un séminaire de POPSU Europe, je vous rappelle que ces séminaires ont débuté en 2009 et sont renouvelés chaque année autour d'une thématique. Nous avons abordé la question des gares et de la grande vitesse, la question des piétons dans la ville et celle des jardins aux différentes échelles de la métropole, ainsi que le thème des inondations et du renouvellement des approches

urbaines architecturales. Cette année, avec Jean-Jacques Terrin et Jean-Baptiste Marie, nous avons choisi d'explorer avec vous la question des îlots de chaleur, un sujet complexe qui peut battre en brèche certaines idées reçues. Ce sujet fait aussi la jonction avec certaines thématiques qui ont été abordées lors des séminaires précédents comme la question de la mobilité douce ou la végétalisation en ville, mais aussi l'eau considérée comme une ressource pour la ville. Je pense qu'il y a des interconnexions et, là aussi, comme pour les thématiques précédentes, les questions d'usages et de gouvernance sont évidemment centrales. Il faut essayer de penser à des solutions plus systémiques en décloisonnant les approches. Ce sont cependant des réflexions récurrentes qui restent difficiles à mettre en œuvre.

Avant de passer la parole à Jean-Jacques Terrin, je vous indique que les actes des séminaires de Barcelone et de Vienne seront accessibles sur le site de POPSU. Par ailleurs, Jean-Jacques et Jean-Baptiste en parleront peut-être demain, il va y avoir toute une organisation autour de la constitution de l'ouvrage collectif qui va être dirigé par Jean-Jacques Terrin, avec des contributions qui seront demandées aux experts, aux chercheurs et à chacune des collectivités participantes. Je vous remercie pour votre participation aujourd'hui et surtout Barcelone qui nous reçoit.

Introduction et problématique du séminaire

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Je vous propose de cadrer les thèmes de ce séminaire. La grande thématique générale, vous la connaissez, c'est le différentiel de chaleur qui existe et qui va augmenter dans nos centres-villes. On parle d'un certain nombre de degrés d'augmentation de la température dans les centre-ville mais, au fond, les experts ne savent pas de comment ni à quel niveau cela va se passer, on est encore dans une phase extrêmement expérimentale. On a quand même mesuré des pics, notamment en Région parisienne, qui vont jusqu'à 8,5 °C au mois d'août entre le centre de Paris, le boulevard Sébastopol, et des stations situées en périphérie de Paris, ce qui est énorme.

Je voudrais vous faire part d'une petite expérience personnelle que j'ai eue à Montréal cet été. Le grand boulevard de l'Acadie traverse la ville de Montréal, vous voyez à gauche le quartier de Mont Royal qui est un quartier d'habitations de qualité, habité par des gens qui ont visiblement de gros moyens, et en face un quartier en devenir relativement défavorisé, habité par les immigrants, pour l'essentiel Pakistanais. Quand on traverse ce boulevard, on ressent 5 °C de différence de température. On peut observer que d'un côté le quartier est planté et que de l'autre il ne l'est pas mais cela ne suffit pas pour tout expliquer. Il y a évidemment les plantations, évidemment les modes de circulation qui diffèrent, mais il y a aussi un mode de construction qui est différent, il y a un mode de vie qui est différent, il y a un mode d'habiter qui est différent, il y a des comportements qui sont différents. Je pense qu'il faut que l'on aille au-delà des aspects purement techniques, des aspects purement physiques, pour aller aussi vers les questions à la fois sociales et économiques, et pour voir comment ces quartiers se comportent. On voit aussi que la structure urbaine est extrêmement différente, les îlots sont beaucoup plus larges à Mont Royal, et je crois que l'on ne peut donc pas en rester aux questions purement physiques.

Ensuite, je voudrais rappeler pour la forme que les constructions existantes à réhabiliter représente 88 % dans travaux à réaliser dans les villes et que les 12 % de bâtiments neufs sont relativement peu significatifs pour les questions qui nous concernent. Je vous propose trois exemples, Chicago, Paris et Alger, qui donnent une idée de la difficulté technique de ce qui nous attend si on veut faire baisser la température dans nos villes. Quand je vois cette photo de la ville de Chicago, je me demande comment on va faire. On nous montre parfois des photos avec un peu de verdure sur les toits et parfois même sur les façades, mais est-ce que c'est cela qui va résoudre le problème ? Paris pose, elle, la question qui est celle de la plupart de vos villes, c'est la relation avec le patrimoine, le patrimoine bâti, c'est-à-dire comment on réduit les îlots de chaleur dans un tissu patrimonial qui n'est pas facile à modifier. Puis j'aimerais que l'on pense aussi à nos voisins méditerranéens, en l'occurrence ici à la ville d'Alger, qui pose d'autres types de problèmes, mais pour lesquelles se pose la même question. Je pense qu'on peut difficilement parler de ce sujet, étant à Barcelone, au bord de la Méditerranée, sans aborder l'ensemble des rives de notre mer commune.

Je vais reprendre rapidement les trois grandes thématiques que l'on vous a adressées, non pas pour insister car vous les connaissez déjà, mais, comme c'est un sujet qui est extrêmement vaste, je crois qu'il faut que l'on essaie d'avoir la rigueur de tenter de répondre précisément à ces questions.

- La première question est récurrente et on la voit émerger chaque fois que l'on parle de ce sujet, c'est le problème de la densification et le problème des formes urbaines engendrées par la volonté de répondre d'une façon stratégique au changement

climatique. La densification à laquelle un certain nombre d'urbanistes, de villes, d'architectes aspirent pose un certain nombre de questions en termes de masques, de protections solaires, etc. Est-ce que c'est la solution ? J'aimerais que l'on puisse en discuter. Est-ce qu'il faut plutôt aller vers une densification verticale du type Shanghai pour résoudre nos problèmes ou est-ce qu'on devrait être plutôt dans une recherche d'horizontalité ? Il s'agit d'un vrai débat qui, si on l'aborde sous l'angle du changement climatique, risque de modifier nos points de vue. J'aimerais bien vous entendre là-dessus, savoir quelles sont vos stratégies en la matière.

- La deuxième question est plutôt d'ordre technique, elle porte sur les moyens qui permettent de renforcer la lutte contre les îlots de chaleur par la gestion de l'eau, la végétalisation, le traitement des façades, le traitement des toitures. On sait qu'il y a toute une série de choses qui sont à faire, on ne peut évidemment pas les ignorer mais il faudra qu'on les aborde dans une globalité urbaine et non pas d'une façon trop technique et sectorielle.
- Ensuite, et je pense que cela sera un débat intéressant, il y a tous les outils dont disposent les villes, et je pense qu'on va sûrement avoir des réponses ou des propositions intéressantes à la fois en termes de réglementation, en termes de simulations, et surtout d'évaluation, ce qui représente la grosse difficulté actuelle. En effet, on sait imaginer des solutions innovantes, on sait élaborer des réglementations, on a déjà pas mal d'outils de simulation, mais on a très peu d'outils d'évaluation.

Voilà les trois points sur lesquels on va essayer de dialoguer aujourd'hui et demain, puis nous poursuivrons ces débats à Vienne.

Barcelona

Marc Montlleo

Directeur de projet de l'Environnement, Barcelona Regional

Hello, I'm going to excuse myself because my French is not very good. So I will speak in English if possible. But I only did this, got put in contact with the Metropolitan Area through Popsu, so that's my only job (laughter). The rest has been heard by the Metropolitan Area. These are the people working here, the ones who organised the bars and the visits, made possible these meetings, so the other thing I would like to explain is that...

...Mainly located in the urban area close to the sea, but we also have municipalities in the mountains, like Begues or Cervelló, with very low-lying city and built between forests. So the effect will be very different from one municipality to another – in this case. This is a little bit the evolution of how the metropolitan area has been transformed in the last five decades. This also has created that [meant that] the urban heat island effect probably has changed quite a lot in the last fifty years.

I will go back again so you can, this is in 1966... 1956, sorry.

These are in 2000 and this is in 2009. So probably this urban form again will have, ah, for sure it has changed the urban heat island effect along [all through] the metropolitan area. We have 52% of open space, so between [a mix of] forests, agricultural land, ah, wetlands, parks. 88% of the metropolitan area is already built, so we are more or less in balance. But where the open space is related to [found in conjunction with higher elevations] heights, to mountains, and [these are] mainly are forested. Those from this [Out of this] 52% of open space, 88% is protected; and [this is the] same sort of figure for natural parks, or [those] protected by European legislation because they are in the Natura network.

Jean will explain a little bit more about this, and he will give you the detail, but the urban area has 34 parks, around 200 hectares of parks. They are distributed along all [all throughout] the area. And, well, they are also maintaining the sea front and the beach of the whole metropolitan area. There is 32 kilometres of beach that the citizens can use, with very different typologies of beach in this area.

There's a little bit of information on land cover. You could see here what I told you: that mainly what we have protected, or very well protected, are mountains or wide hill-slopes, mainly forested vegetation or covered by forest vegetation. We also have protected the wetlands area close to the airport, and close to the river Llobregat, which is here.

This is also an image explaining changes in land use, from 2000 to 2009, and we will see in the last half-century [there have been] changes in our area. You can see it here, it's been very dynamic. We have changed a lot. Mainly heat infrastructure but also many of the municipalities have been growing and spreading all over our area. Oh, the, in red, it's changes in land use. So, mainly, for example, from here, okay, you would see that we enlarged the airport. We have enlarged and changed the Llobregat river mouth and also the harbour. All this has changed and, industrial areas, and the municipalities that are located here, they have been changing. So this is land cover change, it went [has transitioned] from forest, or from agricultural [land], to urbanised [areas], or infrastructure.

Okay. This is an image of urban density: related to inhabitants, not dwellings. We will see afterwards some images of dwellings. Obviously, the urban continuum between L'Hospitalet and Sant Adrià, Barcelona is what we can see here and then we see different municipalities

along the Llobregat Delta, Gavà, Viladecans, Castelldefels, okay, and municipalities behind Collserola.

But the main dense area in urban population is the centre of Barcelona. This shows a little bit these differences, when we look at the municipalities that we have around the metropolitan area we can see that we have – like Begues, which I told you it's located a little bit up hill, and in the forest. So with quite a small amount of inhabitants. And we can go to L'Hospitalet which has less than a 1/4 million inhabitants. You see the differences in some, in several, environmental indicators: how this urban form or this urban density can explain some of this relation [explains this relationship]. For example, if we take a look at the water consumption in a low-density neighbourhood, or low-density village – in this case, it's around 137 litres per inhabitant per day. And if we go to L'Hospitalet de Llobregat it's much less.

Obviously this urban form also it's related to the amount of light that you are using in streets. The amount of vacant cars that people are owning in these villages. The amount of waste that they are producing, and the urban forms we have seen, can also help or be against this dispersion, and the heat dispersion around this area.

Okay, one of the objectives of the discussions and the work is urban heat islands, and when you take a look on the Internet you always see this picture. But I would love to see this image related to real numbers, and in our case, in the Metropolitan Area of Barcelona. So that's the question that we have to win, in those days and in the future works, we would like to know how this is effecting our municipalities, our metropolitan area, [we want] to take measures, to discuss probably with you and other teams, to see how we can make policies, or legislation, or projects that could reduce the effect of this urban heat island.

Well I will ask to be excused by the professionals of meteorology because we did this, [the following] we only take the minimum temperature at night in wintertime, along [within] different municipalities and different stations in the metropolitan area. And you could see that this is the temperature at night in El Carmel (?) so, [in the] old town of Barcelona, and this is in El Prat de Llobregat, which is close to the river, and also close to the sea. You could see, obviously, the differences between temperature – being inside, or in the middle or the core of the metropolitan area, or being in a municipality outside, it's very different obviously. Urban form, the relation[ship to], the closeness to the sea, how the winds could spread along the urban form.

This is an hourly temperature of the last, well, of the last three days. Also [taken] in two stations, one in Gracia, so located in the middle of Barcelona, and the other one in Canal Olímpic, so there's mainly open land, agricultural land close to it. And you could see also the differences. But they will talk later about these issues, and they will look more deeply at those measures.

Well, some of the problems that our cities can have... The image is catastrophic, or very warm, (laughter) but ah, while it can happen, and Paris also had a heat wave in summer, and it's quite difficult to deal with in northern cities. For us, probably it's different, because we are used to warmer weather, but obviously, we have elderly people or young people, or children, who could be having health problems also. And our temperatures are warmer, so our urban heat island effect probably could be worse from [differ between] outside the city and inside the city. So for sure, we have to be aware of it, and we have to measure it, and to know how it's behaving, to be able to anticipate, or at least take it into account in projects or in planning procedures.

This is an image that we've done with the metropolitan area, of, ah, it's a laser image of cartography done by a plane, which explains quite well. I would say that this is probably the Sagrada Família. Okay, but it explains quite well the urban form of the Eixample, which is homogeneous. We could talk also about these [topics]: which urban forms are better, or

dealing better with urban heat island effects? Probably the Eixample, we will see this afternoon, from the origin of Plan Cerdà to what we know nowadays, it's changed a lot, it's much more denser, much more compact, with less vegetation than the original drawings of Cerdà. One wonderful exercise could be: how would be [to compare] the urban effect with the Cerdà plan and how it is nowadays. Obviously, we will never reach what Cerdà envisioned because we had to change, transform the city, and tear down many buildings — we're not going to do this. But it's a nice discussion to have, because Cerdà envisioned a city with many green, with open spaces, in the Cerdà plan. Obviously nowadays we don't have... but the municipality of Barcelona has been during the last decades [carrying out] several projects — opening, reviving and recovering them, so bringing greenery back into this area.

This is an image of the same laser cartography for the whole metropolitan area — well part of the metropolitan area — so you could see where you have got more urban form environment, or built environment. And we have also a special relationship between the Collserola Mountain which is back here, Montjuic, and this is the harbour of Barcelona, this is the sea. Okay, so we are probably, our urban heat island effect is really affected or controlled by our proximity to the sea, which, Paris or other cities that are in more inland areas, they don't have this [moderation] of temperature or these changes in temperature due to the sea effect.

Those are some maps that we also did for the metropolitan area and this is the floor area ratio, so that's what, ah how the urban form or the buildings are occupying land, in our case. And it explains where we have this, obviously the image here in grey, these are built areas, okay? But with a very low floor-area ratio. And where we have the intense blue or black, or more dark blue, those are more occupied floor area ratios, so the land is occupied by many floors of buildings.

This map is explaining the urban cover ratio, so this is the relationship between the building heights and streets, which can help us also to study the urban form, and to study how these urban tissues are behaving in urban heat island effects, but not only [exclusively]. Also [helps in studying] in energy efficiency, or how do they behave receiving radiation from the sun, or how do they behave in spreading for example pollutants, how wind circulations are behaving here in this urban tissue. You could see also that this Ciutat Vella, so much more intense, narrower streets, with relatively high buildings. Then, when you go outside and you see the things in yellow, most of them are industrial areas — so very, reduced urban cover ratio.

This is solar radiation for one-year average at the metropolitan area level, so it's one of the factors that we have to take into account in dealing with urban heat island effects. So, how much amount of energy we are receiving, or the urban form is receiving every day. Then you could deal with materials, reflectancy of the roof, green roof, greenery on streets, where do you envision or you plan future parks, things like this... That we will discuss...

This is a detail of the laser image on the area of Port Olímpic. I like this one better because you could see where the green is placed in the streets and in parks. You see a little bit here that in the Vila Olímpica what we have is also greenery inside of the urban form. So, obviously it will help in thermoregulation. And this is if we put radiation on top of it, well you could see which covers, or which greenery is receiving this energy, and well, how it will behave.

This is several maps on wind, of the metropolitan area, different heights. This project it was not done for this purpose, for urban heat islands, it was for energy, or renewal, trying to deal with the potential of wind-energy generation in this area. But it gives you an idea which areas could receive more wind, or could, wind could help in thermoregulation. This is another parameter that we've been working with and that hopefully it will be used by Professor Javier Martín Vide in calculating the urban heat island effect in Barcelona, for the metropolitan area.

This is the sky-view factor, which is telling you the amount of sky that you could see from a street in the urban form. The amount of sky that you could see is related to the amount of light and energy – but it can reach the ground, the pavement, or it can reach the façades also. So, we will see room in this image, and we can see here for example, Plaça de Catalunya, right? Or we can see narrower streets with a lower sky-view factor. The higher the percentage, more open is this relation[ship], so more percentage of the sky-view you are seeing from the ground level. This means that there you're getting more light, but you're also getting more radiation, so probably those spots that are quite open are areas where you can retain more heat, so you can act [take action by targeting] in the materials, or the colour of the pavement, or placing greenery, also, in these spots.

Well this is a map, from a landsat image of the whole metropolitan area, and this is the albedo. It is important to take into account the reflectancy, so we can measure here which parts of the metropolitan area could absorb more radiation, so more energy, and this energy will be accumulated. And [we can see] how the constructed areas behave in front of the albedo.

There are some, I think, I don't know any European city that has that, but for example I know that Chicago and some American cities have done legislation, and regulations, on how rooftops should be, how if you put a green roof on the top, or if you paint them white. And there are several studies dealing with this lowering of the albedo, or lowering reflection, how they will behave in front of urban heat islands. So there are some studies from Yale University trying to measure this and how this legislation has been affecting the urban heat islands.

So I will show you a lot of images because we're in the process of working to have [more] information, to be able to study in detail the urban heat island effect. And then probably when we have studied them, or studied them quite well, we will be able to maybe propose policy, or regulation, or to propose some measures that municipalities or villages could take into account.

Another factor is vegetation, and that's quite difficult to measure because we know where we have parks in planning, or where we are maintaining our parks, but what I think is more interesting is being able to measure vegetation from satellite, or from above. So this is an indicator: it's called NDVI. It's the "normalised difference vegetation index". So it tells you where you have biomass production, or where you are detecting through greenery.

If we see a closer image from another picture or another satellite, a lot we have planned green areas. So sometimes, architects and planners know this, that what you have planned doesn't have exactly the same relation[ship] as with where you have the green – so for example, you don't plan the greens, the trees on the street, they are placed there. But maybe you will plan for example this is in qualification, this is a green area, and if you take a look here, which is here, the NDVI is really low, because this is just a public square with only a few trees. So actually, it's not making the same effect [as] if all [of] this surface would be green, or a park with different vegetation heights. So one thing that I think is really important, is to measure quite well, where do we have this vegetation, and how it is behaving in cities.

You see that this is, again, Plaça de Catalunya, part of the Ciutat Vella. So when you have really good parks, or old vegetation, you can detect it quite well, but when you have parks with only a few trees, well the NDVI decreases a lot.

What we're doing for the municipality of Barcelona in this case is trying to, this is a kind of research project, that we are doing with the Cartographical institute of Catalonia, we're trying to begin with NDVI, and there's a problem in [with] correlations between the image from [the] satellite, or from plane, and where you have the trees. So we also have [taken] the information, or the cartography of trees, from the people from the municipality of Barcelona

(who are maintaining those trees). So we're trying to place both images as close as we can, and then we put over it the solar radiation.

So this is the area of Montjuic, this is the national art museum of Catalonia, el MNAC up here, and this is Plaça de Catalunya. So, well you can see Barcelona has plenty of vegetation, but mainly we have a lot of trees in our streets. But for example, some neighbourhoods of Barcelona like l'Eixample they have a very low ratio of green square metres per inhabitant. The average in our town is around 6.5 square metres of green per inhabitant. But for example in l'Eixample we are dealing with a ratio lower than 3 – so it's around "2 point something". So, where this greenery is placed in the urban tissue is also very important, and how it's dealing with thermoregulation in this urban fabric.

Later on this afternoon we will go to this street. You won't see this image anymore because we have changed it, and the municipality of Barcelona will [send us] a person from the green and biodiversity plan who will explain to us how they participate in the project, how they [achieve to] change the project or to bring measures into the project to change it.

This is an image of, an old picture of Passeig de Sant Joan, how it used to be. In the green and biodiversity strategy of the city, Passeig de Sant Joan, it takes an important role because it's a green corridor. It is trying to connect with the area of Els Tres Turons those are the three little hills that we have in the middle of the urban tissue of Barcelona. This is how it is nowadays at Passeig de Sant Joan. It's a project that, I think personally, I like it a lot. And I think it changes completely this section of the street, but it changes also the pavement, the amount of green, the position of the benches also. It's well done, so people can use it in a different manner. So it's not only a green issue or a transformation of the street, it's also a social transformation. And what I think is more important in the project, is also different skills, it has different roles. So we have at a city-scale, the role of connectivity or a green corridor – trying to connect, well, bringing a different type of street in the middle of L'Eixample, [which is] connected to the Els Tres Turons area. But at local scale, well it's very different from here to here, how you can use it, comfortability, social behaviour and social relations that can take place here or here, are completely different. So, here, the bench, you are looking to the façade, so you could talk to the wall; and here the benches are creating a kind of a square so you can have a social meeting in the street. And this is some of the ideas behind the project that we will be able walk [through] this afternoon. It's still under construction, so you will see that this transformation is going to take place along all the street of Passeig de Saint Joan, and it's under construction at this moment. Okay.

And this will be actually less than a month ago. Ah, the city council approved a measure on green roofs. So, well the city council approved the green roof measure to improve green roofs, but not only greenery in our roofs in the city, but also promoting the use of this roof. Well you have, this is a facility, this is a library, it's placed in Torre Baró. It goes to the Collserola area. This is how we can use those roofs, so we're not dealing with this measure only to put green on the roof, but we also want people using the roofs. We have nice weather in Barcelona so people can do parties, they can just go up and read the newspaper or have breakfast up there on the roof, or do a barbecue with some friends. So the measure is not only to improve greenery on the roofs. The important part is that the municipality is going to do some... it reserves some of the budget to subsidise the rehabilitation and renaturalisation of the roofs, of the roof, and they will pay 50% of the costs – up to 60,000 euros for energy projects, measures, or for green roofs, or for naturalisation of roofs.

And, this, I just put these images to bring up later in discussions, so, probably we will have to talk on these two days about increasing trees and vegetation cover in our urban form. How about painting everything white? So, Jean-Jacques also showed us Algiers. So obviously, southern Mediterranean cities or villages they know quite well what strong sunshine can do, so a lot of houses, traditional houses in the south of Spain or in the Mediterranean are white, completely white. So probably in northern cities we will lose this tradition, I'm not saying that we have to paint all Barcelona in white... Creating green roofs:

this is also in l'Eixample, this Passeig de Saint Joan again, so how we can transform these streets? How we can treat them differently?

And functionalities: so green roofs are good for urban heat islands, or can be good for urban heat islands, but they are also good for biodiversity, for water retention. They could be, well you could have energy production, but also a green roof, they are not, sorry, it's not one or the other. Probably, as we have an old urban park of dwellings – also Jean-Jacques talked a little bit about this. So we have a lot of work to do in renewal – from the energy efficiency perspective, but not only this one. So, thermo insulation, life expectancy of those maintenance works of, or of those proposals generating micro climates, obviously, social uses, and sound insulation, and then climate adaptability – so climate change is already here and it's going to stay, I'm sorry about that. And so we can place some of these areas into new projects or into new planning. And I'm finished, I will let to Jordi, thank you.

Jordi Bornadove

Responsable de l'aménagement des parcs publics, Àrea Metropolitana de Barcelona

Je vais vous expliquer notre gestion appliquée à l'entretien des parcs. L'Àrea Metropolitana de Barcelona est une administration publique relativement nouvelle avec une compétence de gestion des résidus, de l'eau et de l'espace public avec son design, la construction et la gestion. Elle est composée de 36 municipalités qui ont à leur tête Barcelone. Avec 1,6 million d'habitants, Barcelone constitue la moitié de la population de la zone.

Je vais vous présenter les antécédents, les données principales du réseau de parcs, les objectifs que nous nous sommes fixés, notre modèle de gestion des parcs, quelques aspects pour la gestion de ces parcs et, enfin, je terminerai par quelques conclusions.

Il y a 36 parcs, le réseau de parcs augmente. Ils sont situés dans 25 municipalités, ont une surface totale de plus de 200 hectares sont divisés en trois secteurs d'entretien. Notre budget est d'un peu plus de 9 millions d'euros pour 2014 qui se divisent en 8,7 millions d'euros pour l'entretien et 426 000 euros d'investissements. Il y a trois contrats publics pour la gestion du réseau de parcs. Le coût d'entretien de chaque secteur est de 3,12 euros/m²/an, 4,22 euros/m²/an et 3,35 euros/m²/an. Il s'agit de contrats longs de six ans, plus deux ans de continuité.

Les objectifs principaux de l'Àrea Metropolitana de Barcelona concernant ces parcs sont : gérer un espace public de qualité, attirant et durable ; avoir des parcs sûrs, intéressants, destinés à toute la population et fonctionnels ; avoir un coût d'entretien approprié à l'économie d'échelle ; promouvoir la connaissance de la valeur des parcs et la participation des citoyens ; promouvoir la co-responsabilité entre l'utilisateur, le propriétaire et le gestionnaire et générer une énergie positive entre les entités publiques impliquées.

Je vais maintenant vous expliquer en quoi consiste notre modèle de gestion de ces 36 parcs urbains. En premier lieu, une économie d'échelle. Ces parcs d'un peu plus de 200 hectares sont distribués entre 25 municipalités et regroupés en trois secteurs d'entretien. Le premier secteur concerne les parcs historiques ou botaniques, le deuxième secteur est le secteur du fleuve Llobregat, le troisième est celui du fleuve Besòs. Nous avons décidé de faire trois contrats avec les gestionnaires d'entretien. 85 % de ces parcs sont des propriétés municipales. Nous avons un accord avec chaque mairie pour faire une gestion partagée. 65 % de ces parcs ont une surface entre 2,2 et 15 hectares, le parc le plus grand est celui de la Muntanyeta avec 25,42 hectares. Il s'agit donc de grands parcs à l'échelle européenne. Pour nous, ils sont relativement importants. Les parcs historiques ou botaniques sont des parcs protégés, d'intérêt public, avec des éléments architecturaux. Ils sont très fréquentés pour leur valeur botanique et architecturale. Les parcs des secteurs Llobregat et Besòs ont au maximum 25 ans. Il s'agit de parcs très étendus et dotés d'équipements situés dans de grandes masses urbaines. Ils sont très fréquentés par la population. Le rôle de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, sur la base d'une économie

d'échelle, est de grouper ces grands parcs qui représenterait sinon un coût important pour les municipalités. Depuis l'Àrea Metropolitana de Barcelona, nous pouvons développer une stratégie conjointe pour aborder économiquement leur gestion. La gestion que nous développons est un entretien intégral, nous ne nous consacrons pas uniquement à la végétation ou à l'arrosage. Nous intégrons l'entretien des jardins, des installations d'eau, des lumières, des égouts, du mobilier urbain et le nettoyage. La mairie s'occupe de la gestion des usages et de la surveillance et de la sécurité de ces parcs.

Les typologies d'entretien que nous développons dans les parcs pourraient se grouper avec l'entretien de routine, à savoir la taille, la peinture des éléments, les réparations suite au vandalisme et le remplacement des végétaux morts. Il y a aussi des actions d'amélioration et de reconfiguration d'une partie importante de ces parcs. Ces activités peuvent se faire directement depuis notre service ou avec les collègues des projets et travaux de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Peut-être que ce qui nous caractérise le plus pour la gestion des parcs urbains c'est notre modèle de contrôle de qualité. Pour nos contrats, nous établissons que les entreprises qui font l'entretien doivent respecter des normes de qualité. Ces normes englobent tout le domaine de l'entretien, le jardin, le mobilier, les installations. Depuis l'Àrea Metropolitana de Barcelona, nous nous assurons constamment que les niveaux de qualité demandés sont atteints. S'ils ne sont pas atteints, cela entraîne des pénalités, des réductions dans la facturation des tâches d'entretien pour les entreprises embauchées. Les inspecteurs de l'Àrea Metropolitana de Barcelona vérifient l'état de la végétation avec des PDA et on intègre ensuite toutes les données qui donnent la fluctuation, le niveau de qualité, la répercussion de la fluctuation.

Ce niveau de qualité que nous mesurons et que nous demandons dans le contrat, nous le confrontons à des enquêtes de satisfaction auprès des citoyens des différentes municipalités pour évaluer s'ils sont satisfaits de l'état des parcs métropolitains. Cela nous a permis de mettre en évidence une insuffisance au niveau de la signalisation des parcs à laquelle nous sommes en train de remédier. Evidemment tout ce travail que nous faisons ne se fait pas tout seul, c'est le fruit du travail d'une équipe. Nous pouvons vérifier, nous avons différentes équipes de techniciens, d'ingénieurs pour les jardins, l'immobilier, l'œuvre civile, les installations. Nous avons une équipe d'architectes qui se consacre aux différents domaines de notre gestion. Evidemment, tout notre travail est certifié selon les normes de qualité d'environnement en usage. Parmi les indicateurs que nous suivons, il y a les enquêtes de satisfaction des usagers qui sont les destinataires finals de notre travail, les enquêtes avec les collègues des mairies et les résultats du contrôle qualité que nous rédigeons mensuellement.

Je vais maintenant détailler les aspects les plus importants de notre gestion pour la durabilité. Je voudrais tout d'abord souligner que nos contrats se sont faits avec nos collègues de l'environnement de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Quand nous avons rédigé nos contrats, nous avons d'abord réfléchi à pouvoir montrer tout ce que nous demandons aux entreprises d'entretien. Les véhicules d'inspection du réseau des parcs sont tous électriques. Les véhicules d'entretien des entreprises embauchées sont également électriques ou hybrides. Une autre chose importante est l'amélioration continue de la gestion avec l'application de la technologie. La semaine dernière, il y a eu à Barcelone un congrès Smart City où l'on a présenté une plateforme de Smart City végétale en rapport avec le citoyen. Nous avons passé un contrat avec IBM qui va nous permettre d'avoir beaucoup plus de données et de connexions avec les suggestions des citoyens concernant les parcs ou plages métropolitaines.

Je veux souligner l'effort que fait l'Àrea Metropolitana de Barcelona à la Ronda de Barcelona dans le domaine des installations électriques pour qu'elles soient plus efficaces et de faible consommation, et que l'entretien soit également efficace. Une grande partie des portiques de lumière sont faits avec des néons, nous sommes passés au système électrique de faible consommation. Nous avons également beaucoup travaillé dans le domaine de la gestion de l'eau et ses différents aspects. En 2008, nous avons eu une chute importante de la

consommation d'eau dans les parcs due à la sécheresse que nous avons eue en Catalogne qui a entraîné une réduction de l'usage de l'eau, notamment pour l'entretien des parcs. Ceci nous a encouragés à avoir un usage de plus en plus rationnel de l'eau en introduisant de nouveaux systèmes de gestion, pas pour arroser moins mais pour avoir un rythme plus efficace et prévoir la consommation d'eau. Un autre sujet important est l'usage de l'eau de la nappe phréatique, essentiellement pour l'arrosage. De 2006 à 2014, nous sommes passés d'un usage de l'eau de la nappe phréatique de 21,58 à 37,45. Pour gérer l'eau, nous avons besoin de moyens efficaces. Nous avons un système de télégestion qui englobe une grande partie des parcs métropolitains. C'est un système automatique contrôlé de la végétation avec un système de pluviométrie qui nous indique s'il faut arrêter l'arrosage ou pas. Tout ce système est contrôlé depuis un ordinateur.

Un autre élément important est le changement de paradigmes avec les zones d'eaux des parcs. Lorsque j'ai rejoint l'Àrea Metropolitana de Barcelona il y a plus de dix ans, le critère était de les utiliser en piscine avec de l'eau évidemment propre, cristalline, chlorée, ce qui n'avait pas de sens. Puis nous avons vécu cet épisode de sécheresse qui a fait que des questions se sont posées. Pour le plus grand lac de Barcelone, nous avons cessé de chlorer, nous n'ajoutons plus de produits chimiques, nous avons apporté de l'eau de la nappe phréatique et pouvons profiter d'une eau riche en manganèse et en fer qui n'était pas appropriée pour d'autres usages mais qui peut l'être pour le lac. Nous avons introduit de la flore et de la faune, essentiellement des amphibiens et des poissons, ce qui nous permet une amélioration de l'aspect paysager de cette zone d'eau. Cela nous permet de disposer d'une ressource pédagogique que nous développons avec les collègues de l'éducation de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Nous avons une nouvelle gestion de la végétation qui nous permet une moindre consommation de l'énergie avec plus d'efficacité, c'est l'implantation d'une végétation méditerranéenne, je ne dis pas autochtone. Nous avons des parcs historiques avec une végétation protégée que nous n'allons pas changer mais entretenir. Concernant le changement de la végétation, nous recherchons des végétaux avec une faible consommation hydrique. Je voudrais souligner la collaboration que nous avons avec nos collègues du Jardin botanique de Barcelone avec qui nous avons développé différentes stratégies de connaissance d'espèces méditerranéennes du monde, par exemple du Chili, de Californie, d'Australie, des plantes qui s'adaptent parfaitement à nos caractéristiques climatiques. Une autre stratégie est le renforcement des prés. Lorsque nous pensons à un parc urbain, nous pensons à des zones de gazon typique, un tapis vert sur lequel on peut marcher. Nous, nous avons parié sur le concept de prés arrosés ou de prés secs en mettant en valeur le pré sec avec ce que cela implique. Nous avons un manque de pluviométrie en été mais nous avons des hivers doux qui nous permettent d'avoir des couches vertes sur lesquelles on peut marcher. Ces prés secs n'ont pas besoin d'arrosage, ce qui est très important, ils n'ont pas besoin d'engrais et ils nous apportent un paysage très riche avec des floraisons, de la biodiversité. A l'automne, le pré n'est pas différent d'un gazon, il a un aspect esthétique, il est durable, et a un coût inférieur économiquement. Nous avons également développé différentes stratégies pour les espèces de gazon à faible consommation. Un autre élément consiste à changer les paradigmes avec les traitements phytosanitaires. Jusqu'à présent, ces traitements étaient utilisés en prévention, parfois de façon aérienne avec des effets sur les personnes. Nous avons maintenant changé la tendance, nous utilisons l'endothérapie en appliquant des produits actifs directement sur l'arbre. Ces traitements sont un peu plus chers mais ils sont très efficaces et beaucoup plus viables au niveau de la durabilité.

Maintenant, je voudrais vous parler des déchets végétaux. Avec mes collègues de l'environnement, nous avons fait un travail très intéressant autour des déchets végétaux des parcs. On essaie de couper le moins possible parce que chaque fois qu'on coupe un peu plus d'arbres, il faut appliquer des traitements phytosanitaires. Dans les parcs urbains, on n'a pas de problèmes de façades, des incompatibilités, donc on pouvait se permettre ces

traitements. Avant, on taillait les arbres systématiquement mais, maintenant, on essaie de le faire le moins possible et, en plus, on récupère ces matériaux naturels.

La durabilité est l'un des axes de travail de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. On s'occupe du parc de Can Rigal dans lequel on a appliqué divers éléments de durabilité. On y a développé une première phase, qui va s'accroître jusqu'à la ville de l'Hospitalet de Llobregat ; c'est un parc à cheval sur deux municipalités. Il fait aujourd'hui 2 hectares et on va en créer 7 supplémentaires. Un grand effort a été fait pour profiter des matériaux existants dans le parc. C'était un espace avec des terres de provenance diverses et on a fait un grand effort pour ne pas les déplacer. Nous avons essayé de profiter au maximum des eaux de pluie, nous les considérons comme une aide. Les eaux de pluie arrivent dans les pavés, s'infiltrent dans les canaux et sont récupérées par la végétation. Nous profitons ainsi des eaux de pluie au maximum. Nous exploitons également l'eau des nappes phréatiques car nous avons une source proche. Nous avons introduit les systèmes informatiques de contrôle de l'arrosage, de captation photovoltaïque et de récupération des déchets comme des éléments structurels pour créer des murs. Résultat : c'est un parc aussi attirant que les autres mais avec des critères de durabilité et une gestion beaucoup plus moderne. Ce travail sur Can Rigal a été une source d'éducation environnementale pour les écoles et les citoyens de l'aire métropolitaine.

Nous allons maintenant passer à la promotion et à la dynamisation des parcs. Comme je vous l'ai dit, le travail que nous faisons est pensé pour les citoyens. Nous avons donc fait un travail très important de mise en valeur de tout ce patrimoine pour l'usage des citoyens. Nous avons fait diverses publications, nous organisons des cycles d'activité différents avec des partenaires divers. Nous sommes présents à la télévision et développons des stratégies de communication diverses concernant nos derniers projets. En 2015, nous aurons 500 activités sur les parcs. Elles existent déjà. Ce sont par exemple des fêtes des citoyens dans les jardins botaniques, ou des jeux utilisant un équipement environnemental qui apportent des contenus et valorisent les parcs.

Les projets éducatifs visant la durabilité, que nous menons avec nos collègues de l'environnement, sont un de nos autres axes de travail. Nous développons divers types de supports avec la municipalité, des contenus éducatifs, des itinéraires thématiques sur la botanique, par exemple. Vous voyez cette image d'un professeur qui détaille à ses élèves les parties d'un arbre sur un tableau alors qu'il est au milieu d'un parc... Il aurait pu leur expliquer ça directement ! A travers cette métaphore, nous voulons éduquer et transmettre que les parcs sont une source de valeur pour les citoyens et les étudiants et qu'il est possible d'apprendre directement dans les parcs. Un autre sujet intéressant ce sont les projets participatifs où les citoyens sont les principaux acteurs, pas seulement les spectateurs, qui participent à la gestion des espaces. Nous commençons à travailler là-dessus car il y a une demande de la part des citoyens. Nous avons entamé diverses initiatives de plantation de rosiers et de création de jardins de la biodiversité. Le but de ces projets est que les citoyens se rencontrent pour partager nos activités.

En conclusion, je dirais qu'il faut projeter et gérer un espace public de qualité attirant, efficace et durable. Il faut créer des parcs intéressants et fonctionnels pour les citoyens et promouvoir l'amélioration continue de la gestion des espaces publics et la connaissance des parcs. Il faut créer une synergie positive entre les diverses institutions publiques et faire en sorte que les parcs puissent contribuer à la lutte contre le changement climatique.

Javier Martin Vide

Professeur de géographie, Université de Barcelone – Coordinateur du Groupe d'experts en Canvi climàtic de Catalunya et membre du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC-IPCC)

Je vais vous parler aujourd'hui de l'îlot de chaleur à Barcelone. Je vais d'abord faire une courte introduction, ensuite je donnerai de l'information théorique sur le phénomène de l'îlot

de chaleur, puis je vous parlerai des caractéristiques de l'îlot de chaleur de Barcelone et de son aire métropolitaine. Nous regarderons ensuite un projet qui est en cours avec l'Àrea Metropolitana de Barcelona, puis nous terminerons par un peu d'information sur les mesures de mitigation et d'adaptation dans le contexte du changement climatique.

Il y a un intérêt pour un climatologue comme moi d'étudier le climat urbain du fait de l'augmentation de la population urbaine de la planète et des activités urbaines qui ont des effets à l'échelle locale, régionale et même globale. Aujourd'hui, un pourcentage très élevé de la population mondiale habite dans des villes. En 2008, ce pourcentage était de 50 % et il sera de 70 % en 2050. La ville produit un impact sur l'environnement : une nouvelle topographie se surimpose à la topographie naturelle de l'endroit où se situe la ville. C'est une topographie plus linéaire et plus compacte, ce qui réduit la vitesse du vent et augmente les turbulences. De plus, les villes modifient les sols naturels par des matériaux de construction qui ont généralement un pouvoir calorifique très élevé, ils accumulent de l'énergie pendant la journée et la libèrent lentement pendant la nuit. Les matériaux de construction évacuent également l'eau rapidement. Tout ceci provoque une augmentation de la température et a un impact sur le bilan hydrique en diminuant l'humidité de la ville.

Par ailleurs, la ville crée de la chaleur anthropogénique à cause des combustions multiples, de l'éclairage, du chauffage, du trafic automobile, etc. Tout ceci modifie le bilan énergétique et contribue à faire monter la température. En même temps, cela renforce la convection, c'est-à-dire ces phénomènes de transfert de chaleur de la surface vers l'air, ce qui augmente la quantité de nuages dans la ville. La ville est également la source d'émissions polluantes, on a des particules qui réduisent la visibilité, augmentent la quantité de nuages et produisent des pathologies respiratoires.

Comme vous le savez, l'îlot de chaleur est une anomalie positive de température dans le centre des villes par rapport à leurs zones périurbaines. Elle a une forme concentrique. Tous les schémas méthodologiques ne sont pas valables pour les villes de la vieille Europe qui ont des centres historiques avec de petites ruelles très serrées tandis que les quartiers de la périphérie ont des bâtiments plus élevés. Le phénomène de l'îlot de chaleur est produit par des causes diverses qui produisent le réchauffement des centres urbains par rapport à la périphérie. La production de chaleur anthropogénique est due à l'augmentation de chaleur dans les matériaux de construction qui se libère dans l'air nocturne de la ville, mais ce n'est pas la première cause. Dans l'avenir, nous allons essayer de modéliser notre îlot de chaleur pour voir quelles sont les raisons les plus importantes pour les phénomènes d'îlot de chaleur de notre ville. Le *sky view factor* est un facteur de visibilité du ciel qui est important pour expliquer le réchauffement nocturne des centres urbains. Nous avons fait un travail avec Barcelona Regional qui va nous permettre de créer un plan complet des espaces où la ville se refroidit pendant la nuit. Nous avons étudié divers facteurs : des facteurs chronologiques (heure et saison) ; des facteurs météorologiques (vents et nuages) ; des facteurs géographiques (altitude et distance de la mer) ; des facteurs urbains (densité, structure de la ville, tissus de la ville, types de bâtiments, etc.) ; puis le réchauffement global, qui est un nouveau facteur.

L'îlot de chaleur, dans le cas de Barcelone et d'autres villes espagnoles, répond à un certain nombre de conditions. Les conditions les plus favorables sont un ciel clair ou peu nuageux et un vent faible. Par ailleurs, plus il y a de population dans une ville, plus l'îlot de chaleur est important. Le changement climatique va-t-il renforcer l'îlot de chaleur ? Nous n'avons pas encore de réponse définitive mais, d'après ce que l'on connaît, nous pensons que le changement climatique ne va pas accroître l'îlot de chaleur, la différence entre le centre et la périphérie ne va pas augmenter. Mais puisque l'augmentation de température va se produire dans le centre de la ville, on peut dire que les effets de l'îlot de chaleur seront plus graves avec le changement climatique. La différence entre le centre-ville et la périphérie ne va pas changer mais la température va augmenter dans la ville et dans la périphérie et les effets nocturnes vont être très importants. En été, il y a à Barcelone 60 nuits tropicales, c'est-à-dire des nuits où la température ne descend pas en dessous de 20°C – en

climatologie, on parle de nuits tropicales. Parfois, la température la plus basse est de 23, 24 °C dans le centre-ville, des conditions où il n'est pas facile de se reposer. Si la température augmente dans l'avenir, les effets de l'îlot de chaleur seront plus graves, même si la différence entre la ville et la périphérie se réduit.

Concernant les éléments géographiques de l'îlot de chaleur, nous avons étudié plusieurs points. D'abord l'intensité, c'est-à-dire la différence maximale de température entre deux points géographiquement comparables, l'un dans le centre, l'autre dans la périphérie. Mais il y a un problème méthodologique qui est le point périphérique que l'on va choisir car on ne peut pas, par exemple, choisir une montagne de 500 mètres de haut parce qu'on introduit un facteur différent, l'altitude. On ne peut pas choisir un point très éloigné parce qu'il y aurait d'autres conditions climatiques. On ne peut pas non plus choisir un point très proche qui serait influencé par la ville. Nous avons ensuite étudié la forme horizontale, les isothermes, puis la localisation du noyau de l'îlot de chaleur, c'est-à-dire le quartier qui a la température la plus élevée.

Quelles sont les méthodes utilisées ? Premièrement, l'étude des différences entre la ville et la périphérie avec deux très bons observatoires sur la base du schéma de Lowry. Le schéma de Lowry indique que l'effet urbain peut être déterminé à partir de la différence entre la mesure d'une variable, dans ce cas la température dans le centre de la ville, et un point de contraste périphérique lorsque ces mesures se trouvent dans des points géographiquement comparables. Nous avons utilisé des instruments bien connus pour mesurer la température de la ville. Des études de terrain dans les années 80 consistaient à mesurer dans 117 points d'observation. Nous sommes sortis pendant 54 nuits. C'est ainsi que nous avons construit le premier plan isotherme de l'îlot de chaleur de Barcelone et d'autres municipalités voisines. Certaines nuits, on avait une chaleur intense au centre de la ville. On a mesuré dans divers points plus de 8°C et, à la périphérie, la température atteignait à peine les 3 °C, c'est-à-dire 5 °C de différence. Dans le cas de la ville de Barcelone, on voit que l'îlot de chaleur a des caractéristiques spéciales. L'îlot de chaleur a une forme de plateau dans un quartier qui est très homogène avec des rues croisées. On n'a pas le point maximum de température comme dans les grandes villes américaines où l'on a une concentration maximale dans le centre de la ville. Nous avons un plateau qui répond à cette structure urbaine de façon très visuelle, c'est-à-dire que pendant 75 % des nuits on a cette structure de plateau.

Grâce à l'Àrea Metropolitana de Barcelona, nous réalisons depuis deux mois un projet sur l'îlot de chaleur de toute l'aire métropolitaine qui fait plus de 600 kilomètres carrés et a plus de 3 millions d'habitants. Le changement climatique a donné lieu à une augmentation de la température. Nous avons un observatoire hors de la ville, au pied du Tibidabo, et nous avons pu constater qu'en cent ans la température avait augmenté de 1,7 °C. Nos projections nous indiquent que, pour l'avenir, la température continuera à augmenter. Dans ce contexte, nous étudions l'îlot de chaleur comme un élément qui va diminuer le confort climatique en été de nos concitoyens. Les nuits au centre de la ville de Barcelone sont plus chaudes de 3 °C que les nuits à l'aéroport de la ville qui est à environ 15 kilomètres du centre-ville. En janvier ou décembre, les mois d'hiver, si l'îlot de chaleur est plus intense dans un pourcentage important de nuits, la température au centre de la ville est plus élevée de 4 ou 5 °C par rapport à la périphérie.

Dans ce contexte de réchauffement global, nous analysons des observatoires fixes. Nous pouvons en déduire certaines caractéristiques : on voit pratiquement toujours des différences positives entre le centre de la ville et la périphérie. La ville est toujours plus chaude que l'aéroport. Nous analysons ces données en probabilités et nous essayons d'ajuster par les lois de probabilités ces différences thermiques ville/périphérie pour obtenir la probabilité qu'une nuit au centre de la ville soit de 4, 5, 6, 7 °C plus élevée que pour la périphérie. Nous faisons des études à partir des observatoires fixes que nous avons choisis. De même, nous refaisons notre transect thermique. Nous allons parcourir depuis les limites de l'aire métropolitaine en traversant la ville et sa périphérie. Le 23 octobre dernier,

pratiquement à la même heure, nous avons mesuré la température à Salida Platges et au cœur de la ville et nous avons noté une différence de 6,7 °C.

Nous pensons à des mesures de réduction et d'adaptation : des toitures froides avec de la peinture blanche, et des matériaux avec peu de conductivité thermique, hautement réfléchissant, des pavés froids, des toitures vertes. La mairie de Barcelone est en train d'encourager ces actions. Pourquoi ? Pour réfléchir le rayonnement solaire, pour absorber l'eau et obtenir une réduction de chaleur. La ville asphaltée ne se refroidit pas parce que l'eau s'évacue rapidement par les égouts. Le sol naturel imbibé d'eau fait que l'eau s'évapore et la chaleur latente se réduit. Tout cela réduit chaleur emmagasinée dans les bâtiments, la température, la pollution, la consommation d'énergie à certains moments de l'année et protège la santé.

L'îlot de chaleur urbain dans l'aire métropolitaine de Barcelone, caractéristiques et exemples

Marc Prohom

Chef du Département de climatologie du Service de météorologie de Catalogne

Mon intervention va traiter en grande partie de ce qu'il s'est passé avec le climat de la ville de Barcelone pendant les dernières décennies. Nous parlerons du réchauffement global et de comment ce réchauffement affecte la ville. Nous verrons également quelques outils et comment l'îlot de chaleur urbain se manifeste dans la ville à partir de stations météorologiques automatiques.

Dans la première partie, nous verrons comment la température de la ville a changé et quels ont été les changements les plus récents sur deux axes : l'évolution de la température moyenne et l'évolution des températures extrêmes. En ce qui concerne la température historique, nous devons dire que Barcelone est très heureuse parce qu'elle a une longue tradition d'observation des températures, depuis 1780, qui permet une bonne vision de l'évolution de la température. Ces dernières années, un travail a été fait pour récupérer ces données qui étaient dans les archives. Les premiers observateurs à Barcelone étaient des médecins et ce n'est pas par hasard, c'est parce qu'ils percevaient que la météo jouait un rôle sur la santé. Ils ont commencé en 1780 et toutes ces données ont été stockées dans des archives historiques.

Elles sont aujourd'hui numérisées. Nous avons récupéré 3 millions de données entre 1780 et aujourd'hui qui couvrent un grand éventail de températures, précipitations, pressions atmosphériques, conditions de l'état du ciel et d'autres aspects concernant les phénomènes atmosphériques. Malheureusement, il y a une difficulté, c'est qu'il n'y a pas un point unique d'observation dans la ville en plus de 200 ans d'histoire. Ils sont localisés très près du centre actuel. C'étaient des registres homogènes concernant la structure de la ville qui n'avait pas changé excessivement pendant toutes ces années. Mais, à partir du XX^e siècle, nous avons une difficulté, c'est que l'observatoire officiel change de lieu en permanence. Ces changements continus ne permettent plus d'avoir une bonne vision de l'évolution climatique. Nous avons utilisé les données de l'observatoire Fabra qui se trouve à Collserola, mais il a fallu faire une analyse d'homogénéité, c'est-à-dire ajuster les registres de températures comme si c'était la série de référence de l'observatoire Fabra. Il a fallu faire une analyse d'homogénéité et de qualité des registres en identifiant les points, les moments dans lesquels la série n'est plus homogène, donc détecter les points rouges et les corriger pour obtenir une série climatiquement utile qui serait le résultat de l'évolution du climat et pas d'effets artificiels comme les changements de situation. Les marques vertes sont des moments où la série a changé de place, d'observateur, de localisation. C'est une très

bonne méthodologie qui permet d'ajuster ces sauts et d'obtenir une série automatiquement utile.

Lorsque nous avons traité les données, nous avons vu une évolution de la température moyenne de la ville depuis 1780 jusqu'à 2013. C'est une évolution classique. Si nous regardions une série récente en Europe, nous aurions une image similaire. Ce qui est intéressant c'est de voir que la tendance annuelle est statistiquement significative, elle est de + 0,07 °C par décennie, ce qui se traduit par une augmentation de 1,6 °C sur cette période. Nous voyons que, sur les dernières décennies, il y a une concentration d'années chaudes, avec une température de l'ordre de 1,5 °C au-dessus de la moyenne. Au niveau des saisons, nous verrons que l'augmentation est plus marquée l'été, c'est l'époque de l'année où la température augmente d'une façon plus évidente. Vous vous en souvenez sûrement, l'été 2003 a été l'été de la grande chaleur en France, à Barcelone les températures ont grimpé de 5 °C au-dessus de la moyenne d'une année normale. Par contre, dans une grande partie de l'hémisphère nord nous avons eu en 1816 des températures clairement inférieures à la moyenne. L'hiver, la tendance n'est pas aussi marquée mais continue à être significative, avec une concentration d'années chaudes de plus en plus claire sur les dernières années.

Nous voyons donc que la température a évolué, mais ce qui nous intéresse le plus concernant les risques climatiques c'est de savoir ce qui se produit avec les extrêmes climatiques. Nous nous sommes appuyés sur la série de l'observatoire Fabra la plus continue et les indices proposés par le *Expert Team on Climate Change Detection and Indices*. Les indices qui indiquent un réchauffement montrent une augmentation significative, avec des nuits tropicales qui ont une température minimale au-dessus de 20 °C. Ceci a des effets sur le confort thermique et sur la santé. De même, on voit pour les jours d'été une augmentation similaire ou d'autres aspects comme la durée de la période chaude. Il faut en effet considérer l'intensité du phénomène mais aussi sa durée. Elle est de 1,5 jour par décennie. La période chaude est de quinze jours plus longue qu'au début du siècle. On voit une augmentation très claire des nuits tropicales à partir des années 80 et des nuits froides moins fréquentes.

Durant ces dernières décennies, le Service météorologique de la Catalogne a créé une station météorologique automatique avec environ 70 points sur tout le territoire de la Catalogne, mais nous allons nous centrer sur l'aire métropolitaine. Ces données nous apportent beaucoup plus d'informations, il n'y a pas de gaps qui perturbent l'analyse, ce sont des données à une haute résolution. Nous avons toutes les 30 minutes un registre où il y a différentes variables (température, humidité, force et direction du vent, pression atmosphérique, radiations solaires, précipitations), c'est relativement dense. L'analyse que nous avons faite spécialement pour la rencontre d'aujourd'hui c'est d'analyser les caractéristiques de l'îlot de chaleur concernant la distribution temporelle pendant l'année, son calendrier, son intensité et surtout un aspect qui est en rapport avec la situation synoptique, c'est-à-dire les modèles de circulation qui renforcent les phénomènes les plus intenses de l'îlot de chaleur. Concernant la méthodologie, nous avons analysé deux stations, une qui se trouve à Raval, au centre de la ville, l'autre à Viladecans, qui est à un emplacement comparable, et nous avons regardé les différences. Nous avons sélectionné les épisodes les plus intenses et avons vu la situation synoptique associée et les modèles les plus typiques à travers une analyse des composantes principales et d'autres aspects plus méthodologiques pour choisir combien de modèles sont responsables pour expliquer ce phénomène. Une première approximation est l'évolution temporelle du phénomène de ces 10 % de cas les plus intenses. Les épisodes d'îlots de chaleur sont plus intenses en hiver, puis au printemps. L'été, curieusement, est largement supérieur à l'automne. Cette étude a été menée entre 2006 et 2013, une période temporelle limitée qu'il faudrait faire évoluer dans l'avenir.

Nous avons essayé de regarder quelles sont les situations typiques responsables d'un îlot de chaleur intense.

Synoptique 1 : zonal circulation – Rather similar to NAO pattern. Explains **25% of the total variance**. Total days: 78. Appears mainly at the end of autumn and winter. Mean difference: **5.33 °C** (± 0.55 °C). The map shows mean SLP and SLP anomalies obtained from the mean and standard deviation of 1971-2000 period (in blue negative anomalies and in red positive anomalies).

Synoptique 2 : Atlantic Low – Southern flux and no gradient over Catalonia. Explains **17% of the total variance**. Total de dies: 36. Appears mainly in winter and spring (December). Mean difference: **5.17 °C** (± 0.44 °C). The map shows mean SLP and SLP anomalies obtained from the mean and standard deviation of 1971-2000 period.

Synoptique 3 : Anticyclonic ridge – Clear north flux over Catalonia. Explains **14% of the total variance**. Total days: 31. Appears mainly by the end of winter and early spring. Mean differences: **5.33 °C** (± 0.48 °C). The map shows mean SLP and SLP anomalies obtained from the mean and standard deviation of 1971-2000 period.

Synoptique 4 : Iberian South-western Low – Negative NAO, SW flux with no gradient over Catalonia. Explains **10% of the total variance**. Total days: 31. Appears mostly in spring. Mean temperature difference: **5.38 °C** (± 0.62). The map shows mean SLP and SLP anomalies obtained from the mean and standard deviation of 1971-2000 period.

Synoptique 5 : Summer pattern – Thermic low over Iberia and High over the Mediterranean. Explains **7% of the total variance**. Total de dies: 37. Appears mainly at the end of spring and summer. Mean temperature difference: **5.24 °C** (± 0.51 °C). The map shows mean SLP and SLP anomalies obtained from the mean and standard deviation of 1971-2000 period.

L'objectif est d'identifier les modèles les plus typiques que génèrent les situations les plus intenses pour voir si ces situations sont plus fréquentes ou non dans l'avenir. Donc, si le phénomène d'îlot de chaleur s'intensifie ou est plus fréquent.

En conclusion, on peut dire que la température de Barcelone, comme dans le reste du monde, est affectée par le changement climatique. La température a augmenté de 1,6 °C depuis la fin du XVIII^e siècle. L'îlot de chaleur urbain est bien établi à Barcelone. On note une différence de température supérieure à 3 °C entre le centre de la ville et la périphérie. Dans les cas les plus extrêmes, on peut avoir 6 °C de différence et même davantage. Nous avons identifié cinq types de synoptiques comme responsables des phénomènes les plus intenses. Bien qu'il soit plus présent en hiver, le phénomène d'îlot de chaleur est également présent en été pour quelques cas. Actuellement, nous travaillons avec l'Àrea Metropolitana de Barcelona pour avoir des projections climatiques très détaillées pour le XXI^e siècle. L'étude que nous avons entamée a notamment pour objet de voir quelle sera l'augmentation des nuits tropicales pour la ville de Barcelone.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

On voit que vous avez un matériel très important d'analyse et de diagnostic sur ce phénomène d'îlot de chaleur. Comment le communiquez-vous aux équipes opérationnelles, que ce soit les équipes techniques de la ville, les différents départements qui doivent collaborer sur ces projets, et aux professionnels sur les projets ?

Marc Prohom

Chef du Département de climatologie du Service de météorologie de Catalogne

En 1988, on a terminé, plus ou moins, les premières études sur l'îlot de chaleur. Cela a été suivi par une thèse de doctorat de Mme Moreno qui a été présentée à l'université au début

des années 90. On a présenté cette thèse doctorale aux services communaux de la ville. Ils ont trouvé ça très intéressant mais nous n'avons pas eu de retour de leur part. Nous avons essayé de la publier mais cela a été impossible, Mme Moreno a dû la payer elle-même. Je crois que maintenant les autorités municipales et métropolitaines sont beaucoup plus sensibles à ce type d'études. Mais, à ce moment-là, la communication avec l'administration a été faite par courtoisie, rien d'autre. Je pense que le travail que nous avons entamé il y a deux mois sera publié et sera utilisé par la municipalité pour leurs futurs travaux.

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

J'ai beaucoup apprécié toutes les présentations, il y a une richesse analytique, cartographique, de compréhension du phénomène. En revanche, est-ce que vous faites des scénarios des différentes mesures avec leur impact ? A partir de la compréhension du phénomène que vous avez, vous pourriez par exemple regarder l'augmentation de la végétalisation, l'augmentation de l'eau, la question de l'albédo. Des propositions ont été faites mais, en revanche, on ne voit pas la même intensité d'analyse pour regarder si ces propositions auraient réellement un impact pour les classer dans l'ordre de celles qui auraient le plus d'impact. Parce que, en matière de politiques publiques, c'est intéressant de regarder ce qui permet d'agir le plus vite pour le moindre coût et de réduire cet effet de chaleur. Je pense que vous avez tous les outils, mais est-ce que vous travaillez dans cette direction pour regarder l'impact des actions possibles ?

Marc Prohom

Chef du Département de climatologie du Service de météorologie de Catalogne

C'est l'objectif. C'est très important de savoir où l'on en est, de décider quels types de politiques s'appliquent au projet et de pouvoir les analyser ensuite. J'étais à Copenhague mardi dernier où j'ai vu un travail très intéressant qui présentait des situations diverses, qui peut-être n'étaient pas réalistes, qui disaient qu'on allait augmenter la végétation de 5 % en un an. Peut-être que ce n'est pas faisable en un an mais cela nous a donné des résultats et c'est cela qui est important. On a maintenant des premiers plans mais on a besoin de temps pour finaliser. On a aussi des données sur le volume de la végétation à Londres, qui est important.

Quelqu'un dans la salle a relevé que nous parlions beaucoup des températures, des nuits tropicales, des différences de température entre la ville et la périphérie et s'est demandé si nous tenions compte également des éléments combinés comme le stress de la chaleur et la combinaison entre radiation solaire, humidité, vitesse du vent, etc. Je réponds que les indices de confort climatique tiennent compte des températures mais aussi d'autres variables, surtout l'humidité. La ville de Barcelone a un problème de confort climatique la nuit en été, ce qui fait que les habitants ne peuvent pas bien dormir du fait d'une température élevée et d'un taux d'humidité de 70, 75 %. Nous n'avons pas entamé cette étude mais c'est un élément très important pour la santé des citoyens. En Espagne, lors de la vague de chaleur de l'année 2003, nous n'avons comptabilisé que les personnes qui ont eu un coup de chaleur et en sont mortes, c'est-à-dire les personnes qui ont décédé directement suite à cette cause. Par contre, beaucoup d'autres personnes, des personnes âgées, sont également mortes du fait de maladies chroniques basiques car elles ne se sont pas bien reposées pendant la nuit du fait d'un excès de chaleur et d'humidité. Mais ces décès n'ont pas été comptabilisés. En Espagne, nous avons parlé de centaines de morts, alors que la France a parlé de quelques milliers de morts, 12 000, 15 000, je crois. Cela est dû à une différence de critères.

Anne Peré

Enseignant-chercheur à l'Ecole nationale supérieure d'architecture de Toulouse

Ma question concerne les projets généraux. Vous avez montré toute une série d'actions sur les toitures, sur les espaces, sur les jardins dans le sens de la gestion. Avez-vous réfléchi à des stratégies plus larges ou à une hiérarchie de ces stratégies pour savoir ce qui est le plus efficace ? Il y a aussi l'idée qu'il y a peut-être des endroits qui peuvent alimenter la fraîcheur de l'ensemble de l'agglomération, je pense à la vallée du fleuve Llobregat. Est-ce qu'il y a des réflexions sur ce sujet-là ? Puis, par rapport à votre stratégie de travailler sur les surfaces horizontales, est-ce que vous avez une hiérarchie ou des sites particuliers ? Est-ce que vous mettez en place des cartographies ou des actions à plus large échelle de ce type ? Vous avez dit que vous subventionnez 25 % des toitures, est-ce que c'est partout ou est-ce qu'il y a des lieux particuliers ?

Marc Montlleo

Directeur de projet de l'environnement, Barcelona Regional

La stratégie de la municipalité de Barcelone est la biodiversité, la stratégie verte. Elle n'est pas uniquement liée à l'effet de l'îlot de chaleur mais à la végétalisation de la ville. Nous avons une nouvelle planification urbaine au niveau métropolitain, donc nous devons considérer les stratégies pour l'espace global qui sont des zones protégées qui doivent être préservées pour la transformation et qui peuvent aider à maintenir des espaces ouverts, qui peuvent aider à maintenir les effets urbains et comment ceux-ci affectent la zone métropolitaine. L'Àrea Metropolitana de Barcelona a investi ces dix dernières années sur le fleuve Llobregat. Nous essayons de couvrir le fleuve pour une grande part pour protéger les espaces les plus ouverts. Nous avons également le projet de transformer le fleuve Besos en un parc. Depuis dix ans, les deux fleuves sont traités comme un parc qui préserve le lit du fleuve pour des objectifs sociaux et les espaces verts. Par ailleurs, la mairie de Barcelone a étudié les pavés pour traiter les effets de chaleur. J'ai parlé dans ma présentation des mesures pour des toitures vertes, elles ont été approuvées il y a moins d'un mois, il y aura des subventions pour les toitures des habitations et des habitants. Il ne s'agit pas seulement de toitures vertes mais de toitures vivantes que les personnes pourront utiliser pour passer un temps ensemble. Elles vont améliorer le confort avec une meilleure isolation, des économies d'énergie, la conservation de l'eau de pluie, etc.

Alban Mallet

Coordonnateur du Plan Climat Energie Territorial de Nantes Métropole

Concernant la qualité de l'air – On sait qu'il y a des interactions entre les conditions micro-climatiques et les polluants atmosphériques locaux, pouvez-vous décrire la situation sur Barcelone ? Est-ce qu'il y a des situations de pics d'ozone, par exemple ?

Marc Montlleo

Directeur de projet de l'environnement, Barcelona Regional

Nous avons une mauvaise qualité de l'air, comme Londres, Paris ou d'autres villes européennes. Nous sommes aux limites européennes pour l'oxyde d'azote qui est à plus de 40. La mairie de Barcelone a mis en place un plan de qualité de l'air pour réduire la pollution. Au départ, ce plan était lié au plan énergétique, maintenant les deux sont séparés. Barcelone travaille très fortement pour une plus grande efficacité. Nous avons plusieurs mesures pour cela mais elles ne dépendent pas toutes de la mairie de Barcelone, elles viennent aussi du gouvernement central ou de l'aéroport. Il y a aussi un projet dans le port pour les bateaux qui pourraient créer un gaz via des pipelines. Nous essayons de remplacer cela par l'électricité mais c'est difficile parce qu'il y a beaucoup de travail à faire et nous ne

sommes pas encore arrivés à un accord. Plusieurs villes dans le monde travaillent dans ce sens. Mais les mesures sont surtout destinées à réduire le trafic. Cet après-midi, nous parlerons peut-être des superblocs, ce qui est la future stratégie pour la ville de Barcelone. Actuellement, la municipalité est en train d'écrire un plan de mobilité qui traite de la qualité de l'air qui dépend du transport public et des voitures. Pour le futur, nous étudions une réduction de 20 % du trafic de la ville de Barcelone, ce qui est beaucoup.

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

A Stuttgart, nous avons des corridors dans la ville pour la ventilation, pour avoir de l'air plus propre. Est-ce que vous avez quelque chose de similaire ?

Marc Montlleo

Directeur de projet de l'environnement, Barcelona Regional

Le plan vert de Barcelone a des corridors pour réunir les parties urbaines vertes entre elles, pour une ville plus agréable avec une meilleure préservation des espaces verts. Mais comme les alentours de Barcelone sont consolidés, c'est très difficile pour nous de planifier et d'ouvrir la ville pour maintenir un corridor avec les vents marins qui pourraient circuler d'une façon ou d'une autre. Mais c'est très compliqué avec une ville aussi dense. Barcelone n'a pas de terrains pour construire, donc c'est très difficile de dire que nous allons ouvrir à tel endroit. Dans la précédente décennie, on a fait des transformations dans la ville pour les Jeux olympiques. On a ouvert quelques rues comme la Rambla del Raval mais c'était surtout pour la réhabilitation, ce n'était pas pour un changement urbain.

Barcelone a un problème structurel quant à la pollution atmosphérique et la ventilation. C'est une ville extrêmement dense, une des villes les plus denses du monde avec très peu de parcs et de zones vertes. Si vous parcourez la ville à pied, vous ne trouverez pas de parcs. Mais pendant la moitié chaude de l'année, depuis le mois de mai jusqu'au mois de septembre, le régime de brises marines qui soufflent tous les jours atténue et allège un peu le niveau de pollution. Au milieu de la journée, à part l'ozone, les autres polluants sont allégés par le balayage des brises marines. Mais le problème est structurel car c'est une trame urbaine dense avec une concentration élevée de population.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Vous êtes une référence en matière d'approche urbaine, donc je ne suis pas surpris que vous puissiez nous proposer une approche stratégique cohérente, complète. Je voulais simplement savoir ce qui a été le fait générateur de cet engagement collectif pour approcher cette question d'îlot de chaleur. Est-ce que c'est une décision politique ? Est-ce que c'est quelque chose de beaucoup plus pragmatique sur l'impact socio-économique, par exemple, d'une aggravation de l'îlot de chaleur sur l'économie réelle et la santé publique ? Quels sont les éléments qui vous ont permis d'engager massivement cette approche ?

Marc Prohom

Chef du Département de climatologie du Service de météorologie de Catalogne

Je ne suis pas un spécialiste dans votre champ, j'ai simplement analysé certaines données thermiques, j'ai mesuré certaines données de température et d'autres variables. Je peux vous présenter des plans, des configurations, des intensités et je peux faire quelques projections mais je ne pas aller plus au-delà, c'est pourquoi je suis à la recherche de l'appui de mes collègues.

Toulouse

Thomas Houet

Chargé de recherche, GEODE UMR 5602 CNRS, Université Jean-Jaurès Toulouse 2

Je suis en charge de faire la présentation pour Toulouse Métropole. Je tiens à préciser que ce travail a été fait en partenariat avec Julia Hidalgo et avec une forte collaboration de tous les agents de Toulouse Métropole. Cela a été un long travail avec de nombreuses réunions mais qui, je pense, a porté ses fruits. Cette présentation se fera en quatre parties. Nous allons d'abord présenter le contexte toulousain. Dans un second temps, nous ferons un rapide état de l'art des recherches sur le climat urbain qui sont menées à Toulouse. Nous allons plutôt insister, dans un troisième temps sur la partie projet urbain et les liens avec la lutte contre l'îlot de chaleur urbain. Enfin, la quatrième partie portera sur l'identification de leviers qui pourraient être intéressants à mettre à œuvre.

Toulouse est situé dans les terres, sans influences comme Barcelone de la mer. Nous sommes à 150 kilomètres de la Méditerranée, 70 kilomètres des Pyrénées et nous observons une température moyenne estivale supérieure à 30 °C, ce qui est déjà important en termes de confort thermique. Au cours des cinquante dernières années, nous avons observé une évolution de l'ordre de 1,3 °C, ce qui est supérieur à l'évolution de la moyenne nationale. Nous avons observé en parallèle une baisse des précipitations sur les trente dernières années de l'ordre de 16 %. Quand on regarde les projections de changement climatique à l'horizon 2100, on s'aperçoit que Toulouse est une ville qui va être particulièrement concernée par ces aspects de changement climatique.

Concernant le contexte à l'échelle de l'aire urbaine. C'est un territoire extrêmement attractif, on enregistre une arrivée de population de l'ordre de 10 000 habitants par an, ce qui est énorme. C'est un territoire très étendu, d'environ 150 kilomètres de diamètre autour de la ville-centre, et qui regroupe plus de 1,2 million d'habitants. Il est malgré tout largement dominé par des espaces naturels, de l'ordre de 80 %, mais qui, du fait de cette attractivité, sont largement menacés bien qu'ils constituent un fort capital. A l'horizon 2030, des études ont démontré qu'on s'attend à avoir près de 400 000 habitants supplémentaires, ce qui représente un besoin en matière de logements d'environ 12 700 logements par an à construire sur l'aire urbaine, alors que nous sommes aujourd'hui sur un rythme de 10 000 logements par an.

La Communauté urbaine est évidemment plus petite, elle totalise près de 46 000 hectares, 37 communes, plus de 700 000 habitants, a une densité de population assez faible, de l'ordre de 15 habitants par hectare. Près d'un sixième de la population est un étudiant, c'est donc une ville jeune et dynamique. 55 % de la superficie du territoire est artificialisée, les espaces agricoles totalisent 24 %, le reste c'est tout ce qui concerne l'eau et la forêt. 30 % du territoire est constitué de surfaces imperméables. Cela se traduit par un fort étalement urbain, Toulouse est l'une des villes les plus étalées de France. En matière de forme urbaine, on a un centre historique, la « ville rose », largement constitué de briques et de tuiles. Plus on va vers la périphérie, plus on se retrouve dans un habitat de type maison individuelle, plus ou moins dense.

Je vais maintenant faire un rapide tableau des recherches menées sur le climat urbain à Toulouse. Il y a de nombreux chercheurs qui travaillent sur cette problématique, c'est lié au paysage scientifique particulièrement favorable du fait de la présence de Météo France. Ce que l'on peut constater c'est qu'il y a une évolution en matière de projets de recherche. On est passés de l'observation du climat urbain à l'échelle de la ville (projets Escompte, Euréka et Capitoul) ou du quartier (projet Pirve), à une modélisation entre climat et énergie à ville

constante, c'est-à-dire qu'on ne fait pas évoluer la ville et on voit les interactions qu'il y a entre ville et climat (projets Epicéa et Vurca), à une modélisation climat et ville qui change dans le futur (projets Muscade et Acclimat).

A Toulouse, l'îlot de chaleur a été mis en évidence et mesuré précisément lors de la campagne d'observation Capitoul, en 2004. Cela a permis de démontrer ce qui avait été identifié dans la bibliographie de façon concrète ; on a notamment pu mettre en évidence de façon quantifiée le phénomène de brise urbaine. On a également pu quantifier le rôle des flux de chaleur anthropique à l'échelle de la ville. Ce que l'on constate, sur une année qui n'est pas forcément représentative d'une année avec des pics de température importants, c'est qu'on est sur un îlot de chaleur de l'ordre de 4 °C, même si on peut avoir des phénomènes un peu plus importants. 4 °C, cela correspond aussi à des variations de température que l'on a observées à l'échelle du quartier.

Il me semblait intéressant de montrer des résultats concernant le projet Acclimat qui a porté sur Toulouse. Nous avons fait évoluer des scénarios de changement climatique et des scénarios de changement de la ville. Je ne vais pas vous donner les résultats parce qu'il y en a énormément mais, à titre d'exemple, je peux dire qu'on a mis en évidence, dans le cadre de deux scénarios très contrastés en termes de forme urbaine avec un comportement supposé vertueux pour toutes les populations, une influence sur l'îlot de chaleur urbain différente. C'est-à-dire que la forme de la ville influe fortement sur l'îlot de chaleur urbain à l'horizon 2100. Ce n'est pas une grande nouvelle, c'est ce que tout le monde imagine, sauf que ce que l'on a également pu démontrer dans le cadre de ce projet c'est qu'améliorer les comportements individuels en matière de consommation énergétique permettait de réduire de près de 30 % la consommation énergétique à l'échelle de la ville, alors que la réhabilitation de tous les logements du centre-ville, qui sont peut-être moins performants en termes d'isolation, ne permettait pas d'atteindre cette réduction de la consommation énergétique à l'échelle de la ville. Cela nous a permis d'identifier certains leviers qui nous semblaient vraiment intéressants à approfondir à ce niveau-là. Nous sommes malgré tout allés un peu plus loin quant à la caractérisation de l'évolution du phénomène d'îlot de chaleur. L'îlot de chaleur actuel est de 1 à 2 °C en moyenne. Je vous ai dit tout à l'heure qu'il était de 4 °C sur l'année 2004, mais il faut imaginer que dans des nuits extrêmes, en été ou en hiver, on peut avoir des îlots de chaleur de l'ordre de 4 °C à 6 °C. 4 °C supplémentaires, c'est la variance que l'on peut avoir sur l'amplitude de l'îlot de chaleur actuellement sur la ville.

Ensuite, dans le cadre de ce projet Acclimat, on a fait six scénarios différents, des scénarios très vertueux, des scénarios un peu pessimistes, avec des crises économiques ou des périodes de forte attractivité. Cela nous a permis d'évaluer la variance de ces scénarios en matière d'impact sur l'îlot de chaleur urbain. On voit que dans le cadre des scénarios 5 (ville néfaste) et 6 (ville passive), on arrive à avoir des choses qui sont de l'ordre de + 1 °C à + 3 °C par rapport à l'îlot de chaleur actuel. C'est toujours à climat constant, c'est-à-dire qu'on n'envisage pas un réchauffement climatique. Dès lors qu'on prend en compte un réchauffement climatique de + 2 °C à + 4 °C, il faut imaginer que l'ensemble de cet îlot de chaleur va augmenter. L'îlot de chaleur va rester le même entre la ville et la campagne mais c'est la température ressentie qui va évoluer à ce niveau-là. Ça, c'est si on prend le changement climatique sans changement de la ville. Maintenant, il faut imaginer que, ça, ça vient se rajouter encore quand on prend en compte les deux phénomènes cumulés. Et, quand on les cumule, on peut avoir une augmentation de 3 °C à 9 °C par rapport à la situation actuelle en moyenne, car on peut rajouter les 4 °C de variance que l'on a identifiés sur l'état actuel.

Grâce ces projets et à la bibliographie existante, nous avons pu identifier un certain nombre de leviers d'action pour lutter contre les îlots de chaleur urbains :

- Accroître le ratio surfaces naturelles/surfaces artificialisées en gérant l'augmentation des surfaces en eau, de la végétation et la gestion de l'extension urbaine.

- Réduire l'impact de l'ensoleillement à travers des aspects d'ombrage, les matériaux de construction et l'isolation. C'est par exemple la peinture des toits, la modification de l'albédo.
- Optimiser la ventilation par le vent en ayant des projets urbains qui tiennent compte de l'orientation des rues par rapport aux vents dominants. C'est aussi la ventilation des bâtiments avec des patios.
- Réduire le flux de chaleur anthropique, notamment sur les aspects rejets industriels, trafic routier et les bâtiments.
- Réduire la vulnérabilité des populations en mettant en place des plans d'alerte et une sensibilisation au niveau des comportements individuels.

Nous allons maintenant essayer de mettre en perspective par rapport à cette grille de lecture, par rapport à ces différents leviers qui ont été identifiés, les actions mises en œuvre au niveau de Toulouse Métropole pour lutter contre l'îlot de chaleur. Nous allons articuler cela en deux parties. Nous allons d'abord nous focaliser sur les aspects réglementaires et tout ce qui concerne les Plans climat-énergie territoriaux (PCET) et les PLU qui sont communs à toutes les villes et voir comment cela se décline spécifiquement dans le contexte toulousain. Nous allons ensuite nous focaliser sur deux projets urbains propres à Toulouse, notamment sur deux quartiers, un qui concerne les aspects de renouvellement urbain et l'autre qui est la mise en place d'une ZAC, la partie construction et rénovation d'une zone qui n'était pas utilisée jusqu'alors.

Je fais faire un point rapide sur la réglementation française de façon à mettre en évidence que cette réglementation s'applique à toutes les villes. Ce que l'on constate c'est que, au cours des cinq dernières années, la réglementation a largement évolué en faveur de la prise en compte des aspects environnementaux et climatiques dans l'aménagement à travers, par exemple, les schémas régionaux de cohérence écologique ou encore la mise en place des Plans climat-énergie territoriaux. Cela s'est traduit dans les SCOT, dans les PLU et, plus récemment ou à venir, dans les PLUi. C'est en se focalisant sur un exemple du PCET et un exemple du PLU de Toulouse que l'on va décliner les actions spécifiques qui sont menées en matière de lutte contre l'îlot de chaleur urbain. Je précise que, en parallèle de ces aspects réglementaires, il y a aussi des documents de cadrage qui existent depuis parfois plus longtemps et qui vont dans le sens de l'amélioration des aspects climatiques en ville et des aspects environnementaux. On peut citer les Agendas 21, les chartes environnementales, les chartes éco-quartiers, etc.

Catherine Carot

Directrice de l'environnement, Toulouse Métropole

Je voudrais ajouter une précision sur la réglementation française. Depuis la loi Grenelle, la loi d'engagement national pour l'environnement de 2010, il y a eu largement une évolution de la vision du territoire. Avant, l'écu était plutôt vertueux sur son territoire quand il bâtissait, quand il artificialisait. La loi française a fait qu'on a inversé le regard, car, maintenant, plus on fait du vert et plus on devient vertueux, certes sans empêcher l'accueil de nouvelles populations. Ce sont des lois qui non seulement favorisent la non-consommation foncière mais qui nous aident aussi à lutter contre le phénomène d'îlot de chaleur urbain.

Thomas Houet

Chargé de recherche, GEODE UMR 5602 CNRS, Université Jean-Jaurès Toulouse 2

Les objectifs du Plan climat-énergie territorial de Toulouse concernent l'objectif trois fois 20 % qui est une déclinaison de la loi européenne, à savoir 20 % de réduction de la

consommation énergétique, 20 % de réduction des gaz à effet de serre, et utiliser 20 % d'énergies renouvelables à l'échelle du territoire. Il se décline en sept cibles :

1. Limiter les consommations et développer les énergies renouvelables.
2. Privilégier l'éco-mobilité.
3. Développer la solidarité énergétique.
4. Construire et rénover durable.
5. Généraliser les démarches d'urbanisme durables.
6. Préserver les ressources naturelles et agricoles.
7. Impliquer tous les acteurs du territoire et mobiliser tous les moyens d'action nécessaires.

Il y a un grand projet à Toulouse, le Grand Parc Garonne, qui permet de répondre à deux cibles, la 5 et la 6. Ce Grand Parc Garonne, du fait de sa localisation, du fait du fleuve qui passe dans le centre-ville et du fait qu'il est fortement végétalisé sur ses abords constitue un îlot de fraîcheur favorable pour lutter contre l'îlot de chaleur urbain. L'idée de ce projet est d'aller un peu plus dans l'amélioration des connectivités vertes sur certains secteurs de ce projet et de revégétaliser d'autres secteurs tels que l'île du Ramier. Actuellement, il y a là le Hall d'exposition de Toulouse qui devrait être déplacé en dehors de la ville, donc les surfaces imperméables vont redevenir perméables. L'idée de ce projet est de passer d'un fleuve dont on se protège à un espace public naturel métropolitain et rendre la Garonne à ses habitants. Il y a une vraie volonté d'intégration de cette composante dans le territoire et dans l'aménagement. Autre exemple par rapport à la cible 4 du PCET, construire et rénover durable. Il est prévu dans le cadre de ce PCET de réhabiliter 2 500 logements sociaux et 500 logements privés par an jusqu'en 2020, un objectif assez fort en matière d'urbanisme sur le territoire.

Le PLU est le moyen réglementaire le plus efficace pour agir directement ou indirectement sur l'îlot de chaleur urbain. De par son dispositif, et notamment à travers son règlement graphique et son règlement écrit, il peut permettre de lutter contre l'îlot de chaleur urbain. Il y a tout ce qui concerne les espaces boisés classés qui totalisent un peu plus de 500 hectares à Toulouse, ce qui est assez conséquent, et puis il y a des dispositifs plus récents tels que les espaces verts protégés (EVP) qui ont été mis en œuvre sur Toulouse et qui rajoutent une composante verte protégée de près de 70 hectares. De plus, on peut avoir dans le PLU des orientations d'aménagement et de programmation qui permettent de prendre en compte de façon un peu plus systémique les aspects d'aménagement et de déplacement de façon beaucoup plus intégrée à l'échelle de quartiers, ce qui permet d'avoir des aménagements auprès des quartiers qui sont beaucoup plus cohérents, beaucoup plus durables et beaucoup plus efficaces pour lutter contre l'îlot de chaleur urbain. Le quartier de Saint Michel-Saint Agne, localisé en plein centre-ville, a été le projet pilote de la mise en place des EVP. L'intérêt de ces EVP est que ce dispositif s'applique à la fois sur les terrains publics et les terrains privés, ce qui nous permet de protéger et d'assurer la mise en place d'une trame verte au sein de la ville.

Là, nous avons vu les aspects qui concernent le PCET et le PLU qui sont propres à toutes les villes et nous allons maintenant faire un focus sur les opérations d'aménagement de deux quartiers, celui des Izards-Trois Cocus, au nord de Toulouse, et celui de la ZAC de Montaudran au sud de Toulouse.

Le quartier des Izards-Trois Cocus est depuis quelques années une zone urbaine sensible avec des enjeux sociaux très forts. Il représente 56 hectares et environ 4 000 habitants, avec une densité un peu plus forte que celle de Toulouse Métropole, soit 42 habitants par hectare. La moitié des logements sont des logements sociaux. Historiquement, ce quartier était occupé par une zone dite AU (à urbaniser) dans le précédent PLU, c'était une zone agricole intra-urbaine de maraîchage. La partie sud était plus densément bâtie, plus densément peuplée, avec des enjeux sociaux très forts. La structure de ce quartier entre la partie nord agricole et la partie sud augmentait la perception des déséquilibres internes à ce quartier en matière de déséquilibre social. Avec la révision du PLU, on a assisté à une

inversion, un changement de paradigmes dans la vision des réserves foncières qui étaient à urbaniser précédemment. Finalement, cet espace à urbaniser est devenu un espace agricole protégé et un objet central dans le projet de renouvellement urbain dans le quartier. Cela a vraiment été considéré comme un élément fort pour améliorer l'aspect social du quartier. Dans la partie nord de ce quartier, on a des exploitations maraîchères et, plus on va vers le sud, plus on va trouver des logements de type maisons individuelles denses avec, au fur et à mesure, une augmentation de logements de type petits collectifs, puis de type grands collectifs où se concentrent les enjeux sociaux.

Le projet de renouvellement urbain s'articule autour de plusieurs volets, notamment celui de la rénovation-démolition-construction. Cela se traduit par des démolitions d'immeubles dans la partie nord. Les parcelles ont ensuite fait l'objet de reconstruction : on est là dans le renouvellement urbain. Il y a d'autres immeubles qui ont fait l'objet de réhabilitation et d'amélioration des performances énergétiques, notamment à travers le PCET et la réhabilitation des logements sociaux. Tous ces immeubles obtiennent désormais la classe C en termes de performance énergétique. On observe aussi que dans d'autres endroits ce sont de grands ensembles qui ont été démolis au profit de l'amélioration sociale du quartier. On assiste dans ce quartier à une dédensification pour répondre à des enjeux sociaux en matière de renouvellement urbain.

A une échelle plus large, le quartier s'insère dans une trame verte et bleue qui tend à faire le lien entre la Garonne et les espaces de verdure situés au nord de Toulouse. Ce quartier constitue une pénétrante verte allant vers le centre-ville. C'est un élément fort du projet urbain. A une échelle un peu plus fine, l'objectif du maintien et de la préservation, voire de l'augmentation de cette trame verte et bleue s'articule dans l'idée d'améliorer la pénétrante vers le centre-ville, tout en assurant des transversalités au sein de ce quartier qui ont plusieurs vocations : des aspects écologiques et des aspects de déplacement à l'intérieur du quartier. En rentrant un peu plus dans le détail de cette trame verte et bleue, on s'aperçoit qu'elle est vraiment articulée entre la partie nord qui est désormais une zone agricole et une articulation à travers l'augmentation des mobilités internes, qu'on appelle localement des sentes. Cette trame verte et bleue qui s'articule du nord au sud se traduit également de façon latérale, d'est en ouest, avec les transversalités et la mise en place de sentes. Ces sentes ont été classées comme espaces verts protégés dans le document graphique du PLU. Ces espaces sont couplés avec des espaces de mobilité et privilégient les modes de déplacement doux au sein du quartier.

Sur les aspects plus spécifiquement agricoles, on peut noter l'effort important qui a été fait par la Communauté urbaine. C'était un quartier qui était historiquement agricole. Il y avait deux fermes toulousaines sur le site qui ont été préservées, les bâtiments ont été classés pour préserver le côté patrimonial du site. L'effort de Toulouse Métropole envers l'agriculture s'est traduit par l'acquisition de la ferme de Bordebio et l'accompagnement de l'installation de jeunes exploitants en culture biologique. Si le foncier appartient à Toulouse Métropole pour l'instant, l'objectif est que cette exploitation agricole puisse être autonome dans l'avenir. Cela s'est traduit dans le document graphique du PLU par la mise en place d'une zone A à la place d'une zone AU (à urbaniser) dans le précédent PLU.

Un dernier exemple qui me semble intéressant est le travail qui a été mené autour de l'aménagement de la place Micoulaud, une place centrale dans la partie sud du quartier. Il y a eu de nombreux ateliers participatifs avec la population pour identifier quels usages, quelles fonctionnalités et quels types d'aménagements elle souhaitait pour cette place. Elle a demandé la mise en place d'une pergola ainsi que la mise en place d'arbres et de fontaines de façon à améliorer les aspects d'ombrage. A l'inverse, et cela met en lumière une méconnaissance de leur part des processus qui influent sur le confort thermique, ils ont choisi de mettre des briques au sol afin de privilégier l'identité culturelle de Toulouse, la ville rose, alors que d'autres matériaux auraient pu réduire les flux de chaleur latente la nuit. Cela témoigne aussi de leur attachement culturel à la ville rose. On voit qu'il y a des enjeux à

gérer et à sensibiliser les populations entre les aspects culturels, patrimoniaux et climatiques.

Quand on fait le bilan par rapport à notre grille de lecture, on s'aperçoit que dans ce quartier de renouvellement urbain des Izards-Trois Cocus, on a répondu à l'ensemble des critères avec des actions un petit peu spécifiques telles que la préservation de l'agriculture urbaine, la mise en place des espaces verts protégés qui constituent des zones de mobilité. On a réduit l'impact de l'ensoleillement à travers l'ombrage de la place Micoulaud ou l'ombrage de la végétation arborée et on a tenu compte, dans les aspects de renouvellement et de reconstruction, de l'orientation des bâtiments de façon à améliorer les écoulements aérauliques dans le quartier. On a également sensibilisé les habitants à la canicule en mettant en place un plan de prévention au niveau de la mairie annexe.

Le deuxième exemple est celui de la ZAC de Montaudran. Ce projet d'aménagement se situe au sud de Toulouse et s'insère dans un projet d'aménagement plus vaste qui s'appelle Plaine Campus et qui tient compte de différentes opérations d'aménagement en parallèle, différentes ZAC mais aussi des zones qui sont sous maîtrise d'ouvrage par l'université. Il y a eu un gros effort de concertation et de planification entre Toulouse Métropole et le maître d'ouvrage de façon à coordonner un projet d'ensemble à l'échelle de Toulouse. Un certain nombre de logements vont être créés dans cet espace ; cela représente environ 1 million de mètres carrés en construction, ce qui n'est pas négligeable. Ce projet d'aménagement de Plaine Campus tient compte des plans de déplacement urbain, améliore la connexion des transports en commun et permet la mise en place de modes de transport doux à l'échelle du quartier, pas seulement à l'échelle de la ZAC. Cela veut dire que c'est quelque chose qui est pensé de façon plus globale.

Quand on regarde la localisation de ce secteur, on s'aperçoit qu'il est situé dans des corridors écologiques assez importants, entre le fleuve de la Garonne et le Canal du Midi. Nous avons le souci de préserver la trame verte et bleue par la mise en place de jardins et de parcs, notamment les jardins de la Ligne, le parc sportif qui est situé au milieu de la zone d'aménagement et le parc humide dans la partie la plus au sud du quartier. Historiquement, cette zone à aménager était une ancienne piste de l'Aéropostale, un espace maintenant classé et protégé. Il faut donc concilier l'aménagement par rapport à cette piste. Comme cette piste était dans l'axe des vents dominants, il a fallu tenir compte de cette contrainte, mais aussi de cet avantage, en définissant une architecture en quinconce pour décaler, éviter les couloirs de vent et améliorer l'écoulement aéraulique au sein de ce quartier. L'enjeu ici était de combiner aménagement urbain et confort thermique avec un traitement de la piste de Montaudran qui est considérée comme un patrimoine culturel et historique et qu'il fallait mettre en valeur. C'est quelque chose d'assez difficile parce que cela constitue une surface qui, potentiellement, peut contribuer à l'îlot de chaleur urbain. Des efforts ont été faits pour aménager des espaces verts de part et d'autre la piste. Il s'agissait aussi d'intégrer les enjeux climatiques à l'échelle des bâtiments. Un effort a été fait concernant la couleur et le choix des matériaux. Des murs avec un albédo un peu plus fort et des ombrières de façon à réduire l'impact de l'ensoleillement sont ainsi privilégiés.

Si l'on fait le bilan des actions par rapport à notre grille de lecture, on s'aperçoit qu'il y a un accroissement du ratio surfaces naturelles/surfaces artificialisées avec les jardins de la Ligne, le parc sportif et le parc humide. Il y a une réduction de l'impact de l'ensoleillement avec la mise en place de patios et la couleur des matériaux. Nous avons optimisé la ventilation par le vent par l'orientation des rues et l'architecture en quinconce. Nous pouvons également contribuer à réduire les flux de chaleur anthropique par le biais des modes de déplacements doux qui ont été privilégiés sur ce quartier.

Si l'on cherchait à faire une synthèse de l'expérience toulousaine au regard des enjeux de lutte contre l'îlot de chaleur, on pourrait dire que le premier enjeu va être de contrôler le développement urbain. Des études ont en effet démontré que, d'ici 2030, la ville-centre allait devoir accueillir environ 90 000 nouveaux habitants, ce qui est conséquent. On également

démonstré à travers les projets de recherche que l'étalement urbain, par son étendue et sa morphologie, pouvait avoir des effets négatifs sur le confort thermique, ce qui, par corollaire, peut induire une hausse de la consommation énergétique, de la climatisation, et donc de l'îlot de chaleur. L'enjeu, il est là, mais il dépend également de la configuration propre à chacune des villes, on ne peut pas le nier.

Nous avons ensuite essayé d'identifier les différents leviers qui pouvaient nous permettre d'améliorer cette lutte contre l'îlot de chaleur urbain. On constate d'une part que, sur le privé, seul le PLU constitue un gage pour lutter contre l'îlot de chaleur et que, selon la gouvernance qui va être mise en œuvre, on sera plus ou moins efficaces. Sur le foncier public, on observe une tendance à des pratiques de plus en plus vertueuses liées à l'évolution de la réglementation. Nous avons vu que les opérations sous maîtrise publique pouvaient avoir, selon la gouvernance, un rôle exemplaire, un rôle de montée en compétences pour les opérateurs privés et constituer des terrains d'expérimentation pour la réglementation à venir.

Les enjeux climatiques étant aujourd'hui principalement gérés sous la forme de documents de cadrage, ils sont principalement incitatifs et ne sont pas opposables. Nous nous sommes demandé si l'on ne pouvait pas aller vers une prise en compte un peu plus forte au niveau de la réglementation sur ces enjeux climatiques, au même titre que la qualité de l'air ou les nuisances sonores. Enfin, le dernier point qui nous semblait vraiment important concerne les connaissances en climatologie urbaine. On se rend compte qu'il y a une forte nécessité de diffuser ces connaissances, dans un but opérationnel, aux différents acteurs locaux. Notamment parce que ces connaissances peuvent constituer un levier pour améliorer la prise en compte de cette thématique dans la pratique de planification et d'aménagement urbain, mais également parce qu'elles pourraient constituer un levier de sensibilisation des individus pour rendre leurs usages et leurs comportements climatiquement plus vertueux. Là, les chercheurs ont leur mea culpa à faire, ils devraient être plus impliqués dans la partie diffusion des connaissances et, objectivement, je pense qu'ils ne sont pas toujours très forts pour le faire.

Ceci me permet de faire une transition sur un projet de recherche actuel, le projet MapUCE, dont l'objectif est d'intégrer les politiques climatiques urbaines et les documents juridiques les plus pertinents en prenant en compte des données quantitatives sur le microclimat urbain. Ces données proviennent de simulations sur le microclimat urbain et la consommation énergétique des bâtiments réalisées à partir de données climatiques, urbaines et sociales en tenant compte des comportements des usagers à l'échelle des bâtiments.

Julia Hidalgo

Chargée de recherche CNRS au Laboratoire Interdisciplinaire Solidarités, Sociétés, Territoires (LISST) de l'Université Jean-Jaurès Toulouse 2

Ce projet a commencé en mars 2014 et s'achèvera en 2018. Il est financé par l'ANR et est porté par le Centre National de Recherche Météorologique de Météo France en coordination avec le LISST. Ce projet de recherche a un partenariat scientifique très large, il y a des modélisateurs, des spécialistes en bases de données urbaines, une équipe de juristes en environnement et des équipes spécialistes en SIG, c'est-à-dire tout ce qui est visualisation, cartographie, etc.

Ce projet comporte deux grands volets. Le premier volet est plus basé sur la modélisation pour essayer de développer des méthodes pour produire les données nécessaires de surface urbaine pour nos simulations microclimatiques car le problème que nous avons c'est que cela nous prend beaucoup de temps pour développer les données d'entrée pour les simulations. Pour l'instant, nous avons travaillé sur Marseille, Paris, et Toulouse, mais à chaque fois ce qui coûte beaucoup de temps aux équipes c'est de collecter les données,

les mettre en forme, etc. L'idée de ce projet est de développer une méthodologie basée sur des bases de données nationales. L'équipe d'architectes du Laboratoire de recherche en architecture de Toulouse qui, avec l'équipe spécialiste dans les bases de données, va produire une base de données à l'échelle nationale qui devait permettre de produire des données d'entrée pour les simulations microclimatiques.

Il y a donc deux grands volets, un volet plutôt modélisation et un volet plutôt valorisation. L'équipe des juristes environnementaux fait en parallèle une analyse sur comment la réglementation française peut aujourd'hui prendre en compte ou pas ces problématiques et que quelles pourraient être les évolutions possibles.

Nous avons choisi un panel de villes assez large. Nous allons essayer de faire des simulations et de produire des données sur le microclimat urbain et les consommations énergétiques sur un panel d'une cinquantaine de villes. Nous faisons également un travail plus précis avec trois villes, Toulouse, Aix-en-Provence/Marseille et La Rochelle. L'objectif avec ces trois villes est de produire tous les outils de transfert pour communiquer avec les acteurs en charge de la planification et l'aménagement urbains (cartes climatiques, guides explicatifs, etc.)

Visite de deux parcs

Parc de Can Rigal – Passage de Sant Joan

Stuttgart

Contre-mesures aux îlots de chaleur urbains – La stratégie de la Ville de Stuttgart

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

Le down-town de Stuttgart n'est pas bien aéré, ce qui est aussi un problème pour la concentration de chaleur. Le point de plus bas de la ville est à 207 mètres, le point le plus haut à 549 mètres. La surface totale de la ville est de 207 kilomètres carrés. La ville compte 600 000 habitants et la région métropolitaine de Stuttgart 2 600 000.

Lorsque j'ai vu le programme de ce projet, j'ai pensé à trois aspects différents : le renforcement des réglementations et des outils d'évaluation pour une meilleure gouvernance ; l'amélioration de l'efficacité environnementale et climatique des îlots de chaleur urbains ; les contradictions entre l'aménagement urbain et la densification. Je conclurai ensuite.

Le renforcement des réglementations et des outils d'évaluation pour une meilleure gouvernance

Je vais commencer par les réglementations et les outils que nous avons développés. Il y a plusieurs aspects : il y a les réglementations légales, les plans stratégiques et une meilleure gouvernance au sein des groupes de travail interdisciplinaires. Je vais développer ces aspects.

1. Une question très importante est la loi fédérale, une législation qui a été écrite sur tous les types de développement. Il faut prendre en compte de nombreux aspects, en particulier l'air et le climat. Donc si vous faites un aménagement quelconque, il faut tenir compte du climat, c'est la loi qui le dit. Je pense qu'il faut avoir une législation, autrement on ne va pas réussir.
2. Les plans de stratégie thématiques. Nous sommes en train de développer un plan pour les zones très densifiées de Stuttgart ainsi qu'une stratégie climatique. Nous sommes en train de développer ces stratégies, donc lorsqu'un investisseur vient, tout le monde doit savoir ce qui est important pour le climat. Nous faisons cela sur les montagnes qu'il y a autour de la ville. Si vous construisez beaucoup de logements sur les collines, dans les zones basses de la ville il peut y avoir des problèmes climatiques à cause de la concentration de chaleur. Nous avons donc une stratégie pour toutes les zones des collines. Nous y reviendrons. Quant au climat, nous avons des stratégies concernant l'évitement des émissions de CO₂ et, depuis 2012, nous avons lancé une stratégie pour nous adapter au changement climatique.
3. La gouvernance au sein des groupes de travail interdisciplinaires. Les questions interdisciplinaires sont importantes pour les aménageurs urbains et les climatologues. Étant donné qu'ils parlent souvent un langage différent, il faut qu'ils apprennent à s'entendre et à parler le même langage. Les climatologues doivent utiliser des expressions que nous retrouvons sur la planification, sur l'aménagement climatique. Il y a aussi les politiciens, les élus, qui sont les personnes qui vont prendre les décisions s'agissant de ce qu'il faut construire ou pas et qui ont besoin des données des spécialistes concernant le climat et la qualité de l'air. Il est important d'en discuter avec

eux. Si ces trois partenaires travaillent tous ensemble, la ville connaîtra le succès dans le sens que la qualité de l'air sera meilleure.

Quelques mots sur les outils que nous utilisons. Nous avons développé un atlas thermique, qui est un élément-clé pour nous, sur la base de nombreuses mesures que nous avons effectuées au cours des derniers siècles à Stuttgart. On connaît, par exemple, le nombre de jours par an où il y a eu un stress thermique sur la région sur la période 1971-2000. On voit que 6 % de la région a plus de 30 jours de stress thermique. Une projection sur la période 2071-2100 nous montre que 57 % de la région aura plus de 30 jours de stress thermique.

2013 était la date anniversaire des 75 ans de climatologie urbaine à Stuttgart. Cela a commencé en 1938, bien avant qu'on ne parle de changement climatique. Cela existait dans la législation allemande depuis très longtemps mais de nombreuses villes n'y prêtaient pas attention. La municipalité de Stuttgart et les élus se sont penchés sur la question et, pendant toutes ces années, c'est quelque chose qui a été pris en compte. Nous avons des tas de mesures climatiques, nous avons également beaucoup de calculs numériques élaborés à partir de modèles physiques. C'est dans ce contexte que nous avons développé cet atlas thermique. Nous avons beaucoup de cartes concernant les différents éléments de cette pollution climatique. Les aménageurs y trouvent des éléments pour connaître les zones qui ne sont pas en danger ou les zones où il ne faut pas construire de nouvelles habitations parce que le climat et la pollution de l'air doivent être sérieusement pris en compte. Ces cartes sont très parlantes pour les planificateurs, pour les aménageurs et pour les villes et les bureaux de l'aménagement urbain.

Depuis cet été, nous avons développé avec un cabinet de la Ville ces visions du climat urbain, elles sont disponibles sur Internet (<http://www.stadtklima-stuttgart.de>). Vous y trouverez une cinquantaine de cartes et beaucoup d'informations en français et en allemand. Cela donne la possibilité aux gens qui habitent là-bas d'avoir beaucoup d'informations. Ils nous appellent très souvent en nous disant qu'ils veulent acheter un appartement ici ou là et veulent avoir des informations sur la qualité de l'air ou du climat dans ces lieux-là. Nous avons mené des recherches avec l'Université de Stuttgart sur la vulnérabilité de la population sur ces îlots de chaleur. Il y a beaucoup d'informations basiques disponibles dont il faut tenir compte pour l'aménagement urbain. Nous faisons aussi des simulations microclimatiques avec Envimet, un très bon outil pour réaliser les calculs de différentes alternatives d'aménagement. Vous pouvez modifier la végétation ou les immeubles, planter des arbres ou les enlever, avoir des zones pavées ou des zones vertes. On peut calculer l'influence de tout cela sur le confort humain. Nous n'utilisons pas ces outils tous les plans des aménageurs.

Nous étions sur le projet des îlots de chaleur de l'Union européenne qui a été finalisé cette année. Sur ce projet, l'Université de Karlsruhe a réalisé quelques calculs pour la ville de Stuttgart à une macro-échelle sur l'effet de l'échauffement urbain sur ces îlots de chaleur. On voit qu'un parc, même petit, peut réduire l'effet des îlots de chaleur urbains. Nous nous intéressons également à la situation des systèmes de chauffage des immeubles. Ce n'est qu'un exemple de programmes sur lesquels nous opérons. Il y a également les outils du ministère de Bade-Wurtemberg. Nous avons lancé un livret appelé « Climate Booklet for Urban Development », c'est un livret pour le développement urbain, l'aménagement urbain. Il est consultable sur Internet en anglais et en allemand. Il comporte beaucoup d'informations basiques ainsi que plusieurs exemples sur comment tenir compte du climat pour l'aménagement urbain. Différents paragraphes législatifs sont mentionnés qui permettent de savoir ce qu'il est possible de faire sur la base de la législation existante.

Je pense qu'il faut disposer d'une législation appropriée. Il est important d'avoir cette institutionnalisation, ce qui veut dire qu'il faut des techniciens tels que des climatologues, il faut institutionnaliser cela. Puis, bien sûr, il faut des données, on ne peut pas donner de conseils ni aux décideurs ni aux parties prenantes si on n'a pas ces données.

L'amélioration de l'efficacité environnementale et climatique des îlots de chaleur urbains

Je vais me concentrer sur trois points : les espaces verts et l'eau dans la ville ; l'aération de la ville ; et le transport et l'écologie, qui a moins trait aux îlots de chaleur qu'aux aspects concernant la pollution de l'air.

1. *Les espaces verts et l'eau dans la ville.* Si vous quittez la ville, vous voyez que les rails des trains, des tramways ou du métro ne sont pas enterrés, on y a laissé pousser la végétation, ce qui est un bon moyen d'optimiser le microclimat. Nous avons des parcs, moins qu'à Barcelone parce que la configuration de la ville est différente, nous n'avons pas ces grandes avenues, c'est beaucoup plus étroit. Nous avons des zones de parking avec des pavés verts entourés de gazon. Il y a beaucoup d'arbres aussi dans la ville, moins qu'à Barcelone mais nous essayons d'en avoir le plus possible. La question qui se pose souvent à propos des toits verts c'est qu'ils sont érigés sur des bâtiments très élevés et les passants ont du mal à les voir mais ces toits verts ont quand même un effet sur le climat et la ville. A Stuttgart, lorsqu'il y a des terrasses qui recouvrent les habitations, il est obligatoire d'y planter de la végétation. Il y avait un programme pour le financement de ces toits plats qui s'est terminé en 2012 mais, depuis deux mois, un nouveau programme de financement a commencé pour l'aménagement urbain vert des maisons. Il donne des subventions pour la création d'espaces verts dans les arrière-cours des habitations.

Dans le passé, nous n'avons pas toujours ménagé des espaces verts. C'est le cas de la Marienplatz qui est un endroit où personne ne souhaite aller en été car c'est trop chaud. Ce n'est pas le cas de la Karlsplatz ou encore de la Mailänderplatz qui vient d'être terminée. Il y a eu un appel d'offres pour les architectes qui intégrait les aspects climatiques. Celui qui a été retenu est celui qui a essayé de reconstruire un bois sur le toit. Finalement, les arbres ne vont pas être plantés. Je me suis aussi aperçu que les fontaines et les bassins sont plus petits que sur la maquette. Ils ont fait pas mal de choses mais je pense qu'ils n'ont pas fait tout ce qu'ils pouvaient faire car c'est très important d'optimiser les places publiques. C'est une bonne méthode d'utiliser des simulations numériques, par exemple selon le modèle Envimet qui optimise le meilleur emplacement pour planter des arbres ou pour que les personnes puissent s'asseoir sous les arbres. Egalement, pour les aménageurs urbains il faut se pencher sur ces aspects climatiques et sur les plans de développement local. On peut décider où l'on va planter des arbres et établir aussi que les zones qui ne sont pas construites peuvent être cultivées, on peut y planter des buissons, du gazon ou des arbres lorsque cela est possible. Le problème est que quelques années après, si quelqu'un a planté un arbre et l'enlève au bout de deux ans, malheureusement rien ne va se passer car il n'y a pas assez de contrôles.

2. *L'aération de la ville.* Dans des villes avec cette topographie, c'est un élément très important parce qu'il y a un air froid qui se produit sur les collines et qui souffle vers la vallée et vers les villes en hiver. Notre intention, dans les régions où il y a des flux d'air froid, est qu'il n'y ait pas de constructions, de sorte que l'air froid puisse souffler sur les villes, réduire la pollution et nettoyer l'atmosphère. Si on ne réussit pas à interdire ces immeubles, on peut toutefois limiter leur hauteur ou leur orientation de sorte qu'ils soient construits de façon parallèle au vent. Sur le quartier nord de Stuttgart, le principe est d'avoir des zones d'aération le long des collines. Les aménageurs et les élus voulaient étendre une zone industrielle sur un espace vacant se situant entre cette zone et une zone résidentielle. Cela n'a pas pu se faire car cet espace vacant est considéré comme important pour les flux d'air froid qui descendent des collines. Elle a été déclarée inconstructible et sert maintenant de terrain de jeu pour les enfants. Il y a pas mal d'exemples de ce type à Stuttgart. Nous avons réussi à établir ces couloirs d'air froid pour refroidir la ville.

Nous avons appliqué le même principe dans le plan stratégique en centre-ville. Stuttgart n'est pas une ville très dense et le prix du mètre carré y est très élevé. Nous aurions donc pu construire avec une forte densité sur les collines mais il n'en a pas été ainsi car les élus se sont penchés sur le climat depuis très longtemps et ont préservé ces collines des constructions. La qualité de l'air est notée en trois grandes catégories (très haute qualité, haute qualité et qualité pouvant être améliorée), elle est globalement très bonne. Nous avons un plan stratégique pour cela mais ce qui est important maintenant c'est de ne pas construire de nouvelles habitations. La Ville a la possibilité d'interdire les constructions dans certains endroits. Elle a gagné deux ou trois procès jusqu'à présent car la qualité de l'air a été considérée plus importante que les intérêts privés.

3. *Le transport écologique.* Nous avons un plan avec des valeurs limites déterminées par la Commission européenne. Nous avons des zones à faibles émissions dans toute l'Allemagne qui suivent les directives pour les émissions des voitures. Pour les zones à faibles émissions, les voitures équipées pour respecter les normes ont le droit de circuler. Nous avons une interdiction du trafic pour les poids-lourds qui n'ont pas d'autorisation pour délivrer des marchandises et qui ne peuvent que traverser la ville par le périphérique. Le prix du stationnement est plus cher. Nous avons également des limites de vitesse qui ont un impact très positif sur la pollution de l'air. Nous essayons d'encourager fortement le déplacement à vélo, mais ce n'est pas facile avec les collines. Nous avons e-Mobility, une mesure pour implanter les stations de chargement électrique pour les voitures avec plus de 230 points de charge gratuits. Nous avons également un système appelé « e-call a byke » qui consiste à avoir 450 vélos et 100 Pedelecs (vélos électriques) disponibles en location. On peut garer sa voiture et prendre un vélo, ce qui est une approche plus efficace. A partir de 2015, nous aurons une carte intermodale qui permettra de se déplacer en transports en commun, de louer un vélo ou une voiture, de se déplacer en covoiturage, etc. Elle permettra de combiner toutes ces possibilités. Nous aurons un centre d'information de la mobilité pour renseigner les personnes sur la façon la plus efficace de se déplacer d'un point A à un point B. Nous faisons de nombreux efforts pour améliorer le trafic.

Les contradictions entre l'aménagement urbain et la densification

A Stuttgart comme dans beaucoup de villes, il s'agit plutôt de développement urbain en interne qu'en externe, ce qui pourrait représenter un problème pour le changement climatique et les îlots urbains de chaleur. Comment gérer ces contradictions ? Il y a un exemple que je désire partager avec vous. Dans le centre-ville, la partie ouest de Stuttgart, pour essayer de diminuer les effets des îlots urbains de chaleur, nous avons un plan qui sera une bonne stratégie pour le développement de la partie ouest de Stuttgart compte tenu de la climatic urbaine. Nous allons mettre en place des mesures afin de réduire le stress thermique. Nous avons des zones pilotes sur la partie ouest de Stuttgart où il y a des monuments historiques, des grands blocs, qui ont été préservés. Il y a 50 000 habitants dans cette partie de la ville. Nous pouvons constater le stress thermique sur deux parties de la ville avec la présence de flux d'air froid qui circulent et nous voyons comment on pourrait continuer à construire tout en permettant que ces flux d'air froid perdurent.

Nous avons un plan d'aménagement qui prévoit un réservoir d'eau pour la partie ouest. La partie bâtie a, elle, une structure en bloc qui permettra la présence de zones vertes. La disposition des rues permet par ailleurs aux flux d'air froid de circuler et d'atténuer l'accumulation de la chaleur. Nous avons aussi des exemples de bâtiments que nous avons réaménagés avec des parties vertes qui comportent des aires de jeux pour les enfants et des parkings souterrains. C'était une zone qui était très dense et, là, nous avons une présence plus forte de zones vertes. Nous avons aussi un programme pour planter des arbres à Vogelsangstraße. Nous avons fait des simulations Envimet et sommes parvenus à développer un programme d'optimisation qui va combler les lacunes, remplir la partie vide et faciliter l'aération de cette partie entre les bâtiments. Ce sont des cours où il y a la présence de zones vertes avec très peu de bâtiments. Les bâtiments doivent être plus bas

avec des façades orientées vers le sud et avec plus de présence verte. C'est le genre de structures que nous envisageons pour le développement avec les aménageurs. Dans le quartier de Rosenberg, qui reprend ce système, nous avons un bâtiment avec des terrasses vertes. Je ne peux pas vous dire quel est le pourcentage d'espaces verts par rapport aux maisons mais, en tout cas, c'est plus vert que cela ne l'était avant. C'est le genre de plan qui va peut-être créer un microclimat et optimiser la situation plutôt que ne la rendre pire à l'avenir.

Conclusion

Je vous ai parlé de mesures d'aménagement qui vont compenser les îlots urbains de chaleur. Il y a d'autres possibilités, bien sûr, comme par exemple les médias, la communication. Il faut parler des mesures à court terme et à long terme. Nous avons maintenant la présence de nuits tropicales, avec beaucoup de personnes qui sont toutes seules dans leur appartement et qui n'ont pas de contact avec l'extérieur. Il faut les informer de cette situation. Nous avons créé pour cela un programme de sensibilisation par le biais de brochures qui vont être distribuées aux groupes les plus sensibles pour les informer des mesures à prendre en cas de fortes chaleurs. En décembre 2011, Stuttgart a reçu un prix pour le travail mené à terme toutes ces années. Après cet appel d'offres que la Ville a gagné, nous avons tiré quelques conclusions : les stratégies à suivre pour les îlots urbains de chaleur passent par une planification qui inclurait plus de zones vertes, une importance des courants d'air froid, une qualité des transports et, surtout, la participation institutionnelle pour mettre en œuvre toutes ces mesures. La stratégie de la Ville de Stuttgart a une longue tradition de succès.

Je vous invite à avoir cette approche institutionnelle car les personnes ne sont parfois pas conscientes de la réalité. Pour imaginer, on pourrait dire qu'elles sont sur un bateau, font du feu sur le pont du bateau en coupant le bois du bateau pour alimenter le feu... Essayons d'être conscients, d'impliquer toutes les parties prenantes, y compris les élus.

Martine Koenig

Adjointe mission spécifique, Direction générale du développement urbain et durable, Toulouse Métropole

On voit à quel point il y a une tradition de longue date à Stuttgart, des efforts considérables sont faits avec l'implication des pouvoirs publics et une information très importante des habitants. Mais il me semble qu'il y a quand même un oubli, c'est tout le tissu industriel. Vous dites que la ville est polluée, donc je pense que les îlots de chaleur viennent peut-être de la pollution. Vous avez un tissu industriel, donc il y a sûrement des émissions qui doivent jouer sur le climat. Est-ce qu'il y a une centrale thermique ? Bref, il y a tout cet aspect industriel qui est considérable. Il y a les résidents mais il y a aussi les autres acteurs et, là, je n'ai pas entendu ce qui se faisait dans ce domaine.

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

Effectivement, l'industrie automobile est très présente à Stuttgart mais la réglementation pour les usines n'est pas municipale, elle est nationale. Aujourd'hui, les usines sont très propres, la pollution vient pour 75 % du trafic. Le problème principal ce sont les rues qui ont beaucoup de trafic, il y a des embouteillages. Près de 80 000 voitures circulent chaque jour dans la ville, ce qui est vraiment un problème. Dans les zones résidentielles où il y a moins de trafic, la qualité de l'air est plutôt bonne, elle est vraiment en dessous des valeurs limites. C'est un problème en centre-ville, pas dans toute la ville.

Emmanuel Raoul

Secrétaire permanent du PUCA – Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – Ministère du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité

Merci pour votre présentation passionnante. En particulier, vous nous avez parlé de situations dans lesquelles des ensembles résidentiels existants étaient améliorés de façon à réduire les effets des îlots de chaleur. Dans nos villes, il est vrai que la question majeure c'est bien l'existant, comment améliorer l'existant. Il y a d'un côté les nouveaux développements, et c'est important qu'ils soient conformes, mais il y a l'existant. De ce point de vue, je n'ai pas bien compris, dans la partie de Stuttgart ouest dont vous avez dit qu'elle était très dense avec beaucoup de résidences anciennes et patrimoniales, donc on ne peut pas tellement toucher, ce qu'on peut faire. Parce que pour les corridors de ventilation, les rues sont telles qu'elles sont, on ne peut pas les modifier. Est-ce qu'on peut verdir les toits ? Pas toujours parce qu'on ne peut pas forcément modifier ces ensembles patrimoniaux. Est-ce qu'on peut planter des arbres ? Pas toujours parce qu'on a des contraintes de l'existant avec une très forte densité. Est-ce qu'on peut créer des micro-espaces verts ? Pas toujours. Est-ce qu'on peut mettre de l'eau ? Pas toujours parce que, là aussi, on est très contraints par l'espace. Donc qu'avez-vous développé comme autres solutions dans les lieux de très haute densité ?

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

S'il y a des terrasses qui existent, on peut les réaménager en terrasses vertes. On peut planter des arbres, avoir des cours vertes derrière les maisons, nous avons ces possibilités derrière les pâtés de maisons. La Ville a commencé à planter des arbres dans les rues où il n'y en avait pas. L'idée est de reconverter la partie privée pour permettre de reverdir à l'intérieur des pâtés de maisons. Quand des personnes essaient de bâtir, elles doivent respecter les plans d'aménagement du Bureau d'aménagement urbain. Jusqu'à présent, il n'y avait pas de prévisions de construction à l'intérieur des pâtés de maisons dans le plan d'aménagement. Là, ils commencent à envisager quoi inclure dans cette partie non bâtie, donc la possibilité d'introduire des parties vertes. Pour ce qui concerne les corridors de ventilation, on ne peut pas supprimer les maisons, vous avez raison. En revanche, on peut réaménager ce qui existe et, lorsqu'on a des zones à construire, on peut se retirer un peu de la rue de sorte qu'il y ait plus d'espace pour les corridors de ventilation. Ce sont les deux choses que nous pouvons mener à terme.

Anne Peré

Enseignant-chercheur à l'École nationale supérieure d'architecture de Toulouse

Est-ce que vous pourriez préciser la notion de stress climatique à Stuttgart ? Est-ce qu'on a le même stress lorsqu'on est à Barcelone, dans les villes du Sud ? Est-ce que c'est une norme pour tout le monde ou est-ce que vous avez défini quelque chose de particulier quand on habite dans le Nord ? Peut-être que cette notion de stress peut changer suivant le contexte.

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

Je suis certain que vous avez à Barcelone ou dans d'autres villes le même stress climatique que nous à Stuttgart. Simplement, je pense que les personnes en ont plus l'habitude. Dans les pays du Sud, vous êtes plus habitués à la chaleur. A Stuttgart, nous avons des parties de la ville où la température peut aller bien au-delà des 30°C. Cela va vous faire rire car, vous, vous avez soixante ou soixante-dix jours comme ça. Il y a bien sûr une différence entre le Nord et le Sud mais c'est surtout une question d'habitude.

Catherine Carot

Directrice de l'environnement, Toulouse Métropole

Pour avoir travaillé sur la problématique des îlots de chaleur urbains à Toulouse Métropole, je m'interroge sur l'intérêt de l'îlot de chaleur urbain en matière de stress thermique par rapport aux habitants. Autant pour les espèces végétales c'est une question de vie ou de mort, autant les espèces humaines me paraissent être adaptables. Le stress thermique à Stuttgart n'est peut-être pas le même qu'ailleurs mais peut-être que les habitants de Stuttgart peuvent s'adapter.

La question qui me paraît vraiment sous-jacente à la problématique des îlots de chaleur urbains c'est le problème de la pollution et de la qualité de l'air. Vous avez évoqué la législation allemande mais en France on a la même. Quand on agit sur les transports en commun, cela a d'abord été la loi LOTI qui a mis l'accent sur qualité de l'air, et donc qu'il fallait agir sur les transports, et c'est une vieille loi. Concernant la qualité de l'air, le Plan de protection de l'atmosphère est un outil obligatoire qui découle d'une directive européenne et qui s'applique à la France. Les couloirs aérauliques c'est pour renouveler l'air et l'air pollué avant tout. On bénéficie peut-être d'un rafraîchissement mais ce n'est pas le premier but puisqu'en hiver les rafraîchissements nous posent un problème aussi. Donc je me demandais si agir sur la qualité de l'air ce n'était pas la première des entrées car, en agissant sur la qualité de l'air, on va aussi agir sur la nuisance du bruit et sur l'îlot de chaleur urbain. Sur toutes les actions que l'on va mener pour lutter contre le phénomène de l'îlot de chaleur urbain, la première des actions à conduire est peut-être celle favorisant une meilleure qualité de l'air.

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

Les effets des îlots de chaleur viennent évidemment de la chaleur, c'est en Allemagne l'aspect le plus important. Pour ce qui est de la pollution, c'est important aussi. Sur le PM10, les contrôles de voitures ne sont peut-être parfois par importants, ce qui compte c'est la densité des zones et du trafic. Dans les pays du Sud, il pourrait y avoir des problèmes de zones, c'est une possibilité, mais nous n'avons pas ce problème-là à Stuttgart car, du point de vue climatique, nous n'avons pas des périodes avec de très fortes températures. Si nous avons cinq ou dix jours de soleil, c'est bien mais, après, il y a la pluie qui arrive et cela change énormément. Cela a toujours un impact sur les îlots de chaleur et c'est plus important que le stress thermique.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Nous reviendrons sur cette discussion tout à l'heure puisque vous n'avez pas l'air d'être d'accord...

Marseille

Marseille-Euroméditerranée : un projet urbain expérimental face aux défis du changement climatique

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Nous allons vous présenter un travail qui a été mené conjointement par l'EPA Euroméditerranée et Météo France et qui vise à tenter d'évaluer l'impact climatique d'un projet et à utiliser les enseignements de cette modélisation pour éventuellement modifier certains de ses aspects et enseigner de futures conceptions urbaines. Yves Bidet va engager la présentation en rappelant quelques éléments fondamentaux que Météo France a pu traiter en matière d'îlots de chaleur à l'échelle nationale et internationale, j'interviendrai ensuite sur la modélisation.

Yves Bidet

Météo France – Bureau d'études d'Aix-en-Provence

Pour l'étude, nous avons beaucoup travaillé avec nos collègues du Centre national de recherche météo à Toulouse qui ont développé tous les outils que je vais vous présenter, outils qui nous ont servi pour l'étude. Je ne vais pas m'attarder sur les îlots de chaleur urbains, on en a parlé. On peut simplement dire qu'il y a une différence de température entre la ville et la campagne qui existe et qui est mesurable. Elle dépend beaucoup de la situation météorologique. Par exemple, pendant l'été 2003 on constate une différence de 8°C entre le centre de Paris et la périphérie. Elle n'est que de 4°C en 2000 à la même saison.

La chaleur en ville c'est l'îlot de chaleur urbain mais c'est aussi le changement climatique. On a représenté le changement climatique avec des projections climatiques qui nous permettent de reconstituer des séries climatologiques prévues sur un certain nombre de villes. On compare ces séries aux séries actuelles et on essaie de trouver quelles villes se ressemblent entre aujourd'hui et 2100. On voit que le climat de la Vienne se rapproche de celui de Valence, que Marseille est du côté de l'Andalousie, Barcelone est en Afrique du Nord, Dublin en Bretagne, etc. Quand on se représente ça, on voit que les changements dans les villes vont être très sensibles pour les habitants.

Pour essayer de modéliser tout ça, Météo France a développé depuis les années 2000 un modèle de ville, couplé à un modèle atmosphérique qui s'appelle Méso-NH. Ces deux modèles s'échangent des flux. Qu'est-ce que c'est que la ville pour ce modèle ? C'est un ensemble de surfaces qui échangent de l'énergie, donc qui vont en stocker et en relâcher. Les bâtiments, ce sont des toits, des murs, des routes, chacune de ces surfaces a ses propres paramètres de conductivité thermique, de capacité calorifique et se comporte différemment. La ville c'est aussi des canyons urbains. Et tout cela interagit principalement avec le rayonnement. On a donc des effets de réflexion, on a du stockage d'énergie dans les routes, on a du rayonnement qui rentre dans les bâtiments. Ce modèle s'est complexifié au fur et à mesure de son existence, on prend maintenant en compte toute la partie de la dynamique thermique interne des bâtiments avec les effets de chauffage, les échanges de chaleur entre l'intérieur des bâtiments et l'extérieur, la ventilation, les effets d'ombrage, etc.

Ce modèle a été utilisé dans un certain nombre de projets, de projets européens en particulier. Un des projets les plus anciens est le projet Epicea, conduit sur la ville de Paris. On a utilisé le modèle en changeant les conditions de surface, c'est-à-dire qu'on a fait évoluer la ville selon divers scénarios possibles pour en mesurer l'impact. On a par exemple introduit dans les paramètres du modèle un scénario réfléchissant, donc on a changé l'albédo des surfaces qui composent la ville, et on a refait tourner le modèle avec le même forçage atmosphérique. Il y a ensuite un scénario de verdissement, un scénario d'humidification et on a ensuite le scénario complet où l'on met tous ces facteurs ensemble et, à chaque fois, on fait la différence entre la ville actuelle et les différents scénarios qu'on teste. On arrive à avoir des anomalies qui sont en quelque sorte l'impact que peut avoir chacun des scénarios qu'on introduit vu par le modèle. On arrivait à avoir au maximum de la journée jusqu'à 4°C ou 5°C de différence entre la situation standard et le scénario.

Autre projet, l'Atelier du Grand Paris. On a d'un côté la situation actuelle avec les pourtours de Paris qui sont des terres agricoles avec peu de zones vertes. Dans le projet, on a verdi non pas la ville mais la périphérie en introduisant des cultures maraîchères, des forêts. On a également rajouté des matériaux plus réfléchissants dans Paris et des plans d'eau autour de Paris. Le fait de modifier le pourtour de l'agglomération a eu un effet sur l'îlot de chaleur à l'intérieur de Paris : la différence de température est passée de 4°C à 2°C. Donc changer la périphérie change l'intérieur de la ville en le rafraîchissant. C'était un des buts de l'Atelier du Grand Paris.

D'autres projets, CLIM 2 et Vurca, se sont intéressés à la problématique de la climatisation parce que quand on climatise les bâtiments, on rejette de la chaleur à l'extérieur, dans les rues ou dans l'atmosphère, donc on augmente d'une certaine façon l'îlot de chaleur urbain. On a essayé d'anticiper, de voir à l'horizon 2030 quel était l'impact d'un doublement de la climatisation. Entre le scénario sans rejet de climatisation et le scénario avec doublement des rejets actuels de climatisation, on a eu une augmentation de l'îlot de chaleur urbain de 2°C.

Forcément, les impacts du changement climatique vont être exacerbés en ville. Il y a une augmentation générale des températures mais, comme il y a l'îlot de chaleur urbain, le centre des villes va être plus affecté. Cela va avoir des effets sur la façon dont les gens vont chauffer et climatiser. Cela va être bénéfique pour le chauffage mais l'équilibre entre le chauffage et la climatisation n'est pas réalisé parce qu'on va chauffer 25 % de moins mais on va être obligés de climatiser 50 % de plus, donc le bilan énergétique final n'est pas favorable. On a une demande énergétique qui va fortement augmenter et une consommation liée au chauffage qui va baisser mais on ne va pas écrêter forcément les pics de consommation maximale, c'est-à-dire que la moyenne va baisser mais on va devoir chauffer autant certains jours à cause des températures extrêmes.

Quelques points-clés en conclusion :

- En 2100, on ne pourra pas se passer de climatisation, ce qui va engendrer une hausse des consommations et un effet amplificateur de l'îlot de chaleur urbain.
- Il y a des leviers d'action pour combiner adaptation et atténuation. Il existe des actions ciblées comme mettre de l'eau en ville en période de canicule ; certains projets ont testé l'arrosage des rues pour voir l'effet que cela avait sur l'îlot de chaleur urbain. Il y a tout ce qui tourne autour de la rénovation thermique des bâtiments pour freiner l'échange entre l'intérieur et l'extérieur. Il y a le verdissement de la ville. Il y a également la planification spatiale avec le « petit plus » du Grand Paris qui dit qu'en agissant non pas dans la ville mais aux alentours de la ville, on peut aussi agir sur l'îlot de chaleur urbain.
- Il y a aussi l'évolution des comportements et des usages. Par exemple, dans les pays du Sud on ferme les volets l'après-midi alors qu'à Paris on ne les ferme pas forcément. Cela a un impact important. Par rapport à la climatisation, il y a la question de savoir quel

niveau de climatisation on fixe. Si on climatise à 23°C ou à 26°C, cela a un impact tout à fait différent sur l'îlot de chaleur urbain.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Je reprends la main sur l'opération Euroméditerranée. Pour ceux qui ne nous connaîtraient pas, je vais faire une présentation rapide. Nous sommes une opération d'intérêt national, un projet urbain de 480 hectares dans le centre de Marseille. Nous avons été labellisés EcoCité, un label décerné par l'Etat français pour les projets ambitieux en matière de développement durable. Nous avons une originalité, c'est que nous sommes pilotés et financés par de l'argent public issu de l'Etat et de l'ensemble des collectivités locales. Donc il y a une association complète qui se fait en matière de pilotage et de définition des orientations pour le projet sur des questions d'aménagement et d'urbanisme mais aussi, et peut-être surtout, de développement économique, ce qui est un des sujets phares de l'opération depuis son origine, avec le développement immobilier.

L'enjeu de l'opération est de requalifier un secteur arrière-portuaire dégradé en quartier de centre-ville assurant la plus grande mixité fonctionnelle sociale et générationnelle ainsi que la meilleure offre de service aux populations. Il s'agit également de créer les conditions du changement d'image de la ville et du retour de l'attractivité des investissements sur le territoire. 3,8 millions de mètres carrés sont programmés, dont 1,5 ont d'ores et déjà été livrés. A terme, le quartier accueillera 40 000 habitants et 20 000 emplois supplémentaires en complément des 30 000 résidents actuels et 20 000 emplois déjà créés. 6 000 logements auront été réhabilités et 40 hectares d'espaces publics seront créés ou restructurés.

Euroméditerranée se situe en bord de mer dans un territoire collinaire typiquement méditerranéen, avec des villes coincées entre mer et collines et des incidences que l'on a traitées dans un autre volet du POPSU qui était celui des risques d'inondation mais qui jouent aussi à plein dans notre sujet. On a donc les massifs collinaires aux abords et puis l'opération inscrite en zone portuaire en extension du centre-ville au nord.

Nous sommes EcoCité avec une approche du développement durable que nous souhaitons contextuelle et un objectif, le troisième, qui est celui de réfléchir au principe fondateur de ce que pourrait être une ville méditerranéenne durable, c'est-à-dire à réfléchir à la manière de penser la ville en Méditerranée dans une démarche low cost-easy tech de réduction de l'apport de la technologie pour pouvoir mieux maîtriser les coûts, donc plutôt sur une approche bioclimatique du développement. Nous sommes d'ores et déjà partenaires d'un certain nombre de démarches françaises et internationales, le CMI, Vivapolis et d'autres encore.

Vous voyez là quelques images en front de mer de réalisations que nous avons faites particulièrement pour la Capitale européenne de la culture sur des emprises portuaires et arrière-portuaires qui étaient relativement dégradées.

Concernant la question des îlots de chaleur, les enjeux que nous avons identifiés sont de plusieurs ordres : le confort diurne et nocturne, la consommation énergétique et hydrique qui est un enjeu particulièrement aigu en Méditerranée, l'émission des gaz à effet de serre qui relève de politiques nationales et internationales, puis la question de santé publique et de la précarité énergétique car un des impacts de cette évolution dans l'utilisation de la climatisation de plus en plus aigüe pour répondre à la question des îlot de chaleur va bien sûr pénaliser les populations les plus fragiles en termes sanitaires mais aussi les plus pauvres dès lors qu'il faudra avoir de l'air conditionné de façon quasi automatique avec un coût de l'énergie qui va augmenter significativement.

L'EcoCité se positionne dans une approche bioclimatique de l'urbanisme et de l'architecture, favorisant l'approche passive de l'aménagement et des constructions, notamment dans le registre de la consommation énergétique. Les rejets d'air chaud dans l'espace urbain sont limités, voire proscrits, et imposent de faire appel à des dispositifs de chauffage et de refroidissement non conventionnels. Il convient en parallèle d'agir sur l'évolution des comportements, en tout cas nous le souhaitons.

Le projet de référence est un projet qui couvre aujourd'hui 170 hectares, au nord du périmètre. Il est issu de terrains arrière-portuaires comme vous en connaissez tous, je pense à Barcelone notamment, avec une forte présence de terrains imperméabilisés issus de l'industrialisation, avec des terres polluées en grand nombre, des secteurs ferroviaires, des zones industrielles vacantes ou inoccupées et une très faible part de secteurs urbains. Nous envisageons ce projet avec une urbanisation renforcée, une forte densification par du végétal et la remise à l'air libre d'un fleuve côtier avec un étiage relativement important, donc avec un débit plutôt faible l'été mais qui peut, comme tous les fleuves côtiers en Méditerranée, se charger de façon brutale d'eaux de ruissellement issues de pluies torrentielles, d'où des risques d'inondation forts.

L'introduction d'énergies renouvelables est l'un des axes forts que nous développons. Je viens de vous dire que les rejets d'air chaud étaient interdits. Nous travaillons sur la production de chaud et de froid par thalassothermie, c'est-à-dire de la géothermie marine. On utilise pour ce faire l'eau de mer et les différences de température issues de l'eau de mer pour créer du chaud et du froid et répondre, sans rejets d'air chaud et en limitant les rejets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, aux besoins de 2 millions de mètres carrés, ce qui est assez considérable. C'est un projet dont la première phase est lancée, elle devrait être opérationnelle d'ici un an et demi.

Nous travaillons également sur tout ce qui est mobilité, bien sûr le développement des transports collectifs de personnes mais également de marchandises, donc un travail fondamental sur la notion de logistique urbaine, dite du dernier kilomètre, et d'acheminement des marchandises en centre-ville par véhicules électriques. Ce sont des choses sur lesquelles nous travaillons aujourd'hui avec des opérateurs de logistique. Nous travaillons également sur tout ce qui est mobilité douce, vélo, marche à pied et autres. Ce sont des procédures relativement classiques que vous connaissez tous par cœur.

Pour vérifier que tous les objectifs que nous nous fixons sont réalistes et maîtrisables en termes de coût, nous avons lancé une opération démonstratrice en termes d'immobilier et d'ambition environnementale sur une opération immobilière d'environ 60 000 m² sur laquelle on va concentrer l'ensemble de nos objectifs en matière de mixité sociale, générationnelle, fonctionnelle, urbaine au sens large mais aussi en termes d'enjeux et d'objectifs environnementaux autour de l'énergie, de la gestion de l'eau, de la question des services de proximité également. Nous essayons d'envisager cette opération, qui va concerner 800 habitants et 2 000 postes de travail, comme une unité de voisinage, comme un petit village dans lequel on va essayer de retrouver l'ensemble des apports du développement durable, y compris dans le traitement de la dépollution des sols et autres.

Nous travaillons sur une architecture innovante car nous pensons que l'architecture a aussi, par cette approche développement durable, une capacité à renouer avec une certaine identité méditerranéenne, notamment par le jeu des brise-soleil, des espaces extérieurs en prolongement. C'est un travail expérimental que nous conduisons aujourd'hui avec Eduardo Souto de Moura, qui construit un des bâtiments, et d'autres architectes marseillais et provençaux. La gare de fret est transformée avec le fleuve côtier et le parc attenant qui est remis en scène. On part aujourd'hui d'une station ferrée de marchandises. Le fleuve présente des aspects relativement bucoliques dans certaines parties mais qui sont totalement ignorées. Il est progressivement canalisé pour disparaître en totalité. Le projet vise à remettre tout cela à l'air libre. Le parc peut devenir inondable et donc répondre d'une certaine manière à la question des risques d'inondation tout en préservant des ensembles

végétaux forts. Nous travaillons sur la trame verte et bleue, une démarche française portée par le Grenelle de l'environnement, avec l'idée que c'est vraiment la trame et l'épaisseur urbaine qui peuvent répondre à cet enjeu de climat urbain, y compris dans le choix des essences végétales les plus adaptées à des climats méditerranéens chauds et qui anticipent le stress thermique qui va se présenter à l'occasion du réchauffement. Un travail très fin de paysagement est engagé.

A ce stade, tous les éléments qui vous ont été présentés sont des éléments qui relèvent d'intuitions urbaines issues de tout ce que les uns et les autres connaissons des démarches européennes et internationales qui valorisent la végétation, l'albédo, la présence de l'eau, la réduction du trafic automobile, etc. Avec Météo France, nous avons voulu vérifier et quantifier de façon la plus scientifique possible les apports de ces solutions de façon à ce qu'elles puissent être incontestables dans leur effet et puissent servir aussi de levier pour l'action publique dans le développement des opérations au-delà de notre seul périmètre, donc à la grande échelle de la ville et de la métropole qui est aujourd'hui l'un des sujets majeurs de notre territoire.

Yves Bidet

Météo France – Bureau d'études d'Aix-en-Provence

En 2011, Météo France a été sollicité par Euroméditerranée. Après un certain nombre de discussions sur le contour du projet et ce que voulait Euroméditerranée, nous avons conclu un contrat de partenariat de type recherche et avons décidé d'utiliser le modèle TEB (Town Energy Balance) dans la version la plus récente au moment du démarrage du projet. C'était la première fois que l'on testait la partie énergétique interne des bâtiments sur une ville comme Marseille. On a poussé la résolution de notre modèle à 125 mètres alors qu'on fait généralement de la modélisation à 500 mètres ou à 250 mètres. Là, on a un peu poussé le modèle dans ses retranchements. Cela a forcément mobilisé des ressources car ce n'est pas une petite étude ; pour Météo France, c'est 25 hommes/mois et 7 000 heures de calcul sur le supercalculateur de Météo France. Ce sont donc des moyens très importants qui ont été mis en œuvre.

Faire tourner un modèle sur un projet d'aménagement urbain nécessite de pouvoir décrire dans le modèle de façon très fine les caractéristiques de l'aménagement urbain. Il y a plus de 80 indicateurs par maille qui caractérisent la ville, il faut donc déterminer comment se comporte l'aménagement par rapport à ces 80 paramètres.

Pour tester l'impact de l'aménagement en situation de température maximale extrême, on a pris l'exemple de la canicule d'août 2003 et on a fait une simulation de six jours consécutifs. Les paramètres que l'on calcule sont des paramètres moyens sur la maille de 125 mètres, on ne travaille pas à l'échelle du bâtiment mais plutôt à l'échelle du quartier. Par rapport aux questions que se posait Euroméditerranée, on a fait tourner le modèle sur les six jours de simulation 2003 en changeant les conditions de surface du sol caractéristiques de la ville. On avait des conditions de surface caractéristiques de la ville actuelle, des conditions de surface caractéristiques de l'aménagement Euromed 2 tel qu'il est prévu dans le plan-guide, puis on a fait des variantes dans l'aménagement, c'est-à-dire qu'on s'est demandé ce qui se passerait si on supprimait l'ensemble des jardins prévus dans les quartiers pour essayer de voir quelle était l'influence des jardins, qu'est-ce qui se passerait si, au lieu de construire un parc, on construisait des quartiers d'habitation, qu'est-ce qui se passerait si, au lieu de la boucle de thalassothérapie, on utilisait une climatisation classique et qu'est-ce qui se passerait si on changeait l'albédo des murs. On a changé les conditions de surface du modèle et on a refait tourner le modèle sur les six journées. Après, on a regardé les différences entre les scénarios, différences qui sont une mesure de l'impact de chacune de ces variantes dans l'aménagement.

Pour évaluer les paramètres qui permettent au modèle de prendre en compte l'aménagement, nous avons demandé au cabinet d'urbanisme Leclercq, qui a construit le

plan-guide, de nous calculer ces paramètres dans l'aménagement prévu. Ils ont déterminé onze quartiers différents, des quartiers assez homogènes au niveau des paramètres du modèle, et nous ont donné pour chacun de ces quartiers les 80 paramètres dont on avait besoin pour faire tourner le modèle. Nous avons créé de nouvelles catégories d'occupation du sol auxquelles nous avons affecté les paramètres calculés par le cabinet d'urbanisme. On a fait tourner tout ça et constitué une animation de la température et du vent toutes les heures sur la ville actuelle et sur le projet Euroméditerranée. Ce qui saute aux yeux c'est que, la nuit, le parc est beaucoup plus frais que tous les autres quartiers et qu'il reste un petit peu plus frais dans la journée. En revanche, aujourd'hui la gare de triage chauffe énormément dans la journée, ce qui est normal parce que c'est une zone entièrement bétonnée. On constate déjà visuellement qu'il y a une grosse différence. On constate aussi que, dans les quartiers en dehors des parcs, on a un effet rafraîchissant par rapport à la ville actuelle. Dans la journée, on a dans la ville actuelle une température assez homogène et un impact très fort de l'autoroute du Littoral et de la gare de triage. Dans la ville future, on garde l'autoroute mais on remplace la gare par un parc, ce qui produit des différences de température. On a ensuite essayé de comparer les deux la nuit, en sachant que l'îlot de chaleur est plus important la nuit.

Nous avons regardé les différences entre les scénarios. Nous avons fait cela en différents points : des quartiers de bureaux, des quartiers de logements et des quartiers de logements plus proches du parc. On a également comparé un point entre la gare de triage actuelle et le futur parc, ce qui a montré des différences très sensibles, une moyenne de 4,5 °C, et une évolution diurne assez importante, avec un effet maximal qui peut dépasser les 6 °C certaines nuits. Si on visualise tout cela de façon synthétique, dans le parc on a le gain maximal, c'est-à-dire la différence maximale qu'on obtient sur les six jours de simulation, et l'impact moyen, c'est-à-dire la moyenne sur les six jours. On voit qu'on a dans le parc un effet très important, plus de 4 °C en moyenne et pas loin de 7 °C en maximum. Sur les quartiers de logements, on a un gain entre 1,5 °C et presque 4 °C. Sur les quartiers de bureaux, on a un effet moindre, entre 1 °C et un peu plus de 2 °C, qui s'explique par la structure des bâtiments et les matériaux utilisés.

Nous avons ensuite voulu mesurer l'impact du parc. L'impact du parc par rapport à l'aménagement actuel est surévalué parce qu'il y a actuellement une gare de triage qui apporte beaucoup de chaleur. Nous avons mesuré l'effet intrinsèque du parc en se posant la question des différences qu'on observerait si on construisait un parc ou si on construisait quelque chose d'autre. Nous avons fait différentes simulations qui donnent les résultats suivants : nous avons noté un rafraîchissement de -3 °C à -6 °C par rapport la ville actuelle et de -2,5 °C à -4 °C par rapport à un aménagement sans parc. On a également voulu voir s'il y avait un effet du parc dans les quartiers à la périphérie et l'on a pour cela évalué la moyenne des écarts de température pour tous les points à proximité du parc. On a constaté que l'on avait un effet jusqu'à 100 mètres autour du parc avec un effet décroissant. Au-delà, on n'a pas du tout de différence entre les deux simulations. Cela peut paraître assez réduit mais, comme le parc est très allongé, on maximise le territoire d'Euromed en passant de 16 hectares, la surface du parc, à un effet rafraîchissant du parc sur la ville de 54 hectares, ce qui représente pratiquement le tiers de l'aménagement.

Nous avons fait une synthèse des différents scénarios :

- *Impact des jardins*. Si on a le même aménagement mais qu'on n'a pas de jardins (tout ce qui est vert dans la maille urbaine) dans les quartiers de logements, on a une différence moyenne de 0,3 °C qui peut aller, au maximum de la nuit, jusqu'à 1 °C, donc un effet très important. Sur les quartiers de bureaux, on a un effet moindre, ce qui est normal parce que beaucoup moins de jardins sont prévus dans l'aménagement de ces quartiers.
- *Boucle de thalassothermie versus climatisation classique*. On note un gain dû à l'utilisation de la boucle de thalassothermie par rapport à la climatisation classique. Dans

les quartiers de logements, on a un effet un peu moindre qui se situe entre 0,2 °C et 0,5 °C. L'effet est plus important dans les quartiers de bureaux mais cela s'explique en grande partie par un seuil de climatisation moindre dans les bureaux que dans les logements (26 °C vs 23 °C).

- *Augmentation albédo des murs.* Nous sommes partis sur des hypothèses les plus réalistes possible. Il y a eu à Paris des scénarios qui ont montré des gains qui dépassaient le degré mais il s'agissait de scénarios un peu académiques où l'on changeait à la fois l'albédo des toits, des murs et des routes et où l'on mettait un albédo à 0,8. Si on fait vraiment ça, on a effectivement un effet sur l'îlot de chaleur urbain mais on a aussi une gêne visuelle très importante dans les rues. Nous sommes partis du principe que nous ne pouvions jouer que sur les murs, parce que d'une part les toits sont déjà occupés par un certain nombre de dispositifs techniques et que d'autre part nous avons peu de prise au niveau de l'aménagement des routes. Nous avons passé l'albédo, qui était en standard à 0,22, à 0,40. On s'est rendu compte que le changement d'albédo des murs dans les quartiers logements avait un effet assez faible, avec un effet ponctuel de 0,6 °C, 0,7 °C principalement la journée. Par contre, avec un albédo plus fort, les murs vont renvoyer plus de rayonnements sur la route. La route va stocker cette énergie dans la journée, donc on va avoir une température moindre qu'avec l'albédo classique, mais cela va être le contraire la nuit car la route va restituer l'énergie qu'elle a stockée. Ce qui fait que, dans certains quartiers de bureaux, si l'on prend la moyenne globale sur les six jours, il est même contre-productif de peindre les murs en blanc. Cela veut dire que tous les leviers que l'on peut utiliser pour réduire l'îlot de chaleur urbain doivent être replacés dans leur contexte, à savoir que, oui, l'albédo peut jouer, mais seulement dans certaines conditions. Si on ne joue que sur l'albédo des murs, pour rester raisonnables, ce qui a été mis en évidence sur le cas de Marseille, c'est que finalement l'effet global n'est pas important.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Pour conclure, l'idée que nous avions était d'abord d'évaluer l'impact du projet sur cette partie. Notre rôle d'opérateur institutionnel est aussi d'encourager les partenaires à se saisir des conclusions du laboratoire urbain que nous constituons pour essayer de développer ces aménagements au-delà, en tout cas ces principes d'aménagement au-delà. L'idée que nous poursuivons aujourd'hui c'est d'encourager la Ville et la Communauté urbaine à prolonger ces aménagements de parc, donc à renforcer la ripisylve du ruisseau des Aygalades, ce fleuve côtier bien plus au nord, pour que l'effet constaté de l'impact des jardins sur l'amélioration climatique puisse progressivement se diffuser à la grande échelle des quartiers nord de Marseille. Bien entendu, tous les autres aspects qui concernent à la fois les transports collectifs, les aspects logistiques et autres sont autant d'éléments de levier pour l'action publique.

Katia Chancibault

Chargée de recherche, Laboratoire Eau & Environnement, Département géotechnique, environnement, risques naturels et sciences de la Terre, IFSTTAR

J'ai une question par rapport à l'ouverture de ce fleuve côtier. Je ne connais pas du tout le système d'assainissement de Marseille mais, à Nantes, on a quelques questions sur l'ouverture des rivières. Est-ce que ce fleuve, qui était fermé, a une connexion avec le réseau d'assainissement, bien sûr normalement avec l'eau pluviale ? Est-ce que vous êtes plutôt en unitaire ou en séparatif dans cette zone ? Avez-vous certaines informations de diagnostic sur de mauvaises connexions non voulues avec de l'eau usée ? Vous avez parlé de la question de la réouverture de ce fleuve et des risques d'inondation, mais il y a aussi la question des étiages s'il y a des problèmes de connexion. Je pense que, pour les habitants alentour, cela peut être un vrai problème.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Vous avez posé à peu près toutes les questions que nous sommes en train de résoudre les unes après les autres. Chercher à les résoudre simultanément relèverait du casse-tête. Une convention a été signée avec l'IMBE, un groupe de recherche du CNRS sur les aspects biodiversité, de façon à ce que toute la réflexion qui va concerner la biodiversité et les trames vertes puisse s'enrichir d'une vraie connaissance sur la totalité de la ripisylve du fleuve. On travaille également avec la SEM, la société des eaux de Marseille, et la SERAM, l'exploitant de l'assainissement, pour avoir la meilleure connaissance et faire le meilleur diagnostic en matière de qualité des eaux, d'étiage, de concentration de pollution parce qu'il y a aussi la question de la lixiviation des terres polluées de ces ensembles industriels historiques dont on n'a pas forcément une traçabilité très claire. Tout ce travail est aujourd'hui en cours. Une réflexion sur la phyto-épuration et la phytoremédiation est également engagée, notamment pour le traitement des eaux de ruissellement, afin d'inciter à une amélioration de la qualité des eaux et d'être autonomes en alimentation d'arrosage.

Donc, oui, nous abordons toutes ces questions. Nous avons proposé que cette réflexion sur le fleuve côtier, dont le débit est relativement modeste, puisse servir d'expérimentation. De ce point de vue-là, nous avons des volumes qui nous permettent de pouvoir expérimenter, nous ne sommes pas face à des problématiques du type Garonne ou Loire. On est a priori plus à l'aise.

Alban Mallet

Coordonnateur du Plan Climat Energie Territorial de Nantes Métropole

J'ai une question sur la temporalité du projet par rapport au travail de recherche. Vous êtes opérateur et à ce titre vous avez – comme toute SEM, SPLA ou SPL – des moments-clés dans la planification du projet et notamment celui où vous faites la sélection des équipes d'architectes. Comment avez-vous utilisé les résultats de la recherche ? A quel moment ? Est-ce que ces travaux de recherche sont venus confirmer les intentions urbaines ou est-ce que c'est un travail qui a été intégré très en amont du projet, notamment avec le ou les architectes sélectionnés pour la réalisation d'ensembles immobiliers ?

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Il y a plusieurs questions. La première est celle de la temporalité en lien avec le travail du maître d'œuvre principal, l'Agence François Leclercq, associé à l'Agence TER pour le paysage et à des architectes marseillais, R. Marciano et J. Sbriglio. L'idée est aujourd'hui de construire le cahier des charges, le cahier de cession de terrains, enfin tout ce qui va nous permettre de lancer la première ZAC, donc le premier secteur opérationnel. Et nous intégrons les résultats de ces éléments-là dans les aménagements. On a travaillé ensuite sur des simulations thermiques et dynamiques à l'échelle du sol et des bâtiments sur ce que l'on qualifie d'urbanisme bioclimatique, c'est-à-dire le simple fait d'orienter les rues de façon à ce que l'on puisse tirer partie des brises marines et qu'elles soient ventilées naturellement comme les cœurs d'îlots. Ce qui signifie que la morphologie urbaine a aussi un sens et un poids dans ces notions de ventilation. On travaille actuellement sur la morphologie de ces îlots qui va ensuite être traduite en orientations d'aménagement pour les promoteurs. Là, on en est vraiment à ce stade de définition.

L'îlot démonstrateur que je vous ai présenté nous a servi d'articulation entre les études atmosphériques et des grands champs de la réflexion et des études très opérationnelles. Là, on a défini des orientations en matière d'aménagement pour trouver les points d'équilibre, et là je reviens sur la notion d'aide à la décision de toutes ces expérimentations, entre la performance atteinte ou à atteindre et la notion d'économie d'échelle ou d'économie tout court de l'opération. Notre objectif à Euroméditerranée et à Marseille est de produire des logements qui soient à la fois performants et à un prix abordable pour répondre au faible pouvoir d'achat des populations, dans le Sud en général et à Marseille en particulier. Donc si on veut faire une ville pour tous, il faut que le prix des logements soit relativement tenu. C'est tout ce travail sur l'énergie, la climatologie, etc., qui nous conduit ensuite à dialoguer avec les promoteurs de façon assez précise pour être sûrs que le logement, ou le bureau qui vont être produits vont être le mieux en équilibre général entre ce prix de sortie et les avancées performantielles.

C'est pour cela qu'on a fait le pari de travailler à la grande échelle et d'apporter des réponses à la grande échelle. L'urbanisme bioclimatique et la manière d'orienter les rues par rapport aux brises marines est une réponse mutualisée en matière de réduction des appels d'énergie. La boucle de thalassothermie, c'est-à-dire la création par une pompe à chaleur marine de chaud et de froid est également une solution mutualisée. Ce n'est pas de la haute technologie mais c'est une technologie mutualisée qui permet ensuite de réduire les coûts. Pour revenir sur la notion de précarité énergétique, le coefficient de performance de ces outils industriels est très élevé, ce qui signifie que l'énergie initiale qu'il faut impulser est de l'ordre de 1 pour 4 à 5. Il y a toujours 1 d'énergie fossile à insuffler pour lancer et animer le dispositif mais le prix est indexé sur la totalité, c'est-à-dire que l'indexation sur les énergies fossiles ne se fait que sur 1. Ensuite, les énergies fossiles peuvent connaître des fluctuations, mais comme la puissance publique localement maîtrise les 4 autres, c'est ce qui semble être le mieux adapté aux capacités des ménages. Ce sont des champs de réflexion qui, me semble-t-il, sont extrêmement importants si on entend la question du développement durable de la façon la plus large possible, bien sûr.

Emmanuel Raoul

Secrétaire permanent du PUCA – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Énergie – Ministère du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité

Dans les technologies low tech, on n'a pas parlé du courant d'air. C'est bien d'avoir des îlots qui sont traversés par des brises marines mais les logements traversés par des brises c'est encore mieux, ou c'est complémentaire, ce qui suppose des logements traversants. Est-ce que, ça, cela fait partie des contraintes imposées aux développeurs ? Puis, pour pouvoir ouvrir les fenêtres, il ne faut pas qu'il y ait de bruit dans la rue, ou le moins de bruit possible. Or il y a du bruit généré en particulier par la circulation des automobiles et des camions, ce qui pose des problèmes de contraintes sur la nature des sols des rues. Est-ce que, là aussi, vous avez des contraintes sur la nature de sols des rues ?

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Nous venons de publier un ouvrage avec la revue *Autrement* sur ces questions, donc je suis assez à l'aise pour parler de l'architecture bioclimatique en lien avec l'urbanisme bioclimatique. Bien sûr, c'est la continuation. On impose aux promoteurs d'avoir une proportion de l'ordre de 80 % de logements traversants ou à double orientation pour favoriser ces aspects-là. Il n'y a pas que l'orientation, il y a aussi la présence d'espaces extérieurs en lien direct, les volets persiennés par exemple, tout un ensemble de dispositifs qui réinterpellent la tradition aussi bien de la morphologie urbaine que de l'équipement des constructions sur ces aspects-là. Cela vaut aussi bien pour le patio, pour le porche, tout ce qui conduit à ventiler historiquement la ville traditionnelle.

Sur la question des traversants, la difficulté est que pour avoir des logements traversants, il faut avoir un nombre important de cages d'escaliers. On sait aujourd'hui que, pour un promoteur, la variable d'ajustement pour des opérations de logements c'est le nombre de cages d'escaliers. Plus on a un nombre important de cages d'escaliers, c'est-à-dire plus on a de logements mono-orientés, plus l'opération est rentable. Donc c'est une vraie bataille architecturale parce qu'il faut que les architectes développent des trésors d'ingéniosité dans les typologies, dans la morphologie des îlots, pour répondre à cette équation économique qui est aussi pour nous un enjeu. Là, il y a de vrais sujets d'architecture autour de la notion de développement durable qui permettent aux architectes de revenir sur la notion fondamentale de ce qui fait leur métier et de tenir à distance toutes les démarches internationales et de façadisme qui ont eu cours ces dernières années, poussées par une promotion très gourmande. Donc, oui sur le bioclimatique, évidemment.

Pour le bruit, on réduit la circulation à l'intérieur des voies et, comme tu le dis, pour pouvoir ventiler il faut pouvoir ouvrir les fenêtres, la question sonore est donc importante. On a la chance d'être aménageur, donc c'est nous qui réalisons les espaces publics et les matériaux de voirie sont des matériaux qui font l'objet de réflexion de notre part en albédo et en impact sonore.

Christelle Leproust

Responsable du Service environnement-énergie, Rennes Métropole

J'ai une question par rapport à la largeur de la bande du parc. Est-ce que vous avez déterminé une largeur minimale de cette bande pour que l'effet de rafraîchissement sur 100 mètres ait lieu ? En gros, est-ce qu'on peut se dire qu'il faudrait un maillage de bandes d'une largeur minimale pour qu'on rafraîchisse l'ensemble ?

Yves Bidet

Météo France – Bureau d'études d'Aix-en-Provence

Nous n'avons pas fait de simulations qui permettraient de répondre à cette question. Euromed nous a dit que le parc serait construit là, donc on l'a mis dans le modèle et on ne l'a pas bougé. Nous n'avons pas fait de tests de sensibilité de l'effet du parc avec la largeur. Pour autant, nous ne sommes pas les seuls à avoir fait l'exercice, il y a de nombreux pays qui ont essayé de déterminer par la modélisation ou par la mesure l'effet des parcs. C'est encore un peu en discussion mais, de ce que je sais, c'est qu'on retrouve sur Marseille des choses qui ont été trouvées ailleurs, par exemple à Athènes. Cet effet à 80, 100 mètres a l'air d'être une espèce de constante, quelle que soit la forme du parc et son extension. Ce n'est pas une certitude mais c'est une indication car il y a quand même une convergence d'un certain nombre d'études sur cette portée des parcs et jardins par rapport aux quartiers environnants.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Ça, c'est la réponse du météorologue. La réponse de l'aménageur c'est de dire que c'est un parc qui fait 14 hectares sur un tènement qui en fait 170. 14 hectares à acheter à Réseau Ferré de France, autant vous dire que c'est un vrai sujet. Derrière, il faut dépolluer tous les sols parce qu'ils sont forcément pollués, y compris avec du remblai issu des mâchefers et des mines de Gardanne des années 1880... Tout cela coûte très cher, donc la question est de trouver le juste équilibre entre la capacité de faire, la durabilité de l'aménagement et son efficacité en matière de performance environnementale.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

J'aimerais que l'on aborde de nouveau ce sujet cet après-midi, d'une part par rapport à ce que vous disiez sur la permanence des jardins dans différentes villes, d'autre part par rapport à ce que l'on a vu hier à Barcelone. Je crois que c'est un vrai sujet.

Rome

Un cahier des charges pour l'adaptation aux changements climatiques à Rome

Luca Montuori

Università di Roma Tre

Je tiens tout d'abord à vous remercier de votre invitation qui est pour nous très importante pour partager et voir comment les choses évoluent en Europe parce que, nous, nous commençons à peine. C'est une excellente opportunité pour constater les résultats à l'extérieur car nous avons beaucoup de projets mais très peu de résultats pour l'instant. Je vais vous présenter notre atelier, la boîte à outils et les projets de l'Université de Rome. Nous allons insister sur certains aspects et en laisserons d'autres pour le débat.

Lorsqu'on pense à Rome, on a en tête l'image du centre historique. L'un des premiers arguments de la ville devient vraiment une difficulté lorsqu'on parle d'îlots urbains de chaleur, lorsqu'on parle du transport en centre-ville. J'ai écouté les stratégies de Paris qui m'ont intéressé fortement sur comment verdir la périphérie de sorte que cela ait un impact positif sur la ville. Mais Rome n'est pas une ville très dense et il suffit de prendre le mur d'Aurélien, à un demi-kilomètre de la ville, pour être dans la nature.

Nous allons maintenant regarder les relations entre les îlots urbains de chaleur et la partie métropolitaine. Depuis ces deux dernières années, Rome n'est plus simplement la capitale de l'Italie mais l'une des villes qui a l'une des plus fortes expansions territoriales. La ville de Rome s'étend sur 1 285 kilomètres carrés, sa population est de 2 800 000 habitants, 4 000 000 en comptant l'aire urbaine. Beaucoup de personnes habitent à la périphérie de Rome avec tous les problèmes de déplacement entre la périphérie et le centre que cela implique. Cela représente un trafic de plus de 6 000 000 de véhicules par jour. Nous avons l'héritage culturel historique avec toutes ces ruelles qui parcourent le centre historique de Rome. Nous avons le statut de capitale et accueillons 25 millions de touristes par an, ce qui veut dire 200 000 bus qui circulent dans la ville par an.

Nous sommes donc obligés d'avoir une stratégie pour la ville de Rome. Nous faisons partie du réseau des villes résilientes. Nous avons des processus de participation sur des sujets locaux. Nous avons construit des structures avec des organisations à but non lucratif et nous avons aussi des projets pour construire des bâtiments résilients. Dans la première phase, nous avons abordé la vulnérabilité de Rome avec l'université Roma Tre et le département d'aménagement urbain. Roma Tre est une université qui a de forts liens avec les élus de la Ville de Rome. Plusieurs centres de l'université sont implantés en ville pour avoir des liens entre le secteur académique et la mairie, de façon à ce que l'on puisse mutualiser les forces. Nous avons également un projet pour trouver une échelle moyenne. Le Laboratorio Roma, qui est une collaboration public/privé, a été impliqué dans trois projets différents, surtout pour résoudre des problèmes économiques, ce qui est le principal obstacle car il n'y a pas d'argent, pas de financements. Pour mener à terme le projet, il faut absolument passer par des collaborations public/privé. L'Institut d'architecture, un investisseur privé romain, collabore à ce projet. Trois aspects importants sont abordés : l'espace des infrastructures, les stratégies de densification et l'héritage abandonné – soignant.

Il y a trois projets que je voudrais partager avec vous. L'un de ces projets est fortement relié aux stratégies de Roma Tre. L'un des buts est la certification des stratégies urbaines, cela a été fait à partir d'un protocole, pour voir si les stratégies étaient correctes du point de vue urbain. Nous avons une carte de vulnérabilité de la ville. Quelques cartes vont nous aider à

expliquer la méthode employée. A Rome, même si nous n'avons pas de bâtiments très hauts, nous avons un problème de canicule avec des températures extrêmes en été. Nous constatons une différence de 4 °C à 5 °C entre le centre-ville et la périphérie. Même à l'intérieur de la ville, il y a des différences de température. Nous avons une carte de densité de la population parce que toutes ces données sont reliées au nombre d'habitants. Nous avons les index de végétation, les différences normalisées, les valeurs NDVI pour les zones vertes. Nous avons également une carte de vulnérabilité qui montre les températures nocturnes, le régime des pluies, les inondations dues à la pluie ainsi qu'au fleuve. Nous avons un outil qui va nous aider à comprendre comment tous ces éléments vont avoir un impact, une interaction sur les différentes parties de Rome. On voit que la partie la plus critique est celle de Marconi, la plus proche du fleuve, c'est là que les gens souffrent le plus de la canicule l'été.

Nous avons développé un modèle pour mieux comprendre ce qui se passe pour le programme Envimet, dont nous avons parlé tout à l'heure. C'est un modèle qui est très intéressant parce qu'il permet de considérer les effets en surface et comment utiliser des matériaux qui seraient plus rafraîchissants, par exemple un béton qui aurait des caractéristiques qui favoriserait le rafraîchissement de la ville en combinaison avec des zones vertes à l'extérieur.

Nous passons maintenant à la deuxième partie des stratégies. Le quartier Ostiense-Marconi est un quartier très important. C'est une ancienne zone industrielle pleine d'infrastructures lourdes qui est fortement transformée sur la partie gauche de la rivière. En tant qu'université, nous sommes en train d'essayer de transformer ces espaces verts en un système réel parce que tout le quartier n'a pas de rapport à la rivière alors que la rivière est une des infrastructures vertes les plus importantes de la ville, c'est un des éléments qui apporte de la verdure dans cette partie du quartier. Nous souhaitons développer l'idée d'espaces urbains passifs plutôt qu'un système de construction passif. Autour de cette zone, il y a pas mal de problèmes d'îlots de chaleur. Toutes ces installations, ces grands projets exigent par exemple de grandes surfaces de parking mais, à cause du sol, on ne peut pas faire de parkings souterrains parce qu'il y a de l'eau, ce qui est un des problèmes de ce quartier. Pour les anciennes halles de Rome, le Mercati Generali, il y a eu un concours et Roma Tre travaille avec l'équipe de Rem Koolhaas pour aboutir à un projet réel. Roma Tre construit de nouveaux départements à Vasca Navale sur d'anciens hangars industriels, ainsi que des zones de parking et des résidences d'étudiants. C'est pratiquement terminé. Un projet est terminé sur d'anciennes usines de voitures qui ont été transformées en université avec de grands espaces de parking autour.

Nous voulions développer un projet modèle en regardant comment réagiraient les investisseurs à ces suggestions. Il fallait voir aussi comment allait réagir la municipalité parce que c'est elle qui nous a demandé de construire ces zones de parking. Laboratorio Roma est l'atelier sur lequel nous avons travaillé l'année dernière. Nous allons présenter ce projet le 9 décembre à la municipalité. Il se situe sur la partie sud du quartier où Roma Tre est établi. C'est une situation critique qui relie la ville à la rivière. La municipalité nous a demandé d'effectuer un réseau d'échange, une sorte de zone de triage pour les transports, il y a une station de métro. Il s'agirait d'une station de triage pour pouvoir prendre la voiture ou le métro.

Au début du XX^e siècle, telle était la situation dans ce quartier, on voit ces éléments qui arrivent de Grottaperfeta, ce sont les dangers qui venaient de Rome par ces petits ruisseaux tels que celui de Grottaperfetta. Ce quartier est entièrement couvert de goudron et il y a la station de métro de l'autre côté. Nous avons totalement modifié la nature du sol du quartier dans les cinquante dernières années, nous avons commencé à travailler sur ce programme. On nous a demandé de boucher cet entrepôt de voitures illégal, c'est le plus petit de Rome mais il y en a beaucoup d'autres. Vous pouvez voir que le rapport entre le cours d'eau et la ville est quelque chose de complètement séparé. Il fallait une analyse du projet pour la durabilité sociale et économique ainsi qu'environnementale. Nous agissons comme

architectes, nous veillons sur la qualité de l'espace, du patrimoine et de l'environnement et il a fallu lutter avec les investisseurs privés pour rendre cela viable économiquement parlant. Il fallait mettre à profit cet îlot de chaleur et réaménager au mieux.

Plusieurs programmes municipaux ont demandé de plus en plus de choses. Ils ont demandé un parking avec une capacité de 600 voitures dans le quartier mais les développeurs n'ont pas voulu faire un parking à plusieurs étages car ce serait trop cher. Des investisseurs devaient aussi faire le parking et des zones de chalandise. Ils nous ont aussi demandé de faire des logements mais nous avons refusé. Nous avons donc construit ce parking public pour 600 places et 360 places de parking pour la zone commerciale.

Dans ce que nous étions en train d'aménager sur des cartes idéales, nous disions que nous avions besoin d'un système de double aération pour les habitations mais les investisseurs pouvaient nous dire que non, que cela coûtait trop cher, que 1 000 euros/m² ce n'était pas durable. Il était très important de mettre les parties prenantes autour de la même table pour discuter. La municipalité a accepté de réduire le nombre de places de parking et les investisseurs ont accepté de construire le projet, qui a coûté un peu plus cher que prévu. On a fait un projet pour un parc vert et la municipalité a accepté de mettre plus d'installations, plus de services. Dans ce quartier, il pouvait y avoir plus de mètres carrés de constructions pour faire des espaces publics intéressants pour les gens qui habitent aux alentours. Il ne s'agit pas seulement d'une question de zone verte mais d'un équilibre entre les divers éléments. Il a fallu démontrer comment le parking pouvait fonctionner pour collecter les eaux, pour améliorer la zone d'espaces verts. Nous avons travaillé sur la qualité des surfaces, pourquoi il faudrait goudronner. Tout cela nous a permis d'avoir non seulement un nouveau parc mais de nouveaux espaces publics.

Ce que je voulais vous expliquer dans cette présentation c'est que nous devons considérer les différentes échelles pour ne pas regarder qu'une partie du problème. Il y a six ans, je faisais des habitations et on m'avait demandé de peindre les maisons en noir parce qu'on avait un problème pour absorber le rayonnement du soleil. Des ingénieurs m'ont montré comment on pouvait refroidir les maisons avec un système qui nous permettait de ne pas avoir à ouvrir les fenêtres en été. Tous ces éléments ne peuvent pas être assumés séparément. Comment aborder ces questions s'agissant d'une ville comme Rome qui a ce patrimoine historique ? On ne peut pas mettre des espaces verts sur les terrasses du centre-ville, il faut tenir compte du patrimoine historique et c'est le gouvernement qui prend les décisions. A Rome, la place du centre a été modifiée ces trois dernières années. De nombreux architectes ont demandé à mettre des arbres sur cette place mais la direction du Patrimoine historique a refusé parce qu'il y a des vestiges fantastiques dans le sous-sol, elle n'a voulu que des matériaux traditionnels. Le résultat est une place noire. En décembre, personne n'y met les pieds. Il faut gérer tout cela sur le plan politique, ce n'est pas qu'une question technique.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

La question du patrimoine se pose à Rome comme dans beaucoup de villes. On voit qu'il y a une sorte de crispation des villes par rapport à cette question. J'aimerais que vous nous donniez votre position sur ce point.

Luca Montuori

Università di Roma Tre

C'est vrai que Rome est la plus grande zone archéologique du monde. Concernant la structure de la ville, Rome a imposé ces places quadrillées mais c'est la seule ville qui n'a pas ce quadrillage. C'est à cause de la lutte entre Rome et sa structure géologique. Si on travaille là-dessus, je suis sûr que l'on peut avoir de nombreux espaces verts. L'idée est de rouvrir les liens entre la ville et sa rivière parce que dans la partie sud il n'y a pas ce rapport

à cause des industries qui ont utilisé la rivière pour le transport des marchandises ou pour y puiser de l'eau. Je ne veux pas donner de solutions trop faciles mais nous ne pouvons pas agir sur les terrasses, les toitures ou le sous-sol. La couleur de Rome est le rouge aujourd'hui parce que c'est une couleur traditionnelle, mais au XVII^e siècle sa couleur était bleue... Mais c'est une autre question. On ne peut pas changer cette donnée, personne ne peut le faire. On ne peut pas utiliser le sol naturel pour construire, il faut densifier les espaces existants mais on ne peut pas construire sur les terrasses ni dans le sous-sol. Le centre n'est pas la partie la plus touchée par les îlots de chaleur, c'est plus la périphérie. Quand on se promène sur la partie verte, c'est bien différent du centre, en tout cas je l'espère.

Marjorie Musy

Ecole nationale supérieure d'architecture de Nantes

J'ai une question sur les cartes climatiques. Comme Stuttgart, vous avez montré des cartes de sensibilité climatique avec ces questions de stress thermique. Je sais qu'il y a à Rome des mesures très anciennes qui nous permettraient d'avoir l'impact de l'urbanisation parce qu'il y a plus de cent ans de mesures en ville, ce qui est extrêmement rare. Comment sont construites ces cartes ? Est-ce que c'est sur la base de mesures ?

Luca Montuori

Università di Roma Tre

C'est sur la base de mesures satellitaires prises par Landsat en 2003 mais ceci ne comprend qu'une petite partie de la ville, la plus intéressante. Je ne peux pas trop rentrer dans les détails car je ne suis pas un expert mais l'université travaille avec la municipalité là-dessus. La municipalité doit prendre ces données et travailler dessus. Nous sommes en train de travailler ces questions-là.

Virginie Bathellier

Directrice de la plateforme POPSU – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère du Logement, de l'Egalité des territoires et de la Ruralité

Dans les centres historiques à forte valeur patrimoniale, il est difficile d'intervenir. Mais parmi les axes politiques, il y a la question des déplacements. Je voulais savoir où en est le plan de circulation à Rome parce que, en Italie, beaucoup de centres historiques sont fermés à la circulation automobile.

Luca Montuori

Università di Roma Tre

Il y a quelques jours, nous avons fermé une des rues du quartier du Tridente qui est un des principaux îlots de chaleur de Rome avec cette place toute peinte en noir qui va de la piazza del Popolo jusqu'à la Piazza di Spagna et la piazza Venetia. C'est la structure de la Renaissance du centre de Rome. Nous avons fermé au trafic une des rues et avons prévu de planter des arbres. La première chose que le nouveau maire a faite a été de fermer le trafic devant le Colisée. Un des objectifs est de gérer le trafic privé mais aussi celui des 200 000 bus. Le prix du billet de train de l'aéroport jusqu'à Rome coûte 6 euros alors que le bus de Terravision, une sorte de bus low cost, coûte 4 euros. Il faudrait taxer ce service, ce n'est pas difficile. Nous sommes en train de travailler là-dessus.

Catherine Carot

Directrice de l'environnement, Toulouse Métropole

Par rapport à la durabilité de la ville et à la protection du patrimoine, la pollution atmosphérique est quand même un fort facteur dégradant pour le patrimoine. Quand j'étais petite, à l'école on m'avait raconté qu'on réfléchissait à mettre une coupole de verre au-dessus de l'Acropole pour la protéger. En Italie, je sais que la protection du patrimoine est quelque chose d'extrêmement présent. Est-ce que les architectes ont conscience qu'agir sur les îlots de chaleur urbains, agir sur la pollution atmosphérique, c'est agir sur la durabilité du patrimoine ?

Luca Montuori

Università di Roma Tre

Oui, on le sait très bien. C'est la quatrième fois que je vois San Carlo alle quattro Fontane, une des plus belles églises de Rome faite par Borromini, couverte et en restauration. Elle est noire mais c'est comme ça. En Italie, il y a un film comique qui montre un politicien qui dit : « La solution est de fermer la rivière et de mettre une rue à la place parce qu'on n'utilise pas cette rivière, on n'en a pas besoin. On pourrait y mettre plein de voitures qui occuperaient la place de la rivière. » Je peux parler parce que les représentants municipaux ne sont pas là... C'est l'un des problèmes majeurs. La municipalité a commencé à fermer quelques rues au trafic dans la mesure du possible mais ce sont les rues que Mussolini avait faites pour faire passer les soldats de la piazza Venetia jusqu'au Colisée. Quand on en discute, il semblerait que ce soit la fin du monde... Ce n'est pas facile de gérer les problèmes du trafic mais c'est un des objectifs pour réduire la pollution parce que ça coûte beaucoup d'argent et de temps de restaurer les bâtiments.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Depuis hier, les sujets de pollution et de santé sont régulièrement évoqués en lien avec la question de l'îlot de chaleur et j'ai pu constater qu'il y avait souvent dans les démarches POPSU des éléments transversaux qui reliaient les champs disciplinaires ou les domaines de réflexion très spécifiques. J'ai l'impression que les questions de la santé, de pollution et de l'îlot de chaleur sont des questions croisées et je me demande s'il n'y aurait pas lieu, question que je voulais poser à Emmanuel, Jean-Jacques et Virginie, de traiter le thème santé et aménagement. Je crois que cela fait partie des domaines de la responsabilité politique mais aussi du levier de l'action politique qui pourrait être actionné pour accélérer les prises de décision.

Emmanuel Raoul

Secrétaire permanent du PUCA – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère du Logement, de l'Egalité des territoires et de la Ruralité

Tu as tout à fait raison, cette question de la santé je la trouve de plus en plus prégnante, de plus en plus forte. C'est une façon d'entrer dans les sujets qui est de plus en plus fréquente. On voit bien d'ailleurs qu'il y a déjà des éléments perturbateurs sur la santé qui viennent d'eux-mêmes et il y a parfois des solutions qu'on cherche à apporter aux problèmes existants, solutions qui elles-mêmes ont des effets collatéraux négatifs sur la santé. Je pense par exemple à la réduction des flux d'air avec des systèmes d'isolation qui font que les polluants domestiques, par exemple, deviennent beaucoup plus importants. Je trouve que toute cette question de la santé, qui est pas mal articulée avec les questions de pollution de l'air et d'effets de l'air sur la santé, est un vrai bon sujet.

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

Je voudrais témoigner d'un certain nombre d'éléments très transversaux dans ce que l'on a fait depuis cinq, six ans. Je pense que la santé est probablement l'un des plus intéressants parce qu'il a un caractère tout particulièrement transdisciplinaire, peut-être plus que d'autres. Il nous obligerait, si l'on pouvait continuer à travailler sur ce sujet, à poursuivre ce cheminement à travers la ville qui bouge en mobilisant de nouveaux acteurs qui augmenteraient de façon très intéressante la transdisciplinarité qui est déjà très induite dans tout ce que l'on a fait jusqu'à présent mais d'une façon encore plus affirmée.

Je pense que le domaine de la santé ne se limite pas à la qualité de l'air, il y a derrière la santé toute la question de l'accessibilité de la ville aux personnes fragiles, aux enfants, aux personnes âgées, le vieillissement de la population. Ces questions sont très transdisciplinaires et sont quelque part reliées. Je vais introduire tout à l'heure le débat sur quelque chose que j'ai développé pour des questions d'accessibilité et qui me paraît complètement lié maintenant à ces questions d'îlots de chaleur.

Philippe Mary

Responsable de l'Atelier Ressources et Durabilité des Territoires à l'Agence d'urbanisme de Lyon

Je fais partie d'un réseau national d'agences d'urbanisme et, sur cette question de la santé et de l'adaptation des villes aux îlots de chaleur, on commence à peine à comprendre qu'il faut pousser la réflexion un petit peu plus loin, l'élargir. Ce qui doit renouveler les politiques urbaines et l'urbanisme, c'est la question initiale qui doit concerner les individus. Comment traiter la question pour les pauvres ? Pour les gens qui se déplacent en vélo l'été ? Ce questionnement change les réponses apportées par les politiques publiques. Cela dépasse la question de la santé, cela englobe toutes les questions que vous avez abordées. Parce que le problème des villes c'est certes les polluants, la chaleur, etc., mais c'est d'abord une question qui est posée différemment d'un individu à l'autre, d'une communauté à l'autre et des réponses qui doivent s'adapter et être trouvées au-delà ses compétences traditionnelles des collectivités (aménagement urbain ...).

Table ronde “La parole aux experts”

Animée par Jean-Jacques Terrin – Introduction par Serge Salat

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Je donne la parole aux représentants de la ville de Vienne qui nous accueilleront dans quatre mois.

Jürgen Preiss

Ville de Vienne

Je travaille pour le Département des affaires environnementales à Vienne. Nous travaillons sur les sujets liés à l'effet des îlots de chaleur depuis plusieurs années mais le changement climatique n'est pas notre premier sujet, nous travaillons sur les façades vertes, sur les surfaces boisées, sur l'aménagement urbain, l'infrastructure dans la ville et la gestion des eaux pluviales. Nous travaillons sur la diversité, la qualité de vie et également sur les questions liées au climat mais, comme je vous l'ai dit, ce n'est pas notre cœur de métier. Nous avons eu un projet financier sur les îlots de chaleur il y a quatre ans lorsque nous avons parlé des mêmes mesures et des mêmes questions, tout le monde a été intéressé, les personnes de l'aménagement, nos collègues, les instituts, plusieurs départements municipaux. Nous nous centrons maintenant sur cette question. Nous avons été à la tête de ce projet. Le chargé de projet était en Italie et pourra nous donner davantage de détails.

Christian Härtel

Wiener Umweltschutzabteilung, MA Bereich Räumliche Entwicklung

Je travaille au service du développement spécial. Nous sommes en train d'élaborer un document de stratégie semblable à celui de Stuttgart. Il va être finalisé au début de l'année prochaine et je le présenterai en mars. Il contient plusieurs mesures. Nous allons développer des instruments d'aménagement. C'est très important pour nous de suivre une approche avec les parties prenantes impliquées : les aménageurs municipaux, les architectes, les citoyens, les développeurs. Nous allons également développer des outils de réglementation. Nous avons la possibilité de mettre en place ces mesures, comme cela a été fait à Stuttgart. Nous travaillons sur le programme de protection climatique et je pense que cela sera très intéressant de développer tout cela dans les prochaines années. Nous avons entrepris des actions pilotes dans des quartiers pilotes. Nous avons aussi l'effet des montagnes qui entourent Vienne. Nous sommes en train de faire face au problème des édifices classés, faisant partie du patrimoine et nous considérons qu'il est très important de faire passer l'information auprès des responsables des institutions de conservation du patrimoine. Nous vous attendons les bras ouverts à Vienne.

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

J'ai trouvé les débats extrêmement riches, donc je me sens parfaitement incapable de les résumer à froid. En revanche, je vais poser cinq questions ouvertes à la salle sur des choses qui me paraissent intéressantes à observer de près et à croiser dans les différentes démarches, depuis une perspective de morphologie urbaine puisque telle est ma raison d'être. Je m'occupe beaucoup de formes urbaines et je me suis beaucoup occupé

d'histoire des formes urbaines, ce n'est donc pas du tout une perspective de climatologue ou d'ingénieur, c'est une perspective d'architecte et d'historien des formes.

- Il y a une question qui a été assez peu explorée, c'est pour cela que je la soulève, c'est *l'impact de la complexité des formes urbaines sur le microclimat urbain*. Par complexité, je veux dire l'épaisseur historique. Cela a été abordé mais un peu en filigrane. Cela a été abordé sur Rome avec la topographie des collines. Cela aurait pu être abordé à Barcelone en comparant Ciutat Vella, le plan Cerdà et les nouvelles extensions. La question que je pose, et je vais illustrer chaque question par quelques images, c'est de savoir si l'on n'a pas d'importantes leçons à prendre des formes urbaines historiques et de leur qualité bioclimatique et est-ce que l'îlot de chaleur n'est pas le symptôme d'un dysfonctionnement aujourd'hui de la manière dont on conçoit les formes urbaines. J'ai l'impression, mais c'est peut-être plus un travail de climatologue ou un travail sur des modèles, que les formes urbaines du passé manifestaient moins de phénomènes d'îlots de chaleur, pour des raisons multiples.
- La deuxième question, qui est une question assez incomprise, est celle *des formes de la densité*. Juste pour illustrer à quel point la densité est un phénomène intéressant, curieux et paradoxal, je vais montrer trois villes de densité équivalente et de forme totalement différente.
- La troisième question porte sur *l'impact de la distribution des jardins sur l'accessibilité et le microclimat urbain*. J'ai réalisé de nombreux travaux sur la distribution spatiale et la fréquence des différentes tailles de jardins publics à Paris et à Manhattan, pour des questions d'accessibilité, et je trouve très stimulant de les relier à des questions de climat.
- La quatrième question est liée à la visite d'hier et aux *problèmes que rencontre la municipalité de Barcelone pour financer la récupération de l'intérieur des îlots*. Comment pourrait-on faire financer les espaces verts non pas seulement par la puissance publique mais également en impliquant les opérateurs privés ?
- Nous nous interrogerons enfin sur *la manière de relier entre eux les éléments urbains entre les différentes échelles*, ce qui est aussi lié à des questions de déplacements et de changement climatique.

Je vais maintenant illustrer chacune des questions.

Question 1 : L'impact de la complexité des formes urbaines sur le microclimat urbain. J'adore la ville de Tolède où, au centre, il fait frais même en plein mois d'août parce qu'on a tout un système de places triangulaires, de rues courbes dans lesquelles il y a un effet Venturi du vent dans un tissu urbain très complexe et dense mais où les maisons ne font que trois étages. C'est une forme urbaine qui fonctionne merveilleusement bien de façon bioclimatique et qui, comme Rome, est basée sur un système de collines. Là, c'est même très compliqué, c'est une forme de paraboloïde hyperbolique. Le rapport à la topographie, la forme des rues, ces rues qui convergent, ces places triangulaires qui s'ouvrent et se referment en accélérant l'air, le fait que l'air est canalisé, attrapé dans des goulots d'étranglement puis accéléré, etc., fait que cette forme urbaine est, par sa géométrie même, extrêmement efficace du point de vue bioclimatique, tout en étant par ailleurs totalement minérale. Donc juste l'effet de forme, indépendamment de l'effet d'eau et de l'effet de verdissement, arrive à créer une différence considérable. Sur la base de l'expérience vécue et de très nombreux séjours, je peux dire qu'on peut se promener facilement cinq ou six heures au mois d'août à l'intérieur de l'enceinte médiévale de Tolède alors que, si on sort des portes en direction de la gare, on est totalement écrasé par la chaleur, on a l'impression de rentrer à l'intérieur d'un four... Donc, oui, la forme urbaine compte énormément. Il y a aussi les usages : on se protège du soleil, on favorise l'ombrage, etc. L'idée des maisons transparentes et de laisser la lumière arriver partout est venue des pays du Nord,

d'architectes allemands, Mies van der Rohe et autres, mais c'est une idée anti-méditerranéenne au possible. Toute l'histoire des villes méditerranéennes c'est de se fermer par rapport à la chaleur.

Tolède, à travers son histoire, a été à certains moments arabe et juive. Comment s'organise le tissu urbain d'une médina ? On a une hiérarchie de cours de différentes tailles, depuis la cour de la mosquée jusqu'aux cours des médersas, jusqu'aux cours des maisons, un très grand nombre de cours, plus de mille à Sfax dans un rectangle de 400 mètres par 600 mètres. Quand on va du nord au sud de l'Europe, on passe de cours très grandes avec des bâtiments compacts à un système de micro-cours qui crée un tissu urbain à la fois poreux et doué d'une forte inertie, c'est-à-dire qui a la capacité de stocker la chaleur le jour et de la réémettre la nuit, etc.

J'ai vu, à travers les propos échangés, l'idée que l'on doit faire avec l'existant. Est-ce que c'est vrai ? Bien sûr, on doit faire avec l'existant maintenant, dans les projets que l'on fait à un horizon de cinq ans, mais les villes n'existent pas pour cinq ans, des villes comme Barcelone, Rome, etc., existent depuis des millénaires. Est-ce que les villes ne changent pas ? Il y a aussi l'obsession patrimoniale. Rome est rouge parce que c'est une ville du XIX^e siècle, au XVIII^e siècle elle était d'une autre couleur. A Paris, c'est une chose qui n'est pas mise suffisamment en exergue, la moitié des bâtiments intra-muros datent du XX^e siècle, pas du XIX^e siècle. Il est à espérer pour la vitalité de Paris que, quelle que soit la forme urbaine et le respect des masses, des îlots, etc., en 2100 la moitié des bâtiments de Paris datent du XXI^e siècle, ce qui d'ailleurs correspondrait à un taux de renouvellement naturel. Sinon, cela voudra dire que la France s'est installée dans une récession durable pendant le siècle entier. En fait, la forme urbaine va se transformer, c'est juste une question de vitesse et de regard sur la vitesse de la transformation. Donc se dire qu'un certain nombre de formes urbaines sont meilleures que d'autres pour les phénomènes qui nous intéressent, c'est utile parce qu'on n'est pas que sur du figé sur lequel on pourrait faire des améliorations techniques, la forme reste un enjeu.

Question 2 : La question des formes de la densité. Dans ces diagrammes de Fresnel, chacune des couronnes est égale en surface au carré du centre. Ce qui est intéressant c'est ce que l'on voit en bas. Le carré noir est égal à la surface périmétrale de gauche. La surface périmétrale de gauche, ce sont des bâtiments traversants qui peuvent être ventilés naturellement et comporter, comme à Amsterdam par exemple, un grand espace vert à l'intérieur, ce qui permet par ailleurs d'avoir une surface de contact des façades et des habitants avec ce vert rafraîchissant et cet extérieur rafraîchissant beaucoup plus importante que dans le carré du milieu. La compacité du carré du milieu ne favorise absolument pas des dispositifs passifs.

Une ville utopique, c'est Le Corbusier, la matrice de beaucoup de villes verticales. Une ville réelle, c'est Paris. Qu'est-ce qui est plus dense ? Dans le cas de Paris, avec seulement 7 niveaux et des îlots périmétraux compacts, on est sur des COS de 4,5 ; dans la partie la plus verticale de la *Ville Radieuse* de Le Corbusier, on est sur des COS de 3. Les tours cruciformes de Le Corbusier font 220 mètres de haut et 190 mètres d'emprise au sol. Or des tours de 220 mètres de haut et des quartiers où il n'y a que des tours de 220 mètres de haut, c'est très rare, la tour de 220 mètres reste un exploit. La plupart des tours d'habitation, à Pékin, à Singapour ou ailleurs, font 100 mètres de haut, également pour des raisons de coût parce que, au-delà de 100 mètres de haut, une tour coûte deux fois plus au mètre carré à construire à chaque tranche supplémentaire de 100 mètres. Cela veut dire que si vous avez des COS de 3 avec 220 mètres de haut, vous tombez à des COS de 1,2, 1,5 avec des hauteurs de 100 mètres de haut. Les quartiers de tours ont en général une densité construite du tiers de celle des quartiers historiques denses des centres-villes.

Regardons Manhattan, icône de la modernité du XX^e siècle verticalisée, et Paris. Le résultat n'est pas forcément connu : Paris et Manhattan ont la même densité démographique. Donc on n'est pas obligé de s'élever verticalement dans le ciel pour faire monter la densité. Pékin

est aujourd'hui une des villes les plus vertes du monde du point de vue réglementaire car 30 % des îlots doivent être verts, plus de 30 % de la ville est vert, si ce n'est que ce sont des coulées vertes le long d'autoroutes dans des univers extrêmement imperméabilisés. Dans le Pékin ancien, on a du vert mais le long de petites rues avec des bâtiments qui font un à deux étages de haut. Quel est le Pékin le plus dense ? Le Pékin ancien. C'est là que cela devient extrêmement intéressant parce que l'épouvantail de la densité, l'idée que densifier les villes va créer des univers invivables, pas forcément, cela dépend comment on le fait.

Paris et Pékin ont en 1940 à peu près la même densité, soit 25 000 personnes/km². Pourquoi ai-je choisi cette date ? Parce que c'est avant l'afflux de population, avant la prise de pouvoir par les communistes, avant la Révolution culturelle, etc. Pékin était à cette époque une forêt avec une disposition du vert très différente de celle de Paris, avec quelque chose qui est plus complexe dans le rapport entre espace public et espace privé en raison de la semi-privatisation, ou de la privatisation de la plus grande partie de l'espace extérieur, avec, de ce fait, une densité de 25 000 personnes/km² tout à fait vivable, dans des petites rues, des petites maisons à cour carrée minérale où un arbre crée de l'ombrage l'été, au sein de murs et dans une disposition selon les orientations cardinales qui brise les vents froids d'hiver. Ce qui fait que dans ce tissu urbain des *si he yuan*, des maisons à cour carrée, par un beau jour de soleil on est parfaitement à l'aise en chemise en décembre ou janvier même lorsqu'il ne fait que 4 ou 5 degrés car l'air est immobile et le soleil vous réchauffe, et la chaleur est comme réémise par le sol de briques. Je vous en parle également sur la base d'une expérience vécue de plus de trente ans avec de très nombreux séjours. Je ne dis pas qu'il faut construire les villes comme le Pékin ancien, mais ce qu'il faut en retenir c'est que la très forte densité n'est pas du tout égale à verticalité, n'est pas du tout égale à un univers minéral, invivable, écrasant, mais peut au contraire être atteinte par de très petits modules avec de faibles hauteurs, avec un tissu urbain à la mesure de l'homme.

Question 3 : l'impact de la distribution des jardins sur l'accessibilité et le microclimat urbain. Dans les villes évoluées et complexes, les tailles des éléments ne sont pas distribuées selon des gaussiennes, vous n'avez pas un élément moyen et puis tous les autres éléments à 68 % autour de la taille de cet élément moyen. Les villes évoluées complexes ont quelques grands éléments structurants, un nombre moyen d'éléments moyens et une longue traîne de petits éléments. Les éléments sont distribués selon des distributions de Pareto avec des coefficients de hiérarchisation plus ou moins élevés. Plus le système est mature, plus il s'est hiérarchisé, et ce n'est pas seulement vrai pour les systèmes urbains, c'est vrai pour tous les systèmes complexes, c'est vrai pour les galaxies, c'est vrai pour notre corps. Si je vous raconte ça, ce n'est pas pour vous raconter de la science, c'est pour essayer d'approfondir la question de ce qu'est un réseau de jardins.

Un réseau de jardins est une collection de jardins qui font respirer la ville et remplissent des fonctions de socialisation à différentes échelles. Quand on regarde Paris, on a dix-sept parcs plus grands que 7 hectares. C'est pour cela que 14 hectares c'est déjà énorme, même par rapport au système de jardins d'une ville comme Paris. On a soixante-cinq parcs entre 1 et 7 hectares et trois cents jardins publics de moins de 1 hectare. L'ensemble se distribue selon les lois parétiennes, des lois de puissance inverse. Cette distribution se retrouve à l'échelle des quartiers, c'est un système qui est invariant d'échelle. Ce sont ces petits parcs qui vont assurer l'accessibilité à 300 mètres pour les gens, c'est ça qui m'intéresse. Je pense qu'il y a là une question à approfondir sur le rôle des petits parcs pour infléchir sur le climat : vaut-il mieux un parc de 14 hectares, quatorze parcs de 1 hectare ou vingt-huit parcs d'un demi-hectare ? C'est une question qui mérite d'être posée et que l'on va revoir d'un point de vue économique. En fait, la vraie réponse est qu'il ne faut pas seulement un grand parc, et pas non plus seulement des petits parcs mais une distribution de tailles qui comporte des tailles de parcs très différentes avec une fréquence qui varie à l'inverse de la taille élevée à un exposant fractionnaire qui est le coefficient de hiérarchisation. Plus cet exposant est élevé, plus la hiérarchie est forte entre les quelques

grands éléments et la longue traîne de très nombreux petits éléments. A Paris, cette hiérarchie est caractérisée par un coefficient 1,4, ce qui signifie que le nombre de chaque taille de parc est proportionnel à la taille élevée à la puissance 1,4.

Le plan initial de Manhattan, celui des Commissioners en 1811, ne prévoit que quatre ou cinq très grands parcs. Les grands propriétaires fonciers découvrent très vite que pour faire monter le prix des terrains il vaut mieux organiser le développement des îlots découpés par la grille orthogonale de rues et d'avenues en le structurant sous la forme de quartiers différenciés centrés sur des espaces publics et des parcs. D'où l'abandon des très grands parcs et la multiplication des petits parcs sous l'effet de la spéculation foncière. Le coefficient de hiérarchie est ici plus élevé qu'à Paris, il est de 1,8, ce qui signifie que Manhattan présente une hiérarchie plus abrupte que Paris dans la décroissance de la taille de ses parcs. D'une manière générale, et c'est vrai aussi pour les tailles du parcellaire qui dans les deux villes sont distribuées selon des lois de puissance inverse, les hiérarchies des tailles des éléments urbains sont plus abruptes à Manhattan qu'à Paris.

C'est vrai à Manhattan. C'est vrai également à Barcelone avec une hiérarchie plus plate et un coefficient de hiérarchie de 1. C'est-à-dire que l'on a des parcs qui sont, d'une manière générale, plus homogènes dans leur taille à Barcelone, ville plus jeune dans son extension et sans doute plus contrainte dans sa géométrie et ses capacités d'évolution par le plan de carrés plus homogène et plus rigide de Cerdà. Rome, une ville qui a une très longue histoire, a une hiérarchie équivalente à celle de Paris dans le système de ses parcs. Les physiciens diraient qu'elle appartient à la même classe d'universalité, c'est-à-dire que des mécanismes de morphogenèse et des mécanismes économiques et sociaux très différents y ont produit des organisations géométriques très semblables qui sont liées plus à des propriétés générales des systèmes complexes qu'aux événements et aux conjonctures historiques. Donc on a vraiment des « signatures » de la hiérarchie du système des parcs. Aujourd'hui, créer un parc quelque part, ou créer un quartier avec des parcs, n'est pas s'inscrire dans quelque chose qui n'a pas une histoire. Le vert n'est pas lié qu'au climat, il est lié complètement à la forme urbaine.

Question 4 : Comment faire financer par le marché la mise en place de ce système complexe de parcs ? Cela renvoie aussi à la question du parc de 14 hectares qu'il faut acheter, construire, aménager. J'ai entendu dire qu'il y a des économies d'échelle dans l'aménagement d'un grand parc. Peut-être, mais est-ce que cela crée de la valeur foncière ? Cela va créer de la valeur foncière sur la périphérie du parc. Qu'est-ce qui s'est passé à Manhattan ? Dans le plan de 1811, il y avait six grands parcs, Central Park n'existait pas. Sous l'effet d'une spéculation foncière intelligente, les propriétaires de grands domaines ont donné des blocs entiers de Manhattan pour fabriquer des parcs. Pourquoi ? Parce que la valeur foncière était multipliée par dix autour de ces parcs qui avaient la taille d'un bloc, c'est-à-dire la taille d'un hectare. C'est pour cela que se développe cette longue traîne de petits parcs à Manhattan qui n'est a priori pas intuitive car quand on voit l'image de Manhattan depuis l'Empire State Building, on se dit que c'est un univers minéral fait de tours alors que c'est en réalité un univers emplis d'un semis d'espaces verts. C'est un des grands mystères de l'évolution des formes urbaines, à savoir pourquoi à partir d'une grille régulière évolue toute une typologie de quartiers comme Chelsea, Little Italy, etc.

Quand on voit la carte d'accessibilité à 10 minutes à pied des espaces verts dans New York, on voit que Manhattan a réussi fortement à créer cette accessibilité. On retrouve la courbe de Pareto avec cette fois une pente de 1,8, c'est-à-dire que le marché a fabriqué une hiérarchie de parcs très rapidement, en quelques générations, beaucoup plus hiérarchisée que ne l'a fait un millénaire de planification publique à Paris. A ce moment-là, on tombe sur le problème qu'évoquait Franck tout à l'heure quand il disait : « Nous, on essaie d'éviter qu'il y ait une flambée des prix du foncier. » A Manhattan, Hong Kong ou Singapour, ils font le contraire, ils essaient de provoquer une flambée des prix du foncier... Je ne dis pas qu'il faut faire l'un ou l'autre, je dis que cela interroge. Mais quand on n'a pas l'argent pour payer des dispositifs de parcs, il vaut mieux que le marché les crée et que la

puissance publique récupère une partie de l'augmentation des prix du foncier pour financer les infrastructures.

Question 5 : Comment connecter les éléments urbains entre les différentes échelles ? Je ne donne pas d'explications, je montre juste une image que j'aime bien montrer. C'est quelque chose qui m'inquiète, qui m'interroge sur Barcelone mais je n'ai pas la réponse à ça. Le plan Cerdà n'a pas de hiérarchie, il a des boulevards qui sont tous à peu près identiques avec peu de passages, donc plus étroits. Le fait de leur donner un statut différent va donner de la hiérarchie, ce qui a priori va dans le bon sens avec une forme de multi-connectivité. Est-ce que ça marche ? Il y a le modèle de la feuille que je développe en ce moment à Pékin. Vous avez bloqué la veine maîtresse et vous avez toute la sève qui néanmoins se déploie et irrigue l'ensemble de la feuille. C'est vraiment un modèle conceptuel pour distribuer la connectivité. Je lance cela dans le débat parce qu'on a entendu parler de transport. La carte des fréquences de bus à Paris présente aussi la forme d'une feuille.

Donc non seulement la puissance publique peut gagner de l'argent avec le développement urbain mais surtout elle peut économiser en investissements sur les infrastructures. Si l'on considère que la densité ce n'est pas forcément monter à la verticale et que l'on compare Paris à Manhattan, 20 000 habitants/km² toutes deux, à une densité moyenne de 5 000 habitants/km², ce qui est maintenant la densité moyenne des villes européennes dans leur ensemble, vous avez un investissement en réseaux routiers par personne qui est multiplié par quatre quand vous divisez la densité par quatre, un investissement en eau qui augmente de 40 %, un investissement en réseaux d'assainissement par personne multiplié par trois et des émissions de carbone multipliées par 2,5. L'effet des émissions de carbone va aussi contribuer à l'effet de chaleur urbain et vous avez des investissements qui vont aussi contribuer à l'effet d'imperméabilisation des sols car quand on fabrique des routes et de l'asphalte, ce ne sont pas seulement les coûts, ce sont aussi les surfaces asphaltées qui sont multipliées à l'échelle de la région.

Je pense que ces thèmes étaient en filigrane dans un certain nombre d'interventions. Le débat porte au fond sur ces cinq questions.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

La question de parcs de 14 hectares est aussi liée au sujet même qui est de reconstituer une forme de ripisylve attachée au fleuve. Là, il y a déjà un choix qui est de type morphologique, géographique. Après, on a un autre problème qui est très marseillais, c'est qu'on pourrait faire quatorze parcs de 1 hectare mais on ne pourrait pas faire vingt-huit parcs d'un-demi hectare parce qu'il y a une répartition de la gestion des équipements entre la mairie centrale et les mairies de secteur qui fait que tout ce qui est au-delà de 1 hectare est géré par la mairie centrale, avec des moyens a priori humains et financiers suffisants, et tout ce qui est en dessous, c'est-à-dire les parcs de proximité qui ont un réel impact sur la vie de quartier, la qualité résidentielle de proximité, est géré par les mairies de secteur qui n'ont aucun transfert de moyens pour le faire.

Du coup, les mairies de secteur se retrouvent dans une situation assez paradoxale. Elles sont sous pression des attentes de proximité et elles sont obligées de nous dire, à nous qui sommes aménageurs et qui proposons des clés de financement pour réaliser ces investissements, de ne surtout rien faire. Nous avons été amenés à aménager des espaces de proximité contre l'avis de tous et ensuite à tendre les clés en demandant : qui prend ? On se retrouve par moments dans des situations assez ubuesques. Mais cela vaut pour tout ce qu'il y a en dessous d'un hectare, je te le concède.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Vous avez posé un certain nombre de questions sur le rôle des jardins dans la ville de Barcelone. On a entendu hier un autre exposé sur l'importance des jardins comme poumons d'oxygène pour la métropole mais on a très peu parlé des usages, on a très peu parlé de la façon dont ces jardins s'inscrivaient dans le tissu urbain. On s'interroge donc sur votre façon d'aborder cette question. On a l'impression, comme cela a été présenté hier, que les jardins ne sont pas vraiment intégrés dans le système des espaces publics de Barcelone et de sa région, alors que vous avez un des espaces publics parmi les plus élaborés, les plus sophistiqués en Europe. Il y a une sorte de gap qui mérite des explications.

Marc Montlleo

Directeur de projet de l'environnement, Barcelona Regional

La présentation de hier matin concernait uniquement les parcs métropolitains. Ils sont distribués sur vingt-cinq communes, ils sont intégrés dans le tissu urbain mais ils ont été présentés du point de vue des exploitants de la maintenance de ces parcs, pas du point de vue des utilisateurs, que ce soit la municipalité, les citoyens, etc. Probablement que l'explication serait quelque peu différente. Ils nous disent qu'ils sont peut-être ceux qui ont payé le parc, l'ont conçu l'ont entretenu ou sont en train de l'entretenir, je pense qu'ils sont assez bien intégrés. Ce dont a parlé Jordi Bordanova hier c'est que pour la plupart ils sont à l'extérieur de Barcelone. Celui qui est à Barcelone est l'Institut botanique mais il faut payer pour rentrer. L'autre c'est le parc botanique qui est d'accès libre mais, là, la maintenance dépend plutôt de la grande administration qui exploite le parc. Cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas de propositions sur le parc. Le parc de la Ciutat Vella est probablement l'un des parcs les plus fréquentés à Barcelone, c'est notre plus grand parc mais comparé à Paris, Stuttgart, Berlin ou d'autres villes, c'est ridicule parce que cela ne fait que 31 hectares et 13 de ces hectares font partie du zoo, c'est un espace clôturé. Ce parc est le seul où il y a un peu de vert et où les personnes peuvent se reposer, pique-niquer, se balader comme nous l'avons vu sur les images de Central Park.

Jordi n'a peut-être pas expliqué ce que ces parcs apportent au voisinage et aux personnes. Peut-être qu'ils permettent d'augmenter le prix de l'immobilier devant le parc mais, lorsqu'ils sont dans le tissu urbain, ils créent de la biodiversité ou des espaces ouverts dans une ville très compacte, donc ils apportent des services environnementaux. Nous sommes en train de faire un travail pour l'aire métropolitaine, pour essayer de mettre en valeur les services environnementaux que ces parcs apportent à la société. Nous sommes en train d'évaluer à quel point ils ont un intérêt écologique et permettent d'aider à la séquestration de CO₂. Ils ont aussi une fonction de cour pour les enfants et sont un endroit de promenade pour les personnes âgées. Nous allons évaluer les différences entre l'un et l'autre.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Je voudrais rebondir sur ce qui vient d'être dit sur les usages. Il y a une réflexion à avoir sur les images que Serge montrait tout à l'heure, entre Central Park, Beijing des années 40 ou Paris. Globalement, même s'il y a un couvert végétal qui est à peu près identique, on a d'un côté un espace public et de l'autre un espace privé planté. De ce point de vue, je pense que la question de l'espace privé et sa contribution à l'îlot de chaleur et au verdissement de la ville est important. En complément du parc de 14 hectares, quand j'insistais tout à l'heure sur le fait que les notions de jardin sont essentiellement des cœurs d'îlot, c'est parce que ce sont des obligations que l'on fait aux promoteurs en matière de pleine terre, en matière de surfaces plantées, d'arbres de hautes tiges et de couvert végétal. Je crois qu'il y a aussi

une réflexion à avoir sur l'épaulement entre espace public et espace privé, au-delà de la dimension financière que tu as abordée. Cela me paraît important.

Sur la question des usages également parce qu'on s'aperçoit, dans les villes ou les régions désargentées où la puissance publique est également désargentée, que la question de la gestion est une question centrale. Souvent, il y a un renoncement par absence de moyens de gestion, au-delà de la question de l'investissement. Aujourd'hui, nous sommes en train de réfléchir pour ce parc de 14 hectares à la capacité des acteurs locaux à s'impliquer dans la gestion. C'est là où l'on revient sur la notion de jardins partagés, d'associations de quartier, etc. Je pense que c'est peut-être une solution d'avenir pour aborder ces aspects.

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

Tout à fait. Moi, je crois beaucoup à tout ce qui est semi-privatisé, semi-public. Avant qu'on ne ferme les bâtiments à Paris ou ailleurs par une obsession sécuritaire, on pouvait encore entrer. On peut encore dans un certain nombre d'endroits comme rue du Faubourg Saint-Antoine. Là, les gens arrosent les plantes, verdissent, etc. On peut avoir la moitié du verdissement d'une ville pris en charge par les habitants eux-mêmes et pas obligatoirement par des jardiniers publics. Il suffit simplement que ce soit des espaces appropriables, c'est-à-dire des espaces petits, intimes.

Anne Peré

Enseignant-chercheur à l'École nationale supérieure d'architecture de Toulouse

Le rôle des parcs est important en fonction du réseau et de l'aura. On est là dans une stratégie qui peut être très locale, sur la qualité, et c'est une des rares stratégies que l'on peut regarder de façon globale, sur les questions de climat mais aussi de biodiversité. Je crois qu'un parc de 50 hectares ce n'est pas la même chose que dix parcs de 5 hectares, ne serait-ce que pour des questions de biodiversité. L'idée que la ville conjugue différents thèmes est très importante, donc il me semble que, sur la question de la biodiversité, il est clairement identifié qu'un grand parc va avoir beaucoup plus de valeur et de qualité environnementales. Mais ce n'est pas suffisant, il faut ensuite que le réseau existe pour que cette continuité existe. Est-ce que l'on ne peut pas faire ce parallèle, et en tout cas venir renforcer la prise en compte des îlots de chaleur à travers ça ?

Puis je trouve que le rôle de l'eau, les climatologues parlent beaucoup de l'humidification, a été assez sous-estimé, on en a très peu parlé dans les différentes présentations. L'humidification et les réseaux d'eau ne participent-ils pas aux stratégies de confort thermique dans les parcs ?

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Qu'est-ce que vous en pensez ? Un parc de 14 hectares ou quatorze parcs de...

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

... Je voulais justement donner une précision par rapport à ça. Quand j'ai formalisé la question comme ça, j'espère avoir été assez clair pour que la réponse ne soit pas l'un ou l'autre. La réponse c'est l'un et l'autre, et de préférence ordonné suivant une loi de puissance inverse. Je ne voudrais pas qu'il y ait de confusion sur ma réponse...

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

Je trouve que c'est une question très difficile car je vois les avantages et les inconvénients de ces deux approches. Je pense qu'il y a plus d'impact quand c'est un grand parc que de petits parcs. Mais, d'autre part, si on a un réseau de petits parcs on a l'avantage de les gérer plus facilement. Je pense que cela dépend de la situation de chaque ville. Je dirais qu'il n'y a pas une solution qui est plus appropriée que l'autre. Dans la ville de Stuttgart, ce n'est pas comme à Barcelone, nous n'aurions pas la possibilité de faire de grands parcs comme ça. On en a un, Green U, dont le nom vient de la forme en U. C'est parfois la seule possibilité pour les villes d'offrir cet espace vert de 8 kilomètres sans devoir croiser une rue. Je trouve que c'est une bonne solution. Il y aurait un impact positif, même si c'est réduit, par rapport à l'entourage. Si on prend la partie ouest de Stuttgart où il y a une forte densité, nous avons de petites zones vertes dont l'interconnexion peut fournir une bonne aération pour la ville.

Luca Montuori

Università di Roma Tre

Je n'ai pas de réponse. Ce qui est évident c'est qu'un réseau de parcs, d'espaces verts, est important pour la vie de tous les jours. Nous avons de grands parcs, Villa Pamphili et d'autres encore. C'est une partie de l'histoire de la ville parce que Rome jusqu'à 1900 était une ville faite par de grandes familles qui étaient propriétaires de tous les terrains autour de Rome et avaient de grands parcs. Elles ont ensuite vendu leurs terrains pour construire la ville. Nous avons donc de grands parcs, c'est vrai, mais le dimanche il y a des tonnes de voitures qui circulent dans la ville pour aller au parc. Donc je ne sais pas quelle est la meilleure solution. Nous essayons de trouver un moyen, un réseau pour que les étudiants bougent pour aller d'un côté à l'autre dans un milieu intéressant qui peut vivre dans un système d'espace public. C'est quelque chose qui existe à Barcelone. Barcelone a été conçue de telle manière que l'espace public et la ville moderne soient ensemble. A Rome, ce n'est pas le cas. Il y a d'un côté la nature et la ville de l'autre. Evidemment, la réponse est que c'est bien d'avoir un parc de 14 hectares et de petits parcs qui donnent le réseau quotidien. Parce que, sinon, on pense seulement à aller au parc le dimanche, ce qui est une vision un peu du XIX^e siècle. Cela n'existe plus qu'on s'habille bien le samedi pour aller au parc, nous on travaille le dimanche aussi, donc on ne va pas au parc. Il faut donc que l'on puisse bouger chaque jour dans un système d'espaces publics intéressants. C'est l'essai que nous sommes en train de faire.

Alban Mallet

Coordonnateur du Plan Climat Energie Territorial de Nantes Métropole

J'ai l'impression que derrière la question d'îlots de chaleur urbains, on pourrait aussi parler d'îlots de fraîcheur urbains et des questions d'espaces de ressourcement. La problématique d'Euroméditerranée est intéressante parce qu'elle souligne aussi l'accessibilité du parc. Je suis à proximité du parc, donc je peux y aller facilement ; je suis loin du parc, est-ce que je vais faire l'effort pour y aller ? Est-ce que je peux me ressourcer dans cet espace qui est à 500 mètres, 650 mètres de mon habitation si j'ai 75 ans et que je ne suis pas très en forme ? C'est aussi un questionnement comme celui-là qu'il faut aller chercher.

Catherine Carot

Directrice de l'environnement, Toulouse Métropole

On est en train de parler d'un réseau de parcs publics, d'après ce que je comprends. Dans l'exemple de Toulouse, en termes d'impact sur les îlots de chaleur urbains ou îlots de fraîcheur, le fait d'avoir des espaces verts est quelque part déconnecté de l'usage. Si on peut en faire des espaces publics, c'est mieux, mais s'il n'y a pas d'espaces publics cela a

quand même un impact positif sur le changement climatique. Dans les PLU, il existe des outils assez remarquables que l'on peut imposer quelle que soit la domanialité du foncier. C'est le cas des espaces boisés classés qui peuvent s'imposer propriétaires privés. On a des outils comme les espaces verts protégés, les zones naturelles, les zones agricoles, etc. Dans le PLU, la puissance publique définit l'usage et donc limite la constructibilité du foncier. C'est une atteinte au droit de propriété, si l'on veut, mais cela permet d'agir, entre autres, sur les îlots de chaleur urbains. Puis, dans une période de crise où les finances publiques sont de plus en plus rares et difficiles à mobiliser, le PLU représente aussi un outil remarquable pour limiter l'étalement urbain.

Emmanuel Raoul

Secrétaire permanent du PUCA – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère du Logement, de l'Egalité des territoires et de la Ruralité

Je vais faire une transition avec une autre question en allant dans le sens de Catherine Carot. A Paris, par exemple, si vous avez un jardin privatif dans une copropriété et qu'il y a un arbre qui dépasse une certaine dimension, vous n'avez pas le droit d'y apporter de modification sans l'autorisation de la municipalité. Donc on a aussi dans une ville comme Paris une régulation des espaces verts privés qui, effectivement, ne sont pas accessibles au public mais qui jouent un rôle du point de vue de l'ensemble des espaces verts de la ville. Et la Ville de Paris utilise aussi cet outil-là pour la gestion de l'ensemble des espaces verts. C'était juste une remarque complémentaire.

Ma question porte plus sur la deuxième question de Serge qui est la densité. J'avais bien en tête que la densité pouvait être verticale ou horizontale et que la verticalité n'était pas un gage de densité. Cependant, la question que j'ai envie de nous poser c'est de savoir s'il n'y a pas de densités optimales. Tu nous as bien dit que plus il y avait de densité, plus on faisait d'économies sur le réseau routier et sur un certain nombre de choses. Mais est-ce qu'il n'y a pas des effets négatifs lorsqu'on dépasse certaines densités et où l'on n'arrive plus à gérer correctement les réseaux d'un genre ou d'un autre ? J'en veux pour preuve des villes comme Paris qui sont très denses et où même les transports collectifs sont congestionnés, tout est congestionné. Donc on se dit que si l'on rajoute encore de la densité dans le système, on va exploser. Donc est-ce qu'il n'y a pas des densités optimales dans nos villes ?

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

Toutes les études et tous les travaux que l'on a faits récemment montrent que la densité moyenne ne veut strictement rien dire. Ce qui compte c'est la distribution de la densité. Séoul, qui a un système qui fonctionne, a 15 000 personnes par kilomètre carré sur 600 kilomètres carrés. Il y a 10 millions d'habitants sur 600 kilomètres carrés mais ils ne sont pas répartis d'une façon plate. Il y a 40 % de Séoul qui est au COS de Paris, 40 % à la moitié du COS de Paris, c'est-à-dire à peu près au COS de Rome, avec de grandes coulées vertes qui sont liées au fait qu'il y a des collines, puis il y a quelques hubs très forts avec des COS de 10. C'est comme Manhattan, la densité est beaucoup plus forte à Lower Manhattan et 40 % de Manhattan c'est la ville du début du XIX^e siècle. On a donc des différences de densité considérables au sein d'une même ville : dans Paris intramuros, qui est pourtant très homogène dans son bâti, la densité démographique varie d'un facteur 10 lorsqu'on la mesure à l'iris, c'est-à-dire sur des unités géographiques statistiques homogènes regroupant environ 2 000 personnes. C'est comme les parcs, il faut une combinaison de très haute densité qui va pouvoir rentabiliser les transports en commun, faire des hubs très puissants d'un point de vue économique avec une très forte densité d'emplois qui crée des économies d'agglomération, des gares comme Shinjuku ou Shibuya à Tokyo où il y a 3 millions de passagers par jour et où il est hors de question de s'y déplacer en voiture, le transport en commun prend ça merveilleusement en charge, et puis un gradient de densités.

Donc il n'y a pas une densité optimale, il y a des distributions de densité qui fonctionnent bien et qui permettent de monter très haut. King's Cross, à Londres, c'est 173 000 personnes par kilomètre carré, emploi et logement, sur des bâtiments de onze étages avec 40 % d'espaces publics, dix nouvelles places, vingt nouvelles rues et pas du tout de verticalité. Sur la densité moyenne, Séoul et Tokyo ont l'air de montrer que 15 000 ce n'est pas mal, mais ce n'est pas 15 000 répartis de façon plate, c'est 15 000 avec des pics de très forte densité. La densité d'emplois est également très importante pour créer des villes compétitives : à Londres, à New York, à Hong Kong, villes qui sont au sommet des villes globales en termes de compétitivité économique, les emplois sont très concentrés. Le tiers des emplois de Londres est concentré sur 2 % de son territoire avec 400 000 emplois dans les 2,9 km² de City of London, le centre financier du monde avec Wall Street, et des emplois en croissance constante – ils n'étaient que de 330 000 en 2009. On atteint à Londres des densités maximales d'emplois de 140 000 emplois au kilomètre carré, à New York de 150 000 emplois au kilomètre carré, à Hong Kong de 120 000 emplois au kilomètre carré, sans pour autant nécessairement conduire à un univers urbain hérissé de tours. City of London est un labyrinthe de rues tortueuses issues du Moyen-Âge avec essentiellement des bâtiments victoriens et quelques très rares tours. En revanche, des densités de 2 000, 5 000, ce n'est vraiment pas bien. 20 000 pour Paris et Manhattan, je serais moins critique, je trouve que cela ne fonctionne pas si mal.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Est-ce que sur cette question de densité, il y a quelqu'un qui veut intervenir ?

Marjorie Musy

Ecole nationale supérieure d'architecture de Nantes

J'aimerais faire état de quelques résultats de recherche sur la densité qui ont essentiellement concerné les questions de captage solaire. Les recherches ont porté sur des formes assez régulières. Ce qui a été montré c'est que quand on va vers des densités très fortes, ce sont les toits qui jouent un rôle et qui renvoient l'ensoleillement vers le ciel. Il pénètre peu dans le tissu urbain, donc on piège moins le rayonnement solaire. Quand on est très peu dense, il y a aussi un renvoi vers le ciel si ces surfaces ne sont pas trop absorbantes. On a un pic d'absorption quand on arrive vers des densités de 30 % parce qu'on a beaucoup de façades qui interagissent entre elles, ce qui forme le piégeage solaire. Dans ce que j'ai lu, j'ai retrouvé des pics à 30 % dans la plupart des publications.

On voit aussi que l'irrégularité du tissu urbain conduit à plus d'absorption. Donc si on a des bâtiments de toutes les hauteurs, c'est normal, il y a un peu plus d'inter-réflexion. Ça, c'est quand on a des matériaux assez homogènes, ce sont des résultats académiques. Cela ne concerne que le piégeage solaire mais c'est ce qui est au départ le moteur de l'effet d'îlot de chaleur urbain. Après, quand on regarde les autres facteurs liés à la densité qui jouent sur l'îlot de chaleur urbain, il y a les charges anthropogéniques qui sont effectivement liées à la densité, plus il y a de personnes dans une ville, plus il y a d'activités qui consomment et qui dissipent de l'énergie dans la ville. Les autres facteurs sont réduits, on perd moins de chaleur vers le ciel. Il y a un lien entre formes urbaines et îlot de chaleur urbain, mais qu'on ne peut pas non plus énoncer très simplement car il y a des villes très denses qui ne posent pas de problème parce qu'elles sont très protégées du soleil et puis, si on arrive à gérer les autres flux, on peut aussi s'en sortir.

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

Je pense que la question sur la densité verticale ou horizontale dépend de la situation locale, où est-ce que nous souhaitons avoir de la verticalité ou de la densité. Dans une vallée ou dans un bassin de ville avec les vents locaux, je ne recommanderai jamais une densité verticale parce que cela empêche la ventilation. A Stuttgart, en haut de la colline, on voulait essayer de construire une tour de 200 mètres de haut et on a dit qu'il n'y avait pas de problème, qu'on pouvait même aller jusqu'à 400 mètres parce que la situation n'était pas si importante en ce qui concerne le climat. Je vois un problème avec la densité verticale si l'on construit des immeubles très hauts car il y a des espaces verts entre eux et le danger est que les élus ne se souviennent plus du concept et construisent d'autres habitations au milieu en occupant les espaces verts. Si vous avez des maisons avec des espaces verts entre elles, il faut bien veiller à ce que ces espaces soient préservés et que l'on ne construise pas dessus, même après les prochaines élections.

Philippe Mary

Responsable de l'Atelier Ressources et Durabilité des Territoires à l'Agence d'urbanisme de Lyon

Une question pour Marjorie Musy, une question académique. Que pense-t-elle du chapelet de parcs évoqué tout à l'heure ? Du point de vue de ses travaux de modélisation, peut-elle nous apporter des éléments sur ce qui est préférable de son point de vue : un grand parc ou plusieurs petits parcs pour rafraîchir l'environnement urbain ? Est-ce que, d'ailleurs, le parc joue sur le rafraîchissement de l'environnement ? Chacun peut faire l'exercice de réfléchir au niveau de l'aménagement de chaque quartier à la localisation des espaces publics (et privés) pouvant jouer un rôle de refuge climatique pour les gens qui n'ont pas accès au confort climatique pendant les canicules ? En cas de très fortes chaleurs, que font les gens ? A Lyon, on s'est aperçu que le centre commercial de La Part-Dieu, qui est climatisé sur trois étages, était un refuge climatique pour les habitants de La Part-Dieu. Instinctivement, nous n'avions pas englobé le centre commercial dans notre réflexion sur la trame de fraîcheur du quartier, mais il faut incontestablement ajouter une oasis artificielle à nos cartographies ! En fait, les gens ne vont au parc que s'il y a de l'eau ou que des arbres de hautes tiges offrent une ombre dense et humide. Autrefois, les lignes de tramways de l'ouest lyonnais amenaient les bourgeois en altitude, dans les Monts du lyonnais à 500 ou 800 mètres d'altitude, l'air était frais et respirable. C'est ainsi qu'on pouvait ou non s'offrir un repos salvateur, au moment des fortes chaleurs dans le Lyon du XIX^e siècle.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

C'est comme ça dans toutes les villes, à Marseille on faisait la même chose. C'est comme la stratégie romaine des centres commerciaux !

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Je veux juste reboucler avec l'exercice auquel s'est livré Serge, qui est toujours exceptionnel dans l'articulation des formes urbaines et de l'usage de l'espace. Pour avoir, comme nous tous, pratiqué un certain nombre d'espaces urbains traditionnels méditerranéens où la question de la chaleur s'est toujours posée, j'ai toujours constaté qu'il y avait des espaces où les familles pouvaient sortir à la fraîche, se promener, parce que dans leur logement ou leur îlot il n'y avait pas une qualité de confort suffisante. Je pense notamment à Lisbonne où il y a quelques promontoires qui sont des lieux ventilés naturellement et où, à partir de 5 ou 6 heures du soir, on voit sortir les gens qui restent en famille, discutent, etc. Il y a un lien qui

me semble intéressant, qui va au-delà de la réponse technique ou technologique, et qui réinterpelle la question de l'usage, de la culture urbaine, qui me paraît intéressante à garder à l'esprit.

Pour la question de la densité, il me semble que la trop forte densité est peut-être moins facile à maîtriser en termes de confort aéraulique. C'est-à-dire que quand on est au niveau du sol et qu'il y a des turbulences qui commencent à se généraliser, on a de moins en moins de capacité d'évaluation et surtout de mesures compensatoires à apporter pour garantir un minimum de confort. Il y a de petits éléments comme ça que l'on peut prendre en compte en cumulé pour se faire une idée.

Marjorie Musy

Ecole nationale supérieure d'architecture de Nantes

Tout à l'heure, on a vu dans les simulations qu'il y avait un effet des parcs à 100 mètres au maximum mais on ne le vérifie pas sur tous les parcs, cela dépend notamment de la forme urbaine que l'on a autour, de la direction du vent. Mais il y a très vite les effets de ce qui se passe dans les rues qui estompent cet effet. Donc on ne peut pas attendre que les parcs jouent le rôle de climatiseurs de toute la ville. Par contre, ce que l'on vérifie bien à Nantes en ayant pris des températures dans différents types de tissus urbains, et notamment dans des petits cœurs d'îlots relativement fermés avec des jardins au milieu, c'est qu'on a des formes d'îlots de fraîcheur. Dans la journée aussi. Cette question de la dynamique de température au cours de la journée est intéressante. Quand on parle d'îlots de chaleur, en général c'est le soir que c'est critique mais il y a des quartiers où c'est déjà le cas dans la journée parce qu'ils sont très minéraux et très ouverts. Il y a donc cette question de dynamique et, du coup, des espaces différents qui vont jouer différents rôles. Il faut qu'il y ait un accès à ces espaces dans la journée parce que tout le monde ne peut pas non plus y aller le soir, et puis de petits espaces de proximité ouverts le soir. Je serais plutôt aussi dans cette notion de refuges, d'espaces qui peuvent rendre la ville un peu plus résiliente. Dans les refuges, on l'a vérifié ailleurs qu'à Marseille, il y a aussi les espaces climatisés. On est plus tentés de rentrer dans les magasins climatisés quand il fait chaud. Dans les plans canicule que les communes ont développés, avec les alertes ou les documents que l'on distribue aux personnes âgées, on liste les équipements publics climatisés en leur conseillant d'aller dans ces lieux-là plutôt que d'aller dans un jardin.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Dans sa présentation, Ulrich Reuter a dit une petite phrase qu'apparemment personne n'a relevée. Il a dit : « Nous interdisons les voitures qui n'ont pas le label cinq étoiles. » J'aimerais savoir ce que vous en pensez, est-ce que vous feriez ça chez vous ? Car, au-delà de cette classification des voitures, il y a une notion d'interdit, et face à l'interdit, il y a la responsabilisation des citoyens. Cette relation souvent contradictoire entre interdiction et responsabilisation me paraît essentielle et j'aimerais savoir comment vous l'abordez.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Je pense que dans les villes du Sud cette notion de responsabilité est peut-être moins ancrée ou plus hétérogène, disons différemment partagée que dans les villes du Nord... Mais il faut y travailler, on a des marges de progression bien supérieures. La question des véhicules est une vraie question, particulièrement dans une ville pauvre. Une grande partie de l'économie des quartiers nord, par exemple, se fait par le bricolage en pied d'immeuble sur des véhicules qui sont souvent hors d'âge, avec une petite tradition de mécano, de

pièces tombées du camion. Bref, il y a une économie de survie qui s'organise autour de ces questions-là.

Un des premiers réflexes que l'on a eus en abordant ces questions de mobilité sur l'EcoCité a été de dire, dans le cadre du Plan climat qu'il était question de construire, que nous allions devenir une zone prioritaire pour la qualité de l'air. Mais très rapidement, en discutant avec les élus locaux pour comprendre le niveau d'acceptabilité du dispositif, on s'est aperçu qu'en imposant ce type de démarche on allait à l'encontre de la paix sociale, tout simplement. Parce que, compte tenu du faible niveau de développement des transports en commun à Marseille, un habitant des quartiers nord qui veut travailler ou vivre à l'échelle métropolitaine n'a d'autre choix que de se déplacer avec un véhicule qui, pour les raisons que j'évoquais précédemment, est un véhicule qui ne répond pas aux cinq étoiles. C'est donc un vrai sujet. Je crois qu'il n'y a pas de réponse immédiate et cadrée, il y a un processus qu'il faut engager et une évolutivité à envisager.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Et à Barcelone, qui est encore plus au sud que Marseille, comment fonctionnez-vous en termes d'interdit ou de responsabilisation ?

Marc Montlleo

Directeur de projet de l'environnement, Barcelona Regional

C'est une question difficile. Hier après-midi, j'ai dit que, probablement, la plupart du trafic que nous avons en ville n'appartient pas à la ville. A présent, il n'y a pas d'intention d'interdire l'entrée des véhicules et nous n'avons pas de meilleures alternatives en ce qui concerne les transports parce qu'il faut renouveler nos trams, nos trains. Je pense que c'est difficile de dire aux gens que leur travail est à Barcelone mais qu'ils ne peuvent pas entrer dans la ville. Je ne sais pas comment nous allons résoudre cela. Nous faisons beaucoup de choses pour favoriser la mobilité à travers les systèmes de Vélib, nous encourageons les gens à marcher, mais c'est vrai que nous ne sommes pas aussi performants pour assurer la mobilité des citoyens d'une ville à l'autre. C'est un des enjeux majeurs pour le futur. Il y a un plan de 4 milliards pour moderniser les connexions régionales entre les différentes villes de province. Ils ont dépensé pratiquement 100 millions par an mais cela ne va pas être facile d'obtenir cette quantité d'argent pour moderniser le réseau de trains de proximité. Nous sommes dans la promotion des véhicules électriques, nous avons aussi les systèmes de location de motocyclettes et, comme d'autres villes, nous faisons aussi le covoiturage pour entrer dans les villes. Mais probablement que l'Union européenne va nous coller une amende parce que nous n'allons pas atteindre les niveaux d'air corrects.

Yves Bidet

Météo France – Bureau d'études d'Aix-en-Provence

Une précision rapide. L'introduction du trafic automobile, dans un modèle pour représenter l'îlot de chaleur urbain, intervient par le biais d'une estimation de la chaleur dégagée par les véhicules, essentiellement. De ce point de vue-là, un diesel mal réglé dégage à peu près autant de chaleur qu'un moteur à essence à cinq étoiles. L'influence du diesel mal réglé c'est surtout sur la qualité de l'air, donc quelque chose plutôt de santé publique et pas d'îlot de chaleur urbain. Mais c'est aussi la contribution générale au relâchement de CO2 dans l'atmosphère qui influe sur le changement climatique global. Mais, là, on est sur une échelle spatiale et temporelle qui est complètement différente.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Je repose la question à Ulrich Reuter. Quand vous interdisez un certain nombre de choses dans votre ville, la circulation d'un certain type de voitures par exemple, vous avez des difficultés à l'imposer ou tout le monde trouve ça très bien ?

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

Pour l'instant, tout le monde pense que c'est OK mais au début de la mise en place de cette mesure la plupart des conducteurs étaient contre, il y a eu beaucoup de protestations. La plupart des gens aux alentours de Stuttgart ont maintenant des voitures très performantes et ce n'est plus un problème aujourd'hui. A Stuttgart mais également dans toute l'Allemagne pratiquement toutes les voitures sont modernes. Donc pourquoi avons-nous des zones à faible émission puisque tout le monde peut en principe conduire ? On pourrait envisager d'avoir un label bleu pour les voitures, le vert était le meilleur jusqu'à présent. Il pourrait y avoir de nouvelles réglementations mais, pour l'instant, cela ne pose pas de problème.

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

J'ai été assez frappé du côté malthusien à Toulouse : on va limiter le développement, etc. On peut soit interdire, soit on donne un prix aux choses, c'est le pricing finalement. A New York, par exemple, vous avez le droit de construire plus si vous créez un espace public et si vous l'entretenez. Il y a aussi tout un système de transfert de droits à construire. Quand on regarde la carte de Manhattan, il y a des îlots ou des parcelles qui sont développés à 250, 300 % de leur COS permissible simplement parce que les droits à construire ont été achetés à des parcelles *underdeveloped*. Donc plutôt que de créer tout un système d'interdits, on crée un système où les choses ont un prix. On ne freine pas le développement mais le marché va créer des espaces publics parce que les opérateurs auront intérêt à créer des espaces publics. Idem pour ce qui se passe à Londres ou à Singapour sur le *congestion pricing* : vous n'interdisez pas aux voitures de rentrer dans la ville mais vous faites payer la traversée de la ville ou la traversée de certaines rues avec des systèmes que les hautes technologies permettent de rendre très sophistiqués. En fonction de la congestion que vous allez amener dans la ville, les prix varient constamment dans la journée et vous êtes informés sur le prix que vous payez pour traverser la ville. Ce qui fait que, au bout du compte, la puissance publique récupère des ressources en taxant les automobilistes qui traversent les villes et, avec les ressources qu'elles récupèrent, soit par ce moyen-là, soit par le développement foncier, elles financent les transports en commun.

Donc plutôt qu'être installé dans une optique où l'on n'a pas d'argent, où l'on interdit, où l'on punit et où l'on n'a pas les moyens de mettre en place des systèmes alternatifs, il vaut mieux faire payer le prix de l'externalité négative aux automobilistes et aux gens qui sur-développent et financer avec ça des dispositifs publics.

Catherine Carot

Directrice de l'environnement, Toulouse Métropole

Avant il y avait le plan d'occupation des sols et, effectivement, si on le prend comme ça c'est un interdit puisque le Code civil dit que tout propriétaire a le droit de jouir de son bien comme il l'entend. A partir de là, les articles ne font qu'interdire ou autoriser. Il existe tous ces outils. On fait payer aux aménageurs les espaces dans les zones d'aménagement concerté ou avec des taxes d'aménagement différenciées ou majorées. L'idée c'est bien

qu'ils payent les équipements publics dont la nouvelle population aura besoin suite aux constructions qu'ils vont réaliser. On est vraiment dans cette logique-là.

Sur la consommation foncière, il y a quand même la loi Alur qui nous dit bien que cette période est en partie révolue. Il y avait déjà le Grenelle, ensuite la loi Alur, donc on est davantage dans une logique de renouvellement urbain. Mais il existe aussi des moyens de faire payer le renouvellement urbain. Il n'y a rien de malthusien à Toulouse.

Martine Koenig

Adjointe mission spécifique, Direction générale du développement urbain et durable, Toulouse Métropole

Je voulais apporter une petite nuance sur le marché, qui ne pourra pas tout faire. On est dans un système où il y a un problème d'équilibre social, il y a des secteurs qui sont en difficulté, des quartiers en difficulté, et même si on fait participer les aménageurs à des espaces publics – on les fait participer, c'est-à-dire qu'ils ne financent jamais 100 % des espaces publics –, je crois que le marché a ses limites. Cela voudrait dire qu'on laisse tout un pan de la population dans des quartiers qui ne seraient pas équipés ou sous-équipés. Votre foi dans le marché est admirable mais je ne la partage pas.

Marjorie Musy

Ecole nationale supérieure d'architecture de Nantes

J'ai l'impression qu'on ne parle pas des mêmes choses quand on parle des véhicules ou quand on essaie de faire en sorte que les gens réduisent leur consommation d'énergie que quand on parle de faire payer les promoteurs. Cela ne s'adresse pas du tout aux mêmes publics, ce ne sont pas les mêmes processus d'avoir une prise de conscience collective et un fonctionnement pour réduire les charges anthropiques de la ville ou toute la partie qui est plus de la construction. Ce sont vraiment deux leviers très différents. Autant on peut imaginer d'avoir un levier sur les marchés, même s'il y a des limites sur la construction, autant sur les actions concernant la population c'est extrêmement dangereux. On le voit bien sur l'énergie où l'on va vouloir mettre en place des tarifs énergétiques différents suivant la journée pour obliger les gens à moins consommer à certains moments. Ceux qui sauront prendre bien ces variations de tarif en main vont en fait toujours être les mêmes. Il y aura ceux qui sauront bien gérer leur portefeuille énergétique, qui sauront bien gérer leur appartement et leurs rénovations et puis ceux qui ne vont pas savoir gérer et qui vont être encore plus dans la précarité énergétique. C'est la même chose pour les interdictions qui concerneraient certains types de voitures.

Luca Montuori

Università di Roma Tre

A Rome, on a fait l'essai de bloquer les voitures le dimanche et d'alterner la circulation une fois les numéros pairs, une fois les numéros impairs un jour de la semaine, des choses comme ça. Le résultat a été que rien n'a changé au niveau de la pollution. Réorganiser le travail à la maison, par exemple, aurait un impact beaucoup plus fort. Il faut chercher dans la bonne direction car j'ai l'impression qu'à chaque fois nous tous regardons le problème seulement d'un côté. On est en train de regarder comment régler le problème dans la ville, on regarde du côté de la ville mais à Rome on est en train de regarder du côté de la campagne, de la consommation du sol et de l'équilibre entre l'agriculture et la ville car, si on casse cet équilibre, on n'a plus à manger. On peut vivre avec de l'air propre mais mourir de faim... Ce que je dis là est banal mais la chose est complexe : qu'est-ce qu'on a comme pouvoir au niveau des villes sur le lobby des voitures qui nous impose de nous déplacer avec la voiture et nous oblige à acheter une voiture pour rentrer dans le centre ? Cela n'a rien à voir avec la qualité de l'air, cela a plutôt à voir avec acheter et vendre des voitures, ce qui est la seule chose qu'on sait faire en Europe. C'est aussi ça, en Allemagne comme en

Italie. On a la voiture à hydrogène depuis dix ans mais on ne la sort pas parce que les Etats-Unis seraient en crise. Voilà, on discute parfois d'une chose mais il faut regarder de l'autre côté.

Emmanuel Raoul

Secrétaire permanent du PUCA – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère du Logement, de l'Egalité des territoires et de la Ruralité

D'abord une remarque sur les déplacements en voiture des gens à plus faibles moyens pour tout simplement aller travailler. Je voudrais rappeler qu'il y a une mesure récente en France qui a eu un impact absolument considérable sur cette population, qui est la mesure d'incitation de mise à la casse des véhicules anciens. Cela a retiré du marché des véhicules qui alimentaient ce qu'on appelle le marché de la voiture à 1 000 euros, c'est-à-dire que pour 1 000 euros vous pouviez avoir une voiture qui roulait. Evidemment, ce n'est pas une cinq étoiles. Mais personne ne parle de cette mesure et pourtant c'est la mesure majeure qui, ces dernières années a complètement asséché ce marché. C'est la mesure qui a eu le plus d'impact récent sur la question.

Le recours au marché ou à la puissance publique ce n'est pas pour moi du tout puissance publique ou du tout marché. Ce que j'entends dans ce que dit Serge c'est que le marché n'est pas forcément Satan et n'a pas forcément des impacts négatifs sur telle ou telle partie de la population. Ce n'est pas un marché dérégulé, ce n'est pas un marché à qui on laisse faire n'importe quoi, c'est un marché où l'on se préoccupe des effets collatéraux. Quand on a pris la mesure de retirer les voitures hors d'âge de la circulation, on ne s'est pas préoccupé des effets collatéraux et c'était pourtant une mesure administrative ! Donc on voit bien que ce n'est pas si simple que ça.

Il est tout à fait vrai, comme l'a dit Serge, que la puissance publique ne peut pas tout faire et n'a plus les moyens de tout faire, donc la bonne question c'est de se demander comment on peut utiliser certaines forces du marché, comme par exemple utiliser le COS inutilisé de la cathédrale Notre-Dame de Paris, je dis ça en riant un peu mais c'est de cela dont parlait Serge, pour construire ailleurs. C'est une approche qui est utilisée à Manhattan, à Tokyo. A Paris, peut-être que cela n'a pas de sens mais cela peut avoir un sens dans d'autres villes. Des approches de ce type-là peuvent avoir une signification. Je dis cela pour pacifier un peu notre débat. Je crois qu'il ne faut pas opposer les approches et penser que le marché a forcément des impacts négatifs et que la puissance publique est forcément entièrement positive dans ses actions. La réalité est beaucoup plus mélangée que cela, on le sait tous, donc il faut arriver à mélanger les deux approches d'une manière efficace. Je pense quand même que, au global, et je crois que c'est ce que voulait dire Serge, on est un peu trop tout puissance publique dans notre approche à la française dans les outils que l'on utilise.

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

Je n'ai pas de foi inébranlable dans le marché. C'est vraiment ce que dit Emmanuel Raoul, c'est vraiment une question de pouvoir encadrer les forces du marché et s'en servir de levier pour les faire contribuer à des actions publiques, y compris les préoccupations sociales. A King's Cross, à Londres, où il y aura le siège social de Google UK, ils ont fait monter la valeur foncière à 1 milliard de livres par hectare. Il n'empêche que Camden County a imposé la construction de logements sociaux dans cette opération immobilière de très haut de gamme. Les logements sociaux sont financés par les profits que fait le développeur. Là où l'on atteint des situations dramatiques c'est quand on n'a plus de moyens de financement. Le marché, d'une manière générale, c'est faire des opérations profitables. Mais le rôle de la puissance publique ce n'est pas de l'empêcher d'en faire, c'est de canaliser une partie des profits vers l'intérêt général. C'est essentiellement ce que je voulais dire.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Je voudrais témoigner de deux exemples que nous avons rencontré lors d'un séminaire précédent, sur les inondations, au cours duquel la ville de Rotterdam nous a expliqué que, comme toutes les autres villes, les villes des Pays-Bas n'ont pas les moyens d'assurer toutes les protections nécessaires contre les inondations compte tenu de l'augmentation du risque, et qu'elles tentent de co-financer des aménagements publics grâce à des montages d'opérations privées, des digues habitées par exemple. D'ailleurs, c'est ce que vous faites à Toulouse.. L'autre exemple était celui de Mayence où il nous a été expliqué que l'Etat fédéral donnait des directives générales, mettait la barre des exigences, mais qu'ensuite c'était au travers d'un partenariat entre les collectivités locales et les entreprises privées que se mettait en place l'optimisation d'un projet. Je trouve que ce type de partenariat local est intéressant et qu'on peut transposer ce modèle collaboratif à la question qui nous intéresse aujourd'hui, car on est un peu dans la même logique. Le sujet est peut-être un peu nouveau pour certains mais la méthode est la comparable.

Philippe Mary

Responsable de l'Atelier Ressources et Durabilité des Territoires à l'Agence d'urbanisme de Lyon

Le recours au marché existe déjà. Je suis dans une agence d'urbanisme où l'on fait de la planification urbaine, donc vous vous imaginez bien que c'est tous les jours que l'on se pose la question de l'intérêt de la planification urbaine et de ce que l'on encadre vraiment. La réponse c'est qu'on ne se dédouane pas de l'expression d'un intérêt général, qui d'ailleurs est de plus en plus un intérêt à rendre particulier, l'intérêt général cela ne veut pas dire grand-chose, mais cela ne nous dédouane pas non plus de trouver le sens de l'action publique.

Sur la question du réchauffement climatique, d'adaptation des villes au changement climatique, le marché aura spontanément des réponses à apporter. Nous, on travaille avec des groupes privés comme Veolia Environnement qui sont sur des stratégies de marché, y compris avec des réponses très pragmatiques – arrosage de la chaussée, choix des matériaux, mobilisation du végétal, etc. Donc les partenariats public-privé existent, les marchés sont là et l'expression de la demande publique est faite en amont. Après, je pense qu'il faut surveiller tout cela. Quand on a négocié avec les promoteurs et les aménageurs dans le cadre du plan local d'urbanisme du Grand Lyon, qui est un plan local intercommunal, cela ne leur posait aucun problème de verdir la ville et de répondre à nos obligations de COS qu'on n'utilise plus mais qu'on a gardées pour le végétal. Pas de problème. Ils attirent juste notre attention sur les doubles coûts qui sont produire du végétal dans la ville en façades, sur toitures, en cours d'immeubles, et puis répondre aux réglementations thermiques, aux normes handicapés. Donc ils nous font le coût de l'accumulation en disant qu'en réalité on fait comme à Manhattan, on va augmenter la charge et le coût de sortie des logements dans les villes. Mais, a priori, cela ne pose pas trop de problèmes. Ils nous disent qu'à un moment donné on ne va plus pouvoir vendre, donc il va falloir faire attention. On sait que cela produit des inégalités socio-spatiales et qu'il y a des ménages qui ne pourront plus habiter en centre-ville.

Autre réflexion. Les péages urbains existent déjà, il suffit de mettre des parkings chers en centre-ville ! On a construit en France des partenariats public-privé extrêmement efficaces. Il s'agit cependant d'un péage urbain un peu particulier puisque une part très faible des revenus dégagés va aux politiques des transports ou à l'aménagement.

Martine Koenig

Adjointe mission spécifique, Direction générale du développement urbain et durable, Toulouse Métropole

Je trouve que c'est très intéressant parce que cela confirme tout à fait ce que je voulais dire. C'est-à-dire que le marché existe – je suis dans l'opérationnel, donc j'ai affaire tous les jours au marché –, on l'utilise, on est partenaires, mais en même temps on est tout à fait conscients des limites. Il faut être attentifs, il faut être vigilants. L'opérationnel est très proche du politique et le politique a l'objectif de l'air pur mais, comme le disait notre collègue romain, il y a aussi d'autres objectifs dans une politique publique et la justice sociale et la mixité sociale en font partie. Faire de nos centres-villes des ghettos pour Mercedes et catégories sociales supérieures, ce n'est pas forcément notre but.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Concernant les arbitrages que les aménageurs et promoteurs sont amenés à faire de plus en plus souvent en matière de gestion des contraintes, des obligations réglementaires diverses. C'est un peu dans cet esprit que l'on a développé l'îlot démonstrateur que je vous ai présenté tout à l'heure en constatant qu'aujourd'hui on sait toujours atteindre cette forme d'idéal dans l'arbitrage des contraintes dès lors que l'on augmente la taille d'intervention pour favoriser des économies d'échelle et des péréquations à l'intérieur des opérations, ce qui permet de nouveau de gérer un équilibre entre le traitement de l'accessibilité handicapés, les problématiques énergétiques, les problématiques de dépollution des sols, etc. On a des opérateurs qui sont engagés dans ces questions-là, simplement il faut leur fixer le cadre et puis travailler avec eux de façon ouverte sur la juste taille d'opérations qui permettent d'assurer ces péréquations de façon à ce que le marché continue à œuvrer et qu'il œuvre également pour accompagner des politiques publiques en matière de peuplement, en matière de mixité sociale, en matière de mixité générationnelle, etc. Là, je crois qu'il y a vraiment des choses à creuser aujourd'hui.

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

Dans le fond, l'une des questions-clés c'est comment faire pour qu'il devienne bénéfique et bénéficiaire d'agir dans le sens de l'intérêt public. L'exemple de Singapour est intéressant pour ça. 85 % des gens vivent dans du logement social fabriqué par le gouvernement mais par des opérateurs privés. Si ces opérations n'étaient pas rentables, elles ne se feraient pas sur 85 % de la population. Et elles sont plus que rentables, elles sont profitables. Donc comment éviter une espèce de contradiction où l'intérêt général diminue le profit, est obligé d'être imposé sous la forme d'une contrainte, alors qu'un système qui fonctionnerait bien serait un système dans lequel contribuer à l'intérêt général permettrait de faire du profit. Cela veut dire trouver les équilibres justes et dépasser des logiques de pure contrainte.

Virginie Bathellier

Directrice de la plateforme POPSU – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère du Logement, de l'Egalité des territoires et de la Ruralité

Pour sortir du débat public-privé, même si je pense que le public doit réguler le privé, il y a aussi de nouvelles formes de gestion collective qui émergent à travers les nouvelles initiatives citoyennes. On le voit à travers les jardins partagés, l'habitat participatif, les différentes formes de mobilité comme le covoiturage qui sont certes récupérées par certaines entreprises, mais il y a pas mal d'associations qui s'impliquent et qui ont pu être encouragées par la puissance publique. Dans la façon de concevoir les biens et leur gestion, on n'est pas dans le rapport à l'entreprise privée, là c'est une gestion collective

avec une appropriation par les citoyens. On assiste donc à d'autres pratiques habitantes. Il y a différentes formes de gestion collective qui sont en train d'émerger et qui me semblent importantes.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

A Vienne, je crois que vous menez des opérations d'habitats participatifs, n'est-ce-pas ?

Jürgen Preiss

Ville de Vienne

Oui, nous avons des programmes d'habitat social qui sont menés par des sociétés privées, ils n'appartiennent pas à la Ville. Personne n'a le droit de faire des bénéfices, les promoteurs ont des avantages, des fonds leur permettant de construire ces habitations. Ils perçoivent aussi de l'argent des propriétaires ou des locataires de ces maisons, mais ils ne sont pas autorisés à gagner de l'argent là-dessus. La Ville est le principal propriétaire, elle a plus de 100 000 habitations qui sont louées, ce qui a un grand impact sur les prix de l'habitat à Vienne.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Est-ce que le fait d'être propriétaire d'autant de logements et d'avoir un nombre relativement conséquent d'habitats participatifs vous aide à gérer les conditions climatiques dans la ville ou c'est totalement indépendant ? Est-ce que vous vous en servez comme d'un levier ?

Jürgen Preiss

Ville de Vienne

Cela aide évidemment à équilibrer les prix. Est-ce que cela participe d'une manière ou d'une autre aux politiques sur les conditions climatiques ? On peut obliger les sociétés qui construisent les logements sociaux à avoir des standards meilleurs, par exemple des terrasses vertes, etc. D'autre part, ils doivent toujours produire des appartements à bas prix. A Vienne, cela s'appelle des habitations sociales, dans d'autres villes ils ne les appellent pas comme cela parce qu'ils ne veulent pas les considérer comme des habitations pour les pauvres. Je dirais que ce sont des habitations de niveau moyen. En tout cas, ils ne peuvent pas construire des maisons parfaites ou d'une qualité supérieure à ces prix-là. Pour contrecarrer ces questions liées au changement climatique, la gestion de l'eau, ces toitures vertes sont des questions qui ne sont pas les plus importantes pour eux.

Anne Peré

Enseignant-chercheur à l'Ecole nationale supérieure d'architecture de Toulouse

Pour continuer sur les actions collectives, il me semble significatif que la plupart des actions qu'on connaît aujourd'hui, y compris sur les questions environnementales, ne soient pas spécifiques à la question de l'îlot de chaleur urbain. C'est une notion lointaine, même si on a à certains moments des pics de canicule. Cela m'intéresserait, par rapport à vos différents sites, de savoir s'il y a des associations qui spécifiquement essaient de travailler sur cette question sans la mettre en vis-à-vis de la question de la pollution car, en général, pour les populations pic de chaleur veut dire pollution, dans ce cas il y a des associations et des mobilisations qui se font. Est-ce que sur l'évolution du changement climatique, on a aussi des mouvements de résistance ou des organisations qui ne sont pas juste puissance publique et privé ? Je pense que ce serait intéressant de rendre compte de ces

mouvements également. Sur les sites que je connais, cela n'existe pas, sauf de la part d'associations comme les Amis de la Terre mais qui sont sur des thèmes déjà très pointus.

Catherine Carot

Directrice de l'environnement, Toulouse Métropole

Le seul moment où les citoyens s'organisent un peu c'est en cas de canicule où l'on dit : si vous avez des voisins âgés, si vous connaissez une personne âgée, faites attention. Donc juste sur le lien social face aux îlots de chaleur urbains.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Je reformule la question d'Anne. Est-ce que sur ces questions de changement climatique, d'îlots de chaleur, vous avez le sentiment dans vos villes qu'il y a un mouvement *bottom-up* ou est-ce que c'est quelque chose qui est complètement *top down*, dicté par le haut et qui redescend difficilement ?

Christelle Leproust

Responsable du Service environnement-énergie, Rennes Métropole

Honnêtement, nous sommes assez désespérés, nous ne recevons aucun courrier d'habitants qui s'inquiètent de « l'inaction publique » sur le changement climatique. Pour autant, on a depuis trois ans une association rennaise pour la maîtrise de l'énergie en copropriété. Ce sont des copropriétaires qui se sont fédérés en association, pas tellement pour militer mais pour se partager les bonnes pratiques. Comme ils ne savent pas comment faire, ils se sont dit qu'à plusieurs ils allaient y arriver. On n'est pas dans du militant qui fait du lobbying politique, on est plus dans de l'entraide sur des outils.

Par rapport à l'îlot de chaleur et au végétal, on a le grand écart. On a d'un côté des gens qui réclament beaucoup plus de végétal en ville. C'est en train d'évoluer. Avec la densification, il y a des réactions, des gens qui disent qu'on ne peut pas construire aussi dense sans ménager des cœurs d'îlots plantés. Lors de la dernière campagne municipale, il y a eu des réactions autour de la densification et autour du fait qu'ils étaient d'accord pour le renouvellement urbain mais à condition de travailler de manière intelligente les îlots de verdure. Donc on a d'un côté ça et, de l'autre côté, la majorité des courriers que nous recevons c'est pour demander de couper des arbres. On a donc les deux. Parce qu'il y a quand même plein de gens qui détestent les arbres. Cela veut dire des racines sur les trottoirs, des feuilles sur les voitures et n'oublions pas que, dans des régions comme la nôtre qui ne sont pas des régions ensoleillées, c'est de l'ombre au premier niveau des immeubles et que même si on plante des arbres à feuilles caduques, en hiver les arbres d'alignement le long d'une façade empêchent le soleil de pénétrer dans les logements. On va avoir cette contradiction à gérer qui, pour nous, est un vrai sujet car on a 250 jours par an où on cherche le soleil et 30 jours par an de grande canicule.

Sur les questions de la qualité de l'air. Nos politiques de mobilité créent des inégalités, c'est-à-dire qu'on a l'inégalité entre la ville et la périphérie, elle est très nette chez nous avec des transports collectifs qui sont adaptés à l'intra-muros et pas au périurbain. Nos politiques de circulation créent aussi des inégalités à l'intérieur de la ville car, à Rennes, nous avons apaisé un certain nombre de quartiers, ce qui va vraiment dans le bon sens pour que l'on retrouve des zones 30, que les enfants puissent circuler, aller à l'école à pied. On a de ce fait davantage concentré la circulation sur des grands axes tout en la « contraignant » (on a des bus, des traversées piétons...). Mais, en contraignant, on a créé de la congestion. Au final, on a des voitures qui stagnent. Donc on apaise à certains endroits mais on détériore à d'autres endroits, pas tellement en nombre de voitures mais en congestion. Peut-être qu'on

n'a pas détérioré mais, en tout cas, on n'a pas amélioré et, finalement, on crée des inégalités dans la ville avec des gens qui ont un milieu idéal et d'autres nettement moins.

Marc Montlleo

Directeur de projet de l'environnement, Barcelona Regional

Pour les îlots de chaleur, il n'y a peut-être pas cette conscience, cette sensibilisation. La question du changement climatique est présente dans le monde entier, elle est très médiatisée, mais pour ce qui est des îlots de chaleur, c'est compliqué. Nous sommes engagés avec l'Agenda 21, nous y avons travaillé depuis 1991, nous avons des associations qui travaillent pour la durabilité, pas seulement pour lutter contre le changement climatique mais plutôt au niveau global. C'est plutôt sur le changement climatique qu'il y aurait ce niveau *bottom-up* parce que c'est quelque chose qui nous touche tous.

Jürgen Preiss

Ville de Vienne

Je pense que notre tâche est de donner l'idée aux personnes qu'il y a quelques petites possibilités en ce qui concerne les comportements, par exemple sur l'utilisation des espaces verts. Il y a plusieurs petits exemples, par exemple sur les jardins urbains suivant des modèles public-privé. Si différentes personnes sont en contact avec la terre, l'eau et comment l'utiliser, ce sera plus facile de partager et d'entretenir ces espaces verts et peut-être qu'il y aura moins de problèmes concernant l'impact des vagues de chaleur. Nous avons quelques exemples à Vienne avec des projets pour reverdir des façades, des projets pour les zones plantées, les équipements, les zones jardinées où les propriétaires sont très engagés pour assurer l'entretien de ces espaces. L'approche doit être de haut en bas. C'est bien de fournir des informations sur ce que les citoyens peuvent faire, ils ont besoin d'informations sur comment commencer ces processus

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

A Stuttgart, il y a des accords par rapport au changement climatique. Il y a des endroits où les citoyens les acceptent et d'autres où ils les rejettent. Par exemple, si on plante des arbres ils se plaignent de ne plus avoir de places de parking. C'est très important de sensibiliser les personnes. J'ai le sentiment qu'il y a des personnes qui ne veulent pas savoir. Même si elles lisent les journaux, elles vivent dans un autre monde, cela ne les intéresse pas du tout. Pour ce qui est des politiques de la Ville, je pense qu'il y a des initiatives qui sont de trop court terme. Les élus travaillent sur une période très courte alors que le changement climatique est quelque chose à très long terme. Les élus ne visent que la période de leur mandat, c'est tout ! Ils veulent garder une popularité et faire des choses qui seront plus profitables à court terme à la population plutôt que de consacrer de l'argent au changement climatique. Et parfois c'est un problème. Je vous ai parlé des collines et des zones interdites à la construction, or la Ville de Stuttgart veut construire dans ces zones, dans les collines.

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Sur la question de l'implication des populations sur le sujet de la résolution de l'îlot de chaleur, j'ai l'impression qu'il n'y a personne sur Marseille, mais pour des tas de raisons. Je vois au moins deux éléments en lien avec les espaces verts. D'abord, un espace vert est une tache de vert avant d'être un espace. Les services considèrent plutôt que c'est de l'espace facilement gérable, donc en général c'est de la pelouse, plutôt au milieu des ronds-

points parce qu'elle est comptabilisée comme la tache de vert si on fait une photo aérienne. C'est souvent comme cela que l'on évalue le degré de végétalisation d'une ville. La Ville de Paris considère par exemple que tous les talus autoroutiers font partie de sa proportion d'espaces verts. Ensuite, les habitants considèrent l'espace vert comme un espace de loisirs, de détente, mais à aucun moment comme un lieu qui va leur permettre d'avoir un climat plus adouci. C'est d'autant plus difficile pour nous parce que nous avons la mer et qu'il y a tout l'été des gens qui vont se faire griller sur les deux faces des jours durant alors qu'on leur parle d'îlots de chaleur... C'est encore un effort supplémentaire à faire pour sensibiliser.

Des études ont montré qu'il y avait à peu près 20 % de la pollution venant du trafic automobile intra-muros qui étaient liés à la recherche d'une place, ce qui est considérable. Il y a aujourd'hui des opérateurs numériques, Bouygues, Orange et d'autres, qui sont en train de développer des services attachés aux Smartphones pour repérer des places libres dès lors qu'il y a un équipement ou un équipementier qui sait assurer, soit dans les parkings en ouvrage, soit sur l'espace public, qu'on sait repérer ces places. Je ne dis pas que c'est la panacée, je dis simplement qu'il y a peut-être des mesures de cette nature qui peuvent aider à améliorer, sans aller jusqu'à la contrainte ferme de l'interdiction de rouler, la pollution urbaine.

Alban Mallet

Coordonnateur du Plan Climat Energie Territorial de Nantes Métropole

Un retour d'expérience pour la Communauté urbaine de Nantes sur la question de la mobilisation citoyenne ou de la sensibilisation citoyenne. En 2010, on a réalisé une enquête auprès de 2 500 personnes sur l'Agglomération dans le cadre du Plan climat. C'était juste après 2009, donc Copenhague, en pleine période de climato-scepticisme. Nous nous sommes aperçu à travers cette enquête que les gens étaient relativement sensibles au sujet du changement climatique, ce n'était pas un sujet qui était éloigné pour eux. Cela dit, quand on regarde aujourd'hui la mobilisation du tissu associatif, on voit que c'est surtout la question du CO2, la question des gaz à effet de serre qui prédomine. La question de l'adaptation, sujet complexe, n'apparaît pas. Nous allons réaliser une nouvelle enquête en février auprès de 1 000 personnes sur le même sujet et cela serait intéressant de poser la question de l'adaptation.

Céline Philipps

Service climat, Ademe

A l'Ademe, nous finançons tous les ans un baromètre de l'opinion publique sur le changement climatique et nous commençons à avoir un historique assez intéressant. Nous avons notamment bien vu qu'il y a eu cet effet Copenhague qui a tourné le regard des citoyens vers d'autres sujets mais, néanmoins, ils recommencent maintenant à s'intéresser au changement climatique. Mais il y a un paradoxe, car si 65 % des sondés pensent que c'est bien pour le changement climatique d'utiliser les transports en commun, il n'y en a que 37 % qui les utilisent. Bien que les gens sachent qu'il y a un comportement qui est plus vertueux, on veut quand même vivre sa vie au plus facile pour soi. Je crois qu'il faut savoir parler à l'individu dans sa vie pratique quotidienne et lui offrir des possibilités réalisables pour qu'il puisse vraiment mettre en œuvre un comportement climato-compatible qui pollue moins l'environnement. Je trouve que c'est quelque chose dont on n'a pas parlé. On a parlé de jardins de proximité, de l'intérêt pour contribuer à l'action collective de l'entretien d'espaces verts, mais il y a quand même une notion plus large de l'ambiance urbaine qui plaît au citoyen, qui va l'attirer vers un endroit et qu'il y ait un co-bénéfice de tous ces espaces verts. Et puis il y a aussi le bien-être individuel, qui peut être un argument porteur pour nos élus.

Emmanuel Raoul

Secrétaire permanent du PUCA – Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – Ministère du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité

Je reviens sur le cas de Rennes où l'on a parlé de la pacification de certaines rues avec un report sur d'autres artères avec, dans ces artères, des passages cloutés et des obstacles divers et variés. Je trouve que c'est un bon exemple de retour sur est-ce qu'on va faire jouer des lois du marché ou est-ce que cela va être la puissance publique qui va interdire ou contraindre parce que, dans ce genre de cas, vous pouvez hésiter entre des mesures de type obstacles ou des mesures de types péage. Quelle est la différence entre ces deux types de mesures ? Le péage permet de récupérer de l'argent qui vous permet, par exemple, d'améliorer votre réseau de bus, réseau de bus qui peut vous permettre de faire circuler des gens à faible revenu, etc., avec, en plus, moins d'effet de congestion. C'est juste pour dire qu'on a là encore un exemple qui montre que, même si les péages posent aussi d'autres problèmes, ce genre de solutions d'approche par le marché peuvent être utilisées en conjonction et que les approches de type interdiction ou limitation ont aussi des effets collatéraux négatifs que l'on a du mal à contrôler. Je trouve que c'est une illustration merveilleuse du débat précédent.

Thomas Houet

Chargé de recherche, GEODE UMR 5602 CNRS, Université de Toulouse 2

Je vous écoute depuis tout à l'heure et j'essaie de prendre un peu de recul par rapport à ce séminaire. On voit qu'il y a de gros efforts de faits, des choses qui sont très bien. Je trouve que les modélisations qui ont été faites sur Marseille, Stuttgart ou Toulouse sont assez exemplaires. On est dans le virtuel, dans le factice, dans le modèle numérique, ce qui fait qu'on arrive à apprendre des choses et à sensibiliser plus facilement et les populations et les aménageurs et les politiques.

Je vais donner un exemple qui me semble aller dans le sens de la prise de conscience par les jeunes générations des enjeux liés aux îlots de chaleur urbain. Ce qu'on constate quand on leur fait faire des exercices de prospective sur l'étalement urbain aux horizons 2050-2100 afin d'estimer les conséquences que cela peut avoir sur l'îlot de chaleur et le climat en ville, le seul levier qui est identifié par les étudiants pour faire bouger les mentalités, c'est une crise sanitaire ou une crise climatique. Est-ce que c'est un problème ou faut-il se donner les moyens de trouver d'autres leviers pour sensibiliser plus largement et essayer d'avoir une influence sur la gouvernance qui a été identifiée comme l'un des principaux leviers pour faire changer les choses encore plus vite ?

Jean-Baptiste Marie

Architecte, secrétaire scientifique du programme POPSU Europe

Il y avait un grand débat dans les 90 en France autour de la question du confort, on en parlait beaucoup et je pensais, peut-être qu'on l'aborderait. En fait, c'est finalement le grand absent. Il ne faut pas être déçus mais je pense qu'il faut en faire le constat. Par rapport aux questions qu'on se posait sur l'aspect technique, quelle prise en compte de ce confort aujourd'hui ? Visiblement, on n'aborde plus la question du climat dans la ville et de l'îlot de chaleur sous l'angle de la question du confort. Bien évidemment, c'est une question qui est également reliée à la question de l'ambiance urbaine.

En préparant ce séminaire, nous étions interpellés par le fait que l'on avait deux types d'acteurs qu'on allait se faire rencontrer à travers ce séminaire : les acteurs de l'urbanisme ou de l'aménagement et puis, pour le dire de manière rapide, les acteurs des services climat ou Plan climat-énergie territorial. En réalité, on voit qu'il y a une vraie nécessité, en tout cas sur le contexte français, de les faire se rencontrer. Il y a une nécessité de reconfiguration

des acteurs, qui n'est pas encore établie aujourd'hui, et il va falloir que l'on puisse structurer ces jeux d'acteurs.

Puis il y a un point que je voulais aborder par rapport à la présentation de Serge Salat. On vous connaît bien évidemment sur la question de la forme urbaine, que vous n'abordez pas d'ailleurs sous la forme typologique, mais je suis sûr que vous avez une raison de parler du mot forme urbaine et non d'une typologie. Par contre, il y a une question en creux qui n'est pas évoquée, qui est celle des cultures constructives et de leurs impacts sur les îlots de chaleur urbains et la manière de construire. Or on peut se dire que des villes comme Manhattan et Paris sont construites de manière très différente. J'aurais aimé savoir quel était votre regard sur les techniques constructives employées.

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

Juste un aparté sur Manhattan qui est une ville fascinante. Manhattan est une ville du début du XIX^e siècle dans sa trame urbaine, dans son organisation et dans 40 % de ses parcelles, et dans sa culture constructive aussi. Cet aspect-là est intéressant. Mais, effectivement, vous avez entièrement raison sur la typologie. Il faudrait qu'un jour on fasse un projet de recherche sur l'arbre généalogique de l'îlot européen depuis son origine gréco-romaine, avec toutes ses variantes italiennes, nordiques, etc., parce que c'est une forme d'une grande versatilité, il y a littéralement un arbre de l'évolution de l'îlot urbain. On ne peut plus aujourd'hui opposer l'îlot à la barre, il faut opposer la famille des îlots et la monoculture des barres et la culture constructive qui est totalement différente à Amsterdam et qui est même différente entre Amsterdam et Delft.

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe

Il y a un autre sujet que nous avons très peu abordé alors qu'il était à l'ordre du jour de ce séminaire et que Serge Salat a pourtant lancé, c'est la question des formes urbaines. Serge nous a montré une rapide promenade à travers Tolède mais quelles sont les leçons que l'on peut en tirer ? Si on se promène dans une ville grecque, c'est tout blanc, il n'y a pas un arbre et pourtant on peut y vivre en été sans étouffer. Il y a des paradoxes qu'il serait intéressant de regarder de façon attentive.

On sent bien que les avancées sont différentes, mais que partout on est dans une sorte de frottement entre d'une part les climatologues qui nous proposent des outils formidables, et d'autre part les urbanistes qui ont envie de les appliquer mais qui ne savent pas vraiment s'en servir. On en est encore à cette période de frottement, même si certaines expériences vont un peu plus loin, on est encore en train de se confronter entre deux modes de pensée. On a vu qu'on commence à expérimenter mais il manque encore, me semble-t-il, des outils, des processus, des modes de pensée. Est-ce que c'est dans un mode incrémental que l'on va y arriver, c'est-à-dire en modifiant à la marge nos façons de faire et nos façons de construire, ou est-ce qu'il faut qu'il y ait rupture ?

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA Euroméditerranée

Il y a une échelle où la question posée n'est plus une question climatique au sens climatologique du terme mais va plutôt concerner l'aéraulique, des effets physiques immédiats, de proximité. Mais, là, c'est plutôt des bureaux d'études spécialisés dans des simulations thermiques dynamiques et autres qui peuvent être des relais. Il y a quand même cette dimension-là, l'échelle est importante.

Christelle Leproust

Responsable du Service environnement-énergie, Rennes Métropole

Je voulais juste faire un petit complément par rapport à votre question et à votre slide sur Tolède. Il y a peut-être la forme urbaine historique mais il y a aussi que Tolède est une île au milieu d'un grand territoire vert. On va dire que le vent peut entrer dans la ville parce que la dimension fait que le vent peut y entrer. On a également parlé des espaces verts autour de Paris, je ne sais pas s'il y a beaucoup d'éléments là-dessus mais je trouve que c'est un sujet qu'il faudrait qu'on comprenne aussi pour savoir si, finalement, la forme d'un grand territoire influe beaucoup sur la ville-centre.

Anne Peré

Enseignant-chercheur à l'École nationale supérieure d'architecture de Toulouse

J'ai rapidement tenté de regarder ce qui a été dit aujourd'hui sur les questions qui m'intéressent, à savoir la question du projet de la ville contemporaine et la façon dont on essaie de construire l'îlot de chaleur aujourd'hui. J'ai essayé de regarder en particulier quelles étaient les actions et les outils en l'état actuel des connaissances.

J'ai remarqué, comme on vient de le dire, que c'est une thématique beaucoup moins facile que les autres thématiques environnementales parce qu'elle n'a pas une application ou une visibilité directe. Le fait que ce soit un champ de connaissance en structuration fait qu'il est difficile d'impliquer aujourd'hui les gens en dehors d'un milieu spécialisé. Et quand je dis milieu spécialisé... Quand je parle aux urbanistes et aux concepteurs de l'espace urbain, quelquefois « îlot de chaleur urbain » cela veut dire pour eux îlot formel. On est encore dans des cultures assez éloignées

Un autre point me semble très important pour comprendre cette différence avec les autres problématiques environnementales : les impacts, même si on commence à les comprendre, sont des impacts futurs. On les sent peu aujourd'hui, même si on arrive à les visualiser à travers des graphiques. On est dans un modèle à long terme, on réfléchit sur des stratégies à long terme pour des politiques qui sont plutôt aujourd'hui sur du court terme. C'est donc l'incertitude qui sera le moteur de l'ensemble des actions que l'on va faire sur les îlots de chaleur.

La notion d'adaptation au changement climatique par rapport aux îlots de chaleur, on a vu durant ces deux jours comment elle pouvait être ambiguë. Pourquoi ? Parce que ce que nous disent les météorologues, d'après ce que j'ai compris, c'est que l'écart moyen entre la centralité urbaine et la périphérie resterait dans le futur d'environ 4 °C, et l'on va par contre certainement augmenter les moments extrêmes et augmenter aussi la température globale. Finalement, quand on regarde toutes les modalisations, toutes les régulations thermiques et les simulations, on va arriver à avoir des gains probables de 2 à 4 °C, ce qui veut dire que l'on va peut-être arriver au niveau où l'on est aujourd'hui. Cela veut dire que l'ensemble des éléments que l'on nous propose aujourd'hui ne poussent pas automatiquement à une action directe.

Un autre élément entendu durant ces deux jours, c'est que, finalement, si les actions de protections des populations pouvaient être améliorées, elles amèneraient beaucoup plus de confort thermique que d'autres actions qui vont être plus structurelles. Finalement, question un peu provocante, pourquoi agir ? Vous l'avez dit aussi, pour les pics de chaleur on est sur 30 jours, on va arriver sur Barcelone sur 75 jours, mais on a aussi tous les autres moments où on peut être parfois même en contradiction avec cette idée de la protection. Il me semble qu'il y a deux facteurs qui peuvent pousser à agir plus rapidement : l'îlot de chaleur, pour la plupart des gens, est lié à la question des émissions de CO₂, donc à la pollution et aux pics de pollution atmosphérique. Là, il y a une visibilité et peut-être une nécessité de santé publique d'agir. Puis, nous disent les météorologues, la production d'énergie que l'on

devra avoir dans les années futures sera peut-être plus importante du fait de l'ensemble des systèmes de climatisation ou de la nécessité de réguler.

Comment se répartissent aujourd'hui les propositions d'actions ? Est-ce qu'il y a une stratégie globale qui est capable de renverser la tendance ? Il me semble que l'on n'en est pas là et qu'on est plutôt sur une incertitude qui conduit à un catalogue d'actions ou d'expérimentations aux différentes échelles, qui sont certainement nécessaires, elles sont des leviers, mais on peut difficilement les hiérarchiser et, quand on pense pouvoir le faire, on n'a pas la capacité de faire ce qui serait structurellement important. On l'a vu particulièrement sur la question des déplacements, comment ces politiques-là sont difficiles à aborder ou sont abordées à la marge.

Une question qui me semble assez importante et que j'ai peu entendu aborder est celle des grandes infrastructures routières grands capteurs de chaleur, des stationnements imperméabilisés et de grandes zones industrielles qui sont à la fois émettrices de chaleur dans des systèmes qui sont très imperméabilisés. On a de grands enjeux autour des grands espaces industriels ou d'activité mais, je ne sais pas pourquoi, ils sont peu abordés, on est plus sur la question de l'habitat. On parle aussi, bien sûr, des îlots de chaleur au centre des villes. On a vu que l'action sur la grande périphérie peut être aussi importante dans l'intervention. L'exemple du Grand Paris nous intéresse tous parce qu'on se rend compte que des stratégies à grande échelle doivent pouvoir être menées, ce qui est peut-être plus simple qu'une intervention sur du tissu déjà constitué.

Il y a un point que je trouve étonnant que l'on n'aborde pas plus, c'est la ressource en eau. Parce qu'on va monter en température et, même si on a des épisodes très pluvieux, on aura aussi plein d'épisodes de sécheresse. La qualité des espaces de nature et de toute la végétalisation dont on parle va dépendre beaucoup de la capacité à avoir de l'eau pour les maintenir.

Sur les quartiers ou les îlots existants, on a vu toute une série de propositions qui sont plus sur l'espace public, sur l'aménagement, les matériaux, la réflexion, la rénovation thermique également. Sur les quartiers nouveaux, on a vu des expérimentations. Toutes les propositions présentées se ressemblent finalement assez. Autant les caractères sont différents, autant sur les propositions notamment sur les espaces publics reprennent les mêmes ingrédients, certainement les bons ingrédients mais, que l'on soit au Nord ou au Sud, à l'Est ou à l'Ouest, on a une certaine uniformité avec un bout de fontaine, un bout de matériau qui va réfléchir et un petit bois dans la ville. Je n'ai pas le temps de moduler les choses, donc je les dis de manière un peu caricaturale.

Il y a aussi, ce qui a été abordé par Jean-Jacques, le rapport entre recherche et action. On voit bien que l'on est dans un processus en construction et à quel moment on en est de cette réflexion. Il existe une complexité, une richesse des données systémiques et de la modélisation de la ville énergie qui est évidente, on a partout des systèmes de modélisation et d'évaluation également, mais on a moins de propositions sur l'aide à la conception. On est plutôt sur des modèles qui vont soit expliciter, soit rendre visibles des facteurs. Par rapport à ça, du côté des praticiens, le processus intuitif de conception essaie de prendre en compte l'ensemble de ces données avec des vérifications qui ne sont pas automatiquement faciles. Une approche plus intégrée serait vraiment un facteur potentiellement important pour l'avancée des propositions

Toujours dans cette démarche entre recherche et action, il apparaît beaucoup de contradictions dans les approches pour agir sur l'îlot de chaleur, en particulier sur la question de plus ou moins de technique. On a des solutions qui sont, là par contre, assez différentes. Il y a l'idée que l'îlot de chaleur pourrait être résolu par un certain nombre de productions ou de capacités énergétiques. C'est moins en vogue en ce moment mais, à un moment donné, toutes les toitures qui étaient au sud pouvaient porter des capteurs solaires, et donc étaient à la fois récepteurs d'énergie, etc. Les toitures et façades

végétalisées posent question : est-ce un modèle unique à mettre en place ? Il demande de la technique, et de la gestion dans le temps. On peut se demander si ce n'est pas un modèle du court terme et s'il est vraiment durable par rapport notamment au patrimoine que l'on avait stable dans les siècles. Au-delà du bâti, il y a aussi des techniques plus larges qui me semblent intéressantes, par exemple la talassothermie, c'est-à-dire de grands systèmes énergétiques qui permettent à la fois le froid et le chaud. Je sais que ce sont des productions qui sont faites à Toronto sur le lac Ontario. Il y a toute une série d'expérimentations sur la question énergétique à la fois sur la production du chaud et du froid et sur la réversibilité. Ce sont des pistes intéressantes à approfondir.

En vis-à-vis de cela, il existe des solutions qui essaient d'être low tech ou « jugaad », comme ils disent en Inde. Cela veut dire que l'on est sur la sobriété énergétique, on pense ventilation à partir du bâtiment jusqu'au corridor. Ces solutions sont peut-être plus pérennes dans le temps parce qu'elles n'ont pas besoin de mobiliser des technologies factuelles et qu'elles mobilisent des systèmes naturels, des éléments de contexte, que l'on peut retrouver dans les formes urbaines existant dans les pays du Sud. Je n'en parle pas plus parce que vous en avez beaucoup parlé.

Comment les paysages urbains vont-ils évoluer par rapport à toutes ces injections sur le développement durable – maintenant sur l'îlot de chaleur, etc. – qui s'empilent ? Il me semble que c'est plus une question de métabolisme urbain que de formes urbaines, parce que la morphologie urbaine existe pour 90 % et il est difficile d'intervenir sur l'existant, ou à la marge. De plus, ce qui arrive comme réglementations, chartes, est souvent en injonctions contradictoires. On veut du soleil 300 jours par an, donc on met les maisons au sud et on fait des espaces qui vont être capteurs de soleil pour le chauffage, et puis ensuite on va aussi s'en protéger. A l'échelle urbaine, c'est encore plus complexe parce que, la plupart du temps, le soleil c'est aussi un confort, on va le rechercher mais on va aussi s'en protéger. Est-ce que les solutions ne seraient pas temporaires, comme ce que faisaient les pays du Sud, à savoir à un moment donné avoir des ombrières, etc. ? Est-ce que l'on est obligés d'avoir une adaptation pour des moments qui sont quand même des moments restreints sur une année ?

On voit apparaître également l'émergence d'une sorte d'urbanisme végétal, qui pourrait être un mythe, où l'eau et le végétal sont les outils à toutes les échelles dans les différentes dimensions de l'urbain. Cela a en soi un intérêt évident sur le confort mais, après, cela aboutit à des solutions qui, par exemple sur la question des façades végétales, des toits végétaux, etc., en traversant toutes les échelles, sont trop considérées comme l'unique solution. Quelqu'un comme Franck Boutté dit : pas de dispositifs techniques pour quinze ou trente jours par an. Tout son travail essaie de revenir là-dessus. Est-ce qu'il ne faudrait pas raisonner sur l'ensemble d'un cycle et repenser l'intérêt du végétal à l'échelle du territoire ?

Je voulais finir sur ce que l'on a dit tout à l'heure sur la mobilisation citoyenne. Aujourd'hui, comment la notion d'îlot de chaleur qui reste visiblement assez vague et assez mélangée aux questions de pollution peut-elle émerger ? Un certain nombre d'entre vous ont montré des actions de communication, il y a peut-être aussi des actions d'information, entre autres à des moments particuliers comme sur les effets canicule. Mais tant qu'il n'y aura pas de demande plus forte qui vienne de la population, cette question risque de rester technico-technique pendant encore un moment, sans poser les enjeux sociaux et l'évolution des modes de vie qui pourraient y être associés.

Participants

Virginie Bathellier

Directrice de la plateforme POPSU – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère du Logement, de l'Egalité des territoires et de la Ruralité

Yves Bidet

Météo France – Bureau d'études d'Aix-en-Provence

Jordi Bornadove

Responsable de l'aménagement des parcs publics, Àrea Metropolitana de Barcelona

Catherine Carot

Directrice de l'environnement, Toulouse Métropole

Katia Chancibault

Chargée de recherche, Laboratoire Eau & Environnement, Département géotechnique, environnement, risques naturels et sciences de la Terre, IFSTTAR

Franck Geiling

Directeur de l'architecture, de l'urbanisme et du développement durable – EPA
Euroméditerranée

Christian Härtel

Wiener Umweltschutzabteilung, MA Bereich Räumliche Entwicklung

Julia Hidalgo

Chargée de recherche CNRS au Laboratoire Interdisciplinaire Solidarités, Sociétés, Territoires (LISST) de l'Université Jean-Jaurès Toulouse 2

Thomas Houet

Chargé de recherche, GEODE UMR 5602 CNRS, Université Jean-Jaurès Toulouse 2

Martine Koenig

Adjointe mission spécifique, Direction générale du développement urbain et durable, Toulouse Métropole

Christelle Leproust

Responsable du Service environnement-énergie, Rennes Métropole

Alban Mallet

Coordonnateur du Plan Climat Energie Territorial de Nantes Métropole

Jean-Baptiste Marie

Architecte, secrétaire scientifique du programme POPSU Europe

Javier Martin Vide

Professeur de géographie, Université de Barcelone – Coordinateur du Groupe d'experts en Canvi climàtic de Catalunya et membre du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC-IPCC)

Philippe Mary

Responsable de l'Atelier Ressources et Durabilité des Territoires à l'Agence d'urbanisme de Lyon

Marc Montlleo

Directeur de projet de l'Environnement, Barcelona Regional

Luca Montuori

Università di Roma Tre

Marjorie Musy

Enseignant-chercheur à l'Ecole nationale supérieure d'architecture de Nantes

Anne Peré

Enseignant-chercheur à l'Ecole nationale supérieure d'architecture de Toulouse

Céline Philipps

Service climat, Ademe

Jürgen Preiss

Ville de Vienne

Marc Prohom

Chef du Département de climatologie du Service de météorologie de Catalogne

Emmanuel Raoul

Secrétaire permanent du PUCA – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – Ministère du Logement, de l'Egalité des territoires et de la Ruralité.

Ulrich Reuter

Director of the Department for Urban Climatology, City of Stuttgart

Serge Salat

Président de l'Institut des morphologies urbaines et des systèmes complexes

Jean-Jacques Terrin

Responsable scientifique du programme POPSU Europe