

# Exemple d'étude de faisabilité du potentiel énergétique

*Étude du potentiel énergétique de l'île de Nantes, menée par H4*

- 1) Un cahier des charges ambitieux
- 2) Les ressources mobilisables
- 3) L'évaluation des besoins
- 4) Les potentiels de production
- 5) Des scénarios énergétiques à différentes échelles
- 6) La vie de l'étude

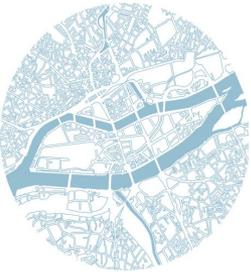


# 1) Un cahier des charges ambitieux



# 1) Un cahier des charges ambitieux

- ▶ **Tâches**
  - Mission 1 : État des lieux ressources EnR sud-ouest
  - Mission 2 : Analyse qualitative potentiel de production
  - Mission 3 : Stratégie approvisionnement énergétique
- ▶ **Objectif particulier**
  - Aboutir à l'îlot à énergie positive
- ▶ **Incertitude majeure**
  - L'extension du réseau de chaleur urbain à l'ouest de l'île de Nantes



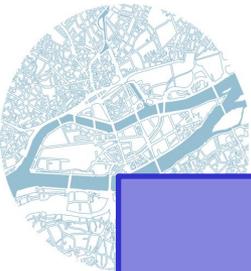
## **2) Les ressources mobilisables**



## 2) Les ressources mobilisables

*Compiler, recenser, explorer, investiguer, estimer, hiérarchiser*

**Dresser une liste exhaustive** des énergies renouvelables et de récupération disponibles sur le site et **estimer quantitativement** leur potentiel de production



## 2) Les ressources mobilisables

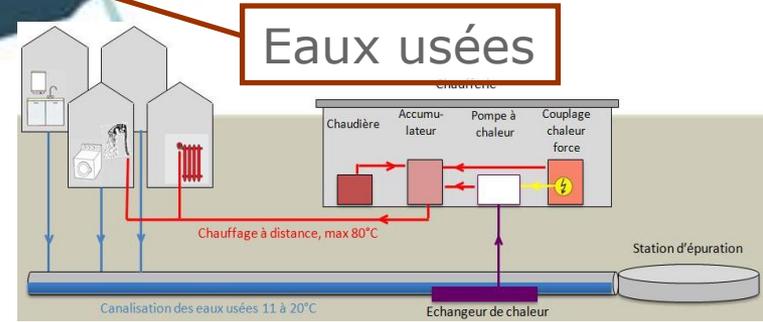
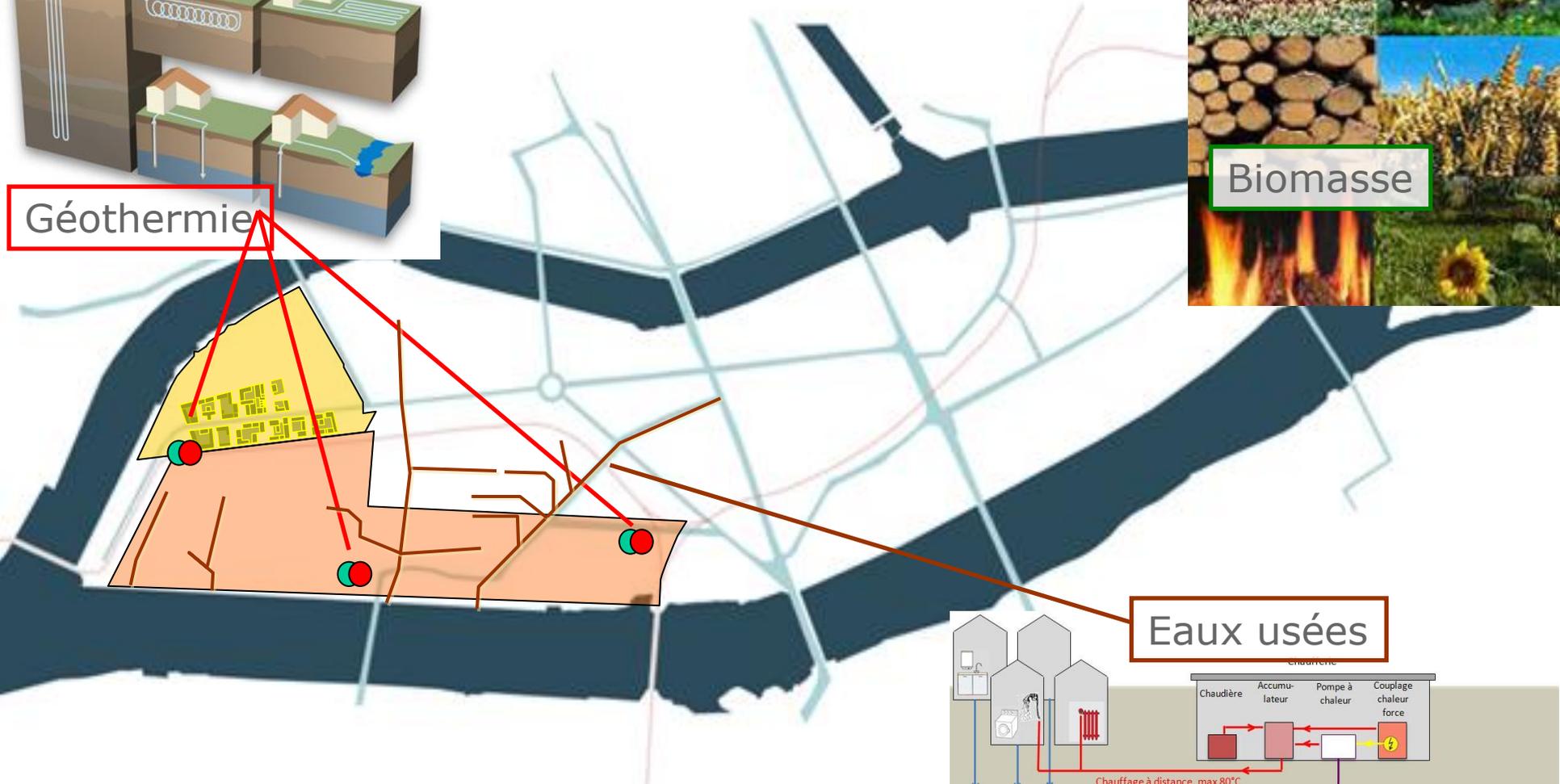
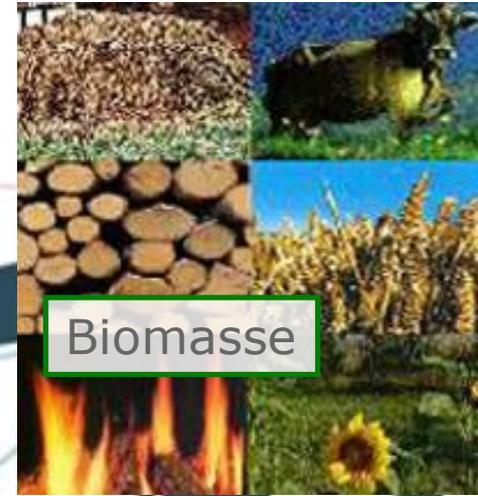
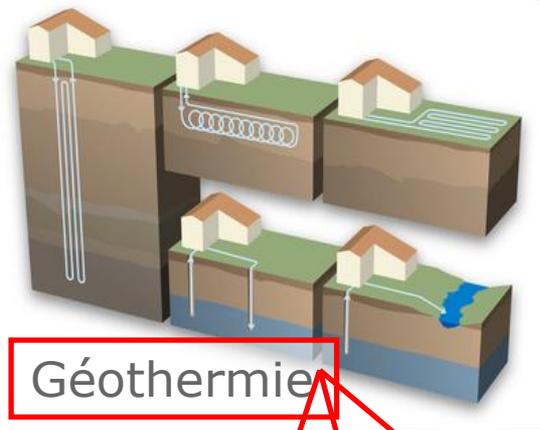
### Ressources thermogènes

- ▶ Géothermie
  - Nappe
  - Sous-sol
- ▶ Biomasse
- ▶ Eaux usées
- ▶ Aquathermie
- ▶ Solaire thermique
- ▶ Déchets
- ▶ Chaleur fatale

### Ressources électrogènes

- ▶ Biomasse
- ▶ Solaire photovoltaïque
- ▶ Éolien
- ▶ Hydrolien
- ▶ Déchets
- ▶ Géothermie très haute énergie

# Ressources thermogènes principales



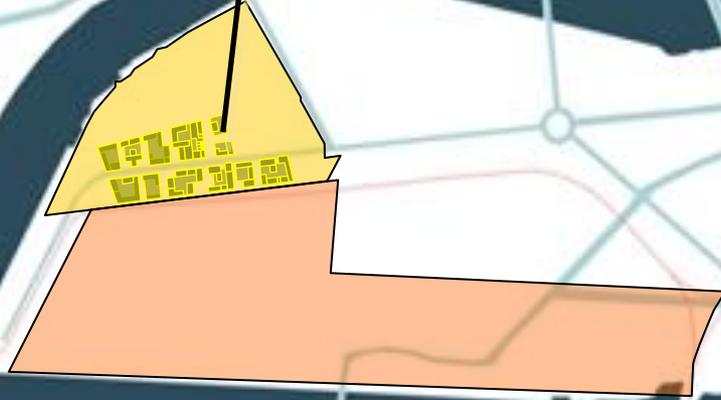
# Ressources thermogènes secondaires



Solaire thermique



Chaleur de la Loire

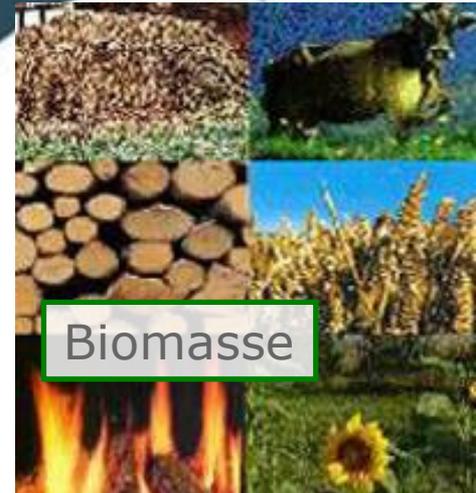
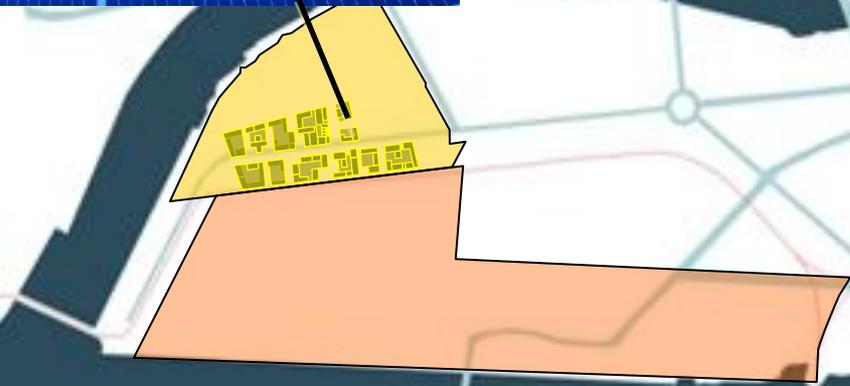


Déchets

# Ressources électrogènes principales



Solaire photovoltaïque

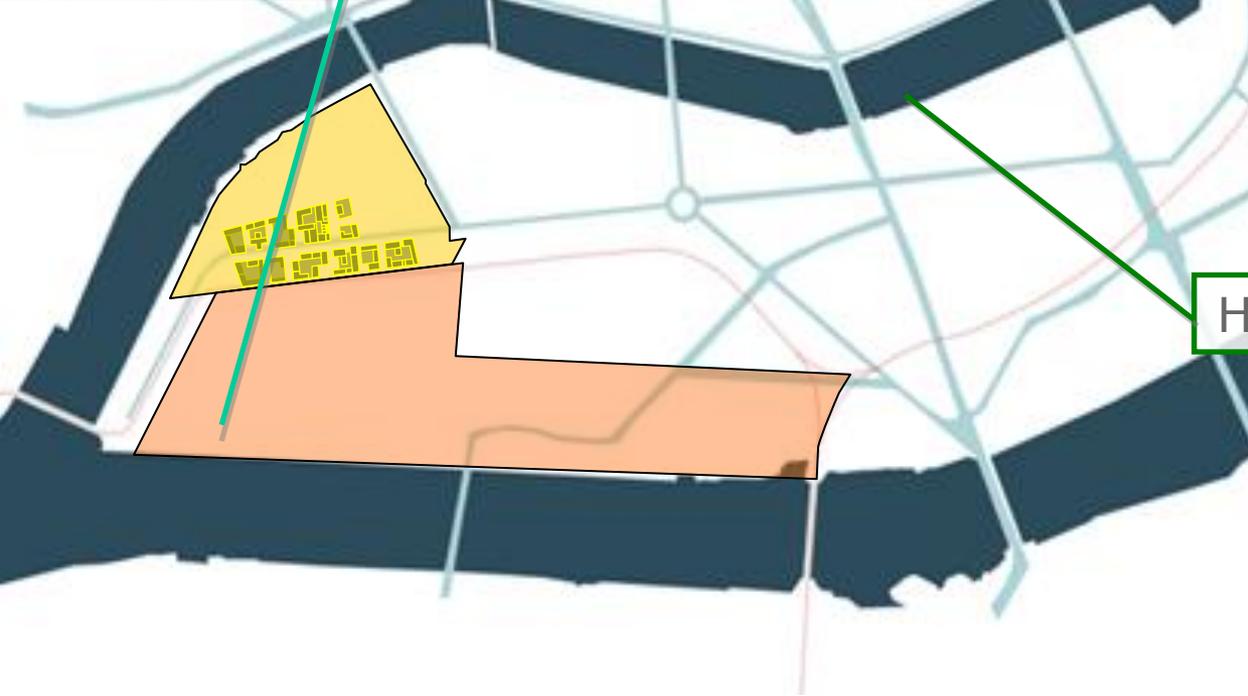


Biomasse

# Ressources électrogènes secondaires



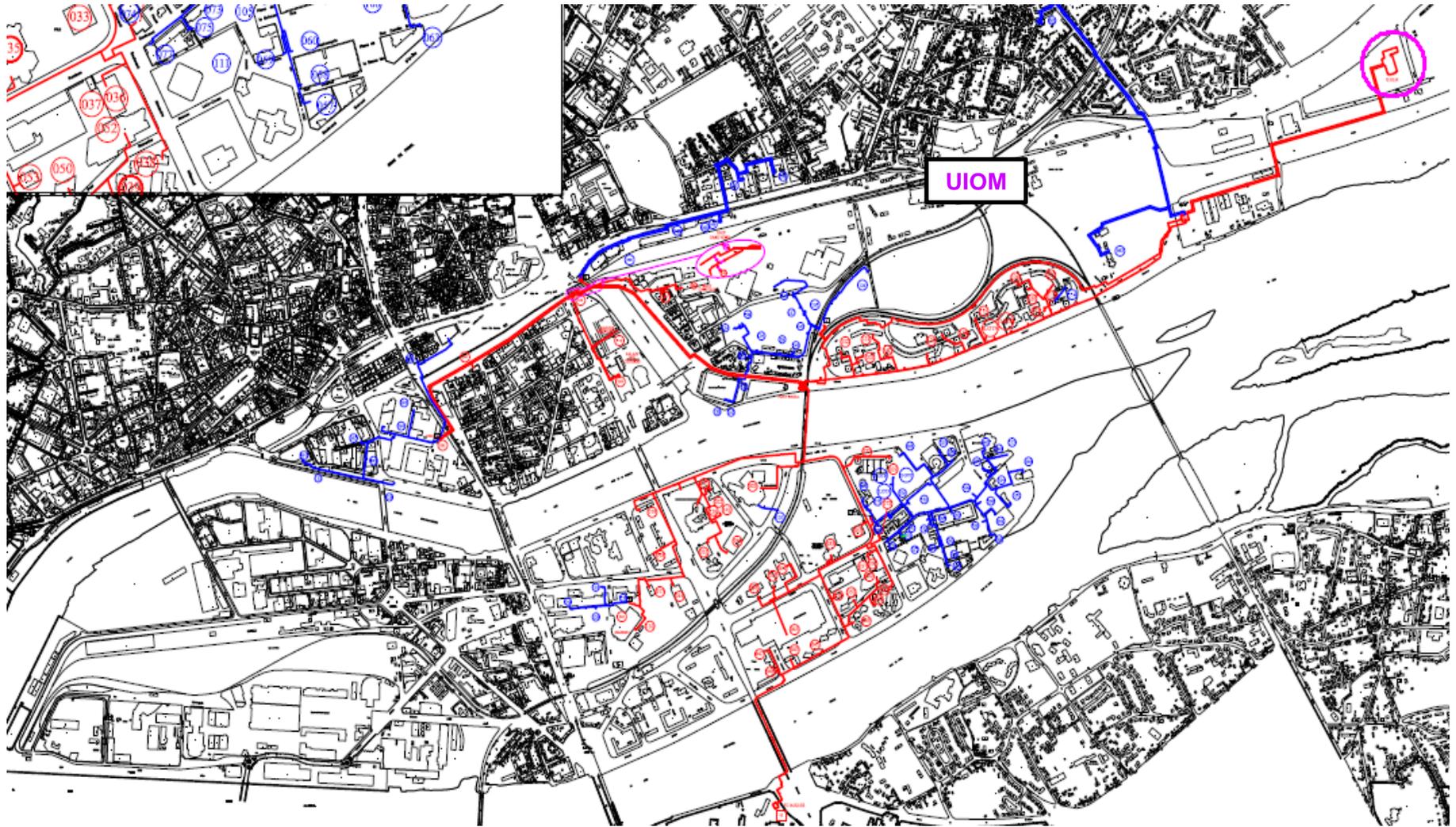
Petit Éolien

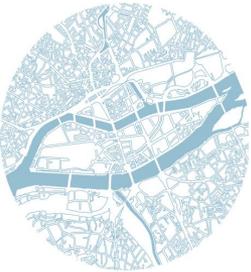


Hydrolienne sur la Loire



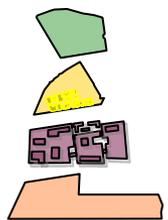
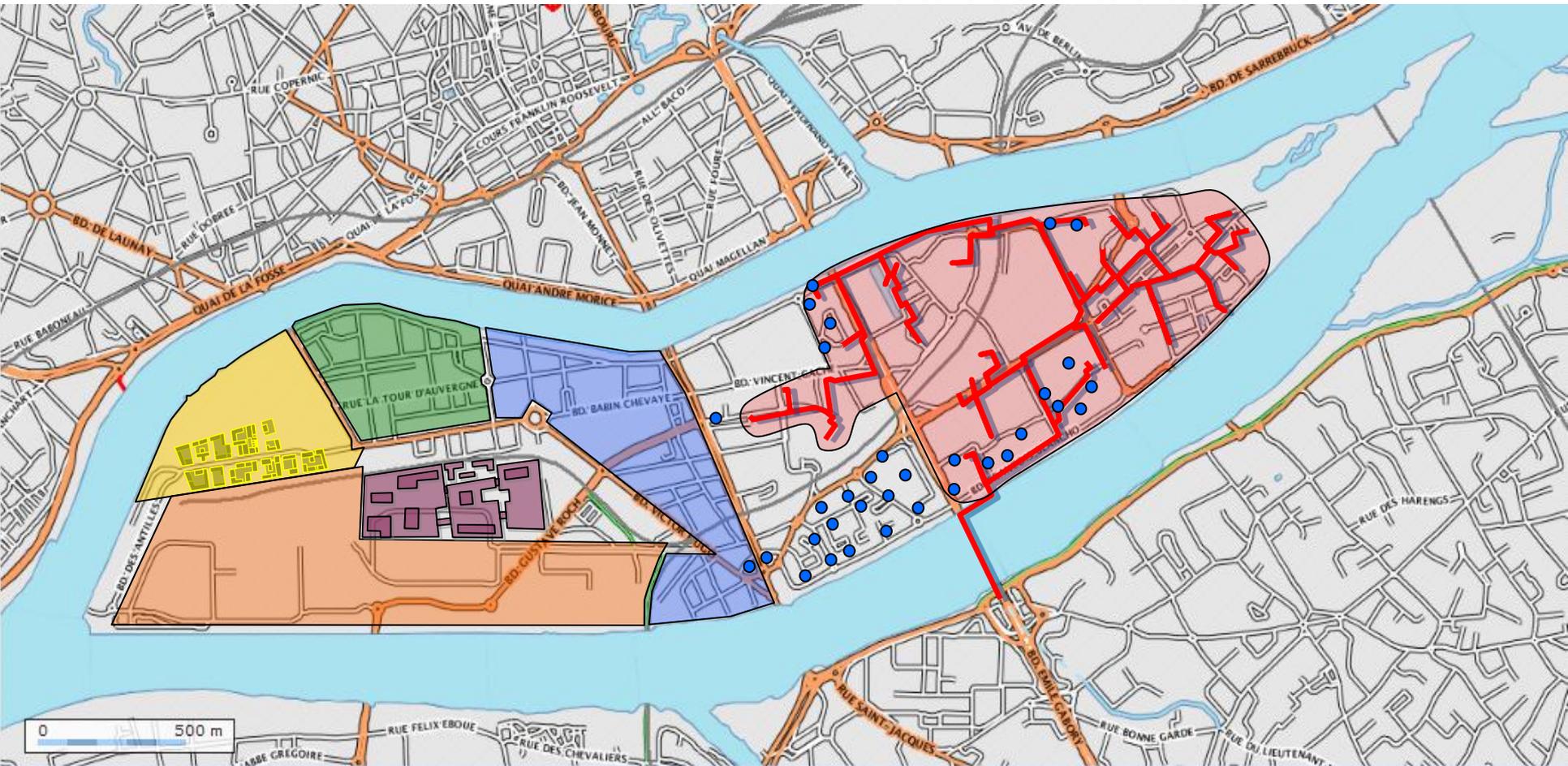
# Le réseau de chaleur urbain



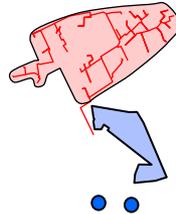


### **3) L'évaluation des besoins**

# Les quartiers énergétiques

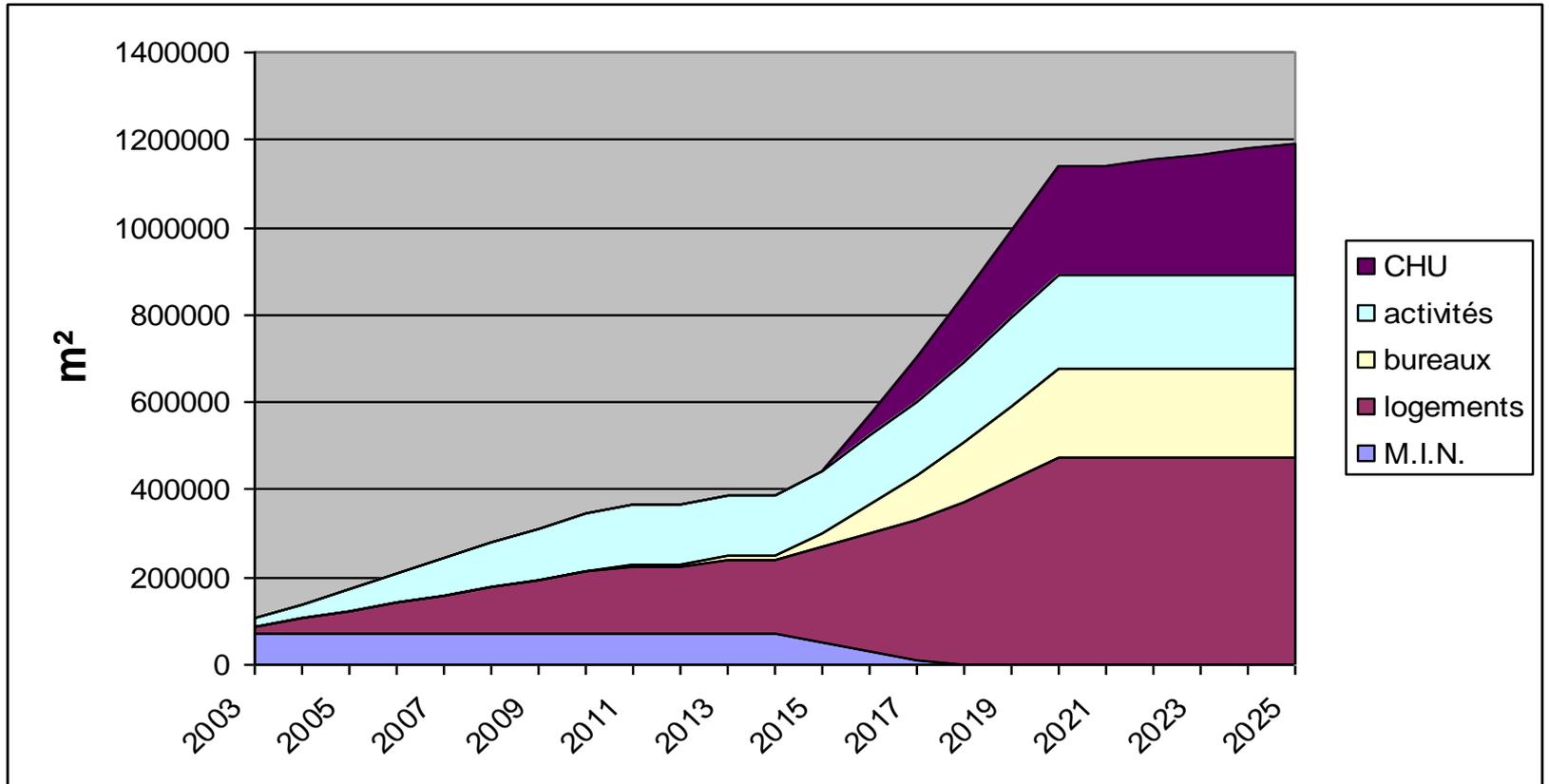


- ▶ Quartier de la Création
- ▶ Prairie au Duc
- ▶ CHU
- ▶ Sud-ouest



- ▶ Quartier raccordé au réseau de chaleur
- ▶ Faubourg
- ▶ Grandes copropriétés

# Phasage des opérations



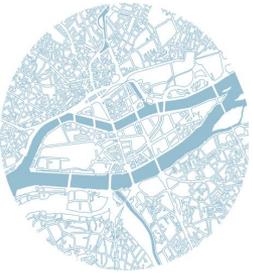
# Demande en énergie

		Electricité	Chauffage	ECS	Froid
Puissance (MW)	Prairie au Duc	4	2	1	1
	Sud-ouest	16	17	4	10
	CHU	9	13	7	11
	Copropriétés	7	7	2	
<b>TOTAL PUISSANCES</b>		<b>36</b>	<b>39</b>	<b>14</b>	<b>22</b>
Consommations (GWh/an)	Prairie au Duc	5	2	2	1
	Sud-ouest	27	13	8	7
	CHU	20	12	8	10
	Copropriétés	5	22	13	
<b>TOTAL CONSOMMATIONS</b>		<b>57</b>	<b>49</b>	<b>31</b>	<b>18</b>

## Hypothèses de consommation

(Cahier des charges  
Energie Pouget  
Consultants)

- ▶ Logements  
RT2012 – 20%
- ▶ bureaux en  
zone non  
bruyante  
RT2012 – 20%
- ▶ bureaux en  
zone de bruit  
RT2012 – 30%



# **4) Les potentiels de production**



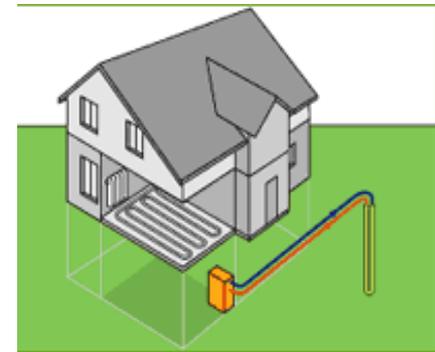
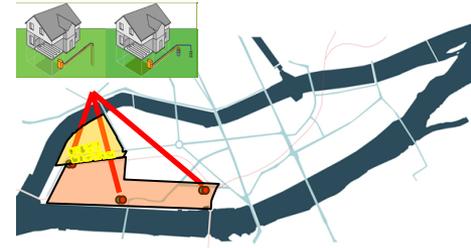
## 4) Les potentiels de production

**Qualifier le potentiel de production** de chacune des énergies recensées au regard des consommations énergétiques attendues du quartier et de la forme urbaine pressentie.

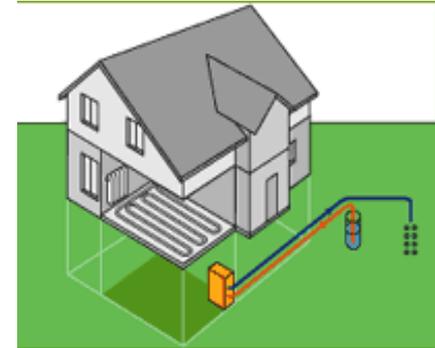
**Identifier les méthodes et techniques d'exploitation** adaptées pour capter, prélever et transférer l'énergie, afin de dégager les opportunités offertes par chacune de ces énergies renouvelables.

# Géothermie

	PAC sur nappe	Sondes	Fondations thermoactives
Utilisations	Chauffage ECS en période de chauffe Geocooling		
Disponibilité	50 à 60 m <sup>3</sup> /h P < 1 200 kW (400 kW x 3 doublets)	Terrain 1 000 m <sup>2</sup> • sans écoulement ≤ 16 kW • avec écoulement ≤ 60 kW	Bâtiment 1 000 m <sup>2</sup> • sans écoulement ≤ 4 kW • avec écoulement ≤ 18 kW
Pérennité	30 – 40 ans (interactions entre puits)	20 ans (attention au dimensionnement)	
Transports	Pour les besoins de maintenance		
Acheminement	Aucun		
Echelle	Îlot	Bâtiment - Macro-lot	
Faisabilité technico-économique	A exploiter Potentiel élevé	Pour bâtiments à faibles besoins/m <sup>2</sup> Potentiel élevé	



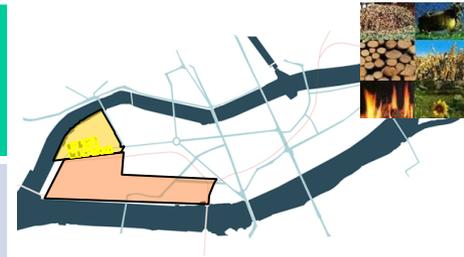
Sonde géothermique



Nappe

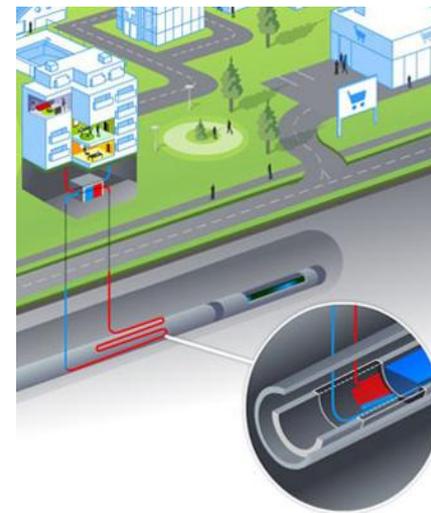
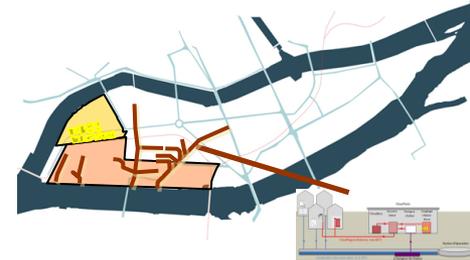
# Biomasse

	Plaquettes	Granulés
Utilisation	Chauffage ECS en période de chauffe Électricité	Chauffage ECS en période de chauffe
Disponibilité	13 000 t/an (forestière + industrielle) ≈ 37 000 MWh/an (≈12 MW)	8 000 t/an ≈ 40 000 MWh/an (≈10 MW)
Pérennité	Contrat d'approvisionnement 20 ans	
Transports	Acheminement combustible : fournisseurs à 10, 20 et 140 km + besoins de maintenance	Acheminement combustible : scierie à 65 km + besoins de maintenance
Acheminement	Camions (380 t <sub>CO2</sub> /an) Barges (8 t <sub>CO2</sub> /an)	Camions (110 t <sub>CO2</sub> /an)
Echelle	Îlot	Bâtiment – Macro-lot
Faisabilité technico-économique	A exploiter Potentiel élevé	



# Eaux usées

	Sur le réseau de collecte des eaux usées	Sur les évacuations du bâtiment
Utilisation	Chauffage ECS en période de chauffe	ECS
Disponibilité	P < 2 500 kWth Environ 5 000 MWh/an	Environ 700 MWh/an (sur environ 20 bâtiments)
Pérennité	Pérenne	
Distance	Local	
Acheminement	Réseau d'eau tempérée	Aucun
Echelle	Îlot	Bâtiment – Macro-lot
Solution technique	Echangeur de chaleur sur le réseau du quartier	Echangeur de chaleur sur les canalisations du bâtiment
	Pompe à chaleur + Appoint gaz	
Faisabilité technico-économique	A exploiter – Potentiel moyen Dépendant du Ø réseau et débit	A exploiter Potentiel moyen à élevé

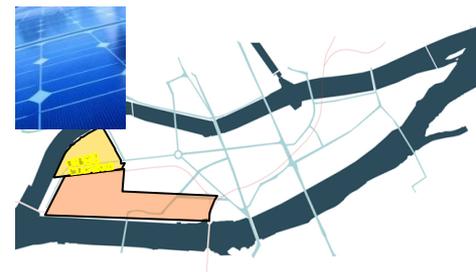


# Solaire Photovoltaïque

Surface toitures (m <sup>2</sup> )	Surface panneaux (m <sup>2</sup> )	Puissance crête (kWc)	Productible (MWh/an)
136 000	51 000	6 900	7 000

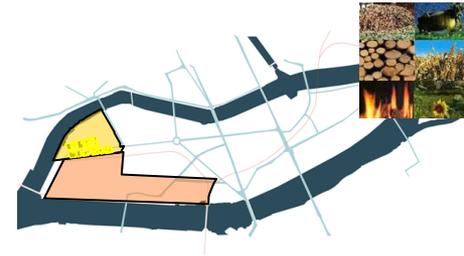


	Solaire PV
Pérennité	Pérenne
Transports	Pour les besoins de maintenance
Échelle	Bâtiment – Macro-lot
Faisabilité technico-économique	A exploiter – Potentiel élevé



# Biomasse

	Plaquettes
Utilisation	Chauffage ECS en période de chauffe Électricité
Disponibilité	13 000 t/an (forestière + industrielle) ≈ 37 000 MWh/an (≈12 MW)
Pérennité	Contrat d'approvisionnement 20 ans
Transports	Acheminement combustible : fournisseurs à 10, 20 et 140 km + besoins de maintenance
Acheminement	Camions, barges
Echelle	Îlot
Solution technique	Gazéification ou chaudière + turbine
Faisabilité technico-économique	A exploiter Potentiel élevé



Zwickau – projet cogénération biomasse



# Eolien - Hydrolien

	Éolien
Disponibilité	10 MWh/an
Echelle de mise en œuvre	Bâtiment – Macro-lot
Faisabilité technico-économique	Outil de communication Potentiel faible

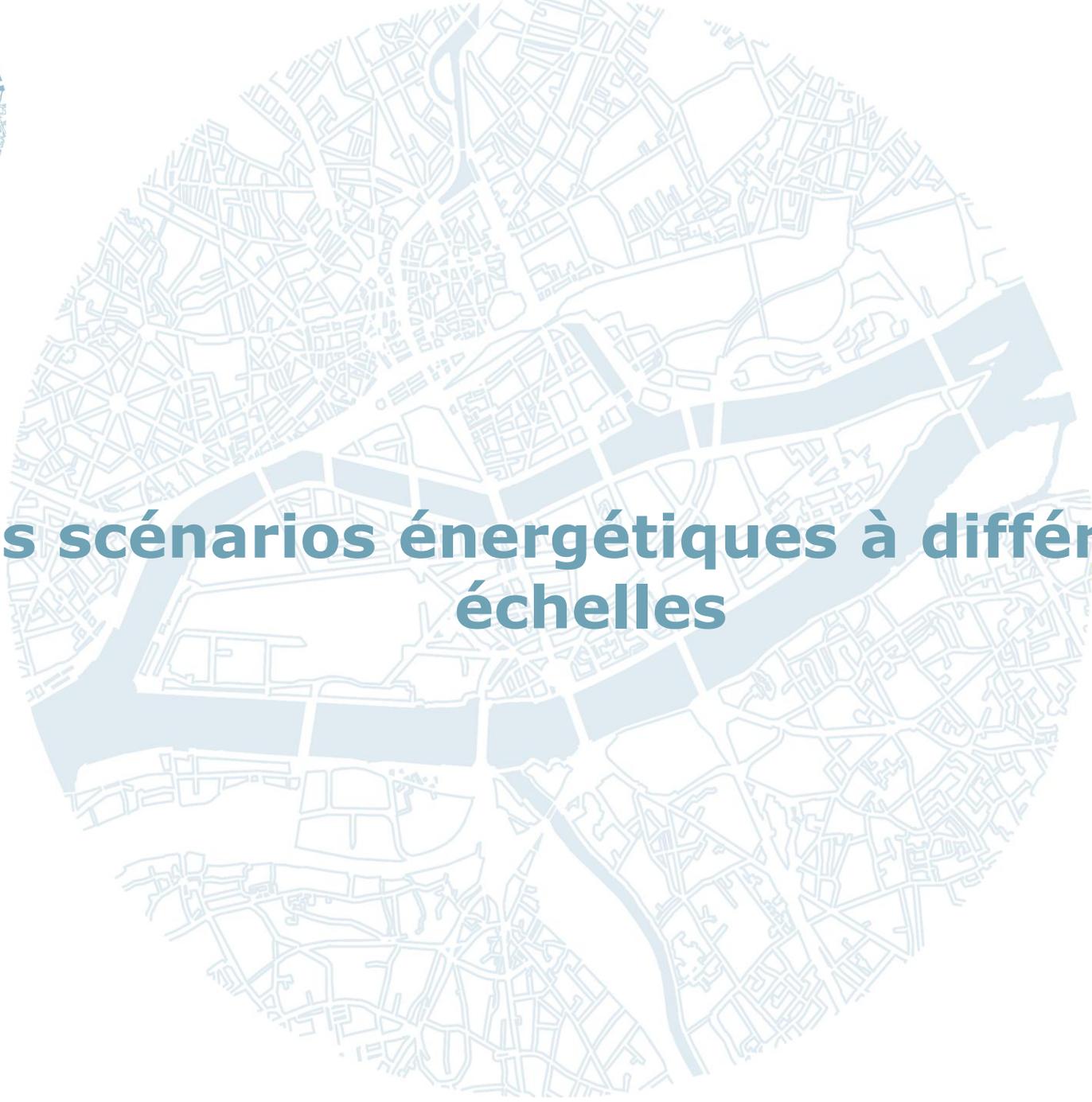


	Hydrolien
Disponibilité	10 à 30 kW installés
Echelle de mise en œuvre	Bâtiment – Macro-lot
Faisabilité technico-économique	Outil de communication Potentiel faible





## **5) Des scénarios énergétiques à différentes échelles**





## 5) Des scénarios énergétiques à différentes échelles

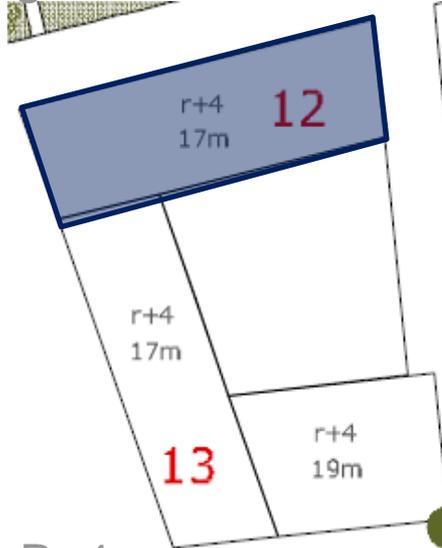
**Formuler des préconisations** pour l'organisation d'une desserte énergétique économe et efficace du sud ouest de l'Île de Nantes par les énergies renouvelables.

**Identifier et définir les « mix énergétiques »** les plus efficaces écologiquement et économiquement ainsi que leurs conditions de mise en œuvre.

**À l'échelle du bâtiment, de l'îlot, du quartier**

# Scénario Bâtiment

## Bâtiment type Logements/Bureaux



- ▶ R+4
- ▶ Environ 3 800 m<sup>2</sup> SHON
- ▶ Emprise environ 750 m<sup>2</sup>
- ▶ 60% logements
- ▶ 40% bureaux

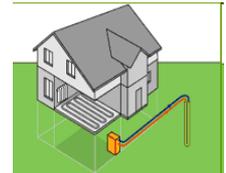
## Scénario 1

- ▶ Panneaux PV avec achat réseau
- ▶ Chaufferie granulés bois et appoint gaz



## Scénario 2

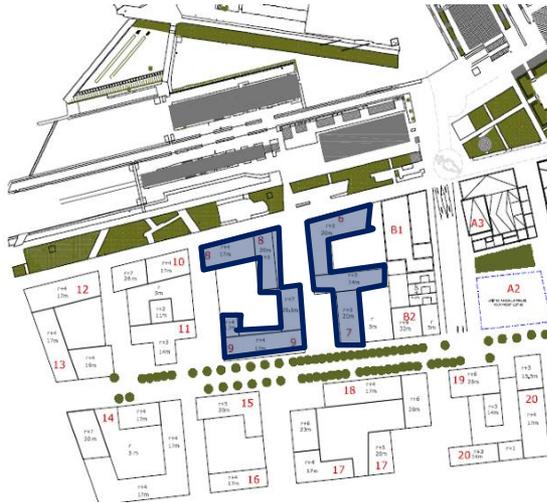
- ▶ Panneaux PV avec autoconsommation + achat réseau
- ▶ Sondes géothermiques + appoint gaz



# Scénario Bâtiment

	Bâtiment	Unités	Scénario 1	Scénario 2	Ecart
	Solutions	-	Chaudière bois avec appoint gaz + PV	Sondes géothermiques + PV	-
CHALEUR	Production	MWth/an	Bois : 85 Gaz : 55	Géothermie : 70 Gaz : 70	-
	Investissement	K€ HT	95	135	+ 42%
	Coût d'exploitation	k€ HT/an	7,6	7,8	+3%
	Taux de couverture EnR	%	60	36	-10 pts
	Emissions de CO2	t/an	13	20	+ 65 %

# Scénario îlot

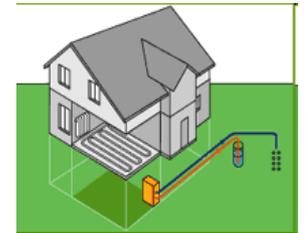


- ▶ 9 bâtiments (R à R+7)
- ▶ Environ 23 000 m<sup>2</sup> SHON
- ▶ Emprise environ 4 000 m<sup>2</sup>
- ▶ 55% logements
- ▶ 33 % bureaux
- ▶ 12 % équipements
- ▶ 1% Activités

## Scénario 1 – 2 – 3

Panneaux PV avec achat réseau +

1. Chaufferie plaquettes bois
2. Doublet géothermique
3. Récupération chaleur eaux usées



## Scénario 4

- ▶ Cogénération biomasse

# Scénario îlot

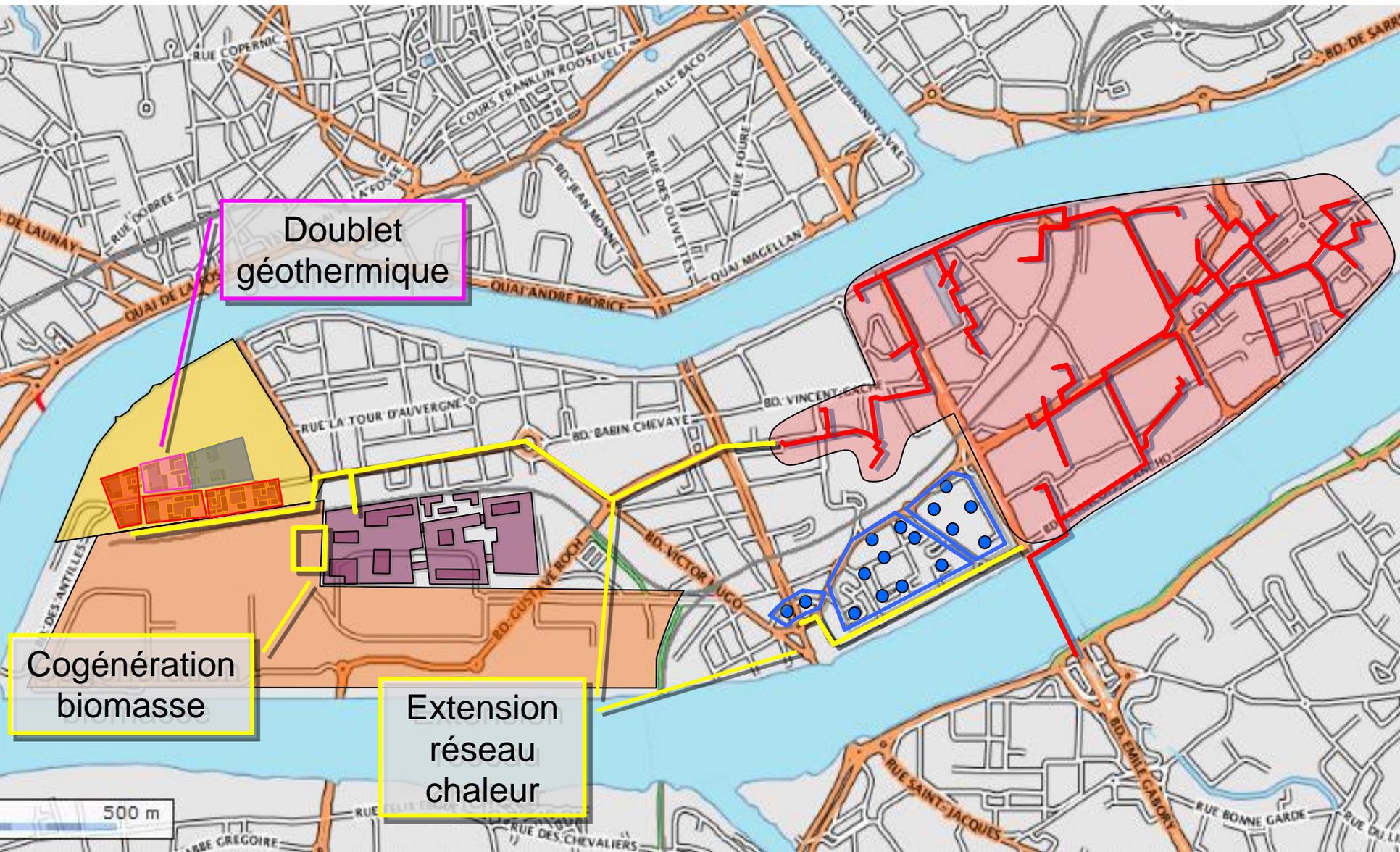
	Bâtiment	Unités	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4.1	Scénario 4.2
	Solutions	-	PAC géothermique avec appoint gaz+ PV	Chaudière bois collective avec appoint gaz + PV	Récupération de chaleur sur EU avec appoint gaz + PV	Cogénération biomasse 600 kWe	Cogénération biomasse 300 kWe
CHALEUR	Production	MWhth/an	Géothermie : 600 Gaz : 240	Bois : 560 Gaz : 280	Eaux usées : 500 Gaz : 340	3 800	2 000
	Investissement	K€HT	400	490 (+23%)	1 800 (+350%)	3 800 (+850%)	2 000 (+400%)
	Coût d'exploitation	k€HT/an	44,5	41,4 (-7%)	49,8 (+12%)	260 (+480%)	135 (+200%)
	Coût du MWh	€HT/MWh	77 69 avec fonds chaleur	79 (+3%)	167 (+117%)	125 (+62%)	130 (+69%)
	Taux de couverture EnR	%	55%	67% (-3 pts)	60% (-10 pts)	100% (+30 pts)	100% (+30pts)
	Emissions de GES	teCO <sub>2</sub> /an	85	75 (-12%)	100 (+18%)	0	0

# Scénario quartier – raccordement réseau de chaleur

- ▶ Utilisation maximale du potentiel du réseau de chaleur :
  - Extension de l'approche énergie positive au-delà de l'îlot cogénération biomasse pour assurer la production d'électricité verte valorisation du surplus de chaleur par le réseau étendu dimensionnement de la cogénération en conséquence
  - Rentabilisation de l'extension du réseau
    - raccordement de grandes copropriétés
    - raccordement des nouvelles opérations sur le faubourg et le quartier de la Création
    - raccordement du CHU
- ▶ Proposition de dimensionnement
  - Besoins de chaleur du Sud-Ouest
  - Cogénération de 3 MWe et 6 MWth
  - Consommation de 18 000 t de bois/an
  - Emission de 20 tCO<sub>2</sub>/an par camion et 10 tCO<sub>2</sub>/an par barges



# Scénario quartier – raccordement réseau de chaleur



# Scénario quartier – sans raccordement réseau de chaleur

- ▶ Utilisation optimale des ressources de l'île :
  - Réalisation d'un îlot à énergie positive sur la Prairie au Duc cogénération biomasse pour assurer la production d'électricité verte surplus de chaleur à valoriser sur les îlots voisins
  - Installation de 3 doublets géothermiques = maximum autorisé sur le secteur
  - Valorisation de la chaleur des eaux usées sur l'artère nord-sud
  - Sonde géothermique sur un îlot compatible en taille
  - Chaudières bois sur les autres îlots
  - Photovoltaïque sur tous les îlots (hors énergie positive)
- ▶ Taux de couverture EnR
  - Îlot énergie positive : chaleur 100% - électricité 100%
  - Autres îlots : chaleur 50 à 70% - électricité 20%
- ▶ Gain global émissions CO2 : 60%

# Scénario quartier – sans raccordement réseau de chaleur

Emissions globales : 1 890 teCO<sub>2</sub>/an

Comparaison scénario gaz : 4 750 teCO<sub>2</sub>/an

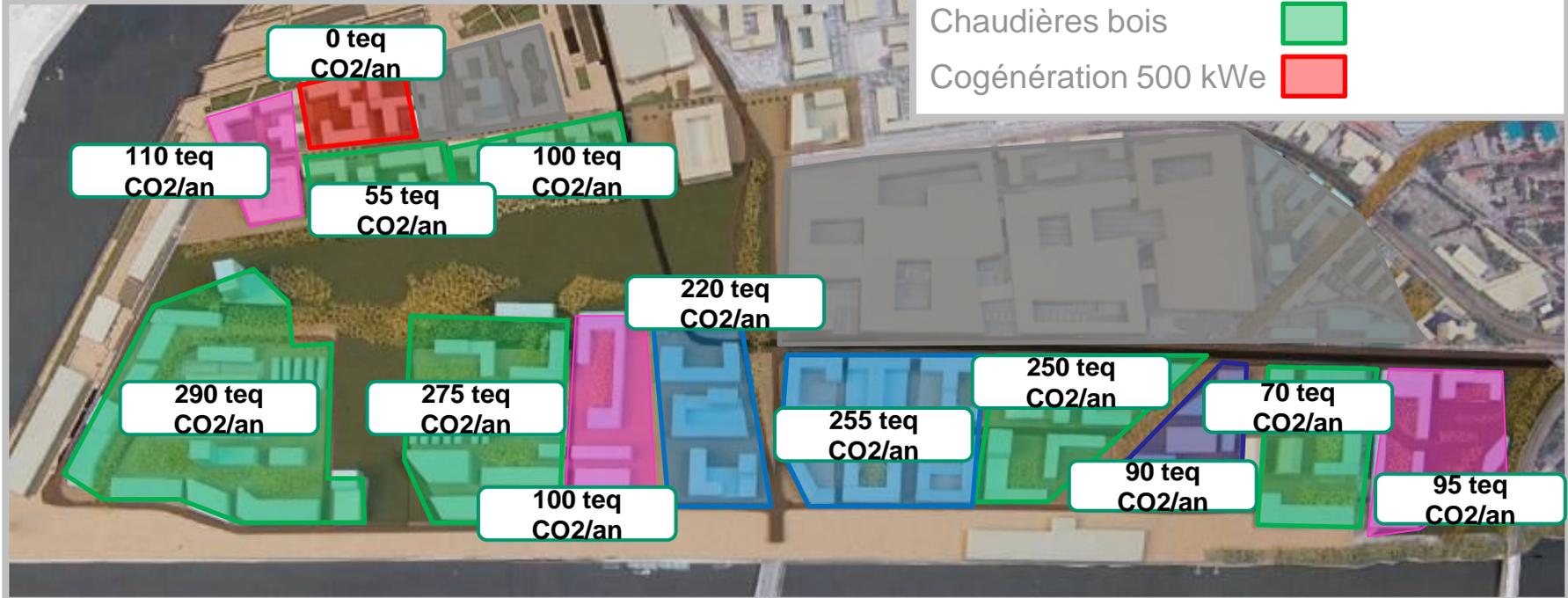
► Gain émissions CO<sub>2</sub> : 60%

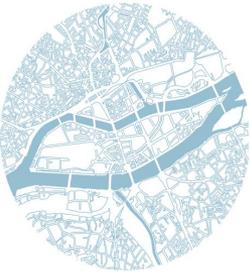
## Taux de couverture EnR

- 100% chaleur 100% elec
- 70% chaleur 20% elec
- 67% chaleur 20% elec
- 60% chaleur 20% elec
- 50% chaleur 20% elec

## Légende

- Doublet géothermique sur nappe
- Récupération chaleur des eaux usées
- Sondes géothermiques
- Chaudières bois
- Cogénération 500 kWe





# 6) La vie de l'étude



## 6) La vie de l'étude

- L'extension du réseau de chaleur urbain sur l'ouest de l'île de Nantes
- Conclusions transmises :
  - ❖ À l'équipe de maîtrise d'œuvre du projet urbain
  - ❖ Aux opérateurs immobiliers ainsi qu'à leur BET
- L'îlot à énergie positive, en phase étude (groupement de MOA désigné)
- La mission NGE/SCET, reprise des scénarios de l'étude H4 à l'échelle de l'îlot : étude sur le montage d'un îlot à énergie positive et la définition d'une offre de services durables dans l'écoquartier de la Prairie-au-Duc