



C.A.E.C.E.
500 Place des Champs-Élysées
BP62 COURCOURONNES
91054 Évry Centre Essonne Cedex

ASSISTANCE À MAÎTRISE D'OUVRAGE

**Étude d'orientation énergétique sur
l'opération d'aménagement du grand stade
de la FFR**



Rapport d'étude



SOMMAIRE

OBJET ET ENJEUX.....	3
1. SOLUTIONS ÉNERGÉTIQUES POUR LE CHAUFFAGE ET L'ECS.....	4
1.1. PHASE 1 : EXAMEN DES PROGRAMMES.....	4
1.1.1. Périmètre de l'étude.....	4
1.1.2. Ratios énergétiques utilisés pour déterminer les besoins.....	5
1.1.3. Le Grand stade.....	6
1.1.4. Projets immobiliers aux alentours du grand stade.....	7
1.1.5. L'ensemble de zone d'activité.....	15
1.2. PHASE 2 : ÉTUDE PROSPECTIVE.....	16
1.2.1. Les ressources mobilisables.....	16
1.2.2. Démarche relative au réseau de chaleur.....	19
1.2.3. Estimation du prix global de la chaleur.....	26
1.2.4. Synthèse.....	30
1.3. DÉMARCHE RELATIVE À L'INDIVIDUALISATION.....	31
1.3.1. Problématique et méthodes d'analyse.....	31
1.3.2. Synthèse générale sur les solutions d'individualisation.....	32
1.3.3. Choix de solutions individualisées pour chaque zone.....	36
1.4. RÉSEAU DE CHALEUR OU SOLUTIONS INDIVIDUALISÉES.....	37
2. SOLUTIONS POUR LE RAFRAÎCHISSEMENT ET LA CLIMATISATION.....	40
2.1. DISTINCTION ENTRE LE RAFRAÎCHISSEMENT ET LA CLIMATISATION.....	40
2.2. RÉSEAU DE FROID OU SOLUTIONS INDIVIDUALISÉES.....	40
2.3. LE GRAND STADE DE RUGBY ET LES PROJETS IMMOBILIERS AUX ALENTOURS.....	41
2.3.1. Bilan énergétique.....	41
2.3.2. Estimation du coût global.....	45
3. SYNTHÈSE DES PROPOSITIONS.....	46
ANNEXE 1 : Prescriptions de protection de l'aqueduc de la Vanne et du Loing	
ANNEXE 2 : Résultats des solutions individualisées	
ANNEXE 3 : Coûts d'investissement des solutions de réseau de chaleur	

OBJET ET ENJEUX

Dans le cadre du projet d'aménagement lié au futur stade de rugby et dans le cadre de l'Appel à projet lancé par la Fédération Française de Rugby, il est prévu la réalisation d'un certain nombre de projets immobiliers pour lesquels il est nécessaire de définir la stratégie énergétique la plus pertinente à ce stade du projet.

L'objet de cette étude consiste donc à mettre en place les investigations nécessaires pour trouver la solution technique la plus économique en coût global (investissement et fonctionnement) dans le contexte énergétique de l'opération.

L'objectif de cette assistance sera de fournir l'ensemble des éléments factuels d'analyse pour permettre aux services de la CAECE en charge de l'opération de définir les orientations structurantes pour la réponse à l'appel à projet de la FFR.

Le périmètre de l'étude porte sur l'urbanisation d'un secteur de 133 ha, y compris le stade de 82 000 places de la FFR.

1.SOLUTIONS ÉNERGÉTIQUES POUR LE CHAUFFAGE ET L'ECS

1.1.PHASE 1 : EXAMEN DES PROGRAMMES

1.1.1.Périmètre de l'étude

Le périmètre de l'étude porte sur le grand stade de 82 000 places de la FFR et sur les projets immobiliers à vocation économique situés aux alentours. Ces derniers s'étendent sur un secteur de 133 hectares comprenant les terrains de l'ancien hippodrome de Ris-Orangis et des anciennes usines LU.



Les solutions énergétiques seront étudiées pour le grand stade seul, pour les projets immobiliers aux alentours et puis pour l'ensemble : le grand stade et les projets Immobiliers.

L'ensemble des calculs se base sur les données du projet en date de novembre 2011 : le plan de masse, et les phasages des différents secteurs.

1.1.2. Ratios énergétiques utilisés pour déterminer les besoins

Afin de déterminer les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire des différents équipements, les ratios de consommation suivants ont été utilisés.

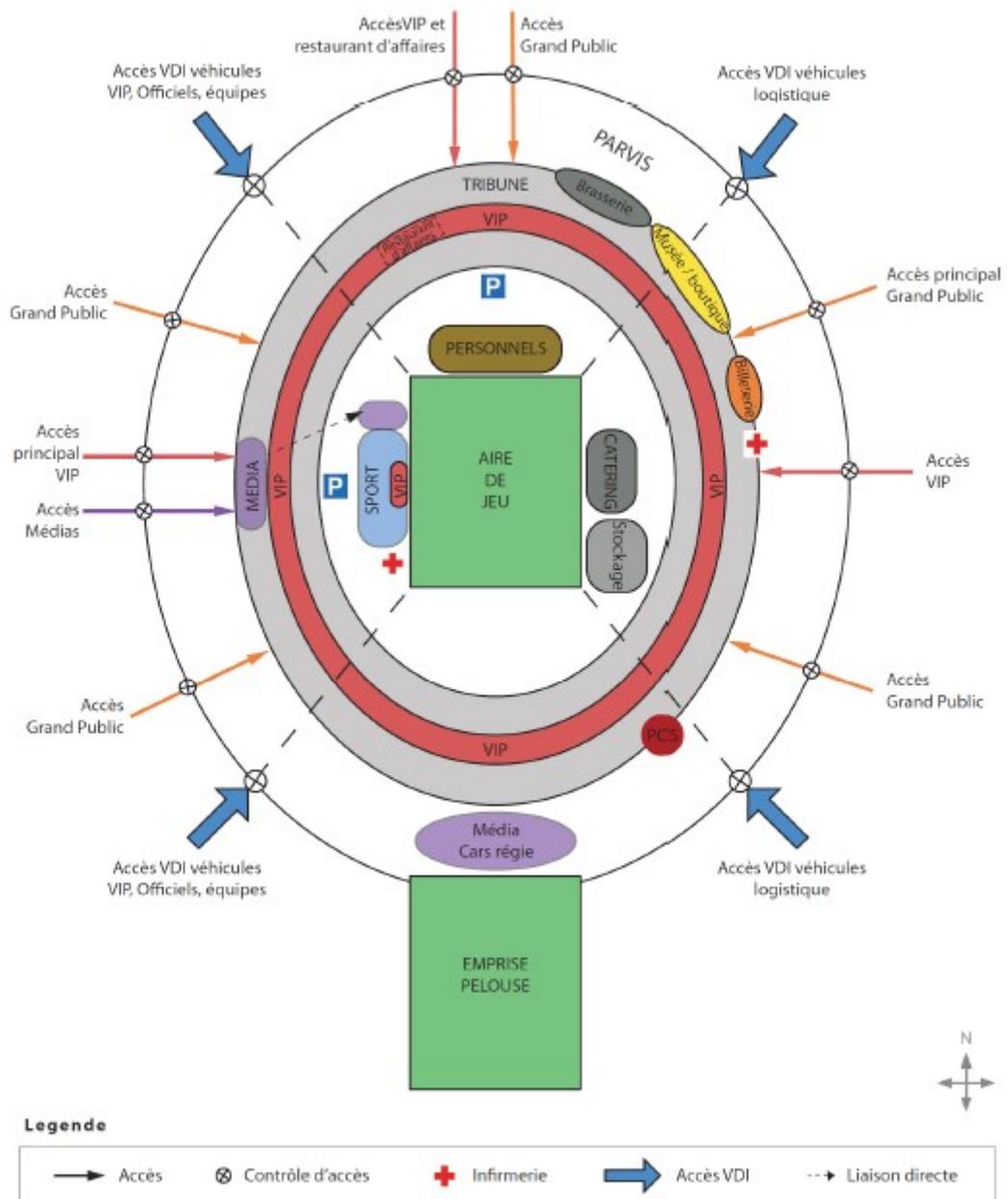
Type	Activités	Chauffage <i>kWh/m²/an</i>	ECS <i>kWh/m²/an</i>
Tertiaire	Bureaux, local d'activité	20	0
Hôtellerie	Hôtel, Bungalow	15	25
Commerces	Boutique, commerce	25	0
Équipement	École, pôle recherche	15	10
Restaurant	Snacking, restaurant	25	50
Sport	Salle de sport	10	35
Bien être	Spa, Thalasso	30	270
Loisirs	Cinéma, complexe multi-activité	25	0
Culture	Galerie d'art, exposition	25	0

La première phase de construction est prévue pour 2017, les ratios de consommation respectent la RT2012.

NB : Les ratios utilisés pour les bureaux sont plus faibles par rapport aux ratios moyens utilisés dans la conception actuellement. Cette utilisation a pour but d'anticiper l'évolution de la performance (vers les bâtiments passifs) dans la construction des bureaux neufs où les apports internes (éclairage, process, personnes, etc) sont importants. Les besoins en chauffage sont très faibles dans le cadre d'un bâtiment passif. Ils doivent être inférieurs à 15 kWh/m²/an.

1.1.3. Le Grand stade

Le schéma fonctionnel général du stade est présenté ci-dessous.



La consommation annuelle en chauffage et en eau chaude sanitaire a été estimée et présentée dans le tableau ci-dessous :

ESPACE	CHAUFFAGE et ECS	Surface utile (SU)	Consommation Chauffage et ECS	Puissance
		<i>m²</i>	<i>MWh</i>	<i>kW</i>
Sport		1 417	250	200
Bâti	Bureaux, local	1 293	25	20
Douche	pour 22 personnes	24	75	60
Bain	Bain chaud / froid	100	150	120
Media/Presse		1 204	25	20
Bâti		1 204	25	20
VIP		33 137	565	455
Bâti	Salon, sanitaires, loges	28 258	565	455
Terrasse	Dégagement, stockage mobilier	4 879		0
Grand Public		34 666	145	115
Bâti	Billetterie, Restaurant, infirmerie	7 226	145	115
Autres	Circulation, déambulateur	27 440		
Sécurité/Sûreté		232	5	5
	Poste, cellule	232	5	5
Personnels		2 277	44	35
Bâti	Bureaux, salles	2 097	44	35
Autres	Stockage	180		
Activité annexes		912	20	15
Bâti	Musée, boutique	772	20	15
Autres	Réserve, stock	140		0
Cartering/Restauration		1 740	75	60
Bâti	Brasserie, restaurant affaires	995	75	60
Autres	Réserve, stockage	745		0
Logistique/Stockage		1 905	1	1
Locaux technique	Gestion, information	60	1	1
Autres	Déchets, Stockages divers	1 845		0
Total		77 490	1 130	906

1.1.4.Projets immobiliers aux alentours du grand stade

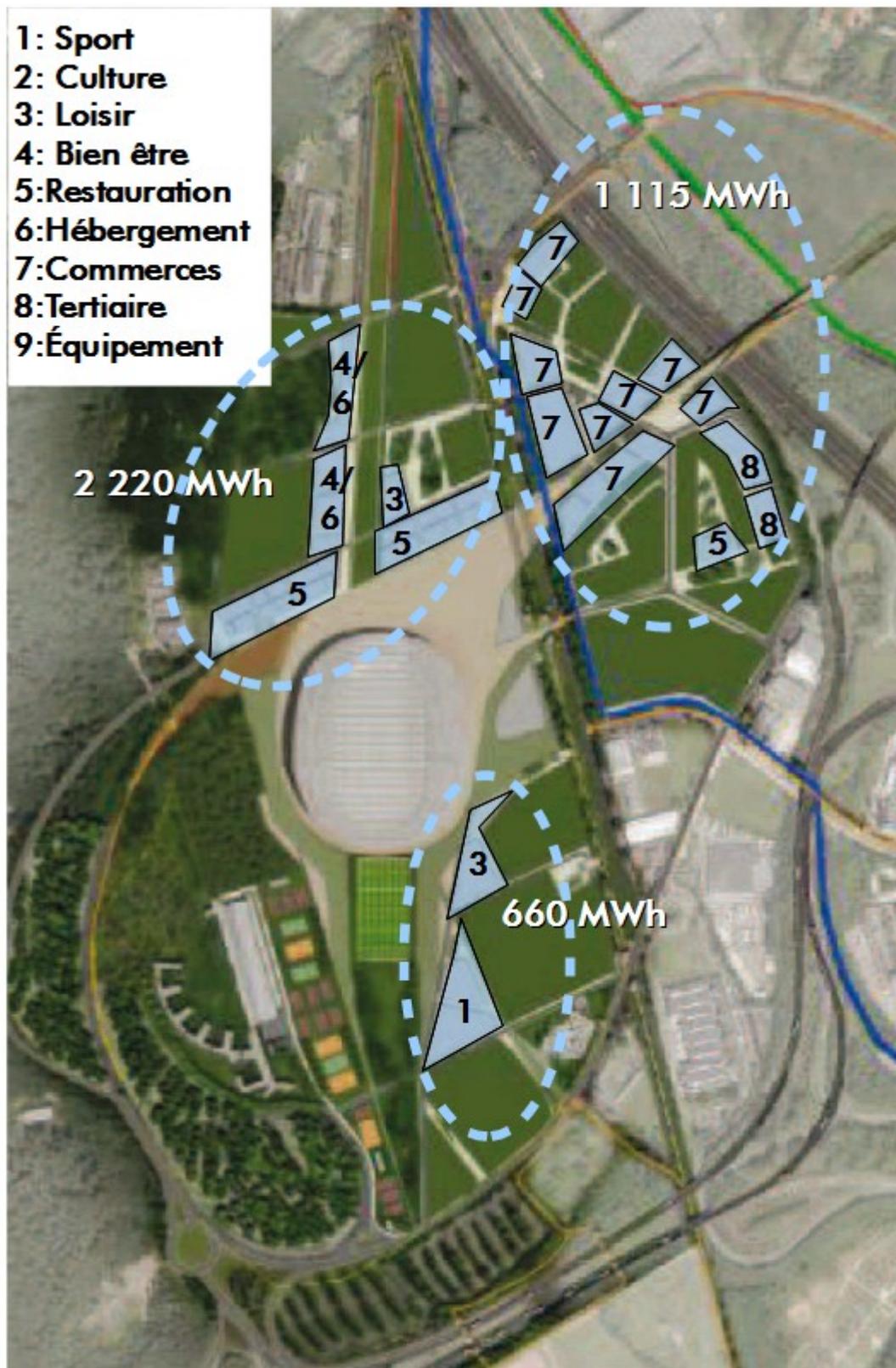
Le programme de construction est décomposé en trois phases : 2017, 2022 et 2025.

Les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire ont été estimés pour chaque phase. La montée en puissance a été également calculée.

La montée en puissance est la puissance nécessaire pour chaque phase, elle permettrait d'une part de dimensionner les équipements à installer au niveau de la centrale de production ainsi que dans les sous-stations, d'autre part d'estimer les coûts d'investissement associés.

Phase 1 : 2017

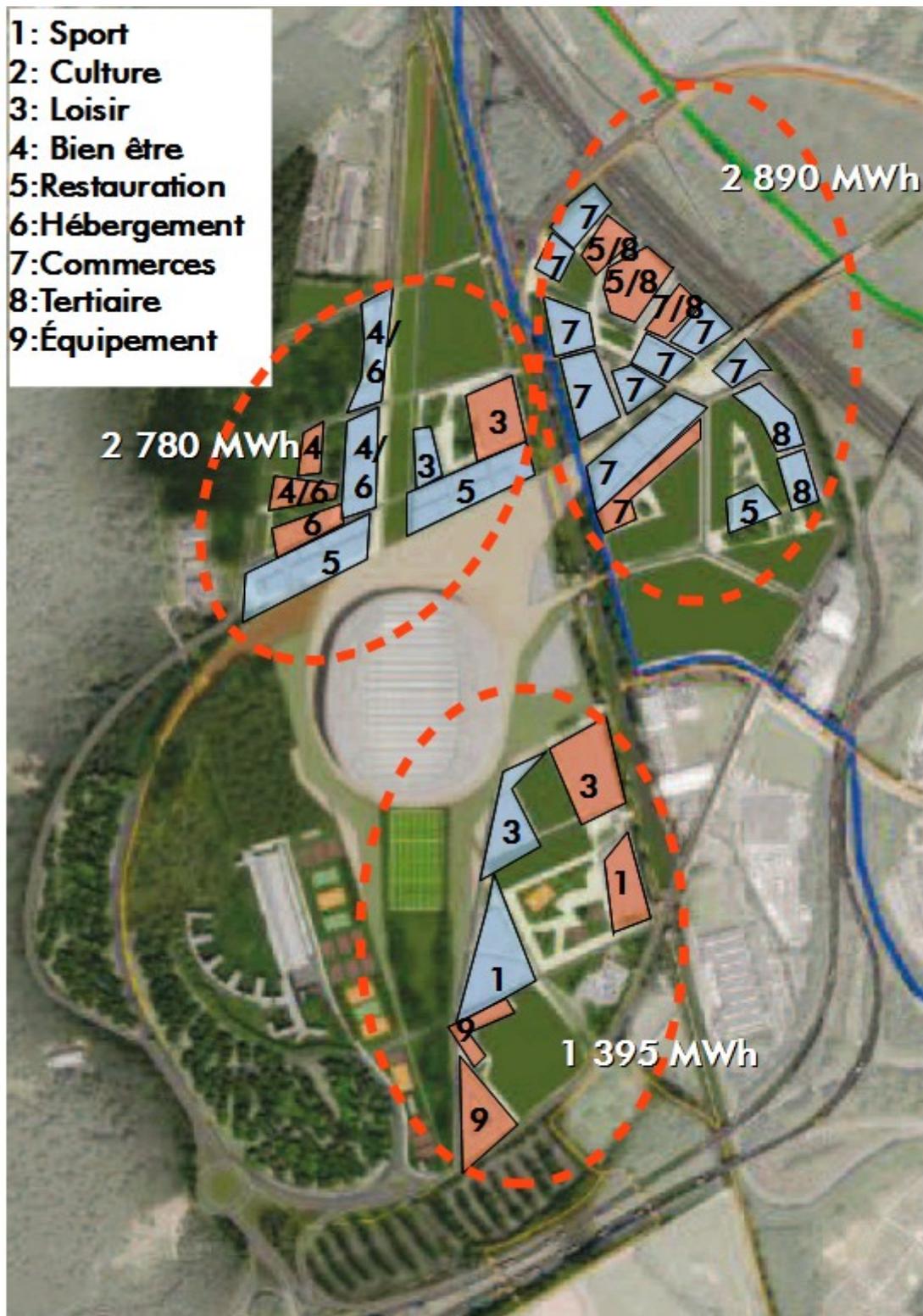
Type d'activité	CHAUFFAGE + ECS	Phase 1 – 2017 SHON	Consommation Chauffage et ECS Phase 1	Puissance
		<i>m²</i>	<i>MWh</i>	<i>kW</i>
Sport		11 818	375	300
	Médecine du sport	2 727	55	45
	Centre de remise en forme	5 455	245	195
	locaux tertiaires dédiés aux fédérations, acteurs	3 636	75	60
Culture				
	Galerie d'Art			
	Musée			
Loisir		10 909	400	265
	Cinéma, bowling...	4 545	115	75
	Complexe multi loisirs	6 364	285	190
Bien être		2 727	820	545
	Spa, thalasso/Hammam/sauna	2 727	820	545
Restauration		10 909	820	655
	Snacking, resto traditionnel...	10 909	820	655
Hébergement & Hôtellerie		13 582	545	365
	Hôtellerie	8 182	330	220
	Village vacances	5 400	215	145
Commerces		26 282	660	440
	Commerce de proximité	8 100	205	135
	Retail Park, Centre thématique	18 182	455	305
Tertiaire		18 636	375	250
	Bureaux d'entreprise	15 000	300	200
	locaux d'activité	3 636	75	50
Équipement				
	Pôle d'enseignement/Recherche privé			
	Autres			
Total		94 863	3 995	2 820



Phase 2 : 2022

Type d'activité	CHAUFFAGE + ECS	Phase 2 – 2021 SHON	Consommation Chauffage et ECS Phase 2	Puissance
		<i>m²</i>	<i>MWh</i>	<i>kW</i>
Sport		7 006	200	160
	Médecine du sport	1 220	25	20
	Centre de remise en forme	2 438	110	85
	locaux tertiaires dédiés aux fédérations, acteurs	3 348	65	55
Culture				
	Galerie d'Art			
	Musée			
Loisir		6 384	250	165
	Cinéma, bowling...	2 033	50	35
	Complexe multi loisirs	4 351	200	130
Bien être		1 220	365	245
	Spa, thalasso/Hammam/sauna	1 220	365	245
Restauration		3 155	240	190
	Snacking, resto traditionnel...	3 155	240	190
Hébergement & Hôtellerie		3 658	145	100
	Hôtellerie	3 658	145	100
	Village vacances			
Commerces		32 618	815	545
	Commerce de proximité	1 761	45	30
	Retail Park, Centre thématique	30 857	770	515
Tertiaire		35 883	720	480
	Bureaux d'entreprise	25 647	515	345
	locaux d'activité	10 236	205	135
Équipement		13 431	335	270
	Pôle d'enseignement/Recherche privé	8 265	210	165
	Autres	5 166	125	105
Total		103 355	3 070	2 155

Les besoins en énergie de la phase 1 et de la phase 2 sont cumulés et présentés par le schéma ci-dessous :



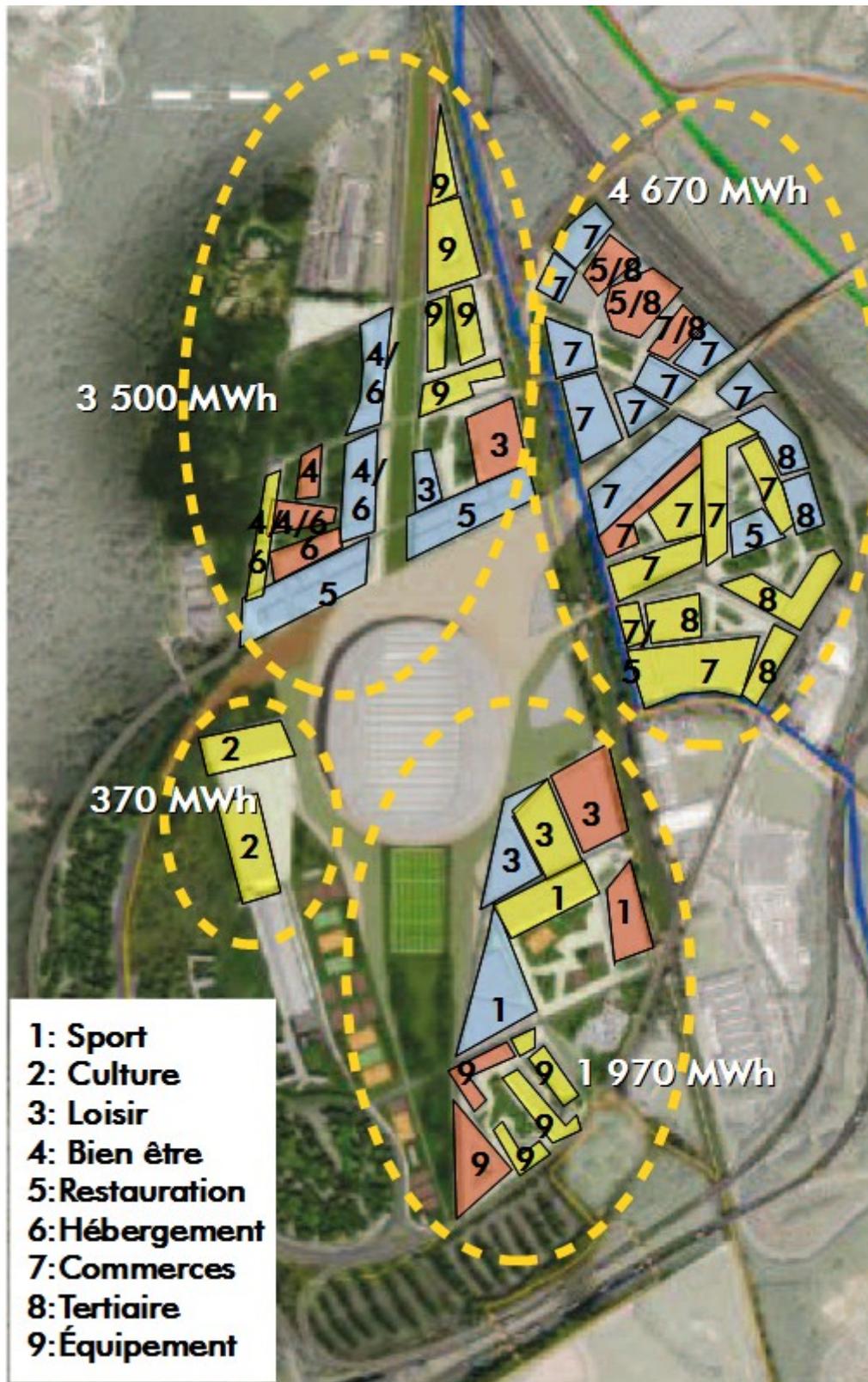
Phase 3 : 2025

Type d'activité	CHAUFFAGE + ECS	Phase 3 – 2025 SHON	Consommation Chauffage et ECS Phase 3	Puissance
		<i>m²</i>	<i>MWh</i>	<i>kW</i>
Sport		7 004	200	160
	Médecine du sport	1 219	25	20
	Centre de remise en forme	2 438	110	85
	locaux tertiaires dédiés aux fédérations, acteurs	3 347	65	55
Culture		15 067	375	250
	Galerie d'Art	6 027	150	100
	Musée	9 040	225	150
Loisir		6 384	250	165
	Cinéma, bowling...	2 032	50	35
	Complexe multi loisirs	4 352	200	130
Bien être		1 219	365	245
	Spa, thalasso/Hammam/sauna	1 219	365	245
Restauration		3 155	240	190
	Snacking, resto traditionnel...	3 155	240	190
Hébergement & Hôtellerie		3 657	145	100
	Hôtellerie	3 657	145	100
	Village vacances			
Commerces		32 620	815	545
	Commerce de proximité	1 762	45	30
	Retail Park, Centre thématique	30 858	770	515
Tertiaire		35 882	720	480
	Bureaux d'entreprise	25 647	515	345
	locaux d'activité	10 235	205	135
Équipement		13 430	335	270
	Pôle d'enseignement/Recherche privé	8 265	210	165
	Autres	5 165	125	105
Total		118 418	3 445	2 405

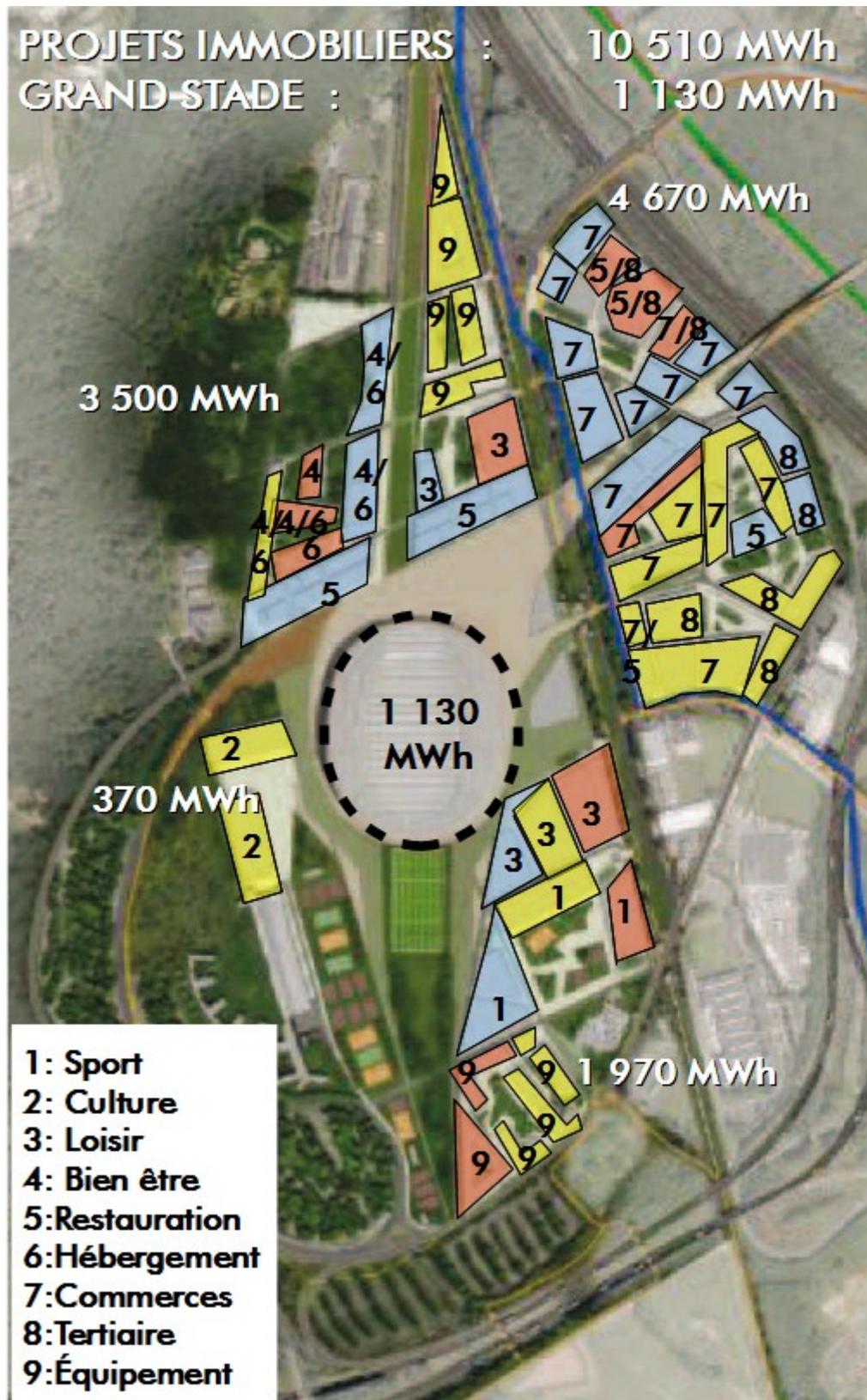
État final

Les besoins en énergie de toute la zone (hors stade) sont indiqués ci-dessous :

Type d'activité	CHAUFFAGE + ECS	Total SHON	Consommation	Puissance
		<i>m²</i>	<i>MWh</i>	<i>kW</i>
Sport		25 828	775	620
	Médecine du sport	5 166	105	85
	Centre de remise en forme	10 331	465	365
	locaux tertiaires dédiés aux fédérations, acteurs	10 331	205	170
Culture		15 067	375	250
	Galerie d'Art	6 027	150	100
	Musée	9 040	225	150
Loisir		23 677	900	595
	Cinéma, bowling...	8 610	215	145
	Complexe multi loisirs	15 067	685	450
Bien être		5 166	1 550	1 035
	Spa, thalasso/Hammam/sauna	5 166	1 550	1 035
Restauration		17 219	1 300	1 035
	Snacking, resto traditionnel...	17 219	1 300	1 035
Hébergement & Hôtellerie		20 897	835	565
	Hôtellerie	15 497	620	420
	Village vacances	5 400	215	145
Commerces		91 520	2 290	1 530
	Commerce de proximité	11 623	295	195
	Retail Park, Centre thématique	79 897	1 995	1 335
Tertiaire		90 401	1 815	1 210
	Bureaux d'entreprise	66 294	1 330	890
	locaux d'activité	24 107	485	320
Équipement		26 861	670	540
	Pôle d'enseignement/Recherche privé	16 530	420	330
	Autres	10 331	250	210
Total		316 636	10 510	7 380



1.1.5.L'ensemble de zone d'activité



1.2.PHASE 2 : ÉTUDE PROSPECTIVE

1.2.1.Les ressources mobilisables

Biomasse

La biomasse désigne l'ensemble de la matière végétale. C'est une véritable réserve d'énergie, captée à partir du soleil grâce à la photosynthèse. La valorisation de la biomasse peut s'effectuer soit par:

- combustion dans une chaudière,
- fermentation pour obtenir le biogaz (méthane, éthanols),
- extraction/raffinage pour fabriquer le biocarburant (huiles végétales),
- thermoconversion pour obtenir le gaz de synthèse.

Chaudière Bois : les différentes formes de combustible de type biomasse pourraient être utilisées : bûches, granulés, plaquettes, ou dans une moindre mesure les résidus d'agriculture, pour produire de la chaleur. Quelle que soit la nature utilisée, le combustible doit respecter différents critères (par exemple : humidité, Pouvoir Calorifique Inférieur, granulométrie, taux de poussières, corps étrangers, taux de cendres, sécurité d'approvisionnement).

La technologie de la chaudière (foyer, échangeurs, stockage, alimentation...) sera différente selon la composition du combustible utilisé.

Production du biogaz : cela consiste à collecter les résidus d'agriculture des sites puis à les fermenter au sein d'une installation de méthanisation pour produire du biogaz. Le biogaz produit sera valorisé, selon sa quantité, soit par une cogénération pour produire en même temps de la chaleur (alimentation du réseau de chaleur local) et de l'électricité (à revendre à EDF) soit par injection directe dans le réseau de distribution de Gaz de France.

Géothermie

Un réseau de chaleur géothermique fonctionne sur le même principe qu'un réseau de chaleur classique. Il est constitué d'un réseau de distribution et d'une centrale de production. En centrale de production, à la place des chaudières utilisant des combustibles fossiles, se trouvent les équipements nécessaires pour capter et valoriser la chaleur du sol.

Il est à distinguer les différents types de géothermie :

Géothermie	Température	Profondeur	Valorisation
très basse énergie	$<30^{\circ}\text{C}$	Quelques mètres à quelques centaines de mètres	Nécessité d'augmenter la température par des PAC (Pompes à Chaleur) pour alimenter un réseau de chaleur.
basse énergie	$30^{\circ}\text{C} < T < 90^{\circ}\text{C}$	1500 – 2000 m	Pour les réseaux d'eau chaude.
moyenne énergie	$90^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$	2000 – 5000 m	Pour les réseaux d'eau chaude ou d'eau surchauffée ou pour la production de l'électricité.
haute énergie	$>150^{\circ}\text{C}$	2000 – 5000 m (dans les roches chaudes fracturées)	Production de l'électricité.

Dans la région Parisienne, les géothermies **haute** et **moyenne énergie** ne sont pas disponibles.

La géothermie **basse énergie** est disponible en île de France avec la présence du Dogger, un aquifère dont la profondeur varie de 1 500 à 2 000 mètres, et le niveau de température est entre 55°C et 80°C . Sa valorisation devient intéressante dans les zones où les besoins en chaleur annuels sont de l'ordre de 40 GWh.

Pour la « géothermie **très basse énergie** » ou « **géothermie basse température** » (profondeur de quelques dizaines à quelques centaines de mètres, avec des températures qui varient de 10 à 30°C selon la profondeur), il est à distinguer deux types de captage :

- **le captage sur nappe d'eau**: Pour extraire de la chaleur d'une nappe d'eau, le principe consiste à faire deux forages : le premier pour puiser l'eau, le second pour l'injecter dans la nappe. L'eau puisée est dirigée vers la pompe à chaleur (PAC) qui en extrait les calories et les valorise pour les restituer sous forme d'eau chaude pour alimenter le réseau de chaleur collectif. Selon la quantité d'eau prélevée ou réinjectée, *une déclaration ou une autorisation sera nécessaire (ICPE)*.
- **le captage sur sonde**: circulation d'eau glycolée dans un échangeur sol – eau (tubes en polyéthylène) cimenté dans un forage, qui prélève la chaleur du sol et la cède à la PAC. *Une déclaration sera nécessaire pour ce type d'opération*.

Une étude hydrogéologique détaillée sur le sujet serait nécessaire pour valider le potentiel de la ressource, et l'aquifère le plus opportun pour ce projet précis.

Énergie de récupération

A partir du réseau des eaux usées

Cette technique vise à capter la chaleur des eaux usées (15°C) au niveau de collecteurs de gros diamètres (supérieur à 400 mm), via un échangeur de chaleur installé dans la canalisation.

L'élévation de quelques degrés du fluide traversant l'échangeur est concentrée par une pompe à chaleur. La chaleur produite par la PAC est ensuite valorisée dans un système de chauffage.

À titre d'exemple, pour chauffer 10 000 habitants, il serait nécessaire de capter la chaleur des eaux usées d'environ 200 000 habitants (ordre de grandeur). Un territoire peut donc couvrir de l'ordre de 5 % de ces besoins par ce dispositif.

A partir de l'air extrait

Cette technique vise à capter la chaleur de l'air extrait pour la valoriser au travers d'une PAC électrique, complétée par un mode de fonctionnement classique air-air. L'air extrait est proche de la température interne, soit 20°C, et la PAC permet de rehausser la température de l'air entrant avant un réchauffage d'appoint.

Ces PAC peuvent constituer une optimisation des PAC classiques sur air.

Solaire

La technologie de capteurs solaires permet de produire de l'eau chaude à partir de deux types de capteurs :

- des capteurs plans combinant une plaque jouant un rôle de corps noir avec une canalisation d'eau ;
- des capteurs sous vide combinant des miroirs paraboliques concentrant l'énergie solaire sur un fluide isolé de la convection extérieur dans un tube par du vide.

Les capteurs plans sont les technologies classiquement utilisées pour la production d'eau chaude sanitaire solaire pour des logements. Les capteurs sous-vide sont réservés pour des usagers disposés à mettre en place une exploitation optimisée, ou pour les usagers ne disposant pas d'une surface importante. Ces derniers permettent de mieux capter l'énergie solaire pour une même surface de capteurs, mais sont plus fragiles à l'exploitation et aux intempéries.

Dans le cadre du projet, trois possibilités de valorisation de l'énergie solaire sont envisageables :

- ECS solaire collective pour un bâtiment à partir de capteurs plans (solution la plus courante) ou de capteurs sous vide ;
- eau chaude pour réseau de chaleur (utilisation de capteurs sous-vide) alimentant les bâtiments en chauffage et en eau chaude sanitaire ;
- mise en place de moquettes solaires, même si les rendements de ces technologies sont en cours d'optimisation, cette technologie moins répandue présente un intérêt certain en terme d'intégration dans le bâti.

La moquette solaire est composée d'un réseau de tubes noirs accolés les uns aux autres. L'eau y circule pour être réchauffée à 25°C-30°C. Ce niveau de température ($\leq 30^\circ\text{C}$) faible ne permet pas une utilisation directe pour l'eau chaude sanitaire ($\sim 60^\circ\text{C}$). Il est nécessaire de coupler ce système avec une PAC (Pompe à Chaleur) pour obtenir un régime de température valorisable.



Un système solaire peut être utilisé comme système de base pour la production d'eau chaude sanitaire (ou de chauffage sous certaines conditions). Le solaire ne peut pas constituer une solution à lui seul et doit être combiné avec d'autres systèmes de production en complément comme des chaudières gaz à condensation dans les cas les plus classiques, ou des PAC (électrique ou gaz) par exemple.

1.2.2. Démarche relative au réseau de chaleur

Approche par densité linéaire

Suite à la localisation des zones de consommation, le premier tracé du réseau de chaleur a été réalisé afin de calculer la densité thermique du futur réseau.

La densité thermique est le ratio entre les besoins en énergie (en MWh) et la longueur du réseau (en mètre linéaire). Ce ratio permet d'évaluer d'intérêt de la création d'un réseau de chaleur.



Il est à noter que, dans une première approche, la localisation de la centrale de production n'a pas été identifiée. Le tracé ci-dessus ne présente que le réseau de distribution. Le réseau de transport (qui relie la centrale de production et ce réseau de distribution) devra être pris en compte lorsque la centrale de production aura été localisée.

NB : Pour la « Zone Stade », deux bâtiments de musée et de galerie n'ont pas été pris en compte dans le calcul de la densité. Ces bâtiments sont éloignés par rapport aux autres bâtiments, par ailleurs leur consommation est faible (370 MWh). Leur besoins en énergie pourraient être assurés par les systèmes individuels.

La prise en compte de ces deux bâtiments pénaliserait la densité de la « Zone Stade » (1,9 MWh/ml).

La densité thermique a été calculée pour 4 zones. À titre de comparaison, l'ADEME assure des subventions sur les réseaux de chaleur sous condition d'une densité de 1,5 MWh/ml. Ce niveau n'est pas nécessairement une référence à viser absolument, mais il donne un ordre d'idée intéressant pour juger de la pertinence économique d'un réseau de chaleur. Les valeurs obtenues dans les différentes zones ainsi que la valeur moyenne de l'ensemble (**2,4 MWh/ml**) sont supérieures à la valeur minimale.

Ces ratios sont d'ailleurs à analyser avec modération car les hypothèses de consommation des bâtiments sont assez minimalistes (les ratios de consommation de conception). Un calcul de consommation réel (intégrant les usages) aboutirait à des niveaux supérieurs impactant alors à la hausse la densité marginale du réseau.

De plus, il est nécessaire de prendre en compte le réseau de transport reliant le réseau de distribution et la source de production. La chaleur pourrait être produite par une nouvelle centrale à créer ou proviendrait du réseau d'interconnexion entre l'Écosite Vert-le-Grand et le réseau de chaleur d'Évry.

Centrale de production :

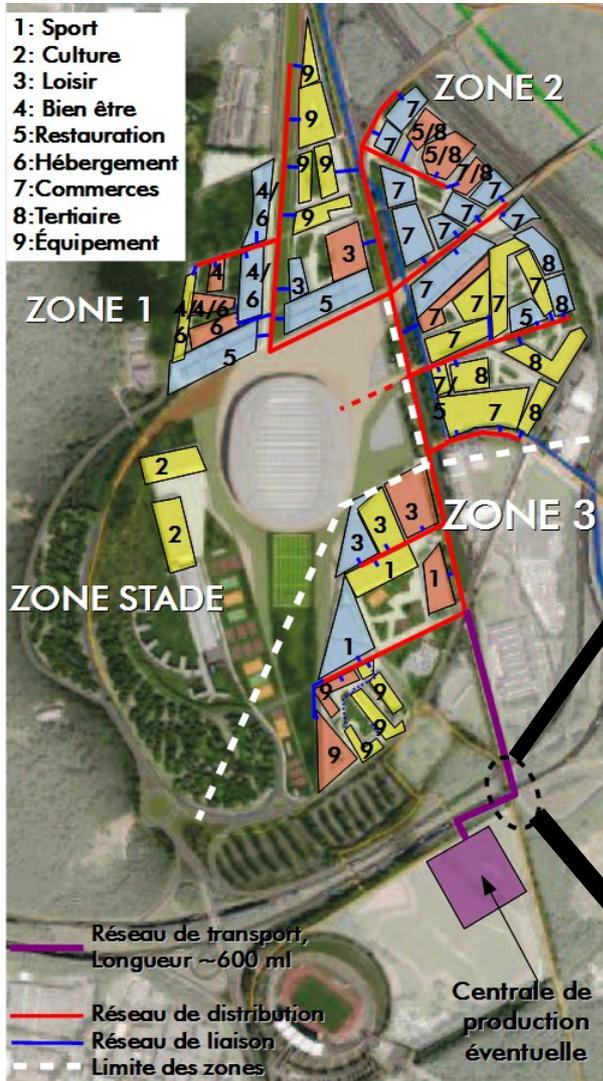
Deux types d'énergie pourraient être utilisés pour une production centralisée : la biomasse ou la géothermie. En fonction de la source d'énergie utilisée, la centrale de production est constituée par les éléments principaux suivants :

- Centrale biomasse : Bâtiments de la chaufferie (pour les chaudières bois et les chaudières gaz de secours et des équipements associés), silos de stockage, voies de contournement des camions de livraison, etc.
- Centrale géothermique : Bâtiments de la chaufferie (échangeurs, pompes, PAC, chaudières gaz de secours et des équipements associés), zone des forages, etc.

La surface nécessaire serait de l'ordre de 1000 – 1 500 m².

En concertation avec la CAECE, une centrale de production pourrait être placée sur le terrain situé à côté du stade Robert Bobin. (Cf. Schéma ci-dessous). La centrale de production et la zone desservie se trouvent sur deux côtés différents de la Francilienne. Le

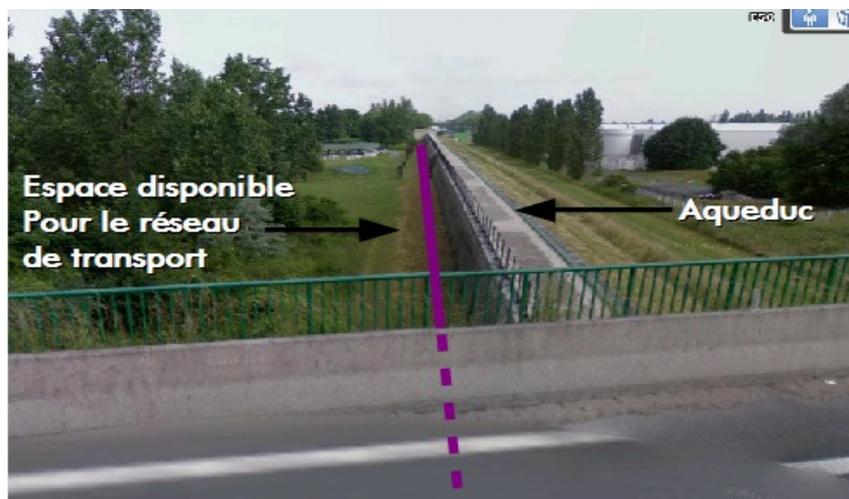
réseau de transport reliant la centrale au réseau de distribution devrait passer en dessous et être parallèle à l'aqueduc de la Vanne et du Loing.



Vue satellite



Vue du dessous



Protection sanitaire des aqueducs

Trois zones de protection sont à considérer : protection immédiate, protection rapprochée et protection éloignée.

La position ainsi que la distance à respecter pour chaque zone sont présentées par le schéma suivant :



La mise en place en parallèle de canalisation de chauffage urbain pourrait être tolérés dans les zones de protection rapprochée et de protection éloignée sous les conditions définies en Annexe 1 : eaux pluviales, eaux usées, eau potable, gaz ou canalisation transportant des hydrocarbures.

Le réseau de chaleur pourrait être inclus dans ces « tolérances ».

Raccordement au réseau d'interconnexion :

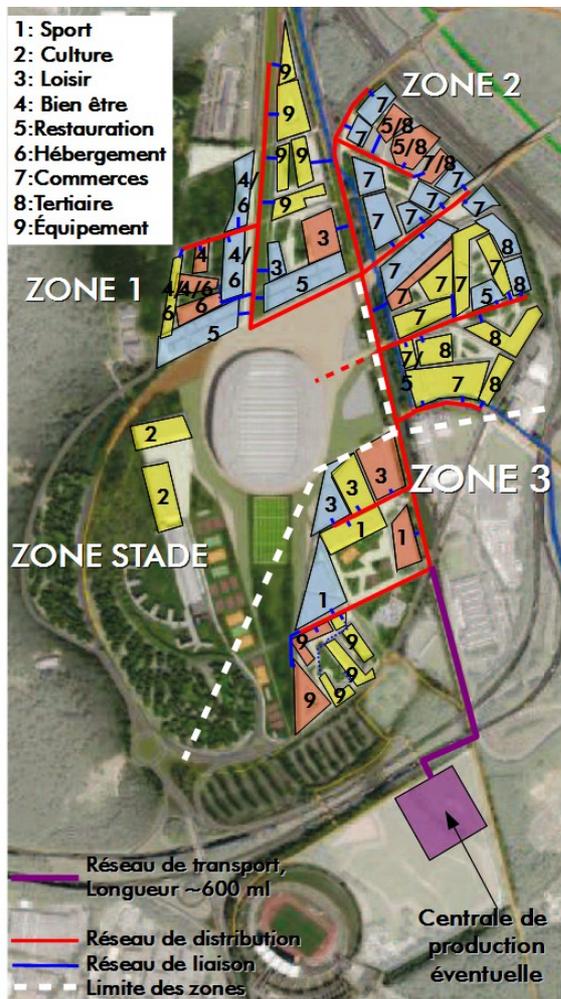
Le tracé du réseau de raccordement est présenté par le schéma suivant. Le réseau de raccordement traverserait le bois de la Garenne. Cela permettrait d'avoir un réseau de transport le plus court. Une sous-station d'échange HP/BP de 8,3 MW devrait être créée afin d'alimenter la totalité de la zone. La sous-station demanderait moins d'espace (~200 m²) qu'une centrale de production. Elle pourrait être intégrée du même côté que la zone desservie.



Une étude détaillée sur la faisabilité des passages du réseau de transport devra être réalisée afin de détecter toute difficulté éventuelle.

Solution 1

Centrale de production située dans le périmètre de la zone



Longueur du réseau de transport
~ 600 ml

Solution 2.

Raccordement au réseau d'interconnexion entre l'Écosite Vert-Le-Grand et le réseau de chaleur d'Évry



Longueur du réseau de transport ~2500ml

	Solution 1	Solution 2
Énergie fournie [MWh]	11 270	
Réseau de distribution [ml]	4 700	
Réseau de transport [ml]	600	2 500
Densité moyenne de la zone [MWh/ml]	2,1	1,6

La densité moyenne de la solution n°1 est supérieure à celle définie par l'ADEME.

Pour la solution n°2, la valeur de la densité est également supérieure à celle définie par l'ADEME mais reste faible d'un point de vue technico-économique.

1.2.3. Estimation du prix global de la chaleur

Il est réalisé dans cette partie une analyse en coût global en prenant en compte les charges suivantes :

- Le terme P1 correspond à la fourniture de chaleur. Il constitue la part variable des charges.
- Le terme P2 correspond à la conduite des installations.
- Le terme P3 correspond au gros entretien et renouvellement de matériel.
- Le terme P4 correspond au remboursement des annuités par un financement externe sur 20 ans à un taux de 5 %.

Afin de comparer la solution où la centrale de production se situe dans le périmètre de la zone avec celle du raccordement au réseau d'interconnexion entre l'Ecosite Vert-Le-Grand et le réseau de chaleur d'Évry, le terme P1 de cette solution doit correspondre au prix de la chaleur sortie centrale. Il doit prendre en compte le coût d'investissements pour la création d'une nouvelle centrale de production, le coût des combustibles et le coût d'entretien de la centrale.

Les coûts d'investissement du réseau de transport et de distribution sont estimés en fonction de la longueur du réseau à créer.

En complément de ces coûts, il reste à prendre en compte les coûts de livraison de la chaleur au travers des postes de livraison des usagers. Ces coûts de livraison ne sont pas estimés à partir des données du projet car il est trop peu avancé pour donner une estimation fiable de ces coûts. Il est donné une fourchette du prix global maximal et minimal attendu sur ce type de projets.

Le prix global de la chaleur de trois scénarii suivants a été estimé :

- **Scénario 1** : La production par une centrale biomasse située dans le périmètre de la zone,
- **Scénario 2** : La production par une centrale géothermique située dans le périmètre de la zone,
- **Scénario 3** : Chaleur provenant du réseau d'interconnexion entre l'Ecosite Vert-le-Grand et le réseau de chaleur d'Évry.

Scénario1 : La production par une centrale biomasse située dans le périmètre de la zone

La puissance appelée nécessaire de la zone est de l'ordre de 8,3 MW.

Le coût d'investissement total (hors réseau de livraison) serait de 7,5 M€.HT, dont 3,6 M€.HT pour une centrale biomasse de 4 MW.

BOIS	Investissements assurés en intégralité par la CAECE (ou l'aménageur)	Investissements assurés en partie par la CAECE (ou l'aménageur) et en partie par les promoteurs	Unité
P1 – coût de fourniture de la chaleur	63	63	€.HT/MWh
Réseau de transport (P2/P3/P4)	6	6	€.HT/MWh
Réseau de distribution (P2/P3/P4)	34	20	€.HT/MWh
Réseau de livraison (P2/P3/P4)	entre 10 et 60	0 <i>frais supportés par les promoteurs via des droits de raccordement</i>	€.HT/MWh
Coût global pour les usagers	Entre 113 et 163 équivalent : entre 3,5 et 5,1 €.HT/m ² SHON	89 équivalent : 2,8 €.HT/m ² SHON	€.HT/MWh

Dans le cas où les investissements assurés en partie par la CAECE (ou aménageur) et en partie par les promoteurs, le coût d'investissement pour le réseau de distribution pourrait être diminué. Ce réseau pourrait être enterré dans le même tranchée que celle des autres réseaux (eau, EDF, GDF, téléphonie, etc), permettant de faire des économies sur les coûts de génie civil pour la tranchée.

Le réseau de livraison pourrait être financé, soit par les promoteurs eux-mêmes, soit par la CAECE (ou l'aménageur).

Il apparaît que le niveau de prix de la chaleur est intéressant dans le cas où les investissements relatifs au génie civil du réseau de distribution et le réseau de liaison rentrent dans le cadre des travaux d'aménagement de la zone. Ces frais pourraient être supportés par les promoteurs via des droits de raccordement. À titre de comparaison, le coût de la chaleur actuel sur le réseau d'Évry est de l'ordre de 69 €.HT/MWh (i.e 2,5 €/m² SHON).

Scénario 2: La production par une centrale géothermique située dans le périmètre de la zone

Ce scénario consiste à produire de la chaleur à partir de la géothermie « très basse énergie ». Il s'agit de capter de l'énergie de l'eau présente dans les aquifères. La profondeur de ces nappes d'eau varie de quelques dizaines à quelques centaines de mètres, avec des températures qui varient de 10 à 30° C selon la profondeur.

Il serait nécessaire de réaliser deux forages : le premier pour puiser l'eau, le second pour l'injecter dans la nappe. L'eau puisée est dirigée vers la pompe à chaleur (PAC) qui en extrait les calories et les valorise pour les restituer sous forme d'eau chaude pour alimenter le réseau de chaleur collectif.

Le coût d'investissement total serait de 9 M€.HT, dont 5,2 M €.HT pour les forages, la PAC, l'échangeur géothermique, les équipements associés ainsi que le coût génie civil du bâtiment de la centrale.

Le coût global de la chaleur pour les usagers a été estimé et présenté dans le tableau suivant :

GEOOTHERMIE SURFACIQUE	Investissements assurés en intégralité par la CAECE (ou l'aménageur)	Investissements assurés en partie par la CAECE (ou l'aménageur) et en partie par les promoteurs	Unité
P1 – coût de fourniture de la chaleur	77	77	€.HT/MWh
Réseau de transport (P2/P3/P4)	6	6	€.HT/MWh
Réseau de distribution (P2/P3/P4)	34	20	€.HT/MWh
Réseau de livraison (P2/P3/P4)	entre 10 et 60	0 <i>frais supportés par les promoteurs via des droits de raccordement</i>	€.HT/MWh
Coût global pour les usagers	Entre 127 et 177 équivalent : entre 4 et 5,5 €.HT/m ² SHON	103 équivalent : 3,2 €.HT/m ² SHON	€.HT/MWh

Le prix de la chaleur dans ce scénario est plus cher que celui précédent. Cela est dû au coût de production de chaleur plus fort. Le coût d'investissement et le coût d'entretien d'une centrale géothermique sont plus importants que ceux d'une centrale biomasse de la même taille.

Ce scénario est moins intéressant même avec le coût du génie civil du réseau de transport et le coût du réseau de liaison supportés par les promoteurs via des droits de raccordement.

Scénario 3 : Raccordement au réseau d'interconnexion entre l'Ecosite Vert-Le-Grand et le réseau de chaleur d'Évry

Il serait nécessaire de réaliser 2 500 ml de réseau de chaleur (réseau de transport) ainsi qu'une sous-station d'échanges HP/BP de 8,3 MW pour alimenter l'intégralité de la zone. Les investissements à porter pour de tels ouvrages serait de l'ordre de 3,4 M€.HT. **Ce prix ne comprend pas les sujétions liées aux passages du réseau de transport non connues à ce jour.**

Le coût d'investissement total (hors réseau de livraison) serait de 6,7 M€.HT.

Le tableau suivant donne le coût global de la chaleur résultant de cette opération.

RESEAU D'INTERCONNEXION	Investissements assurés en intégralité par la CAECE (ou l'aménageur)	Investissements assurés en partie par la CAECE (ou l'aménageur) et en partie par les promoteurs	Unité
P1 – coût de fourniture de la chaleur – Chaleur livrée en sous-station par l'Ecosite	33	33	€.HT/MWh
Réseau de transport (P2/P3/P4)	35	35	€.HT/MWh
Réseau de distribution (P2/P3/P4)	34	20	€.HT/MWh
Réseau de livraison (P2/P3/P4)	entre 10 et 60	0 <i>frais supportés par les promoteurs via des droits de raccordement</i>	€.HT/MWh
Coût global pour les usagers	entre 112 et 162 équivalent : entre 3,5 et 5,1 €.HT/m ² SHON	88 équivalent : 2,8 €.HT/m ² SHON	€.HT/MWh

Il est à noter que le prix de fourniture de chaleur (P1) est le prix indiqué par GIE Évry dans le cadre du projet de nouvel avenant de la DSP. C'est le prix unitaire d'un MWh de chaleur livrée en sous-station d'échange HP/BP pour le réseau d'Évry. Ce prix comprend le coût du réseau d'interconnexion.

Le niveau de prix de la chaleur est intéressant dans le cadre de ce scénario. Avec le coût du réseau de liaison et le coût de génie civil du réseau de distribution supportés par les promoteurs (via des droit de raccordement), le prix de la chaleur est au même niveau que celui du réseau de chaleur d'Évry.

1.2.4.Synthèse

Du point de vue énergétique et économique, la solution de création d'un réseau de chaleur collectif avec la chaleur provenant du réseau d'interconnexion entre l'Ecosite Vert-le-Grand et le réseau de chaleur d'Évry est la plus intéressante.

Dans le cas où la zone rentre dans le périmètre de la DSP, les usagers pourraient bénéficier du même niveau de prix que des autres abonnés du réseau.

1.3.DÉMARCHE RELATIVE À L'INDIVIDUALISATION

1.3.1.Problématique et méthodes d'analyse

L'individualisation est entendue ici en tant que mode de gouvernance des choix techniques de réalisation et d'exploitation.

Dans le cadre de l'individualisation, il est nécessaire de mettre en place des dispositifs permettant à un usager d'agir activement sur sa consommation d'énergie en la maîtrisant. Cette recherche est évidemment limitée par l'économie du projet.

La première des dispositions dans une telle démarche est d'imposer la mise en place de systèmes de chauffage adaptables. En effet, plus les niveaux de température de fonctionnement des émetteurs sont bas, et plus il sera simple d'adapter ces systèmes de distribution et d'émission à d'autres systèmes de production. Les technologies couramment utilisées pour faire de la performance, sont d'autant plus efficaces que les régimes de température sont bas (condensation sur les fumées pour les chaudières, optimisation du rendement des PAC, etc.).

Au delà de la performance des bâtiments qui doit être optimale dans une telle démarche, il est nécessaire d'envisager la mise en place de solutions efficaces et adaptables sur un bâtiment.

Le recours à des PAC pour valoriser l'air extrait des bâtiments ou les eaux usées sont des systèmes d'efficacité énergétique qui permettent de limiter les consommations d'énergie de manière intéressante, même si ces solutions ne peuvent constituer une réponse à elles seules sans être combinées avec d'autres systèmes.

Par ailleurs, pour les bâtiments dont les toitures sont orientées Sud, l'élaboration d'un projet solaire ambitieux pour produire de l'eau chaude sanitaire pourrait être envisagée.

Les systèmes d'appoint complémentaire à mettre en place pourraient s'appuyer aussi bien sur des PAC géothermiques sur nappes ou sur sondes utilisant du gaz ou de l'électricité, que sur des systèmes plus classiques type chaudière gaz à condensation par exemple.

Afin d'analyser l'opportunité des différentes solutions préconisées, il est proposé de déterminer quatre critères :

- le taux d'autonomie énergétique, défini comme le taux de ressources locales (quartier/Ville) et territoriales (agglomération/région) mobilisées au regard de l'énergie totale consommée ;
- le facteur d'énergie primaire globale du système de production de chaleur défini au sens des valeurs définies dans la RT2005 ;
- les quantités de gaz à effet de serre émises et évitées définies comme la somme des tonnes de CO₂ pour la production de cette énergie ;

- les quantités d'énergie non renouvelable consommées et évitées définies en tonne équivalent pétrole, ce terme étant couramment utilisé dans l'industrie pétrolière et gazière.

Les quantités évitées sont calculées en prenant comme solution de référence les chaudières gaz à condensation.

Les différentes solutions préconisées à ce stade seront analysées au regard de ces quatre critères afin de dégager les grandes orientations énergétiques pertinentes. Il sera précisé les nuances à apporter lors de cette analyse qui revêt derrière une apparente simplicité une complexité certaine.

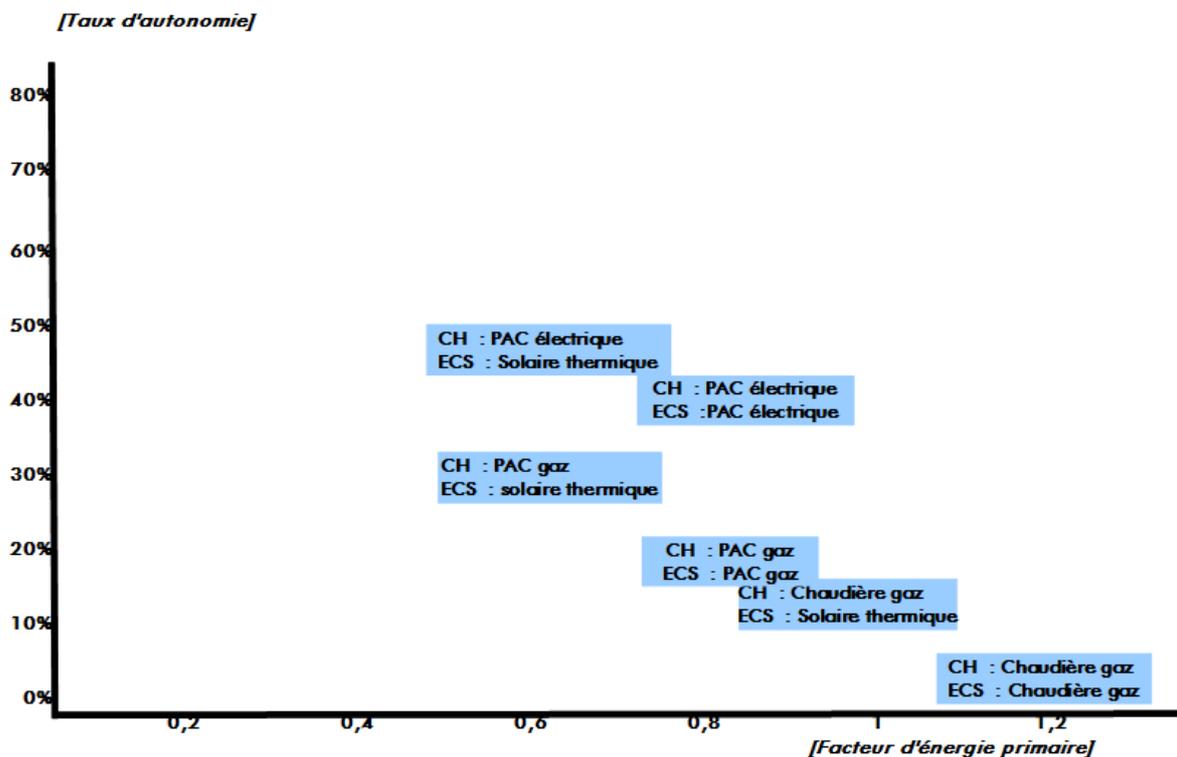
Les six solutions étudiées sont résumées dans le tableau à double entrée suivant où il est précisé à la verticale le système utilisé pour le chauffage et à l'horizontale celui pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS).

		Système de chauffage		
		Gaz à condensation	PAC gaz sur nappe	PAC électrique sur nappe
Système d'ECS	Gaz à condensation	Gaz à condensation pour CH & ECS		
	PAC gaz sur nappe		PAC gaz sur nappe pour CH & ECS	
	PAC électrique sur nappe			PAC électrique sur nappe pour CH & ECS
	Solaire thermique	CH : Gaz à condensation ECS : Solaire thermique	CH : PAC gaz sur nappe ECS : Solaire thermique	CH : PAC électrique sur nappe ECS : Solaire thermique

1.3.2.Synthèse générale sur les solutions d'individualisation

Les résultats issus du calcul sont détaillés en annexe 2 du présent rapport.

Le graphe ci-dessous présente le taux d'autonomie énergétique en fonction du facteur d'énergie primaire selon les solutions.



Le taux d'autonomie traduit la capacité des usagers à decorréler leur consommation des énergies fossiles importées, donc plus il est important et plus le système est intéressant au regard de ce critère.

Le facteur d'énergie primaire donne le nombre d'unités d'énergies primaires consommées pour produire une unité d'énergie en chaleur utile consommée sur le site, donc plus ce ratio est faible et plus le système est intéressant car il utilise moins d'énergie primaire pour produire une unité de chaleur utile.

La solution de référence avec des chaudières gaz à condensation est la plus mal positionnée avec un facteur de ressources primaires proche de 1,1, et un taux d'autonomie énergétique du site de 0%.

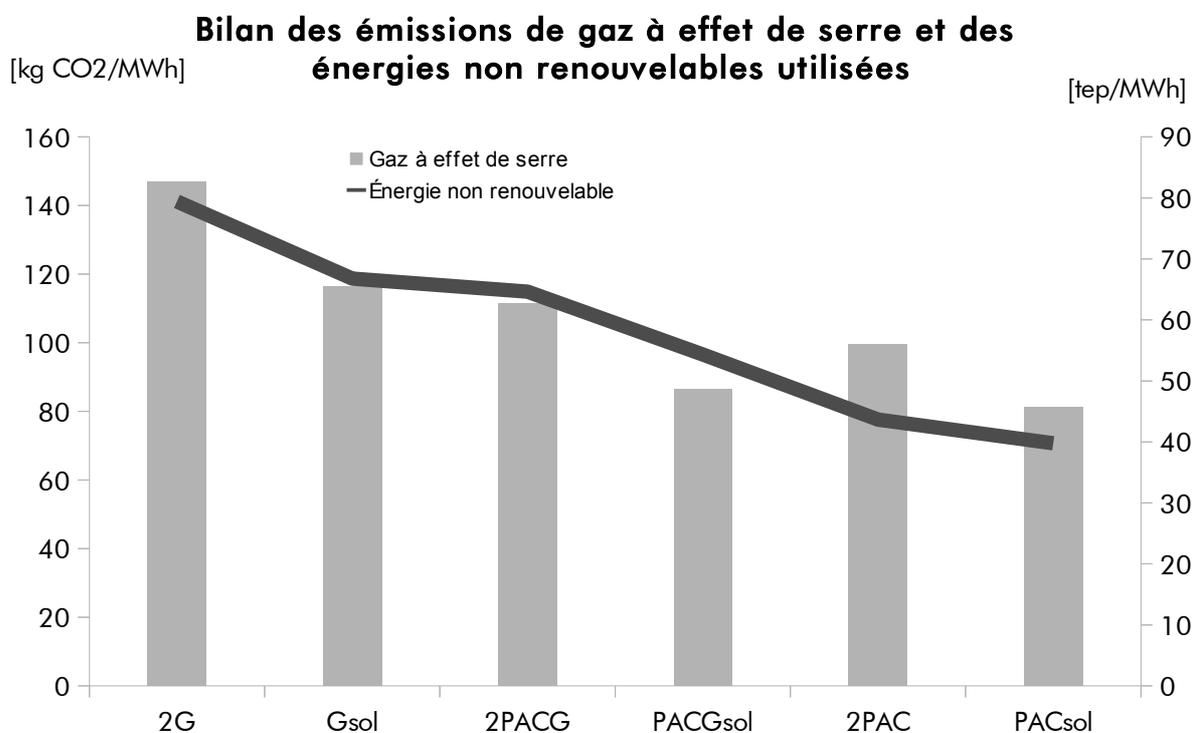
La solution PAC électrique sur nappe apparaît quasiment aussi performante que la PAC gaz sur nappe. La plage de variation des coefficients de performance d'une PAC électrique est tout de même plus large, et induit une plage potentielle de facteurs d'énergie primaire entre 0,75 et 0,9. Pour la PAC gaz, ce facteur serait compris entre 0,75 et 0,85. La valeur finale de ce facteur dépendra principalement des contraintes de régulation du chauffage dans le bâtiment. Il faudra tendre vers des fluides à température les plus basses possibles pour optimiser au maximum les systèmes. Il est d'ailleurs important de remarquer que l'eau chaude sanitaire pèse dans ce déficit de performance car la température de l'eau à produire est pour sa part constante à 60°C environ.

La mise en place d'une solution de solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire permet d'après les calculs de faire tendre le facteur d'énergie primaire moyen aux alentours de 0,6 pour les solutions de PAC gaz ou électrique sur nappe alluviale, ce qui est un bon résultat.

L'analyse du taux d'autonomie énergétique semble mettre en avant la solution de PAC électrique avec des taux varie entre 40% et 50% avec ou sans solaire thermique pour la production d'ECS. Les solutions de PAC gaz seraient pour leur part entre 25% et 35% selon la production solaire combinée.

Cependant, l'analyse de ce taux doit prendre en compte que la méthode de calcul ne pondère pas la relation à l'autonomie qui n'est considérée que du point de vu d'une maîtrise locale et territoriale de la production contre une maîtrise nationale. Dans une comparaison idéale, il serait nécessaire de pondérer les énergies nationales par des critères économiques notamment. Une telle méthode n'est pas simple à mettre en œuvre de manière rigoureuse et induirait aussi d'autres problématiques qui ne seraient pas intégrées. En bref, cette méthode de calcul simplifiée qui a le mérite de ne pas induire de biais de calcul non connu, doit être prise avec recul pour ne pas consacrer une solution plutôt qu'une autre sur la seule base de son analyse.

Par la suite, le graphe suivant présente le bilan des émissions de gaz à effet de serre et des tonnes d'équivalent-pétrole consommées.



Solution	2G	Gsol	2PACG	PACGsol	2PAC	PACsol
<u>Gaz à effet de serre</u>						
Émis (kgCO ₂ /MWh)	147	116	111	87	99	81
Évité (kgCO ₂ /MWh)	0	30	35	60	47	66
<u>Énergie non renouvelable</u>						
Consommée (tep/MWh)	79	67	65	54	44	40
Évitée (tep/MWh)	0	13	15	25	36	40

Les valeurs issues des simulations constituent des estimations résultantes d'un grand nombre d'hypothèses spécifiques au site, et qui devront faire l'objet de validation par les équipes de maîtrise d'œuvre. Les faibles écarts de l'ordre de 10% ne peuvent être considérés comme structurants pour étayer une argumentation.

Au regard des émissions de gaz à effet de serre, il n'a pas été considéré le ratio public d'EDF sur la teneur carbone de l'énergie électrique. Ces ratios font l'objet de plusieurs discussions au sein des électriciens et n'ont pas trouvé de conclusion ferme et consensuelle à ce jour. Le ratio pris est de 363 kg CO₂/MWhé pour les consommations d'électricité à destination du chauffage et de 60 kg CO₂/MWhé pour consommations d'électricité à autres usages.

Sous ces hypothèses, il apparaît que la solution individuelle de PAC électrique reste plus intéressante au regard des autres individualisées, même si son avantage reste dans la marge d'erreur du calcul.

L'analyse en tep consacre largement la PAC électrique.

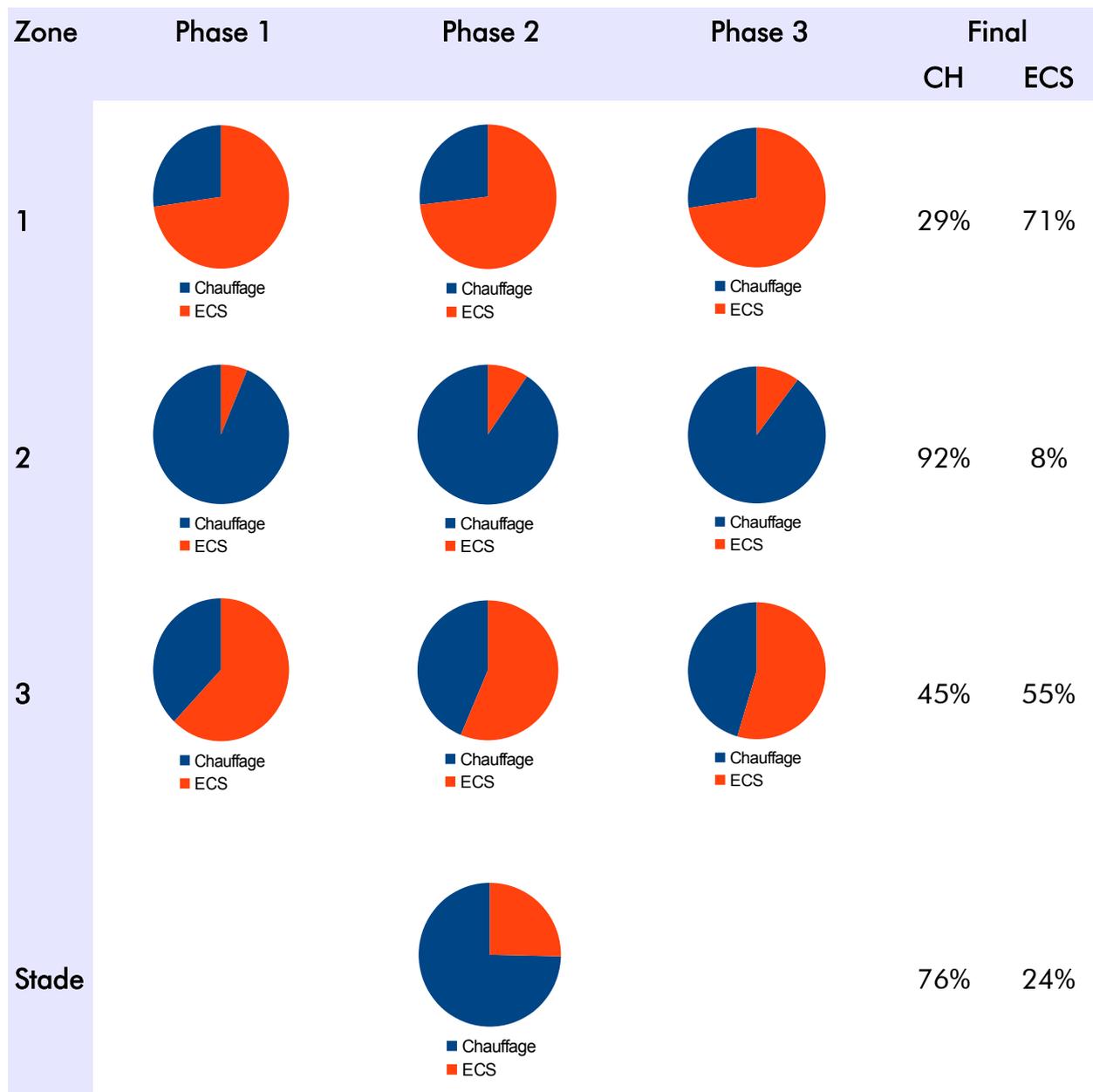
Analyse économique de première approche

Le tableau suivant présente le coût global des solutions individualisées hors subvention.

		Système de chauffage		
		Gaz à condensation	PAC gaz sur nappe	PAC électrique sur nappe
Système d'ECS	Gaz à condensation	4-8 €/m ²		
	PAC gaz sur nappe		3-7 €/m ²	
	PAC électrique sur nappe			4-8 €/m ²
	Solaire thermique	5-9 €/m ²	4-8 €/m ²	5-9 €/m ²

1.3.3.Choix de solutions individualisées pour chaque zone

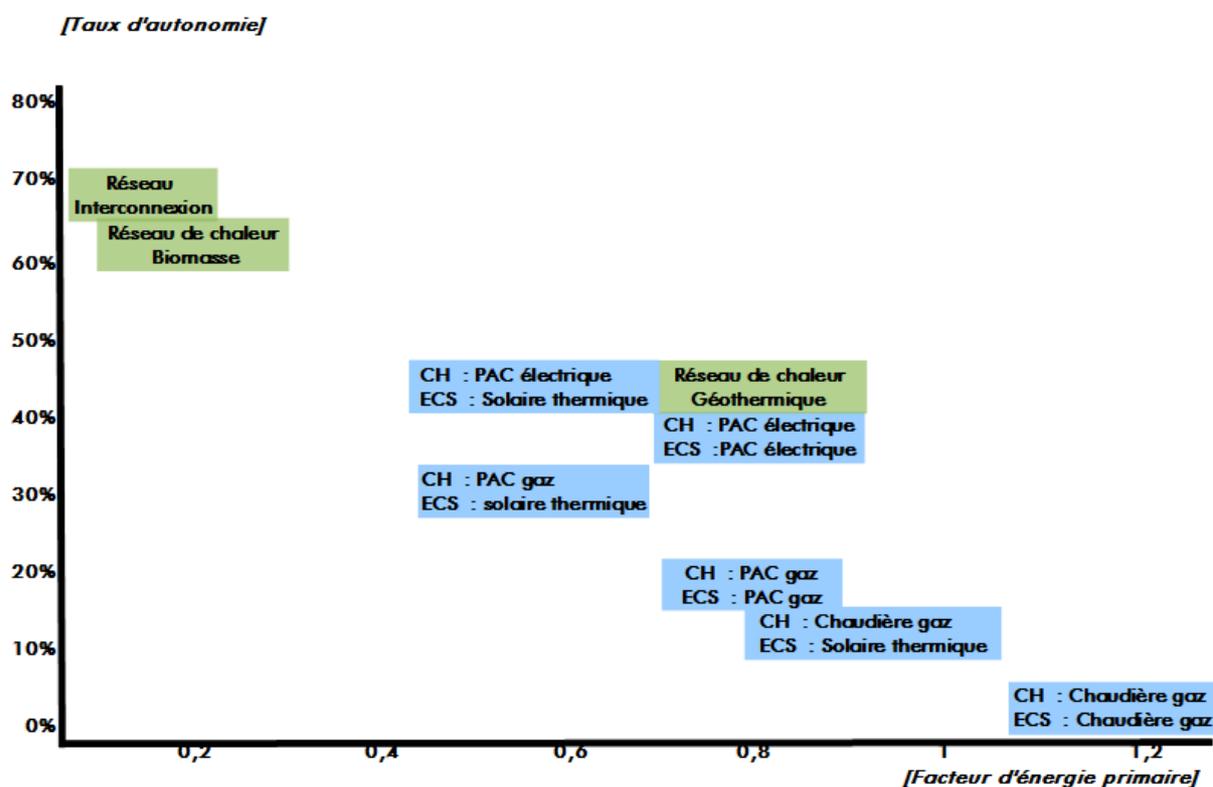
La consommation en chauffage et en eau chaude sanitaire des différentes zones est illustrée par les schémas suivants :



Zone	Activités essentielles	Système énergétique recommandé
1	Hôtellerie, Hébergement, Bien-être, etc : les besoins en eau chaude sanitaire sont très importants.	Chauffage : PAC électrique ou gaz sur nappe. ECS : solaire thermique.
2	Commerces et bureaux, etc : les besoins en eau chaude sanitaire sont faibles.	Pompe à chaleur électrique ou gaz sur nappe pour chauffage et ECS.
3	Loisir, sport, équipements : les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire sont équivalents.	Chauffage : PAC électrique ou gaz sur nappe. ECS : solaire thermique.
Stade	Chauffage pour les bureaux et ECS pour les vestiaires.	Chauffage : Pompe à chaleur électrique ou gaz sur nappe. ECS : solaire thermique.

1.4.RÉSEAU DE CHALEUR OU SOLUTIONS INDIVIDUALISÉES

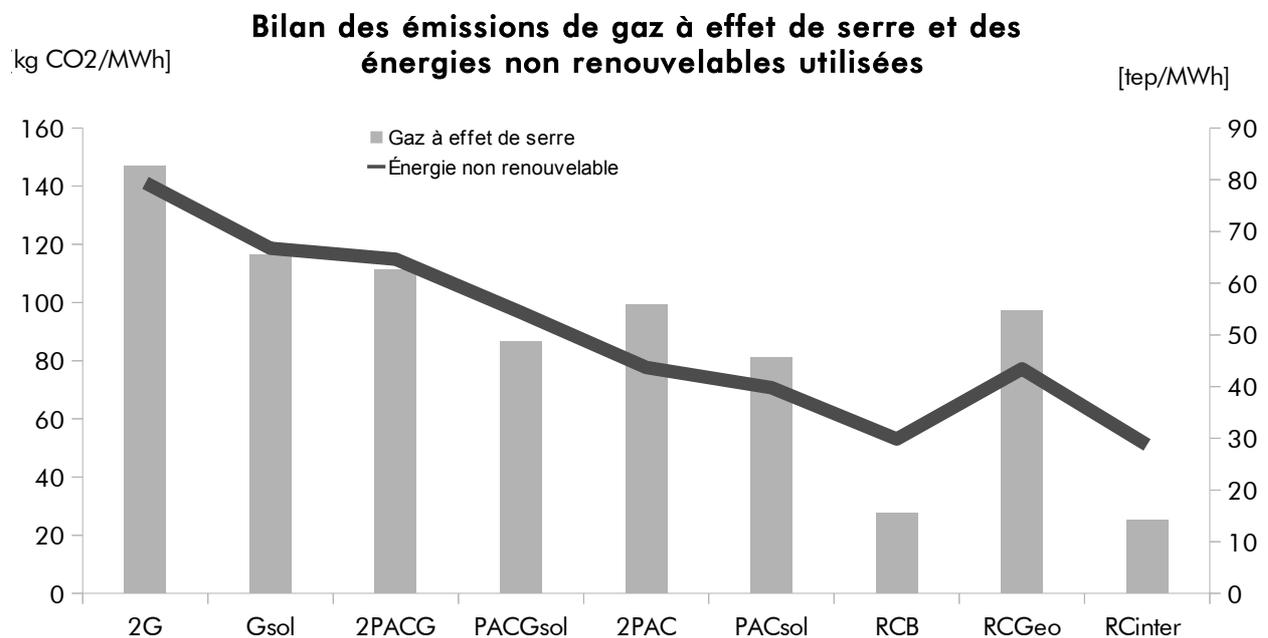
Les solutions de réseau de chaleur ont été intégrées pour y être comparées.



La solution de réseau de chaleur (Biomasse et raccordement au réseau d'interconnexion entre l'Ecosite Vert-le-Grand et le réseau de chaleur d'Évry) apparaissent comme la plus pertinente au regard de ces critères, en consacrant un projet énergétique performant sur le territoire. La remarque est identique sur la prise en compte d'un critère économique.

Le facteur d'énergie primaire de la solution de réseau de chaleur géothermique est légèrement plus performante que la solution PAC électrique individuelle dans les bâtiments.

Le bilan des émissions de gaz à effet de serre et des tonnes d'équivalent-pétrole consommées est comparé et présenté par le graphe suivant :



Solution	2G	Gsol	2PACG	PACGsol	2PAC	PACsol	RCB	RCGeo	RCinter
<u>Gaz à effet de serre</u>									
Émis (kgCO ₂ /MWh)	147	116	111	87	99	81	28	97	25
Évité (kgCO ₂ /MWh)	0	30	35	60	47	66	119	50	122
<u>Énergie non renouvelable</u>									
Consommée (tep/MWh)	79	67	65	54	44	40	30	43	29
Évitée (tep/MWh)	0	13	15	25	36	40	50	36	51

Le prix global de la chaleur en €.HT/m² des solutions de réseau de chaleur a été comparé avec celui des solutions individualisées.

Pour le réseau de chaleur, il s'agit du coût global de l'opération et non du prix du réseau de chaleur issu du traité de concession.

		Système de chauffage			
		Gaz à condensation	PAC gaz sur nappe	PAC électrique sur nappe	Réseau de chaleur
Système d'ECS	Gaz à condensation	4-8 €/m ²			
	PAC gaz sur nappe		3-7 €/m ²		
	PAC électrique sur nappe			4-8 €/m ²	
	Solaire thermique	5-9 €/m ²	4-8 €/m ²	5-9 €/m ²	
	Réseau de chaleur				2,5 – 6 €/m ²

Les solutions de réseau de chaleur apparaissent potentiellement moins chères que les solutions individualisées. L'arbitrage économique entre les différentes solutions devra être porté par les équipes de maîtrise d'œuvre qui auront une parfaite maîtrise des coûts pour définir la meilleure solution.

2.SOLUTIONS POUR LE RAFRAÎCHISSEMENT ET LA CLIMATISATION

2.1.DISTINCTION ENTRE LE RAFRAÎCHISSEMENT ET LA CLIMATISATION

Le rafraîchissement consiste à diminuer la température dans les locaux. Compte tenu de l'utilisation d'un principe de fonctionnement naturel, il ne permet pas une gestion précise de la température intérieure. Ce mode de refroidissement est intéressant à mettre en place dans les endroits où les apports internes sont faibles ou les besoins en froid ne sont nécessaires qu'en été.

Les énergies renouvelables pourraient être intégrées dans ce mode de refroidissement par le biais de la technique dite du free cooling (refroidissement naturel), qui permet d'utiliser directement le froid de l'eau (de la nappe ou de la rivière).

La climatisation consiste à modifier, contrôler et réguler les conditions climatiques (température, humidité, niveau de poussières, etc.) d'un local (bureaux, commerces, etc, où les apports internes sont importants). Basée sur le même principe de fonctionnement que le chauffage par pompe à chaleur, la climatisation utilise la réversibilité de l'équipement → groupe frigorifique.

Rafraîchissement	Climatisation
<ul style="list-style-type: none">- pas de gestion de température précise- moins coûteux,- énergie renouvelable utilisable.	<ul style="list-style-type: none">- gestion de température précise,- plus coûteux,- production à partir d'énergie fossile (électricité ou gaz).

2.2.RÉSEAU DE FROID OU SOLUTIONS INDIVIDUALISÉES

Le réseau de froid collecte la chaleur dans les bâtiments desservis pour l'évacuer au niveau d'une centrale de refroidissement. Les réseaux de froid encore peu utilisés en France et en Europe, disposent d'atouts par rapport aux systèmes de climatisation individuels : impact environnemental moindre, réduction des émissions de gaz à effet de serre, suppression des contraintes sur les bâtiments, etc. Bien que nécessitant des investissements initiaux importants, les réseaux de froid représentent ainsi une solution de climatisation à développer notamment dans les zones urbaines denses.

La production centralisée pourrait être basée sur les ressources d'énergies renouvelables dans le cas où les bâtiments n'ont besoin que du rafraîchissement (refroidissement direct par l'eau de la nappe).

La production du froid pour la climatisation doit recourir à la technologie du groupe frigorifique. Le fonctionnement du compresseur de cet équipement doit être assuré, en général, par l'électricité (95% des cas), mais du gaz peut être utilisé.

Outre le réseau de froid classique, il est possible de produire du froid à partir d'un réseau de chaleur alimentant des machines à absorption situées au niveau des immeubles. Cette technique présente des rendements modestes et ne permet pas de bénéficier des avantages liés à la centralisation des équipements de production de froid.

Avantages et inconvénients du réseau de froid

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Gain de place pour les bâtiments (car pas de tours refroidissement en toiture, émetteurs moins volumineux), Moins de contraintes techniques et sanitaires pour les usagers. 	<ul style="list-style-type: none"> Énergie renouvelable utilisable quasi-uniquement pour un réseau de rafraîchissement, Difficulté pour les projets dont les phasages s'étendent sur une longue durée : Évolution de réglementation sur la consommation.

2.3.LE GRAND STADE DE RUGBY ET LES PROJETS IMMOBILIERS AUX ALENTOURS

2.3.1.Bilan énergétique

Les ratios suivants ont été utilisés pour estimer les besoins en froid des bâtiments

Type	Activités	Ratio de consommation Froid <i>kWh/m²/an</i>	Ratio de puissance froid <i>W/m²</i>
Tertiaire	Bureaux, local d'activité	50	100
Hôtellerie	Hôtel, Bungalow	21	35
Commerces	Boutique, commerce	81	135
Équipement	École, pôle recherche	0	0
Restaurant	Snacking, restaurant	40	80
Sport	Salle de sport	0	0
Bien être	Spa, Thalasso	0	0
Loisirs	Cinéma, complexe multi-activité	48	80
Culture	Galerie d'art, exposition	48	80

Les besoins en froid du grand stade sont présentés dans le tableau suivant :

ESPACE	Froid	Surface utile (SU)	Consommation Froid	Puissance Froid
		<i>m²</i>	<i>MWh</i>	<i>kW</i>
Sport		1 417	65	130
Bâti	Bureaux, local	1 293	65	130
Douche	pour 22 personnes	24	0	0
Bain	Bain chaud / froid	100	0	0
Media/Presse		1 204	60	120
Bâti		1 204	60	120
VIP		33 137	1 415	2 825
Bâti	Salon, sanitaires, loges	28 258	1 415	2 825
Terrasse	Logement, stockage mobilier	4 879	0	0
Grand Public		34 666	290	580
Bâti	Billetterie, Restaurant, infirmerie	7 226	290	580
Autres	Circulation, déambulateur	27 440	0	0
Sécurité/Sûreté		232	15	25
	Poste, cellule	232	15	25
Personnels		2 277	105	210
Bâti	Bureaux, salles	2 097	105	210
Autres	Stockage	180	0	0
Activité annexes		912	40	75
Bâti	Musée, boutique	772	40	75
Autres	Réserve, stock	140	0	0
Cartering/Restauration		1 740	70	140
Bâti	Brasserie, restaurant affaires	995	40	80
Autres	Réserve, stockage	745	30	60
Logistique/Stockage		1 905	5	5
Locaux technique	Gestion, information	60	5	5
Autres	Déchets, Stockages divers	1 845	0	0
Total		77 490	2 065	4 110

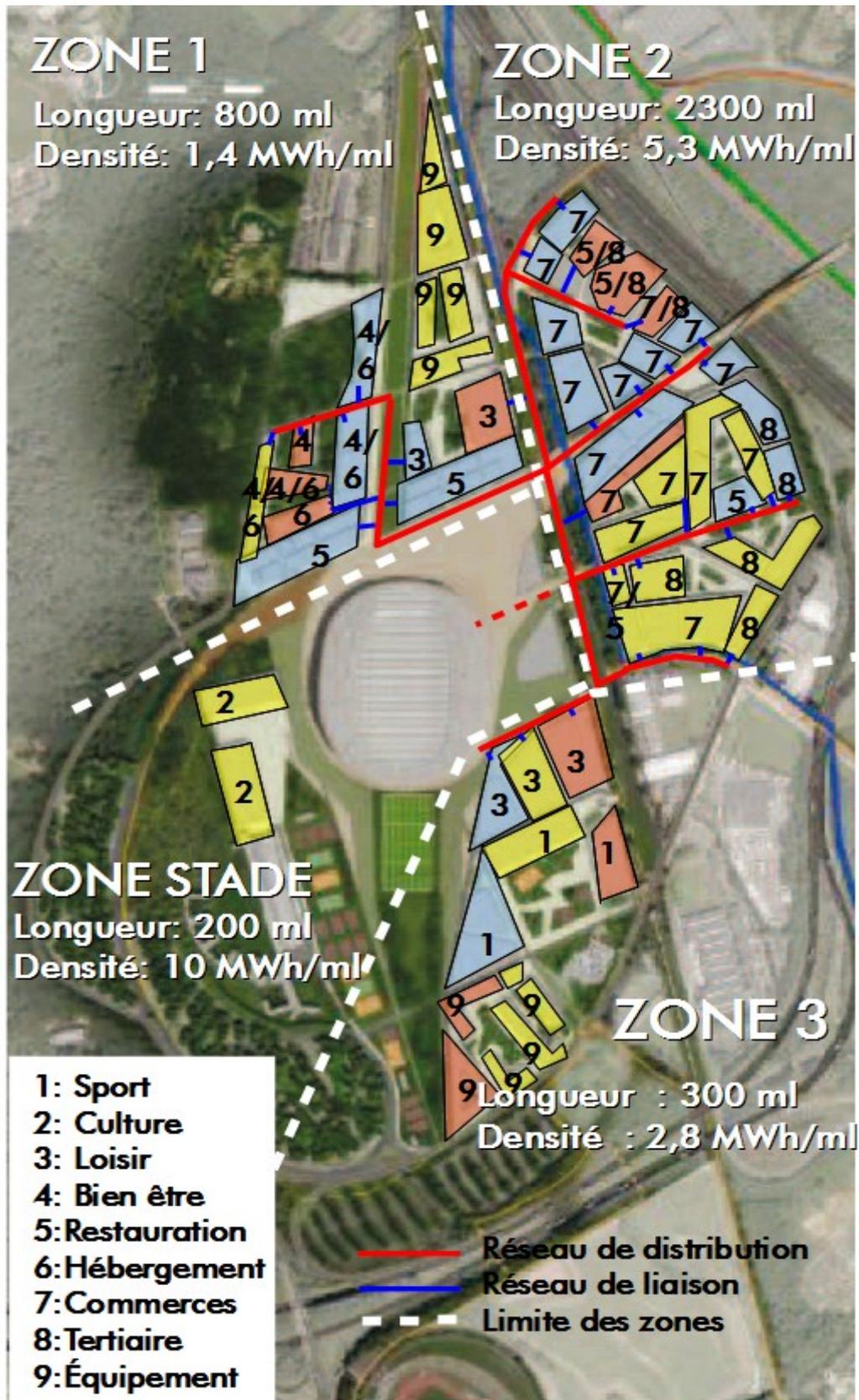
Les besoins en froid des projets immobiliers aux alentours sont présentés dans le tableau suivant :

Type d'activité	FROID	Total SHON	Consommation Froid	Puissance Froid
		<i>m²</i>	<i>MWh</i>	<i>kW</i>
Sport		25 828		
	Médecine du sport	5 166	0	0
	Centre de remise en forme	10 331	0	0
	locaux tertiaires dédiés aux fédérations, acteurs	10 331	0	0
Culture		15 067	725	1 205
	Galerie d'Art	6 027	290	480
	Musée	9 040	435	725
Loisir		23 677	1 145	1 905
	Cinéma, bowling...	8 610	420	695
	Complexe multi loisirs	15 067	725	1 210
Bien être		5 166		
	Spa, thalasso/Hammam/sauna	5 166	0	0
Restauration		17 219	685	1 375
	Snacking, resto traditionnel...	17 219	685	1 375
Hébergement & Hôtellerie		20 897	435	735
	Hôtellerie	15 497	320	545
	Village vacances	5 400	115	190
Commerces		91 520	7 420	12 360
	Commerce de proximité	11 623	945	1 575
	Retail Park, Centre thématique	79 897	6 475	10 785
Tertiaire		90 401	4 525	9 044
	Bureaux d'entreprise	66 294	3 310	6 629
	locaux d'activité	24 107	1 215	2 415
Équipement		26 861		
	Pôle d'enseignement/Recherche privé	16 530	0	0
	Autres	10 331	0	0
Total		316 636	14 935	26 624

Il est à noter qu'il n'y aura pas de climatisation dans les équipements, les salles de sport ainsi que dans les espaces «Bien-être ».

L'ensemble de la zone est constitué par des commerces, des bureaux, des équipements accueillant du public et des hôtelleries, etc. Les besoins en froid de ces bâtiments seraient importants, le rafraîchissement ne serait pas suffisant pour équilibrer la température intérieure. Il serait nécessaire d'utiliser la climatisation.

Le réseau de froid a été tracé et la densité a été calculée.



Il est à constater qu'il serait intéressant de mettre en place un réseau de froid sur les zones 2, 3 et Stade (hors bâtiment culture n°2). La densité thermique de la zone 1 est faible.

Les besoins des zones 2, 3 et Stade (hors bâtiment culture n°2) sont de l'ordre de 15 GWh. La densité moyenne serait de 4,8 MWh/ml.

L'estimation du coût global ci-dessous est réalisée sur cette base de consommation et en fonction du réseau de distribution. Le réseau de transport relie le réseau de distribution et la centrale de production qui pourrait être sur la même parcelle que la centrale de chaleur localisée (à côté du Stade Robert Bobin).

2.3.2. Estimation du coût global

Les coûts d'investissement totaux seraient de l'ordre de 10 M€.HT, dont l'investissement pour la création d'un réseau de froid serait de 3,8 M€.HT, et la centrale de production équipée des pompes à chaleur (puissance totale de 30 MW) est estimé à 6,2 M€.HT.

Le coût global d'un MWh de froid a été calculé et présenté dans le tableau ci-dessous :

Poste	Investissements assurés en intégralité par la CAECE (ou l'aménageur)	Investissements assurés en partie par la CAECE (ou l'aménageur) et en partie par les promoteurs	Unité
P1 – Coût de production	68	68	€.HT/MWh
Réseau de transport	4	4	€.HT/MWh
Réseau de distribution	25	14	€.HT/MWh
Poste de livraison	Entre 10 et 60	0 <i>frais supportés par les promoteurs via des droits de raccordement</i>	€.HT/MWh
Coût global pour les usagers	Entre 107 et 157	86	€.HT/MWh

Il est à constater que le coût global d'un MWh de froid serait intéressant dans le cas où le réseau de distribution ainsi que les frais des postes de livraison étaient supportés par les promoteurs via des droits de raccordement. Cependant, le froid produit n'est pas sur la base d'énergies renouvelables.

3.SYNTHESE DES PROPOSITIONS

Cette étude d'orientation énergétique montre qu'il serait plus intéressant de **mettre en place un réseau de chaleur collectif sur l'ensemble de la zone**. La densité de construction ainsi que le niveau de consommation obtenu suite aux estimations permettraient d'avoir un prix global de la chaleur compétitif par rapport aux solutions individualisées.

Du point de vue économique, le raccordement du réseau de la zone au réseau d'interconnexion entre l'Ecosite Vert-le-Grand et le réseau de chaleur d'Évry serait plus favorable par rapport à la création d'une nouvelle centrale de production (biomasse ou géothermie) située dans le périmètre de la zone. Selon le montage administratif, les usagers potentiels pourraient bénéficier du même prix de la chaleur que les abonnés actuels de la DSP.

Dans le cas où la solution « Réseau de chaleur » ne serait pas retenue, les recommandations du système individuel pour chaque zone ont été proposées :

- Zone 1 : PAC électrique pour le chauffage, Solaire thermique pour l'ECS,
- Zone 2 : PAC électrique pour le chauffage et l'ECS,
- Zone 3 : PAC électrique pour le chauffage, Solaire thermique pour l'ECS,
- Zone Stade : PAC électrique pour le chauffage, Solaire thermique pour l'ECS.

Pour la climatisation, il serait intéressant de mettre en place un réseau de froid sur la zone 2 et le Stade. Pour les autres zones, les solutions individualisées sont plus compatibles car la densité en énergie « froid » est faible.

ANNEXE 1

Prescriptions de protection de l'aqueduc de la Vanne et du Loing

EAU DE PARIS	MANUEL METHODES	N° SUD-D-09-03
Direction des Eaux Souterraines	Maîtrise des processus PROTECTION SANITAIRE DES AQUEDUCS DE LA VILLE DE PARIS	Rév. 5 Page 1/5

Objet :

Protection sanitaire des aqueducs de la Ville de Paris

Sommaire :

1 – FONDEMENT DES PRESCRIPTIONS ATTACHEES AU SERVICE PUBLIC D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE	2
2 – COLLECTIVITE BENEFICIAIRE DES PRESCRIPTIONS	2
3 – CONCESSIONNAIRE DU SERVICE PUBLIC	2
4 – EFFET DES PRESCRIPTIONS	2
5 – ZONE DE PROTECTION IMMEDIATE	3
6 – ZONE DE PROTECTION RAPPROCHEE	3
7 – ZONE DE PROTECTION ELOIGNEE	4

Révision	Date d'approbation	Description de l'évolution
0	21 novembre 1996	Émission originale
1	15 octobre 1997	Modification prescriptions
2	14 octobre 1999	Modifications : appellation Mission et liste de diffusion
3	17 mars 2005	Modification document de référence et rattachement à l'Unité (SUP-D-09-02 devient SUD-D-09-02)
4	04 août 2006	Prise en compte nouvelle organisation
5	10 novembre 2009	Modification SAGEP EDP et UES DES

DIFFUSION

Manuel Méthodes Unité Eaux Souterraines : Rubrique 0A
DRHMQ
Responsables de Secteurs

VISA

Rédacteur	Responsable	Qualité & Environnement	Approbateur
Laurent DUTERTRE	Laurent DUTERTRE	Xavier RACCOLET	Jean-Michel LAYA

EAU DE PARIS	MANUEL METHODES	N° SUD-D-09-03
Direction des Eaux Souterraines	Maîtrise des processus PROTECTION SANITAIRE DES AQUEDUCS DE LA VILLE DE PARIS	Rév. 5 Page 2/5

1 – FONDEMENT DES PRESCRIPTIONS ATTACHEES AU SERVICE PUBLIC D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE

Prescriptions relatives à la protection des eaux destinées à la consommation humaine instituées en vertu de l'article L.1321-2 du Code de la Santé Publique autour des ouvrages d'adduction à écoulement libre:

- Code de l'Environnement (article L 210-1 et suivants)
- Code de la Santé Publique (article L 1321-1 et suivants et article R 1321-1 et suivants)
- Circulaire n° 62-50 du 15 mars 1962 (Instructions techniques du Ministre de la Santé Publique et de la Population).
- Code de l'urbanisme articles R.111.2 et R.126.1
- Règlement sanitaire départemental - Section 4 : art 20 (Circulaire du 9 août 1978 - Article L47 du Code de la Santé Publique)

2 – COLLECTIVITE BENEFICIAIRE DES PRESCRIPTIONS

VILLE DE PARIS - Hôtel de Ville - 75196 PARIS RP

3 – REGIE DU SERVICE PUBLIC

EAU DE PARIS

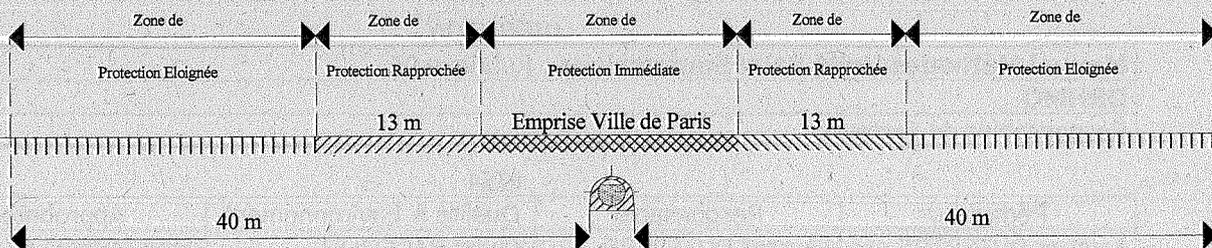
9 rue Victor Schoelcher - 75675 PARIS CEDEX 14 -

4 – EFFET DES PRESCRIPTIONS

Protection sanitaire des aqueducs.

Trois zones de protection sont à considérer :

1. La zone de **protection immédiate** constituée par l'emprise appartenant à la Ville de Paris.
2. Les zones de **protection rapprochée** constituées par deux bandes de terrain de 13 mètres de largeur de part et d'autre de l'emprise.
3. Les zones de **protection éloignée** constituées par deux bandes de terrain s'étendant des limites extérieures des zones de protection rapprochée jusqu'à une distance de 40 mètres de l'aqueduc.



EAU DE PARIS	MANUEL METHODES	N° SUD-D-09-03
Direction des Eaux Souterraines	Maîtrise des processus PROTECTION SANITAIRE DES AQUEDUCS DE LA VILLE DE PARIS	Rév. 5 Page 3/5

Dans chacune de ces zones, les prescriptions suivantes doivent être observées

5 – ZONE DE PROTECTION IMMEDIATE

Toute construction y est interdite excepté celle liée à l'exploitation de l'aqueduc.

Dans cette zone, seules peuvent être éventuellement tolérées les traversées de routes, d'ouvrages d'art ou de canalisations après autorisation d'EAU DE PARIS, autorisation matérialisée par des conventions fixant les conditions techniques et administratives d'exécution et d'exploitation.

Si EAU DE PARIS est amenée à protéger l'aqueduc pour garantir sa stabilité ou la qualité de l'eau transitée, les frais correspondants sont à la charge du maître des nouveaux ouvrages.

6 – ZONE DE PROTECTION RAPPROCHEE

Dans cette zone :

sont interdits :

- ◆ Toutes constructions, quelles qu'elles soient sauf celles liées à l'exploitation de l'aqueduc,
- ◆ Dispositifs d'assainissement assurant un traitement préalable, (fosses septiques, bac séparateur, installation biologique à boues activées,...) et autres dispositifs.
- ◆ Dispositifs d'assainissement assurant simultanément ou séparément l'épuration et l'évacuation des effluents, (puits filtrants, tranchées filtrantes, drains pour épandage dans le sol naturel ou reconstitué, filtre bactérien percolateur ...).
- ◆ Fouilles, carrières et décharges.
- ◆ Fumiers, immondices, dépôts de matières quelconques susceptibles de souiller les eaux d'alimentation
- ◆ Stations service, stockage de liquide ou de gaz à usage industriel, commercial ou domestique.
- ◆ Parcs de stationnement pour véhicules : quelle que soit leur nature.

sont tolérés :

- ◆ Chaussées et trottoirs : sous réserve qu'ils comportent un revêtement rigoureusement étanche et que les caniveaux présentent une section et une pente suffisante pour assurer un écoulement rapide des eaux de ruissellement les éloignant de l'aqueduc.
- ◆ Canalisations d'eaux pluviales et d'eaux usées :
 - ✓ parallèles à l'aqueduc :
 - eaux pluviales : la canalisation devra être constituée par un égout visitable.
 - eaux usées : la canalisation devra être étanche et placée en galerie visitable (cette galerie pouvant elle-même servir à transiter des eaux pluviales).
 - ✓ transversales par rapport à l'aqueduc : la canalisation devra être établie au-dessous de l'aqueduc, sa génératrice supérieure se situant à une cote d'altitude inférieure d'au moins 0,50 mètre à celle de la génératrice inférieure de l'aqueduc : à défaut elle devra être placée en caniveau étanche ou en fourreau étanche avec regards de visite.

EAU DE PARIS	MANUEL METHODES	N° SUD-D-09-03
Direction des Eaux Souterraines	Maîtrise des processus PROTECTION SANITAIRE DES AQUEDUCS DE LA VILLE DE PARIS	Rév. 5 Page 4/5

- ◆ Canalisations d'eau potable ou de gaz : sous réserve qu'elles soient placées en fourreau étanche en acier ou en béton armé capable de résister à la pression normale de service du fluide transporté, avec regards de visite.
- ◆ Canalisations transportant des hydrocarbures : sous réserve qu'elles soient placées en fourreau étanche en acier ou en béton armé capable de résister à la pression normale de service du fluide transporté, avec regards de visite.

7 – ZONE DE PROTECTION ELOIGNEE

Dans cette zone :

sont interdits :

- ◆ Dispositifs d'assainissement assurant un traitement préalable, (fosses septiques, bac séparateur, installation biologique à boues activées, ...) et autres dispositifs : sauf dispositions spéciales telles que pose sur dés dans une chambre en maçonnerie étanche et visitable à l'extérieur des habitations.
- ◆ Dispositifs d'assainissement assurant simultanément ou séparément l'épuration et l'évacuation des effluents, (puits filtrants, tranchées filtrantes, drains pour épandage dans le sol naturel ou reconstitué, filtre bactérien percolateur ...).
- ◆ Fouilles, carrières et décharges.
- ◆ Fumiers, immondices, dépôts de matières quelconques susceptibles de souiller les eaux d'alimentation : sauf dispositions spéciales pour assurer l'étanchéité du sol et l'écoulement des eaux de ruissellement dans une direction opposée à celle de l'aqueduc.
- ◆ Stations services, stockage de liquide ou de gaz à usage industriel ou commercial.

sont tolérés :

- ◆ Les stockages d'hydrocarbures à usages exclusivement domestique : moyennant des précautions spéciales (installation de la cuve dans un local visitable dont le sol et les parois constituent une cuvette de capacité suffisante pour qu'en cas de rupture de la totalité du réservoir, le liquide ne puisse s'écouler au dehors).
- ◆ Parcs de stationnement pour véhicules : sous réserve que le sol en soit rigoureusement étanche et que l'écoulement des eaux de ruissellement s'effectue dans une direction opposée à celle de l'aqueduc.
- ◆ Canalisations d'eaux pluviales et d'eaux usées :
 - ✓ parallèles à l'aqueduc et distantes de celui-ci de moins de 25 mètres :
 - eaux pluviales : la canalisation devra être constituée par un égout visitable.
 - eaux usées : la canalisation devra être étanche et placée en galerie visitable (cette galerie pouvant elle-même servir à transiter des eaux pluviales).
 - ✓ parallèles à l'aqueduc et distantes de celui-ci de plus de 25 mètres, ou transversales à l'aqueduc : la génératrice supérieure de la canalisation devra être à une cote d'altitude inférieure d'au moins 0,50 mètre à celle de la génératrice inférieure de l'aqueduc ; à défaut la canalisation devra être placée en caniveau étanche avec regards de visite.

EAU DE PARIS	MANUEL METHODES	N° SUD-D-09-03
Direction des Eaux Souterraines	Maîtrise des processus PROTECTION SANITAIRE DES AQUEDUCS DE LA VILLE DE PARIS	Rév. 5 Page 5/5

- ◆ Canalisations transportant des hydrocarbures : sous réserve qu'elles soient placées en fourreau étanche en acier ou en béton armé capable de résister à la pression normale de service du fluide transporté, avec regards de visite.

Remarque :

Pour le respect des prescriptions édictées ci-dessus, toute demande de permis de construire dans les zones de protection rapprochée et éloignée devra être soumise pour avis, au cours de l'instruction, au service bénéficiaire :

Eau de Paris
Direction des Eaux Souterraines
Centre de Fontainebleau
1 bis route de Moret-Sorques
77 690 MONTIGNY SUR LOING
Tél : 01 64 45 22 00
Fax : 01 64 45 75 72

ANNEXE 2

Résultat des solutions individualisées

Site : Grand Stade de rugby de la FFR

 Activités : - unités Surface activités : 394 126 m² SHON
 Logements : 0 unités Surface logements : - m² SHON

Solution étudiée : 2G

 Chauffage : Gaz à condensation
 ECS : Gaz à condensation

Valeurs énergétiques en MWh

BESOINS	RESSOURCES LOCALES	RESSOURCES TERRITORIALES	RESSOURCES IMPORTEES		0% TAUX D'AUTONOMIE ENERGETIQUE
17 946	0	0	18 507		Prix moyen en coût global : 4-8€/HT/m ²

 Chauffage
7 420

 ECS
4 220

 Climatisation
0

 Rafraîchissement
0

 Éclairage
2 759

 Appareils
394

 Services généraux
3 153

Géothermie	Bois-énergie	Gaz (PCS)
0	0	12 201
Récupération	Récupération	Électricité
0	0	6 306 (hors PAC) 0 (PAC seul)
Solaire thermique	Biogaz	
0	0	
Solaire PV	Éolien	
0	0	

AUTOCONSOMMATION : 0

EXPORTATION : 0

INDICATEURS DE PERFORMANCE
Bouquet énergétique

Bois-énergie	0%
Biogaz	0%
Solaire thermique	0%
Solaire photovoltaïque	0%
Géothermie	0%
Récupération	0%
Origine fossile et/ou fissile	100%

Facteur d'énergie primaire chaleur

1,2

Gaz à effet de serre

Émis :	2 636 tCO ₂
Évitée :	0 tCO ₂

Énergie non renouvelable

Consommée :	1 425 TEP
Évitée :	0 TEP

Site : Grand Stade de rugby de la FFR

 Activités : - unités Surface activités : 394 126 m² SHON
 Logements : 0 unités Surface logements : - m² SHON

Solution étudiée : Gso

 Chauffage : Gaz à condensation
 ECS : Solaire thermique

Valeurs énergétiques en MWh


 Chauffage
7 420

 ECS
4 220

 Climatisation
0

 Rafraîchissement
0

 Éclairage
2 759

 Appareils
394

 Services généraux
3 153

Géothermie	Bois-énergie	Gaz (PCS)
0	0	9 252
Récupération	Récupération	Electricité
0	0	6 306 (hors PAC) 0 (PAC seul)
Solaire thermique	Biogaz	
2 813	0	
Solaire PV	Éolien	
0	0	

AUTOCONSOMMATION : 2 813

EXPORTATION : 0

INDICATEURS DE PERFORMANCE

Bouquet énergétique

Bois-énergie	0%
Biogaz	0%
Solaire thermique	16%
Solaire photovoltaïque	0%
Géothermie	0%
Récupération	0%
Origine fossile et/ou fissile	84%

Facteur d'énergie primaire chaleur : 0,9

 Gaz à effet de serre
 Émis : 2 090 tCO₂
 Évité : 546 tCO₂

 Énergie non renouvelable
 Consommée : 1 198 TEP
 Évitée : 227 TEP

Site : Grand Stade de rugby de la FFR

 Activités : - unités Surface activités : 394 126 m² SHON
 Logements : 0 unités Surface logements : - m² SHON

Solution étudiée : 2PACG

 Chauffage : PAC gaz
 ECS : PAC gaz

Valeurs énergétiques en MWh


 Chauffage
7 420

 ECS
4 220

 Climatisation
0

 Rafraîchissement
0

 Éclairage
2 759

 Appareils
394

 Services généraux
3 153

Géothermie	Bois-énergie	Gaz (PCS)
3 756	0	8 759
Récupération	Récupération	Électricité
0	0	6 306 (hors PAC) 0 (PAC seul)
Solaire thermique	Biogaz	
0	0	
Solaire PV	Éolien	
0	0	

AUTOCONSOMMATION : 3 756

EXPORTATION : 0

INDICATEURS DE PERFORMANCE

Bouquet énergétique	
Bois-énergie	0%
Biogaz	0%
Solaire thermique	0%
Solaire photovoltaïque	0%
Géothermie	21%
Récupération	0%
Origine fossile et/ou fissile	79%

Facteur d'énergie primaire chaleur : 0,8

 Gaz à effet de serre
 Émis : 1 999 tCO₂
 Évité : 637 tCO₂

 Énergie non renouvelable
 Consommée : 1 160 TEP
 Évitée : 265 TEP


Site : Grand Stade de rugby de la FFR

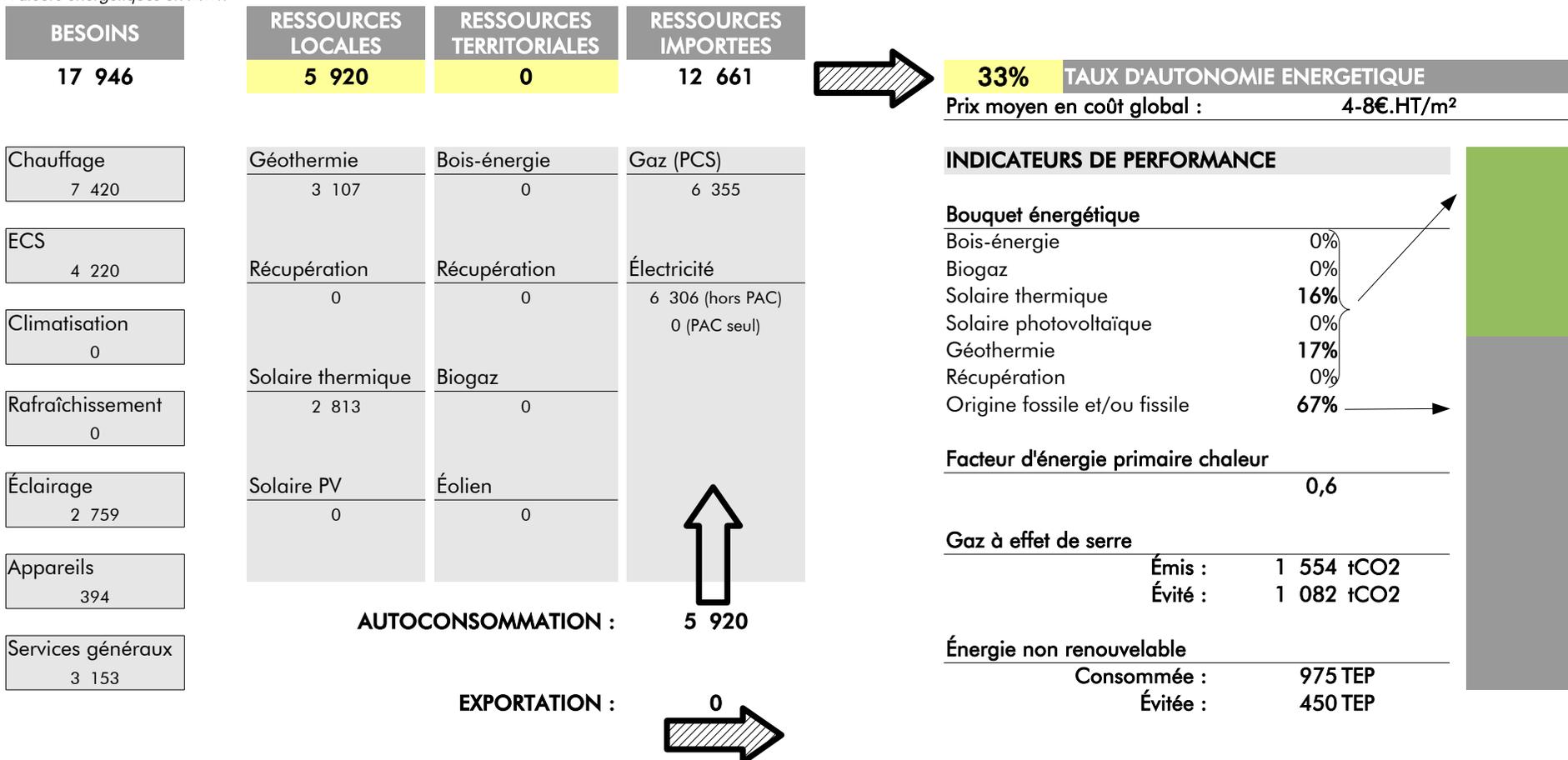
 Activités : - unités Surface activités : 394 126 m² SHON
 Logements : 0 unités Surface logements : - m² SHON

Solution étudiée : PACGsol

Chauffage : PAC gaz

ECS : Solaire thermique

Valeurs énergétiques en MWh



Site : Grand Stade de rugby de la FFR

 Activités : - unités Surface activités : 394 126 m² SHON
 Logements : 0 unités Surface logements : - m² SHON

Solution étudiée : 2PAC

Chauffage : PAC électrique

ECS : PAC électrique

Valeurs énergétiques en MWh

BESOINS	RESSOURCES LOCALES	RESSOURCES TERRITORIALES	RESSOURCES IMPORTEES
17 946	7 765	0	10 181


43% TAUX D'AUTONOMIE ENERGETIQUE

 Prix moyen en coût global : **4-8€ HT/m²**

 Chauffage
7 420

 ECS
4 220

 Climatisation
0

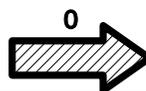
 Rafraîchissement
0

 Éclairage
2 759

 Appareils
394

 Services généraux
3 153

Géothermie	Bois-énergie	Gaz (PCS)
7 765	0	0
Récupération	Récupération	Électricité
0	0	6 306 (hors PAC) 3 875 (PAC seul)
Solaire thermique	Biogaz	
0	0	
Solaire PV	Éolien	
0	0	

AUTOCONSOMMATION : 7 765
EXPORTATION : 0

INDICATEURS DE PERFORMANCE
Bouquet énergétique

Bois-énergie	0%
Biogaz	0%
Solaire thermique	0%
Solaire photovoltaïque	0%
Géothermie	43%
Récupération	0%
Origine fossile et/ou fissile	57%

Facteur d'énergie primaire chaleur
0,8
Gaz à effet de serre

Émis :	1 785 tCO ₂
Évitée :	851 tCO ₂

Énergie non renouvelable

Consommée :	784 TEP
Évitée :	641 TEP



Site : Grand Stade de rugby de la FFR

 Activités : - unités Surface activités : 394 126 m² SHON
 Logements : 0 unités Surface logements : - m² SHON

Solution étudiée : PACsol

 Chauffage : PAC électrique
 ECS : Solaire thermique

Valeurs énergétiques en MWh

BESOINS	RESSOURCES LOCALES	RESSOURCES TERRITORIALES	RESSOURCES IMPORTEES
17 946	8 672	0	9 273


48% TAUX D'AUTONOMIE ENERGETIQUE

 Prix moyen en coût global : 5-9€ HT/m²

 Chauffage
7 420

 ECS
4 220

 Climatisation
0

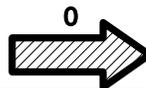
 Rafraîchissement
0

 Éclairage
2 759

 Appareils
394

 Services généraux
3 153

Géothermie	Bois-énergie	Gaz (PCS)
5 859	0	0
Récupération	Récupération	Électricité
0	0	6 306 (hors PAC) 2 967 (PAC seul)
Solaire thermique	Biogaz	
2 813	0	
Solaire PV	Éolien	
0	0	


AUTOCONSOMMATION : 8 672
EXPORTATION : 0

INDICATEURS DE PERFORMANCE
Bouquet énergétique

Bois-énergie	0%	
Biogaz	0%	
Solaire thermique	16%	→
Solaire photovoltaïque	0%	
Géothermie	33%	
Récupération	0%	
Origine fossile et/ou fissile	52%	↘

Facteur d'énergie primaire chaleur

0,6

Gaz à effet de serre

Émis :	1 455 tCO ₂
Évités :	1 180 tCO ₂

Énergie non renouvelable

Consommée :	714 TEP
Évitée :	711 TEP



Site : Grand Stade de rugby de la FFR

 Activités : - unités Surface activités : 394 126 m² SHON
 Logements : 0 unités Surface logements : - m² SHON

Solution étudiée : RCB

 Chauffage : Centrale
 ECS : Centrale

Valeurs énergétiques en MWh


 Chauffage
7 420

 ECS
4 220

 Climatisation
0

 Rafraîchissement
0

 Éclairage
2 759

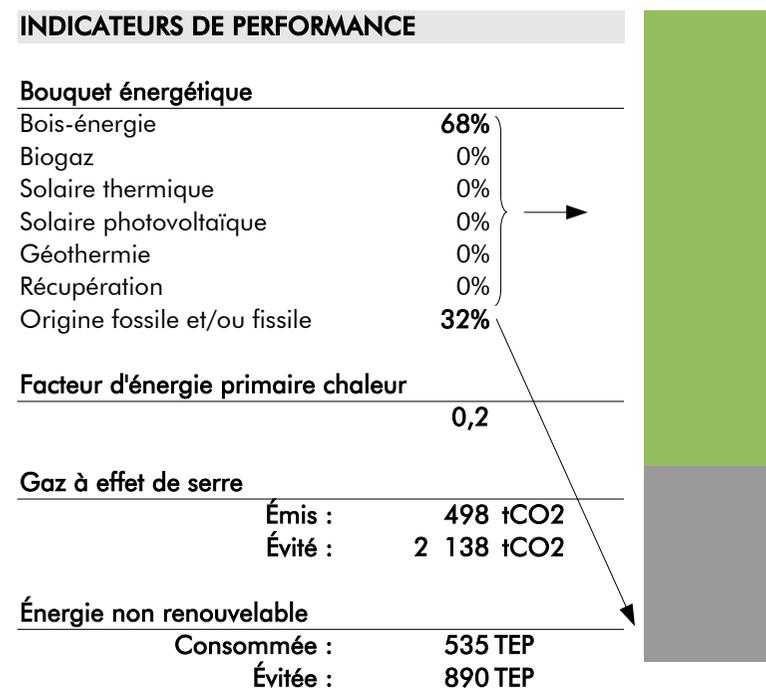
 Appareils
394

 Services généraux
3 153

Géothermie	Bois-énergie	Gaz (PCS)
0	12 286	647
Récupération	Récupération	Électricité
0	0	6 306 (hors PAC) 0 (PAC seul)
Solaire thermique	Biogaz	
0	0	
Solaire PV	Éolien	
0	0	

AUTOCONSOMMATION : 0

EXPORTATION : 0



Site : Grand Stade de rugby de la FFR

 Activités : - unités Surface activités : 394 126 m² SHON
 Logements : 0 unités Surface logements : - m² SHON

Solution étudiée : RCGeo

 Chauffage : Centrale
 ECS : Centrale

Valeurs énergétiques en MWh

BESOINS	RESSOURCES LOCALES	RESSOURCES TERRITORIALES	RESSOURCES IMPORTEES
17 946	7 846	0	10 123


44% TAUX D'AUTONOMIE ENERGETIQUE

 Prix moyen en coût global : 4-5,5 € HT/m²

 Chauffage
7 420

 ECS
4 220

 Climatisation
0

 Rafraîchissement
0

 Éclairage
2 759

 Appareils
394

 Services généraux
3 153

Géothermie	Bois-énergie	Gaz (PCS)
7 846	0	122
Récupération	Récupération	Électricité
0	0	6 306 (hors PAC) 3 694 (PAC seul)
Solaire thermique	Biogaz	
0	0	
Solaire PV	Éolien	
0	0	


AUTOCONSOMMATION : 7 846
EXPORTATION : 0
INDICATEURS DE PERFORMANCE
Bouquet énergétique

Bois-énergie	0%	}
Biogaz	0%	
Solaire thermique	0%	
Solaire photovoltaïque	0%	
Géothermie	44%	
Récupération	0%	}
Origine fossile et/ou fissile	56%	

Facteur d'énergie primaire chaleur

0,8

Gaz à effet de serre

 Émis : 1 742 tCO₂
 Évité : 893 tCO₂
Énergie non renouvelable

 Consommée : 779 TEP
 Évitée : 646 TEP


Site : Grand Stade de rugby de la FFR

 Activités : - unités Surface activités : 394 126 m² SHON
 Logements : 0 unités Surface logements : - m² SHON

Solution étudiée : RCinter

Chauffage : Réseau UIOM

ECS : Réseau UIOM

Valeurs énergétiques en MWh


 Chauffage
7 420

 ECS
4 220

 Climatisation
0

 Rafraîchissement
0

 Éclairage
2 759

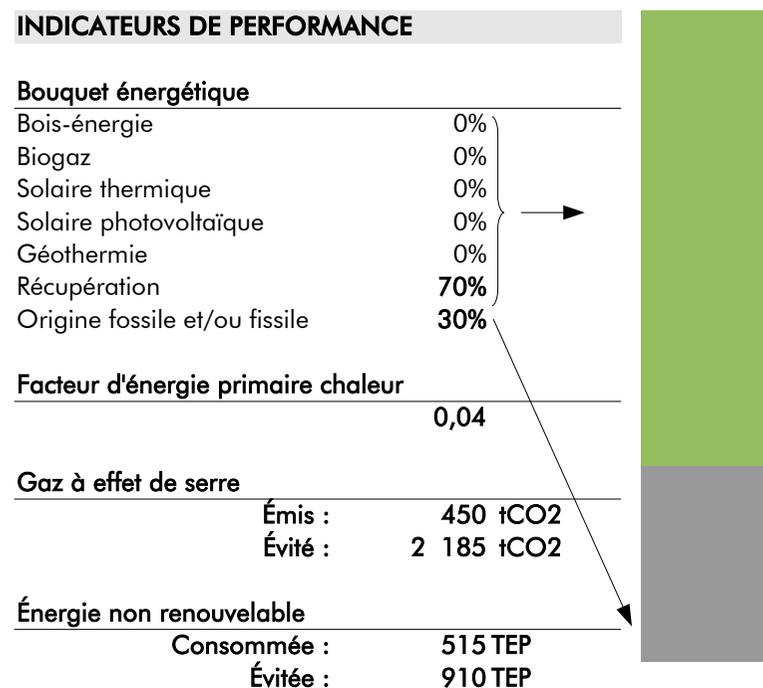
 Appareils
394

 Services généraux
3 153

Géothermie	Bois-énergie	Gaz (PCS)
0	0	388
Récupération	Récupération	Électricité
0	12 545	6 306 (hors PAC) 0 (PAC seul)
Solaire thermique	Biogaz	
0	0	
Solaire PV	Éolien	
0	0	

AUTOCONSOMMATION : 0

EXPORTATION : 0



ANNEXE 3

Coûts d'investissement des solutions du réseau de chaleur

	CAECE
	Opération d'aménagement du grand stade de la FFR

Coûts d'investissement des solutions du réseau de chaleur

Production par une centrale biomasse située dans le périmètre de la zone

Les coûts d'investissement sont pour les postes suivants :

Poste	Éléments
Centrale biomasse	Chaudières biomasse, Chaudières gaz d'appoint, Bâtiments de chaufferie, Équipements associés.
Réseau de transport	Génie civil et canalisation.
Réseau de distribution	Génie civil et canalisation.
Réseau de livraison	Sous-stations et Canalisation à l'intérieur des îlots.

Dans le cadre du montage d'une DSP, les coûts d'investissement sont répartis entre l'opérateur de la DSP, la CAECE (ou aménageur) et les promoteurs de manière suivante :

Opération	Coût d'investissement <i>k€.HT</i>	Opérateur de la DSP <i>k€.HT</i>	CAECE ou Aménageur <i>k€.HT</i>	Promoteurs <i>k€.HT</i>
Centrale biomasse	3 600	3 600	0	0
Réseau de transport	600	600	0	0
Réseau de distribution	3 300	1 890	1 410	0
Réseau de livraison	<i>Non estimé car le programme détaillé inconnu</i>	0	0	<i>tout</i>
TOTAL	7 500	6 090	1 410	-

Il est proposé que les coûts de génie civil de réalisation de la tranchée, pour le réseau de distribution, soient supportées par l'aménageur dans le cadre du budget d'aménagement. Les tranchées étant réalisées par l'aménageur pour la création des autres réseaux (assainissement, eau potable, etc.), il est proposé de mutualiser les coûts de génie civil.

Les coûts supportés par les promoteurs, et non calculés ici, seront équivalents voir inférieurs à ce qu'ils auraient été si le réseau de chaleur n'avait pas été créé.

	CAECE
	Opération d'aménagement du grand stade de la FFR

Production par une centrale géothermique située dans le périmètre de la zone

Les coûts d'investissement sont pour les postes suivants :

Poste	Éléments
Centrale géothermique	Forages, échangeur géothermique, PAC, chaudières gaz d'appoint, bâtiments de chaufferie, équipements associés.
Réseau de transport	Génie civil et canalisation.
Réseau de distribution	Génie civil et canalisation.
Réseau de livraison	Sous-stations et Canalisation à l'intérieur des îlots.

Dans le cadre du montage d'une DSP, les coûts d'investissement sont répartis entre l'opérateur de la DSP, la CAECE (ou aménageur) et les promoteurs de manière suivante :

Opération	Coût d'investissement <i>k€.HT</i>	Opérateur de la DSP <i>k€.HT</i>	CAECE ou Aménageur <i>k€.HT</i>	Promoteurs <i>k€.HT</i>
Centrale géothermique	5 150	5 150	0	0
Réseau de transport	600	600	0	0
Réseau de distribution	3 300	1 890	1 410	0
Réseau de livraison	<i>Non estimé car le programme détaillé inconnu</i>	0	0	<i>tout</i>
TOTAL	9 050	7 640	1 410	-

Il est proposé que les coûts de génie civil de réalisation de la tranchée soient supportées, pour le réseau de distribution, par l'aménageur dans le cadre du budget d'aménagement. Les tranchées étant réalisées par l'aménageur pour la création des autres réseaux (assainissement, eau potable, etc.), il est proposé de mutualiser les coûts de génie civil.

Les coûts supportés par les promoteurs, et non calculés ici, seront équivalents voir inférieurs à ce qu'ils auraient été si le réseau de chaleur n'avait pas été créé.

	CAECE
	Opération d'aménagement du grand stade de la FFR

Raccordement au réseau d'interconnexion entre l'Ecosite Vert-Le-Grand et le réseau de chaleur d'Évry

Les coûts d'investissement sont pour les postes suivants :

Poste	Éléments
Sous-station d'échange HP/BP	Bâtiment de la sous-station, échangeurs, équipements associés
Réseau de transport	Génie civil et canalisation.
Réseau de distribution	Génie civil et canalisation.
Réseau de livraison	Sous-stations et Canalisation à l'intérieur des îlots.

Dans le cadre du montage d'une DSP, les coûts d'investissement sont répartis entre l'opérateur de la DSP, la CAECE (ou aménageur) et les promoteurs de manière suivante :

Opération	Coût d'investissement <i>k€.HT</i>	Opérateur de la DSP <i>k€.HT</i>	CAECE ou Aménageur <i>k€.HT</i>	Promoteurs <i>k€.HT</i>
Centrale géothermique	900	900	0	0
Réseau de transport	2 500	2 500	0	0
Réseau de distribution	3 300	1 890	1 410	0
Réseau de livraison	<i>Non estimé car le programme détaillé inconnu</i>	0	0	<i>tout</i>
TOTAL	6 700	5 290	1 410	-

Il est proposé que les coûts de génie civil de réalisation de la tranchée, pour le réseau de distribution, soient supportées par l'aménageur dans le cadre du budget d'aménagement. Les tranchées étant réalisées par l'aménageur pour la création des autres réseaux (assainissement, eau potable, etc.), il est proposé de mutualiser les coûts de génie civil.

Les coûts supportés par les promoteurs, et non calculés ici, seront équivalents voir inférieurs à ce qu'ils auraient été si le réseau de chaleur n'avait pas été créé.