

PLAN CLIMAT • AIR • ÉNERGIE
DU TERRITOIRE DE LA MÉTROPOLE TOURANGELLE

•
RAPPORT COMPLET

PLAN CLIMAT

AIR • ÉNERGIE

*Invertissons la tendance,
redonnons du sens !*

PROJET ARRÊTÉ EN
CONSEIL MÉTROPOLITAIN
DU 25 MARS 2024

MARS 2024



Tours
métropole
Val de Loire

DIAGNOSTIC 2023

SOMMAIRE

1

ÉTAT DES LIEUX DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE,
DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE,
DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES
DU TERRITOIRE DE LA MÉTROPOLE DE TOURS
ET POTENTIEL DE RÉDUCTION
ESTIMATION DE LA SÉQUESTRATION DE CO₂
SUR LE TERRITOIRE ET POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT

2

ESTIMATION DES ÉMISSIONS
DE GAZ À EFFET DE SERRE
IMPORTÉES PAR LE TERRITOIRE
DE LA MÉTROPOLE DE TOURS

3

ÉTAT DES LIEUX DE LA PRODUCTION
D'ÉNERGIE RENOUVELABLE
SUR LE TERRITOIRE
DE LA MÉTROPOLE DE TOURS

4

POTENTIELS DE DÉVELOPPEMENT
DES ÉNERGIES RENOUVELABLES
ET DE RÉCUPÉRATION (ENR&R)

5

SCHÉMA DIRECTEUR
DES RÉSEAUX DE CHALEUR

6

DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ
DU TERRITOIRE DE LA MÉTROPOLE
DE TOURS AUX IMPACTS
DU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE

1

**ÉTAT DES LIEUX DE LA
CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE,
DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET
DE SERRE, DES ÉMISSIONS
DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES
DU TERRITOIRE DE LA MÉTROPOLE
DE TOURS ET POTENTIEL
DE RÉDUCTION ESTIMATION
DE LA SÉQUESTRATION DE CO₂
SUR LE TERRITOIRE ET POTENTIEL
DE DÉVELOPPEMENT**

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES.....	5
TABLE DES TABLEAUX.....	8
GLOSSAIRE.....	9
PARTIE I :	10
ESTIMATION DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE ET POTENTIEL DE REDUCTION.....	10
I. Méthodologie et approches privilégiées	11
Le périmètre du diagnostic	11
Diagnostic des consommations d'énergie.....	11
Potentiel de réduction des consommations d'énergie.....	12
Potentiel de réduction des émissions de GES et PES	12
Facture énergétique.....	13
II. Diagnostic des consommations énergétiques	14
A. Synthèse globale - Chiffres clés (Année de référence 2018).....	14
B. Secteur Résidentiel.....	20
C. Secteur Transports.....	26
D. Secteur Tertiaire.....	29
E. Secteur Industrie	31
F. Secteur Agriculture	33
III. Potentiel de réduction des consommations énergétiques	35
A. Résultats de la prospective Négawatt des consommations énergétiques.....	36
B. Synthèse des résultats.....	39
IV. La facture énergétique du territoire.....	40
A. Facture énergétique pour des coûts actuels de l'énergie.....	40
B. Facture énergétique pour des coûts prospectifs 2030-2050 de l'énergie.....	41
PARTIE II :	42
ESTIMATION DES EMISSIONS DE GES ET DE PES ET POTENTIEL DE REDUCTION.....	42
I. Méthodologie et approches privilégiées	43
A. Diagnostic des émissions de GES et PES.....	43
B. Potentiel de réduction des émissions	44
II. Diagnostic des émissions de Gaz à Effet de Serre	44
A. Synthèse globale - Chiffres clés (Année de référence 2018).....	44
B. Nature des Gaz à Effet de Serre pris en compte	45
C. Bilan et diagnostic des émissions de GES	46
D. Diagnostic sectoriel.....	50
Secteur transport.....	50
Secteur résidentiel.....	52
Secteur tertiaire.....	54
Secteur industrie.....	56
Secteur agricole	58
Gestion des déchets.....	61
Branche énergie.....	63

III. Diagnostic des émissions de Polluants à Effets Sanitaires	65
Synthèse globale - Chiffres clés (Année de référence 2018)	65
Diagnostic sur les émissions de Polluants à Effets Sanitaires	66
a) Le dioxyde de soufre (SO ₂)	66
b) Les oxydes d'azote (NO _x)	67
c) Les particules fines : PM ₁₀ et PM _{2,5}	68
d) Les composés organiques volatils (COV).....	72
e) L'ammoniac (NH ₃).....	73
IV. Diagnostic sur les concentrations des polluants atmosphériques	75
Réglementation.....	76
L'ozone (O ₃).....	78
Le dioxyde d'azote (NO ₂).....	80
Les particules fines (PM ₁₀ et PM _{2,5}).....	82
Bilan et conclusion.....	84
V. Potentiel de réduction des émissions	85
Potentiel de réduction des gaz à effet de serre (GES) à horizon 2050.....	85
a) Potentiel de réduction des GES par réduction des consommations (sobriété et efficacité énergétique)....	85
b) Potentiel de réduction des GES par substitution des énergies fossiles (recours à l'utilisation des énergies renouvelables).....	85
Conclusion et synthèse	86
Potentiel de réduction des polluants à effets sanitaires (PES) à horizon 2050	87
PARTIE III :	89
ESTIMATION DE LA SEQUESTRATION CARBONE ET DE SON POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT	89
I. Introduction et méthodologie	90
Estimation de la séquestration carbone.....	90
Potentiel de développement de la séquestration carbone.....	91
a) Substitution par des matériaux bio-sourcés.....	91
b) Substitution par des bioénergies	91
II. L'estimation de la séquestration nette de CO₂	93
A. L'accroissement forestier.....	93
B. La récolte du bois.....	94
C. Les changements d'utilisation des sols.....	94
D. Synthèse.....	96
III. Potentiel de développement de la séquestration carbone	97
▶ Evolution tendancielle ou « fil de l'eau » sur les principaux flux.....	97
▶ GES évités par substitution de « biomasse énergie » et de « bio matériaux ».....	97
▶ Estimation des GES évités par substitution de « biomasse énergie ».....	98
▶ Estimation des GES évités par substitution de « matériaux bio-sourcés ».....	99
▶ Estimation des GES déjà évités par l'usage de bioénergie en 2018	99
▶ Méthodologie appliquée à la consommation 2050 : GES évités par substitution de « biomasse énergie » ...	99
IV. Conclusion et recommandations	100
Annexes	101
A. Présentation des polluants à effets sanitaires	101
B. Outil Commun'Air	105
C. Outil Prév'Air.....	105
D. Grilles PCAET.....	106

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE	11
FIGURE 2 : MIX ENERGETIQUE DE LA CONSOMMATION TOTALE EN 2018	15
FIGURE 3 : CONSOMMATIONS TOTALES SECTORIELLES EN 2018	15
FIGURE 4 : CONSOMMATIONS TOTALES PAR SECTEUR ET PAR ENERGIE EN 2018	16
FIGURE 5 : CARTOGRAPHIE DES CONSOMMATIONS TOTALES COMMUNALES EN 2018	16
FIGURE 6 : CARTOGRAPHIE DES CONSOMMATIONS TOTALES PAR HABITANT EN 2018	17
FIGURE 7 : EVOLUTION DES CONSOMMATIONS SUR LA PERIODE 2008-2018	18
FIGURE 8 : EVOLUTION DU MIX ENERGETIQUE SUR LA PERIODE 2008-2018	18
FIGURE 9 : EVOLUTION DU MIX ENERGETIQUE PAR SECTEUR SUR LA PERIODE 2008-2018	19
FIGURE 10 : MIX ENERGETIQUE DU SECTEUR RESIDENTIEL	21
FIGURE 11 : MIX ENERGETIQUE PAR USAGE DU SECTEUR RESIDENTIEL	21
FIGURE 12 : MIX ENERGETIQUE DU CHAUFFAGE DU SECTEUR RESIDENTIEL	22
FIGURE 13 : CARTOGRAPHIE DES CONSOMMATIONS COMMUNALES DU CHAUFFAGE RESIDENTIEL PAR M ² HABITABLE	22
FIGURE 14 : CUMUL DES M ² HABITABLES PAR PERIODE DE CONSTRUCTION	24
FIGURE 15 : CARTOGRAPHIE DES PARTS COMMUNALES DES SURFACES RESIDENTIELLES CONSTRUITES AVANT 1970	24
FIGURE 16 : CARTOGRAPHIE DES PARTS COMMUNALES DE SURFACES HABITABLES COLLECTIVES	25
FIGURE 17 : CARTOGRAPHIE DES CONSOMMATIONS COMMUNALES DU TRANSPORT ROUTIER	27
FIGURE 18 : CONSOMMATIONS ET NOMBRE DE KM PARCOURUS PAR TYPE DE VEHICULES	27
FIGURE 19 : CARTOGRAPHIE DES CONSOMMATIONS COMMUNALES DU TRANSPORT ROUTIER PAR TYPE DE VEHICULES	28
FIGURE 20 : MIX ENERGETIQUE DU SECTEUR TERTIAIRE	29
FIGURE 21 : MIX ENERGETIQUE PAR SECTEUR D'ACTIVITE DU TERTIAIRE.....	30
FIGURE 22 : CARTOGRAPHIE DES CONSOMMATIONS COMMUNALES DU TERTIAIRE ET INDICATION DE LA BRANCHE D'ACTIVITE DOMINANTE.....	30
FIGURE 23 : MIX ENERGETIQUE DU SECTEUR DE L'INDUSTRIE.....	31
FIGURE 24 : CONSOMMATIONS DU SECTEUR DE L'INDUSTRIE PAR TYPE D'ACTIVITES INDUSTRIELLES.....	32
FIGURE 25 : CARTOGRAPHIE DES CONSOMMATIONS COMMUNALES DU SECTEUR DE L'INDUSTRIE	32
FIGURE 26 : MIX ENERGETIQUE DU SECTEUR DE L'AGRICULTURE	33
FIGURE 27 : CARTOGRAPHIE DES CONSOMMATIONS COMMUNALES DU SECTEUR DE L'AGRICULTURE	34
FIGURE 28 : CARTOGRAPHIE DES CONSOMMATIONS COMMUNALES DU SECTEUR DE L'AGRICULTURE PAR HECTARE.....	34
FIGURE 29 : ORGANIGRAMME EXPLICATIF DES DIFFERENTS SCENARII DE POTENTIEL DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS	35
FIGURE 30 : TRAJECTOIRE TENDANCIELLE NEGAWATT 2012-2050 DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS	37
FIGURE 31 : TRAJECTOIRE VOLONTARISTE NEGAWATT 2012-2050 DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS	38
FIGURE 32 : SYNTHESE COMPARATIVE DES DIFFERENTS SCENARII	39
FIGURE 33 : FACTURE ENERGETIQUE DU TERRITOIRE PAR SECTEUR ET REPRESENTATIVITE DES ENERGIES	40
FIGURE 34 : FACTURE ENERGETIQUE DU TERRITOIRE PAR ENERGIE ET REPRESENTATIVITE DES SECTEURS	41
FIGURE 35 : FACTURE ENERGETIQUE DU TERRITOIRE AUX HORIZONS 2030 ET 2050.....	41
FIGURE 36 : CONTRIBUTION DES GES DANS LES EMISSIONS TOTALES DE GES	46
FIGURE 37 : CONTRIBUTION DES SECTEURS AUX EMISSIONS DE GES.....	46
FIGURE 38 : CONTRIBUTION DES SECTEURS AUX EMISSIONS DE CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ ET DES FLUORES.....	47
FIGURE 39 : REPARTITION DES EMISSIONS PAR ENERGIE.....	47
FIGURE 40 : EMISSIONS TOTALES DE GES PAR COMMUNE DU TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE	48
FIGURE 41 : CONTRIBUTION DES EMISSIONS DE CHAQUE COMMUNE DANS LES EMISSIONS TOTALES DE GES DU TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE.....	48
FIGURE 42 : EMISSIONS TOTALES DE GES NORMALISEES PAR RAPPORT A LA POPULATION DE CHACUNE DES COMMUNES	49
FIGURE 43 : EMISSIONS DE GES DE 2008 A 2018.....	49
FIGURE 44 : REPARTITION DES CONSOMMATIONS ET DES EMISSIONS PAR ENERGIE DANS LE SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER. 50	
FIGURE 45 : EMISSIONS TOTALES DE GES PAR COMMUNE DANS LE SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER	51
FIGURE 46 : EMISSIONS DE GES ISSUES DU SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER DEPUIS 2008.....	51
FIGURE 47 : REPARTITION DES CONSOMMATIONS ET DES EMISSIONS PAR ENERGIE DANS LE SECTEUR RESIDENTIEL	52
FIGURE 48 : EMISSIONS TOTALES DE GES PAR COMMUNE DANS LE SECTEUR RESIDENTIEL	53

FIGURE 49 : EMISSIONS MOYENNES DE GES PAR LOGEMENT	53
FIGURE 50 : EMISSIONS DE GES ISSUES DU SECTEUR RESIDENTIEL DEPUIS 2008.....	54
FIGURE 51 : REPARTITION DES CONSOMMATIONS PAR ENERGIE DANS LE SECTEUR TERTIAIRE	55
FIGURE 52 : EMISSIONS TOTALES DE GES PAR COMMUNE DANS LE SECTEUR TERTIAIRE	55
FIGURE 53 : EMISSIONS DE GES ISSUES DU SECTEUR TERTIAIRE DEPUIS 2008.....	56
FIGURE 54 : REPARTITION DES CONSOMMATIONS PAR ENERGIE DANS LE SECTEUR INDUSTRIE	57
FIGURE 55 : EMISSIONS TOTALES DE GES PAR COMMUNE DANS LE SECTEUR INDUSTRIE	57
FIGURE 56 : EMISSIONS DE GES ISSUES DU SECTEUR DE L'INDUSTRIE DEPUIS 2008	58
FIGURE 57 : REPARTITION DES EMISSIONS DE GES ISSUES DU SECTEUR AGRICOLE PAR TYPE DE GES	59
FIGURE 58 : REPARTITION DES CONSOMMATIONS ET DES EMISSIONS PAR ENERGIE DANS LE SECTEUR AGRICOLE.....	59
FIGURE 59 : EMISSIONS TOTALES DE GES PAR COMMUNE DANS LE SECTEUR AGRICOLE	60
FIGURE 60 : EMISSIONS DE GES ISSUES DU SECTEUR AGRICOLE DEPUIS 2008.....	60
FIGURE 61 : EMISSIONS TOTALES DE GES PAR COMMUNE DANS LA GESTION DES DECHETS.....	62
FIGURE 62 : EMISSIONS DE GES ISSUES DE LA GESTION DES DECHETS DEPUIS 2008.....	62
FIGURE 63 : EMISSIONS TOTALES DE GES PAR COMMUNE DANS LA BRANCHE ENERGIE.....	64
FIGURE 64 : EMISSIONS DE GES ISSUES DE LA BRANCHE ENERGIE DEPUIS 2008.....	64
FIGURE 65 : EMISSIONS DE SO ₂ PAR SECTEUR D'ACTIVITE SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE (SOURCE : LIG'Air)	66
FIGURE 66 : REPARTITION DES EMISSIONS DE SO ₂ PAR ENERGIE (SOURCE : LIG'Air).....	66
FIGURE 67 : EMISSIONS TOTALES DE SO ₂ PAR COMMUNE DU TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE EN 2018	66
FIGURE 68 : EMISSIONS DE NO _x PAR SECTEUR D'ACTIVITE SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE (SOURCE : LIG'Air).....	67
FIGURE 69 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NO _x PAR ENERGIE (SOURCE : LIG'Air)	67
FIGURE 70 : EMISSIONS TOTALES DE NO _x PAR COMMUNE DU TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE EN 2018	68
FIGURE 71 : EMISSIONS DE PM ₁₀ PAR SECTEUR D'ACTIVITE SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE (SOURCE : LIG'Air).....	69
FIGURE 72 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM ₁₀ PAR ENERGIE (SOURCE : LIG'Air).....	69
FIGURE 73 : EMISSIONS TOTALES DE PM ₁₀ PAR COMMUNE DU TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE EN 2018 (SOURCE : LIG'Air)	70
FIGURE 74 : EMISSIONS DE PM _{2,5} PAR SECTEUR D'ACTIVITE SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE (SOURCE : LIG'Air).....	70
FIGURE 75 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM _{2,5} PAR ENERGIE (SOURCE : LIG'Air)	71
FIGURE 76 : EMISSIONS TOTALES DE PM _{2,5} PAR COMMUNE DU TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE EN 2018 (SOURCE : LIG'Air)	71
FIGURE 77 : EMISSIONS DE COVNM PAR SECTEUR D'ACTIVITE SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE (SOURCE : LIG'Air)	72
FIGURE 78 : REPARTITION DES EMISSIONS DE COVNM PAR ENERGIE (SOURCE : LIG'Air).....	72
FIGURE 79 : EMISSIONS TOTALES DE COVNM PAR COMMUNE DU TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE EN 2018 (SOURCE : LIG'Air)	73
FIGURE 80 : EMISSIONS DE NH ₃ PAR SECTEUR D'ACTIVITE SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE (SOURCE : LIG'Air).....	73
FIGURE 81 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NH ₃ PAR ENERGIE (SOURCE : LIG'Air).....	74
FIGURE 82 : EMISSIONS TOTALES DE NH ₃ PAR COMMUNE DU TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE EN 2018 (SOURCE : LIG'Air)	74
FIGURE 83 : SITUATION VIS-A-VIS DE LA VALEUR CIBLE EN OZONE SUR TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE DE 2010 A 2020 (SOURCE : LIG'Air).....	78
FIGURE 84 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT DE L'OBJECTIF DE QUALITE EN OZONE OBSERVES SUR TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE DE 2010 A 2020 (SOURCE : LIG'Air)	78
FIGURE 85 : CONCENTRATIONS HORAIRES MAXIMALES MODELISEES EN O ₃ EN 2019 SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE (SOURCE : LIG'Air).....	79
FIGURE 86 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT DE 120 µg/M ³ EN MOYENNE SUR 8H ET SUR 3 ANS EN 2019	80
FIGURE 87 : EVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES EN NO ₂ MESUREES SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE DE 2010 A 2020 (SOURCE : LIG'Air).....	80
FIGURE 88 : CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES MODELISEES EN NO ₂ EN 2019 SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE ET SUR LA VILLE DE TOURS (SOURCE : LIG'Air).....	81
FIGURE 89 : EVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES EN PM ₁₀ MESUREES SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE DE 2010 A 2020 (SOURCE : LIG'Air).....	82
FIGURE 90 : EVOLUTION DU NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT DU 50 µg/M ³ EN MOYENNE JOURNALIERE OBSERVES EN PM ₁₀ SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE DE 2010 A 2020 (SOURCE : LIG'Air)	82
FIGURE 91 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS DES SEUILS D'INFORMATION ET D'ALERTE EN PM ₁₀ OBSERVES SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE DE 2010 A 2020 (SOURCE : LIG'Air).....	83

FIGURE 92 : CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES MODELISEES EN PM ₁₀ EN 2019 SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE (SOURCE : LIG'AIR)	84
FIGURE 93 : EVOLUTION ET POTENTIEL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES.....	85
FIGURE 94 : EVOLUTION ET POTENTIEL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE PES	88
FIGURE 95 : PART DES EMISSIONS D'ORIGINES NON ENERGETIQUES DES DIFFERENTS POLLUANTS.....	88
FIGURE 96 : L'ACCROISSEMENT FORESTIER.....	93
FIGURE 97 : LA RECOLTE DU BOIS	94
FIGURE 98 : BILAN DE LA SEQUESTRATION NETTE DE DIOXYDE DE CARBONE SUR LE TERRITOIRE DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE (EN KT).....	96
FIGURE 99 : PREVISION'AIR – OUTIL DE MODELISATION A HAUTE RESOLUTION	105

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : SYNTHÈSE DES CONSOMMATIONS ÉNERGETIQUES TOTALES DU TERRITOIRE DE TOURS MÉTROPOLE VAL DE LOIRE.....	14
TABLEAU 2 : SYNTHÈSE DES CONSOMMATIONS DU SECTEUR RESIDENTIEL.....	20
TABLEAU 3 : SYNTHÈSE DES CONSOMMATIONS DU SECTEUR TRANSPORT ROUTIER.....	26
TABLEAU 4 : SYNTHÈSE DES CONSOMMATIONS DU SECTEUR TERTIAIRE.....	29
TABLEAU 5 : SYNTHÈSE DES CONSOMMATIONS DU SECTEUR INDUSTRIE.....	31
TABLEAU 6 : SYNTHÈSE DES CONSOMMATIONS DU SECTEUR AGRICULTURE.....	33
TABLEAU 7 : SYNTHÈSE DES HYPOTHÈSES DES SCÉNARIOS TENDANCIEL ET VOLONTARISTE DE NEGAWATT.....	36
TABLEAU 8 : POTENTIEL DE RÉDUCTION DES CONSOMMATIONS AUX HORIZONS 2020, 2030 ET 2050 À PARTIR DU SCÉNARIO TENDANCIEL NEGAWATT.....	37
TABLEAU 9 : POTENTIEL DE RÉDUCTION DES CONSOMMATIONS AUX HORIZONS 2020, 2030 ET 2050 À PARTIR DU SCÉNARIO VOLONTARISTE NEGAWATT.....	38
TABLEAU 10 : COUTS ACTUELS DES ÉNERGIES (SOURCE : SDES ET TRAITEMENT LIG'AIR).....	40
TABLEAU 11 : HYPOTHÈSES D'ÉVOLUTION DES PRIX DES ÉNERGIES AUX HORIZONS 2030 ET 2050 (SOURCE : ADEME).....	41
TABLEAU 12 : POUVOIR DE RECHAUFFEMENT GLOBAL ET ORIGINE DES ÉMISSIONS PAR TYPE DE GES (SOURCE : 5 ^{ÈME} RAPPORT DU GIEC).....	45
TABLEAU 13 : STATIONS PERMANENTES DU RÉSEAU DE MESURE TOURANGEAU (ANNÉE 2020).....	75
TABLEAU 14 : SEUILS RÉGLEMENTAIRES DE LA QUALITÉ DE L'AIR (SOURCE : LIG'AIR).....	77
TABLEAU 15 : BILAN DU NOMBRE DE JOURS DE DÉPASSEMENT DES SEUILS D'INFORMATION ET D'ALERTE OBSERVÉS EN OZONE SUR TOURS MÉTROPOLE VAL DE LOIRE DE 2010 À 2020 (SOURCE : LIG'AIR).....	79
TABLEAU 16 : BILAN GLOBAL DE LA QUALITÉ DE L'AIR SUR LE TERRITOIRE DE TOURS MÉTROPOLE (DE 2010 À 2020) (SOURCE : LIG'AIR).....	84
TABLEAU 17A : POTENTIEL DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DES DIFFÉRENTS POLLUANTS TOUS SECTEURS CONFONDUS.....	87
TABLEAU 17B : POTENTIEL DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DES DIFFÉRENTS POLLUANTS PAR SECTEUR.....	87
TABLEAU 18 : QUANTITÉ DE CO ₂ ÉMISE OU ABSORBÉE (EN KT) PAR LE CHANGEMENT D'UTILISATION DES SOLS EN 2018 SUR LE TERRITOIRE DE TOURS MÉTROPOLE VAL DE LOIRE (+ = ÉMISSIONS / - = ABSORPTION).....	95

GLOSSAIRE

ABF :	Architecte des Bâtiments de France
AASQA :	Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air
AGRESTE :	Ministère de l'agriculture et de l'alimentation – La statistique, l'évaluation et la prospective agricole
CARBOFOR :	Projet : Séquestration de carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles
CEREMA :	Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CITEPA :	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution de l'Air
CO ₂ :	Dioxyde de carbone
DRAAF :	Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
DREAL :	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ECS :	Eau Chaude Sanitaire
EF :	Energie Finale
EH :	Equivalent Habitant
EnR :	Energie Renouvelable
EP :	Energie Primaire
GES :	Gaz à Effet de Serre
GWh :	Giga Watt heure
GIEC :	Groupe d'expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
Ha :	Hectare
IGN :	Institut national de l'information géographique et forestière
INRA :	Institut National de la Recherche Agronomique
INSEE :	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
kt :	kilotonnes
kWh :	Kilo Watt heure
LTECV :	Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte
MDE :	Maîtrise de la Demande en Energie
O ₂ :	Dioxygène
OREGES :	Observatoire Régional de l'Energie et des Gaz à Effet de Serre en région Centre-Val de Loire
PCAET:	Plan Climat Air Energie Territorial
PCI :	Pouvoir Calorifique Inférieur
PCS :	Pouvoir Calorifique Supérieur
PES :	Polluants à Effets Sanitaires
PRG :	Pouvoir de réchauffement global
RMQS :	Réseau de Mesure de la Qualité des Sols
RT :	Réglementation Thermique
SAA :	Statistique Agricole Annuelle
SDES :	Service des Données et Etudes Statistiques
SRADETT :	Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires
Tep :	Tonne équivalent pétrole
Teq CO ₂ :	Tonne équivalent CO ₂
UTCF :	Utilisation des Terres, leurs Changements et la Forêt
VMC :	Ventilation Mécanique Contrôlée
V.P. :	Véhicule Particulier
V.U.L :	Véhicule Utilitaire Léger



PARTIE I : ESTIMATION DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE ET POTENTIEL DE REDUCTION

I. Méthodologie et approches privilégiées

Le périmètre du diagnostic

Après être devenue une communauté urbaine au 1^{er} janvier 2017, « Tour(s)plus » devient « Tours Métropole Val de Loire » par un décret du 20 mars 2017. Le territoire de Tours Métropole Val de Loire (Figure 1) occupe une superficie de 389 km² répartie en 22 communes. La population du territoire s'élève à 294 220 habitants (INSEE 2018).

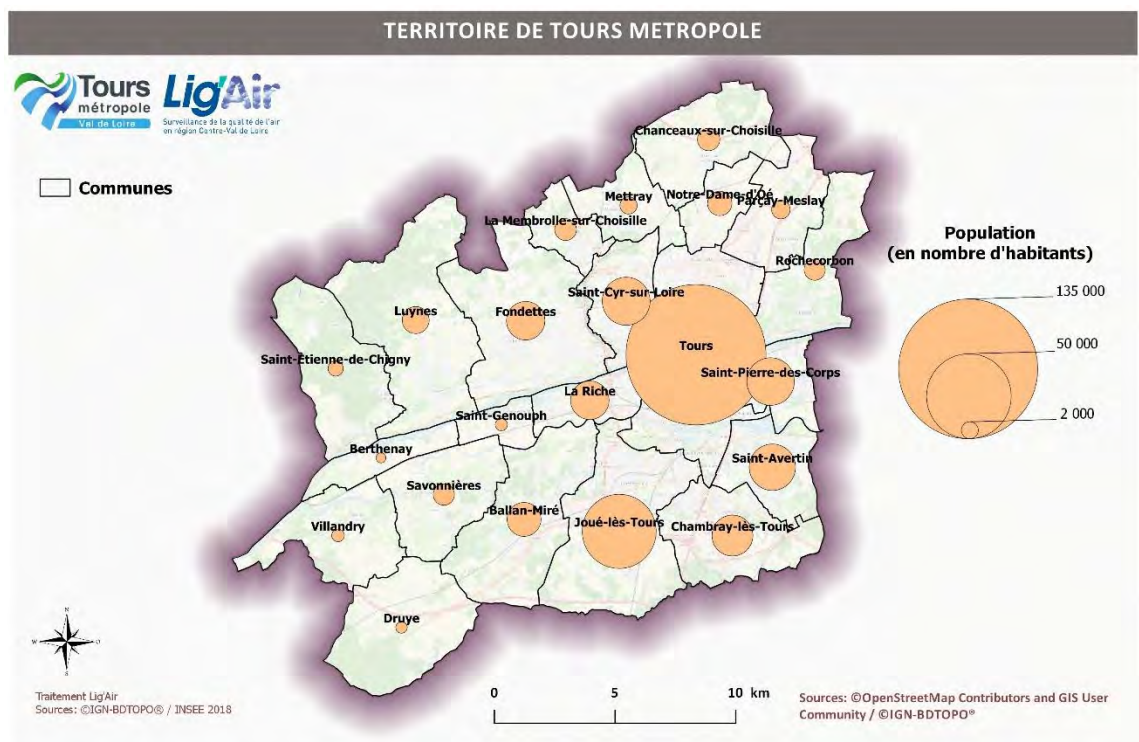


Figure 1 : Territoire de Tours Métropole Val de Loire

Les données utilisées dans le cadre de cette étude proviennent de Lig'Air et de l'OREGES.

Diagnostic des consommations d'énergie

Cette analyse porte sur l'ensemble des consommations liées aux secteurs mentionnés dans l'arrêté du 4 août 2016 relatif au Plan Climat Air Energie Territorial. Les données sont produites par Lig'Air dans le cadre de l'inventaire des émissions atmosphériques calculé pour l'année de référence 2018.

Le parti a été pris d'utiliser les données Lig'Air pour ce diagnostic des consommations d'énergie puisqu'il s'agit de la seule base multi-secteurs et multi-énergies permettant un diagnostic global. En effet, il n'existe aucune base de données pour les énergies dites diffuses tels que le bois et les produits pétroliers. Par ailleurs, concernant les énergies de réseau (gaz naturel et électricité), le contexte multi-acteurs du transport et de la distribution d'énergie sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire rend la collecte et le traitement de ces données difficiles pour envisager un diagnostic global. Ces consommations modélisées par Lig'Air étant par ailleurs un intermédiaire de calcul de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre et de polluants à effets sanitaires (GES et PES), ceci assure la cohérence entre les deux diagnostics (consommations et émissions) sur le territoire.

Les consommations d'énergie sont détaillées selon les énergies finales suivantes : électricité, bois-énergie (EnR), gaz naturel, produits pétroliers, chaleur et froid issus de réseau, combustibles minéraux solides (CMS), autres énergies renouvelables, autres non renouvelables.

Les consommations d'énergie sont dites finales (EF) car elles correspondent à la consommation des utilisateurs finaux, donc l'énergie effectivement consommée (essence à la pompe, ...). Ces consommations sont communément exprimées en énergie primaire (EP). Cette conversion sera uniquement réalisée dans la partie « potentiel de réduction » afin de mettre en adéquation les consommations finales (EF) de l'état des lieux avec les valeurs cibles des normes de la rénovation basse consommation fournies en EP.

Par convention, les établissements de production d'énergie ne sont pas pris en compte dans les données de consommations d'énergie finale.

Les données sont fournies à climat réel, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas corrigées des variations climatiques. Ce paramètre est à considérer dès lors que des analyses d'évolutions sont réalisées. Dans le cadre du diagnostic qui porte sur l'année de référence 2018, il n'a pas été jugé nécessaire de réaliser cette correction. En revanche dans le cadre de l'estimation du potentiel de réduction, pour une projection plus pertinente des consommations aux horizons 2030-2050, celles-ci seront corrigées du climat ce qui induira un léger différentiel sur les valeurs concernées entre les deux chapitres.

Les consommations sont exprimées en GWh comme stipulé dans l'arrêté du 4 août 2016 relatif au plan climat-air-énergie territorial.

Potentiel de réduction des consommations d'énergie

L'exercice d'analyse des potentiels de réduction des consommations ou de maîtrise de la demande en énergie MDE fait intervenir de nombreuses données et hypothèses. Les données de diagnostic 2018 des usages et consommations énergétiques ont constitué les données de référence de nos travaux, dont les hypothèses se sont inspirées du Schéma Régional Climat Air Energie et des travaux Négawatt.

En cohérence avec le diagnostic, les consommations seront exprimées en GWh (et en énergie finale) sauf lorsqu'il s'agira de les comparer à des valeurs cibles des normes de la rénovation basse consommation du secteur résidentiel exprimées en kWh EP /m²/an.

Enfin il faut garder à l'esprit les limites de ces exercices prospectifs (projections dans un environnement incertain à de multiples égards) et l'objectif de la réflexion : produire une aide à la décision pour prioriser les politiques de maîtrise de la demande en énergie. Les orientations prioritaires d'une politique de réduction des consommations relèvent de choix politiques autant que de questions techniques ; les décideurs doivent pouvoir s'approprier ces travaux, comprendre les mécanismes sur lesquels sont construites les hypothèses et prendre la mesure du changement d'échelle de l'action que suppose l'ambition de maîtriser la demande en énergie sur le territoire.

Potentiel de réduction des émissions de GES et PES

Le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de polluants à effets sanitaires (GES/PES) a été proportionnellement estimé au potentiel de réduction des consommations. En toute cohérence cette proportionnalité ne sera pas appliquée aux émissions d'origines non énergétiques, c'est-à-dire qui ne résultent pas de la combustion d'énergie si elles ont été conservées à l'état stable de 2018.

En conséquence, il est à noter une légère sous-estimation du potentiel de réduction présenté ici, de par la méthodologie, qui limite la baisse des émissions à la baisse des

consommations alors que des actions spécifiques de réduction des émissions peuvent être menées sans engendrer une baisse des consommations.

Les émissions de GES seront exprimées en tonnes équivalent CO₂ (teq CO₂), unité de référence pour la comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du protocole de Kyoto. Les émissions des PES seront exprimées en tonnes ou kg pour les plus faibles quantités émises.

Facture énergétique

A partir des données de consommations d'énergie de la base Lig'Air et des hypothèses de coût et d'évolution de coûts des différentes énergies, nous avons pu estimer la facture énergétique pour l'année de référence (2018) et son évolution aux horizons 2030 et 2050.

Les hypothèses moyennes des coûts actuels des énergies prises en compte ont été déterminées à partir des statistiques du SDES¹ les plus récentes disponibles (année de référence 2018), sauf dans le cas des produits pétroliers dont les cours sont beaucoup plus fluctuants et pour lesquels il a été préféré de lisser le coût de cette énergie via une moyenne des coûts annuels de 2010 à 2018. Les simulations prospectives d'évolution de la facture énergétique du territoire prennent en compte les hypothèses d'évolution des prix des énergies issues des visions 2030-2050 de l'ADEME².

¹ <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energie-climat/s/prix-energies.html>

² <http://www.ademe.fr/contribution-lademe-a-lelaboration-visions-energetiques-2030-2050>

II. Diagnostic des consommations énergétiques

A. Synthèse globale - Chiffres clés (Année de référence 2018)

Consommations Totales	5 785 GWh soit 8% des consommations de la région Centre-Val de Loire
Consommation/habitant	0,02 GWh/habitant 0,024 GWh/habitant dans l'Indre-et-Loire et 0,028 GWh/habitant en région Centre-Val de Loire
Mix énergétique	Produits pétroliers (36%) Electricité (28,4%) Gaz Naturel (25,3%) Chaleur (5,3%) Bois-énergie (3,1%) Autres combustibles (1,9%)
Secteurs d'activités les plus consommateurs	Résidentiel (34,8%) Transport (31,4%) Tertiaire (21,8%) Industrie hors énergie (11,3%) Agriculture (0,4%) Autres transports (0,3%)
Communes les plus consommatrices	Tours 2 363 GWh soit 41,8% des consommations totales du territoire
Evolution des consommations	Des consommations plus élevées en 2010 6 568 GWh en 2010 contre 5 785 en 2018

Tableau 1 : Synthèse des consommations énergétiques totales du territoire de Tours Métropole Val de Loire

► Consommations énergétiques totales : 5 785 GWh

En 2018, Lig'Air a évalué les consommations énergétiques totales du territoire de Tours Métropole Val de Loire à **5 785 GWh** soit 8% de la consommation de la région Centre-Val de Loire. La consommation d'énergie moyenne par habitant du territoire, évaluée à 0,02 GWh par habitant, est légèrement inférieure à la moyenne départementale (0,024 GWh/habitant dans le département de l'Indre-et-Loire) et inférieure à la moyenne régionale (0,028 GWh/habitant en région Centre-Val de Loire).

Le mix énergétique (**Figure 2**) est composé à 36% de produits pétroliers. Il est identique à la moyenne de la région Centre-Val de Loire dont la part de cette énergie dans la consommation totale est de l'ordre de 34%. La consommation d'électricité est légèrement supérieure à celle du gaz sur le territoire et à elles deux, ces énergies représentent 53,7% de l'ensemble de la consommation. A l'échelle de la région, on constate également, une prépondérance de la consommation d'électricité par rapport au gaz naturel. La consommation de gaz sur le territoire est liée à une proportion importante de communes raccordées au réseau de gaz naturel sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (95%, seule la commune de Berthenay n'est pas raccordée au réseau de gaz naturel) et en région Centre-Val de Loire (32%). L'utilisation du bois-énergie constitue 3,1% des consommations totales du territoire.

Tours Métropole Val de Loire : 5 785 GWh



Figure 2 : Mix énergétique de la consommation totale en 2018

► Les consommations sectorielles

Le secteur résidentiel (Figure 3) est le premier secteur consommateur du territoire, avec 34,8% des consommations du territoire (2 015 GWh). Le secteur du transport routier est également responsable de 31,4% des consommations (1 817 GWh), ce qui est légèrement inférieur à la moyenne régionale qui présente une part équivalente au secteur résidentiel (environ 34%). Le secteur tertiaire représente 21,8% des consommations du territoire (1 261 GWh). L'industrie est le quatrième secteur consommateur du territoire, avec 654 GWh consommés en 2018, soit 11,3% des consommations du territoire. Enfin, l'agriculture et le secteur « autres transports » sont les derniers secteurs consommateurs non négligeables du territoire avec respectivement 20 et 18 GWh soit 0,4% et 0,3% des consommations totales du territoire. Les consommations des autres secteurs (déchets et branche énergie) sont nulles et ne seront pas approfondies par la suite.

Tours Métropole Val de Loire : 5 785 GWh

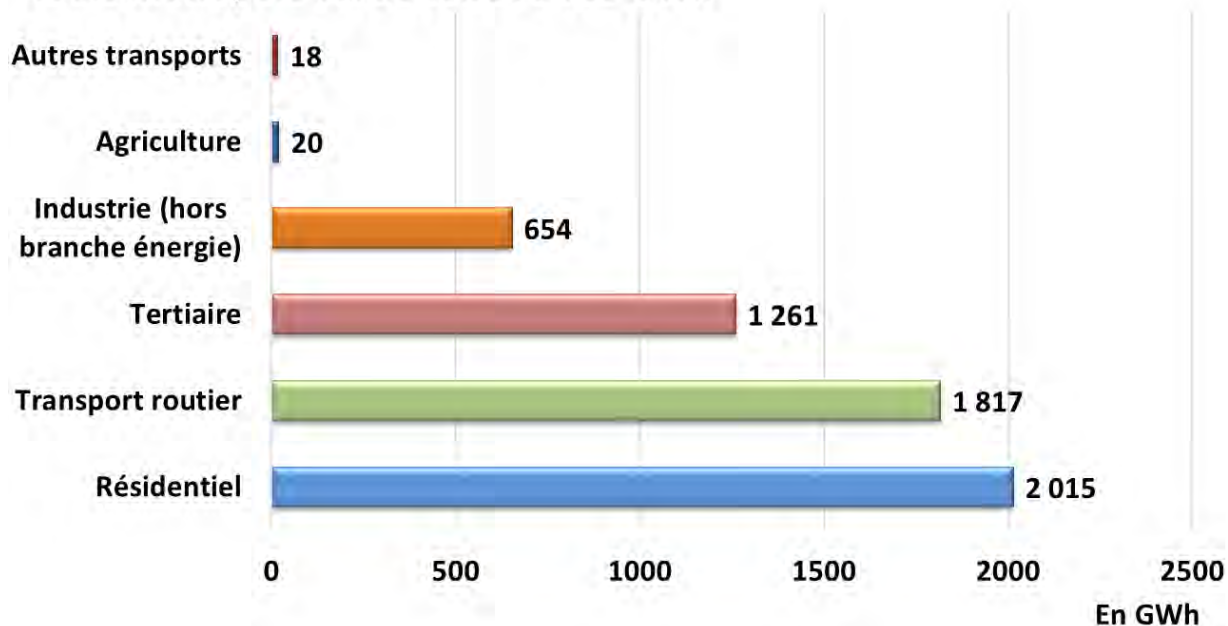


Figure 3 : Consommations totales sectorielles en 2018

Dans le détail, la contribution des secteurs aux consommations d'énergie est précisée ci-après (Figure 4) :

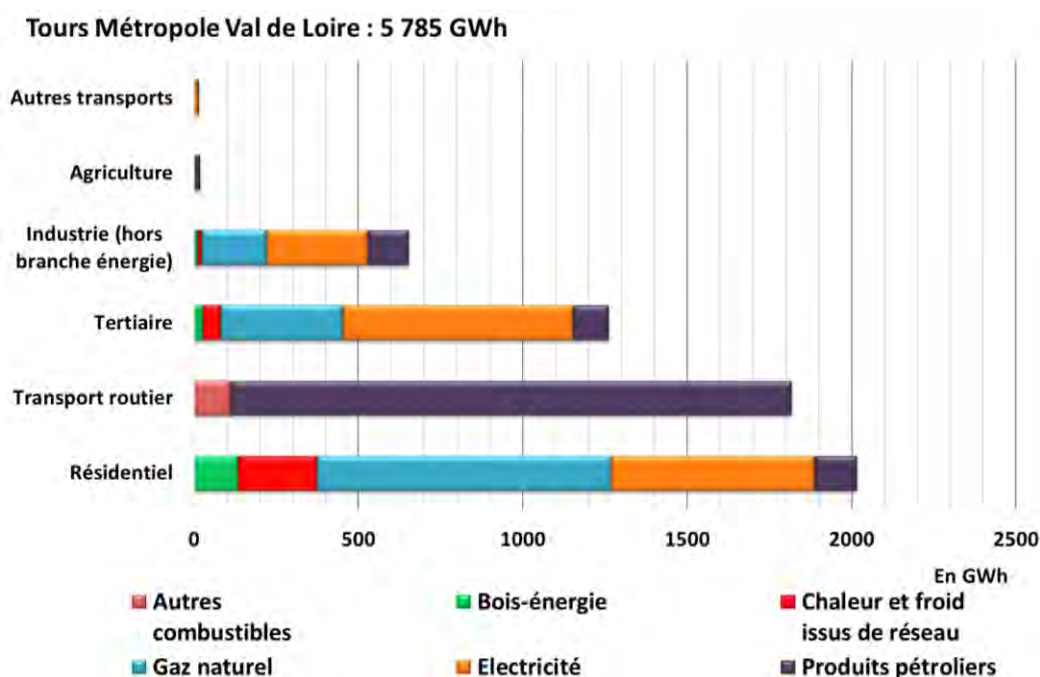


Figure 4 : Consommations totales par secteur et par énergie en 2018

Le diagnostic sera approfondi ultérieurement pour chaque secteur. On constate néanmoins, pour les secteurs les plus consommateurs, un mix 100% produits pétroliers dans le secteur des transports et un mix majoritairement gaz naturel/électricité dans le secteur résidentiel.

► Les consommations totales communales

En 2018, Tours (Figure 5) représente la commune la plus consommatrice parmi les communes du territoire avec respectivement une consommation de 2 363 GWh (soit 40,8% des consommations totales du territoire). A l'échelle du territoire, une grande disparité des consommations existe entre les communes allant de 2 363 GWh (commune de Tours) à 8,4 GWh (commune de Berthenay).

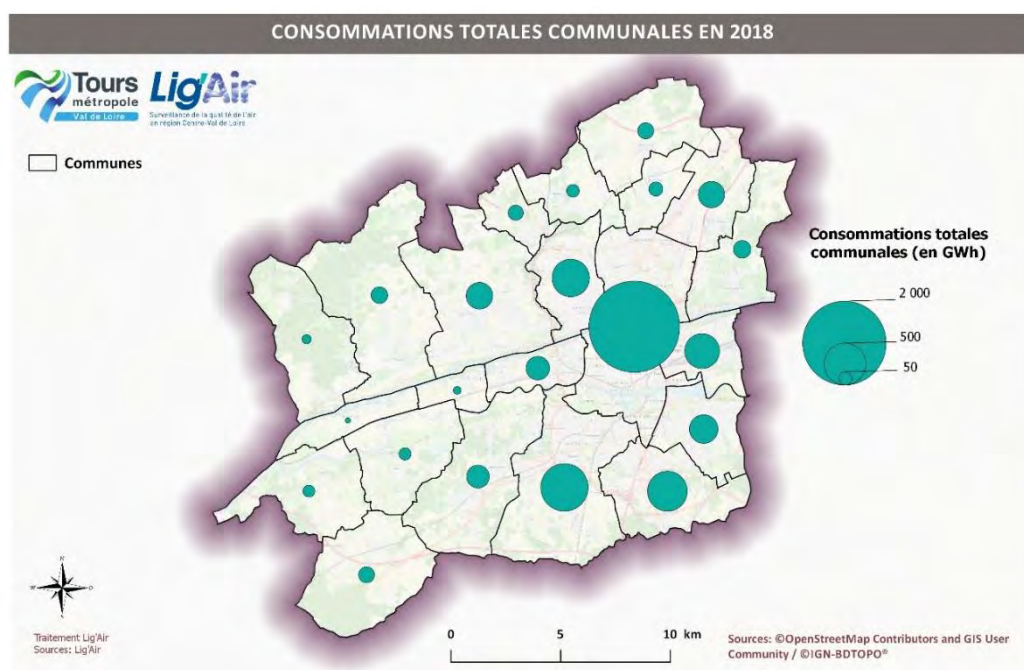


Figure 5 : Cartographie des consommations totales communales en 2018

► Les consommations totales communales par habitant

De grandes disparités sont constatées sur cet indicateur en fonction des communes qui varient d'environ 0,012 GWh par habitant à plus de 0,08 GWh par habitant (Figure 6). D'une manière générale, le transport et plus particulièrement la présence d'un axe routier est un paramètre très impactant. Le territoire est traversé par deux grands axes routiers : l'autoroute A10 et l'autoroute A85. On remarque sur la carte que la plupart des communes les plus consommatrices par rapport à leur nombre d'habitants (> 0,04 GWh/hab) se situent sur la trajectoire de ces axes routiers. Parmi elles, les communes de Parçay-Meslay, Druye et Chambray-lès-Tours en sont les parfaits exemples.

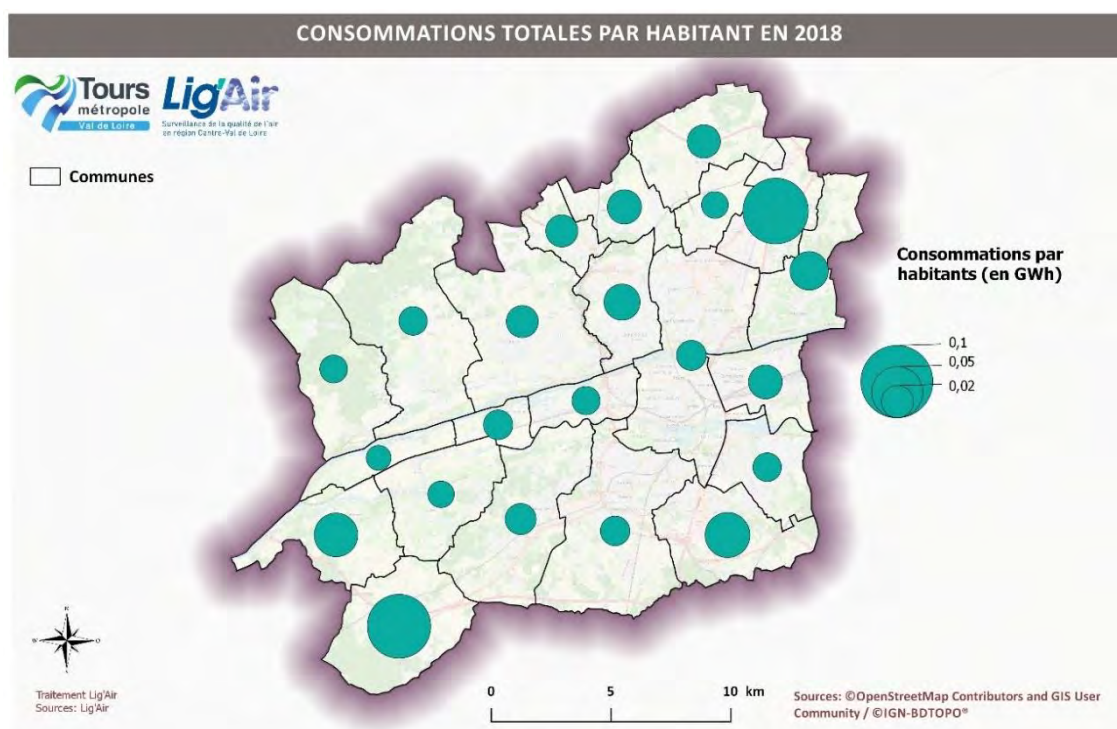


Figure 6 : Cartographie des consommations totales par habitant en 2018

► Evolution des consommations depuis 2008 : une année 2010 présentant des consommations plus élevées

Les consommations calculées pour l'année 2010 sont les plus élevées depuis 2008 (Figure 7). A l'inverse, la consommation de 2018 fait partie des années enregistrant des consommations les plus faibles depuis 2008. Cet écart avec 2010 peut, en partie, être expliqué par les consommations résidentielles beaucoup plus élevées en 2010, année beaucoup plus froide que les autres années et par conséquent avec une utilisation du chauffage plus importante.

Tours Métropole Val de Loire

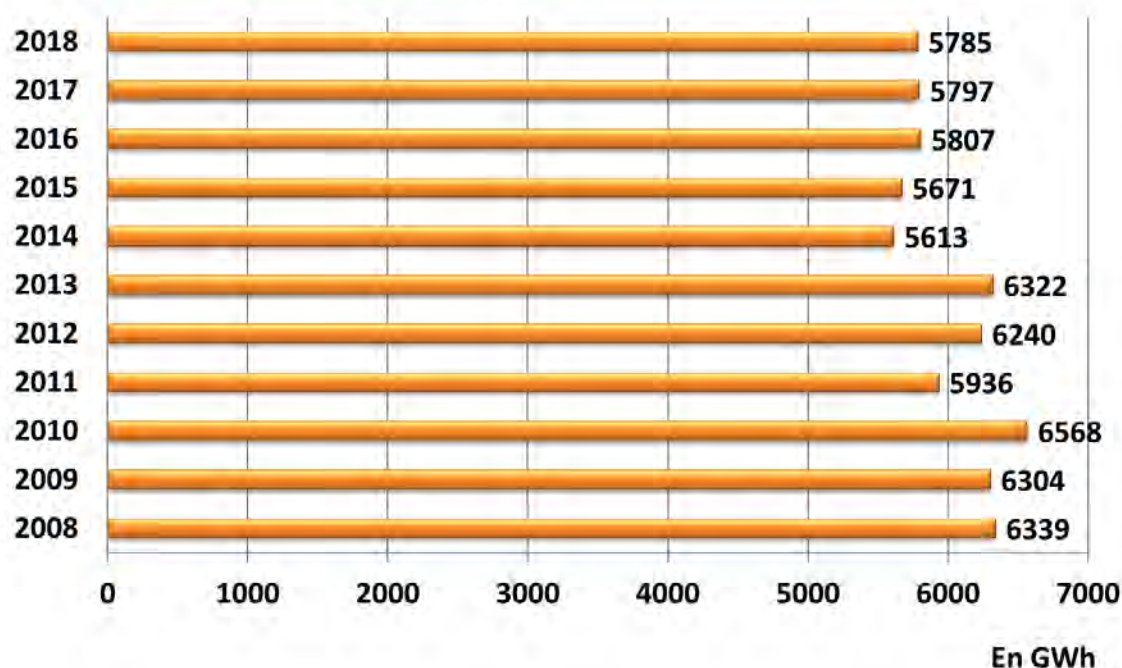


Figure 7 : Evolution des consommations sur la période 2008-2018

Dans le détail, l'évolution du mix énergétique est précisée ci-dessous (Figure 8). Le mix énergétique a légèrement évolué sur la période. Entre 2008 et 2018, la consommation des produits pétroliers a baissé de -12,2%, celle du gaz naturel a diminué de -13,8%, la consommation issue de l'électricité a peu évolué avec une baisse de -5,2% tandis que celle du bois-énergie a fortement augmenté avec +30%.

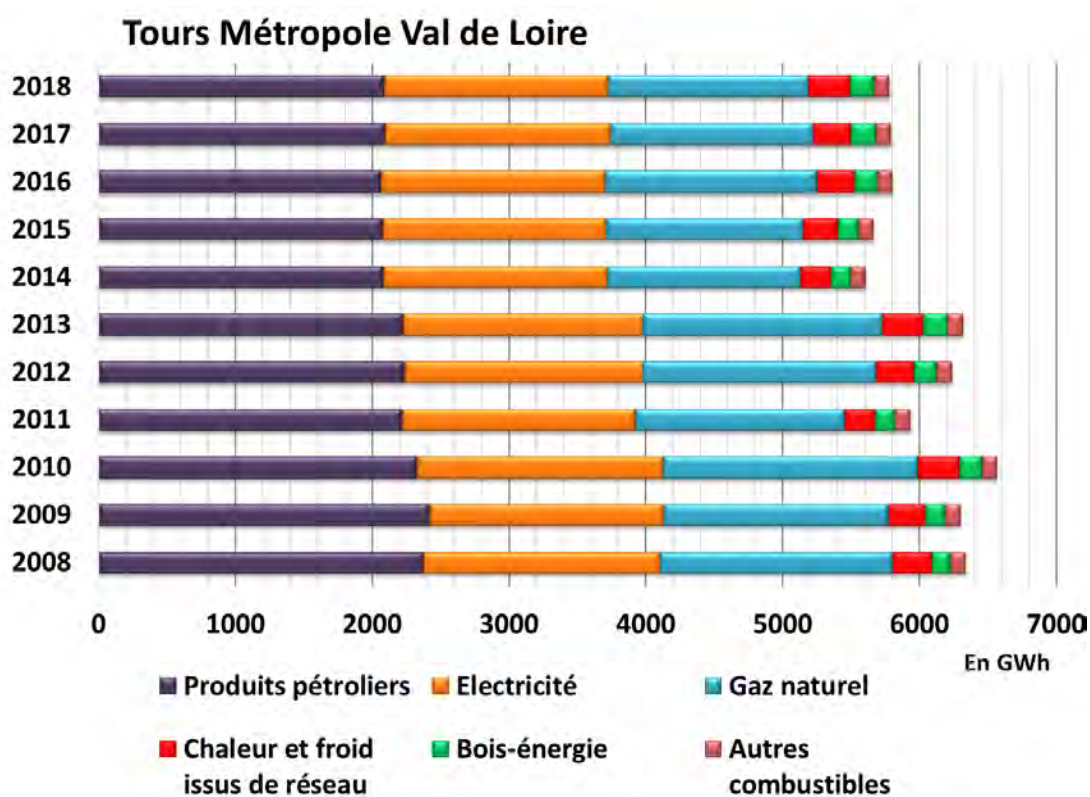


Figure 8 : Evolution du mix énergétique sur la période 2008-2018

L'évolution des consommations d'énergie dans les secteurs est précisée ci-dessous (Figure 9). Les consommations ont diminué dans les trois principaux secteurs consommateurs entre 2010 et 2018, alors qu'elles avaient augmenté dans les secteurs résidentiel et transport routier entre 2008 et 2010. Les consommations présentées ici ne sont pas corrigées du climat. Cette augmentation dans ces secteurs où les consommations sont justement sensibles aux variations climatiques confirme en partie l'impact de la rigueur de l'hiver 2010 évoqué précédemment. Une tendance similaire, moins marquée cependant, est observée sur le secteur tertiaire. Les consommations du transport ont peu évolué sur la période. Il est à noter une tendance à la baisse sur l'industrie et à la stabilisation sur l'agriculture qui peut s'expliquer en partie par une évolution des activités sur le secteur industriel et/ou une stratégie de réduction des coûts énergétiques dans ces deux secteurs économiques. Ces hypothèses d'analyse seront précisées par la suite dans l'approfondissement sectoriel du diagnostic.

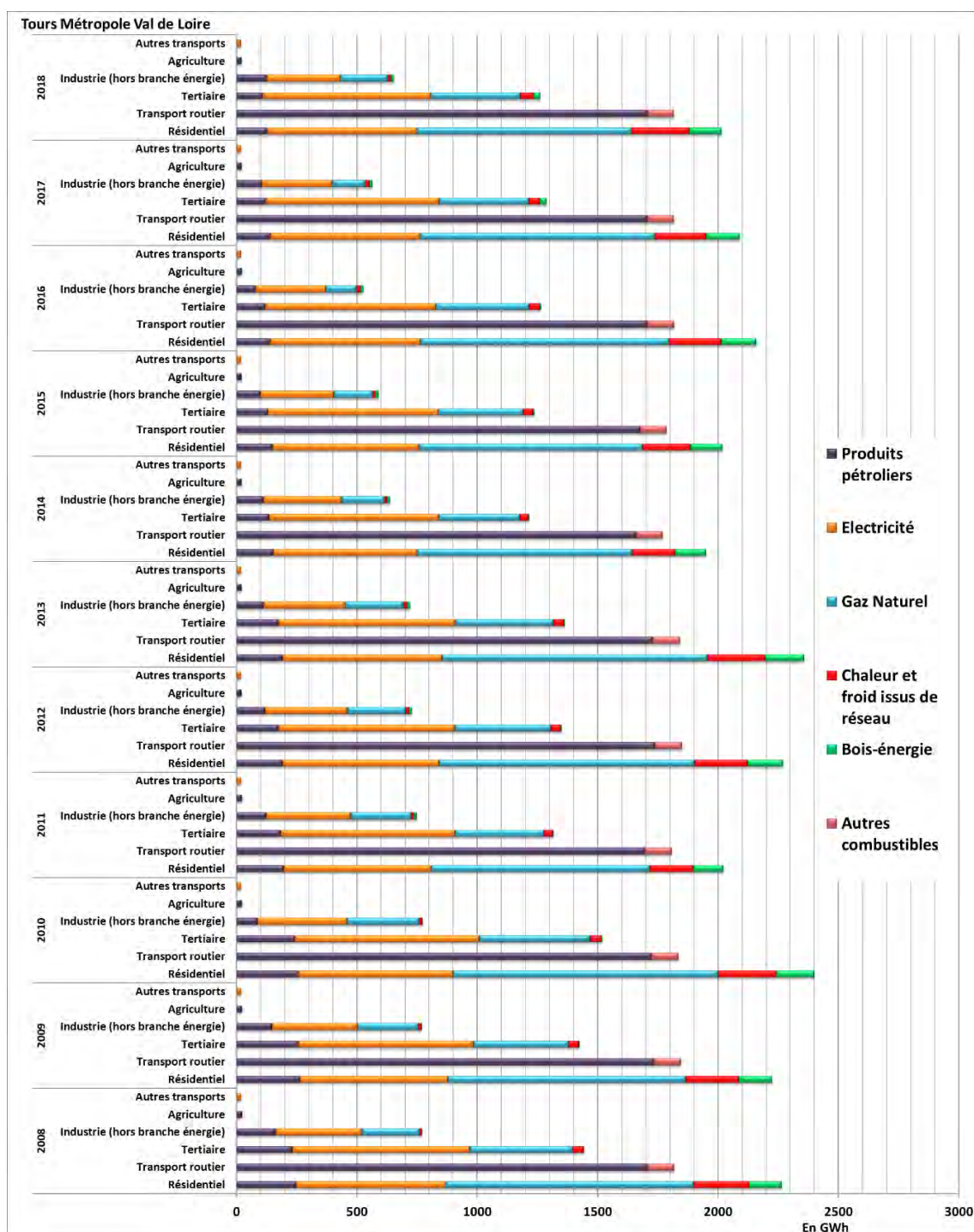


Figure 9 : Evolution du mix énergétique par secteur sur la période 2008-2018

B. Secteur Résidentiel

► Synthèse du secteur – Chiffres clés du secteur résidentiel en 2018

Nombre de logements	151 451 logements³ 11 413 644 m ² soit 10,1% des surfaces de la région Centre-Val de Loire du secteur résidentiel
Part des résidences principales et de l'habitat individuel	98% et 57% respectivement
Consommations Totales	1^{er} secteur consommateur avec 2 015 GWh soit 34,8% des consommations totales du territoire et 10% des consommations de la région Centre-Val de Loire du secteur résidentiel
Communes les plus consommatrices	Tours 977 GWh soit 48,5% des consommations du secteur résidentiel
Mix énergétique	Gaz naturel (44,2%) Electricité (30,8%) Chaleur et froid issus du réseau (11,8%) Bois-énergie (6,8%) Produits pétroliers (6,4%)
Usages	Chauffage (66,1%) Electricité spécifique (15,9%) ECS (12,2%) Cuisson (5,5%) Autres (0,3%)
Energie de chauffage	Gaz naturel (56,6%) Chaleur et froid issus du réseau (13,9%) Electricité (12,3%) Bois-énergie (10,2%) Produits pétroliers (7%)
Consommation moyenne du chauffage par m ² de logement	116,6 kWh EF/m ² /an 116,8 kWh EF/m ² /an en région Centre-Val de Loire
Evolution des consommations	Des consommations plus élevées en 2010 mais en légère baisse depuis 2008 2 400 GWh en 2010 contre 2 159 GWh en 2016 et 2 015 GWh en 2018

Tableau 2 : Synthèse des consommations du secteur résidentiel

► Consommation d'énergie du secteur résidentiel

En 2018, la consommation du secteur résidentiel s'élève à **2 015 GWh** sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire soit 34,8% des consommations totales du territoire. Le mix énergétique (**Figure 10**) est majoritairement composé de gaz naturel (44,2%) et beaucoup plus faiblement en produits pétroliers contrairement au mix moyen régional majoritairement électrique et autant consommateur de gaz naturel que de produits pétroliers.

³ Lig'Air à partir des données INSEE pour l'année de référence 2018

Résidentiel Tours Métropole Val de Loire : 2 015 GWh

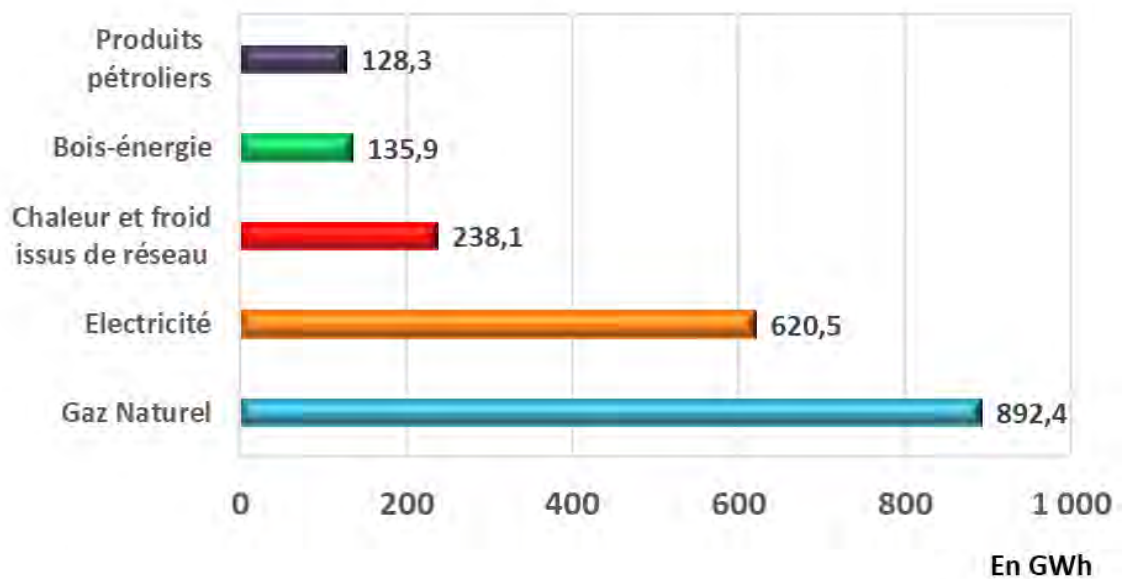


Figure 10 : Mix énergétique du secteur résidentiel

► Consommation d'énergie du secteur résidentiel : Le chauffage

Le gaz naturel est communément employé dans le résidentiel pour le chauffage des logements. Il correspond au principal poste de consommation du résidentiel (avec 44,2% des consommations du secteur dont 56,6% pour le chauffage au gaz naturel). Compte tenu d'une proportion importante de logements raccordés au réseau de gaz naturel, il constitue la principale énergie de chauffage (Figure 11) du territoire. Au niveau régional, le gaz naturel occupe aussi la première place dans le mix énergétique pour cet usage (35% des consommations pour le chauffage des logements).

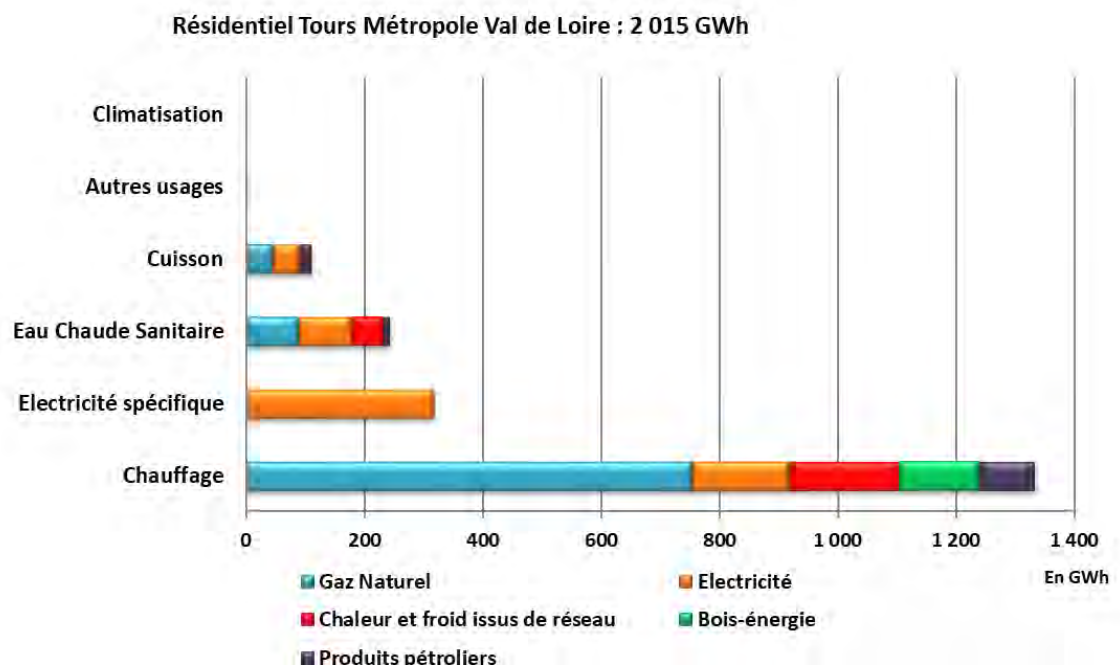


Figure 11 : Mix énergétique par usage du secteur résidentiel

La chaleur et froid issus de réseau est la deuxième énergie de chauffage (13,9%) devant l'électricité (12,3%), le chauffage au bois-énergie (10,2%) et les produits pétroliers (7%) sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (Figure 12). Ce mix énergétique est nettement différent de celui associé à la région, en cause la présence de réseaux de chaleur sur le territoire contribuant notamment à réduire la part du bois-énergie et des produits pétroliers.

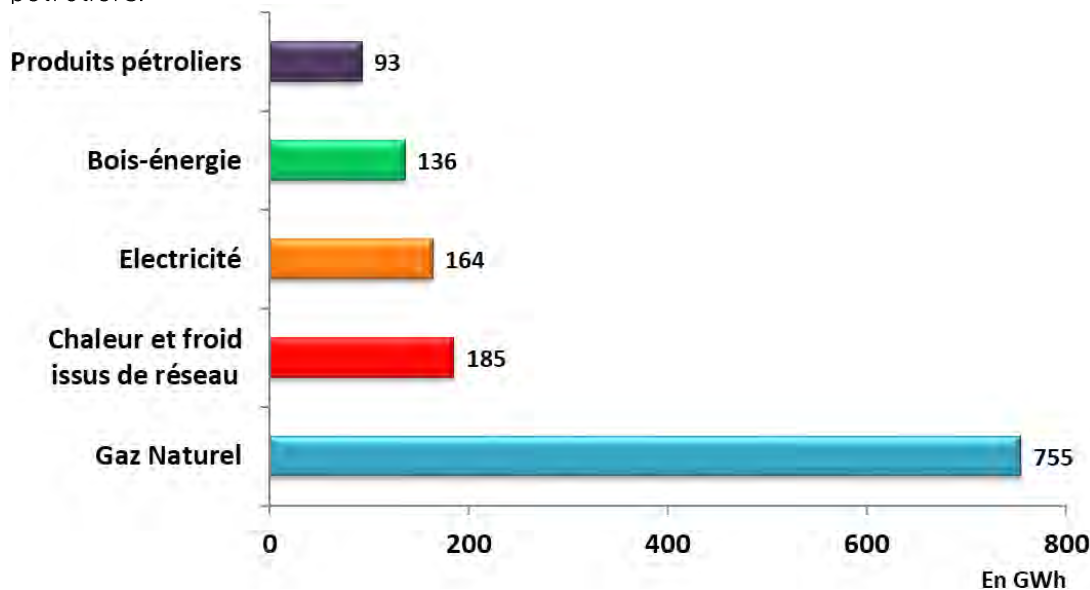


Figure 12 : Mix énergétique du chauffage du secteur résidentiel

Afin de caractériser la performance énergétique d'un bâtiment, les consommations du chauffage sont généralement exprimées en kWh/m². La consommation moyenne du chauffage par m² de logement sur le territoire est de 116,6 kWh EF/m² (équivalent à la moyenne régionale qui est de 116,8 kWh EF/m²). Le détail communal est présenté sur la carte ci-dessous (Figure 13) avec une double lecture de l'énergie de chauffage dominante de chaque commune.

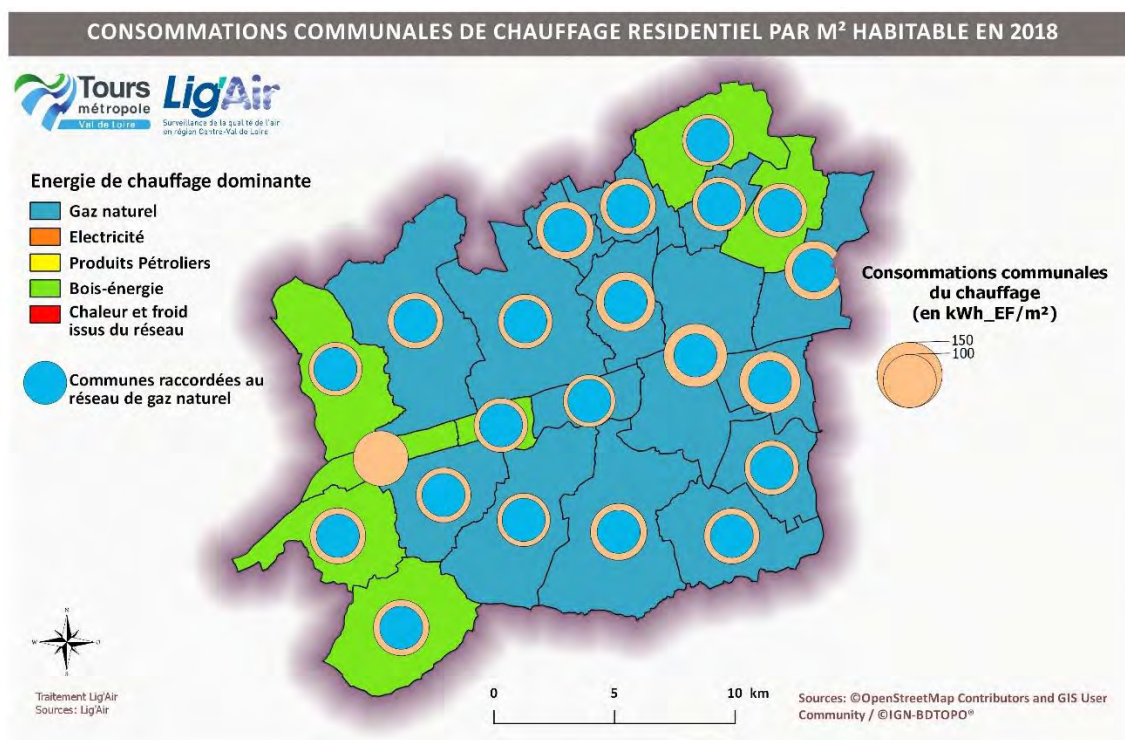


Figure 13 : Cartographie des consommations communales du chauffage résidentiel par m² habitable

Pour aucune des communes, l'électricité, les produits pétroliers et la chaleur et froid issus du réseau sont les énergies de chauffage dominantes. L'utilisation du gaz naturel domine à l'exception de sept communes pour lesquelles le bois-énergie représente la première énergie pour le chauffage des logements. Les réseaux de chaleur jouent un rôle important dans le mix-énergétique du territoire, mais ils sont présents sur seulement 3 communes (Tours, Saint-Pierre-des-Corps et La Riche).

Le gaz naturel, en plus d'être l'énergie la plus utilisée du mix énergétique du territoire (avec 44,2%), est également l'énergie dominante pour le chauffage du résidentiel dans quinze communes du territoire toutes raccordées au réseau de gaz naturel. A l'échelle du territoire, seule la commune de Berthenay n'est pas reliée au réseau de gaz naturel. Les produits pétroliers, dont la part du mix à l'échelle de Tours Métropole Val de Loire est faible, ne domine dans aucune des communes. Ceci s'explique par le fait que la plupart des communes est raccordée au réseau de gaz naturel ce qui met également en évidence la carte. Celle-ci montre aussi que les communes ont une consommation au m² proche pour le chauffage. Une association peut être faite avec l'âge du parc bâti. La suite de l'analyse du résidentiel portera précisément sur ces caractéristiques du parc de bâtiments existants : années de construction et typologie (collectifs ou individuels).

► Caractéristiques du parc résidentiel

En 2018, le parc de logements du territoire de Tours Métropole Val de Loire est estimé à 151 451 logements dont 98% en résidences principales et 57% en habitat individuel (INSEE et base des permis de construire Sit@del2 2018).

En matière de logements, deux éléments ont un impact significatif sur le niveau de consommation :

- Age des logements
- Typologie (collectifs, individuels)

Plus un logement est récent, plus il est performant du fait de l'application de la réglementation thermique. La réglementation thermique française est celle cadrant la thermique des bâtiments pour les constructions neuves en France. Elle a pour but de fixer une limite maximale à la consommation énergétique des bâtiments neufs pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage. La Réglementation Thermique 2012 (RT 2012) succède à plusieurs versions antérieures, aux exigences et aux champs d'application croissants (Réglementation Thermique 1974 (RT 1974 ou RT74) puis 1982, 1988, 2000, 2005). L'étude des périodes de construction (**Figure 14**) met en avant la proportion non négligeable de logements construits avant la première réglementation thermique soit 39% du parc résidentiel du territoire. Pour le reste du parc, s'il a été soumis à une réglementation thermique au moment de sa construction, les standards étaient nettement moins exigeants que ceux de la réglementation thermique 2012 en vigueur actuellement, ce qui laisse un potentiel de rénovation élevé sur presque l'ensemble du parc existant. Cette analyse théorique doit cependant être nuancée afin de tenir compte des opérations de réhabilitation qui peuvent être effectuées sur des logements anciens et ainsi améliorer la performance énergétique des bâtiments concernés.

Tours Métropole Val de Loire : 11 413 644 m² (résidentiel)

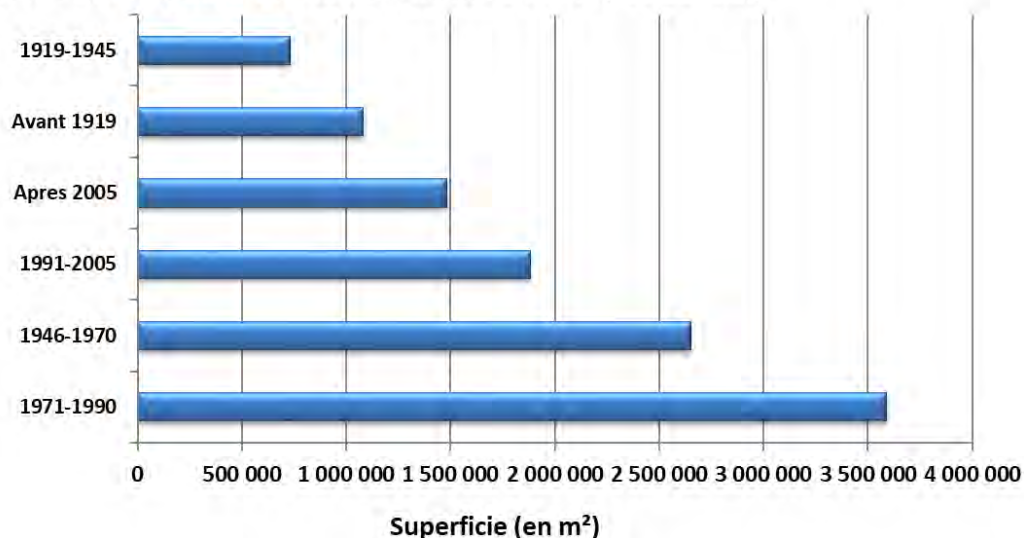


Figure 14 : Cumul des m² habitables par période de construction

L'âge du parc du territoire ne reflète pas celui du parc régional sauf pour la tranche construite après 1971-1990 et 1919-1945.

Une analyse communale de la part des constructions d'avant 1970 a été réalisée et présentée ci-dessous (Figure 15) :

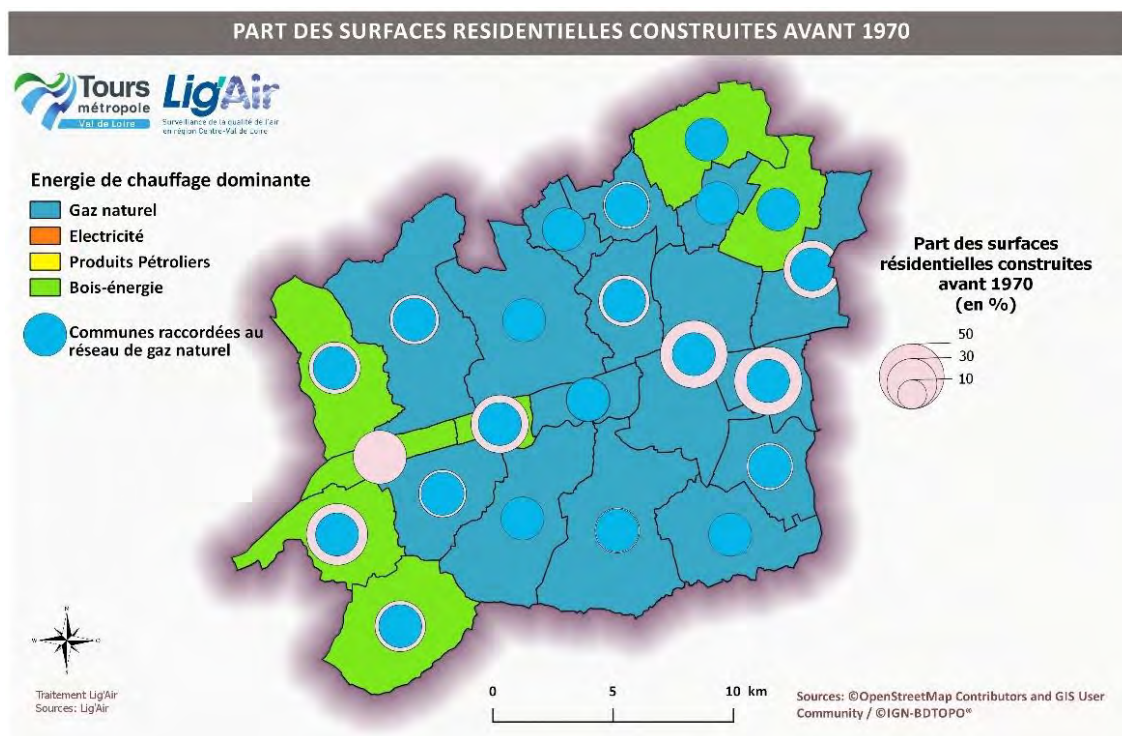


Figure 15 : Cartographie des parts communales des surfaces résidentielles construites avant 1970

Une corrélation a été recherchée entre la part des surfaces construites avant 1970 et les consommations totales communales. La tendance habituellement observée entre ces deux paramètres montre une consommation plus importante dans les communes pour lesquelles la proportion de bâtiments anciens est la plus élevée.

En moyenne et au-delà du niveau intrinsèque de performance des habitations, les maisons individuelles sont plus émettrices que les habitats collectifs, plus compacts. La carte ci-

dessous (Figure 16) montre que les logements collectifs sont les plus représentés à Tours (67%), à La Riche (56%) et à Saint-Pierre-des-Corps (46%) à l'échelle du territoire. La carte montre que, malgré une part importante de logements collectifs dans ces communes, celles-ci enregistrent des consommations au m² les plus importantes du territoire (avec en particulier 142 kWh EF/m² pour Tours et 131 kWh EF/m² pour Saint-Pierre-des-Corps).

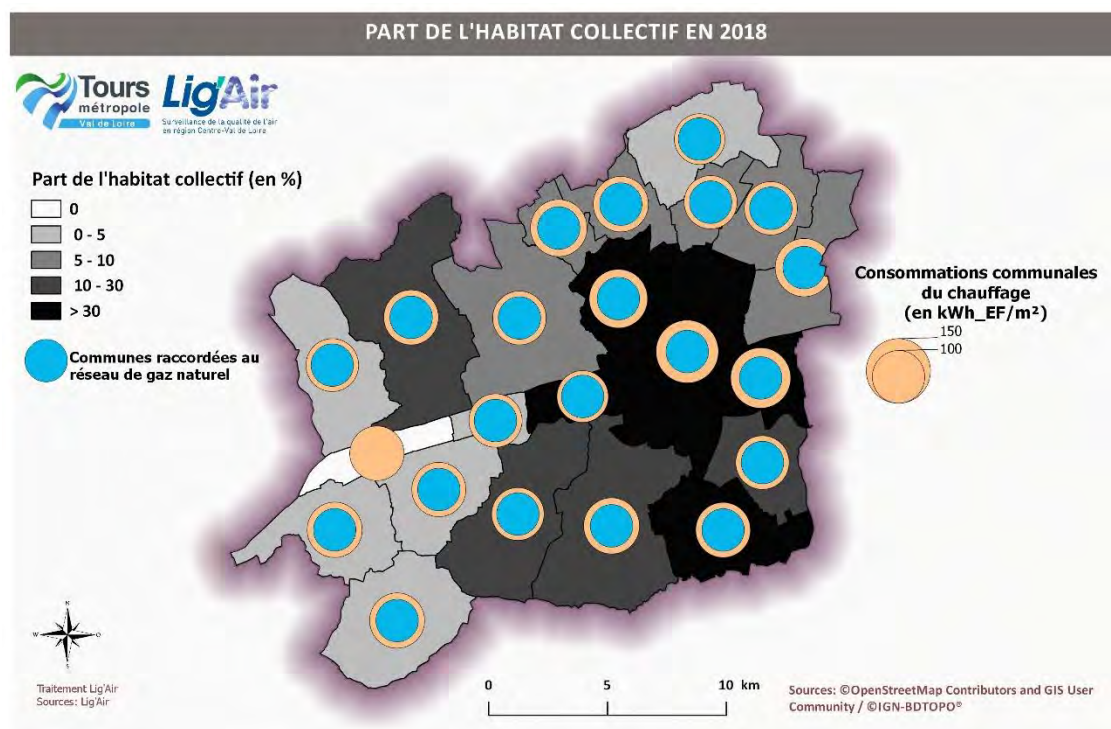


Figure 16 : Cartographie des parts communales de surfaces habitables collectives

► Consommation d'énergie du secteur résidentiel : Les autres usages

Les consommations d'eau chaude sanitaire (ECS) et d'électricité spécifique ne sont pas caractéristiques du parc de bâtiments. Elles reflètent davantage le comportement des individus et dans une proportion moindre la performance des équipements. A l'échelle du territoire, la consommation moyenne annuelle 2018 en énergie finale est estimée à :

- 21,5 kWh EF/m²/an pour l'ECS (20,4 kWh EF/m²/an pour la région Centre-Val de Loire).
- 28 kWh EF/m²/an pour l'électricité spécifique (31 kWh EF/m²/an pour la région Centre-Val de Loire).
- 9,8 kWh EF/m²/an pour la cuisson (10,0 kWh EF/m²/an pour la région Centre-Val de Loire).

C. Secteur Transports

La consommation d'énergie du secteur Transports est nettement dominée par l'activité routière. Cette dernière représente plus de 99% de la consommation liée au transport sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire.

- Transport : 1 835 GWh
- Transport routier : 1 817 GWh
- Transport non routier : 18 GWh

Le transport non routier est représenté par le trafic ferroviaire et le trafic aérien (cycle d'atterrissage/décollage – partie du vol < 1000 m). L'utilisation de l'énergie dans le transport non routier est plus importante pour le transport ferroviaire (94% des consommations contre 6% pour l'aérien). Le mix énergétique du transport ferroviaire sur le territoire se répartit de la façon suivante : électricité (92%) et produits pétroliers (8%). Pour le transport aérien pouvant être associé au territoire, le mix énergétique est 100% produits pétroliers (kérosène et essence aviation).

► Synthèse du secteur – Chiffres clés du secteur transport routier en 2018

Consommation Totale	2 ^{ème} secteur consommateur avec 1 817 GWh soit 31,4% du territoire et 7,5% des consommations de la région Centre-Val de Loire du secteur transports
Mix énergétique	Produits pétroliers (100%) Autres combustibles (négligeable)
Communes les plus consommatrices	Tours, Joué-lès-Tours, Chambray-lès-Tours et Parçay-Meslay 1 065 GWh soit 59% des consommations du secteur transport routier
Evolution des consommations	Des consommations relativement stables depuis 2008 1 817 GWh en 2008, 1 835 GWh 2010 et 1 817 en 2018

Tableau3 : Synthèse des consommations du secteur transport routier

► Consommation d'énergie du secteur transport routier

Les besoins en énergie du transport routier placent ce secteur deuxième consommateur d'énergie, derrière le secteur résidentiel (Figure 3). Ce secteur est dominé par les produits pétroliers (Figure 4) qui constituent presque l'intégralité des combustibles consommés.

Les communes de Tours, Joué-lès-Tours, Chambray-lès-Tours et Parçay-Meslay figurent comme les communes les plus consommatrices d'énergie par le trafic routier (Figure 17). Elles représentent respectivement 28,2%, 11,6%, 11,1% et 7,6% de la consommation territoriale. Ces résultats s'expliquent par la densité de population (pour la commune de Tours notamment) et par la présence d'axes routiers importants (autoroutes A10 et A85 notamment) traversant ces 4 communes.

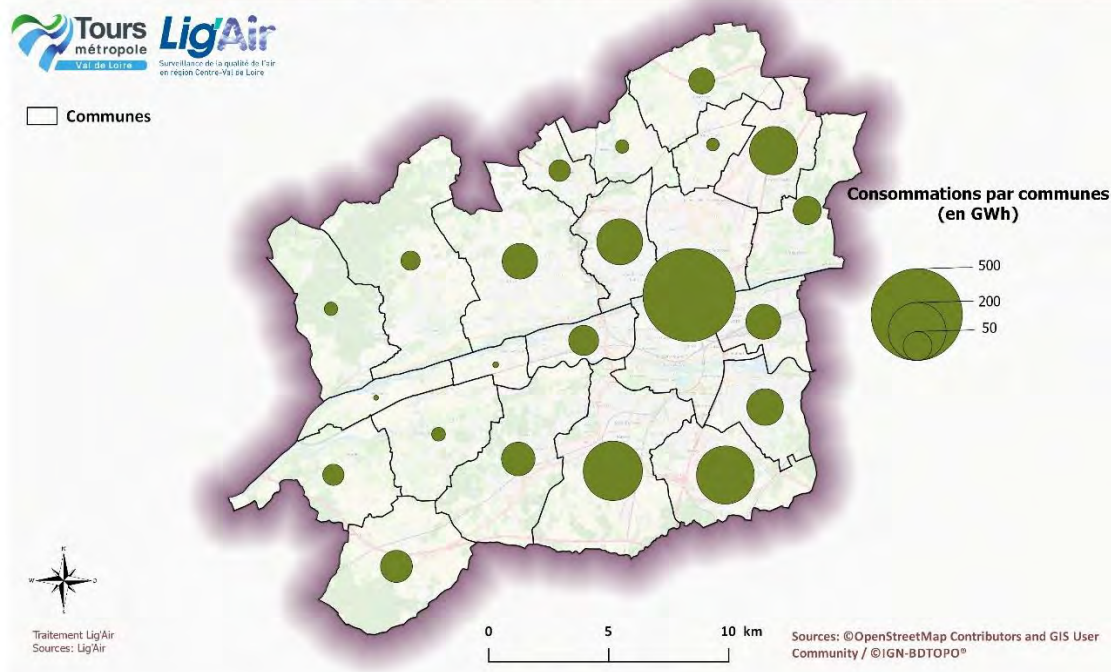


Figure 17 : Cartographie des consommations communales du transport routier

► Consommation d'énergie du secteur transport routier : Types de véhicules

Sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire, les véhicules particuliers diesel (V.P. – diesel) constituent le premier poste de consommation des véhicules motorisés routiers (part de 40,7%) (Figure 18). Le trafic des poids lourds (Poids lourds – diesel et Poids lourds – essence) bien que nettement inférieur à celui des véhicules particuliers, représente le deuxième poste de consommation (part de 21,6%) du fait d'une consommation au km parcouru très supérieure à celle des véhicules légers. Les véhicules utilitaires légers diesel (V.U.L. – diesel) occupent, quant à eux, le troisième poste de consommation (18,8% des consommations) en 2018.

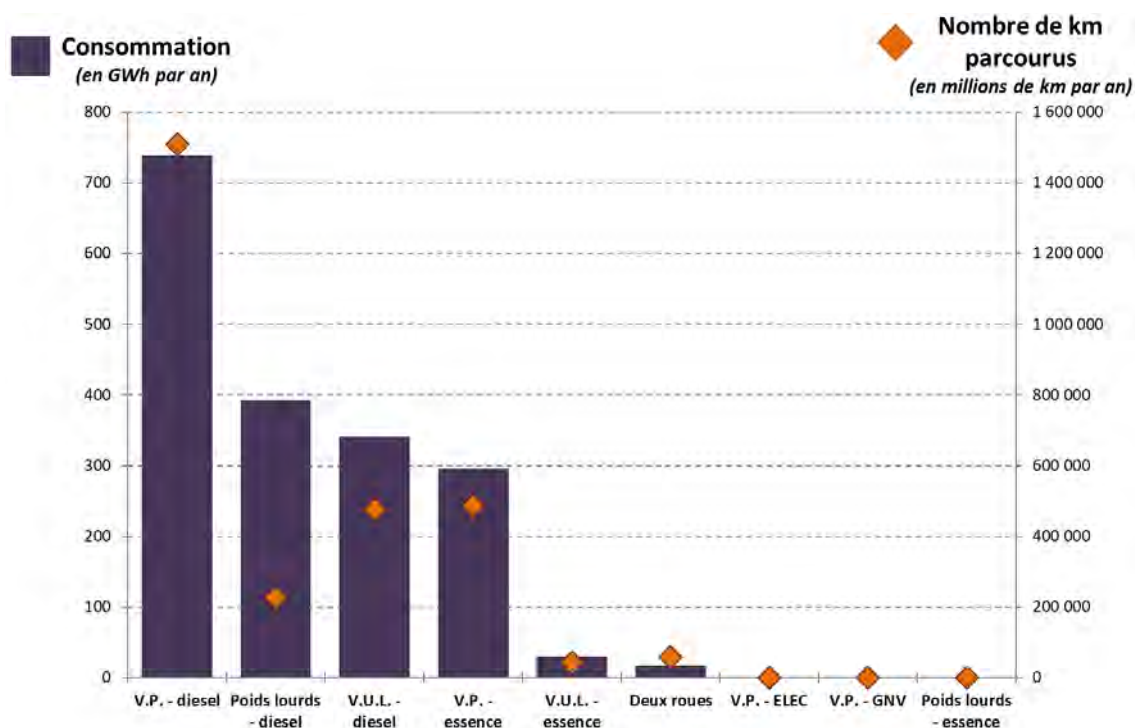


Figure 18 : Consommations et nombre de km parcourus par type de véhicules

Les communes traversées par des autoroutes ou des routes nationales cumulent un trafic routier plus important et une part de poids lourds supérieure aux autres (Figure 19).

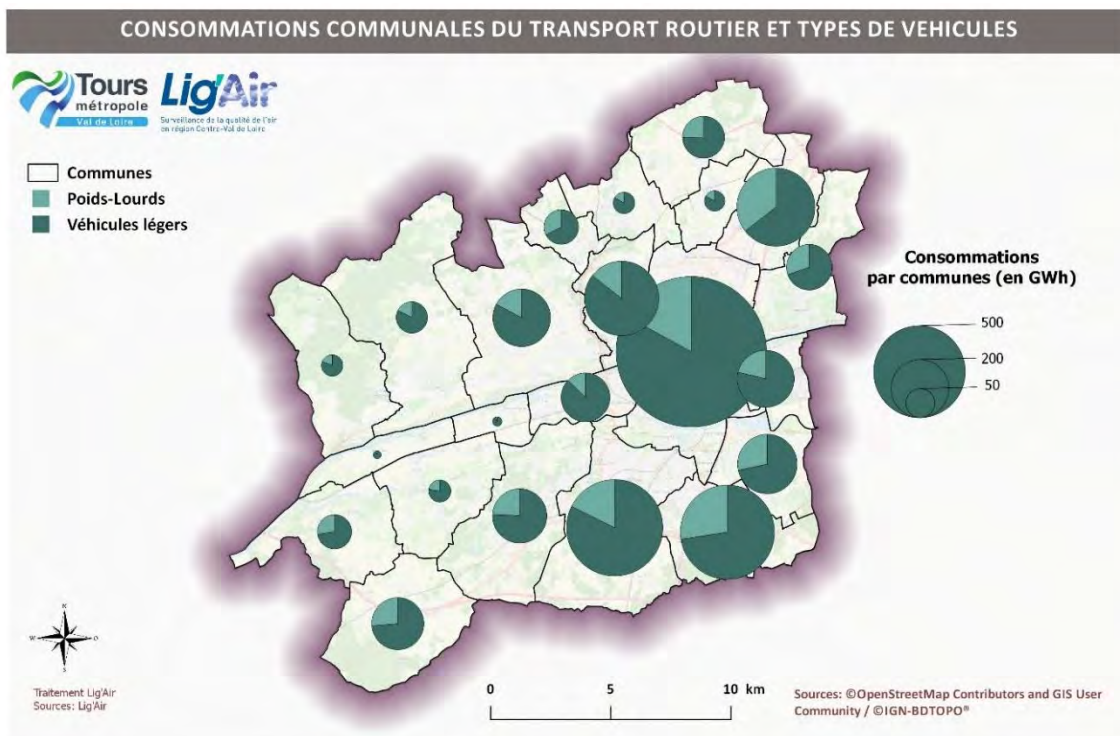


Figure 19 : Cartographie des consommations communales du transport routier par type de véhicules

D. Secteur Tertiaire

► Synthèse du secteur – Chiffres clés du secteur tertiaire en 2018

Consommation Totale	3 ^{ème} secteur consommateur avec 1 261 GWh soit 21,8% du territoire et 13,6% des consommations de la région Centre-Val de Loire du secteur tertiaire
Communes les plus consommatrices	Tours 613 GWh soit 49% des consommations du secteur tertiaire
Mix énergétique	Electricité (55,3%) Gaz naturel (29,5%) Produits pétroliers (8,6%) Chaleur et froid issus du réseau et bois-énergie (6,6%)
Branches d'activités	Commerces (26,7%) Bureaux (24,2%) Santé-social (13,8%) Sports-loisirs (9,6%) Enseignements (7,4%) Café-Hôtels-Restaurants (6,8%) Autres (11,5%)
Evolution des consommations	En légère baisse depuis 2008 1 443 GWh en 2008 et 1 261 GWh en 2018

Tableau 4 : Synthèse des consommations du secteur tertiaire

► Consommation d'énergie du secteur tertiaire

En 2018, la consommation du secteur tertiaire s'élève à **1 261 GWh** sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire soit 21,8% des consommations totales du territoire. Le mix énergétique (**Figure 20**) est principalement composé d'électricité (55,3) et dans une proportion moindre de gaz naturel (29,5%) et de produits pétroliers (8,6%). Ce mix énergétique obtenu sur le territoire est semblable au mix énergétique moyen régional pour ce secteur.

Tertiaire Tours Métropole Val de Loire : 1 261 GWh

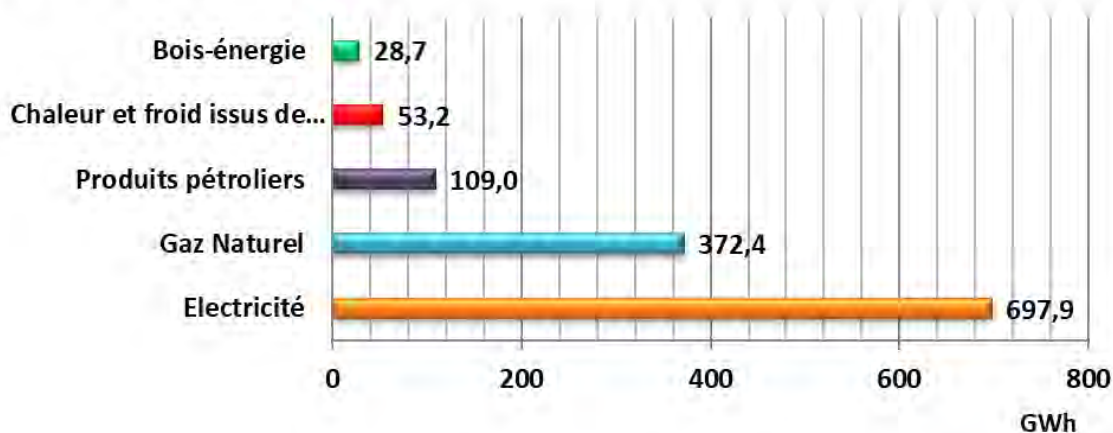


Figure 20 : Mix énergétique du secteur tertiaire

► Consommation d'énergie du secteur tertiaire : branches d'activités

Ce mix énergétique se retrouve dans chacune des branches d'activités du secteur notamment dans les commerces. Ces derniers représentent près de 27% des consommations du secteur suivis par les bureaux et les établissements d'action sociale avec respectivement 24,2% et 13,8% (Figure 21).

Tertiaire Tours Métropole Val de Loire : 1 261 GWh

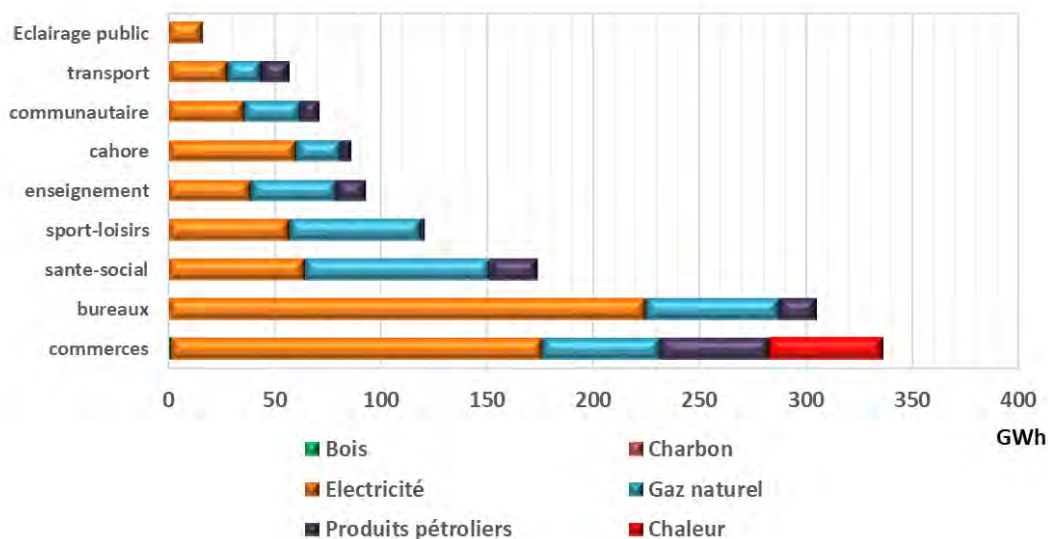


Figure 21 : Mix énergétique par secteur d'activité du tertiaire

Le détail communal des consommations du secteur est présenté sur la carte ci-dessous (Figure 22) avec une double lecture de la branche d'activité dominante de chaque commune. Les branches d'activité des commerces et des bureaux prédominent dans plus de la moitié des communes (à la fois urbaines et rurales) qui sont les plus consommatrices en énergie (Tours, Chambray-lès-Tours, Joué-lès-Tours et Saint-Pierre-des-Corps par exemple).

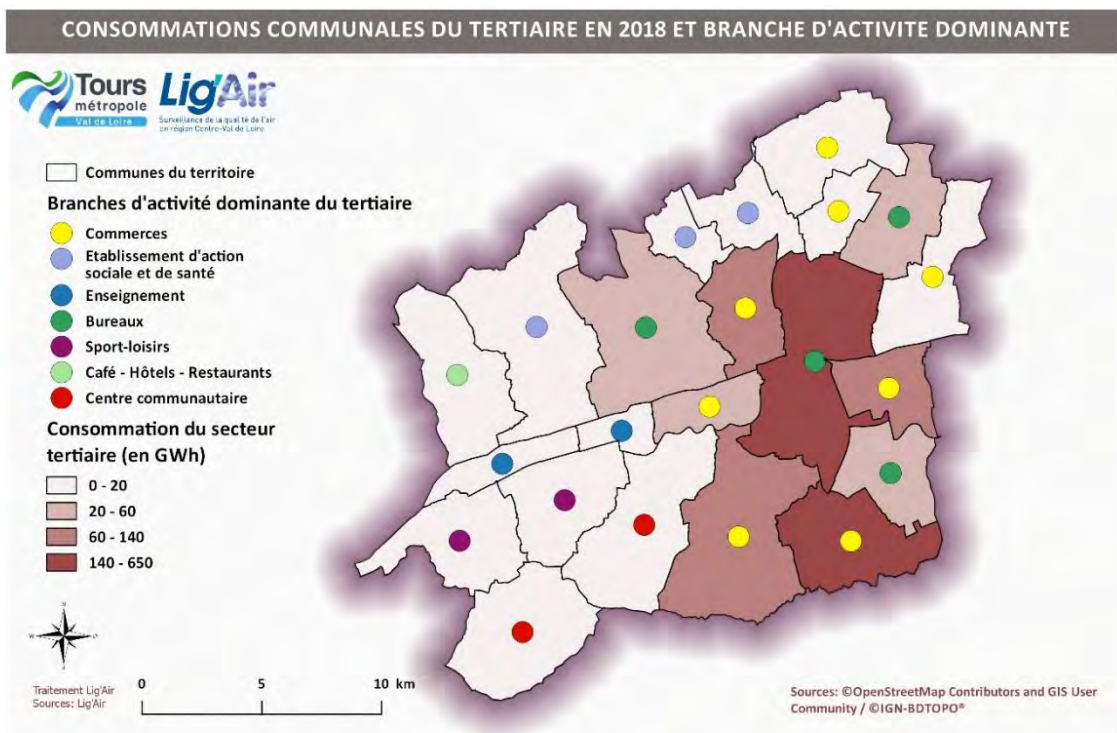


Figure 22 : Cartographie des consommations communales du tertiaire et indication de la branche d'activité dominante

E. Secteur Industrie

► Synthèse du secteur – Chiffres clés du secteur industrie en 2018

Ce secteur représente sur le territoire 11,3% des consommations totales. Cette part est inférieure à celle de la région Centre-Val de Loire (19%) et très en dessous de la moyenne nationale pour ce secteur (environ 30%⁴). Le tissu industriel régional comporte moins d'industries très consommatrices que le national.

Consommation Totale	4 ^{ème} secteur consommateur avec 654 GWh soit 11,3% du territoire et 4,8% des consommations de la région Centre-Val de Loire du secteur industrie
Mix énergétique	Electricité (47%) Gaz naturel (30,2%) Produits pétroliers (19%) Bois-énergie (2%) Chaleur et froid issus de réseau (1,8%)
Communes les plus consommatrices	Tours, Joué-lès-Tours, Saint-Cyr-sur-Loire et Joué-lès-Tours 535 GWh soit 81,8,6% des consommations du secteur industrie
Evolution des consommations	Des consommations fluctuantes depuis 2008 771 GWh en 2008, 527 GWh en 2016 et 654 GWh en 2018

Tableau 5 : Synthèse des consommations du secteur industrie

La baisse des consommations du secteur (-15%) enregistrée sur Tours Métropole Val de Loire est supérieure à celle de la région (-9%). Elle peut s'expliquer par un effet cumulé de l'évolution des activités industrielles et des efforts amorcés de maîtrise des consommations énergétiques (équipements, procédés industriels, ...).

► Consommation d'énergie du secteur industrie

La consommation du secteur de l'industrie se répartit essentiellement entre l'électricité (47% des consommations), le gaz naturel (30,2% des consommations) et les produits pétroliers (19% des consommations) (Figure 23).

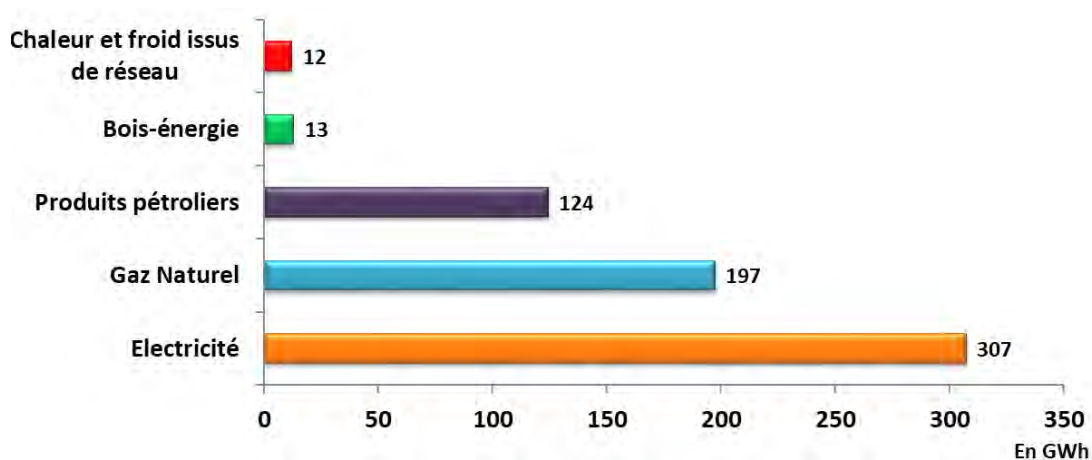


Figure 23 : Mix énergétique du secteur de l'industrie

⁴ [HTTPS://NEGAWATT.ORG/TELECHARGEMENT/DOCS/SIDLER%20RENOVATION%20FINAL%201107.PDF](https://negawatt.org/telechargement/docs/sidler%20renovation%20final%201107.pdf) ET DECLINAISON REGIONALE ASSOCIATION NEGAWATT, SCENARIO NEGAWATT 2011-2050 - HYPOTHESES ET METHODE, RAPPORT TECHNIQUE, MAI 2014 [WWW.NEGAWATT.ORG]

Les activités industrielles les plus consommatrices sur le territoire sont liées aux autres industries (38,1% des consommations en particulier avec une contribution importante de la fabrication de machines et d'équipements), des biens d'équipements (26,4% des consommations), la chimie (13% des consommations) et les matériaux non métalliques (8,4% des consommations). Les autres activités présentées dans le graphique (Figure 24) cumulent le reste des consommations d'énergie soit 14% des consommations.

Industrie Tours Métropole Val de Loire : 654 GWh

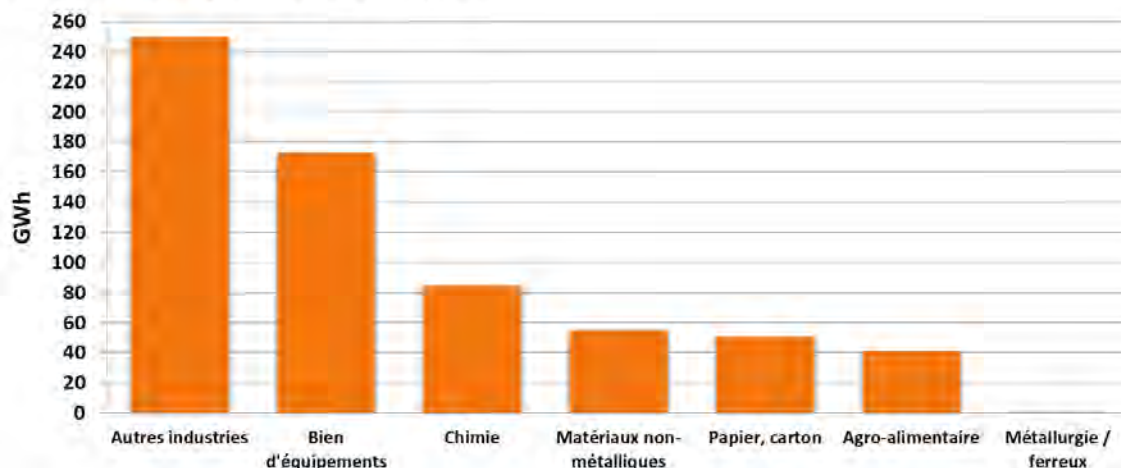


Figure 24 : Consommations du secteur de l'industrie par type d'activités industrielles

La répartition communale (Figure 25) des consommations est naturellement dépendante de la nature du tissu industriel local. Les communes les plus consommatrices (Tours, Joué-lès-Tours, Saint-Cyr-sur-Loire et Joué-lès-Tours) présentent des activités industrielles associées aux activités les plus consommatrices du territoire comme celles des autres Industries, des biens d'équipement et de la chimie.

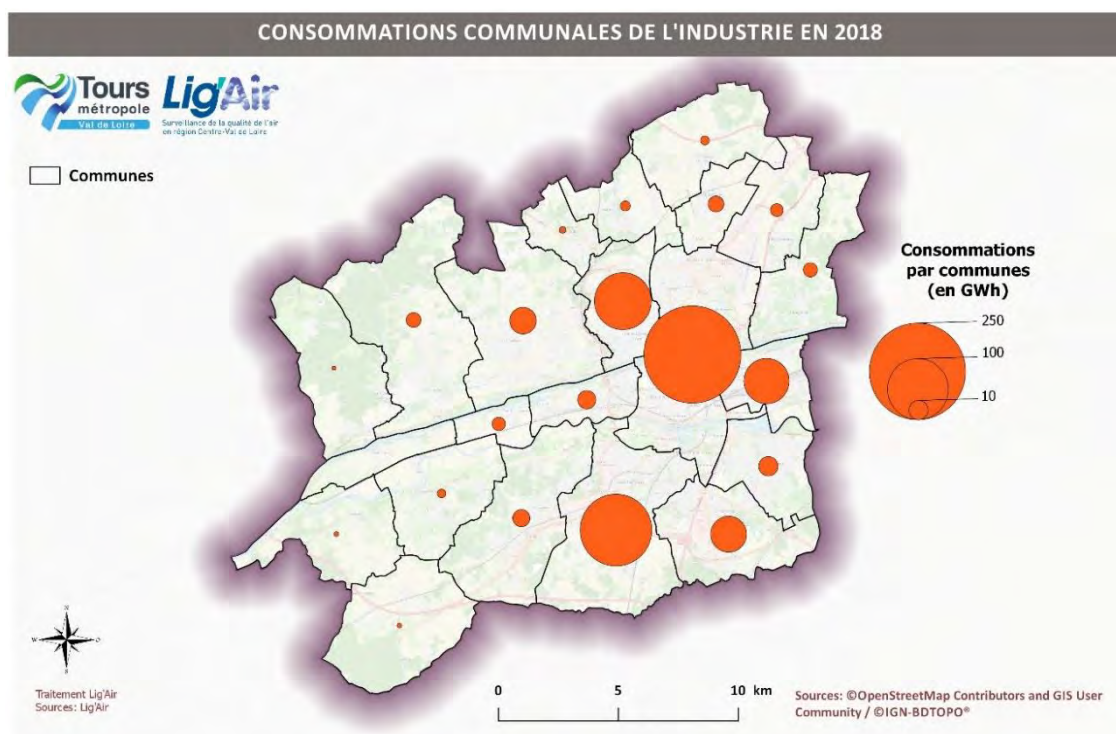


Figure 25 : Cartographie des consommations communales du secteur de l'industrie

F. Secteur Agriculture

► Synthèse du secteur – Chiffres clés du secteur agriculture en 2018

Consommation Totale	5 ^{ème} secteur consommateur avec 20 GWh soit 0,4% du territoire et 0,68% des consommations de la région Centre-Val de Loire du secteur agriculture
Mix énergétique	Produits pétroliers (82%) Electricité (8,6%) Gaz naturel (4,8%) Bois-énergie (4,6%)
Communes les plus consommatrices	Tours, Saint-Genouph, Druye et Chanceaux-sur-Choisille 7 GWh soit 35% des consommations du secteur agriculture
Evolution des consommations	Des consommations en très légère baisse depuis 2008 24,2 GWh en 2008, 20,2 GWh en 2012 et 20 GWh en 2018

Tableau 6 : Synthèse des consommations du secteur agriculture

Le secteur agricole enregistre, malgré une faible évolution de 4 GWh sur la période 2008-2018, une légère tendance à la baisse des consommations. Celle-ci peut s'expliquer en partie par la tendance nationale observée de renouvellement des engins agricoles avec des motorisations plus performantes et moins consommatrices.

► Consommation d'énergie du secteur agriculture

L'usage des produits pétroliers est majoritaire dans le secteur agriculture. Ils représentent 82% des consommations de combustibles et sont principalement utilisés dans la combustion par les engins agricoles (Figure 26).

L'électricité, le gaz naturel et le bois-énergie représentant respectivement 8,6%, 4,8% et 4,6% des consommations de combustibles pour l'utilisation de chaudières impliquées dans les process agricoles qui constituent les postes de consommation restants.

Répartition des consommations de l'agriculture par énergie

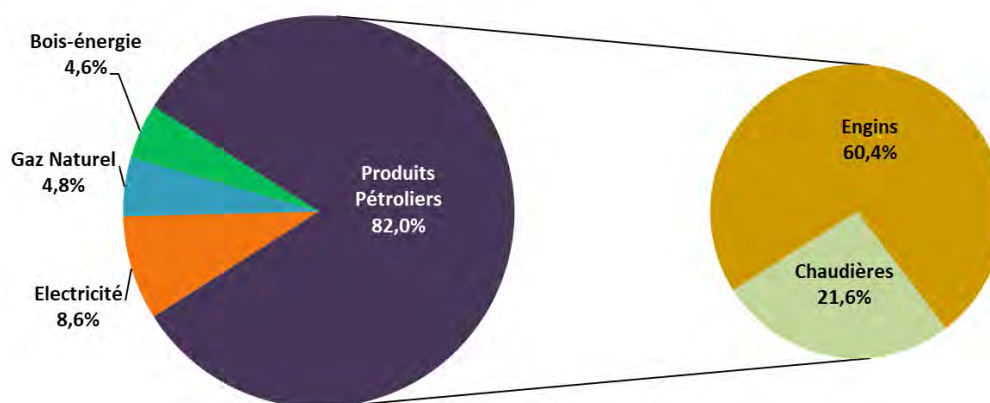


Figure 26 : Mix énergétique du secteur de l'agriculture

La surface agricole utile occupe, en moyenne sur le territoire, 34% de la surface communale. Cette proportion est plus faible voire nulle dans les communes les plus urbanisées comme Tours, et à l'inverse est plus importante dans les communes plus rurales où l'activité culturale est souvent plus développée.

Les communes les plus consommatrices dans le secteur agriculture sont Tours (avec 2,08 GWh soit 10,4% des émissions agricoles du territoire) suivie par Saint-Genouph (avec 1,86

GWh soit 9,3% des émissions agricoles du territoire), Druye (avec 1,58 GWh soit 7,9% des émissions agricoles du territoire) et Chanceaux-sur-Choisille (avec 1,51 GWh soit 7,6% des émissions agricoles du territoire) (Figure 27). Il est important d'indiquer l'existence d'une chaufferie biomasse à usage agricole représentant environ 45% de consommation totale agricole sur la commune de Tours.

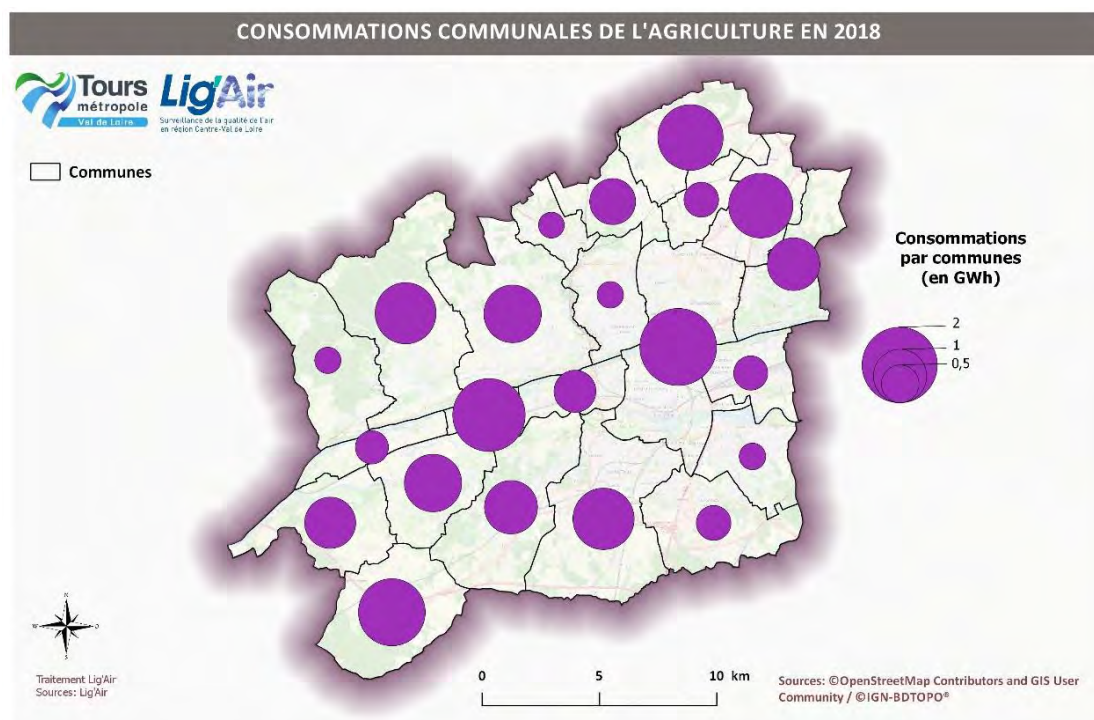


Figure 27 : Cartographie des consommations communales du secteur de l'agriculture

La représentation des consommations par hectare pour chaque commune (Figure 28) classe les collectivités principalement suivant leur part d'activité liée aux cultures. Les communes de Saint-Genouph et Parçay-Meslay sont les territoires où la part de la surface dédiée aux activités culturales est la plus importante.

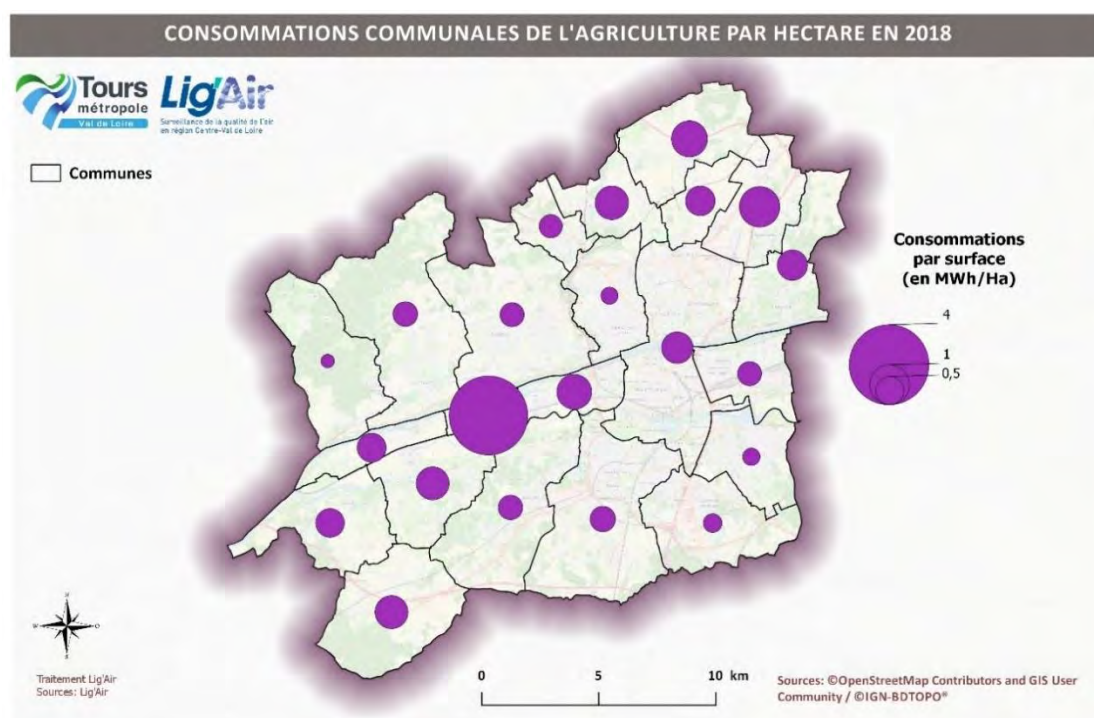


Figure 28 : Cartographie des consommations communales du secteur de l'agriculture par hectare

III. Potentiel de réduction des consommations énergétiques

Les travaux présentés dans cette partie ont pour objet la présentation du potentiel de réduction des consommations du territoire projeté à l'année 2050, selon deux scénarii (Figure 29) inspirés des travaux Négawatt⁵ : un scénario dit tendanciel (dans la continuité des actions et inactions engagées) et un scénario volontariste.

L'organigramme explicatif de l'articulation des différents scénarii de potentiel de réduction des consommations est présenté ci-après :

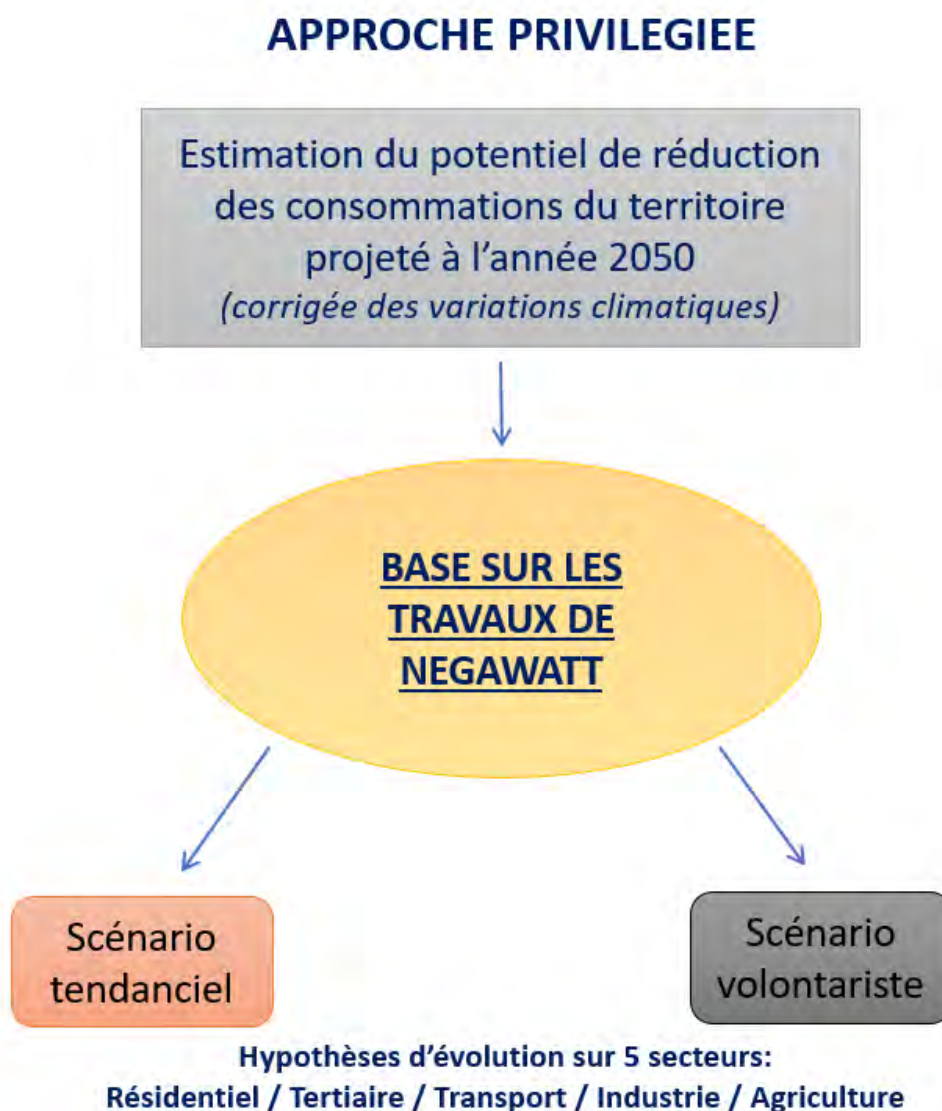


Figure 29 : Organigramme explicatif des différents scénarii de potentiel de réduction des consommations

L'analyse de ces potentiels permettra dans la phase de construction stratégique, de définir des objectifs de maîtrise de la demande en énergie qui seront aussi mis en cohérence avec les potentialités locales de développement des productions d'énergies renouvelables sur le territoire.

⁵ [HTTPS://NEGAWATT.ORG/TELECHARGEMENT/DOCS/SIDLER%20RENOVATION%20FINAL%201107.PDF](https://negawatt.org/telechargement/docs/sidler%20renovation%20final%201107.pdf) ET DECLINAISON REGIONALE ASSOCIATION NEGAWATT, SCENARIO NEGAWATT 2011-2050 - HYPOTHESES ET METHODE, RAPPORT TECHNIQUE, MAI 2014 [WWW.NEGAWATT.ORG]

A. Résultats de la prospective Négawatt des consommations énergétiques

L'institut Négawatt a précisément réalisé une étude prospective très poussée des consommations aux horizons 2020, 2030 et 2050 dans l'ensemble des secteurs économiques. Déclinée à l'échelle de la région Centre-Val de Loire, elle donne les évolutions tendancielle et volontariste des parts modales des énergies et de leurs usages. Ces résultats ont été transposés au territoire de Tours Métropole Val de Loire. Les grandes hypothèses d'évolution extraites des travaux Négawatt qui différencient les deux scénarii (volontariste et tendanciel) pour chaque secteur sont les suivantes (**Tableau 7**) :

Secteurs	Indicateurs d'évolution en 2050	Volontariste	Tendanciel
Résidentiel	Evolution du nombre de logements	+17%	+28%
	Nombre de m ² par personne	40	46
	Taux de cohabitation ⁶ (nb pers/logement)	2,2	2
	Evolution de la consommation d'électricité spécifique	-50%	+50%
	Evolution de la consommation de climatisation (quadruplement du taux d'équipement)	+145%	+121%
	Rythme de rénovations du scénario volontariste 4 fois supérieur au tendanciel et plus ambitieuses ⁷		
Tertiaire	Evolution des m ² d'infrastructures	+25%	+50%
	Evolution de la consommation d'électricité spécifique	-50%	-3%
	Evolution de la consommation de climatisation ⁸	+ 17%	+ 195%
	Rythme de rénovations du scénario volontariste 4 fois supérieur au tendanciel et plus ambitieuses (cf. secteur résidentiel)		
Transport	Evolution de la mobilité ⁹	-20%	- 7%
	Hausse tendancielle du fret routier alors que le scénario volontariste prévoit une baisse en partie en améliorant la logistique (taux de charges) et aussi avec l'évolution des motorisations.		
Industrie	Stagnation tendancielle (+5%) en raison de l'effet conjugué de la hausse de la production et de la baisse de l'intensité énergétique sur la période 1993-2009. Sur la période 2010-2050 une augmentation tendancielle de 13% est estimée et de 25% en intégrant la relocalisation des entreprises attendue.		
Agriculture	Hausse de la production de protéines végétales	+23%	+6%
	Baisse de la surconsommation et des pertes	-13%	-2%
	Baisse de l'élevage	-50%	-17%
	Valorisation énergétique des déchets agricoles et cultures intermédiaires (méthanisation)	+32%	+6%
	Réemploi des déchets agricoles en matériaux (exemple des pailles)	+15%	+1%
	Artificialisation des sols	+30%	+46%

Tableau 7 : Synthèse des hypothèses des scénarii tendanciel et volontariste de Négawatt

⁶ Le taux de cohabitation est en baisse et actuellement de 2,25 personnes par logement

⁷ Négawatt préconise une préparation de l'écosystème propice à la massification des rénovations afin de ne pas « tuer le gisement » des économies d'énergie dans le bâtiment

⁸ Hausse contenue dans le scénario volontariste grâce aux gains d'efficacité sur les systèmes et à une bonne maîtrise des besoins surfaciques de climatisation (réduction des apports internes grâce à des éclairages et de la bureautique moins consommatrice, réduction des apports solaires par des protections adaptées, etc.)

⁹ Baisse tendancielle de la mobilité grâce aux mutations déjà engagées (télétravail, Visioconférence, covoiturage, transport en commun, train pour les trajets longue distance, évolution des motorisations : hybrides, électriques, GNV, limitation des vitesses, etc.) et baisse accrue avec le scénario volontariste.

► Scénario tendanciel

La trajectoire tendancielle représentée sur le graphique ci-dessous (**Figure 30**) dessine une réduction des consommations globales de 4,2% à l'horizon 2050, soit 261 GWh. Le tableau d'évolution de la consommation est présenté ci-dessous :

Scénario Tendanciel Négawatt	Consommation de référence 2012 corrigée du climat GWh	Consommation projetée 2020 GWh	Consommation projetée 2030 GWh	Consommation projetée 2050 GWh
Résidentiel	2229,6	2142 (-3,9%)	2003,1 (-10,2%)	1863,4 (-16,4%)
Transport total	1869,8	1869,8 (0%)	1800,5 (-3,7%)	1662 (-11,1%)
Tertiaire	1353,9	1241,1 (-8,3%)	1353,9 (0%)	1579,6 (+16,7%)
Industrie	730,8	774,6 (+6%)	822,1 (+12,5%)	822,1 (+12,5%)
Agriculture	20,2	19,8 (-2,1%)	18,2 (-10,3%)	15,8 (-21,7%)
Total	6 204,3	6 047 (-2,5%)	5 998 (-3,3%)	5 943 (-4,2%)

Tableau 8 : Potentiel de réduction des consommations aux horizons 2020, 2030 et 2050 à partir du scénario tendanciel Négawatt

Ainsi le scénario tendanciel 2012-2050 intègre une relative stabilisation de la consommation d'énergie avec une faible baisse à long terme de 4,2% sur l'ensemble des secteurs, qui reflète une compensation entre les efforts actuels engagés d'économie d'énergie d'un côté, la croissance de la population et le développement des services énergétiques de l'autre.

Trajectoire tendancielle 2012 - 2050 Tours Métropole Val de Loire et situation 2018

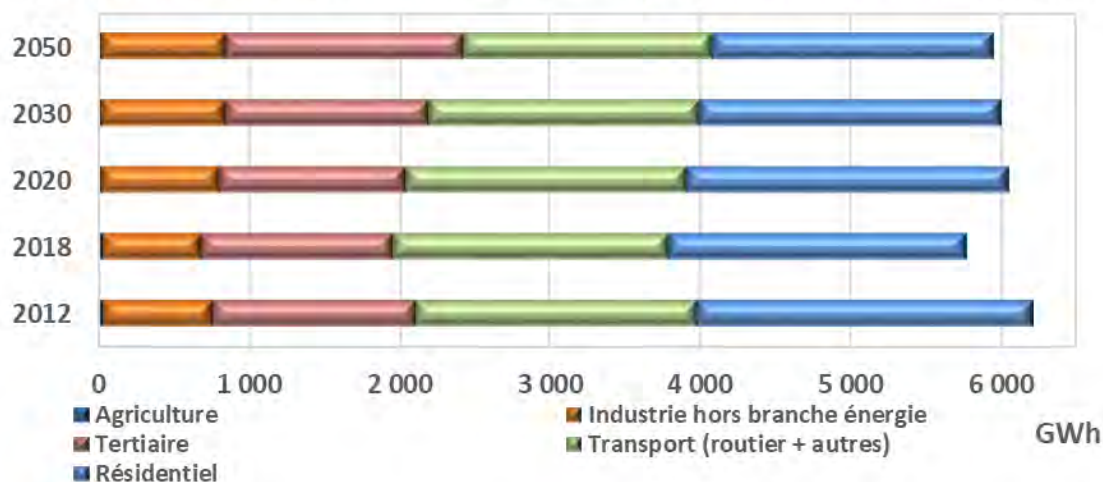


Figure 30 : Trajectoire tendancielle Négawatt 2012-2050 de réduction des consommations

L'année 2018 correspond à l'année prise comme référence pour la réalisation du diagnostic sur les consommations. Il est de ce fait pertinent de le prendre en considération dans l'expertise du potentiel de réduction des consommations afin d'interpréter la véracité des projections. Ainsi, les consommations obtenues en 2018 sont plus faibles que celles estimées en 2020, 2030 et 2050. Les hypothèses prises en compte dans ce scénario tendanciel ne paraissent pas suffisamment optimistes par rapport à ce que l'on pourrait obtenir.

► Scénario volontariste

La trajectoire volontariste représentée sur le graphique ci-après (Figure 31) dessine une réduction des consommations globales de 54,7% à l'horizon 2050, soit 3 394 GWh. Le tableau d'évolution de la consommation est présenté ci-après :

Scénario volontariste Négawatt	Consommation de référence 2012 corrigée du climat GWh	Consommation projetée 2020 GWh	Consommation projetée 2030 GWh	Consommation projetée 2050 GWh
Résidentiel	2229,6	2020,7 [-9,4%]	1526,4 [-31,5%]	824 [-63%]
Transport total	1869,8	1800,5 [-3,7%]	1315,8 [-29,6%]	831 [-55,6%]
Tertiaire	1353,9	1353,9 [0%]	1015,4 [-25%]	677 [-50%]
Industrie	730,8	597,9 [-18,2%]	531,5 [-27,3%]	465 [-36,4%]
Agriculture	20,2	16,6 [-18,2%]	14,7 [-27,3%]	13 [-36,4%]
Total	6 204	5 790 [-6,7%]	4 404 [-29%]	2 810 [-54,7%]

Tableau 9 : Potentiel de réduction des consommations aux horizons 2020, 2030 et 2050 à partir du scénario volontariste Négawatt

Les secteurs du résidentiel et du transport, qui pèsent près de 66,2% dans le bilan énergétique du territoire, apportent la plus grosse contribution à la réduction des consommations (2 444 GWh), soit 72% environ de la réduction projetée des consommations). Le tertiaire contribue à 20% de la réduction projetée des consommations avec une baisse de 50% soit 677 GWh et enfin l'industrie et l'agriculture, qui connaissent tous deux une baisse d'environ 36,4% à 2050, contribuent à eux deux à 8% de la réduction projetée des consommations.

Trajectoire volontariste 2012 - 2050 Tours Métropole Val de Loire et situation 2018

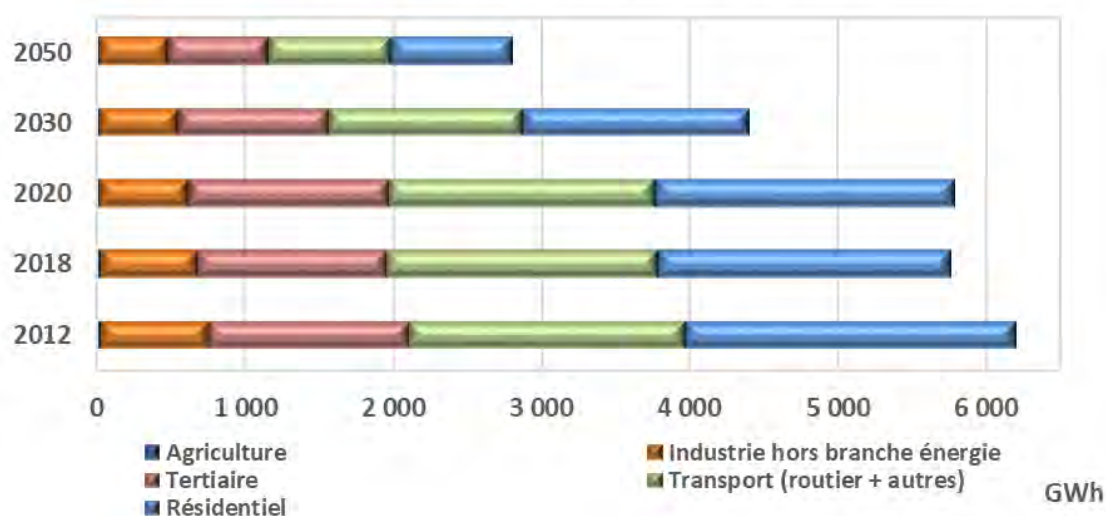


Figure 31 : Trajectoire volontariste Négawatt 2012-2050 de réduction des consommations

Les consommations obtenues en 2018 sont quasi-similaires à celles estimées en 2020 malgré les deux années d'écart. Ainsi, les hypothèses prises en compte dans ce scénario volontariste semblent relativement robustes pour apprécier les consommations projetées en 2030 et 2050.

B. Synthèse des résultats

Le scénario Négawatt tendanciel estime une légère baisse de **261 GWh soit 4.2%** des consommations à l'horizon 2050. Il traduit un équilibre entre les actions engagées d'économie d'énergie et la hausse des consommations liée à l'augmentation de la population.

Le scénario Négawatt volontariste est basé sur des hypothèses réalistes de réduction des consommations définies pour chaque secteur et différents usages (**Tableau 9**). Ces résultats transposés au territoire de Tours Métropole Val de Loire permettent d'estimer un potentiel de réduction de **3 394 GWh soit une baisse de 54.7%**.

L'analyse comparative des différentes prospectives est illustrée par le graphique ci-dessous (**Figure 32**) :

Synthèse des prospectives 2050 Tours Métropole Val de Loire et situation 2018

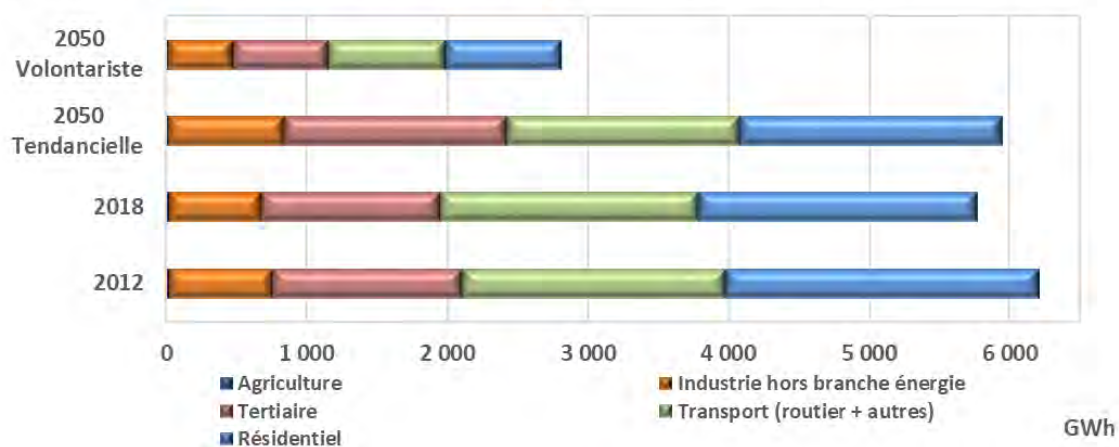


Figure 32 : Synthèse comparative des différents scénarii

IV. La facture énergétique du territoire

La facture énergétique du territoire a été estimée pour des coûts actuels de l'énergie puis pour des coûts estimés aux horizons 2030 et 2050, dans les deux cas sur la base des consommations de la base Lig'Air (année de référence 2018).

A. Facture énergétique pour des coûts actuels de l'énergie

A partir des données de consommations d'énergie de la base Lig'Air, nous avons pu estimer la facture énergétique pour l'année de référence (2018). Les hypothèses moyennes prises en compte à partir des données du SDES¹⁰ sont les suivantes :

Gaz naturel €/kWh	0,057
Electricité €/kWh	0,13
Produits pétroliers €/t	878
Bois €/kWh	0,06
Chaleur €/kWh	0,10

Tableau 10 : Coûts actuels des énergies (Source : SDES et traitement Lig'Air)

Afin d'estimer la facture énergétique au plus proche des coûts actuels de l'énergie les hypothèses de coûts ont été déterminées à partir des statistiques les plus récentes disponibles (année de référence 2018), sauf dans le cas des produits pétroliers dont les cours sont beaucoup plus fluctuants et pour lesquels il a été préféré de lisser les coûts de cette énergie via une moyenne des coûts annuels de 2010 à 2018.

La facture énergétique du territoire s'élève ainsi en 2018 à près de **628 millions** d'euros (Figure 33) soit 2 136 euros par habitant. Les transports représentent près de 40% de la facture soit 249,6 M€ (le secteur transport est le deuxième secteur le plus consommateur avec 31,4% du bilan des consommations d'énergie). Ceci s'explique en grande partie par l'utilisation quasi-exclusive des produits pétroliers pour ce secteur. Le secteur résidentiel, identifié dans la partie diagnostic comme le premier secteur le plus consommateur (34,8%), représente 33% de la facture soit 208,9 M€. Il est majoritairement consommateur d'électricité et de gaz naturel, dont leur coût est inférieur à celui des produits pétroliers. Le tertiaire représente 20% de la facture énergétique (128,1 M€), l'industrie 0,063% (39,7 M€) et enfin l'agriculture 0,003% (1,9 M€).

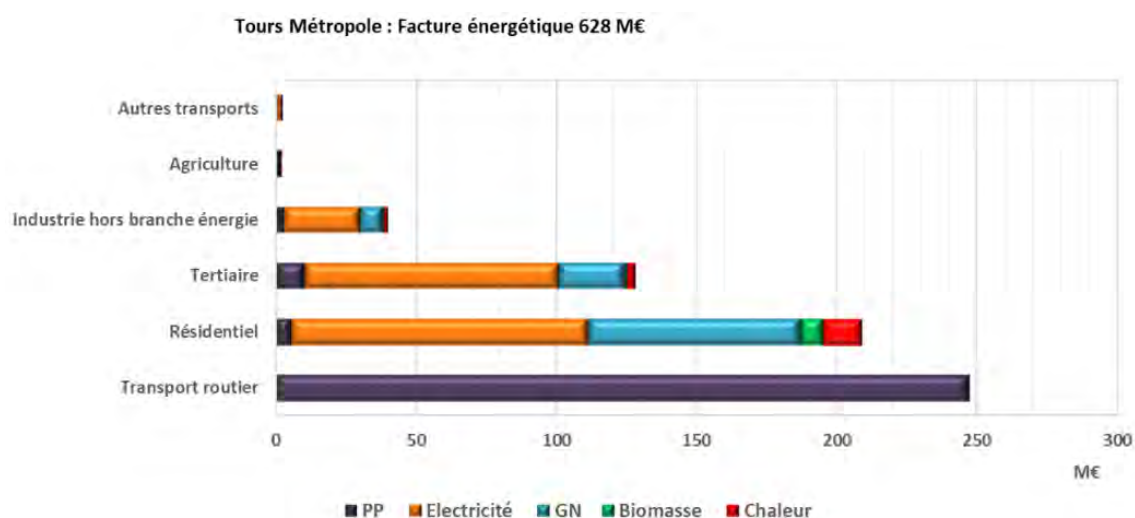


Figure 33 : Facture énergétique du territoire par secteur et représentativité des énergies

¹⁰ <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energie-climat/s/prix-energies.html>

Les produits pétroliers avec un coût d'environ 267,3 M€ représentent 43% de la facture énergétique du territoire, l'électricité 36% (226,4 M€), le gaz naturel 17% (107,5 M€) et enfin la chaleur et la biomasse représentent 0,04% de la facture énergétique (27,2M€) (Figure 34).

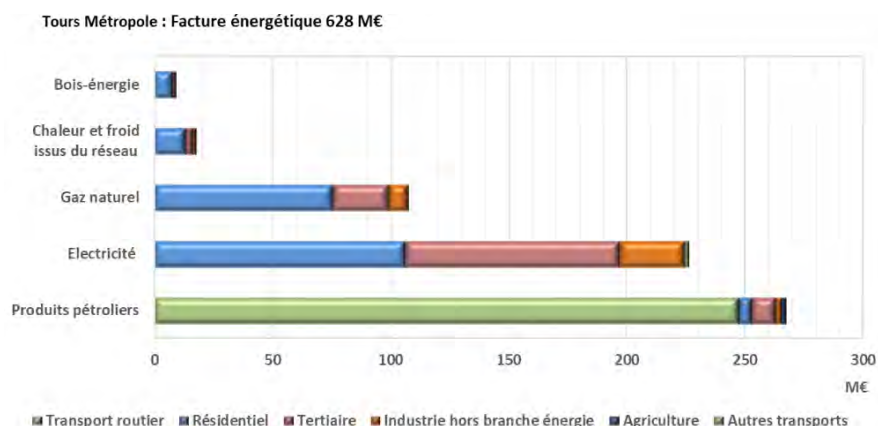


Figure 34 : Facture énergétique du territoire par énergie et représentativité des secteurs

B. Facture énergétique pour des coûts prospectifs 2030-2050 de l'énergie

Les simulations réalisées pour le territoire prennent en compte les hypothèses d'évolution des prix des énergies issues des visions 2030-2050 de l'ADEME¹¹ à partir de l'année 2010 (Tableau 11). Ainsi, la facture énergétique du territoire en 2010 a également été réalisée.

Énergie	2030	2050
Pétrole (\$/baril)	114	231
Gaz (\$/MBtu)	1,5	1,1

Tableau 11 : Hypothèses d'évolution des prix des énergies aux horizons 2030 et 2050 (Source : ADEME)

Pour l'électricité et la chaleur, la moyenne annuelle d'augmentation constatée sur les cinq dernières années (soit sur la période 2014-2018) a été répercutée aux horizons 2030. Pour l'électricité, cette moyenne annuelle d'augmentation obtenue en 2030 a été conservée constante de 2030 à 2050. Ceci permet de limiter la hausse du coût de l'électricité en 2050. Le coût du bois quasi stable sur la période n'a pas subi de prospective d'évolution.

Ces coûts prospectifs ont été appliqués aux données de consommations de Lig'Air (année de référence 2010) sans évolutions des consommations.

A l'horizon 2050, la facture énergétique pourrait atteindre 1 433 millions d'euros (Figure 35). Les transports seraient responsables à eux seuls d'une dépense équivalente à presque 583 millions d'euros (soit près de 41% de la facture énergétique en 2050).

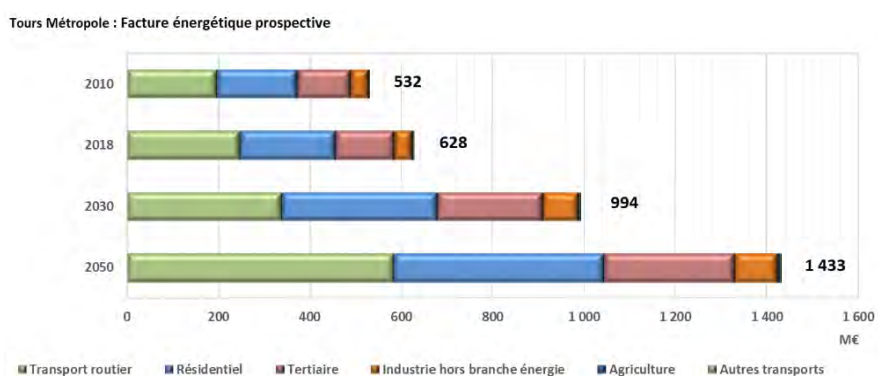
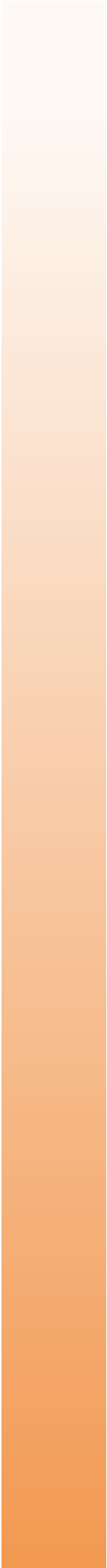


Figure 35 : Facture énergétique du territoire aux horizons 2030 et 2050

¹¹ <http://www.ademe.fr/contribution-lademe-a-lelaboration-visions-energetiques-2030-2050>



PARTIE II : ESTIMATION DES EMISSIONS DE GES ET DE PES ET POTENTIEL DE REDUCTION

I. Méthodologie et approches privilégiées

A. Diagnostic des émissions de GES et PES

L'approche privilégiée dans cette étude permet de présenter les émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) et de PES (Polluants à Effets Sanitaires) correspondant à l'année 2018. Les données utilisées proviennent de Lig'Air et de l'OREGES.

Les émissions correspondent aux quantités de polluants rejetés dans l'atmosphère par les activités humaines (qui nous intéressent ici) ou naturelles. Ainsi, on distingue :

→ Les émissions directes de GES et de PES :

Il s'agit de rejets polluants qui sont directement émis dans le territoire considéré, par une activité. Par exemple, la circulation d'une voiture rejette des gaz polluants en sortie de pot d'échappement. Autre exemple, le chauffage des locaux tertiaires du territoire.

Il existe 2 types d'émissions :

- **Les émissions énergétiques** : il s'agit de rejets atmosphériques issus de la combustion ou de l'utilisation de produits énergétiques. On retrouve par exemple la combustion de gaz naturel pour le chauffage des bâtiments, la combustion liée au transport routier, ... En ce qui concerne les GES, est aussi considérée la consommation d'électricité.
- **Les émissions non énergétiques** : ce sont des émissions de gaz à effet de serre qui ont pour origine des sources non énergétiques. Elles regroupent par exemple, les fuites de gaz frigorigènes dans les installations de climatisation, la mise en décharge des déchets émettant des gaz à effet de serre par la décomposition des matières qui sont enfouies, etc.

→ Les émissions indirectes de GES prises en compte :

Il s'agit de rejets qui sont émis à l'issue d'un processus de transformation ou de production. Les seules émissions indirectes prises en compte sont celles liées à la consommation de chaleur et d'électricité.

Les émissions associées au secteur « **Émetteurs non inclus** » correspondant aux émissions relatives aux périmètres de la CEE-NU/NEC (Commission Économique pour l'Europe des Nations Unies/Directive européenne relative aux Plafonds d'Émissions Nationaux) n'ont pas été prises en compte dans l'étude. Elles représentent environ 1 041 teq CO₂ soit près de 0,1% des émissions du territoire de Tours Métropole Val de Loire.

Ces émissions répertoriées hors total national sont les suivantes :

- les émissions maritimes internationales, les émissions de la phase croisière (> 1000 m d'altitude) des trafics aériens domestiques et internationaux ;
- les émissions des sources biotiques et les émissions des sources « non-anthropiques ». Le secteur biotique comptabilise les émissions liées aux zones humides, aux forêts et autres couvertures végétales, aux sols et aux incendies de forêt (combustion de la biomasse). Les émissions dues aux feux agricoles ne sont pas considérées comme des émissions biotiques mais comme des émissions du secteur agricole (brûlage des résidus de récolte aux champs).

Le diagnostic de la qualité de l'air du territoire de Tours Métropole Val de Loire est réalisé en étudiant le bilan des émissions mais également les concentrations de différents polluants atmosphériques.

Les concentrations correspondent à une quantité de polluants présente par volume d'air (généralement en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et décrivent la qualité de l'air inhalé par la population. Liées aux émissions, les concentrations sont influencées dans l'atmosphère par les phénomènes météorologiques susceptibles de générer leurs transports, dispersion, dépôt, transformation ou accumulation.

Émissions et concentrations sont complémentaires et permettent de visualiser les secteurs de fortes émissions ainsi que les zones à enjeux dites sensibles pour la qualité de l'air sur le territoire.

B. Potentiel de réduction des émissions

Cette partie consiste à estimer les gains GES cumulés des actions suivantes :

→ Réduction des consommations

A partir des résultats de la partie potentiel de réduction de la consommation, il a pu être estimé un gain GES de cette action.

→ Développement de la production EnR

A partir des résultats de la partie potentiel de développement de la production ENR, il a pu être estimé un gain GES de cette action.

II. Diagnostic des émissions de Gaz à Effet de Serre

Les gaz à effet de serre (GES) considérés dans la présente étude sont définis par le protocole de Kyoto :

- le dioxyde de carbone (CO_2) ;
- le méthane (CH_4) ;
- le protoxyde d'azote (N_2O) ;
- les hydrofluorocarbones (HFC) ;
- les hydrocarbures perfluorés (PFC) ;
- l'hexafluorure de soufre (SF_6) ;
- le trifluorure d'azote (NF_3).

A. Synthèse globale - Chiffres clés (Année de référence 2018)

Emissions de GES	1 096 999 tonnes équivalent CO_2 5,3% des émissions de la région Centre-Val de Loire
Gaz à Effet de Serre	Le dioxyde de carbone (CO_2) 91,5% des émissions de GES liés au CO_2
Secteurs d'activités les plus émetteurs	Transport routier et secteur résidentiel 42,6% et 28,7% des émissions du territoire de Tours Métropole Val de Loire
L'énergie la plus émissive	Produits pétroliers Responsable de 52% des émissions de GES du territoire
Communes les plus émissives	Tours 406 632 TeqCO_2 soit 37% des émissions totales du territoire de Tours Métropole Val de Loire
Evolution des GES	Des émissions de GES plus élevées en 2010 mais en baisse 1 356 670 TeqCO_2 en 2010 contre 1 096 999 TeqCO_2 en 2018

B. Nature des Gaz à Effet de Serre pris en compte

Les gaz à effet de serre ont des origines différentes (transport, agriculture, chauffage, climatisation, etc.) et n'ont pas tous les mêmes effets au regard du changement climatique. En effet, certains ont un pouvoir de réchauffement plus important que d'autres et/ou une durée de vie plus longue.

La contribution à l'effet de serre de chaque gaz se mesure grâce à son pouvoir de réchauffement global (PRG). Le PRG d'un gaz se définit comme le forçage radiatif (c'est-à-dire la puissance radiative que le gaz à effet de serre renvoie vers le sol), cumulé sur une durée de 100 ans. Cette valeur se mesure relativement au CO₂, gaz de référence.

Les résultats du diagnostic sont exprimés en tonnes équivalent CO₂ (T_{eq}CO₂), unité de référence pour la comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du protocole de Kyoto. La prise en compte du PRG permet de disposer d'une unité de comparaison des gaz à effet de serre, et indique l'impact cumulé de chaque gaz sur le climat. Exprimer les émissions des différents secteurs et territoires dans une unité commune permet d'estimer la contribution relative de chacun des secteurs, de chacune des typologies de logements au volume global d'émissions. Le **tableau 12** donne les PRG utilisés dans ce diagnostic et qui sont issus du 5^{ème} rapport du GIEC¹².

Type de Gaz à Effet de Serre		PRG à 100 ans (en kg CO ₂ /kg)	Origine des émissions
Dioxyde de carbone (CO ₂)		1	<ul style="list-style-type: none"> • Combustion d'énergie fossile • Procédés industriels
Méthane (CH ₄)		28	<ul style="list-style-type: none"> • Agriculture (fermentation entérique et des déjections animales) • Gestion des déchets • Activités gazières
Protoxyde d'azote (N ₂ O)		265	<ul style="list-style-type: none"> • Agriculture (épandage) • Industrie chimique (d'acide adipique, d'acide glyoxylique et d'acide nitrique) • Combustion
Fluorés	Hydrofluorocarbones (HFC)	Variables selon les molécules	<ul style="list-style-type: none"> • Emissions industrielles spécifiques (aluminium, magnésium, semi-conducteurs) • Climatisation • Aérosols
	Hydrocarbures perfluorés (PFC)		
	Hexafluorure de soufre (SF ₆)	23 500	
	Trifluorure d'azote (NF ₃)	16 100	

Tableau 12 : Pouvoir de réchauffement global et origine des émissions par type de GES (source : 5^{ème} rapport du GIEC)

¹² Climate Change 2013 The Physical Science Basis – Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change

C. Bilan et diagnostic des émissions de GES

► Emissions de gaz à effet de serre : 1 096 999 tonnes équivalent CO₂

En 2018, les émissions de GES s'élèvent à 1 096 999 Teq CO₂ sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire soit 5,3% des émissions de la région Centre-Val de Loire. 92% des émissions de GES sont liées au dioxyde de carbone (CO₂). Les émissions de N₂O représentent 2% des émissions totales et les émissions de méthane représentent 2%. Enfin, les émissions de gaz fluorés (qui rassemblent les émissions de HFC, PFC, SF₆ et NF₃) représentent 4% du total (figure 36).

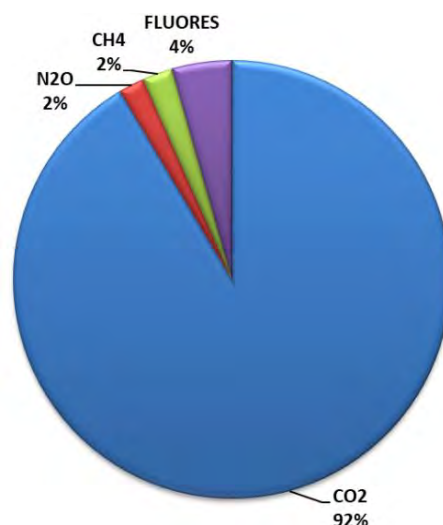


Figure 36 : Contribution des GES dans les émissions totales de GES

► Le transport routier et le secteur résidentiel, principaux secteurs émetteurs de gaz à effet de serre

Le transport routier est le premier secteur émetteur du territoire, avec 42,6% des émissions de GES suivi par les secteurs résidentiel et tertiaire émettant chacun respectivement 28,7% et 15,5% des émissions du territoire. Le secteur industries est responsable de 9,9% et le secteur agriculture de 1,9% des GES émis sur le territoire. Les déchets représentent moins de 2% des émissions du territoire (Figure 37).

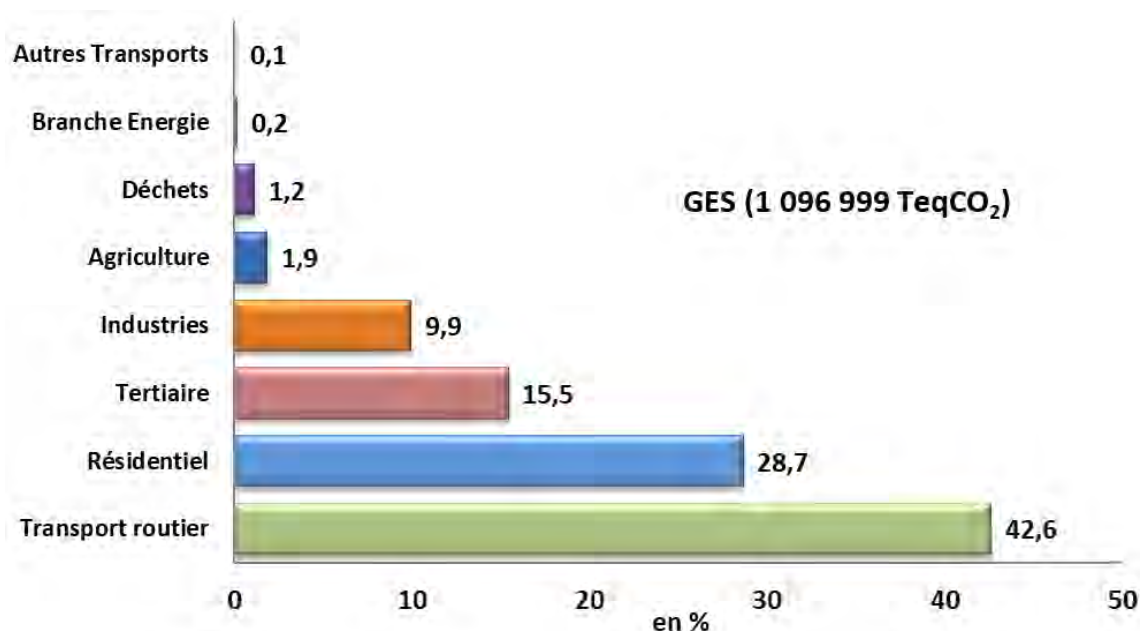


Figure 37 : Contribution des secteurs aux émissions de GES

Dans le détail, la contribution des secteurs aux émissions de CO₂, N₂O, CH₄ et des Fluorés est présentée ci-dessous.

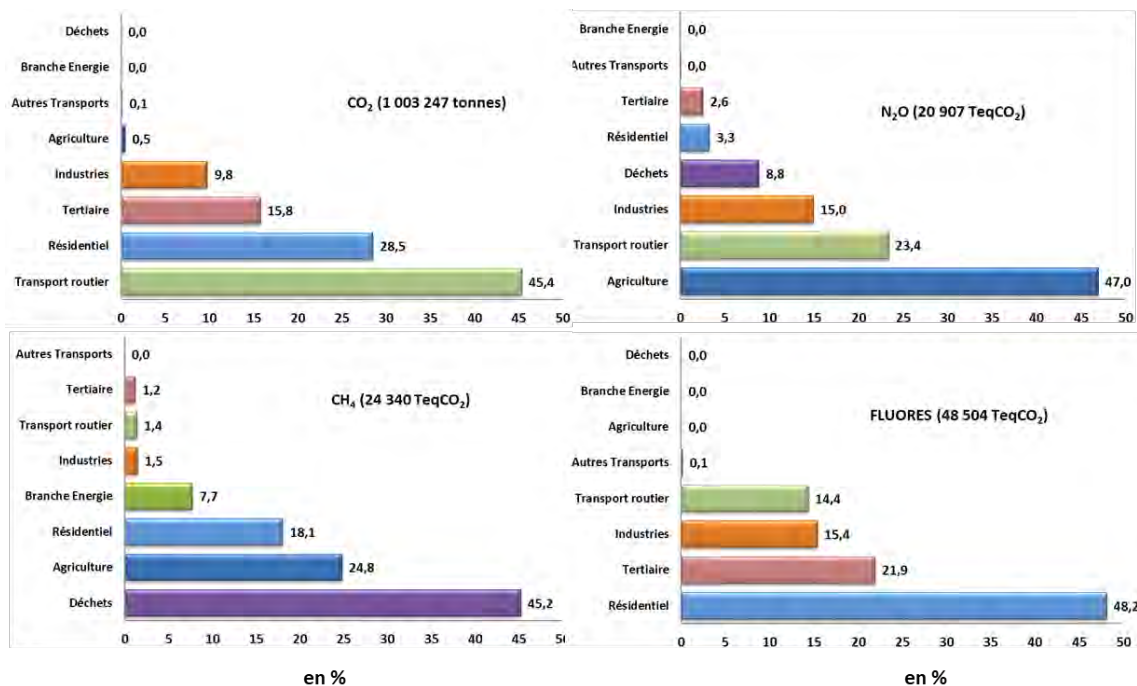


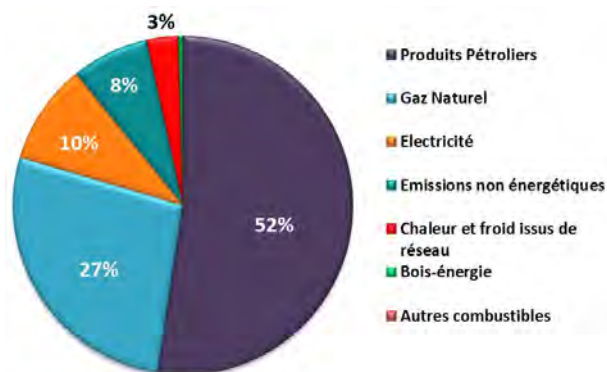
Figure 38 : Contribution des secteurs aux émissions de CO₂, N₂O, CH₄ et des Fluorés

Les secteurs transport routier et résidentiel sont les principaux émetteurs de CO₂ (Figure 38). Les émissions de N₂O sont principalement liées au secteur agricole avec 47%. Le secteur des déchets est quant à lui le principal émetteur de CH₄ suivi par le secteur agricole. Près de 48% des émissions des composés fluorés est attribuée au secteur résidentiel suivi du tertiaire et de l'industrie.

► Les produits pétroliers, l'énergie la plus émissive

93% des émissions sont d'origine énergétique, c'est-à-dire qu'elles sont produites lors de la combustion d'un produit énergétique, ou calculées en fonction du mix énergétique français pour l'électricité (Figure 39). Les 7% restants correspondent à des émissions non énergétiques et sont dus à l'utilisation de fertilisants dans l'agriculture, dans l'élevage, ou encore lors de fuites de fluides frigorigènes.

Figure 39 : Répartition des émissions par énergie



Parmi les émissions énergétiques, la combustion de produits pétroliers est la plus émissive. Elle est responsable de 52% des émissions totales (d'origine énergétique et non énergétique) du territoire (57% des émissions d'origine énergétique). En ajoutant à ceux-ci le gaz naturel, on constate que 79% des émissions sont d'origine fossile. A l'inverse, la combustion de bois-énergie est la moins émissive, car les émissions de CO₂ dégagées lors de la combustion sont comptées comme nulles, considérant qu'elles sont compensées totalement par celles absorbées dans l'air lors de sa croissance. Le CO₂ capté dans l'air pendant la croissance de l'arbre est relâché lors de la combustion. Les autres GES, sous-produits de combustion du bois (CH₄ et N₂O) non absorbés dans l'air lors de la croissance, sont eux comptabilisés, d'où une comptabilisation résiduelle des émissions.

► Emissions communales

En 2018, Tours représente la commune la plus émissive de GES parmi les communes du territoire avec respectivement des émissions de 406 632 TeqCO₂ (soit 37% des émissions totales du territoire). A l'échelle du territoire, une grande disparité des émissions de GES existe entre les communes allant de 406 632 TeqCO₂ (commune de Tours) à 1 472 TeqCO₂ (commune de Berthenay) (Figures 40 et 41).

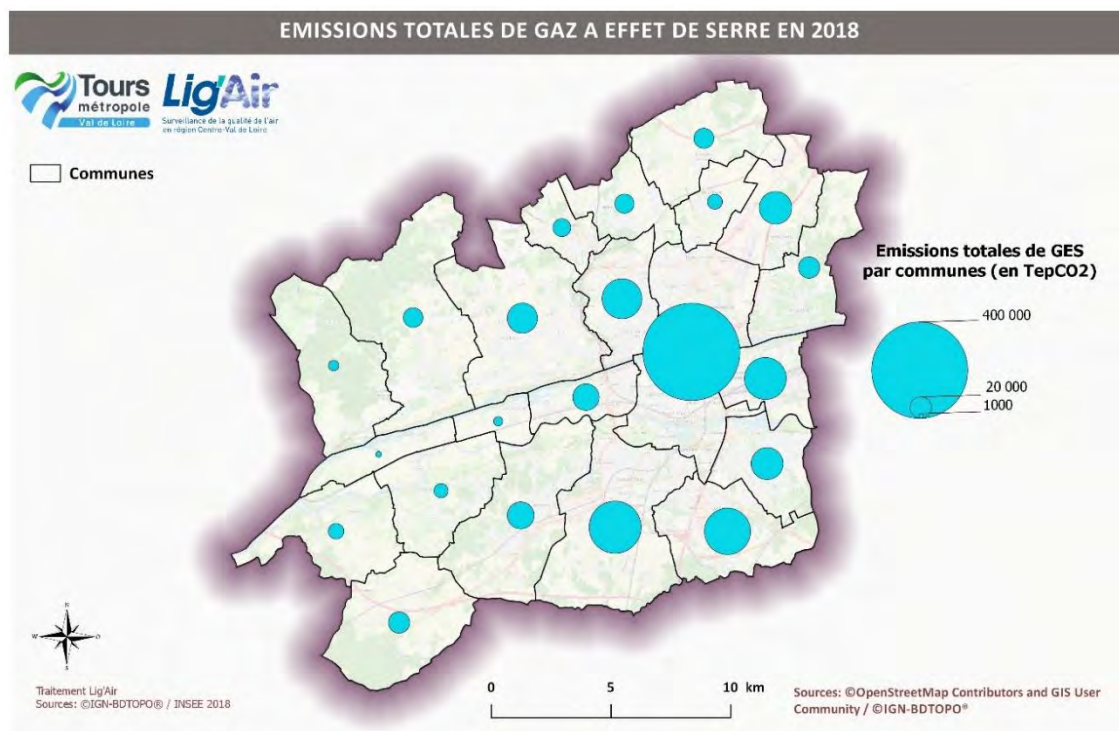


Figure 40 : Emissions totales de GES par commune du territoire de Tours Métropole Val de Loire

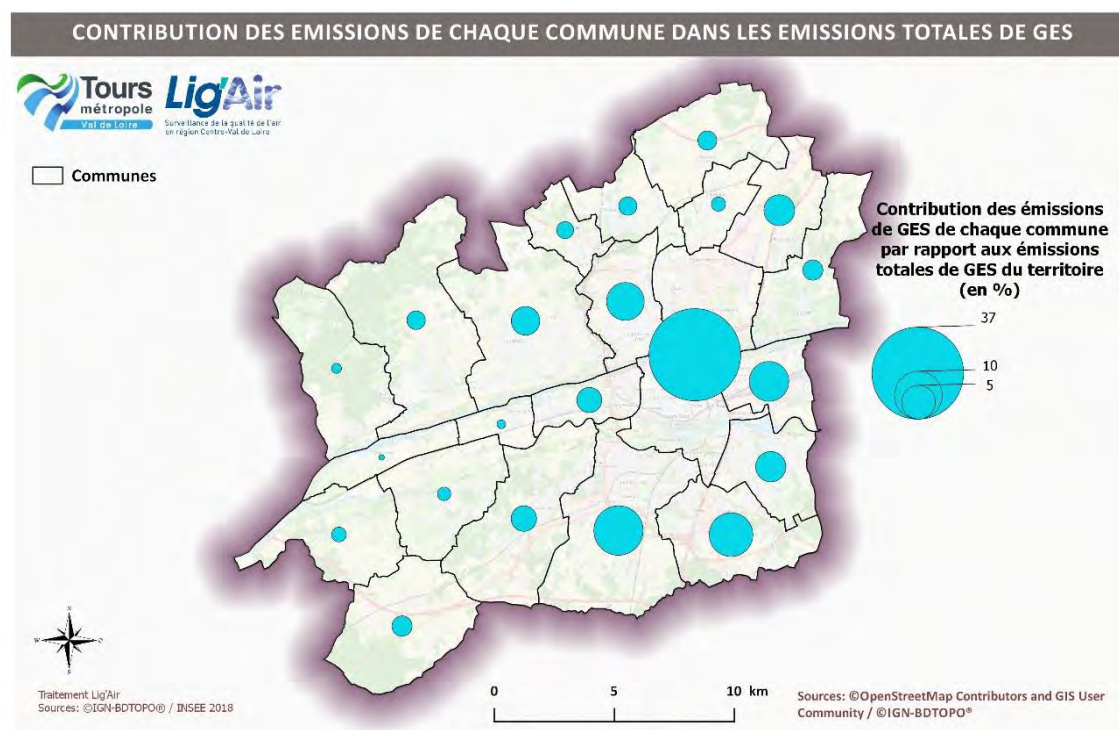


Figure 41 : Contribution des émissions de chaque commune dans les émissions totales de GES du territoire de Tours Métropole Val de Loire

► Par rapport au nombre d'habitants

La commune du territoire la plus émissive par rapport au nombre d'habitants est Druye avec une émission de GES de 21 TeqCO₂ par habitant. Cette commune rurale est suivie par les communes également rurales de Parçay-Meslay et Villandry avec respectivement 19 et 9,3 TeqCO₂ par habitant (Figure 42). Le caractère rural couplé avec une faible densité de population fait que ces communes deviennent les plus émissives par habitant. En valeur absolue, elles font partie des communes les moins émettrices, bien derrière les communes peuplées. Comme précédemment, de grandes disparités sont constatées sur les émissions de GES par habitant et par commune variant de 21 TeqCO₂ par habitant (commune de Druye) à 2,1 TeqCO₂ par habitant (commune de Berthenay). De plus, les communes, traversées par des axes routiers importants, présentent une part importante en émissions de GES (comme Parçay-Meslay, Druye ou Chambray-lès-Tours).

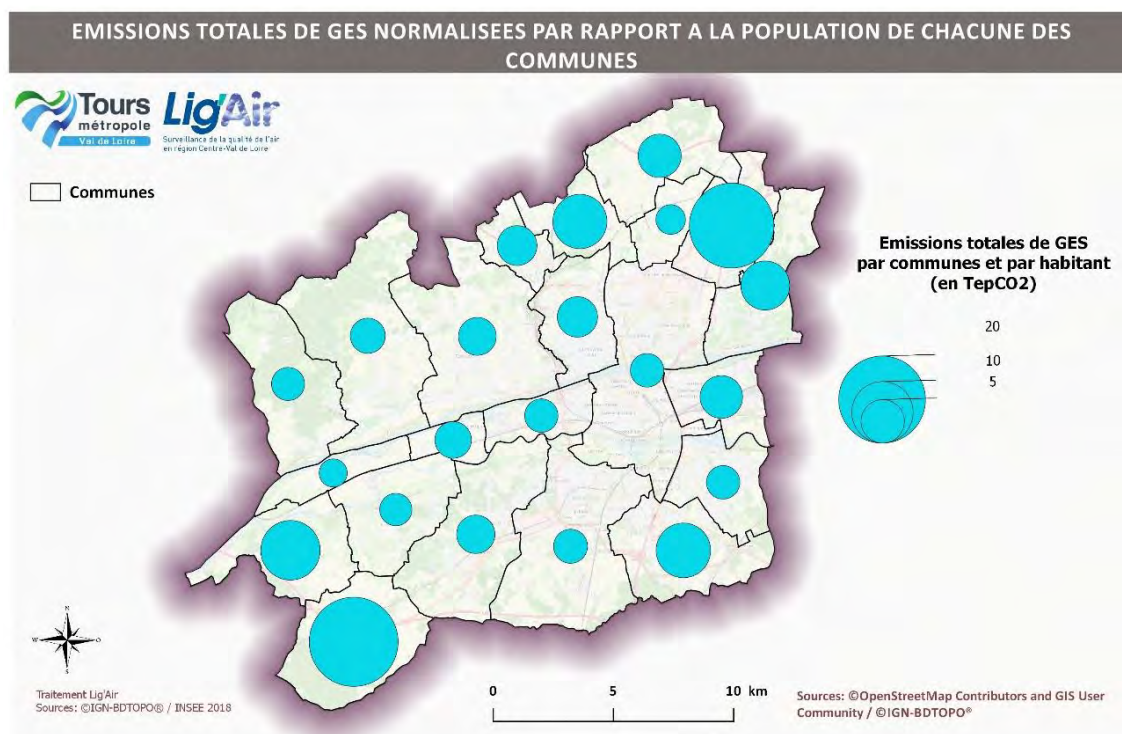


Figure 42 : Emissions totales de GES normalisées par rapport à la population de chacune des communes

► Evolution des GES depuis 2008 : une année 2010 présentant des émissions plus élevées

Les émissions totales de GES calculées pour l'année 2010 sont les plus élevées depuis 2008 (Figure 43). A l'inverse, les émissions de GES de 2018 sont les plus faibles depuis 2008. Les émissions issues de l'ensemble des secteurs présentent une baisse entre 2008 et 2018.

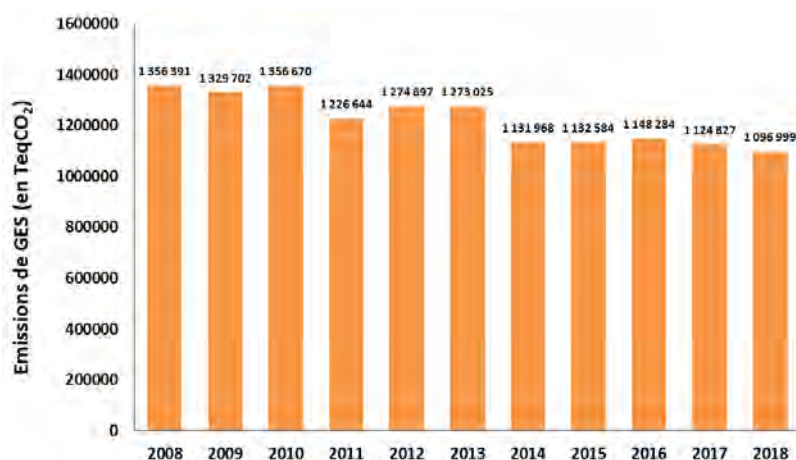


Figure 43 : Emissions de GES de 2008 à 2018

D. Diagnostic sectoriel

Secteur transport

► Synthèse du secteur – Chiffres clés du secteur des transports

Emissions de GES	468 705 tonnes équivalent CO ₂ 42,7% des émissions de GES du territoire de Tours Métropole Val de Loire dont 99,7% provenant du trafic routier
Classement	1 ^{er} secteur émetteur de GES du territoire
L'énergie la plus émissive	Combustion des produits pétroliers Responsable de 99% des émissions de GES totales (d'origine énergétique et non énergétique qui représentent 1% du secteur) et près de 100% des émissions d'origine énergétique seules du secteur.
Communes les plus émissives	Tours 131 993 Teq CO ₂ soit 28,2% des émissions des GES totales du secteur majoritairement affectées au transport routier (59,4% soit 59 574 TeqCO ₂)
Evolution des GES	Des émissions de GES relativement stables depuis 2008 (transport routier et autres transports) 465 593 TeqCO ₂ en 2008 contre 467 506 TeqCO ₂ en 2018

► Méthodologie de construction du diagnostic des émissions de GES pour le secteur des transports

Les données ont été estimées par Lig'Air à l'échelle communale avec une distinction entre les transports routiers (VL, PL, réseau de transport urbain, trafic local, trafic de transit, etc.) et les autres moyens de transport (fluvial, ferroviaire, etc.).

► Emissions de GES issues du secteur transport : 1^{er} secteur émetteur du territoire

Les émissions du secteur des transports s'élèvent à 468 705 TeqCO₂. Ce secteur représente le secteur le plus émetteur du territoire, avec 42,7% des émissions de GES. Le secteur du transport routier est responsable à lui seul de 99,7% des émissions du secteur Transports avec 467 506 TeqCO₂.

► Les produits pétroliers, l'énergie la plus émissive dans le secteur du transport

Toutes les émissions de GES du secteur du transport routier sont principalement issues de la combustion des produits pétroliers (99%) qui constituent la principale énergie consommée dans ce secteur. Seul 1% des émissions issues du transport routier proviennent d'émissions non énergétiques (Figure 44).

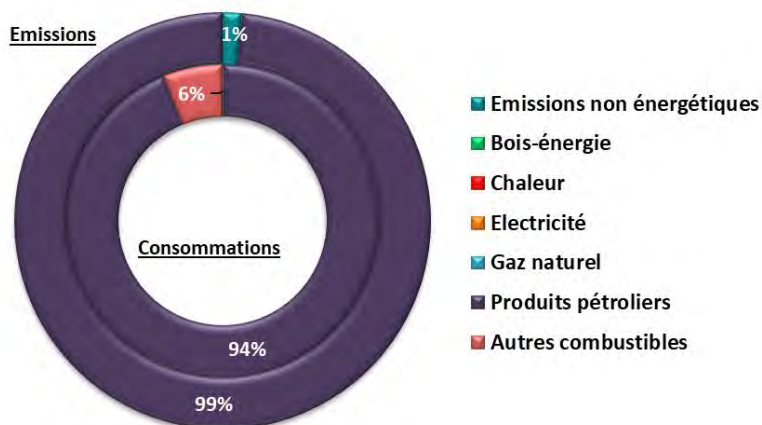


Figure 44 : Répartition des consommations et des émissions par énergie dans le secteur du transport routier

► Emissions communales

En 2018, Tours représente la commune la plus émissive en GES dans le secteur transport routier parmi les communes du territoire avec des émissions de 131 993 TeqCO₂ (soit 28,2% des émissions issues du transport routier du territoire (Figure 45)). Cette commune est la plus peuplée du territoire ce qui engendre une augmentation des déplacements et donc des émissions de GES. De plus, cette commune est traversée par des axes routiers présentant un trafic routier important notamment l'autoroute A10. Globalement, les communes traversées par des axes autoroutiers (A10, A85 et A20) présentent des émissions routières plus élevées à l'échelle du territoire comme Tours, Joué-lès-Tours, Chambray-les-Tours ou encore Parçay-Meslay.

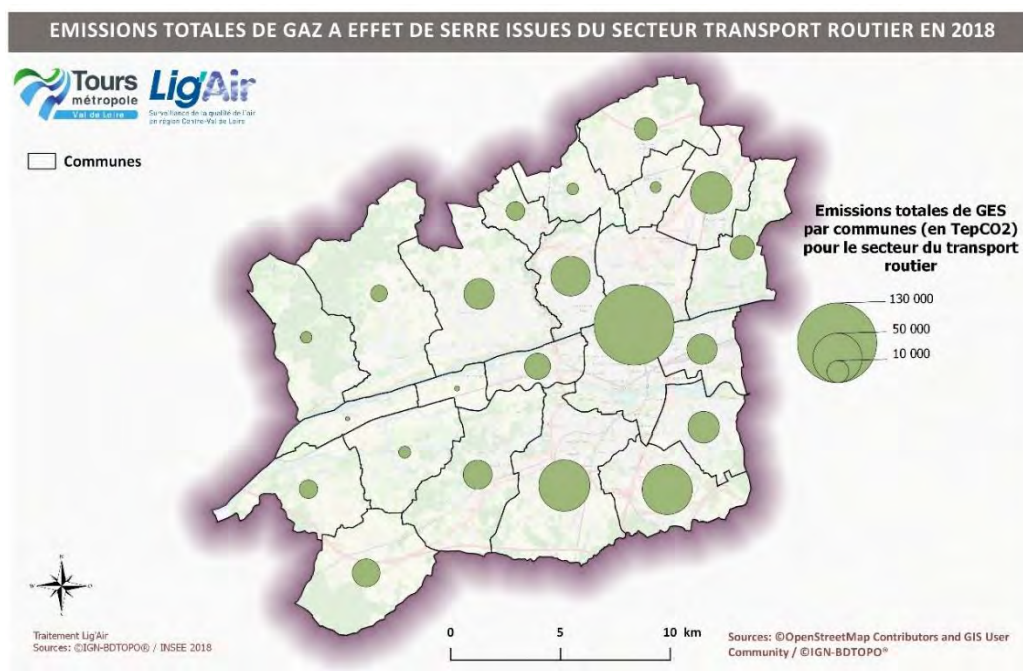


Figure 45 : Emissions totales de GES par commune dans le secteur du transport routier

► Evolution des émissions de GES issues du transport routier depuis 2008

Les émissions calculées des GES issues du transport routier présentent très peu d'évolution entre 2008 et 2018. Ces dernières présentent même une légère augmentation par rapport à celles de 2008 (Figure 46).

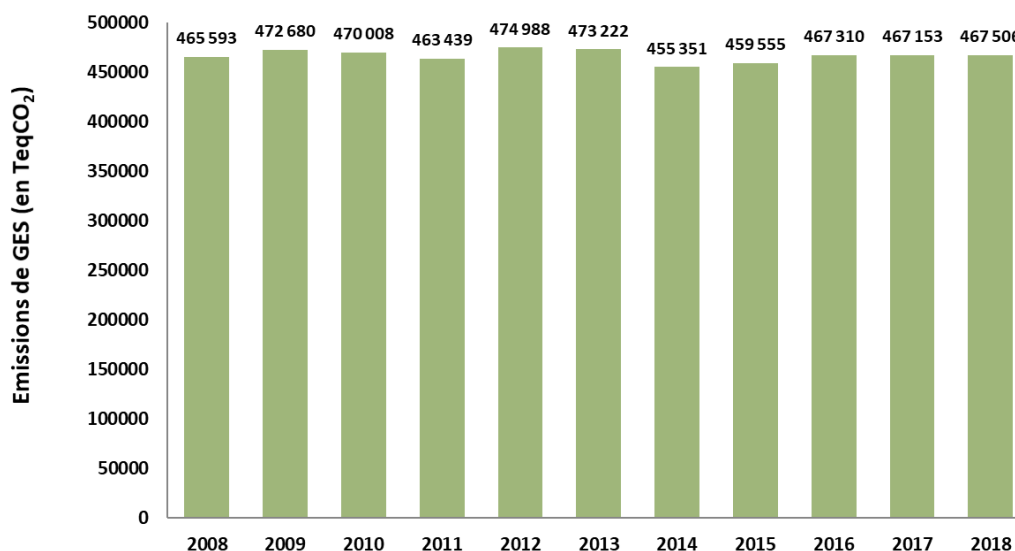


Figure 46 : Emissions de GES issues du secteur du transport routier depuis 2008

► Synthèse du secteur – Chiffres clés du secteur résidentiel

Emissions de GES	314 480 tonnes équivalent CO ₂ 28,7% des émissions de GES du territoire de Tours Métropole Val de Loire
Classement	2 ^{ème} secteur émetteur de GES du territoire 2,3 TeqCO ₂ par logement
L'énergie la plus émissive	Gaz naturel, Electricité et Produits pétroliers Responsable de 58% des émissions de GES totales (d'origine énergétique et non énergétique qui représentent 8% du secteur) et 89,5% des émissions d'origine énergétique, seules du secteur.
Communes les plus émissives	Tours 158 677 TeqCO ₂ soit 50,5% des émissions totales du secteur résidentiel
Evolution des GES	Des émissions de GES en diminution depuis 2008 422 660 TeqCO ₂ en 2008 contre 314 480 TeqCO ₂ en 2018 soit une baisse de 25,6%

► Méthodologie de construction du diagnostic des émissions GES pour le secteur résidentiel

Pour le secteur des bâtiments résidentiels, les données de l'OREGES – Lig'Air ont été utilisées et exploitées pour connaître les émissions par commune. Ces données ont été fournies pour les années de 2008 à 2018.

Les données sont issues de l'inventaire des émissions que réalise Lig'Air. Le secteur résidentiel est calculé sur la base des données INSEE du détail logement.

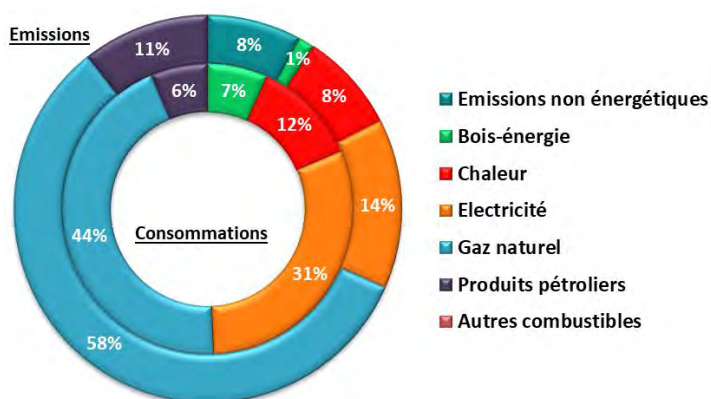
► Emissions de GES issues du secteur résidentiel : 2^{ème} secteur le plus émetteur

En 2018, le secteur résidentiel est responsable des émissions de GES de 314 480 TeqCO₂ sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire soit 28,7% des émissions totales de GES du territoire et ce qui représente 2,3 TeqCO₂ par logement. Le secteur résidentiel correspond au deuxième secteur émetteur de GES après le secteur transport routier sur le territoire.

► Le gaz naturel, l'électricité et les produits pétroliers, les énergies les plus émissives dans le secteur résidentiel

Le gaz naturel, l'électricité et les produits pétroliers sont les trois énergies responsables des émissions de GES dans le secteur résidentiel avec respectivement 58%, 14% et 11% (Figure 47). Le gaz naturel est responsable de plus de la moitié des émissions de GES alors qu'il ne représente que 44% des consommations. Le gaz naturel et l'électricité constituent les deux principales énergies (avec 44% et 31%) consommées dans ce secteur suivi par la chaleur avec 12%, le bois-énergie avec 7% et les produits pétroliers avec 6%.

Figure 47 : Répartition des consommations et des émissions par énergie dans le secteur résidentiel



► Emissions communales

En 2018, Tours représente la commune la plus émissive en GES dans le secteur résidentiel parmi les communes du territoire avec 158 677 TeqCO₂ (soit 50,5% des émissions résidentielles du territoire) (Figure 48). Ceci s'explique en partie par le fait que cette commune est la plus peuplée et donc la plus urbanisée, requérant ainsi un fort besoin en chauffage et en eau chaude sanitaire.

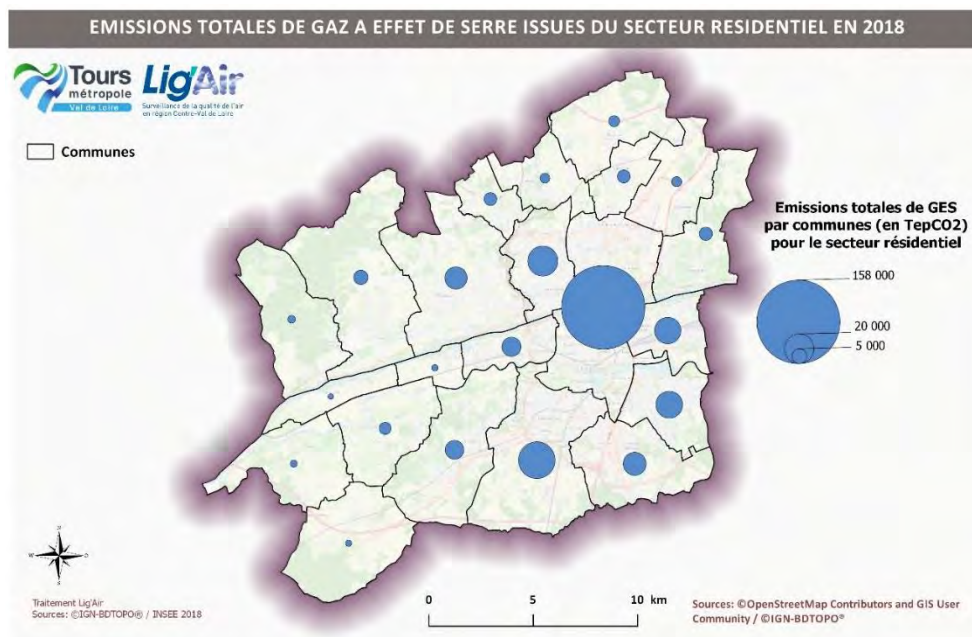


Figure 48 : Emissions totales de GES par commune dans le secteur résidentiel

► Par rapport au nombre de logements

La répartition des émissions par logement reflète la répartition des consommations par logement, avec une influence du mix énergétique sur chaque commune (Figure 49). On constate que les émissions de GES par logement sont relativement homogènes quelle que soit la commune du territoire (variant de 1,5 TeqCO₂ pour la commune de La Riche à 2,8 TeqCO₂ pour la commune de Rochecorbon) indiquant de ce fait que le mix énergétique est très proche entre les communes.

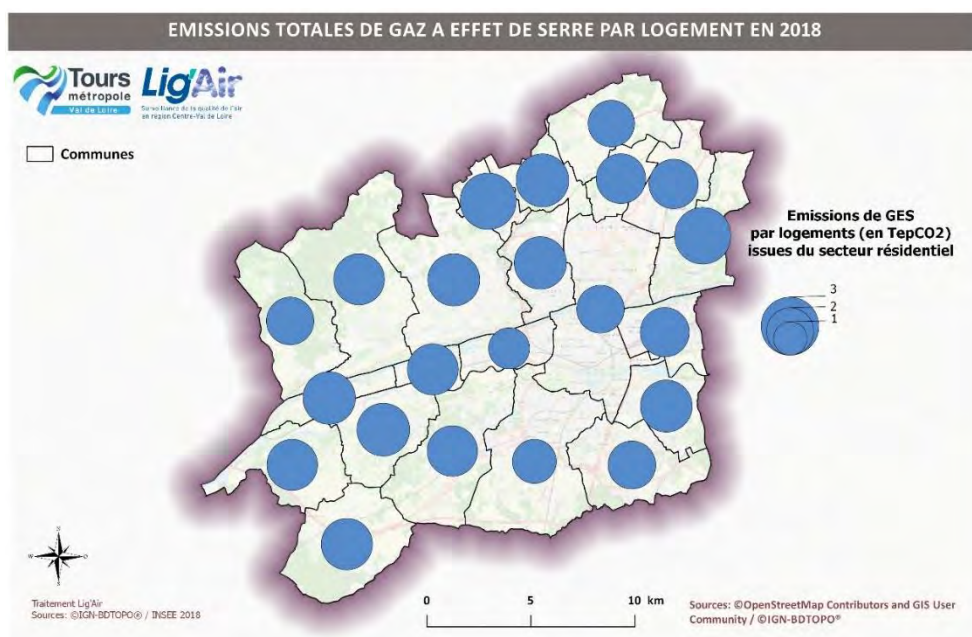


Figure 49 : Emissions moyennes de GES par logement

► Evolution des émissions de GES issues du secteur résidentiel depuis 2008

Les émissions des GES issues du secteur résidentiel obtenues en 2018 sont les plus faibles depuis 2008 avec une baisse de 25,6% par rapport à celles recensées en 2008 (Figure 50). Les émissions de GES issues du secteur résidentiel de 2010 sont les plus élevées entre 2008 et 2018 du fait que l'année 2010 fut une année relativement froide avec une utilisation plus importante du chauffage.

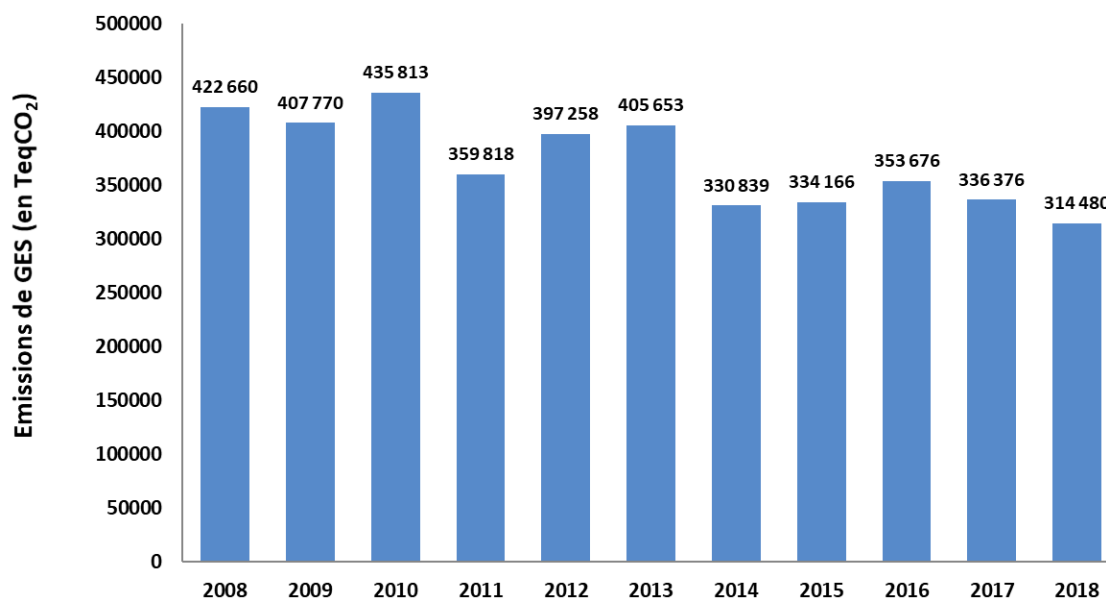


Figure 50 : Emissions de GES issues du secteur résidentiel depuis 2008

Secteur tertiaire

► Synthèse du secteur – Chiffres clés du secteur tertiaire

Emissions de GES	169 671 tonnes équivalent CO ₂ 15,5% des émissions de GES du territoire de Tours Métropole Val de Loire
Classement	3 ^{ème} secteur émetteur de GES du territoire
L'énergie la plus émissive	Gaz naturel, Electricité et Produits pétroliers Responsable de 91% des émissions de GES totales du secteur (d'origine énergétique et non énergétique qui représentent 6% du secteur) et 96,2% des émissions d'origine énergétique seules du secteur.
Communes les plus émissives	Tours 79 505 TeqCO ₂ soit 46,9% des émissions totales du secteur tertiaire
Evolution des GES	Des émissions de GES en diminution depuis 2008 256 675 TeqCO ₂ en 2008 contre 169 671 TeqCO ₂ en 2018 soit une baisse de 33,9%

► Méthodologie de construction du diagnostic des émissions GES pour le secteur tertiaire

Pour le secteur tertiaire, les données de l'OREGES – Lig'Air ont été utilisées et exploitées pour connaître les émissions par commune. Ces données ont été fournies pour les années de 2008 à 2018.

► Emissions de GES issues du secteur tertiaire : 3^{ème} secteur émetteur du territoire

En 2018, le secteur tertiaire est responsable des émissions de GES de 169 671 TeqCO₂ sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire soit 15,5% des émissions totales de GES du territoire. Le secteur tertiaire correspond au troisième secteur émetteur de GES du territoire.

► Le gaz naturel, les produits pétroliers et l'électricité, les énergies les plus émissives dans le secteur tertiaire

Comme pour le secteur résidentiel, le gaz naturel, l'électricité et les produits pétroliers sont les trois énergies responsables des émissions de GES dans le secteur tertiaire avec respectivement 45%, 29% et 17% (Figure 51). Le gaz naturel sont responsables de près de la moitié des émissions de GES alors qu'ils ne représentent que 30% des consommations. Le gaz naturel et l'électricité constituent les deux principales énergies (avec 55% et 30%) consommées dans ce secteur. L'électricité représente plus de la moitié des consommations. Seuls 4% des émissions de GES sont dus à la chaleur qui ne représente que 3% des consommations.

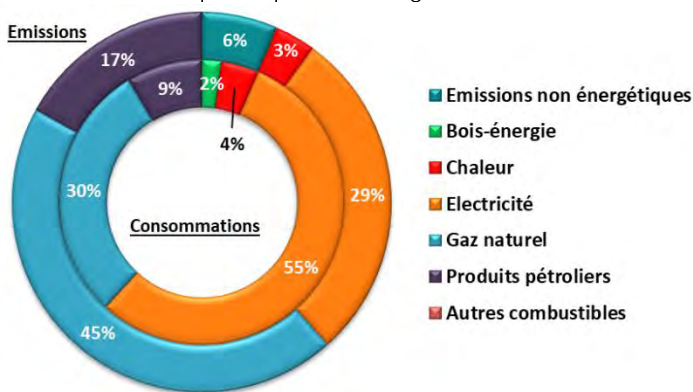


Figure 51 : Répartition des consommations par énergie dans le secteur tertiaire

► Emissions communales

En 2018, comme pour le secteur résidentiel, Tours représente de loin la commune la plus émissive en GES dans le secteur tertiaire parmi les communes du territoire avec des émissions de 79 505 TeqCO₂ (soit 46,9% des émissions tertiaires du territoire). Ainsi, la commune de Tours concentre près de la moitié des émissions de GES issues du secteur tertiaire (Figure 52).

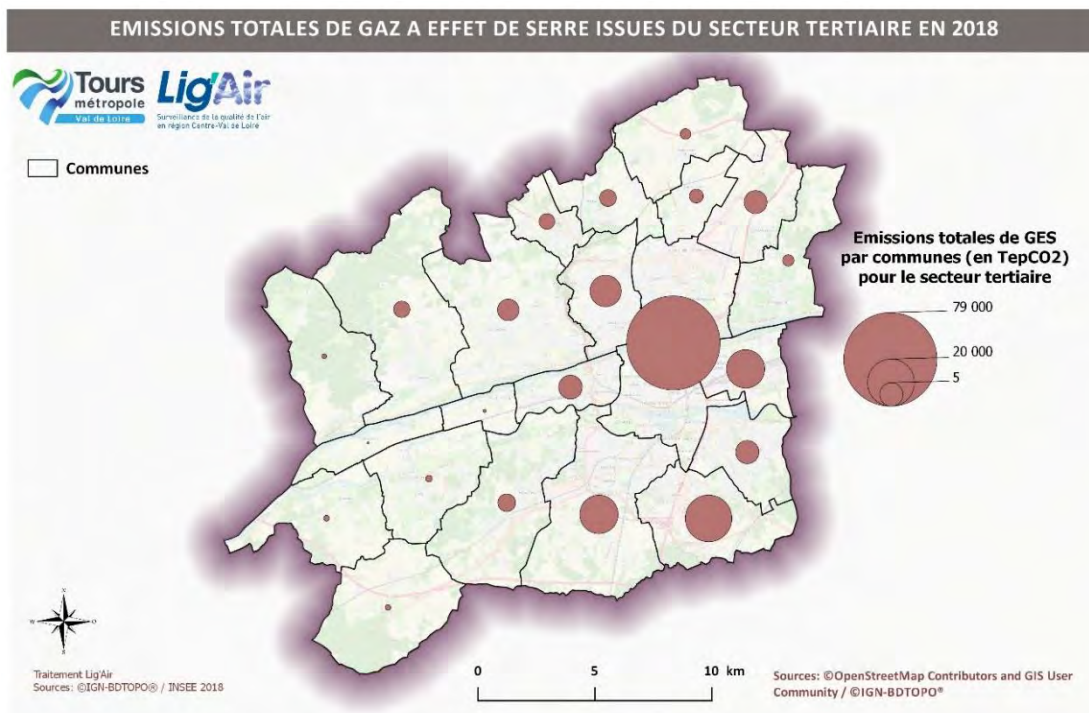


Figure 52 : Emissions totales de GES par commune dans le secteur tertiaire

► Evolution des émissions de GES issues du secteur tertiaire depuis 2008

Les émissions des GES issues du secteur tertiaire obtenues en 2018 sont les plus faibles depuis 2008 avec une baisse de 33,9% par rapport à celles calculées en 2008 (Figure 53). Comme pour le secteur résidentiel, les émissions de GES issues du secteur tertiaire de 2010 sont les plus élevées entre 2008 et 2018.

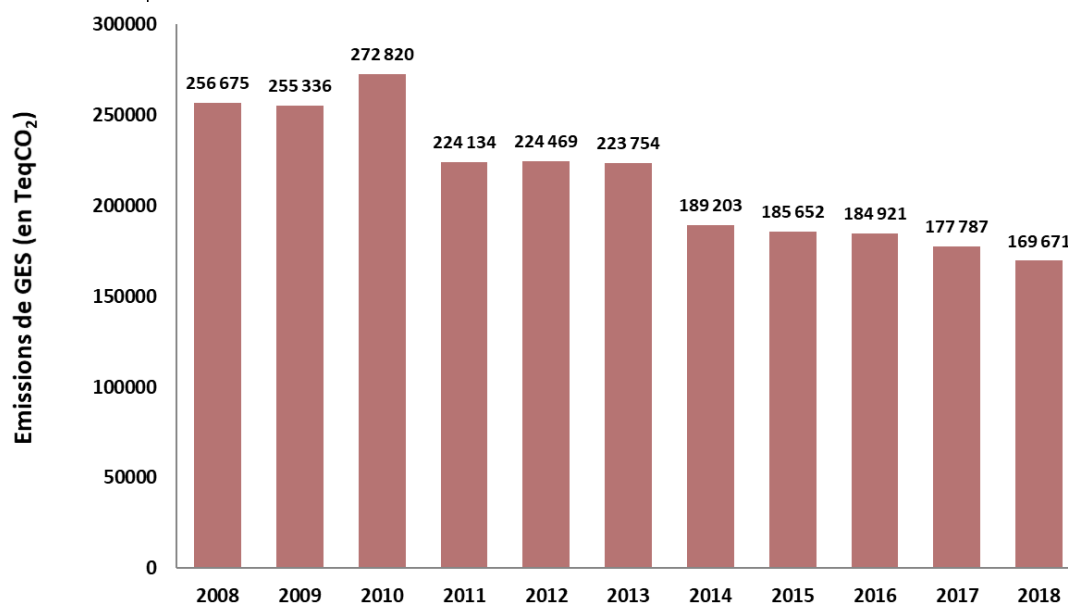


Figure 53 : Emissions de GES issues du secteur tertiaire depuis 2008

Secteur industrie

► Synthèse du secteur – Chiffres clés du secteur industrie

Emissions de GES	108 955 tonnes équivalent CO ₂ 9,9% des émissions de GES du territoire de Tours Métropole Val de Loire
Classement	4 ^{ème} secteur émetteur de GES du territoire
L'énergie la plus émissive	Produits pétroliers et gaz naturel Responsable de 70% des émissions de GES totales du secteur (d'origine énergétique et non énergétique qui représentent 8% du secteur) et 86,7% des émissions d'origine énergétique seules du secteur.
Communes les plus émissives	Tours, Saint-Pierre-des-Corps et Joué-lès-Tours 71 381 TeqCO ₂ soit 65,5% des émissions totales du secteur industrie
Evolution des GES	Après une baisse entre 2008 et 2016, une stabilité depuis 2016 167 968 TeqCO ₂ en 2008, 105 208 TeqCO ₂ en 2016 contre 108 955 TeqCO ₂ en 2018

► Méthodologie de construction du diagnostic des émissions GES pour le secteur industrie

Pour le secteur industrie, les données de l'OREGES – Lig'Air ont été utilisées et exploitées pour connaître les émissions par commune. Ces données ont été fournies pour les années de 2008 à 2018.

► Emissions de GES issues du secteur industrie : 4^{ème} secteur émetteur du territoire

En 2018, le secteur industrie est responsable des émissions de GES de 108 955 TeqCO₂ sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire soit 9,9% des émissions totales de GES du

territoire. Le secteur industrie correspond au quatrième secteur émetteur de GES du territoire.

► Le gaz naturel et les produits pétroliers, les deux énergies les plus émissives dans le secteur industriel

43% des émissions sont issues de la combustion des produits pétroliers alors qu'ils ne représentent que 19% des consommations dans ce secteur (Figure 54). 37% des émissions de ce secteur sont également issues de la combustion du gaz naturel représentant une consommation de 30%. L'électricité représente à lui seul seulement 11% des émissions dans ce secteur alors qu'il représente une part importante des consommations avec 47%.

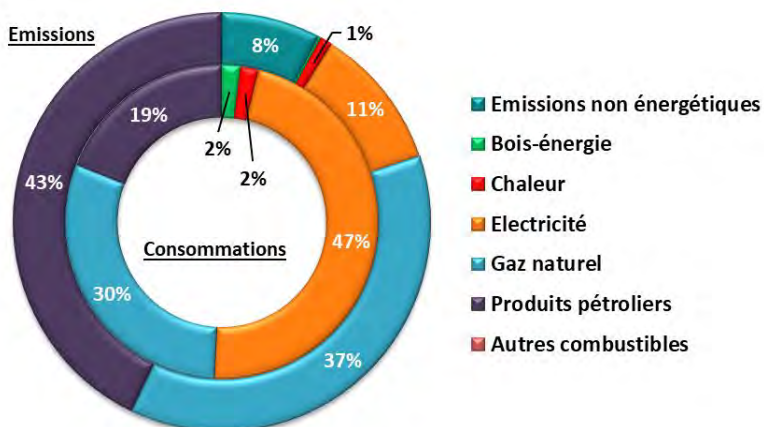


Figure 54 : Répartition des consommations par énergie dans le secteur industrie

► Emissions communales

En 2018, Tours, Saint-Pierre-des-Corps et Joué-lès-Tours sont les trois communes les plus émissives en GES dans le secteur industrie parmi les communes du territoire avec respectivement des émissions de 30 381 TeqCO₂ (soit près de 27,9% des émissions industrielles du territoire), de 26 352 TeqCO₂ (soit 24,2% des émissions industrielles du territoire) et de 14 648 TeqCO₂ (soit 13,4% des émissions industrielles du territoire). Ainsi, ces trois communes concentrent près des deux tiers des émissions de GES issues du secteur industrie (Figure 55).

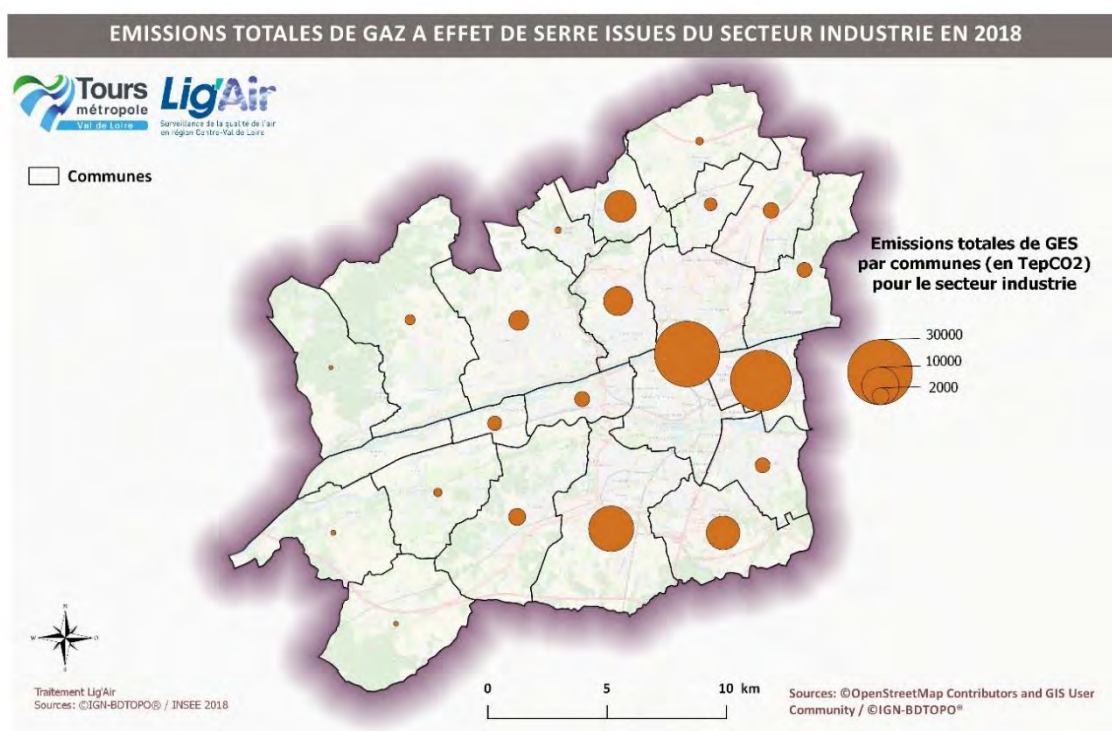


Figure 55 : Emissions totales de GES par commune dans le secteur industrie

► Evolution des émissions de GES issues du secteur industrie depuis 2008

Depuis 2008, les émissions de GES issues du secteur industrie ont baissé de 30 803 TeqCO₂ entre 2008 et 2010 pour ensuite rester relativement stables jusqu'en 2012 et décroître à nouveau jusqu'en 2016. Les émissions sont relativement stables depuis 2016. On observe une baisse globale de 35% des émissions du secteur industrie depuis 2008 (Figure 56).

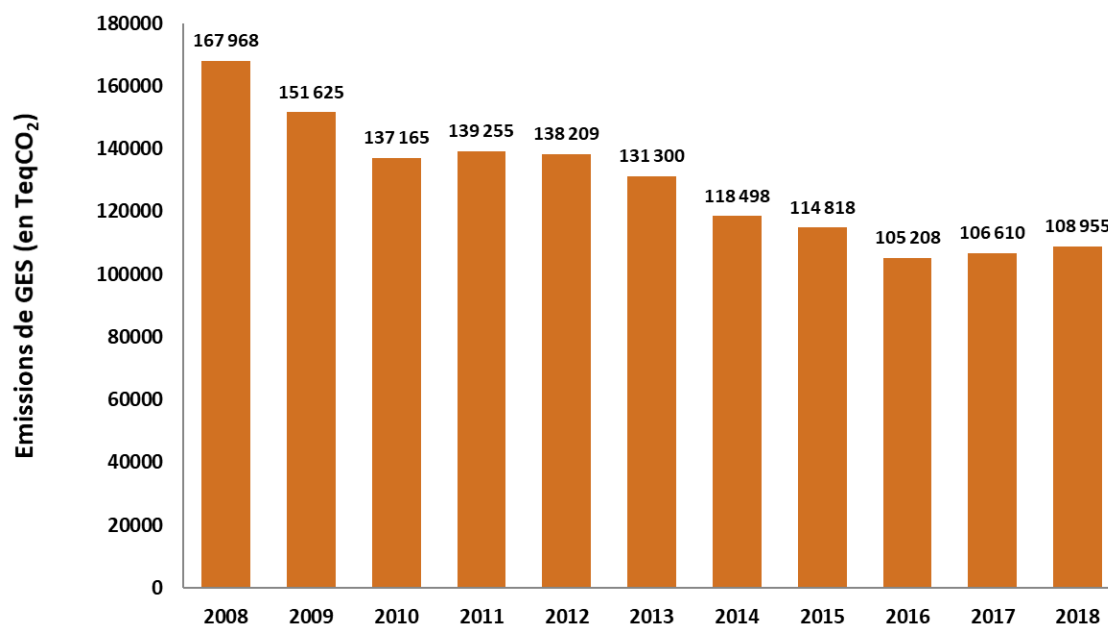


Figure 56 : Emissions de GES issues du secteur de l'industrie depuis 2008

Secteur agricole

► Synthèse du secteur – Chiffres clés du secteur agricole

Emissions de GES	20 450 tonnes équivalent CO ₂ 1,9% des émissions de GES du territoire de Tours Métropole Val de Loire
Classement	5 ^{ème} secteur émetteur de GES du territoire
L'énergie la plus émissive	Combustion des Produits pétroliers Responsable de 23% des émissions de GES totales du secteur (d'origine énergétique et non énergétique qui représentent 76% du secteur) et 89% des émissions d'origine énergétique seules du secteur.
Communes les plus émissives	Luynes, Druye, Joué-lès-Tours et Chanceaux-sur-Choisille 9 284 TeqCO ₂ soit 45,4% des émissions totales du secteur agricole
Evolution des GES	Des émissions de GES en baisse mais qui fluctuent 23 949 TeqCO ₂ en 2008 contre 20 450 TeqCO ₂ en 2018

► Méthodologie de construction du diagnostic des émissions GES pour le secteur agricole

Pour le secteur agricole, les données de l'OREGES – Lig'Air ont été utilisées et exploitées pour connaître les émissions par commune.

► Emissions de GES issues du secteur agricole : 5^{ème} secteur émetteur du territoire

En 2018, le secteur de l'agriculture a été responsable de l'émission de 20 450 TeqCO₂ soit 1,9% des émissions totales de GES. Comparé aux autres secteurs, la spécificité des émissions de GES du secteur de l'agriculture réside dans l'importante part des émissions de protoxyde d'azote N₂O (48%), qui provient essentiellement des phénomènes de nitrification/dénitrification dans les sols cultivés liés à l'utilisation d'engrais azotés minéraux et à la gestion des déjections animales¹³ (Figure 57).

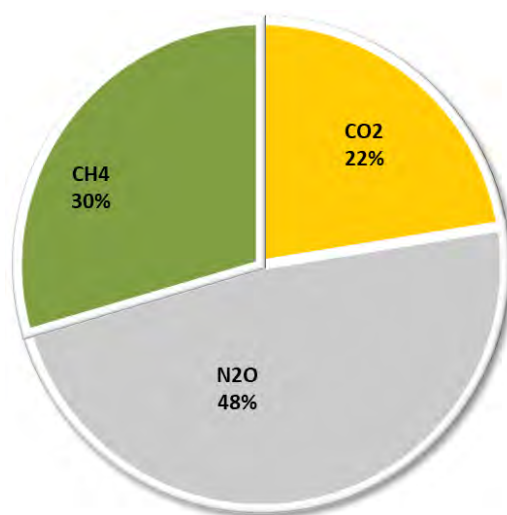


Figure 57 : Répartition des émissions de GES issues du secteur agricole par type de GES

► Les produits pétroliers, l'énergie la plus émissive dans le secteur agricole

23% des émissions sont issues de la combustion des produits pétroliers alors qu'ils représentent 82% des consommations dans ce secteur (Figure 58). Une part très importante (76%) des émissions de GES est due à des émissions non énergétiques. L'électricité et le gaz naturel représentent à eux deux seulement 14% des consommations.

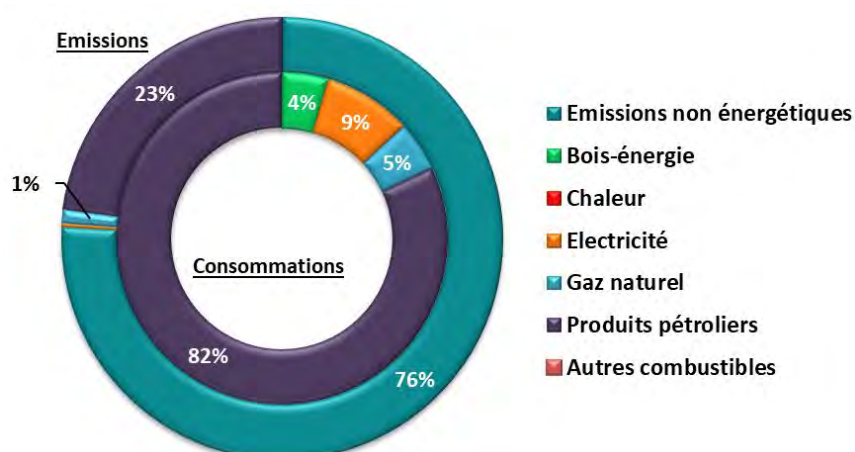


Figure 58 : Répartition des consommations et des émissions par énergie dans le secteur agricole

¹³ ADEME, Définition, sources d'émissions et impacts du protoxyde d'azote

► Emissions communales

En 2018, Luynes, Druye, Joué-lès-Tours et Chanceaux-sur-Choisille sont les communes les plus émissives en GES dans le secteur agricole parmi les communes du territoire avec respectivement des émissions de 2 783 TeqCO₂ (soit 13,6% des émissions agricoles du territoire), de 2 418 TeqCO₂ (soit 11,8% des émissions agricoles du territoire), de 2 175 TeqCO₂ (soit 10,6 des émissions agricoles du territoire) et de 1 908 TeqCO₂ (soit 9,3% des émissions agricoles du territoire) (Figure 59).

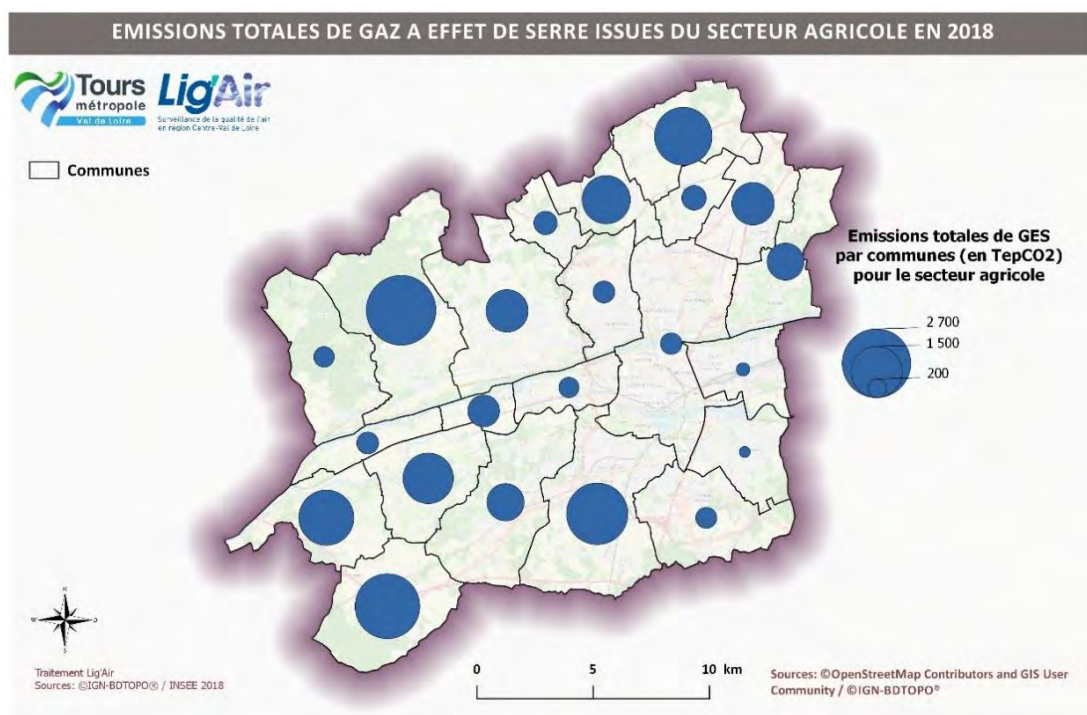


Figure 59 : Emissions totales de GES par commune dans le secteur agricole

► Evolution des émissions de GES issues du secteur agricole depuis 2008

Les émissions des GES issues du secteur agricole présentent une diminution entre 2008 et 2018 passant de 23 949 TeqCO₂ à 20 450 TeqCO₂ soit une diminution de 14,6%. Toutefois, malgré cette baisse des émissions, des fluctuations sont constatées depuis 2013, année pour laquelle les émissions sont quasi similaires à celle de 2018 (Figure 60).

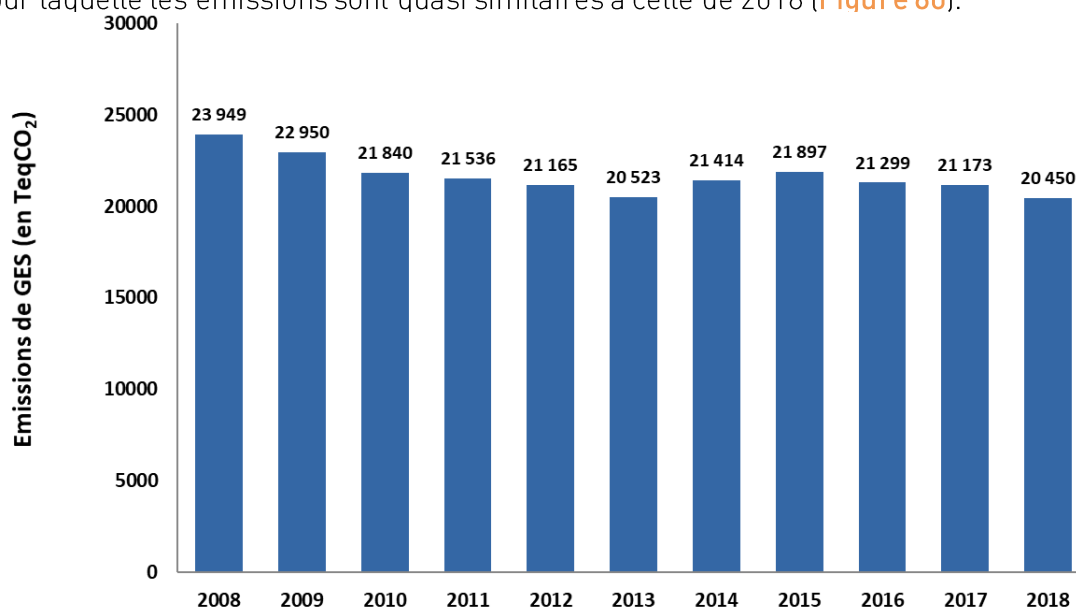


Figure 60 : Emissions de GES issues du secteur agricole depuis 2008

► Synthèse du secteur – Chiffres clés de la gestion des déchets

Emissions de GES	12 854 tonnes équivalent CO ₂ 1,2% des émissions de GES du territoire de Tours Métropole Val de Loire
Classement	6 ^{ème} secteur émetteur de GES du territoire
L'énergie la plus émissive	Les émissions sont à 100% d'origine non énergétique
Communes les plus émissives	Tours, Joué-lès-Tours et Saint-Pierre-des-Corps 7 603 TeqCO ₂ soit 59% des émissions totales de la gestion des déchets
Evolution des GES	Des émissions de GES en légère baisse depuis 2008 14 520 TeqCO ₂ en 2008 contre 12 854 TeqCO ₂ en 2018 soit une baisse 11,5%

► Méthodologie de construction du diagnostic des émissions GES pour la gestion des déchets

Pour la gestion des déchets, les données de l'OREGES – Lig'Air ont été utilisées et exploitées pour connaître les émissions par commune. Ces données ont été fournies pour les années de 2008 à 2018.

► Emissions de GES issues du secteur gestion des déchets : 6^{ème} secteur émetteur du territoire

En 2018, la gestion des déchets est responsable des émissions de GES de **12 854 TeqCO₂** sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire soit 1,2% des émissions totales de GES du territoire. La gestion des déchets est le sixième secteur émetteur de GES du territoire. Toutes les émissions de GES issues de la gestion des déchets sont des émissions non énergétiques.

► Emissions communales

En 2018, Tours est la commune la plus émissive en GES pour la gestion des déchets parmi les communes du territoire avec 4 904 TeqCO₂ (soit près de 38,2% des émissions de ce secteur). Elle est suivie par les communes de Joué-lès-Tours et Saint-Pierre-des-Corps avec respectivement 1 352 TeqCO₂ (soit près de 10,5% des émissions de ce secteur) 1 347 TeqCO₂ (soit près de 10,5% des émissions de ce secteur). Ainsi ces trois communes sont responsables de plus de 59% des émissions pour la gestion des déchets (**Figure 61**).

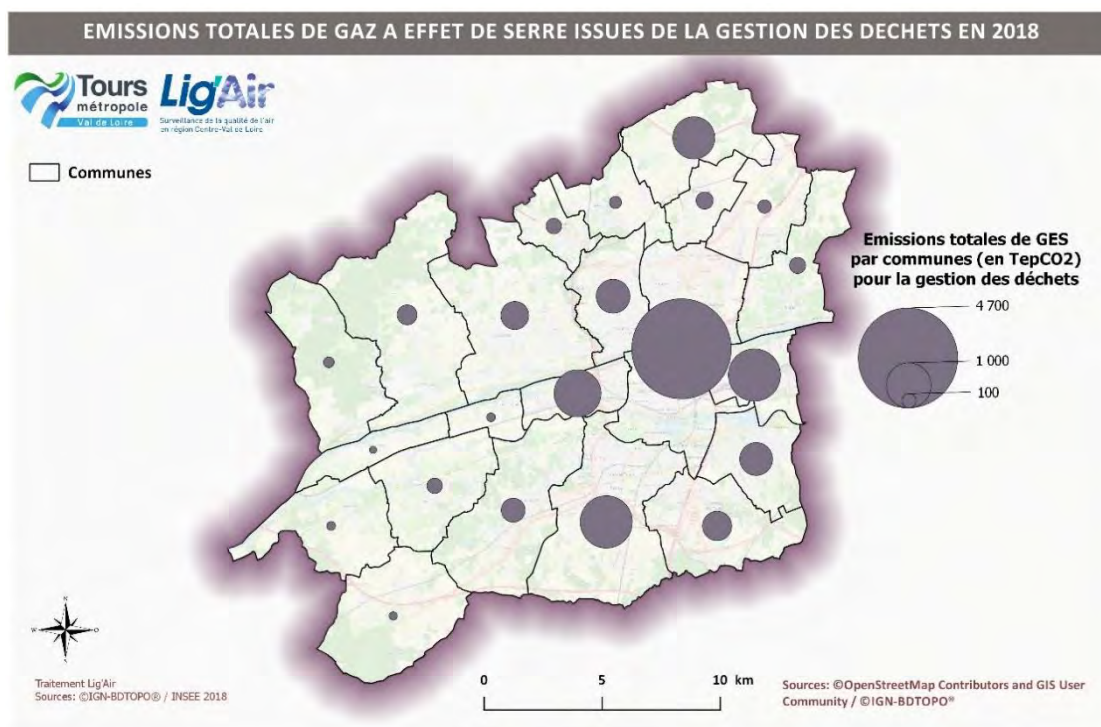


Figure 61 : Emissions totales de GES par commune dans la gestion des déchets

► Evolution des émissions de GES issues de la gestion des déchets depuis 2008

Les émissions de GES issues de la gestion des déchets présentent une baisse légère et progressive depuis 2008 passant de 14 520 TeqCO₂ en 2008 à 12 854 en 2018 soit une diminution de l'ordre de 11,5 % (**Figure 62**).

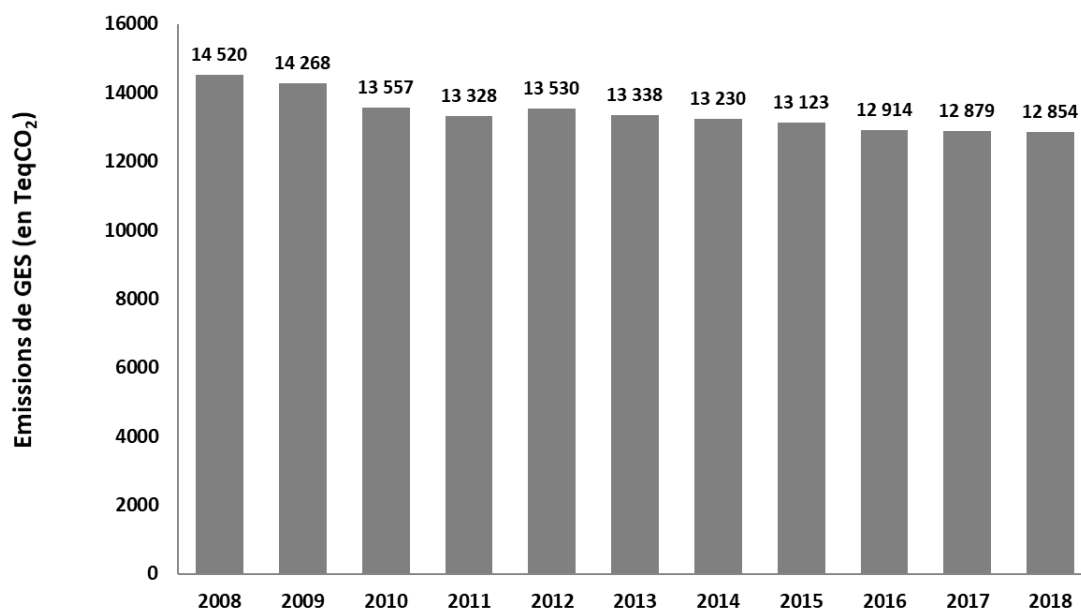


Figure 62 : Emissions de GES issues de la gestion des déchets depuis 2008

► Synthèse du secteur – Chiffres clés de la branche énergie

Emissions de GES	1 884 tonnes équivalent CO ₂ 0,2% des émissions de GES du territoire de Tours Métropole Val de Loire
Classement	Dernier secteur émetteur de GES du territoire
L'énergie la plus émissive	Les émissions sont à 100% d'origine non énergétique
Communes les plus émissives	Joué-lès-Tours et Tours 1 588 TeqCO ₂ soit 84% des émissions totales de la branche énergie
Evolution des GES	Des émissions de GES en diminution par rapport à 2008 3 837 TeqCO ₂ en 2008 contre 1 884 TeqCO ₂ en 2018

► Méthodologie de construction du diagnostic des émissions GES liée à la branche énergie

Pour la branche énergie, les données de l'OREGES – Lig'Air ont été utilisées et exploitées pour connaître les émissions par commune. Ces données ont été fournies pour les années de 2008 à 2018.

► Emissions de GES issues de la branche énergie : le plus faible secteur émetteur du territoire

En 2018, la branche énergie est responsable des émissions de GES de 1 884 TeqCO₂ sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire soit 0,2% des émissions totales de GES du territoire. La branche énergie est le plus faible secteur émetteur de GES du territoire. Toutes les émissions de GES issues de la branche énergie sont des émissions non énergétiques.

► Emissions communales

En 2018, Joué-lès-Tours et Tours sont les communes les plus émissives en GES dans la branche énergie parmi les communes du territoire avec respectivement 947 TeqCO₂ (soit près de 50,2% des émissions issues de la branche énergie) et 641 TeqCO₂ (soit près de 24% des émissions issues de la branche énergie). Elles sont suivies de loin par la commune de Saint-Pierre-des-Corps avec 112 TeqCO₂ (soit près de 5,9% des émissions issues de la branche énergie) (Figure 63).

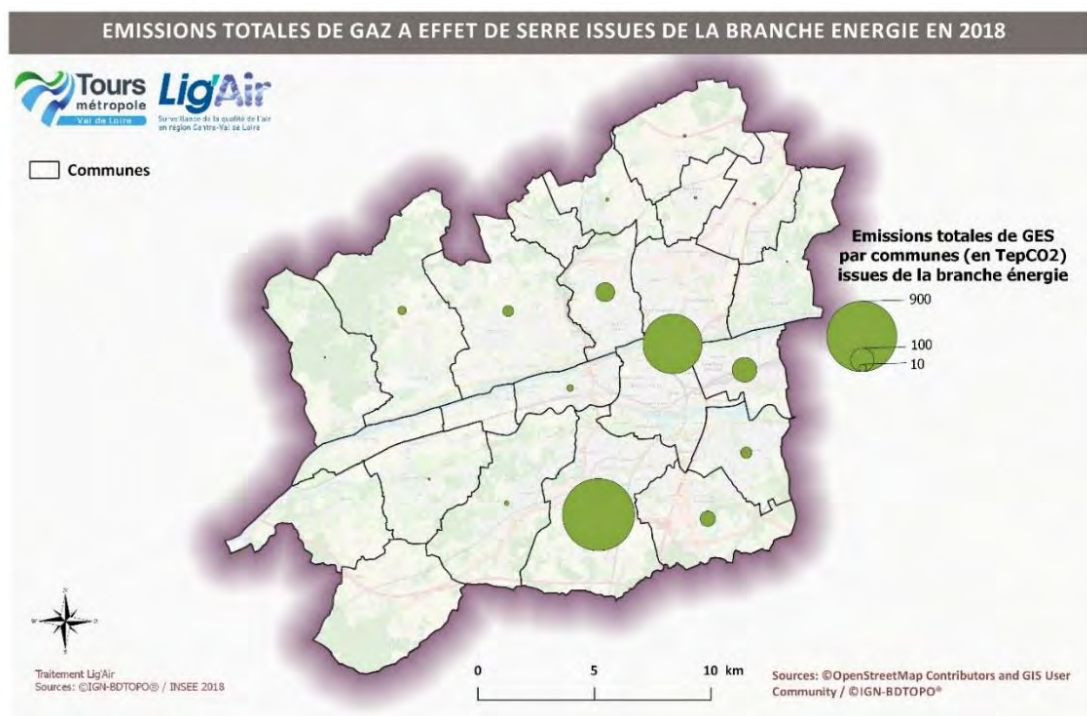


Figure 63 : Emissions totales de GES par commune dans la branche énergie

► Evolution des émissions de GES issues de la branche énergie depuis 2008

Les émissions de GES issues de la branche énergie ont diminué entre 2008 et 2018. Elles varient de 3 837 TeqCO₂ en 2008 à 1 884 TeqCO₂ en 2018 avec un pic à 4 301 TeqCO₂ en 2010 (Figure 64). Les émissions de ce secteur enregistrent une baisse globale d'environ 51% depuis 2008.

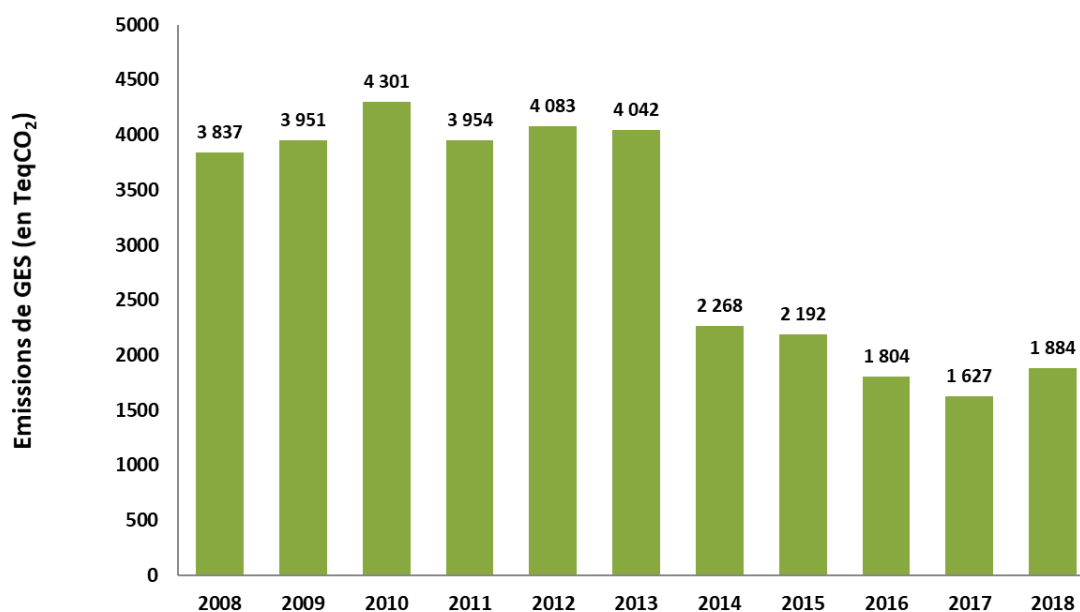


Figure 64 : Emissions de GES issues de la branche énergie depuis 2008

III. Diagnostic des émissions de Polluants à Effets Sanitaires

Sont présentés dans ce rapport les principaux polluants atmosphériques représentant les principaux enjeux sanitaires et environnementaux. Chaque polluant est caractérisé dans cette étude par sa fiche d'identité et son niveau d'émissions sur le territoire. Les données sur les émissions des différents polluants ont été produites par Lig'Air, sur l'année 2018 (dernières données disponibles actuellement).

Synthèse globale - Chiffres clés (Année de référence 2018)

Emissions de SO₂	50 tonnes 2,8% des émissions de la région Centre-Val de Loire Principaux secteurs émetteurs sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire : Secteur résidentiel (45%) et secteur tertiaire (34%)
Emissions de NO_x	2 140 tonnes 6,7% des émissions de la région Centre-Val de Loire Principaux secteurs émetteurs sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire : Transport routier (69,7%)
Emissions de PM₁₀	438 tonnes 2,8% des émissions de la région Centre-Val de Loire Principaux secteurs émetteurs sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire : Secteur résidentiel (44%) et transport routier (24%)
Emissions de PM_{2,5}	339 tonnes 3,9% des émissions de la région Centre-Val de Loire Principaux secteurs émetteurs sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire : Secteur résidentiel (55%) et transport routier (22%)
Emissions de COVNM	2 219 tonnes 6,9% des émissions de la région Centre-Val de Loire Principaux secteurs émetteurs sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire : Secteur résidentiel (48%) et secteur industriel (43%)
Emissions de NH₃	194 tonnes 0,6% des émissions de la région Centre-Val de Loire Principaux secteurs émetteurs sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire : Secteur agricole (81%)

Diagnostic sur les émissions de Polluants à Effets Sanitaires

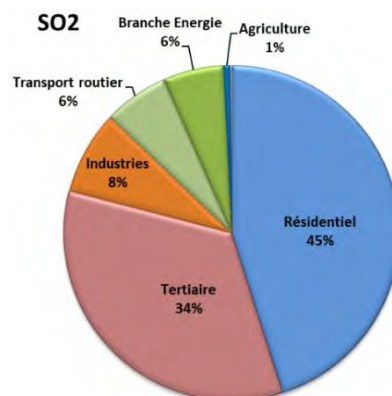
a) Le dioxyde de soufre (SO₂)

Le dioxyde de soufre (SO₂) est un polluant essentiellement industriel. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles, l'automobile et les unités de chauffage individuel et collectif (annexe A).

► Bilan des émissions

Les émissions de SO₂ sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire sont estimées à 50 tonnes pour l'année 2018. Ces émissions représentent 2,8% des émissions de SO₂ de la région Centre-Val de Loire. Elles sont dominées par les émissions des secteurs du résidentiel et du tertiaire et, responsables de 79% des émissions de SO₂ du territoire (Figure 65).

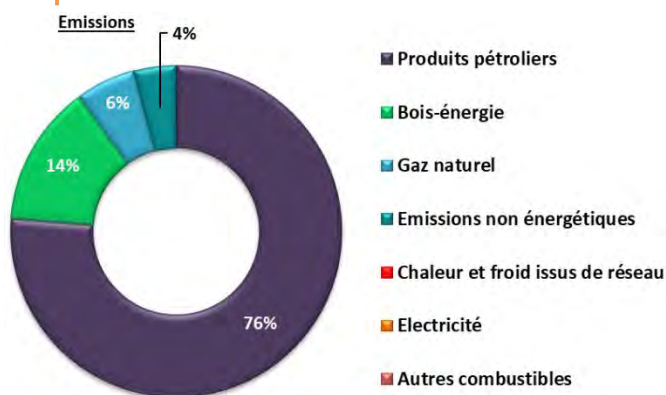
Figure 65 : Emissions de SO₂ par secteur d'activité sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (Source : Lig'Air)



► Les produits pétroliers, l'énergie la plus émissive en SO₂

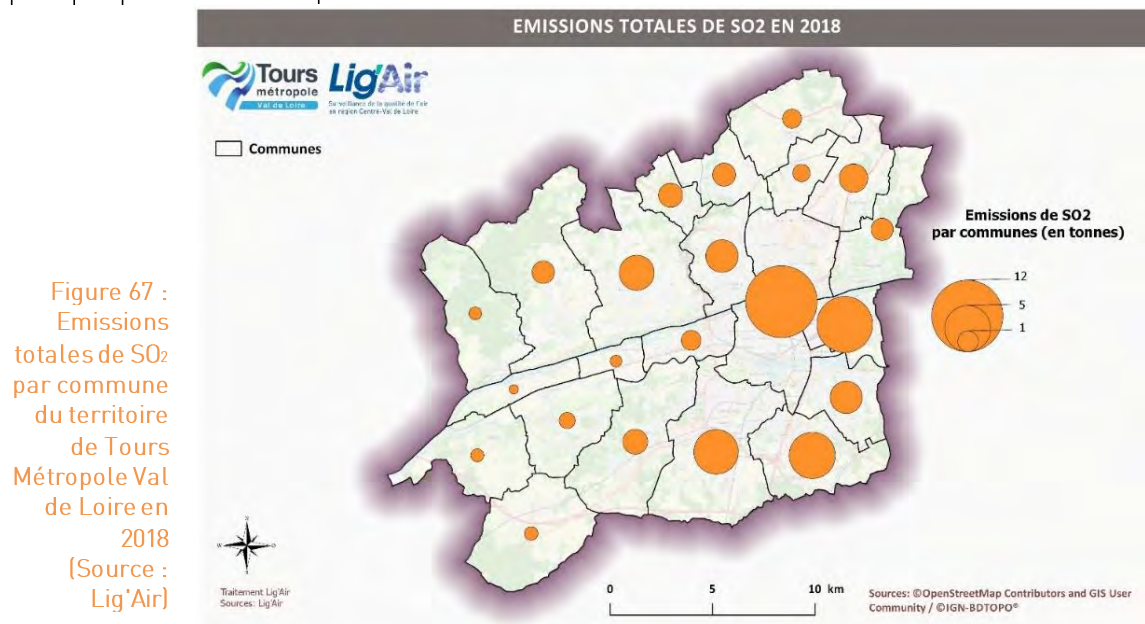
Les émissions de SO₂ sont principalement issues de la combustion des produits pétroliers (76%) suivies par le bois-énergie avec 14% des émissions de SO₂ (Figure 66).

Figure 66 : Répartition des émissions de SO₂ par énergie (Source : Lig'Air)



► Emissions communales

En 2018, Tours représente, de loin, la commune la plus émissive en SO₂ parmi les communes du territoire avec des émissions de 12 tonnes (soit 24% des émissions de SO₂ du territoire) (Figure 67). Ceci s'explique en partie par le fait que cette commune soit la plus peuplée et donc la plus urbanisée.



b) Les oxydes d'azote (NO_x)

Le terme « oxydes d'azote » désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ces composés sont formés par oxydation de l'azote atmosphérique (N₂) lors des combustions (essentiellement à haute température) de carburants et de combustibles fossiles [annexe A].

► Bilan des émissions

Les émissions de NO_x sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire sont estimées à **2140 tonnes** pour l'année 2018, soit 6,7% des émissions régionales. Le principal poste émetteur est celui du trafic routier, responsable de 70% des émissions de NO_x du territoire. Le secteur de l'industrie arrive en deuxième position avec 10% des émissions du territoire suivis par le secteur résidentiel avec 7% des émissions du territoire (Figure 68).

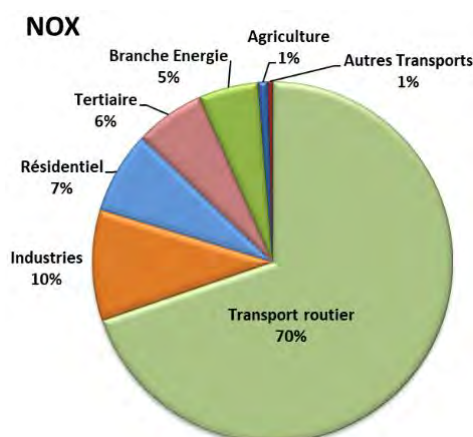


Figure 68 : Emissions de NO_x par secteur d'activité sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (Source : Lig'Air)

► Les produits pétroliers, l'énergie la plus émissive en NO_x

Les émissions de NO_x sont en grande partie issues de la combustion des produits pétroliers représentant 84% des émissions suivies par la combustion du gaz naturel avec 12% (Figure 69).

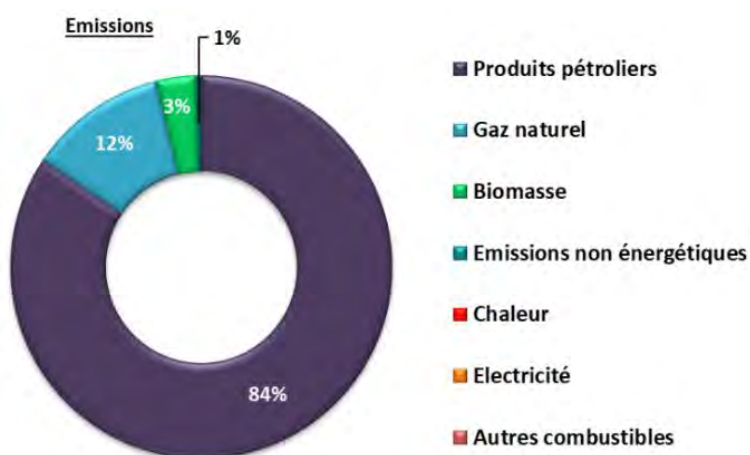


Figure 69 : Répartition des émissions de NO_x par énergie (Source : Lig'Air)

► Emissions communales

En 2018, Tours et Joué-lès-Tours représentent les communes les plus émissives en NOx parmi les communes du territoire avec respectivement des émissions de 595 tonnes (soit 28% des émissions de NOx du territoire) et de 266 tonnes (soit 12% des émissions de NOx du territoire) (Figure 70). Ces deux communes sont les plus peuplées du territoire ce qui engendre une augmentation des déplacements et donc des émissions de NOx issues principalement du secteur transport routier (78%). De plus, ces deux communes sont traversées par des axes routiers présentant un trafic routier important, notamment les autoroutes A10 et A85. Dans une moindre mesure, d'autres communes, traversées par ces autoroutes, présentent des émissions routières plus élevées à l'échelle du territoire comme, par exemple, Chambray-lès-Tours, Saint-Pierre-des-Corps ou encore Parçay-Meslay.

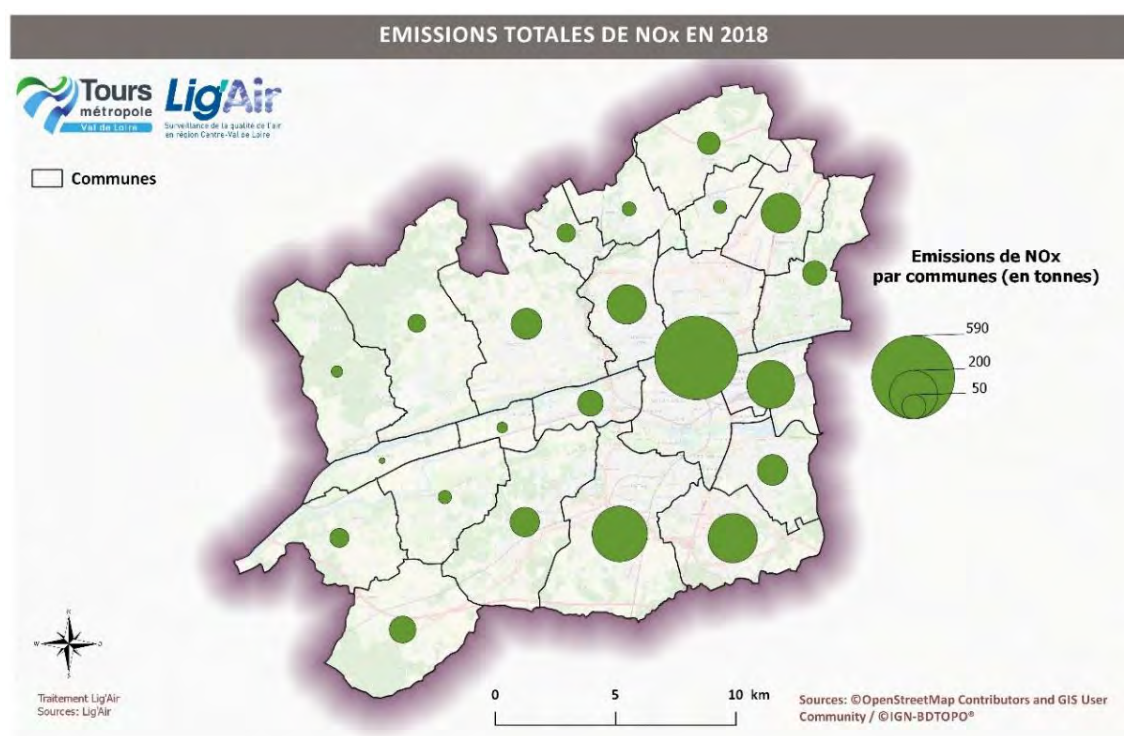


Figure 70 : Emissions totales de NOx par commune du territoire de Tours Métropole Val de Loire en 2018
(Source : Lig'Air)

c) Les particules fines : PM₁₀ et PM_{2,5}

Les particules en suspension, communément appelées « poussières », proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques, ...) et d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, photo chauffage, chaufferie) (annexe A). La surveillance réglementaire porte sur les particules PM₁₀ (de diamètre inférieur à 10 µm) mais également sur les PM_{2,5} (de diamètre inférieur à 2,5 µm).

► Bilan des émissions des PM₁₀

Les émissions de PM₁₀ sur le territoire sont estimées à **438 tonnes** pour l'année 2018. Ces émissions représentent 2,8% des émissions de la région Centre-Val de Loire. Le secteur résidentiel et le secteur transport routier représentent respectivement 44% et 23% des émissions du territoire, suivis par les secteurs industriel et agricole avec respectivement 21% et 8% des émissions (**Figure 71**).

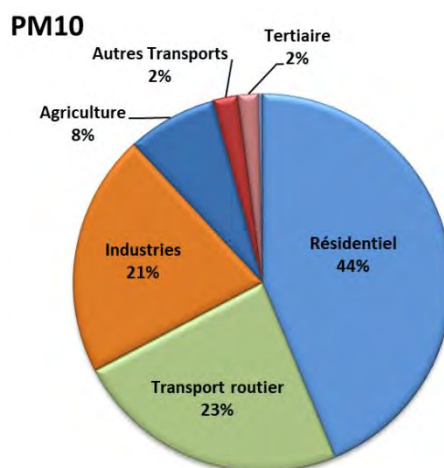


Figure 71 : Emissions de PM₁₀ par secteur d'activité sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (Source : Lig'Air)

► La biomasse, l'énergie la plus émissive en PM₁₀

44% des émissions sont issues de la combustion de biomasse (**Figure 72**). Une part importante (43%) des émissions de PM₁₀ est due à des émissions non énergétiques. La combustion des produits pétroliers représente 12% des émissions.

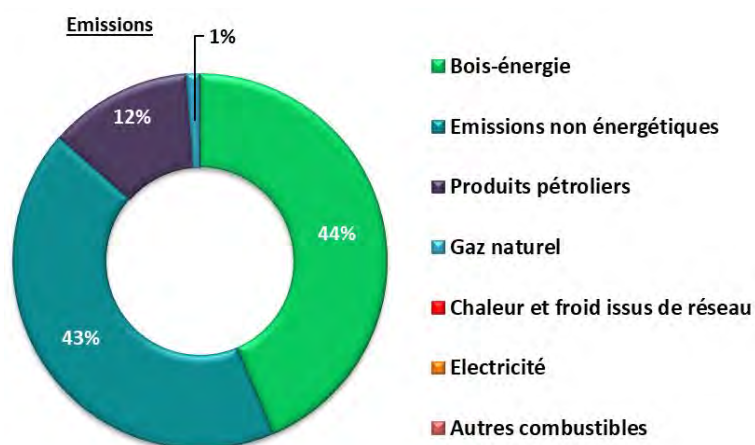


Figure 72 : Répartition des émissions de PM₁₀ par énergie (Source : Lig'Air)

► Emissions communales

En 2018, Tours et Joué-lès-Tours représentent les communes les plus émissives en PM₁₀ parmi les communes du territoire avec respectivement des émissions de 86 tonnes (soit 19,6% des émissions de PM₁₀ du territoire) et de 53 tonnes (soit 12,1% des émissions de PM₁₀ du territoire) (Figure 73). Ceci s'explique en partie par le fait que ces deux communes sont les communes les plus peuplées et donc les plus urbanisées requérant ainsi un fort besoin en chauffage et en eau chaude sanitaire (secteur résidentiel).

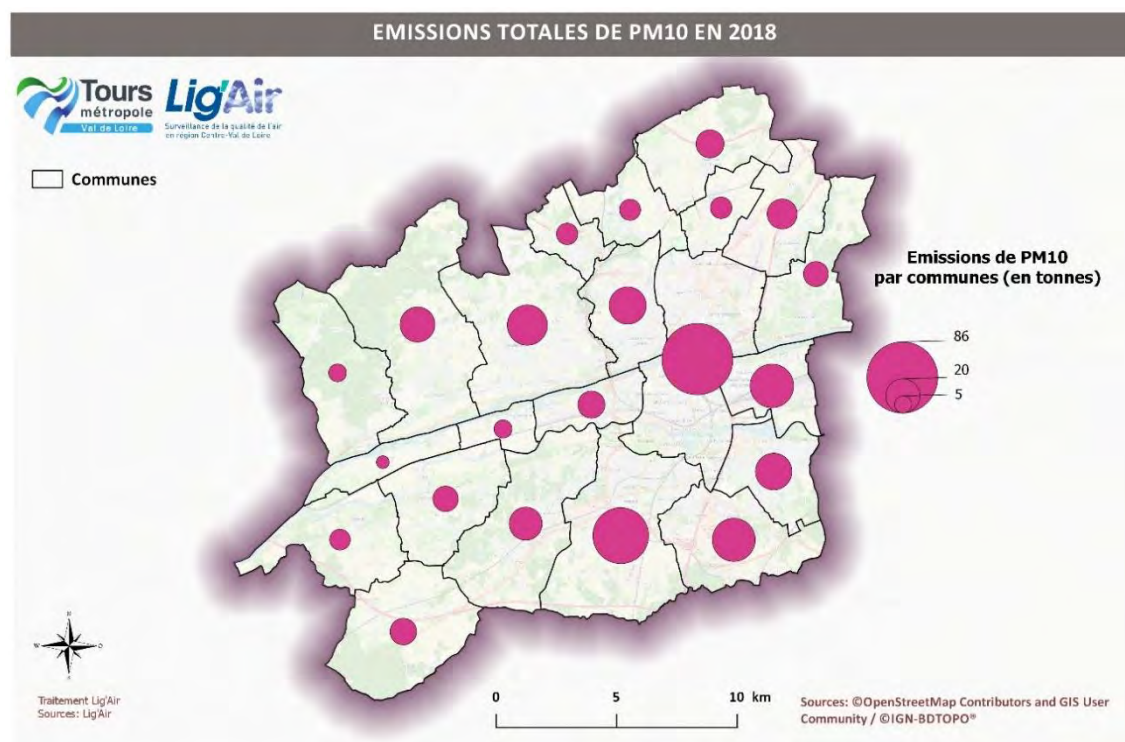


Figure 73 : Emissions totales de PM₁₀ par commune du territoire de Tours Métropole Val de Loire en 2018 (Source : Lig'Air)

Au contraire, les émissions de PM₁₀ sur la commune de Druye proviennent des activités agricoles (secteur agricole) à hauteur de 34%.

► Bilan des émissions des PM_{2,5}

Les émissions de PM_{2,5} sont estimées à 339 tonnes en 2018 soit 3,9% des émissions de la région Centre-Val de Loire. Comme pour les PM₁₀, les secteurs résidentiel (55%), transport routier (22%) et industriel (18%) engendrent les principales émissions de PM_{2,5} du territoire. La part du secteur résidentiel est plus importante pour les PM_{2,5} que pour les PM₁₀ (Figure 74).

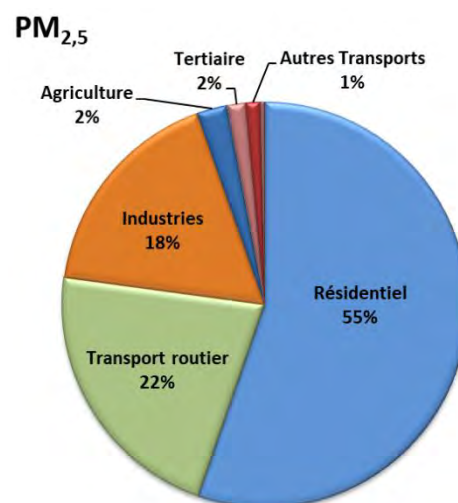


Figure 74 : Emissions de PM_{2,5} par secteur d'activité sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (Source : Lig'Air)

► La biomasse, l'énergie la plus émissive en PM_{2,5}

54% des émissions sont issues de la combustion de bois-énergie (Figure 75). Une part importante (29%) des émissions de PM_{2,5} est due à des émissions non énergétiques. La combustion des produits pétroliers représente 16% des émissions totales de PM_{2,5}.

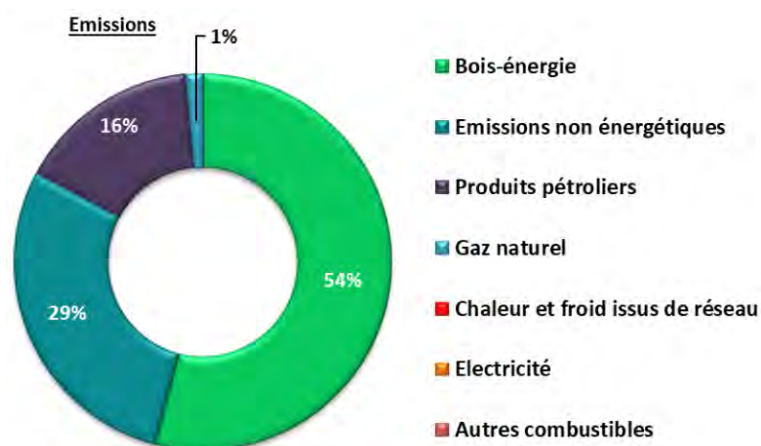


Figure 75 : Répartition des émissions de PM_{2,5} par énergie (Source : Lig'Air)

► Emissions communales

En 2018, Tours et Joué-lès-Tours représentent les communes les plus émissives en PM_{2,5} parmi les communes du territoire avec respectivement des émissions de 68,3 tonnes (soit 20,1% des émissions de PM_{2,5} du territoire) et de 41,6 tonnes (soit 12,3% des émissions de PM_{2,5} du territoire). Comme pour les PM₁₀, ceci s'explique en partie par le fait que ces deux communes sont les plus peuplées et donc les plus urbanisées demandant un fort besoin en chauffage et en eau chaude sanitaire (secteur résidentiel) (Figure 76).

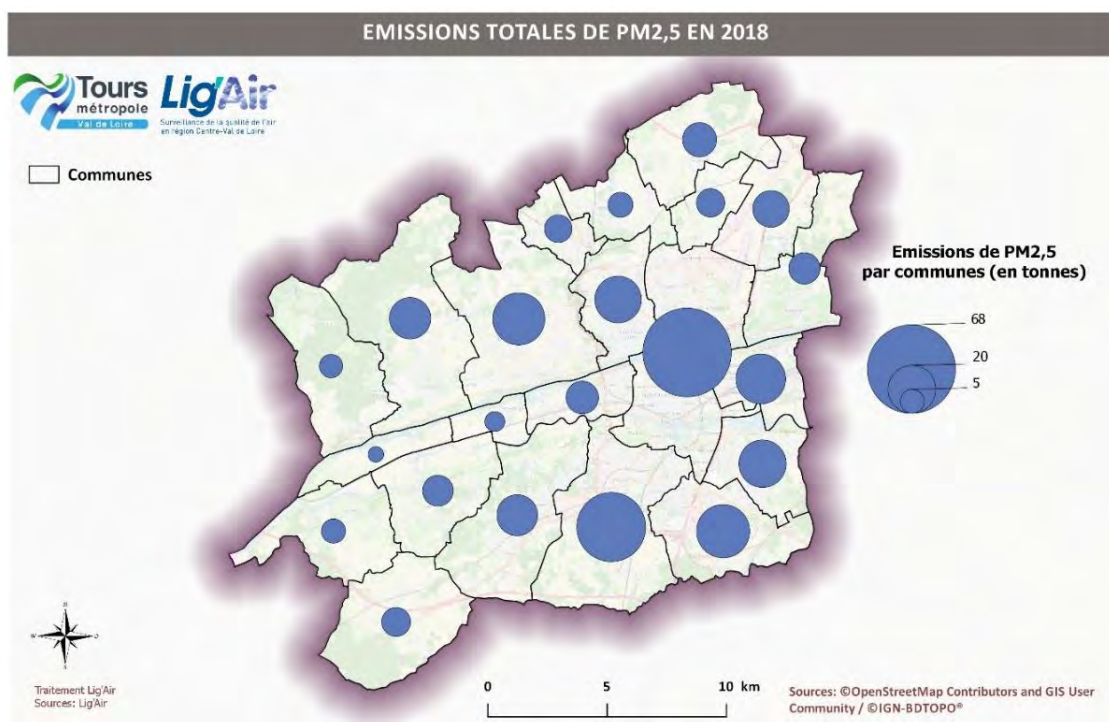


Figure 76 : Emissions totales de PM_{2,5} par commune du territoire de Tours Métropole Val de Loire en 2018 (Source : Lig'Air)

d) Les composés organiques volatils (COV)

Les COV sont des gaz composés d'au moins un atome de carbone, combiné à un ou plusieurs des éléments suivants : hydrogène, halogènes, oxygène, soufre, phosphore, silicium ou azote. On distingue souvent le méthane (CH₄) qui est le COV le plus présent dans l'atmosphère mais qui n'est pas directement nocif pour la santé ou l'environnement tout en étant, en revanche, un gaz à effet de serre. Le reste des COV est communément nommé COVNM (Composés Organiques Volatils Non Méthaniques). Les COV constituent des précurseurs de l'ozone et de fines particules (les aérosols organiques secondaires).

Les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) sont des polluants de compositions chimiques variées avec des sources d'émissions multiples. Les sources anthropiques (liées aux activités humaines) sont marquées par la combustion (chaudière, transports, ...) et l'usage de solvants (procédés industriels ou usages domestiques). Les COVNM présents dans l'atmosphère sont également d'origine naturelle et proviennent de l'émission par les feuilles des arbres sous l'effet du rayonnement solaire. L'isoprène et la famille des terpènes, en particulier, sont des composés émis par le couvert végétal.

► Bilan des émissions

Les émissions de COVNM sur le territoire sont estimées à 2 219 tonnes pour l'année 2018 soit 6,9% des émissions de la région Centre-Val de Loire. Les secteurs résidentiel et industrie représentent les principaux secteurs émetteurs de COVNM, avec 48% et 43% des émissions du territoire (Figure 77). De nombreux éléments de l'aménagement intérieur contiennent des COV : peintures, colles, encres, solvants, cosmétiques, ... Ces composés sont susceptibles de s'en évaporer, ce qui représente un réel enjeu pour la qualité de l'air intérieur.

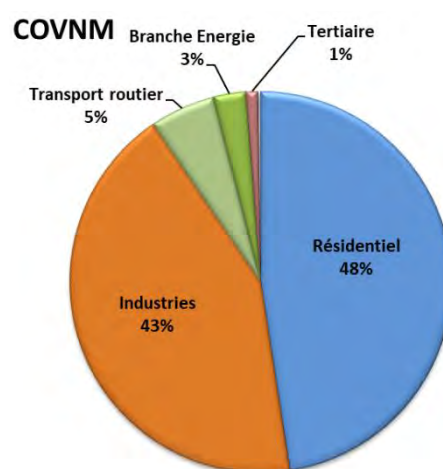


Figure 77 : Emissions de COVNM par secteur d'activité sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (Source : Lig'Air)

► La biomasse, l'énergie la plus émissive en COVNM

19% des émissions de COVNM sont issues de la combustion de la bois-énergie (Figure 78). Plus des deux tiers des émissions de COVNM (71%) sont dues à des émissions non énergétiques. La combustion des produits pétroliers représente 10% des émissions totales de COVNM.

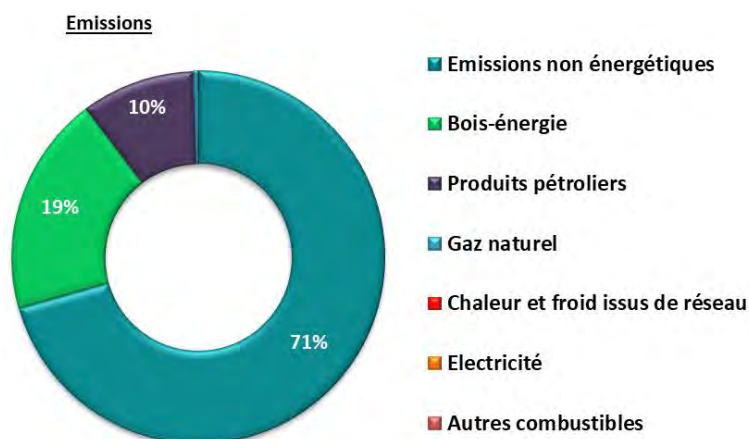


Figure 78 : Répartition des émissions de COVNM par énergie (Source : Lig'Air)

► Emissions communales

En 2018, Tours et Joué-lès-Tours représentent les communes les plus émissives en COVNM parmi les communes du territoire avec respectivement des émissions de 801 tonnes (soit 36% des émissions de COVNM du territoire) et de 333 tonnes (soit 15,6% des émissions de COVNM du territoire). Ceci s'explique en partie par le fait que cette commune est la plus peuplée et la plus industrialisée du territoire (**Figure 79**).

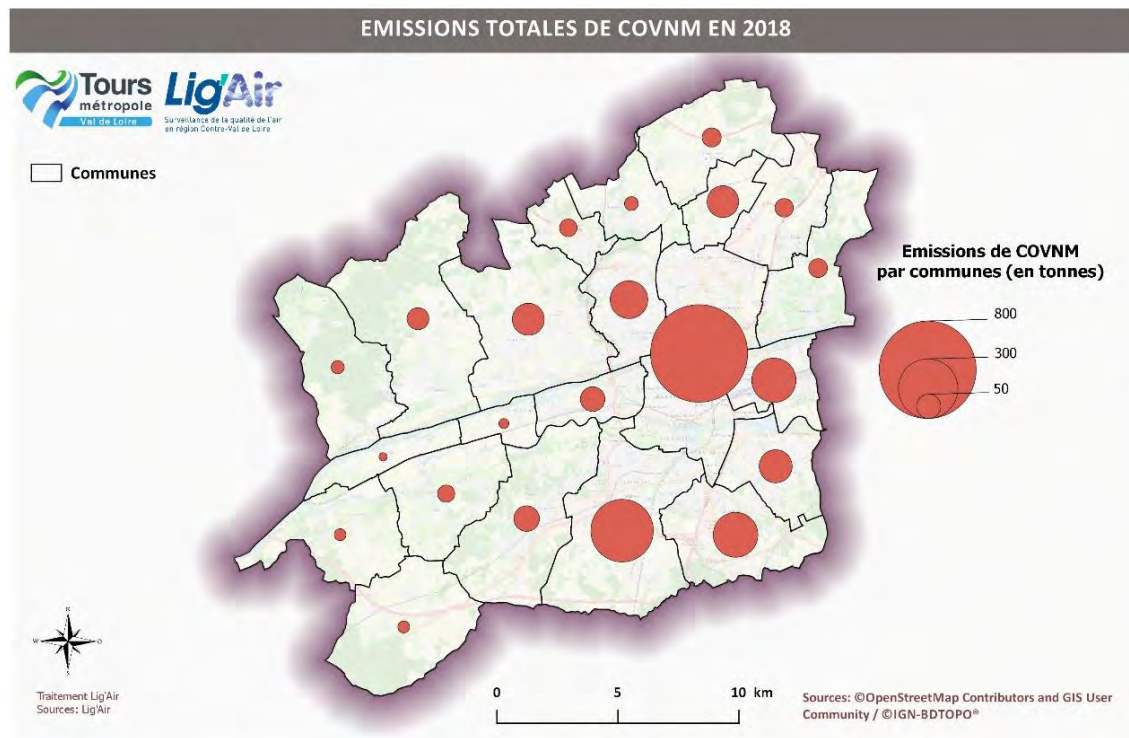


Figure 79 : Emissions totales de COVNM par commune du territoire de Tours Métropole Val de Loire en 2018 (Source : Lig'Air)

e) L'ammoniac (NH₃)

Sous forme gazeuse, l'ammoniac est utilisé par l'industrie pour la fabrication d'engrais, d'explosifs et de polymères. L'ammoniac est principalement émis par le secteur de l'agriculture et provient principalement des rejets organiques de l'élevage (**annexe A**).

► Bilan des émissions

Les émissions de NH₃ sont estimées à **194 tonnes** pour l'année 2018, représentant environ 0,6% des émissions de la région Centre-Val de Loire. Elles proviennent essentiellement du secteur agricole, responsable de 81% des émissions du territoire suivi de loin par le secteur transport routier avec 8% (**Figure 80**).

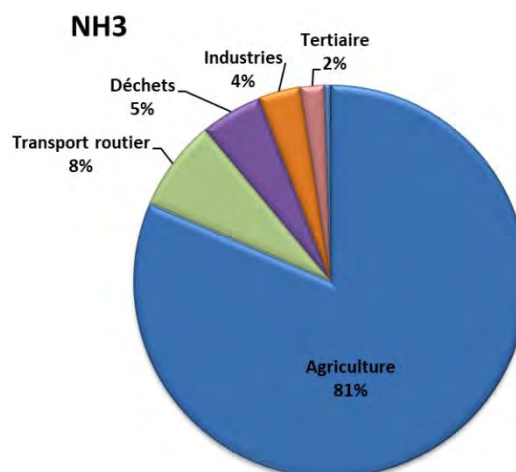


Figure 80 : Emissions de NH₃ par secteur d'activité sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (Source : Lig'Air)

► La combustion du gaz naturel, l'énergie la plus émissive en NH₃

Les émissions de NH₃ sont essentiellement dues à des émissions non énergétiques avec 88% (Figure 81). La combustion des produits pétroliers représente 8% des émissions totales de NH₃.

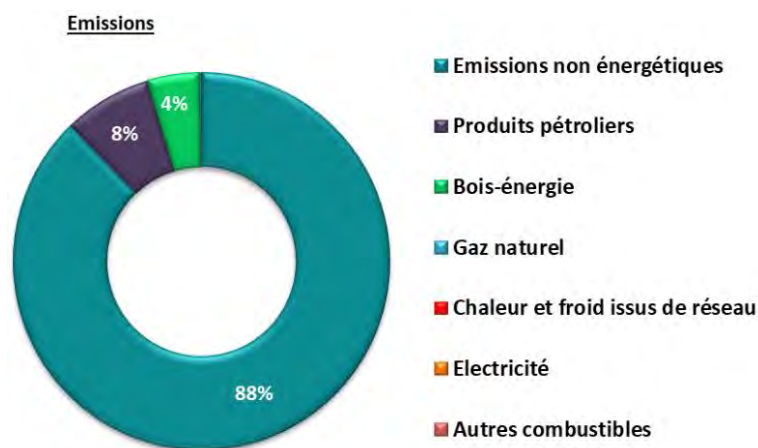


Figure 81 : Répartition des émissions de NH₃ par énergie (Source : Lig'Air)

► Emissions communales

En 2018, Druye et Luyne représentent les deux communes les plus émissives en NH₃ parmi les communes du territoire avec respectivement des émissions de 23,5 tonnes (soit 12,1% des émissions de NH₃ du territoire) et de 23 tonnes (soit 11,9% des émissions de NH₃ du territoire). Ceci s'explique en partie par le fait que ces deux communes présentent les activités agricoles les plus importantes du territoire (Figure 82).

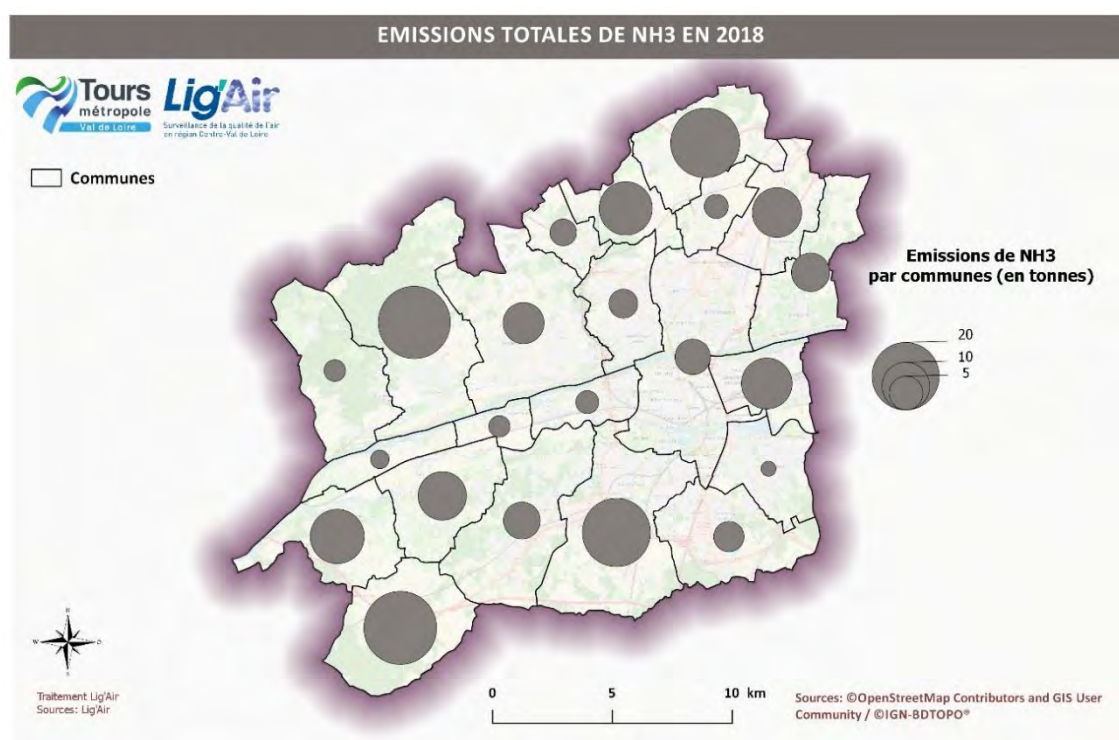


Figure 82 : Emissions totales de NH₃ par commune du territoire de Tours Métropole Val de Loire en 2018 (Source : Lig'Air)

IV. Diagnostic sur les concentrations des polluants atmosphériques

Pour mener ses missions d'évaluation de la qualité de l'air, d'alertes lors d'épisodes de pollution et de sensibilisation, Lig'Air (association de surveillance de la qualité de l'air dans la région Centre-Val de Loire) dispose depuis 1998 de plusieurs stations de mesures de surveillance de la qualité de l'air sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire. Les stations de mesures de typologie « urbaine de fond » ont pour objectif de suivre l'exposition moyenne de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits « de fond » dans le centre urbain, celle de typologie « périurbaine » vise à quantifier les niveaux en périphérie de l'agglomération. Enfin la station de mesure de typologie « trafic » a pour objectif de quantifier les concentrations maximales observées à proximité d'axes routiers importants. Le **tableau 13** regroupe la liste des différentes stations fixes fonctionnant 24h/24 et 7J/7 sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire.

Le bilan des mesures des sites de surveillance s'étend de 2010 à 2020. Toutefois, il est important de noter que les concentrations en polluants atmosphériques enregistrées au cours de l'année 2020 ont été considérablement impactées par les mesures de restriction (période de confinement notamment) qui ont été prises par les autorités pour lutter contre la pandémie de la COVID-19. Ainsi, l'année 2020 n'est pas considérée comme représentative de la qualité de l'air sur le territoire mais les concentrations en polluants obtenues en 2020 issues du réseau de mesure de Lig'Air sont tout de même indiquées sur les graphiques. Pour les évaluations par modélisation, les concentrations en polluants obtenues en 2019 ont été privilégiées.

Nom	Typologie	Polluants mesurés
Tours périurbaine	Périurbaine	O ₃
La Bruyère	Urbaine	NO, NO ₂ , PM ₁₀
Joué-lès-Tours	Urbaine	O ₃ , NO, NO ₂ , PM _{2,5}
Pompidou	Trafic	NO, NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , CO

Tableau 13 : Stations permanentes du réseau de mesure tourangeau (année 2020)

Les polluants mesurés par l'ensemble des stations étaient le dioxyde d'azote (NO₂), le monoxyde d'azote (NO), l'ozone (O₃), les particules en suspension (PM₁₀), et le monoxyde de carbone (CO).

Réglementation

Les normes en vigueur en France pour les différents polluants, en application du décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010, sont répertoriées dans le **tableau 14** (source Lig'Air).

Les différents seuils réglementaires sur la qualité de l'air imposés par les directives et mis en œuvre sur le territoire national sont détaillés ci-dessous.

Objectif de qualité

Niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Valeur cible

Niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

Valeur limite

Niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Seuil d'information et de recommandations

Niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Seuil d'alerte

Niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Obligation en matière de concentration relative à l'exposition

Niveau fixé sur la base de l'indicateur d'exposition moyenne et devant être atteint dans un délai donné, afin de réduire les effets nocifs sur la santé humaine.

Indicateur d'exposition moyenne (IEM)

Concentration moyenne à laquelle est exposée la population et qui est calculée pour une année donnée à partir des mesures effectuées sur trois années civiles consécutives dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine répartis sur l'ensemble du territoire.

Polluants	Type de norme	Type de moyenne	Valeur à ne pas dépasser	Date d'application
NO ₂	Valeur limite	Annuelle	40 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2010
		Horaire	200 µg/m ³ avec 18h/an de dépassement autorisé	
	Seuil d'information	Horaire	200 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Horaire	400 µg/m ³	
PM ₁₀	Valeur limite	Annuelle	40 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2005
		Journalière P _{90,4}	50 µg/m ³ avec 35 j/an de dépassement autorisé	
	Objectif de qualité	Annuel	30 µg/m ³	
	Seuil d'information	Journalière	50 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Journalière	80 µg/m ³	
O ₃	Valeur cible	Sur 8 heures et sur 3 ans	120 µg/m ³ avec 25 j/an de dépassement autorisé	1 ^{er} janvier 2010
	Seuil d'information	Horaire	180 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Horaire	240 µg/m ³	
PM _{2,5}	Obligation concentration relative à l'exposition (IEM)	Annuelle	20 µg/m ³	2015
	Valeur cible		20 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2010
	Valeur limite		25 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2015
SO ₂	Valeur limite	Horaire	350 µg/m ³ avec 24 h/an de dépassement autorisé	1 ^{er} janvier 2005
		Journalière	125 µg/m ³ avec 3 j/an de dépassement autorisé	
	Objectif de qualité	Annuel	50 µg/m ³	
	Seuil d'information	Horaire	300 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Horaire	500 µg/m ³ sur 3 h	
CO	Valeur limite	Sur 8 heures	10 000 µg/m ³	15 février 2002
Pb	Valeur limite	Annuelle	0,5 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2002
	Objectif de qualité	Annuel	0,25 µg/m ³	
COV (benzène)	Valeur limite	Annuelle	5 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2010
	Objectif de qualité	Annuel	2 µg/m ³	
HAP [B(a)P] Arsenic Cadmium Nickel	Valeur cible	Annuelle	1 ng/m ³	31 décembre 2012
	6 ng/m ³			
	5 ng/m ³			
	20 ng/m ³			

Tableau 14 : Seuils réglementaires de la qualité de l'air (Source : Lig'Air)

L'ozone (O₃)

L'ozone (O₃) n'est pas directement rejeté par une source de pollution, il n'est donc pas présent dans les gaz d'échappement des véhicules ou les fumées d'usine. Il se forme par une réaction chimique activée par les rayons UV (Ultra-Violet) du soleil, à partir de polluants dits « précurseurs de l'ozone », dont les principaux sont les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV).

► Bilan des mesures automatiques

Contrairement aux autres polluants surveillés par Lig'Air, l'ozone est un polluant secondaire dont la production dépend de réactions photochimiques complexes impliquant les NO_x (oxydes d'azote) et les COV (composés organiques volatils) sous l'influence du rayonnement solaire.

La valeur cible pour la santé humaine correspond au seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne sur 3 ans. La **figure 83** montre clairement que cette valeur n'a jamais été dépassée depuis plus de 10 ans sur la métropole tourangelle mais la tendance est à l'augmentation depuis 2018 (année caniculaire).

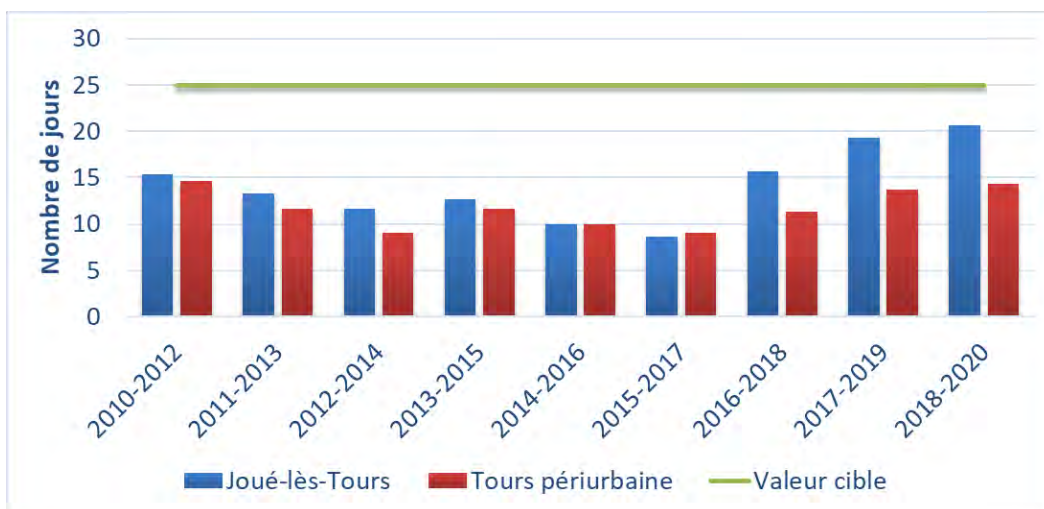


Figure 83 : Situation vis-à-vis de la valeur cible en ozone sur Tours Métropole Val de Loire de 2010 à 2020 (Source : Lig'Air)

Pour l'ozone, il existe aussi un objectif de qualité qui correspond à un dépassement du seuil de 120 µg/m³ sur 8 heures. Contrairement à la valeur cible, les dépassements de l'objectif de qualité sont calculés année par année et non moyennés sur les 3 dernières années. Contrairement à la valeur cible, l'objectif de qualité a, quant à lui, été dépassé tous les ans sur les 10 années de surveillance. Le nombre de dépassements varie entre 4 et 31 jours par an (Figure 84).

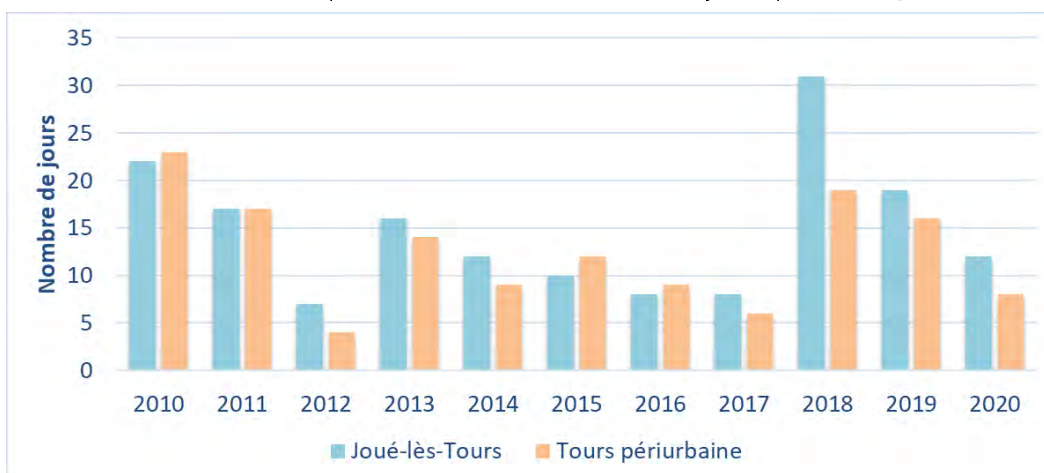


Figure 84 : Nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone observés sur Tours Métropole Val de Loire de 2010 à 2020 (Source : Lig'Air)

Le **tableau 15** montre que le seuil d'information et de recommandations en ozone n'a jamais été dépassé entre 2010 et 2020.

Seuils d'information et d'alerte											
Ozone O ₃	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nb de jours de dépassement du seuil d'information (180 µg/m ³ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nb de jours de dépassement du seuil d'alerte (niveau 1 : 240 µg/m ³ /3h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 15 : Bilan du nombre de jours de dépassement des seuils d'information et d'alerte observés en ozone sur Tours Métropole Val de Loire de 2010 à 2020 (Source : Lig'Air)

Le seuil d'alerte n'a jamais été dépassé sur la métropole tourangelle, de même que sur la région Centre-Val de Loire pour le polluant ozone, ces 11 dernières années.

► Bilan au niveau du territoire de Tours Métropole Val de Loire

En complément de ces données de mesures fournies par les stations, Lig'Air a développé l'outil de modélisation Commun'Air (sur la base d'une modélisation déterministe (**annexe B**)) qui permet d'estimer des concentrations de polluants en toute commune de la région Centre-Val de Loire, même sans équipements in situ.

Ainsi, les concentrations maximales horaires « modélisées » sur l'ensemble des communes du territoire de Tours Métropole Val de Loire pour l'année 2019 sont inférieures au seuil d'information et de recommandations fixé à 180 µg/m³ (**Figure 85**).

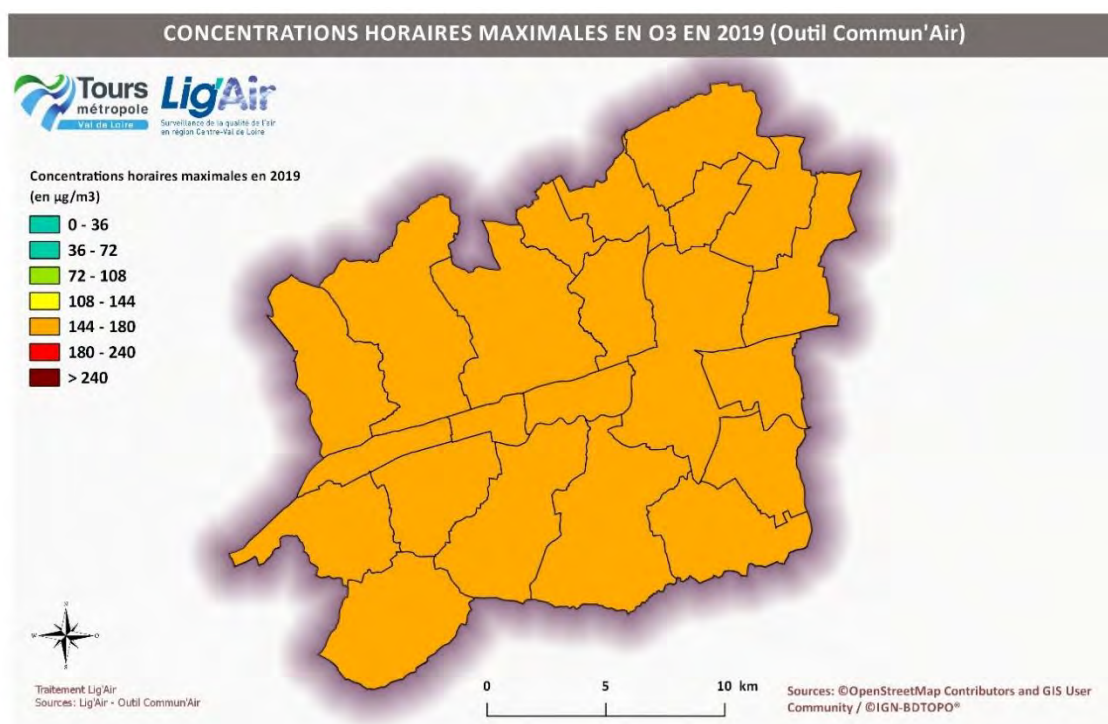


Figure 85 : Concentrations horaires maximales modélisées en O₃ en 2019 sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (Source : Lig'Air)

Le nombre de jours de dépassement du $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne sur 3 ans est resté inférieur au seuil réglementaire sur l'ensemble des communes du territoire (Figure 86).

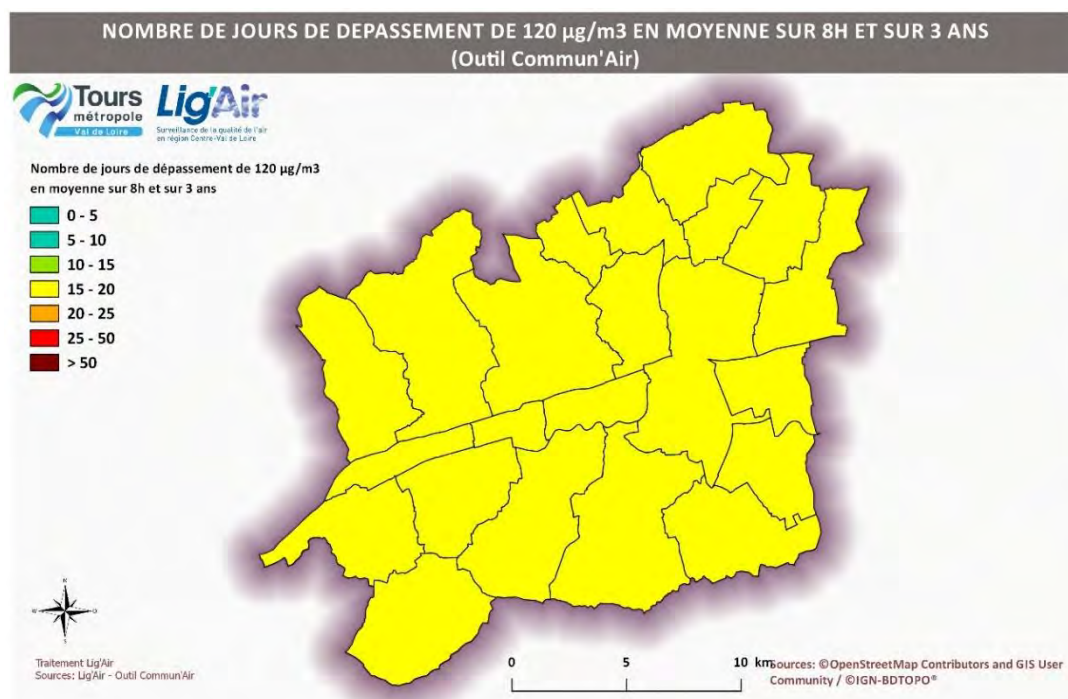


Figure 86 : Nombre de jours de dépassement de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 8h et sur 3 ans en 2019 (Source : Lig'Air)

Le dioxyde d'azote (NO_2)

► Bilan des mesures automatiques

De 2010 à 2013, les concentrations en dioxyde d'azote sur le site trafic de Tours (station Pompidou) dépassaient la valeur limite annuelle réglementaire. Depuis 2014, les mesures obtenues montrent que les concentrations moyennes annuelles en NO_2 respectent la valeur limite en NO_2 (Figure 87).

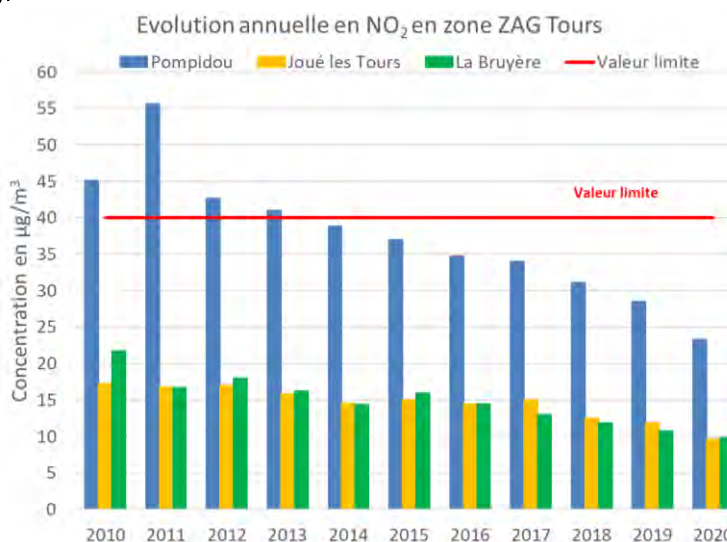


Figure 87 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en NO_2 mesurées sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire de 2010 à 2020 (Source : Lig'Air)

Depuis 2011, les niveaux annuels en NO_2 sont en constante diminution et à compter de 2014 en dessous de la valeur limite.

Concernant les procédures d'information et d'alerte en dioxyde d'azote, elles n'ont jamais été déclenchées sur Tours Métropole Val de Loire (ni sur aucun site de surveillance de la région Centre-Val de Loire).

► Bilan au niveau du territoire de Tours Métropole Val de Loire

Les concentrations moyennes annuelles en NO₂ sont calculées, à partir de l'outil Préviation'Air développé par Lig'Air (annexe C), sur l'ensemble des communes du territoire de Tours Métropole Val de Loire pour l'année 2019.

La cartographie des concentrations en dioxyde d'azote, obtenue par modélisation de la qualité de l'air pour l'année 2019 montre que les dépassements de la valeur limite de 40 µg/m³ sont localisés essentiellement le long de l'A10 (Figure 88). Autrement dit, la valeur limite est bien respectée en situation urbaine de fond.

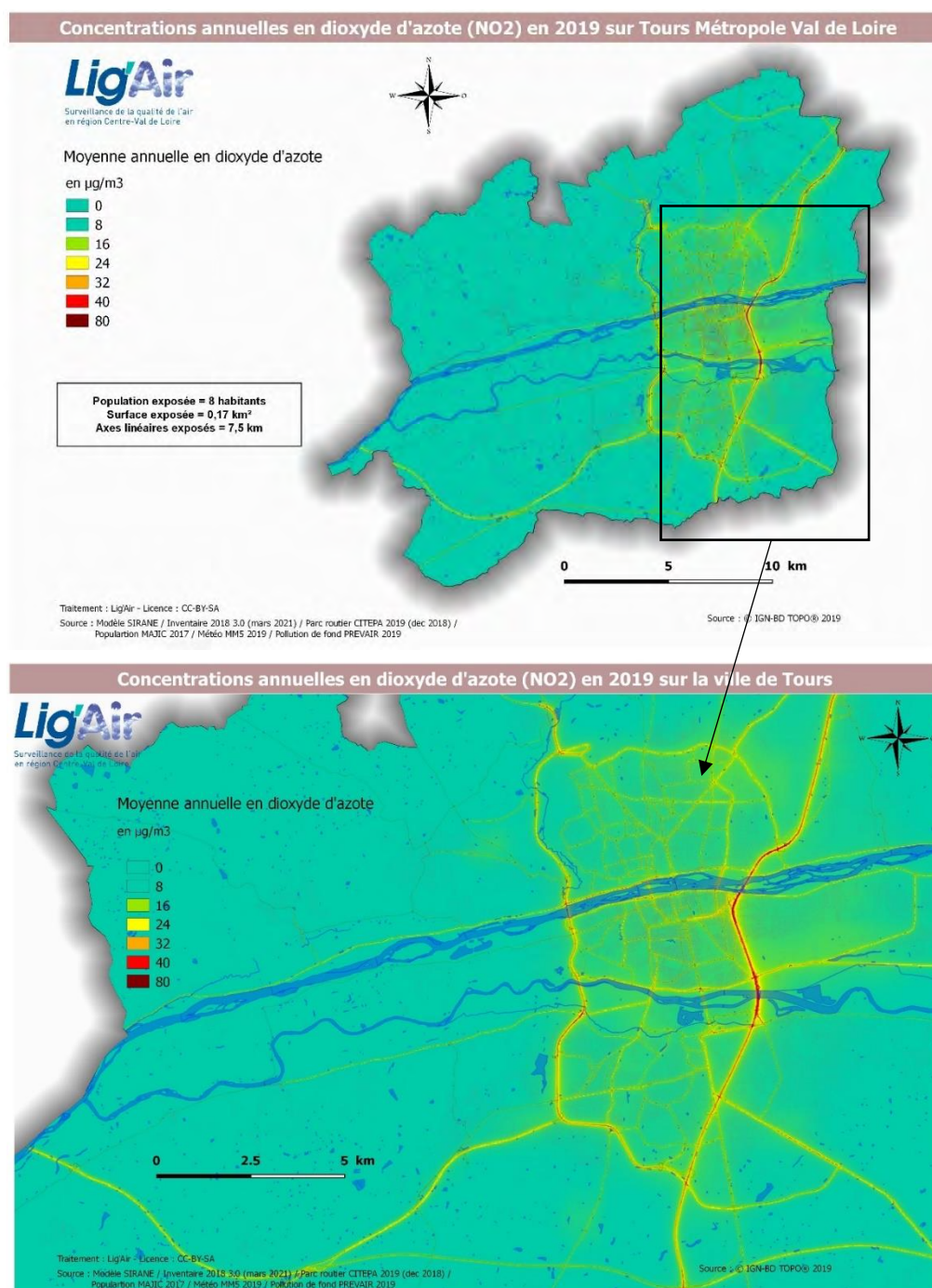


Figure 88 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en NO₂ en 2019 sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire et sur la ville de Tours (Source : Lig'Air)

En 2019, une dizaine d'habitants étaient exposés à un dépassement de la valeur limite pour le dioxyde d'azote. La surface exposée était de 0,17 km² (représentant 7,5 km d'axes linéaires).

Les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5})

► Bilan des mesures automatiques

Les concentrations moyennes annuelles en PM₁₀ restent inférieures à la valeur limite annuelle de 40 µg/m³ (Figure 89). Depuis 2016, les moyennes annuelles pour ce polluant respectent également la valeur guide de l'OMS, fixée à 20 µg/m³/an.

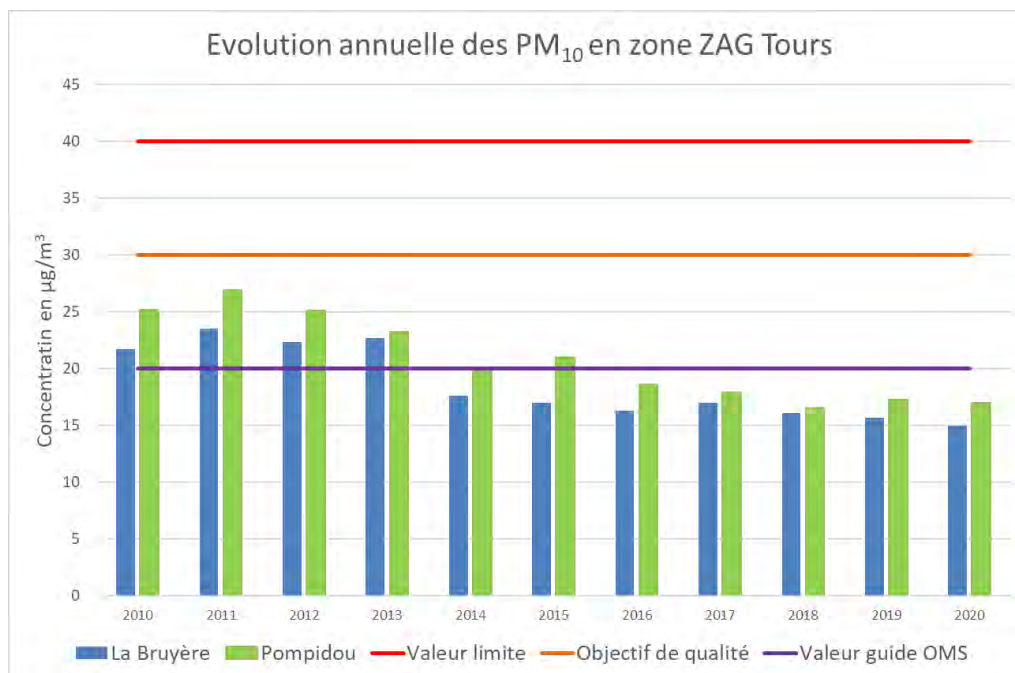


Figure 89 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en PM₁₀ mesurées sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire de 2010 à 2020 (Source : Lig'Air)

La seconde valeur limite, correspondant au percentile P_{90,4} (ne pas dépasser 35 jours par an de concentrations en PM₁₀ supérieures à 50 µg/m³), est respectée (Figure 90).

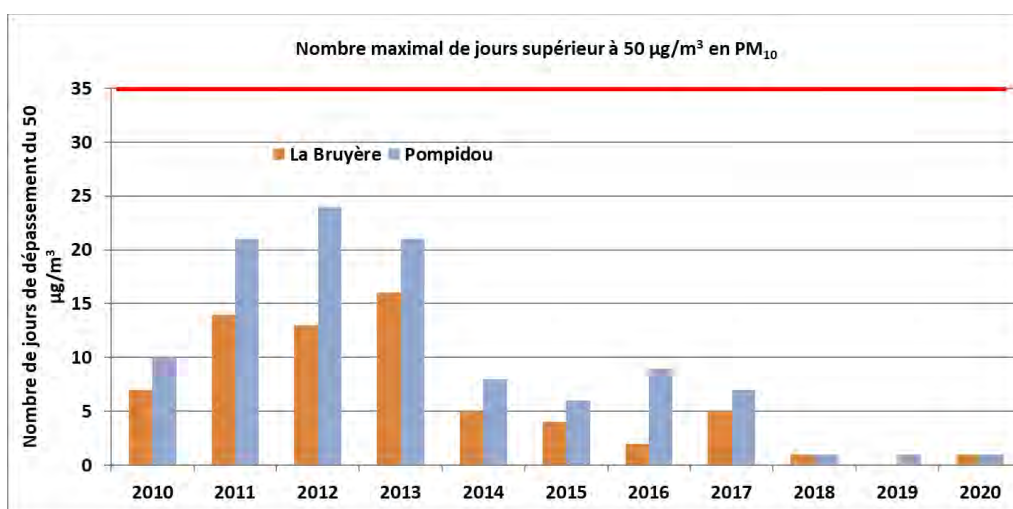


Figure 90 : Evolution du nombre de jours de dépassement du 50 µg/m³ en moyenne journalière observés en PM₁₀ sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire de 2010 à 2020 (Source : Lig'Air)

Comme le montre la figure 90, cette seconde valeur limite n'est pas dépassée sur l'agglomération tourangelle.

Les concentrations en PM₁₀ sont largement inférieures aux valeurs limites réglementaires, moyennes annuelles (Figure 89) et centiles 90,4 (Figure 90). L'objectif de qualité, fixé à 30 µg/m³ en moyenne annuelle, est lui aussi respecté sur le territoire.

Malgré le respect des valeurs réglementaires, les particules en suspension restent un polluant préoccupant en région Centre-Val de Loire, en termes d'épisodes de pollution. En effet, a minima, le seuil d'information et de recommandations, fixé à 50 µg/m³ sur une journée, est dépassé plusieurs jours par an sans pour autant atteindre la limite de 35 jours autorisés. Le seuil d'alerte, fixé à 80 µg/m³ sur une journée, a, lui aussi, été dépassé à plusieurs reprises (Figure 91). Ces dépassements ont engendré le déclenchement de procédures d'information et d'alerte par la préfecture d'Indre-et-Loire. Toutefois, ils présentaient un caractère régional voire national.

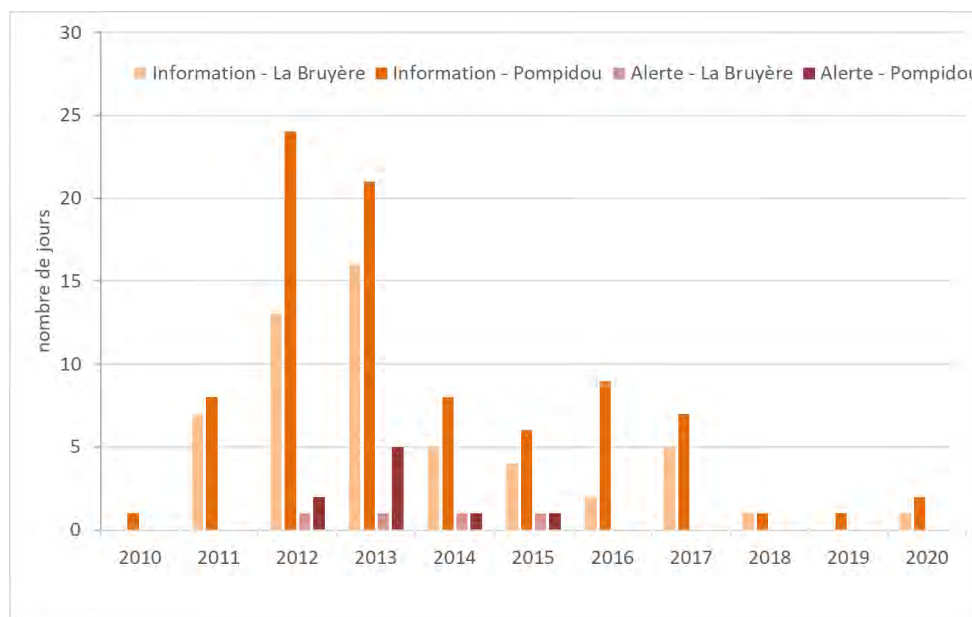


Figure 91 : Nombre de jours de dépassements des seuils d'information et d'alerte en PM₁₀ observés sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire de 2010 à 2020 (Source : Lig'Air)

Les épisodes de pollution aux particules sont principalement observés en hiver et au printemps lors de périodes anticycloniques (caractérisées par une atmosphère stable, des températures froides et des phénomènes d'inversion de température). Ils sont la résultante d'émissions locales importantes (chauffage, agriculture) qui stagnent et de masses d'air provenant de régions voisines déjà « chargées » en particules.

► Bilan au niveau du territoire de Tours Métropole Val de Loire

Les concentrations moyennes annuelles en particules en suspension PM₁₀ sont calculées, à partir de l'outil Prévision'Air développé par Lig'Air (annexe C), sur l'ensemble des communes du territoire de Tours Métropole Val de Loire pour l'année 2019.

La cartographie des concentrations en PM₁₀ pour l'année 2019 confirme l'absence de dépassement des valeurs limites sur le périmètre du territoire de Tours Métropole Val de Loire. Elle montre en outre que les niveaux les plus élevés, tout en restant inférieurs à la valeur limite, sont localisés aux abords des axes routiers (Figure 92).



Surveillance de la qualité de l'air en région Centre-Val de Loire

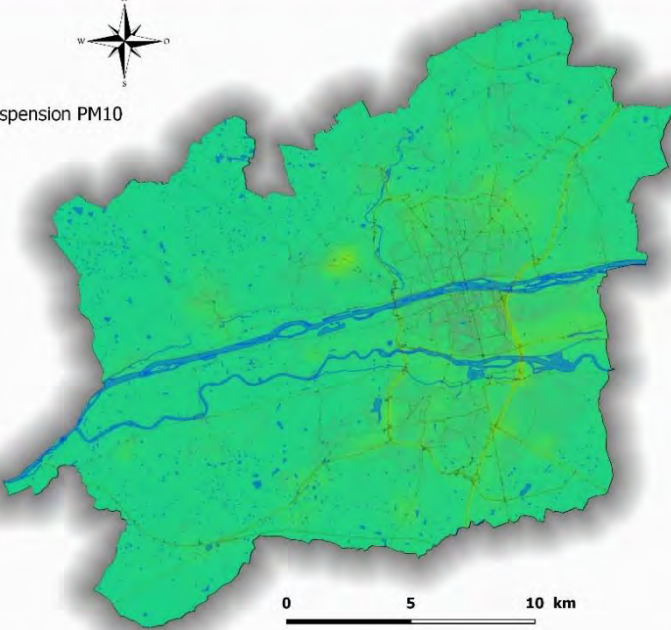


Moyenne annuelle en particules en suspension PM10

en µg/m3



Population exposée = 0 habitants
Surface exposée = 0 km²
Axes linéaires exposés = 0 km



Traitement : Lig'Air - Licence : CC-BY-SA

Source : Modèle SIRANE / Inventaire 2018 3.0 (mars 2021) / Parc routier CITEPA 2019 (dec. 2018) / Population MAJIC 2017 / Météo MM5 2019 / Pollution de fond PREVAIR 2019

Source : © IGN-BD TOPO® 2019

Figure 92 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en PM10 en 2019 sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (Source : Lig'Air)

Bilan et conclusion

L'évaluation de la qualité de l'air ambiant sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire est basée sur la compilation des données mesurées par Lig'Air depuis 2010 mais aussi sur les résultats d'une modélisation déterministe.

Le **tableau 16** présente le bilan de l'état de la qualité de l'air sur le territoire entre 2010 et 2020 au regard des valeurs réglementaires. Un rappel de cette réglementation est disponible dans la **partie IV. A.**

	VALEURS LIMITES		OBJECTIFS DE QUALITE		VALEURS CIBLES		SEUILS D'INFORMATION ET D'ALERTE	
	Sites trafic	Sites de fond	Sites trafic	Sites de fond	Sites trafic	Sites de fond	Sites trafic	Sites de fond
OZONE	NC	NC	NC	☹️	NC	😊	NC	😊
DIOXYDE D'AZOTE	☹️	NC	☹️	NC	NC	NC	NC	😊
PM10	NC	😊	NC	😊	NC	NC	NC	☹️
MONOXYDE DE CARBONE	NC	😊	NC	NC	NC	NC	NC	NC



: Pas de dépassement



: Dépassement déjà constaté

NC : Non Concerné

Tableau 16 : Bilan global de la qualité de l'air sur le territoire de Tours Métropole (de 2010 à 2020) (Source : Lig'Air)

V. Potentiel de réduction des émissions

A partir du potentiel de réduction des consommations, il a été possible d'estimer le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de polluants à effets sanitaires (GES et PES) d'origine énergétique. Les émissions d'origine non énergétique sont considérées stables sur la période 2012-2050. Parmi les différents scénarii de calcul du potentiel de réduction des consommations présentés dans le chapitre précédent, le plus ambitieux a été retenu pour cette estimation. Il s'agit du potentiel de réduction basé sur le « scénario Négawatt volontariste » incluant une politique volontariste de sobriété et d'efficacité énergétique et à un recours à l'utilisation des énergies renouvelables.

Potentiel de réduction des gaz à effet de serre (GES) à horizon 2050

a) Potentiel de réduction des GES par réduction des consommations (sobriété et efficacité énergétique)

Le potentiel de réduction des consommations estimées avec le scénario « Négawatt volontariste » de l'ordre de 3 394 GWh permet de répercuter un potentiel de réduction des émissions de GES de 654 kteqCO₂ à l'horizon 2050 soit une baisse de 51%. Les émissions totales de GES estimées en 2012 à environ 1 275 kteqCO₂ dans le cadre du diagnostic sur les émissions seraient portées à 621 kteqCO₂ (Figure 93). Le secteur des transports, qui est le deuxième secteur le plus consommateur, apporte la plus grosse contribution dans ce potentiel de réduction (260,9 kteqCO₂ soit 39,9% de l'effort de réduction), suivi par le secteur résidentiel (240,4 kteqCO₂ soit 36,8% de l'effort de réduction), puis par le secteur tertiaire (103,3 kteqCO₂ soit 15,8% de l'effort de réduction), le secteur industrie (47,2 kteqCO₂ soit 7,2% de l'effort de réduction), et enfin par l'agriculture (1,9 kteqCO₂ soit près de 0,3% de l'effort de réduction).

Evolution des émissions de GES 2012-2050 : - 654 KteqCO₂ (-51 %)

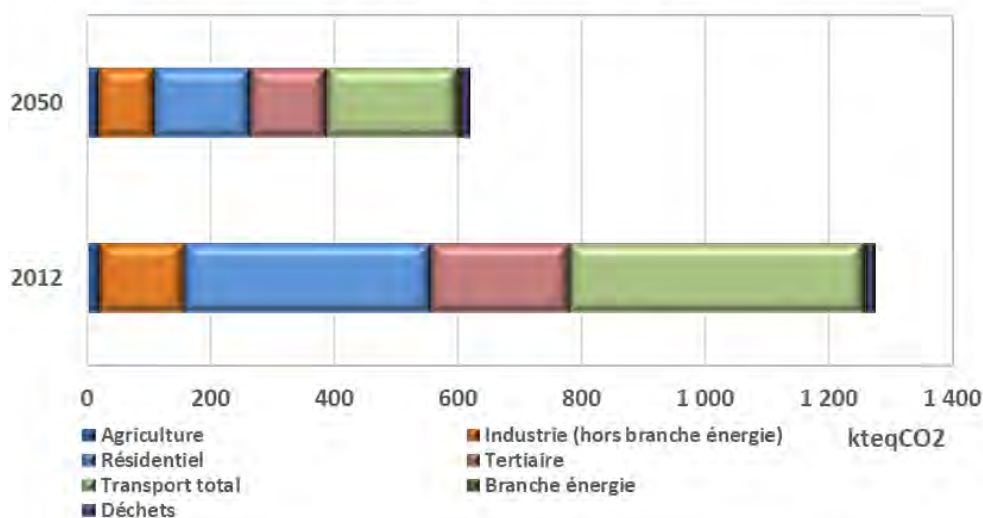


Figure 93 : Evolution et potentiel de réduction des émissions de GES

b) Potentiel de réduction des GES par substitution des énergies fossiles (recours à l'utilisation des énergies renouvelables)

Le potentiel de développement de la production EnR a été estimé à 1 050 GWh¹⁴ soit un potentiel gain GES additionnel de 200 kteqCO₂.

¹⁴ Rapport : Etude de planification énergétique territoriale – Potentiel de production d'énergie renouvelable et de récupération (EnR&R) – Artelys – Inddigo – Avril 2018

Conclusion et synthèse

Le potentiel de baisse de consommation évalué en 2050 à 2 810 GWh soit -55% par rapport à la consommation de 2012 (6 240 GWh), entraîne un potentiel de gain d'émissions de GES énergétiques équivalant (55%) sur la même période et de 51% sur les GES totaux (énergétiques + non énergétiques puisqu'aucune baisse n'a été estimée sur les non énergétiques). Ces gains cumulés aux gains additionnels estimés à -16% (soit -200 KteqCO₂) liés au potentiel de développement de la production EnR du territoire s'élèvent à -67% (soit -854 KteqCO₂). Autrement dit, en atteignant ce potentiel de réduction total, les GES estimés en 2012 à 1 275 KteqCO₂ sont estimés à 421 KteqCO₂ en 2050. A noter que le potentiel de production EnR du territoire (1 050 GWh) reste très inférieur à la consommation 2050 du scénario Négawatt (2 810 GWh). En conséquence, la **neutralité carbone** sur les émissions anthropiques est théoriquement difficilement atteignable sans recherche de nouveaux potentiels EnR et/ou des actions plus ambitieuses en matière de baisses des consommations.

L'ensemble des résultats sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous :

	2012	Unité	
Consommation d'énergie 2012 (rappel)	6 240	GWh	
<i>GES totaux 2012</i>	1 275	KTEQ CO ₂	

	2050	Unité	
Consommation d'énergie 2050	2 810	GWh	-55%
<i>GES totaux associés (non énergétiques + énergétiques)</i>	621	KTEQ CO ₂	-51%
<i>GES non énergétique (supposé non évolutif par rapport au diagnostic de 2012)</i>	85	KTEQ CO ₂	
<i>GES énergétiques</i>	536	KTEQ CO ₂	-55%
Ratio moyens GES/CONSO	0,191	KTEQ CO ₂ / GWh	
Potentiel de production ENR mobilisable	1 050	GWh	
<i>GES évités associés</i>	200	KTEQ CO ₂	-16%
Consommation d'énergie NON couverte par ENR	1 760	GWh	
<i>GES énergétiques associés</i>	336	KTEQ CO ₂	
<i>GES totaux (ajout non énergétiques)</i>	421	KTEQ CO ₂	
Potentiel de réduction GES total	854	KTEQ CO ₂	-67%

Potentiel de réduction des polluants à effets sanitaires (PES) à horizon 2050

Le potentiel de réduction des consommations estimées avec le scénario « Négawatt volontariste » de l'ordre de 3 394 GWh permet de répercuter des potentiels de réduction des émissions de PES exprimés en tonne ou en kg selon les PES et présentés dans les **Tableaux 17a et 17b**. Les évolutions sont illustrées dans le graphique (**Figure 94**). La présentation de l'ensemble des PES est détaillée en **annexe A**.

	2012	2050	Potentiel de réduction 2012-2050	
			Tonne/kg	%
SO₂ (en tonne)	71	30	41	-57,4
NO_x (en tonne)	2 750	1 248	1 502	-54,6
COVNM (en tonne)	2 830	2 330	500	-17,7
PM₁₀ (en tonne)	530	332	198	-37,3
PM_{2,5} (en tonne)	424	231	193	-45,5
NH₃ (en tonne)	195	181	14	-7,1

Tableau 17a : Potentiel de réduction des émissions des différents polluants tous secteurs confondus

Le détail du potentiel de réduction des émissions PES par secteur est présenté dans le **tableau 17b**.

Secteurs	SO ₂ (en tonnes)	NO _x (en tonnes)	COVNM (en tonnes)	PM ₁₀ (en tonnes)	PM _{2,5} (en tonnes)	NH ₃ (en tonnes)
Agriculture	-36%	-36%	-36%	-4%	-12%	-0,03%
Branche énergie	Pas d'évolution	Pas d'évolution	-55%	Pas d'évolution	Pas d'évolution	Pas d'évolution
Déchets	Pas d'évolution	Pas d'évolution	Pas d'évolution	Pas d'évolution	Pas d'évolution	Pas d'évolution
Industrie hors branche énergie	-20%	-35%	-1 %	-9%	-13%	-28%
Résidentiel	-63%	-63%	-29%	-61%	-61%	-0,1%
Tertiaire	-50%	-50%	-21%	-33%	-38%	-45%
Transport total	-56%	-56%	-54%	-29%	-37%	-56%
Total	-57,4%	-54,6%	-17,7%	-37,3%	-45,5%	-7,1%

Tableau 17b : Potentiel de réduction des émissions des différents polluants par secteur

Evolution des émissions de PES 2012-2050

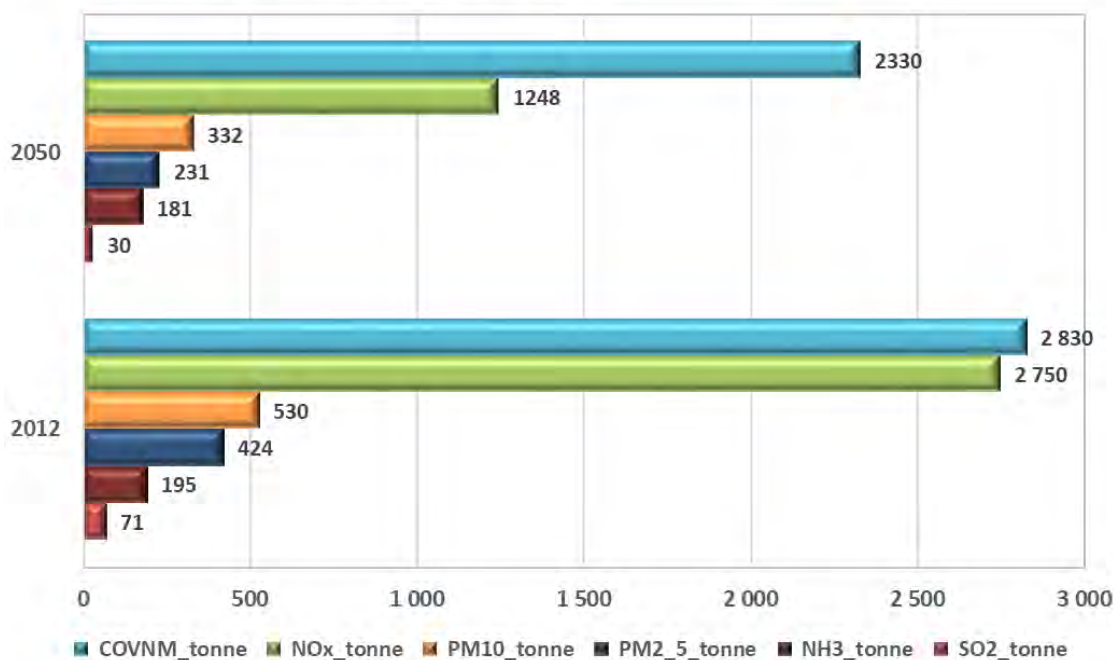


Figure 94 : Evolution et potentiel de réduction des émissions de PES

La part de l'origine non énergétique des émissions d'un polluant est directement corrélée à la part de la baisse qu'il peut enregistrer sur la période 2012-2050. Par exemple l'ammoniac (NH₃) qui présente une part non énergétique de 86,3% a subi très peu d'évolution, ce qui explique sa faible baisse de 7,1%. Les composés organiques volatils (COVNM) enregistrent une baisse de -17,7% pour une part non énergétique de 70,8%, les particules inférieures à 2,5 micromètres (PM_{2,5}) baissent de 45,5% avec une part non énergétique de 23,3%, les oxydes d'azote (NOx) baissent de 54,6% avec une part non énergétique de 0,53%; les particules inférieures à 10 micromètres (PM₁₀) baissent de 37,3% avec une part non énergétique de 37,2% et enfin le dioxyde de soufre (SO₂) baisse de 57,4% avec une part non énergétique de 3,1%. Le graphique ci-dessous (Figure 95) illustre la part non énergétique des émissions des différents polluants.

Part non énergétique des émissions de PES

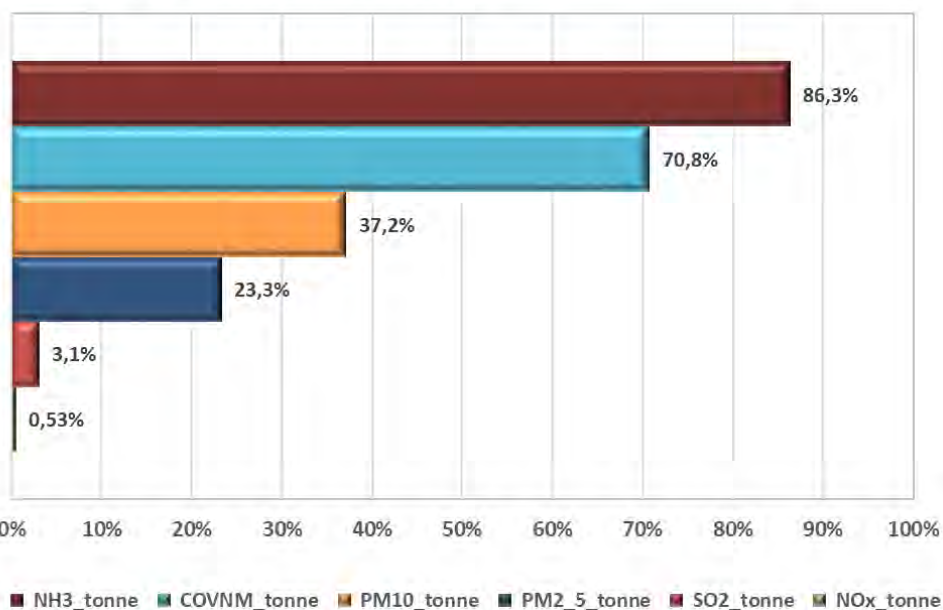


Figure 95 : Part des émissions d'origines non énergétiques des différents polluants



PARTIE III :
ESTIMATION DE LA
SEQUESTRATION CARBONE ET
DE SON POTENTIEL DE
DEVELOPPEMENT

I. Introduction et méthodologie

En l'absence de cadre méthodologique spécifique :

- l'estimation de la séquestration carbone se fait selon la méthodologie des AASQA basée sur une estimation de la séquestration annuelle,
- l'estimation du potentiel de développement de la séquestration carbone se fait selon une méthodologie développée par Lig'Air.

Les méthodologies sont présentées ci-après (cf. Introduction et méthodologie). En cohérence avec ce qui est fait sur la partie consommations et émissions, les résultats sont présentés pour l'année de référence 2018.

Estimation de la séquestration carbone

Dans le cadre de la réalisation de l'inventaire territorial des émissions de Lig'Air, le secteur Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie (UTCATF) a été estimé.

Le secteur UTCATF prend en compte les flux de carbone générés par les forêts et les changements d'utilisation des sols sur le territoire. Ces flux génèrent à la fois des émissions et des absorptions de GES. La particularité de ce secteur est à la fois séquestration et source de carbone. Ces flux de carbone sont réalisés entre l'atmosphère, la biomasse vivante et les sols. Ces derniers stockent le carbone par l'intermédiaire des processus de photosynthèse. Les échanges se font sous forme de dioxyde de carbone (CO₂). Avant que le carbone ne soit stocké, celui-ci se trouve sous la forme de CO₂ dans l'atmosphère. Dès que la biomasse vivante et les sols absorbent le CO₂, seul le carbone est conservé et le dioxygène (O₂) est relargué dans l'atmosphère. Le phénomène est inversé lorsque le carbone est libéré, le carbone réagit avec l'O₂ de l'air et devient du CO₂.

Les flux pris en compte dans l'estimation du secteur UTCF sont les suivants :

- Accroissement forestier ;
- Récolte du bois ;
- Changements d'utilisation des sols.

Pour établir la méthodologie à mettre en œuvre, plusieurs documents ont été croisés :

- la méthodologie du GIEC ;
- la méthodologie du CITEPA ;
- les méthodologies mises en place par différentes AASQA.

Pour calculer les flux de carbone, de nombreuses données provenant de sources diverses sont nécessaires. Cependant, elles sont toujours détenues par des organismes officiels pour s'assurer de leur fiabilité. Les structures mobilisées sont les suivantes : l'IGN, la DRAAF, l'AGRESTE, le CITEPA et l'INRA.

Les données nécessaires à ce calcul ne sont disponibles qu'à l'échelle départementale ou régionale. Une ventilation des résultats a été donc réalisée par Lig'Air à partir des surfaces de forêts de Corine Land Cover ou des surfaces agricoles suivant le sous-secteur étudié à l'échelle du territoire de Tours Métropole Val de Loire. Dans l'état actuel des connaissances, une estimation de la séquestration à l'échelle des communes augmenterait grandement les incertitudes sur l'évaluation de la séquestration nette de CO₂. Cependant, ce travail pourrait être effectué à condition d'obtenir des données locales fiables associées à chacune des communes.

Potentiel de développement de la séquestration carbone

Le potentiel de séquestration peut être développé en augmentant ou en préservant les types de sols qui séquestrent le CO₂. Sur un territoire où la forêt est en expansion, limiter l'artificialisation des sols est par conséquent une première voie de développement de la séquestration carbone du territoire.

Contrairement au potentiel de réduction des consommations, cette thématique ne fait pas l'objet d'objectifs quantitatifs nationaux ou régionaux qui seraient déclinés dans des scénarii ambitieux tels que ceux de Négawatt. Par ailleurs, ce diagnostic intervient dans la démarche PCAET bien en amont de la définition de la stratégie et du plan d'actions de la collectivité.

Par conséquent, Lig'Air a développé une méthodologie propre d'estimation du potentiel de développement de la séquestration carbone détaillée ci-après. Celle-ci consiste en un scénario tendanciel ou « fil de l'eau » de l'évolution de l'affectation des sols. Celui-ci sera basé sur une projection moyenne annuelle des types de flux calculés sur la période 2008-2018. Cette estimation sera complétée par l'estimation des GES évités en substituant la consommation d'énergie fossile par une consommation de biomasse énergie et en substituant l'usage de matériaux à fort impact carbone par des matériaux à faible impact carbone communément appelés « matériaux bio-sourcés ». Sur ce dernier point l'approche quantitative se veut macroscopique et sous-estime largement les contraintes techniques de mise en synergie des productions ENR jusqu'à leur consommation. Enfin, si les besoins thermiques ont été corrélés aux potentiels additionnels de biomasse, tel n'est pas le cas des besoins en matériaux supposés bien supérieurs au potentiel mobilisable par les ENR.

Le potentiel de substitution est borné selon le contexte de l'étude (année 2018 ou projection 2050) respectivement soit par le potentiel additionnel soit par le potentiel maximal de biomasse (biogaz de méthanisation et bois énergie) mobilisable sur le territoire défini dans la partie « potentiel de développement » des ENR du territoire. La répartition de ce potentiel a été pensée selon les hypothèses suivantes :

- le potentiel méthanisation sera à 100% affecté à l'usage énergétique,
- le potentiel bois sera en partie affecté à l'usage énergétique et en partie à la filière biomatériaux dans des proportions propres aux usages actuels du territoire. Ces proportions pourront être définies à partir des données Lig'Air utilisées pour l'estimation de la séquestration carbone et plus particulièrement sur la base de l'analyse des données de la filière « récolte de bois » qui dissocie le bois à usage énergétique du bois autre.

a) Substitution par des matériaux bio-sourcés

L'impact carbone des matériaux fait référence à l'analyse de leur cycle de vie depuis leur production jusqu'à leur mise en œuvre. Le guide ADEME sur les PCAET définit à 0,95 teqCO₂ évité par m³ de bois qui se substituerait à des matériaux qui ne sont pas d'origine renouvelable. Ce ratio a été appliqué au potentiel additionnel estimé de la filière matériaux bio-sourcés pour estimer le potentiel de développement de la séquestration carbone du territoire.

b) Substitution par des bioénergies

Les énergies fossiles (produits pétroliers, gaz naturel et électricité) émettent des GES sur le territoire. En les substituant par des bioénergies, ces émissions GES peuvent être évitées. Les facteurs d'émissions en teqCO₂ par GWh et par type d'énergie ont été définis

sur le territoire à partir des données de consommations et d'émissions GES issues de Lig'Air (année de référence 2018). A noter que la combustion bois est par convention nulle en émissions de CO₂, le facteur d'émissions n'est cependant pas complètement nul en raison d'émissions de CH₄ et N₂O. Cet aspect a été pris en compte dans la substitution. La même question pourrait se poser pour le biogaz, en l'absence de données et/ou de convention sur ce sujet, la substitution par cette énergie est supposée totalement nulle en émissions. La substitution des énergies sera en priorité appliquée au besoin thermique du territoire, d'autres filières EnR étant plus propices à la production d'électricité. Pour cette estimation les données de Lig'Air ont aussi été utilisées. Concernant le biogaz, grâce à l'injection (par exemple le site de LA RICHE sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire deuxième site précurseur de la région avec une première injection en 2016) l'arbitrage de substitution est désormais facilité puisque le biogaz intègre désormais le réseau gaz. Avant cette pratique, le biogaz brûlé sur place devait pour la partie thermique (associée généralement à une partie de production électrique par cogénération) trouver un usage de proximité ciblant plus particulièrement les secteurs industriel et tertiaire. Désormais, les autres secteurs de consommations peuvent être envisagés, transport inclus, avec la possibilité d'y associer une station de bioGNV. Le choix de la substitution du biogaz a, ici, été orienté chauffage résidentiel dans un souci d'hypothèses simplificatrices et en l'absence de connaissance des orientations politiques qui seront prises ultérieurement à ce stade de l'exercice. En conséquence, les gains théoriques pourront être revus par des actions concrètes différentes qui ne sont pas approfondies ici (par exemple avec une politique de substitution du biogaz d'énergie fossile dans le secteur du transport). La consommation des produits pétroliers étant plus émettrice que celle du gaz naturel (ratios Teq CO₂/GWh), substituer la consommation des produits pétroliers, utilisés majoritairement dans le secteur du transport, plutôt que celle du gaz naturel dans le secteur résidentiel, pourrait avoir pour effet de maximiser le potentiel de réduction des GES par substitution d'une énergie fossile par une énergie biomasse.

II. L'estimation de la séquestration nette de CO₂

A. L'accroissement forestier

La forêt absorbe le carbone présent dans l'atmosphère à travers le processus de photosynthèse. Ainsi, la forêt joue un rôle majeur dans l'atténuation du changement climatique. L'accroissement forestier correspond donc à la production de biomasse annuelle (Figure 96). Plus un arbre est « jeune », plus la capacité à se développer est importante. Plus le développement de l'arbre augmente, plus le stockage du carbone est important jusqu'à atteindre une limite dans sa croissance.

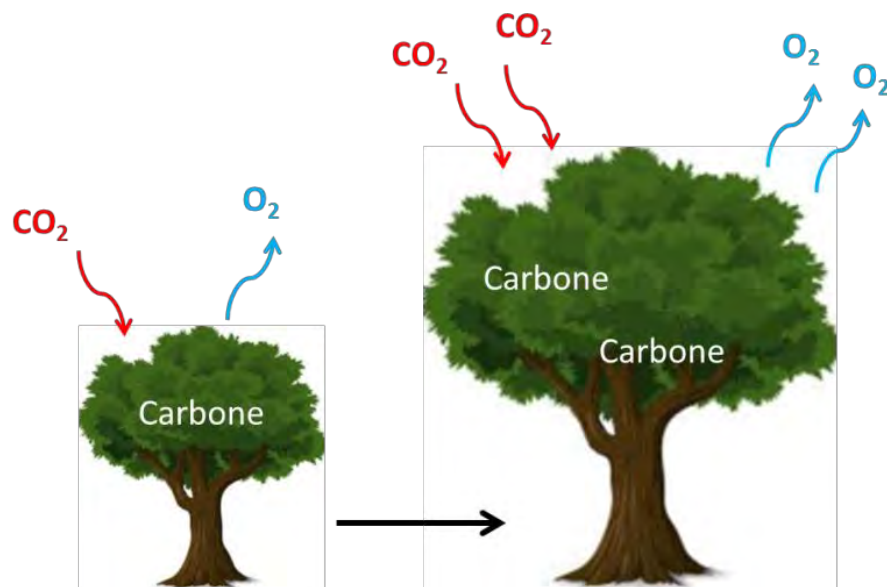


Figure 96 : L'accroissement forestier

Les résultats ont été obtenus à partir :

- des accroissements annuels départementaux fournis par l'IGN : prise en compte des spécificités des familles de forêts (conifères et feuillus) ;
- des facteurs d'expansion de la biomasse provenant de l'IGN ;
- des densités ligneuses propres aux grandes essences transmises par le GIEC¹⁵ ;
- de la fraction de carbone présente dans la matière sèche fournie par le CITEPA¹⁶.

Les paramètres utilisés ci-dessus ont abouti à une estimation de la séquestration de CO₂ à l'échelle du département de l'Indre-et-Loire. La connaissance à l'échelle du territoire de Tours Métropole Val de Loire est obtenue par une répartition suivant les surfaces et essences de forêts renseignées dans la base de données spatialisée Corine Land Cover.

En 2018, la quantité de CO₂ absorbée due à l'accroissement forestier est estimée à 59,2 kt (56,3 kt provenant des feuillus et 2,9 kt provenant des conifères) sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire.

¹⁵ Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur Utilisation des Terres, Changements d'Affectation des Terres et Foresterie (UTCATF), 2003

¹⁶ Guide OMINEA, 12^{ème} version, 2015

B. La récolte du bois

La récolte du bois correspond à un prélèvement de biomasse vivante au sein des forêts. Une fois coupé, l'arbre ne stocke plus le carbone (Figure 97). Après la coupe, le carbone reste stocké dans le bois. Toutefois, il est difficile de suivre le parcours du bois une fois l'arbre coupé. Il est admis que le carbone reste dans le bois mais il ne peut plus être associé au territoire.

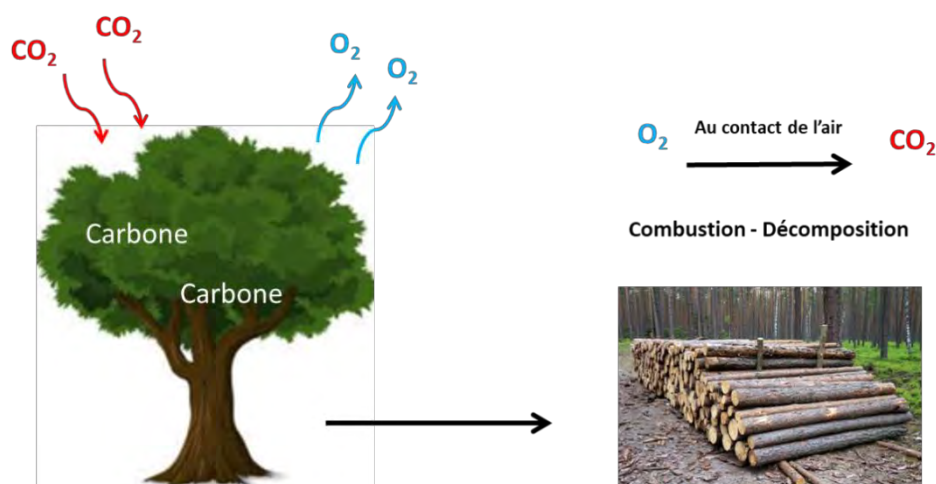


Figure 97 : La récolte du bois

Les résultats ont été calculés à partir :

- des publications annuelles de l'AGRESTE sur la récolte de bois ;
- des facteurs d'expansion régionalisés indiqués par le CITEPA¹⁷ ;
- de la densité du bois et de la fraction de biomasse abandonnée aux sols lors de la récolte communiquées par le GIEC¹⁸ ;
- du taux de carbone dans la matière sèche, fourni dans le cadre du projet CARBOFOR¹⁹.

Les quantités de bois récoltées sont acquises à l'échelle régionale puis réparties sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire suivant les surfaces de forêts de la base de données Corine Land Cover.

En 2018, la quantité de CO₂ émise par la récolte du bois est estimée à 15,8 kt (10,3 kt provenant des feuillus et 5,5 kt provenant des conifères) sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire.

C. Les changements d'utilisation des sols

Les changements d'utilisation des sols affectent les stocks de carbone contenus dans les sols et non dans la biomasse vivante (aérienne et racinaire). En fonction de l'utilisation du sol avant et après le changement, le résultat peut être un gain ou une perte de carbone pour le territoire.

¹⁷ Guide OMINEA, 12^{ème} version, 2015

¹⁸ Lignes directrices 2006, volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres

¹⁹ Projet achevé en 2004 sous la coordination de Denis Lousteau de l'INRA - <http://www.gip-ecofor.org/doc/drupal/gicc/7-01LousteauCrabofoRF.pdf>

Les résultats ont été calculés à partir :

- de l'étude menée par l'INRA sur les stocks de carbone dans les sols, et notamment la différence de teneur entre les deux types d'occupation du sol et le coefficient de libération de carbone ;
- des stocks de carbone, fournis par le CITEPA²⁰. Ces valeurs sont extraites du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) mené par l'INRA d'Orléans ;
- des évolutions de l'utilisation des sols aux échelles régionale et départementale, fournies par la DRAAF.

Les résultats sont fournis à l'échelle du département de l'Indre-et-Loire (enquête TERUTI-LUCAS). Ils sont ensuite répartis à l'échelle de Tours Métropole Val de Loire à partir des surfaces d'occupation des sols issues des bases de données Corine Land Cover et des surfaces agricoles estimées à partir des données AGRESTE (recensement général agricole et les statistiques agricoles annuelles).

En 2018, les changements d'occupation des sols ayant eu lieu sur le territoire sont à l'origine d'une émission de CO₂ estimée à 3 500 tonnes (soit 3,5 kt). Le détail sur les conversions des terres indique que le passage vers des sols urbanisés conditionne particulièrement ce sous-secteur en réduisant la capacité de séquestration du sol.

Le changement d'utilisation des sols, estimé à 3,5 kt sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire, se répartit de cette façon :

	2018
Forêt devenant Terre cultivée - tempéré	0,03
Prairie devenant Terre cultivée - tempéré	0,04
Terre humide devenant Terre cultivée - tempéré	0,21
Zone urbanisée devenant Terre cultivée - tempéré	-0,14
Forêt devenant Zone urbanisée - tempéré	0,36
Terre cultivée devenant Zone urbanisée - tempéré	0,52
Prairie devenant Zone urbanisée - tempéré	1,35
Terre humide devenant Zone urbanisée - tempéré	1,11
Forêt devenant Terre humide - tempéré	0,00
Terre cultivée devenant Terre humide - tempéré	0,00
Prairie devenant Terre humide - tempéré	0,00
Zone urbanisée devenant Terre humide - tempéré	0,00
Terre cultivée devenant forêt - tempéré	0,00
Prairie devenant forêt - tempéré	0,00
Terre humide devenant forêt - tempéré	0,03
TOTAL	3,5

Tableau 18 : Quantité de CO₂ émise ou absorbée (en kt) par le changement d'utilisation des sols en 2018 sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (+ = émissions / - = absorption)

²⁰ Guide OMINEA, 12^{ème} version, 2015

D. Synthèse

Sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire, la quantification de la séquestration nette de CO₂ en 2018 a atteint une valeur de 39,9 kt. En 2018, les émissions de CO₂ ont été de 1 003,2 kt. Ainsi, le rapport entre la quantité séquestrée et la quantité émise de CO₂ est d'environ 4%.

La **Figure 98** récapitule les principaux résultats de la séquestration nette de CO₂ obtenus sur le territoire en 2018.

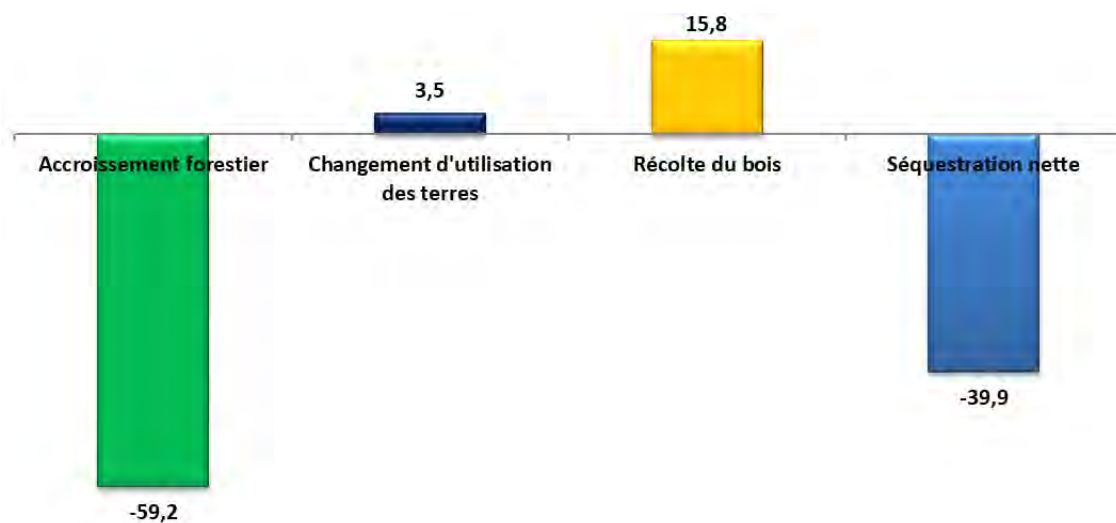


Figure 98 : Bilan de la séquestration nette de dioxyde de carbone sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (en kt)

Avec ce détail des flux au sein du secteur UTCF, l'importance de l'accroissement forestier est considérable. Ce flux est à l'origine des puits de carbone conséquents du territoire. Les autres flux, générateurs d'émissions, sont, en proportion, moins influents.

III. Potentiel de développement de la séquestration carbone

Le potentiel de développement de la séquestration de CO₂ est estimé à -380 037 teqCO₂ en cumulant les gains sur les potentiels de développement suivants :

- Evolution tendancielle des flux : -931 teqCO₂
- GES évités par substitution de biomasse énergie : -54 852 teqCO₂
- GES évités par substitution de bio matériaux : -324 254 teqCO₂

Chaque gain potentiel est détaillé ci-après.

► Evolution tendancielle ou « fil de l'eau » sur les principaux flux

Lig'Air calcule les flux sur une période allant de 2008 à 2018. Une projection moyenne annuelle par type de flux est alors envisageable :

Type de flux	Moyenne 2008-2018 teqCO ₂ /an	teqCO ₂ estimées en 2018
Accroissement forestier	-60 280	-59 174
Changement d'affectation des terres cultivées	302	147
Changement d'affectation des sols autres	3357	3357
Récolte de bois	15 801	15 782
Total	-40 820	-39 889

Le potentiel additionnel mobilisable selon cette estimation tendancielle est donc de -931 teqCO₂. Il peut être réévalué avec un scénario plus ambitieux qui intégrerait les enjeux/leviers d'actions suivants :

- principalement réduire, voire supprimer la croissance des terres artificialisées (étalement urbain, infrastructures et équipements, ...);
- développer le linéaire de végétation : haies, agroforesteries ;
- maintenir ou augmenter la surface forestière ;
- adapter les pratiques agricoles : moins de défrichage, couplage des productions en polyculture, ...);
- être vigilant sur les prélèvements.

► GES évités par substitution de « biomasse énergie » et de « bio matériaux »

En 2018, le potentiel biomasse additionnel mobilisable sur le territoire est estimé à 1 201 GWh²¹. Les résultats détaillés par filière sont rappelés ci-dessous :

Filières	Potentiel de développement en GWh
Potentiel méthanisation	121
Potentiel bois	1 080

²¹ Rapport : Etude de planification énergétique territoriale – Potentiel de production d'énergie renouvelable et de récupération (EnR&R) – Artelys – Inddigo – Avril 2018

L'analyse de la filière « récolte de bois » (cf. partie séquestration carbone) permet de définir, en 2018, la destination du bois. Ainsi, après analyse, sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire environ 28% du bois est utilisé à des fins énergétiques. Ce ratio a été appliqué pour définir une part du potentiel qui sera affectée au bois matériaux. Le potentiel biomasse additionnel mobilisable sera donc affecté de la façon suivante :

Filières	Potentiel de développement en GWh	Affectation de la substitution
Méthanisation	121	100% Bioénergie
Bois	1 080	28% Bioénergie (270 GWh) 72% matériaux bio-sourcés (810 GWh)

En conclusion, 391 GWh seront disponibles pour la substitution bioénergie et 810 GWh pour la substitution de matériaux bio-sourcés.

► Estimation des GES évités par substitution de « biomasse énergie »

Le potentiel additionnel de séquestration par substitution de biomasse énergie s'élève à -54 852 teqCO₂.

Il a été estimé en appliquant aux consommations retenues pour la substitution les facteurs d'émissions moyens par type d'énergie. Les facteurs d'émissions et les consommations retenues pour la substitution sont présentés ci-dessous :

Facteur d'émissions par type d'énergie sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire (source inventaire Lig'Air)	teqCO₂/GWh
Bois-énergie (EnR)	31
Electricité (émissions indirectes)	71
Gaz naturel	203
Produits pétroliers	261

Les consommations fossiles (produits pétroliers, gaz naturel et électricité) résidentielles de chauffage représentant 1 012 GWh en 2018 sont les consommations retenues pour cette substitution bioénergie. En effet, comme évoqué dans l'introduction méthodologique, le potentiel bois énergie et biogaz s'applique prioritairement à un besoin thermique. Le besoin thermique de ce secteur étant largement supérieur au potentiel bioénergie, il ne sera pas nécessaire d'envisager un autre secteur de substitution. A noter qu'au vu des facteurs d'émissions présentés ci-dessus, la substitution par le bois énergie n'est pas complètement nulle (31 teqCO₂/GWh) en raison d'émissions de CH₄ et N₂O non incluses dans la convention de neutralité qui ne s'applique qu'au CO₂. La substitution tient compte de cet aspect, autrement dit ce facteur d'émission a été appliqué à chaque GWh substitué par le bois énergie. A noter également que la chaleur ne fait pas partie des énergies prioritaires à substituer compte tenu du taux d'EnR des réseaux en augmentation sur le territoire.

En tenant compte de ces éléments, la substitution s'est concrètement opérée de la façon suivante :

- Le bio méthane dont le potentiel a été estimé à 121 GWh a permis de substituer une partie du besoin en consommation de gaz naturel du secteur résidentiel estimée à environ 755 GWh.
- Le bois énergie dont le potentiel additionnel a été estimé à 270 GWh a permis de substituer la totalité des consommations de produits pétroliers (93 GWh) et d'électricité (164 GWh) employées pour le chauffage résidentiel du territoire. Les 13 GWh de potentiel bois énergie restants ont été affectés au gaz naturel. La consommation de gaz naturel qui n'aura pas pu être substituée s'élève à 621 GWh.

Le gain GES de cette substitution est de 55 KteqCO₂.

► Estimation des GES évités par substitution de « matériaux bio-sourcés »

Le potentiel de développement de la filière bois avait été estimé à 1 080 GWh (estimé en GWh dans une logique d'affectation totale au bois énergie). La part affectée à la filière matériaux bio-sourcés a ensuite été estimée à 810 GWh soit 72% du potentiel affecté à la substitution des matériaux d'origine non renouvelable. En appliquant le ratio de 0,95 teqCO₂/m³ de bois (guide ADEME sur les PCAET), il est possible d'estimer un potentiel de séquestration de l'ordre de -324 254 teqCO₂.

► Estimation des GES déjà évités par l'usage de bioénergie en 2018

En 2018, les consommations de bois énergie étaient de 352 GWh et 13 GWh pour le biogaz. Cette consommation se substitue potentiellement à une consommation d'énergies fossiles. Les GES évités sur la base de ces consommations de bois énergie seraient alors de 61 188 teqCO₂ et 2 645 pour le biogaz en appliquant la même méthodologie.

En supposant que les consommations de bois énergie ne représentent que 28% de la production totale de la filière, les GES évités pour l'usage matériaux bio-sourcés ont également été estimés en 2018 à -422 131 teqCO₂.

► Méthodologie appliquée à la consommation 2050 : GES évités par substitution de « biomasse énergie »

En tenant compte du potentiel de réduction des consommations en 2050 (scénario ambitieux) et de l'évolution du mix énergétique, le gain GES par substitution énergétique est estimé à 131 345 teqCO₂. Ce gain est à comparer avec le cumul des gains GES de substitution appliqués à la consommation 2018 et des gains GES déjà évités par l'usage de bioénergie en 2018 (respectivement 55 kteqCO₂ et 20 kteqCO₂) soit un cumul de 75 kteqCO₂. En effet, en diminuant la consommation et en réarbitrant les usages (par exemple en ne substituant plus l'usage chauffage électrique du fait de la démocratisation des EnR électriques (PAC par exemple), il est possible de maximiser les gains GES en se focalisant sur la substitution d'énergies plus émettrices (produits pétroliers, gaz naturel).

Les gains GES par le recours aux biomatériaux uniquement fonction du potentiel biomasse ne sont pas impactés par la baisse des consommations 2050. En conséquence, le gain GES estimé sur la base des consommations 2018 dans le paragraphe précédent est inchangé dans cet exercice 2050 soit 746 kteqCO₂ qui correspond au cumul du potentiel additionnel de substitution des matériaux et aux gains GES déjà évités par l'usage de bioénergie en 2018 (respectivement 324 kteqCO₂ et 422 kteqCO₂).

IV. Conclusion et recommandations

En 2018, la séquestration du territoire de Tours Métropole Val de Loire a été estimée à 39,9 kt de dioxyde de carbone chaque année. Les GES évités en 2018 par consommation effective de biomasse ont également été estimés en s'appuyant sur les méthodes de substitution « bioénergie » et « biomatériaux » définies dans la partie potentielle de développement de la séquestration carbone. Les résultats sont respectivement de -55 kteqCO₂ et -324 kteqCO₂. A noter que dans la partie « Potentiel de réduction des GES » la substitution EnR a été étudiée de manière plus globale et le gain GES estimé à 200 kteqCO₂. Ce gain inclut les 55 kteqCO₂ de substitution propre aux bioénergies développée plus spécifiquement dans ce chapitre « Potentiel de réduction de la séquestration carbone ».

Le potentiel de développement de la séquestration de CO₂ est estimé à - 380 kteqCO₂ [cumul de l'évolution tendancielle des flux : - 0,9 kteqCO₂ ; des GES évités par substitution de biomasse énergie : - 55 kteqCO₂ ; des GES évités par substitution de bio matériaux : - 324 kteqCO₂]. Ce potentiel de développement de la séquestration a, dans un premier temps, été estimé sur la base du potentiel additionnel de production de biomasse en se basant sur le mix énergétique et le niveau de consommation de 2018. Le même travail a ensuite été reproduit en se basant sur le mix énergétique et le niveau de consommation estimé (scénario ambitieux Négawatt) en 2050 (-131 kteqCO₂ pour la substitution des énergies et -20 kteqCO₂).

Ces estimations de la quantité de CO₂ absorbée annuellement ou de potentiel additionnel de CO₂ absorbé par hectare dépendent de paramètres divers et variés. Il est, de ce fait, extrêmement difficile de juger de la réalité de ces résultats quantitatifs. **Néanmoins, ils permettent d'apporter un cadre de réflexion qualitatif sur les leviers d'actions possibles et sur les arbitrages à envisager.**

Par exemple, le facteur d'émission utilisé dans le cadre de la substitution des matériaux a été comparé aux facteurs d'émissions utilisés dans le cadre de la substitution énergétique. Il en résulte que l'usage de matériaux d'origine non renouvelable est plus impactant, d'un point de vue impact carbone, que la plus impactante des énergies. Le parti pris en terme d'arbitrage d'affectation pourra être approfondi au regard de cette remarque au moment de la définition de la stratégie et du plan d'actions. Dans un même temps, la récolte de bois doit être maîtrisée et la filière biomatériaux préférée sur des usages de long terme pour perpétuer la séquestration (usage pour la construction par exemple).

Enfin, si d'une manière générale, il apparaît clairement qu'en augmentant les surfaces végétalisées, la collectivité territoriale verra son stock de carbone augmenter, la stratégie en matière de développement de celui-ci peut aussi être abordée selon d'autres considérations thématiques tout aussi transversales (biodiversité, alimentation, ...).

Annexes

A. Présentation des polluants à effets sanitaires

► Le dioxyde de soufre (SO₂)

Le dioxyde de soufre (SO₂) est un polluant essentiellement industriel. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles, l'automobile et les unités de chauffage individuel et collectif.

Les effets sur la santé :

Le dioxyde de soufre est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures (toux, dyspnées, etc.). Il agit en synergie avec d'autres substances, les particules fines notamment. Comme tous les polluants, ses effets sont amplifiés par le tabagisme. Le mélange acido-particulaire peut, en fonction des concentrations, provoquer des crises chez les asthmatiques, accentuer les gênes respiratoires chez les sujets sensibles et surtout altérer la fonction respiratoire chez l'enfant (baisse de capacité respiratoire, toux).

Les effets sur l'environnement :

Le dioxyde de soufre se transforme en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air et participe au phénomène des pluies acides. Il contribue également à la dégradation de la pierre et des matériaux de nombreux monuments.

► Les oxydes d'azote (NO_x)

Le terme « oxydes d'azote » désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ces composés sont formés par oxydation de l'azote atmosphérique (N₂) lors des combustions (essentiellement à haute température) de carburants et de combustibles fossiles.

Les effets sur la santé :

A forte concentration, le dioxyde d'azote est un gaz toxique et irritant pour les yeux et les voies respiratoires. Les effets chroniques spécifiques de ce polluant sont difficiles à mettre en évidence du fait de la présence dans l'air d'autres polluants avec lesquels il est corrélé. Le dioxyde d'azote est un gaz irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires. Cependant, on estime aujourd'hui qu'il n'y a pas de risque cancérigène lié à l'exposition au dioxyde d'azote.

Les effets sur l'environnement :

Le dioxyde d'azote participe aux phénomènes de pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, dont il est un des précurseurs, à la dégradation de la couche d'ozone et à l'effet de serre. Enfin, même si les dépôts d'azote possèdent un certain pouvoir nutritif, à long terme, ces apports peuvent créer un déséquilibre nutritif dans le sol qui se répercute par la suite sur les végétaux.

► Les particules fines : PM₁₀ et PM_{2,5}

Les particules en suspension, communément appelées « poussières », proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...) et d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, photo chauffage, chaufferie). La surveillance réglementaire porte sur les particules PM₁₀ (de diamètre inférieur à 10 µm) mais également sur les PM_{2,5} (de diamètre inférieur à 2,5 µm).

Les effets sur la santé :

Selon leur granulométrie (taille), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines (taille inférieure à 2,5 µm) peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes.

Les effets sur l'environnement :

Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus visibles. Le coût économique induit par leur remise en état (nettoyage, ravalement) est considérable. Au niveau européen, le chiffrage des dégâts provoqués sur le bâti serait de l'ordre de neuf milliards d'Euros par an.

► Les composés organiques volatils (COVNM)

Les COV sont des gaz composés d'au moins un atome de carbone, combiné à un ou plusieurs des éléments suivants : hydrogène, halogènes, oxygène, soufre, phosphore, silicium ou azote. On distingue souvent le méthane (CH₄) qui est le COV le plus présent dans l'atmosphère mais qui n'est pas directement nuisible pour la santé ou l'environnement tout en étant, en revanche, un gaz à effet de serre. Le reste des COV, est communément nommé COVNM (Composés Organiques Volatils Non Méthaniques). Les COV sont des précurseurs de l'ozone et de fine particules (les aérosols organiques secondaires).

Les composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM) sont des polluants de compositions chimiques variées avec des sources d'émissions multiples. Les sources anthropiques (liées aux activités humaines) sont marquées par la combustion (chaudière, transports, ...) et l'usage de solvants (procédés industriels ou usages domestiques). Les COVNM présents dans l'atmosphère sont également d'origine naturelle et provient de l'émission par les feuilles des arbres sous l'effet du rayonnement solaire. L'isoprène et la famille des terpènes, en particulier, sont des composés émis par le couvert végétal.

Les effets sur la santé :

Leurs effets sont très divers selon la nature des composés : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires, une diminution de la capacité respiratoire, ou des risques d'effets mutagènes et cancérigènes (benzène). Les solvants organiques peuvent être responsables de céphalées, de nausées... Le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, et l'acroléine sont particulièrement réactifs et responsables d'irritations des yeux, du nez, de la gorge et des voies respiratoires, de modifications pouvant aggraver l'état d'un asthmatique, voire sensibiliser les voies respiratoires (participation au développement de phénomènes allergiques).

Les effets sur l'environnement :

Les COV interviennent, avec les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone, dans le processus de formation de l'ozone dans la basse atmosphère. Les composés les plus stables chimiquement participent à l'effet de serre et à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique (carbures halogénés notamment).

► L'ammoniac (NH₃)

Sous forme gazeuse, l'ammoniac est utilisé par l'industrie pour la fabrication d'engrais, d'explosifs et de polymères. L'ammoniac est principalement émis par le secteur de l'agriculture et provient principalement des rejets organiques de l'élevage. On estime qu'une vache laitière émet environ 24,6 kilos d'ammoniac par an. La formation d'ammoniac se réalise aussi lors de la transformation des engrais azotés présents dans les sols par les bactéries. Enfin, l'ammoniac est présent dans la fumée de cigarette.

Les effets sur la santé :

L'ammoniac est un gaz incolore et odorant, très irritant pour le système respiratoire, la peau, et les yeux. Son contact direct peut provoquer des brûlures graves. A forte concentration, ce gaz peut entraîner des œdèmes pulmonaires. L'ammoniac est un gaz mortel à très forte dose. Une tolérance aux effets irritants de l'ammoniac peut aussi être développée.

Les effets sur l'environnement :

La présence dans l'eau de l'ammoniac affecte la vie aquatique. Pour les eaux douces courantes, sa toxicité aiguë provoque chez les poissons notamment des lésions branchiales et une asphyxie des espèces sensibles. Pour les eaux douces stagnantes, le risque d'intoxication aiguë est plus marqué en été car la hausse des températures entraîne l'augmentation de la photosynthèse. Ce phénomène, s'accompagne d'une augmentation du pH qui privilégie la forme NH₃ (toxique) aux ions ammonium (NH₄⁺). En outre, ce milieu peut-être également sujet à eutrophisation. En milieu marin, le brassage de l'eau et l'importance de la dilution évitent les risques de toxicité aiguë. En revanche, dans les eaux côtières, l'excès de nutriment favorise la prolifération d'algues « opportunistes » entraînant des troubles tels que les marées vertes et les eaux colorées. Pour les plantes, l'excès d'ammoniac entraîne une détérioration des conditions de nutrition minérale et une modification des populations végétales avec l'installation d'espèces opportunistes nitrophiles au détriment d'espèces rares préalablement présentes dans les écosystèmes sensibles (tourbières, marais...). De plus, l'absorption importante d'azote ammoniacal par les arbres augmente leur sensibilité aux facteurs de stress comme le gel, la sécheresse, l'ozone, les insectes ravageurs et les champignons pathogènes.

L'ammoniac participe aussi à hauteur de 25% au phénomène d'acidification des sols.

► L'ozone (O₃)

L'ozone (O₃) n'est pas directement rejeté par une source de pollution, il n'est donc pas présent dans les gaz d'échappement des véhicules ou les fumées d'usine. Il se forme par une réaction chimique initiée par les rayons UV (Ultra-Violet) du soleil, à partir de polluants dits « précurseurs de l'ozone », dont les principaux sont les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV).

Dans la stratosphère (10 à 60 km d'altitude), l'ozone est un filtre naturel qui protège la vie terrestre de l'action néfaste des UV du soleil : on parle de la couche d'ozone. Le « trou d'ozone » est une destruction partielle de ce filtre, liée à l'effet de certains polluants, notamment les fréons ou CFC (chlorofluorocarbones), dont la production et la vente sont désormais interdites.

Dans la troposphère (0 à 10 km d'altitude), où chacun d'entre nous respire quotidiennement, les taux d'ozone devraient être faibles. Cependant, certains polluants dits précurseurs, oxydes d'azote et composés organiques volatils, se transforment sous l'action du rayonnement solaire, et donnent naissance à l'ozone ou à d'autres composés irritants. Les précurseurs proviennent principalement du trafic routier, de certains procédés et stockages industriels, ainsi que de l'usage de solvants (peintures, etc.).

L'ozone : bon ou mauvais ?

Il faut bien faire la différence entre deux types d'ozone :

A très haute altitude, dans la stratosphère, l'ozone est un gaz naturellement il forme la « couche d'ozone » qui filtre et nous protège des rayons solaires ultraviolets.

A basse altitude, dans la troposphère, l'ozone est présent en faible quantité. Lorsque sa concentration augmente, il est considéré comme un polluant dit « secondaire » car il se forme par réaction chimique entre des gaz précurseurs (NO_x, COV et CO). Ces réactions sont amplifiées par les rayons solaires.

Les effets sur la santé :

Les enfants, les personnes âgées, les asthmatiques, les insuffisants respiratoires sont particulièrement sensibles à la pollution par l'ozone. La présence de ce gaz irritant peut provoquer toux, inconfort thoracique, essoufflement, irritations nasale et oculaire. Elle augmente aussi la sensibilisation aux pollens. Lorsque le niveau ambiant d'ozone augmente, dans les jours qui suivent, une hausse de l'ordre de 1 à 4% des indicateurs sanitaires (mortalité anticipée, admissions hospitalières, etc.), est observée.

Les effets sur l'environnement :

L'ozone a des effets néfastes sur la végétation et perturbe la croissance de certaines espèces, entraîne des baisses de rendement des cultures, provoque des nécroses foliaires. Il contribue par ailleurs au phénomène des pluies acides et à l'effet de serre. Enfin, il attaque et dégrade certains matériaux (le caoutchouc par exemple).

► Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore et inodore. Sa présence résulte d'une combustion incomplète (mauvais fonctionnement de tous les appareils de combustion, mauvaise installation, absence de ventilation), et ce quel que soit le combustible utilisé (bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane). Il diffuse très vite dans l'environnement.

Chaque année, il est responsable de 8000 intoxications, et de 100 à 200 morts.

Les effets sur la santé :

Il agit comme un gaz asphyxiant très toxique qui, absorbé en quelques minutes par l'organisme, se fixe sur l'hémoglobine.

Manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur et des vaisseaux sanguins.
Nausées, vomissements, vertiges, fatigue, maux de tête.
Peut provoquer asphyxie voire la mort (exposition élevée et prolongée).

Les effets sur l'environnement :

Le monoxyde de carbone participe au mécanisme de production de l'ozone troposphérique et contribue également à l'effet de serre en se transformant en dioxyde de carbone (CO₂).

B. Outil Commun'Air

Le bilan de la qualité de l'air sur le territoire est basé sur la modélisation nationale (Prev'Air) ou inter-régionale (Esmeralda).

Les résultats bruts issus de cette modélisation sont affinés statistiquement à partir des données d'observation issues des stations fixes de Lig'Air.

Le bilan ne concerne que les polluants faisant l'objet de modélisation. Les PM_{2,5}, les HAP ainsi que d'autres polluants réglementaires ne sont actuellement pas modélisés.

C. Outil Prév'Air

En plus du réseau de mesures, pour sa mission de surveillance, Lig'Air dispose d'un outil de modélisation à haute résolution Prév'Air prenant en compte l'inventaire des émissions atmosphériques spatialisé à l'échelle de 500m. L'ensemble des émetteurs de polluants (naturels ou anthropiques) localisés dans la zone du territoire de Tours Métropole Val de Loire sont répertoriés et une quarantaine de polluants et de GES (Gaz à Effet de Serre) sont inventoriés.

L'outil s'appuie aussi sur l'exploitation des sorties des modèles issues des plates-formes nationale « PREV'AIR » (<http://www.prevoir.org/>) et interrégionale « EMERALDA » (<http://www.esmeralda-web.fr/>) couvrant l'ensemble de la région Centre-Val de Loire et destinées à la prévision des épisodes de pollution, en particulier, à l'ozone. Plus spécifiquement sur le territoire, Lig'Air dispose d'un modèle « Prév'Air » à haute résolution spatiale (20 m) permettant de décrire la qualité de l'air à l'échelle de la rue (Figure 99).

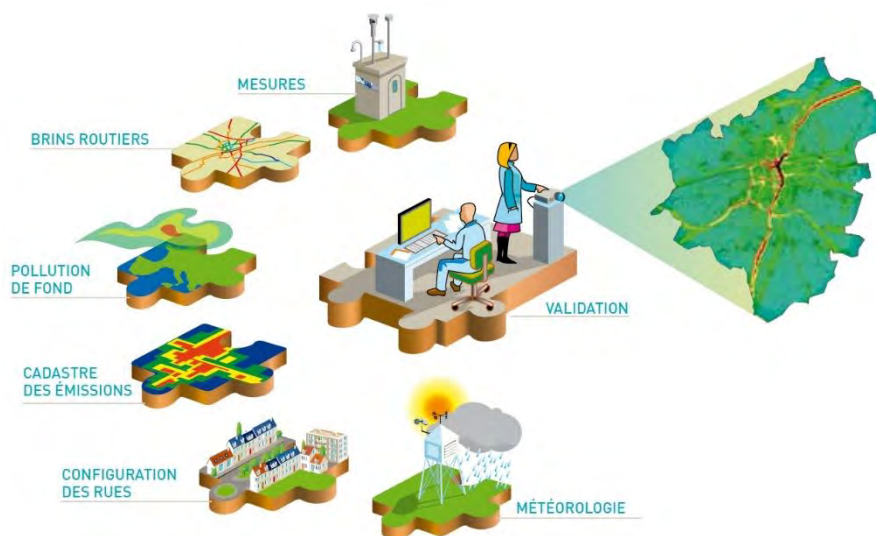


Figure 99 :
Prév'Air – outil
de modélisation à
haute résolution

Prév'Air est aussi utilisé comme outil d'aide à la décision dans le choix et l'évaluation des actions à mettre en œuvre pour la réduction de la pollution et l'exposition de la population et des territoires.

D. Grilles PCAET

DIAGNOSTIC					
Regarder la complétude du diagnostic - Émettre un avis -Relever les sources mobilisables pour vérifier les informations fournies - Juger la cohérence du diagnostic avec les enjeux du territoire					
1/7- DIAG : Situation énergétique	Source	Année	Les attendus réglementaires		Les données sont-elles intégrées et analysées ? Les potentiels de progrès sont-ils évalués et justifiés ? <i>AE : distinction des consommations et des sources d'énergie par secteurs</i>
			Page		
CE R229-51 et suivants				Potential de réduction en GWh à partir des consommations finales corrigées du climat	
Arrêté du 04/08/2016 articles 2 et 3			Consommation énergétique finale non corrigées du climat en GWh	AE : potentialité d'évolution et les leviers d'actions	
Analyse de la consommation énergétique finale du territoire + Potentiel de réduction 2050 : - 50 %/1990	1 :Le résidentiel	Lig'Air diagnostic PCAET p16 à 36 pour le diagnostic des consommations Lig'Air p40 diagnostic PCAET pour le potentiel de réduction	2 015	1405,6	
	2 :Le tertiaire		1 261	682,9	
	3 :Les transports routiers		1 817,0	1038,8	
	4 :Autres transports		18,0		
	5 :Agriculture		20	7,2	
	6 :Déchets				
	7 : Industrie hors branche énergie		654,0	265,8	
	8 : Branche énergie hors production d'électricité et de chaleur et de froid				
R 229-52 du CE					
Commentaire d'appréciation de la cohérence du DIAG – Avis à donner					

DIAGNOSTIC										
Regarder la complétude du diagnostic - Emettre un avis -Relever les sources mobilisables pour vérifier les informations fournies - Juger la cohérence du diagnostic avec les enjeux du territoire										
4/7- DIAG : Polluants atmosphériques <i>CE R229-51 et suivants</i> <i>Arrêté du 04/08/2016 articles 2 et 3</i>		Source	Les attendus réglementaires						Les données sont-elles intégrées et analysées ? Les potentiels de progrès sont-ils évalués et justifiés ? <i>AE : Qui contribue principalement ?</i>	
			Année	PM10	PM2,5	NOx	SO2	COV		NH3
Émissions territoriales en t	1 :Le résidentiel	Lig'Air diagnostic PCAET p68 à 77								
	2 :Le tertiaire									
	3 :Les transports routiers									
	4 :Autres transports									
	5 :Agriculture									
	6 :Déchets									
	7 : Industrie hors branche énergie									
	8 : Branche énergie hors production d'électricité et de chaleur et de froid									
Potentiel de réduction en t	1 :Le résidentiel	Lig'Air diagnostic PCAET p88 à 90								
	2 :Le tertiaire									
	3 :Les transports routiers Transport total									
	4 :Autres transports									
	5 :Agriculture									
	6 :Déchets									
	7 : Industrie hors branche énergie									
	8 : Branche énergie hors production d'électricité et de chaleur et de froid									
Commentaire d'appréciation de la cohérence du DIAG-- Avis à donner										
Emissions en 2050 en t	1 :Le résidentiel	Lig'Air diagnostic PCAET p88 à 90								
	2 :Le tertiaire									
	3 :Les transports routiers Transport total									
	4 :Autres transports									
	5 :Agriculture									
	6 :Déchets									
	7 : Industrie hors branche énergie									
	8 : Branche énergie hors production d'électricité et de chaleur et de froid									

Regarder la complétude du diagnostic - Émettre un avis -Relever les sources mobilisables pour vérifier les informations fournies - Juger la cohérence du diagnostic avec les enjeux du territoire							
5/7- DIAG : estimation des émissions territoriales de GES et de leur potentiel de réduction CE R229-51 et 52 et suivants AE : Clarté de la méthode de comptabilisation des émissions de GES, de la définition de ou des périmètres d'émissions pris	Source		Les attendus réglementaires			Les données sont-elles intégrées et analysées ?	
	Année					Les potentiels de progrès sont-ils évalués et justifiés ? AE : Vérifier la clarté de la méthode de comptabilisation des émissions de GES, de la définition de ou des périmètres d'émissions pris en considération et les années de références choisies Le choix d'évaluer ou non les émissions indirectes et sa justification	
	Page	SCOPE1 et SCOPE 2 Emissions Totales	SCOPE1 : émissions directes de chacun des secteurs d'activité (Sources : Lig'Air diagnostic PCAET)	SCOPE2 : émissions indirectes des différents secteurs liées à leur consommation d'énergie Permet de mieux se rendre compte de la responsabilité du territoire que celle des seules émissions directes (Sources : Lig'Air diagnostic PCAET)	SCOPE3 : émissions induites par les acteurs et les activités du territoire	Qui contribue principalement?	
Émissions territoriales en TeqCO2	1 :Le résidentiel	Lig'Air diagnostic PCAET p55	314 480	243 959	70521		
	2 :Le tertiaire	Lig'Air diagnostic PCAET p58	169671	115519	54152		
	3 :Les transports routiers	Lig'Air diagnostic PCAET P53	467506	467491,2	14,8		
	4 :Autres transports	Lig'Air diagnostic PCAET P53	1199	725,7	473,3		
	5 :Agriculture	Lig'Air diagnostic PCAET p62	20450	20395,5	54,5		
	6 :Déchets	Lig'Air diagnostic PCAET p64	12854	12854	0		
	7 : Industrie hors branche énergie	Lig'Air diagnostic PCAET p60	108955	95901	13054		
	8 : Branche énergie hors production électricité, de chaleur et de froid	Lig'Air diagnostic PCAET p66	1884	1884	0		

Potentiel de réduction en TeqCO2	1 :Le résidentiel	Lig'Air diagnostic PCAET p88	240 387			
	2 :Le tertiaire		103 278			
	3 :Les transports routiers Transport total		260 921			
	4 :Autres transports					
	5 :Agriculture		1 868			
	6 :Déchets		0			
	7 : Industrie hors branche énergie		47 256			
	8 : Branche énergie hors production électricité, de chaleur et de froid		0			

Commentaire d'appréciation de la cohérence du DIAG- Avis à donner

DIAGNOSTIC					
Regarder la complétude du diagnostic - Émettre un avis -Relever les sources mobilisables pour vérifier les informations fournies - Juger la cohérence du diagnostic avec les enjeux du territoire					
6b)7- DIAG: Estimation de la séquestration nette de CO2 et de son potentiel de développement	Source	Année	Les attendus réglementaires		Les données sont-elles intégrées et analysées ? Les potentiels de progrès sont-ils évalués et justifiés ? <i>AE: Vérifier la clarté de la méthode de comptabilisation de la séquestration et le respect des préconisations de la région</i>
			Séquestration nette de TeqCO2 en 2018	Potentiel de développement en TeqCO2 / an	
		Page			
	1: Sols agricoles Changement d'affectation de terres	Année 2018 Lig'Air diagnostic PCAET p 92 à 103	147	302	
Une estimation de la séquestration nette de dioxyde de carbone et de ses possibilités de développement, identifiant au moins les sols agricoles et la forêt, en tenant compte des changements d'affectation des terres	2: Forêts Accroissement forestier		-53 174	-60 280	
	3: Autres sols Changement affectation sols (hors terres cultivées)		3 357	3 357	
Les potentiels de production et d'utilisation additionnelles de biomasse à usages autres qu'alimentaires afin que puissent être valorisés les bénéfices potentiels en termes d'émissions de gaz à effet de serre, ceci en tenant compte des effets de séquestration et de substitution à des produits dont le cycle de vie est plus émetteur de tels gaz	4: Produits bois Récolte du bois		15 782	15 801	
	5: Substitution matériaux		-422 131	-324 254	
	6: Substitution énergie		-61 188	-54 852	

Commentaire d'appréciation de la cohérence du DIAG- Avis à donner

2

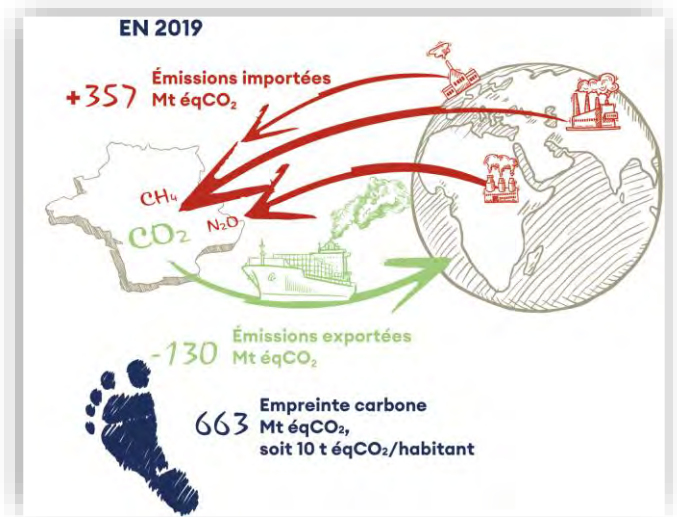
ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE IMPORTÉES PAR LE TERRITOIRE DE LA MÉTROPOLE DE TOURS

On distingue deux approches complémentaires pour comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre (GES) imputables à un territoire : *l’empreinte carbone* et *l’inventaire territorial* de gaz à effet de serre.

- 1) **L’inventaire territorial** de Tours Métropole Val de Loire n’intègre que les émissions émises sur le territoire. Par exemple, le CO₂ émis par les véhicules thermiques roulant d’une commune à l’autre du territoire, ou encore le méthane produit par les vaches présentes sur le sol de Tours Métropole Val de Loire.
- 2) Tandis que **l’empreinte carbone de Tours Métropole Val de Loire** mesure les émissions liées à la consommation des biens et services de **toutes les personnes présentes sur le territoire** de Tours Métropole Val de Loire, en comptabilisant les importations et les exportations.

Par exemple, en plus des émissions de GES émises par les véhicules thermiques et les vaches sur le sol de Tours Métropole Val de Loire, sont aussi pris en compte les émissions liées à la fabrication des smartphones des métropolitains sur le sol asiatique, mais aussi les émissions de GES en Amérique du Sud ou en Afrique associées à l’extraction des minerais utilisés dans ces smartphones. Mais seront déduites les émissions de GES liées aux pièces mécaniques fabriquées sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire, mais exportées en dehors.

Figure 1 : empreinte carbone de la France en 2019 (HCC, 2021)



En 2019, l’empreinte carbone est environ 50 % plus élevée que l’inventaire territorial. Rapportée au nombre d’habitant, l’empreinte carbone moyenne nationale est d’environ 10 TeqCO₂ par habitant contre 6,5 TeqCO₂. Cela signifie que les Français importent plus de biens et services carbonés qu’ils n’en exportent (Haut Conseil pour le Climat, 2021).

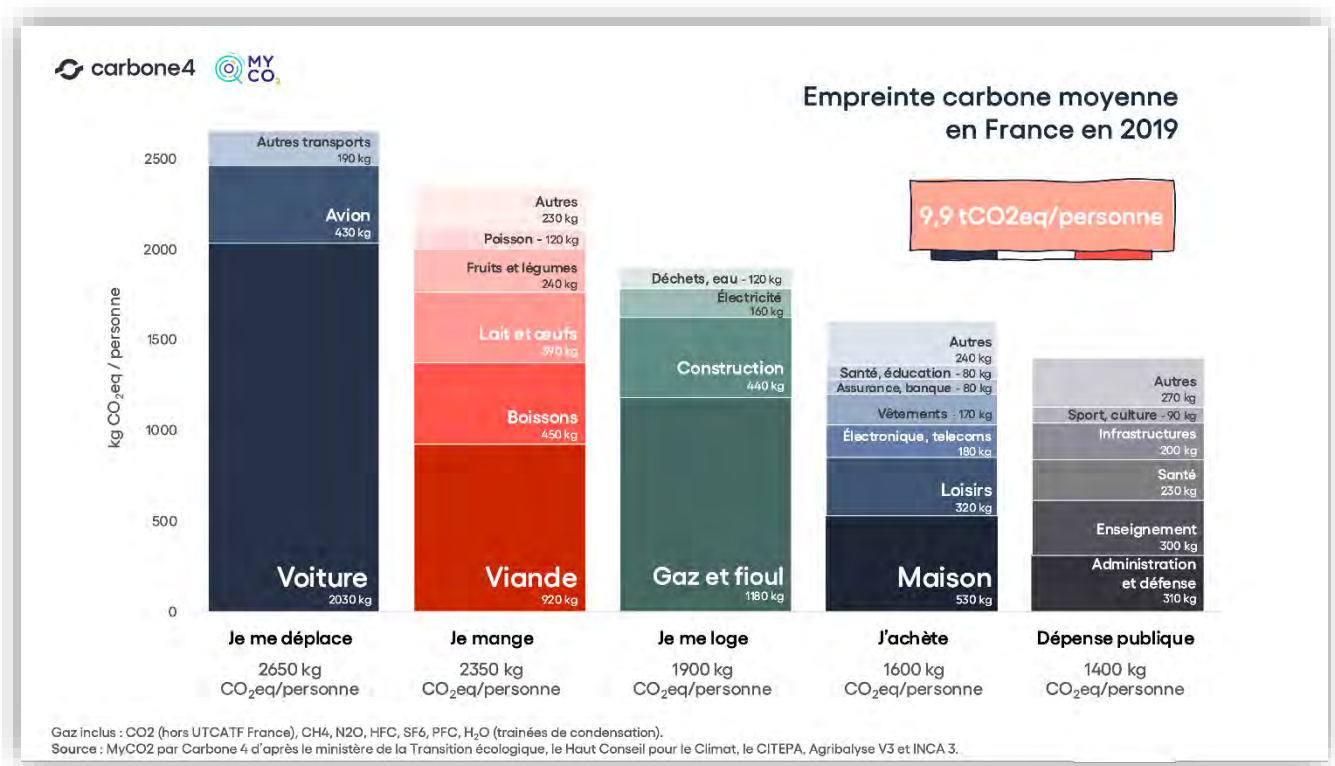
Comme l’invite à le faire le décret relatif au PCAET, Tours Métropole Val de Loire souhaite souligner le poids des émissions importées : c’est-à-dire émises en-dehors de notre territoire pour la consommation ou l’usage des acteurs du territoire ¹.

N’existait pas à ce jour de cadre règlementaire et de méthodologie stabilisée et partagée permettant facilement de faire ces estimations pour le territoire de Tours Métropole Val de Loire, le choix a été fait de s’en tenir à une mention des données nationales (figure 1 et 2), qui renseignent les ordres de grandeur et les leviers d’action pour diminuer l’empreinte carbone du territoire de Tours Métropole

¹ Aussi appeler « scope 3 » du territoire.

(de l'institution Tours Métropole Val de Loire via ses services et son patrimoine, mais aussi de tous les autres acteurs du territoire, entreprises, citoyens, associations...).

Figure 2 : Détail de l'empreinte carbone moyenne d'un Français en 2019 (Carbone 4)



Ce graphique (figure 2) permet de constater le poids de nos déplacements en voiture, du chauffage de nos logements et bureaux et de notre consommation de viande dans l'empreinte carbone des Français.

3

ÉTAT DES LIEUX DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE RENOUVELABLE SUR LE TERRITOIRE DE LA MÉTROPOLE DE TOURS



Etude de planification énergétique territoriale

Etat des lieux de la production d'énergie renouvelable du
territoire

Auteurs

Paul Barberi (Artelys)

Claire Lucas (Artelys)

1 Etat des lieux de la production d'énergie du territoire

1.1 Production d'électricité

La production locale d'électricité provient presque intégralement des différentes cogérations des réseaux de chaleur de la métropole. La production totale avoisine les 160 GWh en 2017, ce qui représente 10% de la consommation électrique du territoire. Depuis 2013, un verdissement des RCU de la métropole a été enclenché, ce qui fait qu'une partie des cogérations gaz ont été remplacées par des cogérations biomasse, entraînant par la même un verdissement de la production d'électricité (1/3 produite par des cogérations biomasse).

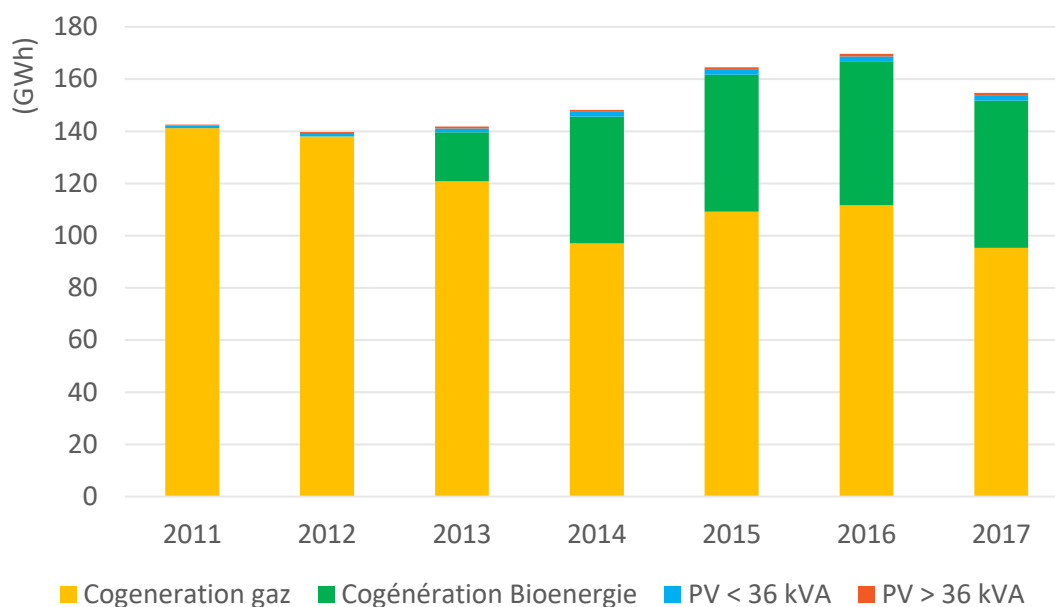


Figure 1 - Production annuelle d'électricité entre 2011 et 2017

La production actuelle de solaire photovoltaïque sur le territoire reste aujourd'hui marginale avec 3 GWh produit en 2017, c'est-à-dire moins de 0,2% de la consommation électrique totale du territoire. Elle correspond à 579 sites de production, dont 9 sites dont la puissance raccordée est supérieure à 36 kW.

Cette production est relativement diffuse, car aucun projet de grande ampleur n'est pour le moment présent sur le territoire (fortes contraintes foncières et patrimoniales, moins de possibilités que dans des territoires voisins).

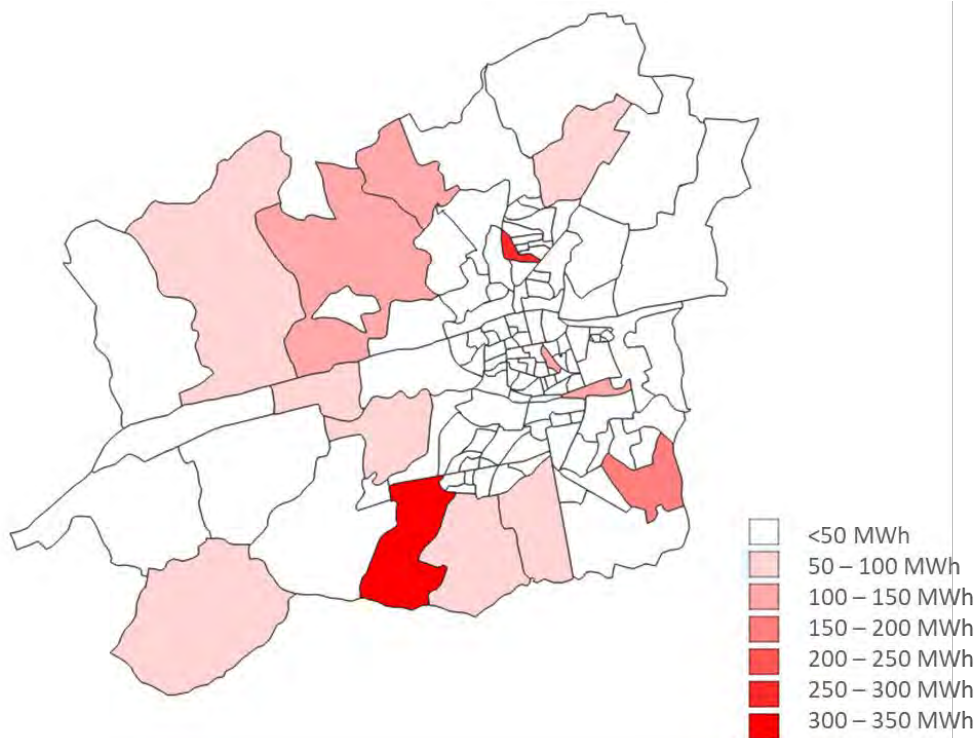


Figure 2 - Production annuelle d'électricité par des panneaux photovoltaïques par zone IRIS en 2017

1.2 Injection de biogaz sur le territoire

En 2017, la production de biogaz sur la métropole de Tours s'élève à 12 GWh, c'est-à-dire moins de 1% de la consommation de gaz du territoire. Cette production provient de l'unité de méthanisation de la STEP de Tours.

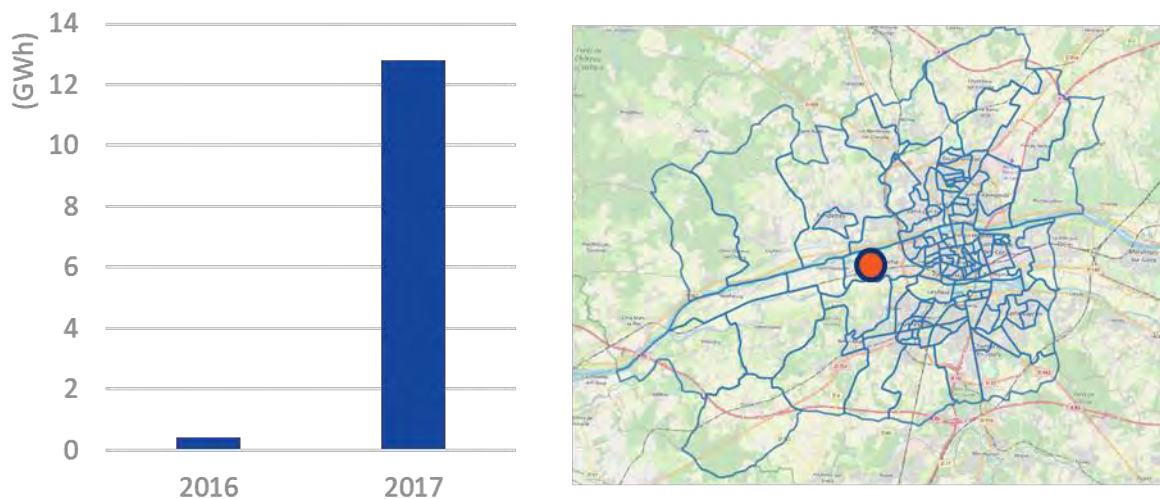


Figure 3 - Production de biogaz de l'unité de méthanisation de la STEP de Tours, et localisation de cette dernière

1.3 Production de chaleur

La production de chaleur est la production d'énergie la plus importante sur le territoire, avec **267 GWh** de chaleur livrée en 2017 pour alimenter les différents réseaux de chaleur du territoire.

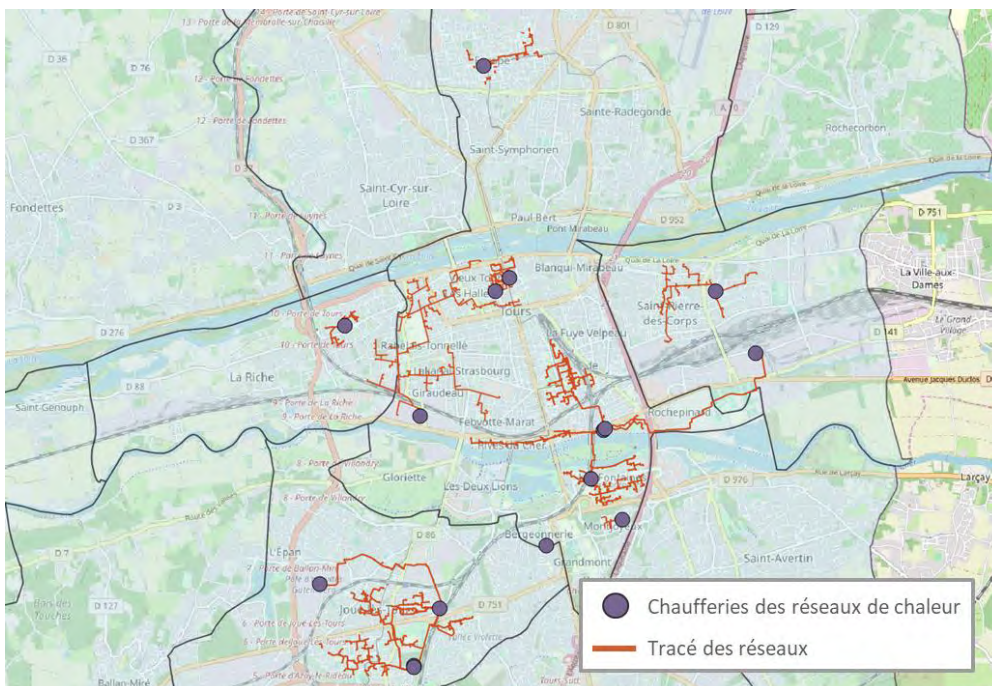


Figure 4 - Localisation des différents réseaux de chaleur et des chaufferies

Les réseaux de chaleur de Tours Métropole Val de Loire sont principalement alimentés par des productions type chaufferies gaz naturel et cogénération gaz. Depuis quelques années, la biomasse commence à être mise en place sur les réseaux, avec notamment la cogénération biomasse CRE3 du réseau SCBC en 2013 et la chaufferie biomasse de Saint-Pierre-des-Corps en 2017. Les travaux d'une chaufferie biomasse pour le réseau de Joué-lès-Tours viennent de s'achever en 2019.

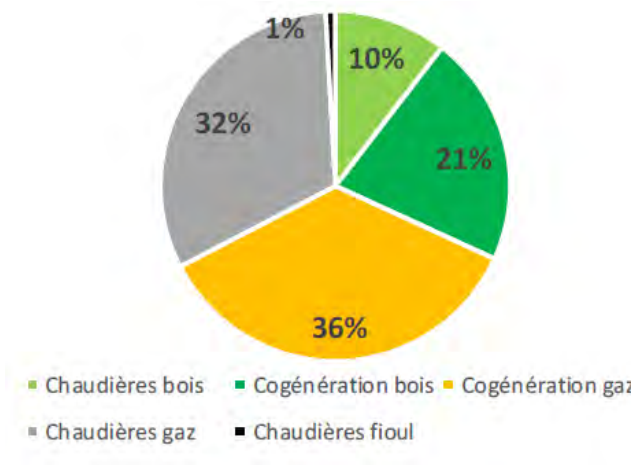


Figure 5 - Mix énergétique des réseaux de chaleur de Tours métropole en 2017

1.4 Bilan de la production renouvelable de la métropole

En 2017, la production renouvelable la métropole de Tours s'élève à **370 GWh**, ce qui représente 6% de la consommation totale du territoire.

Avec plus de 95% de la production du territoire, la biomasse est la première source renouvelable du territoire. Elle est utilisée principalement pour les logements des particuliers pour la production de chaleur (chaudières, inserts, chaudières), mais aussi dans les chaudières et cogénération des réseaux de chaleur de la métropole pour produire de la chaleur et de l'électricité renouvelable.

La production de gaz renouvelable par méthanisation, et d'électricité avec du solaire photovoltaïque est encore limitée sur le territoire, et ne représente qu'une faible fraction de la production renouvelable de la métropole.

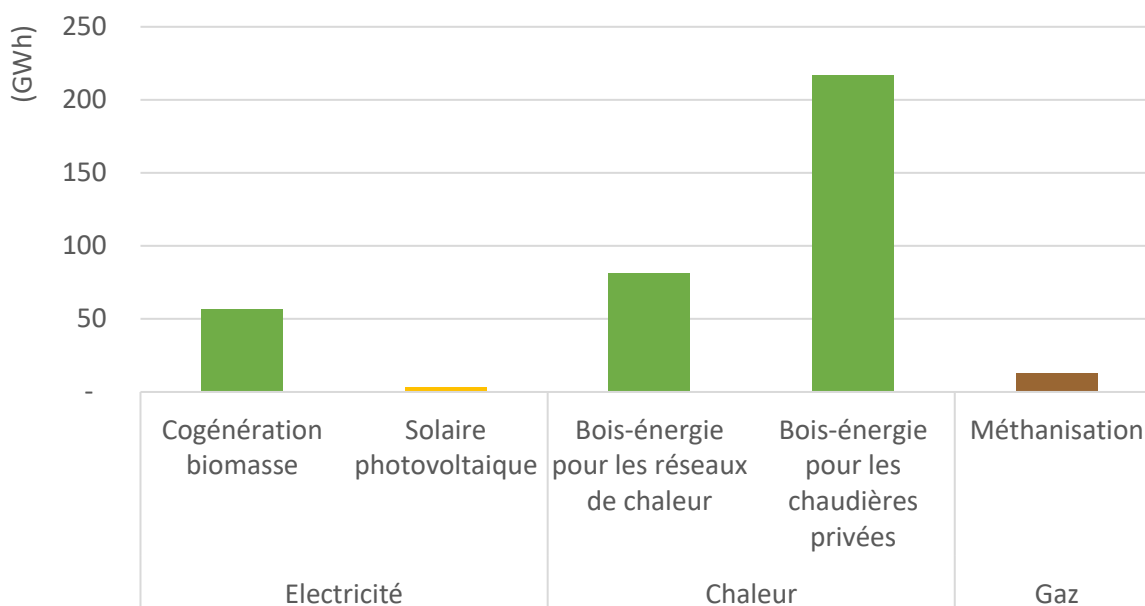


Figure 6 - Production renouvelable de Tours métropole en 2017

2 Bilan : diagramme de Sankey des flux énergétiques du territoire

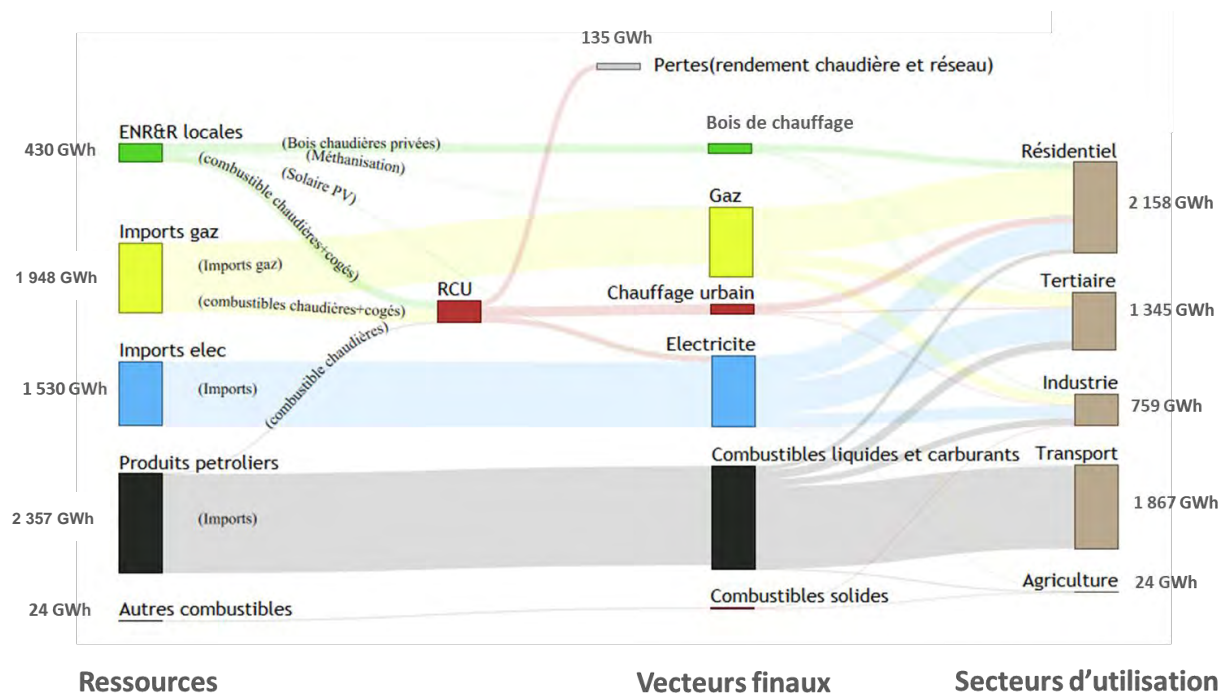


Figure 7 - Diagramme de Sankey des flux énergétiques du territoire

4

POTENTIELS DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RÉCUPÉRATION (ENR&R)



Etude de planification énergétique territoriale

Potentiels de production d'énergie renouvelable et de
récupération (ENR&R)

Table des matières

TABLE DES MATIERES	3
1 PRODUCTION D'ELECTRICITE RENOUVELABLE.....	5
1.1 SOLAIRE	5
1.1.1 SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE SUR TOITURE.....	5
1.1.2 SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AU SOL.....	13
1.2 EOLIEN.....	21
1.2.1 DETERMINATION DES ZONES D'EXCLUSION	21
1.1 HYDROELECTRICITE.....	26
1.1.1 DETERMINATION DES LOCALISATIONS POTENTIELLES DE CENTRALES	27
1.1.2 DETERMINATION DES POTENTIELS.....	29
1.1.3 RESULTATS	29
2 PRODUCTION DE GAZ RENOUVELABLE.....	31
2.1 METHANISATION	31
2.1.1 FILIERES D'INTRANTS CONSIDEREES	31
2.1.2 METHODOLOGIE.....	31
2.1.3 DONNEES UTILISEES.....	32
2.1.4 RESULTATS	36
3 PRODUCTION DE CHALEUR RENOUVELABLE	39
3.1 BOIS-ENERGIE	39
3.1.1 CHOIX D'UNE APPROCHE « GISEMENT ».....	39
3.1.2 ETAPES DE MODELISATION.....	39
3.1.3 PREMIERE ETAPE - ESTIMATION DES DISPONIBILITES NETTES PAR REGION	39
3.1.4 DEUXIEME ETAPE - ESTIMATION DE LA PART VALORISABLE EN BE DES GISEMENTS NETS IDENTIFIES.....	43
3.1.5 TROISIEME ETAPE – DEFINITION D'UN PERIMETRE D'APPROVISIONNEMENT.....	44
3.1.6 SCHEMA DE SYNTHESE DE LA METHODE	47
3.1.7 RESULTATS	47
3.2 CHALEUR FATALE	50
3.2.1 INDUSTRIES ICPE.....	50
3.2.2 DATA CENTERS	54
3.3 RECUPERATION DE CHALEUR SUR EAUX USEES.....	57
3.3.1 STATION D'EPURATION (STEP)	57

3.3.2 COLLECTEURS.....	58
3.4 DECHETS (HORS BIODECHETS).....	59
3.5 GEOTHERMIE	60
3.5.1 INTRODUCTION A LA GEOTHERMIE	60
3.5.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE	63
3.5.3 POTENTIEL GEOTHERMIQUE SUR LA REGION CENTRE.....	65
3.5.4 ZOOM SUR LE POTENTIEL SUR AQUIFERES.....	68
3.5.5 REGLEMENTATION	69
3.5.6 POTENTIEL GEOTHERMIQUE ESTIME SUR LE TERRITOIRE	71
3.6 SOLAIRE THERMIQUE	72
4 BILAN.....	75
5 BIBLIOGRAPHIE.....	76

1 Production d'électricité renouvelable

1.1 Solaire

L'énergie solaire est exploitée depuis de nombreuses années pour produire de l'électricité et de la chaleur. Initialement cantonnée à des systèmes difficilement intégrables à un réseau, elle voit son développement exploser depuis une dizaine d'année avec des coûts de plus en plus compétitifs, devenant un levier majeur de la production d'énergie renouvelable dans le monde.

La production d'énergie à partir du soleil se divise en deux catégories :

- **La production d'électricité** se faisant à partir de **panneaux solaires photovoltaïques**, qui transforme le rayonnement solaire en électricité
- **La production thermique** vise à convertir le rayonnement solaire en chaleur, et sert principalement à produire de l'eau chaude sanitaire (ECS), même si des installations couvrant aussi une partie de la demande de chauffage se développent.

La production solaire photovoltaïque peut elle aussi se décomposer en deux catégories :

- Le **solaire toiture** correspond à l'intégration de panneaux photovoltaïques à une toiture. Cela permet de produire localement de l'électricité qui pourra être utilisée par le bâtiment. En revanche les contraintes d'intégration empêchent souvent une orientation optimale des panneaux, conduisant à des rendements plus faibles que le solaire au sol.
- Le **solaire au sol** permet de créer des fermes solaires de plus grande capacité (de quelques mégawatts à plusieurs centaines de mégawatts, comme la centrale de Cestas en Gironde). Avec des panneaux solaires mieux orientés, incluant parfois des trackers pour orienter le panneau en fonction de la course du soleil, ces centrales possèdent des rendements plus élevés que les panneaux directement posés sur toiture. Combiné avec des coûts plus faibles d'installation, le solaire au sol présente un coût par mégawattheure produit plus faible que le solaire toiture. En revanche la surface nécessaire est importante, posant la question de la concurrence d'occupation des sols avec d'autres usages et milieux (agriculture, bois, ...)

1.1.1 Solaire photovoltaïque sur toiture

Le calcul du potentiel de solaire photovoltaïque en toiture est réalisé en plusieurs étapes :

- Dans un premier temps, les bâtiments pouvant accueillir des panneaux solaires sont identifiés. Les contraintes patrimoniales sont prises en compte afin d'exclure les toits qui sont situés à proximité de bâtiments historiques ou dans des zones classées, par exemple. Les toits trop petits sont aussi exclus.
- Puis l'orientation du toit (sud-est, sud-ouest, etc.) est déterminée à partir de considérations géométriques simples.

- Puis, un modèle d'élevation de terrain permet de connaître l'inclinaison du toit, et donc la perte de productible correspondant à une inclinaison non optimale.
- Enfin, tous ces éléments permettent de calculer la surface de toit pouvant accueillir des panneaux photovoltaïques. Cela permet de calculer pour chaque toit une puissance potentiellement installable ainsi qu'un productible associé. La somme sur tous les toits donne accès au potentiel total du territoire.

1.1.1.1 Localisation des bâtiments potentiellement recouvrables

La liste des bâtiments de Tours Métropole utilisée est celle du cadastre. Cette dernière permet de localiser chaque bâtiment, et de définir précisément leur emprise au sol. Elle ne contient en revanche aucune information sur la forme du toit et son orientation.



Figure 1 - Vue du cadastre du centre-ville de Tours

Prise en compte des contraintes patrimoniales

Trois niveaux de sensibilité ont été retenus :

- | *Zones rédhibitoires* : zones où l'installation de PV toiture est impossible, sauf modifications réglementaires ;
- | *Zones très sensibles* : zones fortement contraintes, où les enjeux environnementaux et patrimoniaux rendent très complexe l'installation ;
- | *Zones sensibles* : zones contraintes, où l'implantation pourrait être possible mais nécessite une analyse approfondie au vu des enjeux considérés.

Zones rédhibitoires pour l'intégration de panneaux photovoltaïques aux toitures

Comme les panneaux photovoltaïques vont s'intégrer dans des zones déjà artificialisées, il n'y a pas de contraintes spécifiques liés à la préservation des milieux naturels avec le solaire toiture. En revanche, la modification structurelle des toitures rentre en conflit avec la préservation du patrimoine, et peut aussi entraîner des problèmes de co-visibilité avec certains monuments historiques aux alentours.

Par conséquent, les zones suivantes sont considérées comme rédhibitoire pour le solaire toiture :

- Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP)
- Sites classés et inscrits
- Périmètre de 500m autour des bâtiments historiques

Zones très sensibles pour l'intégration de panneaux photovoltaïques aux toitures

Sont aussi à considérer sur le territoire de la métropole les zones inscrites au **patrimoine mondial de l'UNESCO**. Ce patrimoine désigne un ensemble de biens culturels et naturels présentant un intérêt exceptionnel pour l'héritage commun de l'humanité. Il est actualisé chaque année depuis 1978. Sur le périmètre de la métropole, les bords de Loire sont inscrits au patrimoine de l'UNESCO. Ces zones ne sont pas considérées comme rédhibitoires mais des projets photovoltaïques peuvent être remis en cause au titre de cette inscription.

Aussi, on considèrera les zones suivantes comme très sensible pour le solaire toiture :

- Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP)
- Sites classés et inscrits
- Périmètre de 500m autour des bâtiments historiques
- Sites inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO.

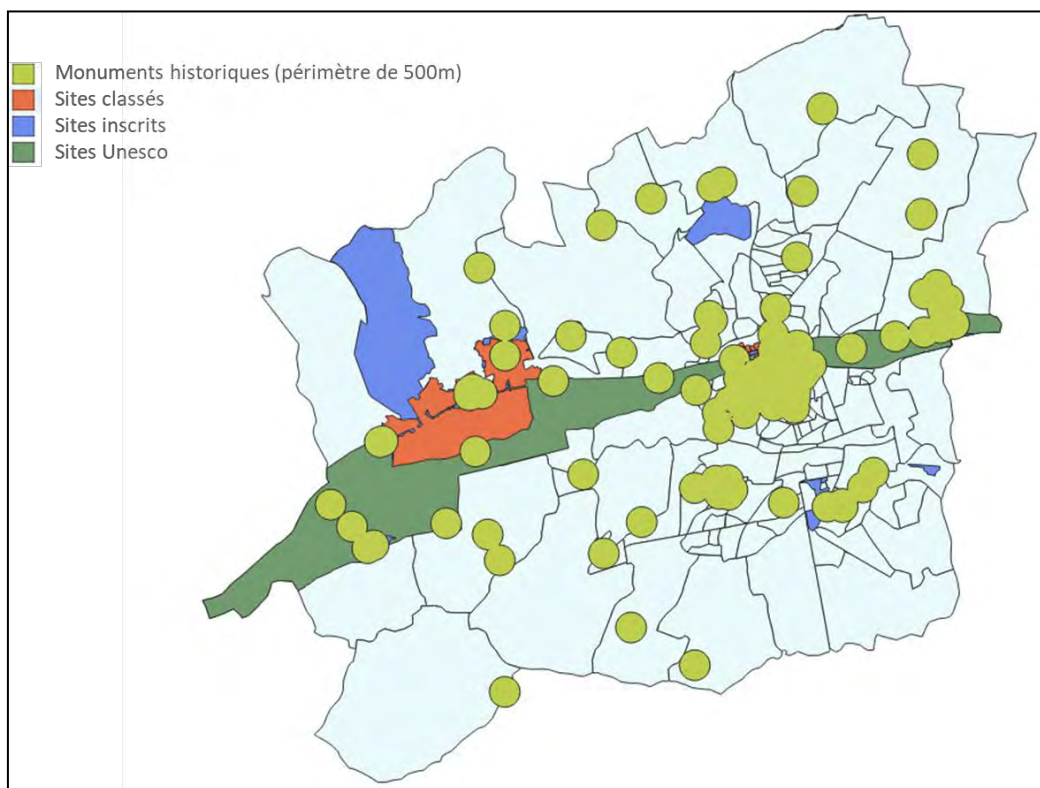


Figure 2 - Zones rédhitoires et très sensibles pour le solaire toiture

Le centre historique de Tours apparait ainsi comme fortement contraint, ainsi que les bords de la Loire et les communes de Luynes et Saint-Etienne-de-Chigny.

Zones sensibles pour l'intégration de panneaux photovoltaïques aux toitures

Enfin sont définies des zones tampons de protection définies par l'UNESCO autour des sites inscrits au patrimoine mondial. Selon les termes de l'UNESCO, ces zones constituent une protection supplémentaire de nature réglementaire ou coutumière. On les considérera donc uniquement pour le plus faible niveau de contraintes, en tant que zones sensibles.

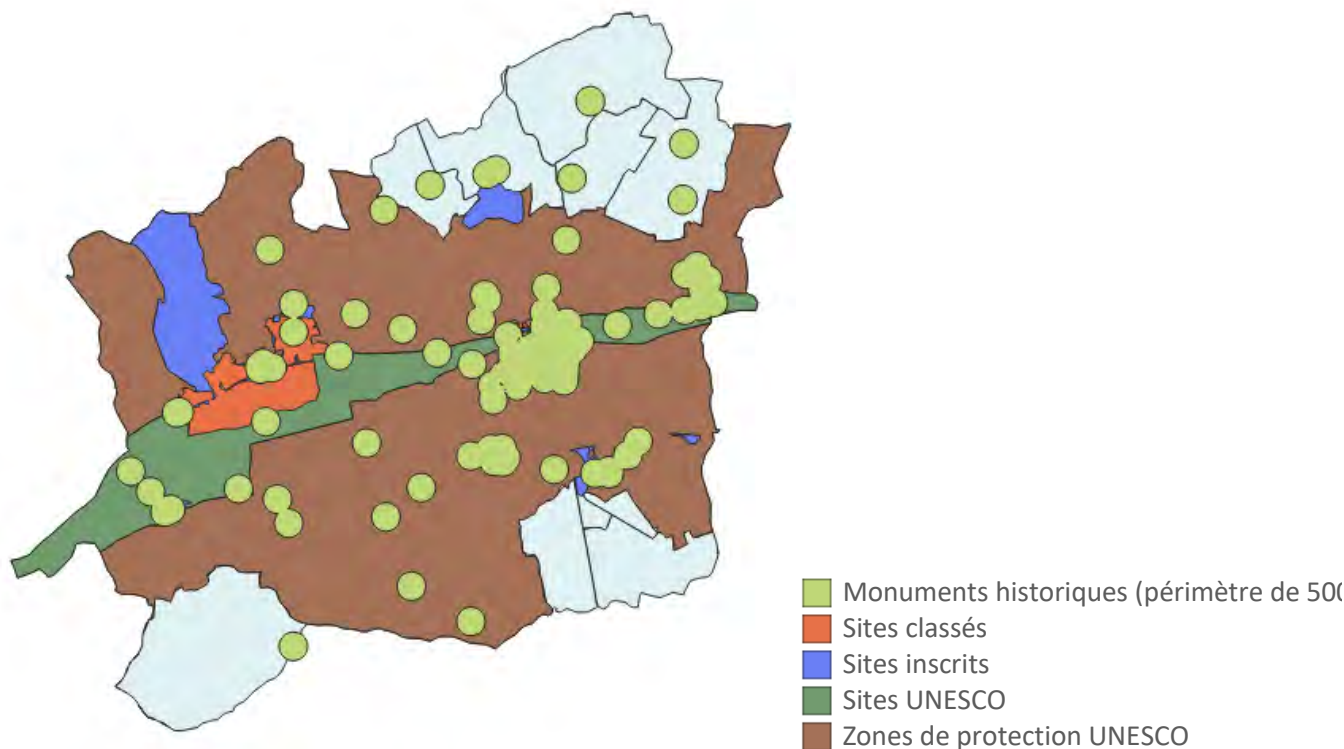


Figure 3 : Zones réhabilitables, très sensibles et sensibles pour le solaire toiture

1.1.1.2 Méthodologie de détermination du potentiel

Le cadastre fournit pour chaque bâtiment l'emprise au sol de ce dernier, mais il ne donne aucune information sur la forme du toit ainsi que l'exposition du bâtiment. Pour compléter ces éléments, nous avons utilisé le modèle d'élévation de terrain de Tours Métropole (modèle MNE/MNT) afin d'obtenir une estimation de l'inclinaison du toit ainsi que son orientation.

L'orientation du toit est obtenue en supposant que le faîtage du toit est parallèle au côté le plus long du bâtiment :

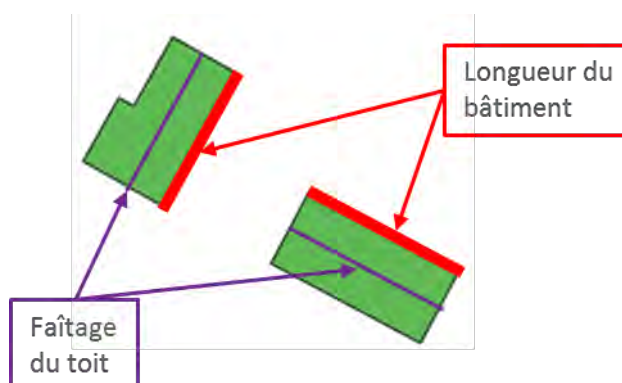


Figure 4 - Détermination du faîtage du toit

L'inclinaison du toit est ensuite estimée (calculs de trigonométrie) grâce au modèle d'élévation de terrain pour le bâtiment en question, qui donne l'élévation de tout point du bâtiment.

Occupation du toit

Pour les bâtiments avec toit incliné, nous supposons que **seul le côté le mieux exposé du toit est recouvert de panneaux solaires** (c'est-à-dire celui le mieux orienté par rapport au sud). Sur les toits, des éléments comme les cheminées et les velux empêchent d'exploiter à 100% la surface la mieux exposée. Des retours d'expérience de différents acteurs du secteur ont permis de poser l'hypothèse suivante : 20% de la surface la mieux exposée n'est pas mobilisable. Ainsi au total pour chaque bâtiment, **40% de la surface est mobilisable**.

Pour les bâtiments avec un toit plat, nous considérons que les panneaux sont placés sur des supports permettant d'optimiser l'orientation (panneaux orientés sud avec une inclinaison de 30 degrés), mais que l'espace nécessaire entre les panneaux solaires pour éviter les ombres projetées et laisser un passage pour l'entretien des panneaux amène à une **occupation des toits de 45%**.

Puissance installée

Après détermination de la surface disponible pour installer des panneaux photovoltaïques, la puissance installée est simplement fonction de la puissance au m² des panneaux. Une hypothèse de **165 Wc/m²** a été retenue pour cette étude.

Productible

Le productible est principalement fonction de l'ensoleillement de zone où est installé le panneau photovoltaïque. D'après des données d'historique de production sur la région centre Val de Loire (source : RTE-éco2Mix), il est possible de déterminer un nombre d'heure de fonctionnement à équivalent pleine puissance, c'est-à-dire le nombre d'heure équivalent qu'il serait nécessaire pour obtenir la même production annuelle avec un panneau qui produirait quelle que soit l'heure à sa puissance maximale. Le chiffre retenu est de **1050h**.

Si la puissance installée ne dépend pas de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux, ces deux paramètres ont une réelle influence sur le productible final. Par conséquent, il est nécessaire de corriger la production si les panneaux ne sont pas parfaitement orientés vers le sud, et si l'inclinaison des panneaux n'est pas de 30°. Les facteurs de correction pris en compte pour cette étude sont résumés dans la Figure 5.

INCLINAISON \ ORIENTATION		FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNEES			
		0°	30°	60°	90°
Est		0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est		0,93	0,96	0,88	0,66
Sud		0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest		0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest		0,93	0,90	0,78	0,55

Les positions grisées sont à éviter si elles ne sont pas imposées par une intégration architecturale

Figure 5 - Facteur de correction de production des panneaux photovoltaïques (Source : HESPUL)

1.1.1.3 Résultats

Potentiels Tours Métropole

Niveau de prise en compte des contraintes	Surface installée (millions de m ²)	Puissance installée (MWc)	Potentiel de production (GWh)	Pourcentage par rapport à la conso électrique du territoire (1650 GWh)
Aucune contrainte	11	1827	1786	108 %
Normal : sites inscrits, classés, monuments historiques, sites Unesco	7,2	1192	1162	70 %
Maximal : Normal + zones de protection Unesco	1,3	213	209	13 %

En prenant en compte un niveau normal de contraintes patrimoniales et en sollicitant l'ensemble des toitures des zones non contraintes, la production photovoltaïque sur toiture recouvre **70% de la consommation électrique actuelle du territoire.**

Cependant, il est peu réaliste de considérer une mobilisation de l'ensemble des toitures d'ici 2030. L'ADEME, dans son travail prospectif national (*les visions de l'ADEME 2030-2050*), estime par ailleurs à 20% la part des toitures qui seraient mobilisées en 2030. Un potentiel de production photovoltaïque toiture réaliste à horizon 2030 se trouve donc plus proche de **230 GWh**, soit 14% de la consommation électrique actuelle.

Potentiels par Communes

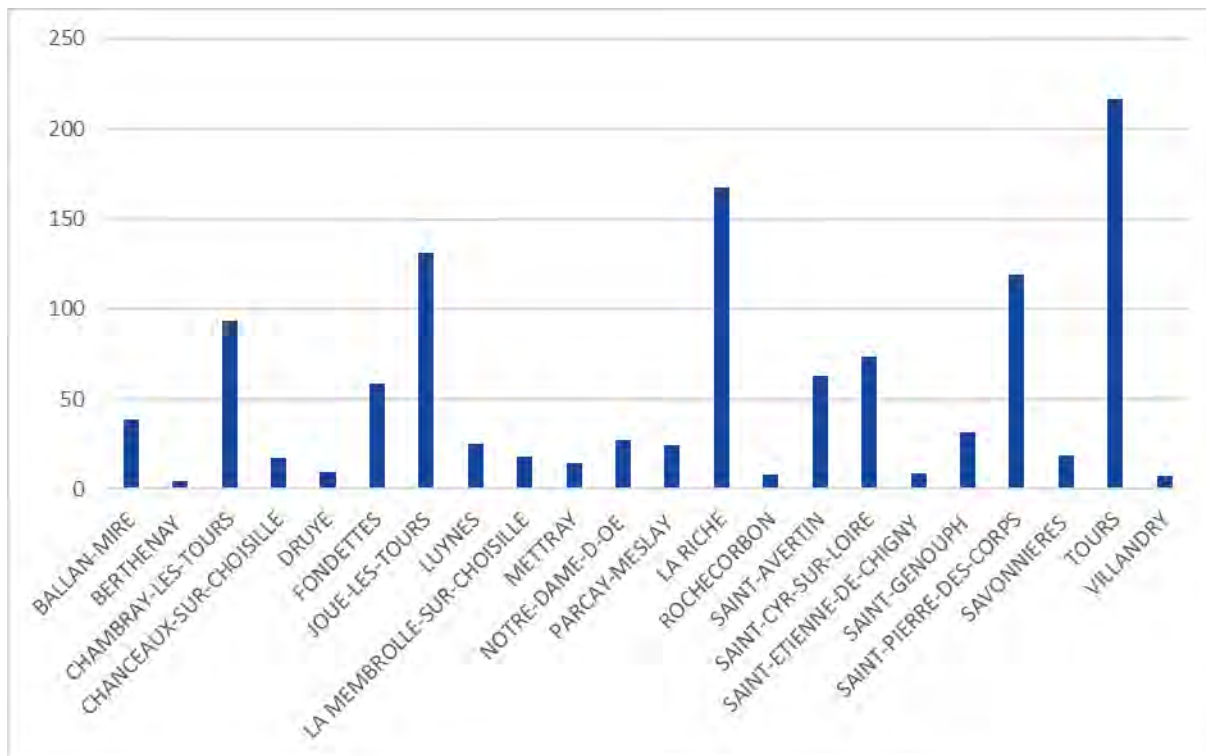


Figure 6 - Potentiel de production des panneaux photovoltaïques sur toiture par communes (GWh), niveau de sensibilité normal

Sans grande surprise, les communes ayant la plus grande surface de toits sont celles qui présentent le plus fort potentiel, à l’exception notable de Tours dont une part importante des toitures sont en zones très contraintes (proximité avec des monuments historiques et avec la Loire).

Potentiels par IRIS

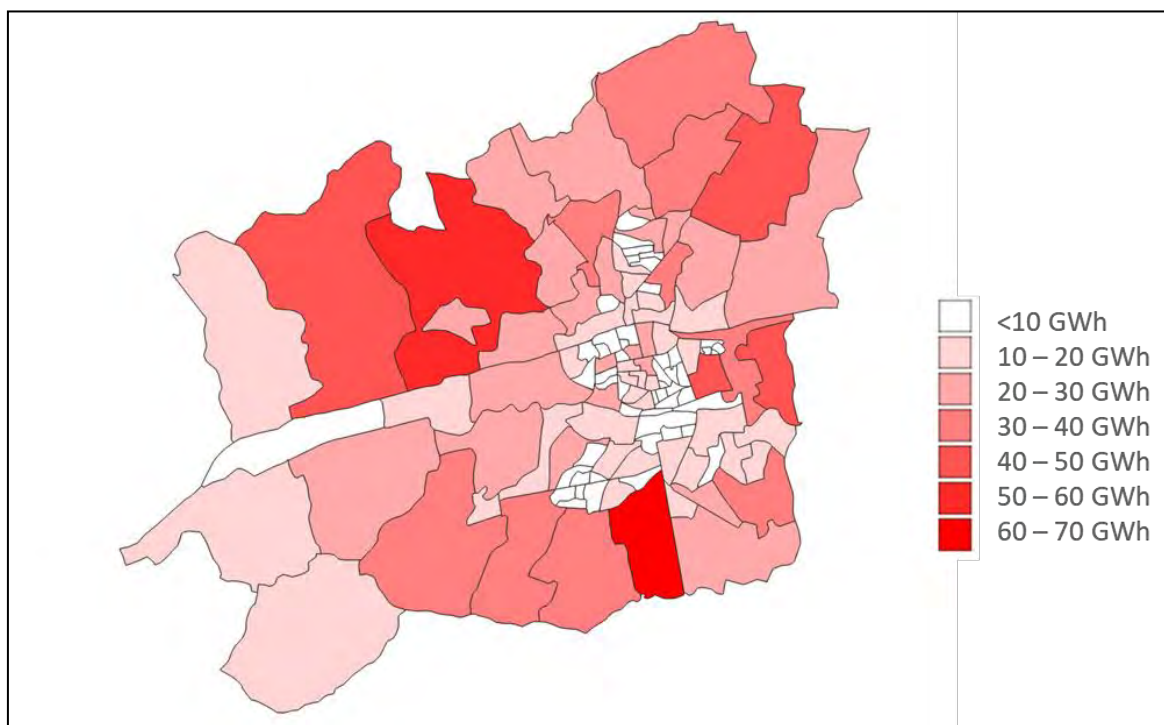


Figure 7 - Potentiel de production des panneaux photovoltaïques sur toiture par zone IRIS (GWh), niveau de sensibilité normal

1.1.2 Solaire photovoltaïque au sol

1.1.2.1 Méthodologie de détermination du potentiel

Comme pour l'éolien, la principale difficulté pour déterminer le potentiel sur le territoire réside dans le choix des zones disponibles pour installer les panneaux (ou éoliennes dans le cas de l'éolien). Même si les enjeux sont proches entre l'éolien et le photovoltaïque au sol, il existe des différences notables et structurantes qui obligent à avoir deux méthodologies distinctes de détermination des zones potentielles d'installation.

Les contraintes de sensibilité du territoire sont légèrement différentes entre les deux systèmes, mais c'est surtout l'emprise au sol qui est la plus impactante : si des éoliennes peuvent facilement être intégrées dans des zones agricoles au vu de la très faible emprise au sol, ce n'est pas le cas du photovoltaïque (PV). Pour le PV au sol, la concurrence d'occupation des sols est un critère déterminant, et le choix des zones potentielles doit se faire en accord avec ce changement d'usage.

On peut noter qu'il n'y a à ce jour pas de projets d'installation de photovoltaïque au sol à la connaissance des services de la métropole. Par ailleurs, un projet de centrale PV au sol sur la commune de Larçay a été abandonné en 2018 suite aux contestations des associations environnementales locales (la SEPANT et la LPO), pour des raisons d'incompatibilité avec la large diversité du site.

Sensibilité territoriale

Comme pour le potentiel solaire toiture, trois niveaux de sensibilité ont été retenus :

- | *Zones rédhibitoires* : zones où l'implantation de PV au sol est impossible, sauf modifications réglementaires ;
- | *Zones très sensibles* : zones fortement contraintes, où les enjeux environnementaux rendent très complexe l'implantation ;
- | *Zones sensibles* : zones contraintes, où l'implantation pourrait être possible mais nécessite une analyse approfondie au vu des enjeux considérés.

De la même façon que pour le solaire toiture, la détermination de ces zones sensibles ne remplace en aucun cas les études d'impact devant être faites dans le cadre de la conception d'un projet, devant prendre en compte l'intégralité des enjeux locaux.

Critères hydrologiques et géologiques – zones inondables

La Direction Départementale des Territoires fournit un ensemble d'informations sur le caractère inondable du territoire. Peuvent ainsi être définis des zones inondables autour de la Loire et du Cher qui traversent la métropole d'Est en Ouest.

Dans une démarche conservatrice, l'ensemble de zones définies ainsi ont été exclues et sont considérées comme rédhibitoire pour l'installation de photovoltaïque au sol.

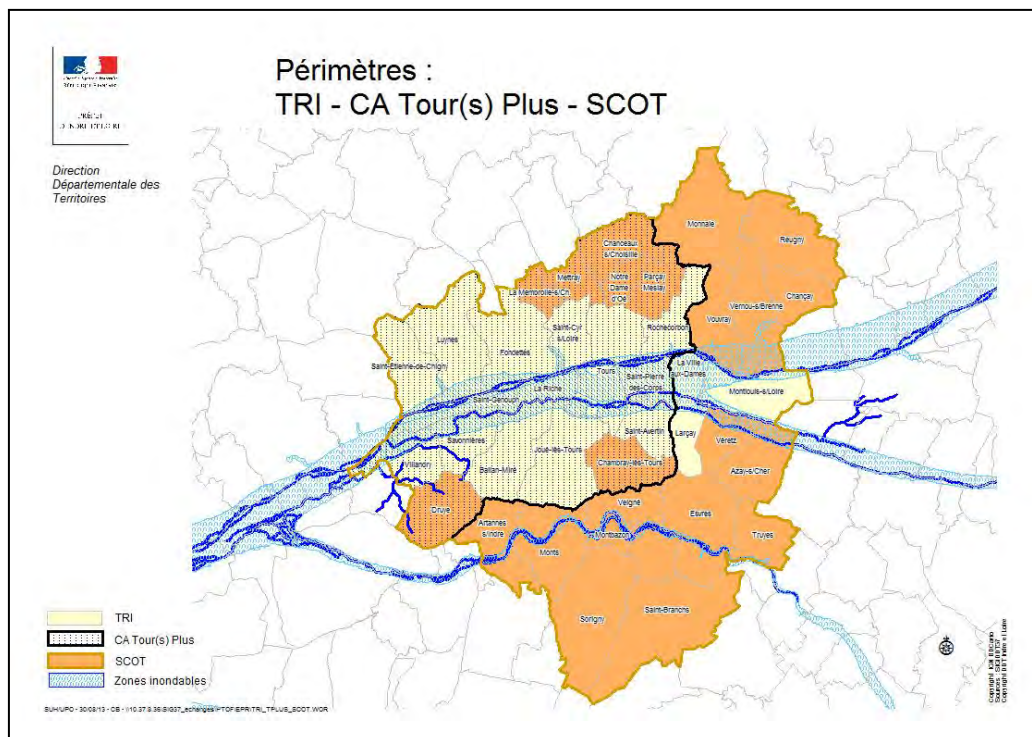


Figure 8 - Synthèse des zones inondables. Source : DDT

Patrimoine architectural et paysager

Les panneaux photovoltaïques au sol, surtout ceux occupant une grande superficie, altèrent profondément l'aspect d'un paysage. Par conséquent, les phénomènes de co-visibilité avec les éléments remarquables du territoire (monuments historiques, sites inscrits et classés...) doivent être pris en compte pour conserver une cohérence sur le territoire.

Les différentes sensibilités sont identiques à celle du solaire toiture (se référer à 1.1.1.1 pour plus d'informations sur ces différentes zones).

Il est important de souligner que même si les contraintes sont en théorie identiques entre l'éolien et le photovoltaïque au sol, les phénomènes de co-visibilité sont en général bien moindres dans le cadre d'une centrale photovoltaïque. En effet, les projets de parc éolien avec des hauteurs dépassant souvent les 100m sont bien plus visibles que des centrales au sol ne dépassant pas les quelques mètres de hauteur.

Occupation des sols

Base CORINE Land Cover

La base CORINE Land Cover est une base de données européenne d'occupation biophysique des sols. Elle s'articule sur 3 niveaux de détail, avec 5 catégories au premier niveau, 15 au niveau 2 et 44 au niveau 3.

Le premier niveau de la base CORINE Land Cover se décompose comme suit :

- | Territoires artificialisés
- | Territoires agricoles
- | Forêts et milieux semi-naturels
- | Zones humides
- | Surfaces en eau

Les trois dernières catégories sont incompatibles avec le développement de solaire photovoltaïque. Pour les territoires agricoles la question de la concurrence de l'usage du sol se pose pleinement. Dans notre étude de potentiel, une **contrainte forte de non utilisation des territoires agricoles** a été retenue. Elle est explicitement mentionnée dans le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) de la métropole. Ainsi seuls les territoires artificialisés non agricoles constituent des zones possibles pour le solaire photovoltaïque.

La base CORINE Land Cover sépare ces territoires artificialisés en sous-catégories (niveaux 2 et 3) :

- | Zones urbanisées
 - Tissu urbain continu
 - Tissu urbain discontinu
- | Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication
 - Zones industrielles ou commerciales et installations publiques

- Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- Zones portuaires
- Aéroports
- | Mines, décharges et chantiers
 - Extraction de matériaux
 - Décharges
 - Chantiers
- | Espaces verts artificialisés, non agricoles
 - Espaces verts urbains
 - Equipements sportifs et de loisirs

Les zones majoritairement couvertes par des bâtiments sont concernées par l'installation de panneaux photovoltaïques sur toiture mais pas au sol, ce qui inclut les zones urbanisées, les zones industrielles ainsi que les équipements sportifs et de loisirs (La question des parkings est traitée séparément par la suite). Les réseaux routiers et ferroviaires sont aussi considérés comme non mobilisables. Les espaces verts urbains sont considérés comme mobilisables, même si leur utilisation conduirait à une réduction importante de la végétation en zone urbaine, en particulier aux abords de la Loire et du Cher dans le centre de Tours et à Joué-lès-Tours.

Les zones restantes sont ainsi considérées comme mobilisables pour le développement de panneaux photovoltaïques au sol :

- | Aéroports
- | Extraction de matériaux
- | Décharges
- | Chantiers
- | Espaces verts urbains

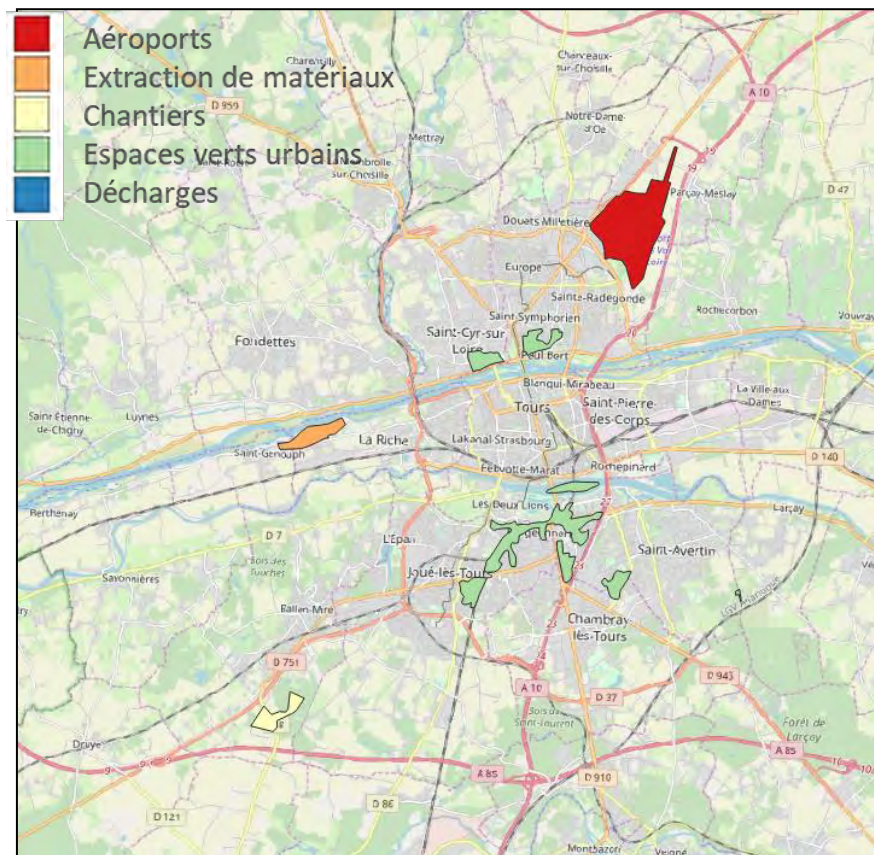


Figure 9 - Occupation des sols : zones favorables pour le photovoltaïque au sol d'après la base CORINE Land Cover

Utilisation de la base BD TOPO pour la localisation des parkings

Dans les espaces urbains, en particulier dans les zones commerciales, les parkings constituent des zones facilement mobilisables pour l'installation de panneaux photovoltaïques, via des installations de type ombrière se plaçant au-dessus des places réservées aux voitures.

Un recensement des parkings sur le territoire de Tours Métropole a été réalisé à l'aide de la base de données BD TOPO, afin de mettre en évidence les potentiels de déploiement d'ombrières solaires sur ces différentes zones.

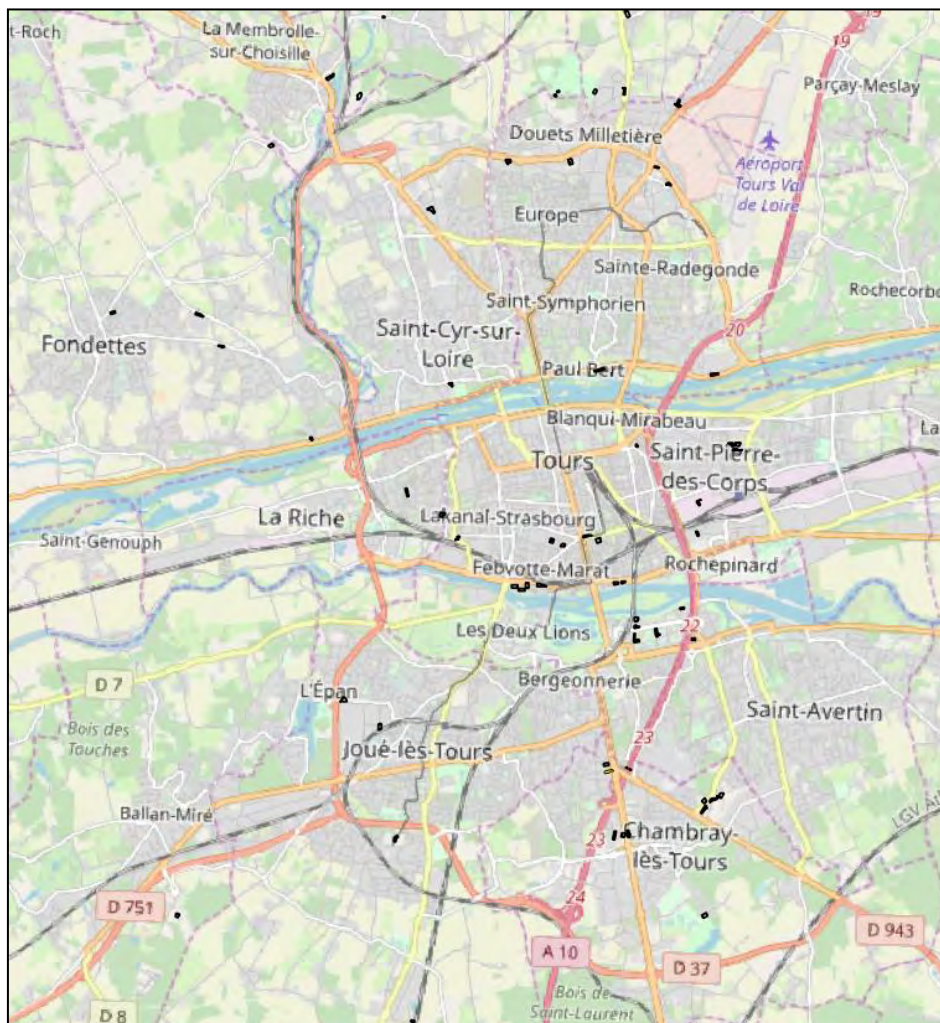


Figure 10 – Aire de stationnement d'environ un demi-hectare et plus sur le territoire de Tours Métropole.
Source : BD TOPO

Comme on peut le voir sur la Figure 10, les parkings sont regroupés dans les zones urbaines, en particulier dans les communes de Tours, Saint-Pierre-des-Corps, Joué-lès-Tours et Chambray-lès-Tours.

Croisement de la sensibilité territoriale et de l'occupation des sols

Au vu de l'hypothèse très restrictive prise sur la non utilisation des surfaces agricoles, les zones potentielles pour le photovoltaïque au sol sont réduites. Elles correspondent uniquement à des surfaces artificialisées non agricoles. Par conséquent les zones de sensibilité territoriale listées précédemment sont souvent hors périmètre (quasi absence de milieux naturels).

Les contraintes liées au patrimoine architectural et paysager impactent quelques zones avec des parkings, très proches de certains monuments historiques. Les zones inondables de la Loire et du Cher peuvent aussi impacter certaines espaces verts urbains qui leur sont proches.

Comme précisé auparavant, les centrales photovoltaïques au sol rentrent en concurrence directe avec les autres milieux dont ils occupent l'espace. Il est donc nécessaire d'avoir une idée précise de l'occupation du sol sur le territoire de Tours Métropole, et d'identifier les zones où le PV au sol pourrait s'intégrer. De plus, le SCoT proscrit l'installation de photovoltaïque au sol dans les zones naturelles et agricoles. Les zones retenues ont donc été recoupées avec la base de données de Mesure d'Occupation des Sols (MOS) fournie par l'agence d'urbanisme de la ville de Tours.

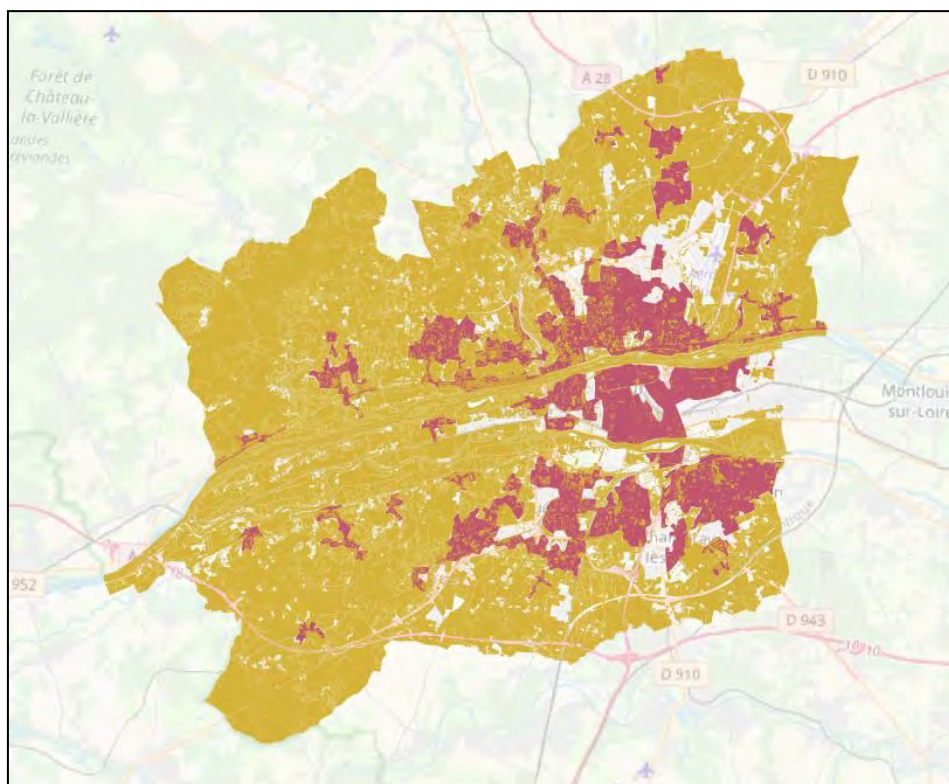


Figure 11 - En jaune : zones naturelles, zones agricoles, surfaces d'eau et végétation du MOS. En rouge : zones urbanisées issues de Corine Land Cover

On visualise les zones naturelles, les zones de végétation, les zones agricoles et les surfaces d'eau du MOS (en jaune) ainsi que les zones urbanisées issues de Corine Land Cover (en rouge). Les espaces verts urbains identifiés pour le photovoltaïque au sol se trouvent dans des zones naturelles du MOS et doivent donc être exclus, selon les critères du SCoT.

L'ensemble de ces contraintes est globalement important et ne laisse l'opportunité de projets qu'au niveau de l'aéroport et des 21 hectares de parkings recensés sur la métropole.

Basol et Basias

Enfin les bases de données Basol et Basias ont été analysées afin de compléter l'analyse de potentiels. Basol est une base de données nationale qui répertorie les « sites et sols pollués (SSP) ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif ». 31 sites sont répertoriés sur la métropole. Les sites sont très hétérogènes tant dans leur nature (des entrepôts de stockage, de fabrication, des garages, des déchetteries) que dans leur dimension. On a retenu en

première approche les déchetteries et décharges dont l'activité est terminée. On retient l'ancienne décharge située à Tours sur l'île de Balzac, en zone inondable, donc inexploitable pour l'installation de photovoltaïque. Les autres sites sont encore en exploitation. La déchetterie de la Billette à Joué-lès-Tours, fermée en 2008, semble constituer une éventuelle piste à explorer.

Basias est l'acronyme pour la *Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Services*. C'est une base de données nationales qui recense les sites dont les activités ont pu donner lieu à la présence de polluants dans le sol et les eaux souterraines. La base en recense ainsi 31 en friche et non réaménagés. De même, ces sites sont de nature très hétérogène et ont souvent une superficie réduite (anciens dépôts, garages ou ateliers par exemple).

Ces nombreux sites nécessiteraient des analyses complémentaires plus poussées, à étudier au cas par cas, pour pouvoir y envisager l'installation de photovoltaïque au sol. Ces deux bases n'ont pas été retenues pour le potentiel chiffré du fait de la grande hétérogénéité des sites.

Détermination de la puissance installée et du productible

Puissance installée

Un rendement moyen de **0,6 MW par hectare** a été retenu pour la puissance installée sur les surfaces favorables.

Productible

Le même nombre d'heure de fonctionnement à équivalent pleine puissance que le photovoltaïque sur toiture a été retenu pour le photovoltaïque au sol. Le chiffre retenu est de **1050 h**.

1.1.2.2 Résultats

Potentiels Tours Métropole

	Surface installée (ha)	Puissance installée (MWc)	Potentiel de production (GWh)
Parkings	21	13	13
Aéroports	106	63	66
Extraction de matériaux	29	17	18
Décharges	0	0	0
Chantiers	46	28	29

Espaces verts urbains	317	190	200
Total	519	311	327
Total (hors réhibitoire, très sensible et sensible)	128	77	81

1.2 Eolien

Les éoliennes sont aujourd’hui une technologie mature, qui permet de produire de l’électricité à des coûts de plus en plus compétitifs. Si son déploiement en France reste limité, cela est en partie dû à la complexité de trouver des zones où l’implantation d’éoliennes est possible. En effet, de nombreuses contraintes sur l’occupation de l’espace existent, avec par exemple des distances minimales à respecter avec les habitations, des zones naturelles à préserver ou encore des servitudes militaires à prendre en compte lors du design d’un projet.

L’objectif de cette analyse est de déterminer à l’échelle du territoire de Tours Métropole si des zones possibles pour l’implantation d’éoliennes existent, au vu des fortes contraintes patrimoniales du territoire.

1.2.1 Détermination des zones d’exclusion

La première étape de l’évaluation du potentiel éolien repose sur la détermination de zones favorables. Pour cela, les enjeux spécifiques au territoire de Tours Métropole pouvant entrer en conflit avec un projet éolien ont été listés. Ces différentes contraintes ont été regroupées dans plusieurs catégories, et séparées en trois niveaux de sensibilité :

- | *Zones réhibitoires* : zones où l’implantation d’éoliennes est impossible, sauf modifications réglementaires ;
- | *Zones très sensibles* : zones fortement contraintes, où les enjeux environnementaux rendent très complexe l’implantation d’éoliennes ;
- | *Zones sensibles* : zones contraintes, où l’implantation d’éoliennes pourrait être possible mais nécessite une analyse approfondie au vu des enjeux considérés.

1.2.1.1 Patrimoine architectural et paysager

Afin de préserver l'intégrité visuelle de tous les monuments historiques, toute demande d'accord de travaux dans un rayon de 500 mètres d'un bâtiment historique devra recevoir l'aval de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF). Par conséquent, au vu du type de projet que représente une éolienne (dont la hauteur dépasse la plupart du temps les 100 mètres), il est considéré que cette zone tampon de 500m autour des bâtiments historiques est rédhibitoire pour l'implantation d'éolienne.

Les sites inscrits et classés correspondent à des lieux dont l'intérêt historique, artistique, scientifique, légendaire ou pittoresque a été reconnu, justifiant une protection particulière. Ils correspondent ainsi à des zones **rédhibitoires** pour le développement éolien.

On peut se référer à la section 1.1.1.1 d'étude du potentiel solaire sur toiture pour visualiser les cartographies de ces zones.

1.2.1.2 Zones urbanisées

Les éoliennes sont à l'origine de différentes nuisances (principalement sonores) qui peuvent gêner les riverains habitant à proximité. La loi prévoit ainsi une distance minimale de 500 mètres entre une éoliennes et des habitations. Il est cependant important de noter que cette interdiction est un minimum, et peut évoluer lors de l'analyse d'impact de chaque projet éolien, selon la disposition géographique de la zone.

Ci-dessous ont été tracées les zones tampons de 500 m autour de tous les bâtiments de la métropole sur la base du cadastre des bâtiments récupérés sur le site gouvernemental suivant :

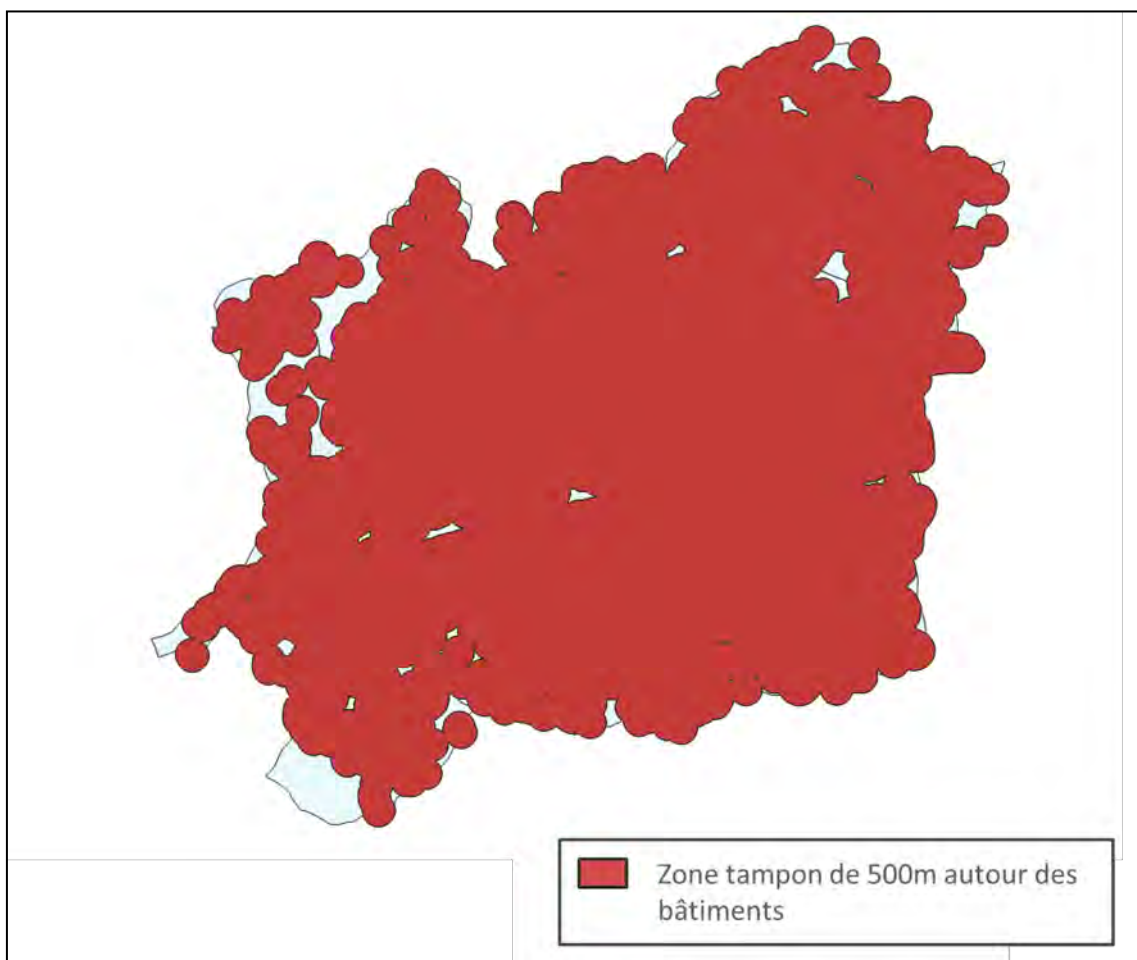


Figure 12 - Zones urbanisées, zones rédhibitoires

1.2.1.3 Milieux naturels

Le territoire de la métropole de Tours est en grande partie artificialisé (zones urbanisées ou zones agricoles), mais possède encore des zones naturelles peu transformées, regroupées dans différents ensembles de sensibilités écologiques diverses, dont la protection varie de l'un à l'autre.

Les zones forestières représentent la majeure partie de ces milieux naturels, et les principaux massifs forestiers se situent en périphérie du territoire (en particulier au Nord-ouest à cheval sur les communes de Saint-Étienne-de-Chigny et de Luynes).

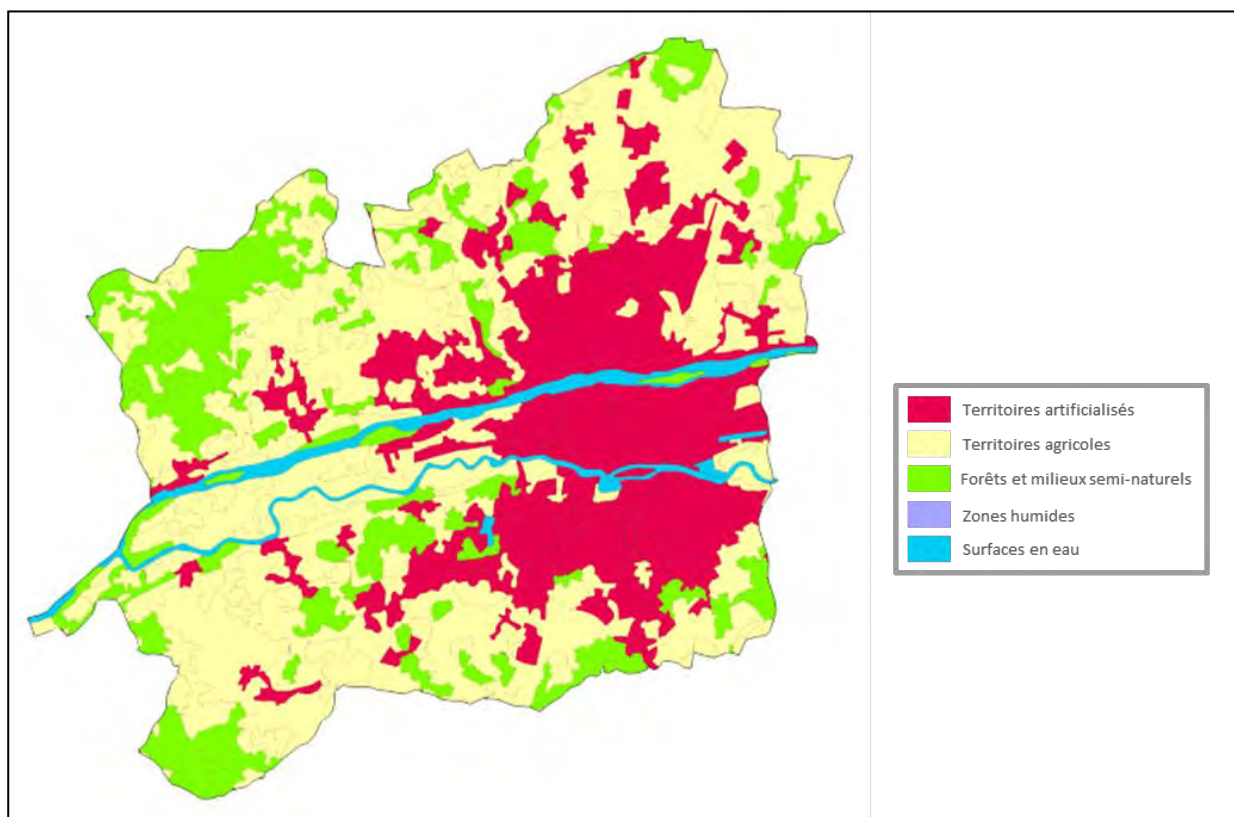


Figure 13 - Occupation des sols (Source : base CORINE Land cover)

1.2.1.4 Synthèse

Au vu des contraintes patrimoniales, d'urbanisation et des milieux naturels, aucune zone favorable à l'éolien ne semble se dégager sur le territoire. Sauf évolution réglementaire majeure, l'implantation d'éoliennes sur le territoire apparaît donc très complexe.

Cela est d'ailleurs confirmé par le SRCAE qui exclut la métropole des zones potentielles pour développer des projets éoliens.

On peut donc considérer que le potentiel éolien de la métropole est négligeable.

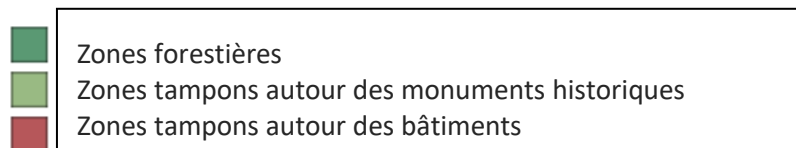
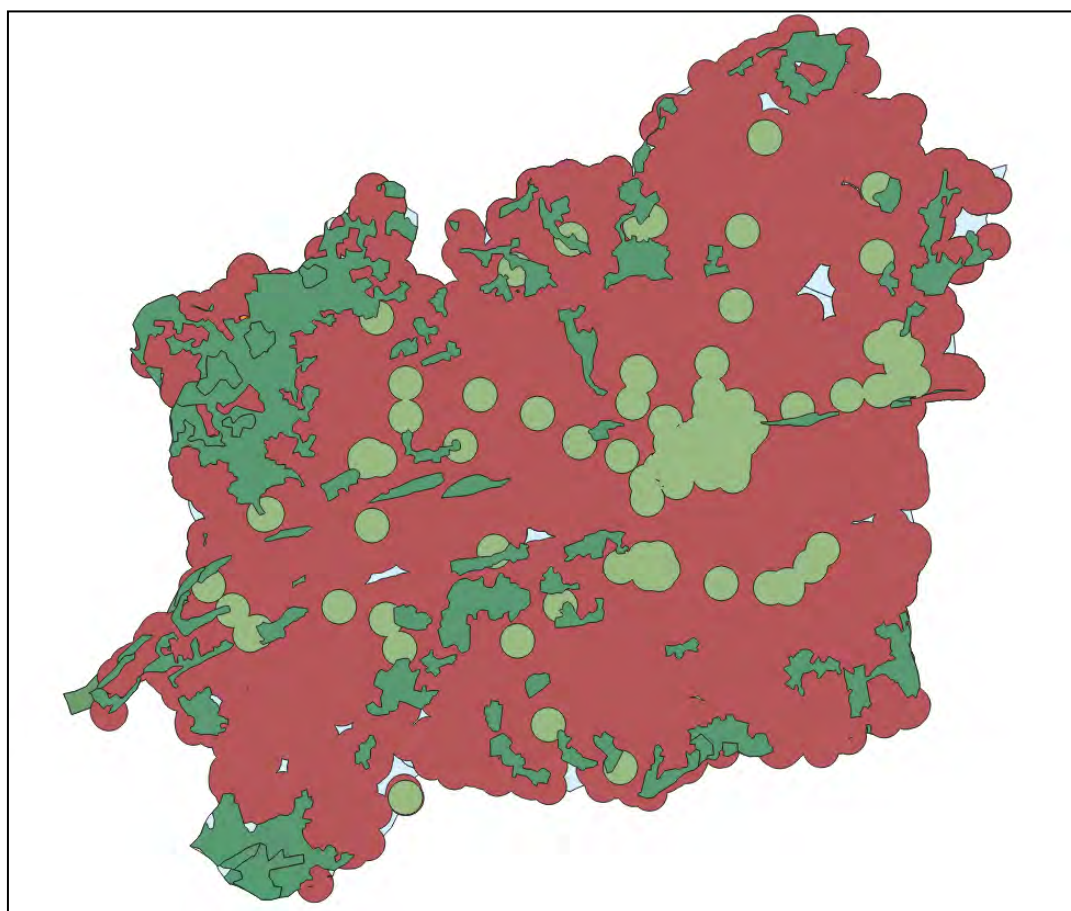


Figure 14 Synthèse des contraintes urbaines, forestières et patrimoniales pour la métropole

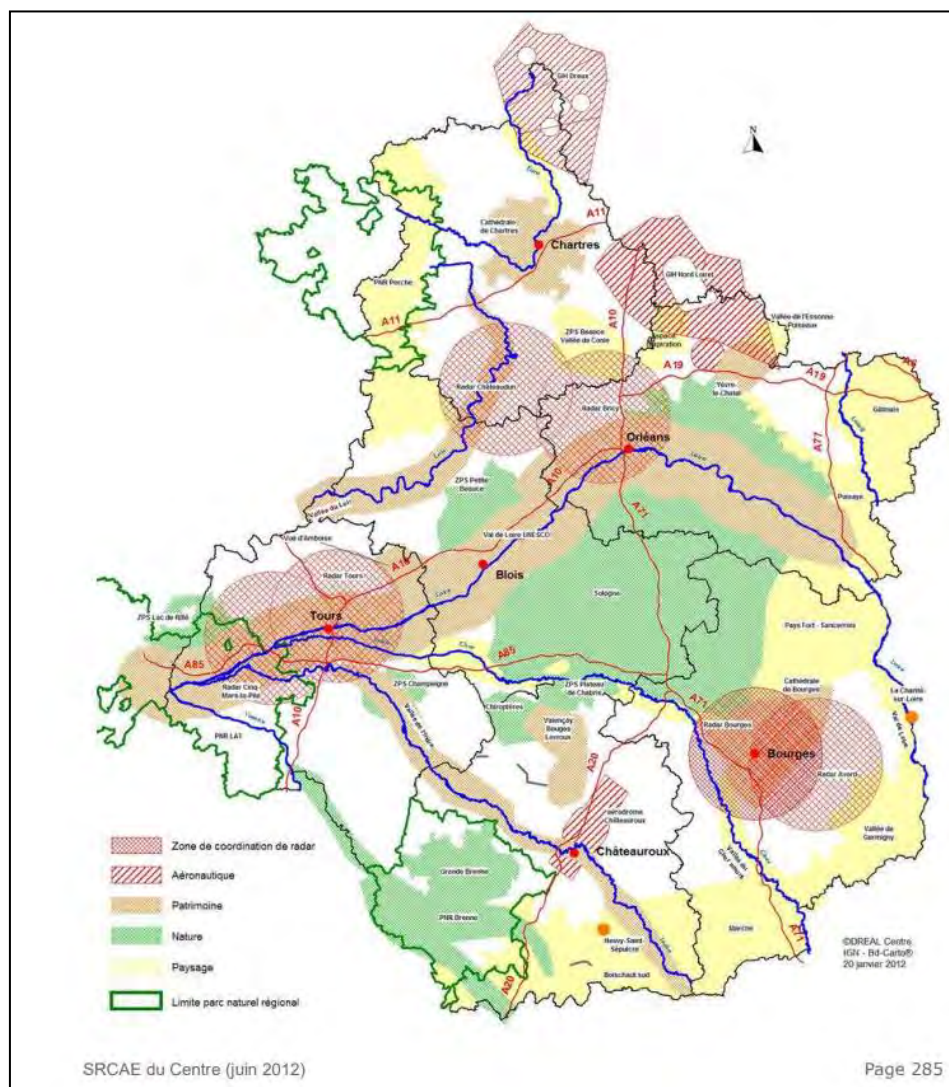


Figure 15 - SRCAE du Centre (juin 2012) source : DREAL

1.1 Hydroélectricité

Les centrales hydroélectriques sont la première source d'énergie renouvelable électrique en France. Ces centrales couvrent entre 10% et 15% de la production totale, en fonction des apports hydrique de l'année. Les centrales hydroélectriques peuvent être séparées en deux catégories :

- | **Les centrales au fil de l'eau** utilisent le débit d'un cours d'eau pour faire tourner une turbine, elle-même entraînant un alternateur permettant de produire de l'électricité. Ces centrales sont adaptées à la plupart des cours, et nécessite peu d'investissement en comparaison avec des centrales avec retenue d'eau. Cette absence de retenue d'eau empêche le contrôle de la production d'électricité, qui dépend par conséquent uniquement du débit de cours d'eau.
- | **Les centrales lacs** sont associées à une retenue d'eau. Cette dernière permet de moduler la production en fonction de la demande, et constitue ainsi un atout précieux pour la stabilité du

réseau électrique. Ce type de centrale ne peut pas être installé sur n'importe quel cours d'eau, car la géographie de la zone doit permettre la création d'une retenue d'eau, et une forte hauteur de chute doit être présente pour avoir une puissance électrique en sortie suffisante.

Le périmètre de Tours Métropole ne disposant de relief suffisant pour l'implantation de centrales lacs, les seuls potentiels étudiés par la suite correspondent aux centrales hydroélectriques au fil de l'eau.

1.1.1 Détermination des localisations potentielles de centrales

1.1.1.1 Identification des cours d'eau

Le territoire de Tours Métropole est traversé par 4 cours d'eau. Le principal est **la Loire** qui traverse la métropole sur un axe Est-Ouest. **Le Cher** est le deuxième cours d'eau en termes de débit moyen, traversant également sur un axe Est-Ouest la métropole, en particulier la commune de Tours. 2 affluents de la Loire avec des débits plus faibles maillent aussi la partie nord du territoire : **la Bresme** et **la Choisille**.



Figure 16 - Les cours d'eau traversant la métropole de Tours

1.1.1.2 Localisation des sites

La loi du 16 octobre 1919 sur l'utilisation de l'énergie hydraulique a créé le régime général de l'usage de l'énergie hydraulique en France, en les soumettant systématiquement à une autorisation ou concession. Cependant les droits fondés en titre constituent des dérogations à ce régime général : ce

sont des droits qui ont été accordés par le régime féodal de la Couronne, et qui n'ont pas été abolis lors de la révolution française. Par conséquent, sur l'emplacement d'un ancien moulin il n'est pas nécessaire d'obtenir une autorisation pour exploiter une centrale hydroélectrique, une simple déclaration de changement d'usage est demandée. Il reste cependant nécessaire de s'assurer que les autres lois encadrant l'exploitation d'un cours d'eau soient respectées (liberté de circulation des poissons, protection de la nature ...).

Au vu de la complexité d'obtenir une autorisation pour créer une centrale, cette étude des potentiels s'est concentrée sur la recherche de lieux bénéficiant d'un droit fondé en titre. La détermination de ces lieux s'est faite grâce à l'exploitation des cartes de Cassini, datant du XVIIIème siècle, et constituant encore un des outils de référence pour déterminer ces droits.

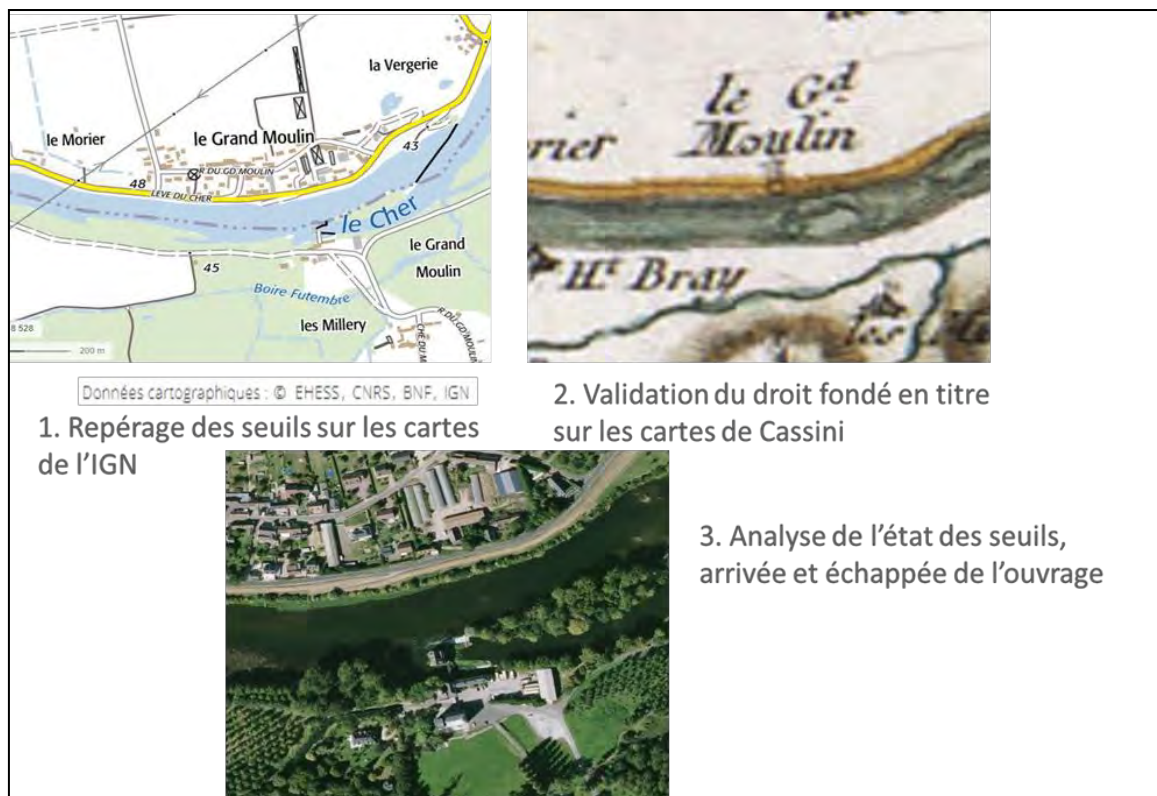


Figure 17 - Exemple des étapes de repérage d'un ouvrage: le Grand Moulin de Ballan Miré

Avec cette méthode, une vingtaine d'ouvrages avec un droit fondé en titre ont été recensés sur le périmètre de la métropole de Tours, dont 1 sur le Cher.

1.1.2 Détermination des potentiels

Un des points importants de la détermination d'un potentiel hydraulique est l'évaluation du débit de la rivière. Les débits modulaires des cours d'eau (disponibles sur Wikipédia) montrent que la Choisille et la Bresme ont des débits négligeables.

Cours d'eau	Nombre de moulins	Débit modulaire (m3/s)
Cher	1	96
La Choisille	11	< 1
La Bresme	6	< 1

On ne tiendra donc compte que d'un potentiel hydraulique que pour le Grand Moulin situé à Ballan Miré, sur le Cher.

Le **débit d'équipement** de la centrale est ensuite pris à 60% du débit modulaire, ce qui correspond à la fraction du débit qui sera utilisé par la turbine pour générer de l'électricité. Il est ensuite possible de déterminer la puissance P de la centrale selon la formule suivante :

$$P = Q_e H g \eta \rho$$

Avec :

- | P la puissance en W
- | Q_e le débit en m3/s
- | H la hauteur de chute en m
- | g l'accélération de pesanteur 9,81 m/s²
- | η le rendement global de l'installation, pris à 70
- | ρ la masse volumique de l'eau 1000 kg/m³

Le productible espéré est ensuite évalué en considérant un nombre d'heures équivalent de fonctionnement à pleine puissance. Ce nombre d'heure représente le fait que la centrale ne fonctionne pas toujours à pleine puissance, à cause de la variation du débit d'eau au cours du temps. Un nombre de **3500h équivalent pleine puissance** a été retenu, en accord avec une étude sur l'évaluation du potentiel hydroélectrique du bassin Loire Bretagne.

1.1.3 Résultats

Le potentiel total est évalué à **1.4 GWh de production par an**. Cela correspond à moins d'un millième de la consommation totale d'énergie de Tours Métropole.

Le potentiel hydraulique est par conséquent très faible en regard de la consommation du territoire. Certains sites pourraient cependant être mobilisés et apporter une contribution, certes modeste, à la production d'électricité renouvelable de la métropole.

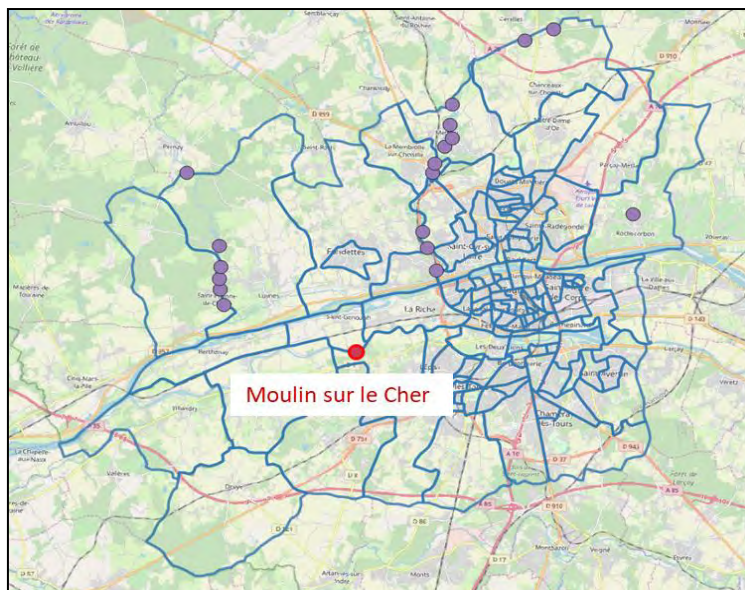


Figure 18 – Cartographie des moulins du territoire

2 Production de gaz renouvelable

2.1 Méthanisation

La méthodologie employée est directement reprise de celle qu'a utilisée l'ADEME dans son estimation du potentiel à l'échelle départementale (ADEME, 2013). Elle offre une approche systématique permettant de couvrir l'ensemble des filières d'intrants jugées pertinentes (e.g. déchets issus de l'agriculture ou des ménages).

2.1.1 Filières d'intrants considérées

L'ADEME a identifié neuf filières différentes auxquelles se trouve associé un gisement potentiel de production. Ces gisements sont issus de la méthanisation des déchets provenant de :

- l'agriculture (déjections animales et résidus de culture)
- l'industrie agro-alimentaire
- l'assainissement (boues et graisses recueillies en STEP, matières de vidange)
- des ménages (part fermentescible des ordures ménagères)
- des marchés
- la restauration (incluant la restauration commerciale, collective et les huiles usagées)
- la distribution (petites et grandes surfaces)
- des petits commerces
- des déchets verts (non comptés par ailleurs)

Dans la présente étude, nous avons considéré les différentes filières énumérées ci-dessus à l'exception de celle issue de l'assainissement car les données d'entrée collectées n'étaient pas suffisantes pour obtenir des estimations précises. Pour information, les boues et graisses recueillies en STEP représentent souvent un potentiel marginal de production de biogaz par rapport aux autres intrants, en particulier les biodéchets et l'agriculture.

2.1.2 Méthodologie

La méthodologie employée par l'ADEME peut se résumer en 3 étapes :

1. les **données structurelles** d'un domaine d'activité producteur (cheptel, assolement, nombre de salariés, nombre d'habitants, etc.), sont croisées avec des **ratios de production de matières**;
2. différents **ratios de valorisation** sont ensuite appliqués à ces estimations (taux de réduction, de mobilisation technico-économique, etc.), afin d'en déduire un **gisement net disponible**;
3. des facteurs permettent d'estimer la **part fermentescible** des déchets collectés (i.e. biodéchets) et leur **potentiel méthanogène**, dans le but d'obtenir des estimations en énergie.

Dans une dernière étape, l'ADEME applique un ratio censé représenter une hypothèse de pénétration de la filière méthanisation sur le marché. Cette hypothèse est écartée dans notre étude, le taux de pénétration de la filière n'étant pas déterminé a priori mais résultant de l'optimisation du système.

Nous avons cherché à estimer le gisement disponible à l'échelle de la métropole de Tours, à travers l'utilisation de données structurelles disponibles à une résolution spatiale plus fine (généralement à la commune) que celle employée par l'ADEME. Lorsque les informations disponibles l'ont permis, nous avons cherché à corroborer (ou infirmer et modifier) les hypothèses faites par l'ADEME concernant les ratios de production, de mobilisation du gisement.

Bien souvent, les données structurelles disponibles obéissent à un compromis entre résolution spatiale et finesse des estimations suivant d'autres critères (typologies). Parfois la perte d'information associée à l'obtention d'une meilleure résolution spatiale a rendu impossible l'application de la méthodologie proposée, basée sur un découpage typologique trop fin (types d'espèces d'élevage, de culture, etc.) **Nous avons alors cherché à estimer le gisement associé à la métropole de Tours à partir du gisement départemental estimé par l'ADEME. Il s'agissait dès lors d'utiliser une source de données directement corrélée au gisement de production, et fournissant une estimation de sa distribution géographique au sein du département, en vue de déterminer la part du gisement départemental à attribuer à la métropole.**

2.1.3 Données utilisées

Nous présentons ici les données utilisées dans notre étude. Nous décrivons tout d'abord les données structurelles et ratios de production utilisés. Puis nous décrivons les différents ratios de valorisation permettant d'aboutir au calcul du gisement net disponible.

2.1.3.1 Données structurelles, approche d'estimation et ratios de production

Filières	Données structurelles	Ratios de production	Commentaires
Déjections d'élevages	Cheptels issus du Recensement Général Agricole (Agreste, 2010)	Masse de déjection produite par animal et par an, pour chaque espèce (voir ADEME 2013, p. 18)	Les typologies d'espèces décrites dans le RGA et l'ADEME sont proches et permettent l'application de la méthodologie proposée.
Résidus de cultures	Superficie agricole (Agreste, 2010)		L'information communale du RGA concernant les types de cultures n'est pas suffisamment précise. Nous avons choisi d'estimer le gisement à partir de celui de l'Indre-et-Loire estimé dans (ADEME, 2013), au prorata

			de la surface agricole (indifférenciée).
Déchets issus de l'Industrie Agro-Alimentaire (IAA)	Effectifs salariés par type d'activité (Base SIRENE, (INSEE, 2018))	Production de déchets par employé et type d'activité (ADEME 2013, p 37-38)	
Déchets issus des ménages	Population (INSEE, 2014)	Le ratio de production d'Ordures Ménagères résiduelles, i.e. OMr : 173 kg/hab/an (chiffre de la métropole) et la fraction fermentescible : 29% (ADEME, 2013), p.50).	L'ADEME estime qu'une partie des déchets issus de l'activité économique (e.g. petits commerces), est collectée en mélange avec les OMr. Afin de suivre la méthodologie de (ADEME, 2013) et d'éviter un double compte, le ratio de production d'OMr proposé est réduit de 22%, pour une valeur finalement utilisée de : 135 kg/hab/an.
Déchets issus de la restauration commerciale + huiles usagées	Effectifs salariés par type d'activité (Base SIRENE, (INSEE, 2018))	Production de déchets et d'huiles usagées par employé et type d'activité (ADEME 2013, p.57 et p. 60)	
Déchets issus de la restauration collective	Nombre d'équipements par type d'activité (Base Permanente des Equipements, (INSEE, 2017))		Les effectifs associés n'étant pas disponibles à la maille communale, il a été choisi d'estimer le gisement associé à la métropole à partir de celui de l'Indre-et-Loire estimé dans (ADEME, 2013), au prorata du nombre d'équipements
Déchets issus de la distribution	Nombre d'équipements par type d'activité (Base Permanente des Equipements, (INSEE, 2017))		Les surfaces par type d'enseigne n'étant pas disponibles à la maille communale, il a été choisi d'estimer le gisement associé à la métropole à partir de celui de l'Indre-et-Loire estimé dans (ADEME, 2013), au prorata du nombre d'équipements

Déchets issus des petits commerces	Effectifs salariés par type d'activité (Base SIRENE, (INSEE, 2018))	Production de déchets par employé et type d'activité (ADEME 2013, p.69)	
Déchets issus des marchés	Caractéristiques des marchés (fréquence, nombre d'intervenants, etc. ; chiffres fournis par la métropole)	Production par exposant et jour d'intervention : 20 kg DO/exposant/jour (ADEME, 2013), p.52)	
Déchets Verts	Population (INSEE, 2014)	Production par habitant: 109 kg/hab/an (ADEME, 2013), p.73)	

2.1.3.2 Ratios de valorisation

L'ADEME modélise la disponibilité du gisement en faisant généralement intervenir différents ratios de valorisation. Ces ratios sont issus de projections faites par l'ADEME dans l'exploitation du gisement à l'horizon 2030.

Ceux liés à l'exploitation des résidus de culture, des déchets issus des IAA (Industrie Agro Alimentaire) et de la restauration collective sont définis par typologie et ne sont pas donnés ici. Ils peuvent être trouvés dans (ADEME, 2013), p.33, 38 et 61 respectivement). En ce qui concerne les déjections d'élevages, un ratio de 95% est retenu afin de tenir compte des pertes dues au risque d'épidémies de para-tuberculose ou brucellose ((ADEME, 2013), p.18).

Les ratios liés à l'exploitation du gisement issu des déchets ménagers et déchets verts, ou issus de la restauration commerciale, de la distribution et des petits commerces sont présentés Tableau 1. Ils permettent de tenir compte :

- de la réduction du gisement à la source suite à la mise en place de politiques publiques de prévention (taux de « prévention »),
- d'écarter la part du gisement réservée à d'autres formes de valorisation (« gestion in situ », « valorisation co-produit », e.g. utilisation des huiles usagées pour les biocarburants, de la fraction ligneuse des déchets verts pour le bois-énergie ou plus généralement des déchets verts en structurant de compostage, etc.),
- de tenir compte des difficultés d'accessibilité au gisement (« accessibilité »),
- de représenter la volonté des producteurs de participer à la démarche (« participation ») ainsi que leur aptitude à intégrer les consignes de tri (« tri »).

Tableau 1 : Ratios de valorisation (en %, à appliquer directement pour en déduire le gisement net disponible) associés aux filières de méthanisation des déchets issus des ménages, de la restauration commerciale, des petits commerces et des déchets verts.

Filières	prévention	Gestion in situ	Valorisation co-produit	Accessibilité	Participation	Tri	Total
Ménages	87	97		100	100	100	84
Restauration commerciale	90	100	80	30	45	75	7
Huiles usagées	90	100	20	100	100	100	18
Distribution	90	100		95	75	75	48
Petits commerces	90	100		65	55	75	24
Marchés	80	100		95	80	62.5	38
Déchets verts	90	50	50	90	100	100	20

2.1.4 Résultats

2.1.4.1 Validation de la méthode : comparaison des estimations départementales avec celles de l'ADEME

Les résultats comparant les estimations du gisement départemental effectuées par l'ADEME et par notre modèle, sont représentés en Figure 19.

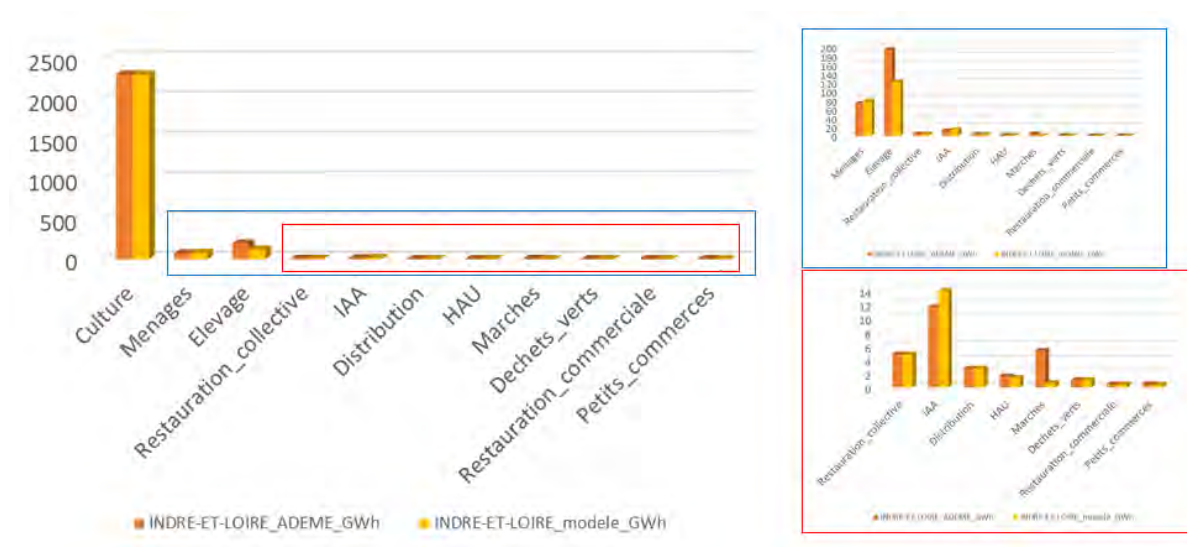


Figure 19 : Gisement d'Indre-et-Loire en énergie issu de la méthanisation des déchets des différentes filières considérées (ADEME, 2013). Les valeurs données sont en GWh/an.

Le gisement départemental estimé par (ADEME, 2013) pour les filières considérées s'élève à 2608 GWh/an, dont la majorité provient des résidus de culture (2305 GWh/an, 88% du total) et 96% de l'agriculture en général (déjections d'élevage comprises). Vient ensuite le gisement issu des déchets ménagers avec 73 GWh/an, ce qui représente 3% du gisement global. Le reste représente moins de 2% du gisement total (les déchets issus des IAA arrivent en premier avec une valorisation à hauteur de 12 GWh/an, soit 0.4% du total).

En cherchant à reproduire ces estimations à partir de la méthodologie et des données présentées plus haut, nous évaluons de notre côté le gisement de l'Indre-et-Loire à 2531 GWh/an¹. L'écart avec les estimations de l'ADEME (3%) se concentre principalement (en valeur absolue) dans les estimations liées aux déjections d'élevage (73 GWh/an, soit un écart de 38% sur cette filière). L'écart constaté dans cette filière provient a priori d'approximations dans la description des typologies d'espèces qui figure dans les statistiques communales du recensement agricole (Agreste, 2010).

¹ Le gisement issu des déchets d'assainissement et matières de vidange, que nous avons écarté dans notre étude faute de données disponibles fiables, ne représente que 7 GWh/an dans les estimations de l'ADEME. Il n'est donc absolument pas un facteur significatif dans l'explication des écarts observés entre les estimations départementales fournies par l'ADEME et les nôtres.

Il est à noter que puisque nos estimations liées à la filière des résidus de culture² sont obtenues par « ventilation » des estimations départementales de l'ADEME, aucun écart n'est constaté entre ces dernières et les estimations du modèle sur le périmètre départemental.

Il est à noter également que les écarts constatés sur la filière « Marché » en Figure 19 ne sont pas pertinents, car nos estimations correspondent ici au périmètre de la métropole (nous ne disposons pas des données structurelles permettant de couvrir le département), là où celles de l'ADEME correspondent au périmètre départemental.

2.1.4.2 Le gisement sur le territoire de la Métropole de Tours

Les résultats d'estimation du gisement lié à la Métropole de Tours sont donnés par filière en Table 1.

Le gisement global est évalué à 134 GWh/an, dont 62% provient de la valorisation des résidus de culture (84 GWh/an) et 30% de celle des déchets ménagers (40 GWh/an). Le reste se répartit plus ou moins équitablement entre les différentes filières.

On note le recul de la part du gisement liée à la valorisation des déchets issus de l'agriculture (64% en intégrant la filière « Elevage ») et le progrès de celle liée aux déchets ménagers, s'expliquant par l'étude d'un périmètre plus urbanisé (la métropole) que ne l'est le département pris dans son intégralité. Ce dernier point est cependant à nuancer dès lors qu'on observe les résultats par commune (voir Figure 20).

Table 1 : Estimations du gisement issu de la méthanisation des déchets par filière (GWh/an).

Filière	Elevage	Culture	IAA	Ménages	Restau. commerciale	Restau. collective + HAU ³	Distribution	Petits commerces	Marchés	Dechets verts
Gisement (GWh/an)	2.6	83.5	1.5	39.8	0.4	3.6	1.2	0.3	0.7	0.5

² Il en est donc de même pour les estimations liées aux filières de restauration collective et de distribution.

³ Huiles Alimentaires Usagées.

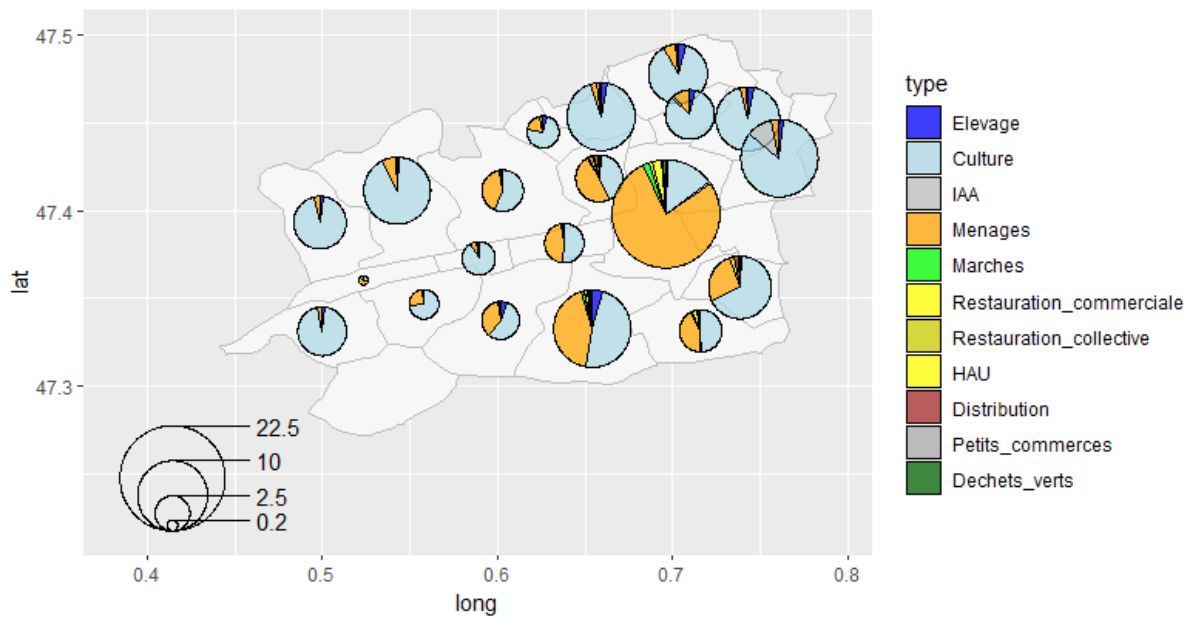


Figure 20 : Répartition du gisement associé à la Métropole de Tours, par filière et par commune. Les valeurs sont en GWh/an.

3 Production de chaleur renouvelable

3.1 Bois-énergie

Cette section a pour but de présenter la méthodologie employée, ainsi que les résultats obtenus dans l'estimation du potentiel de production énergétique de la filière Bois-Energie (BE) pour le territoire de la Métropole de Tours.

L'approche choisie s'intéresse à la **ressource en bois mobilisable**, et consiste à déterminer les quantités de bois pouvant être prélevées, conditionnées et acheminées chaque année, depuis un certain périmètre centré autour de la Métropole de Tours, afin de participer à l'approvisionnement énergétique du territoire. Le potentiel identifié est un gisement global, **prenant en compte à la fois les ressources en bois exploitées et supplémentaires**.

3.1.1 Choix d'une approche « gisement »

Les horizons de projection considérés (2030 et 2050) pour l'étude de planification énergétique plaident en faveur d'une méthodologie basée sur une étude des ressources nettes disponibles (approche « gisement »), sans prise en compte de contraintes trop fortes sur la structuration de la filière. En d'autres termes :

- L'évolution prospective des filières d'**approvisionnement en bois** est prise en compte au travers de l'étude des disponibilités nettes supplémentaires ;
- La structuration des filières de **traitement du bois**, pour les ressources déjà exploitées, est supposée ne pas évoluer.

3.1.2 Etapes de modélisation

L'estimation du gisement net valorisable de BE sur le territoire de la Métropole de Tours s'effectue en trois étapes :

- Une première étape d'**estimation du gisement net disponible de bois à l'échelle de chaque région**, s'appuyant sur un découpage par ressource et par usage du bois. **Ce gisement net inclus ce qui est déjà valorisé et le gisement supplémentaire.**
- Dans une deuxième étape, il s'agira d'extraire des gisements nets disponibles identifiés la **part valorisable en BE.**
- Une troisième étape d'identification de la part de ces gisements régionaux considérés comme affectables à la Métropole de Tours, basée sur la **définition d'un périmètre d'approvisionnement** et sur la **prise en compte de la concurrence.**

Les sections suivantes se proposent de détailler la méthodologie utilisée dans chacune de ces étapes.

3.1.3 Première étape - estimation des disponibilités nettes par région

Dans cette première étape, il s'agit d'estimer, à l'échelle de chaque région, la disponibilité nette en bois, exploitée ou supplémentaire, valorisable en BE ou non. Ce travail est réalisé pour chaque type de

ressource et chaque usage possible du bois. Les trois régions⁴ considérées sont celles faisant partie d'un périmètre de 150 km autour de Tours : Centre, Pays de la Loire et Poitou-Charentes.

Cette première étape s'appuie sur de nombreux résultats obtenus dans l'étude réalisée en 2016 par l'ADEME (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016), estimant les ressources régionales en bois sur l'ensemble du territoire français, et en particulier le gisement BE. Le périmètre de l'étude (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016) concerne uniquement les **ressources en bois rond provenant de l'exploitation forestière et potentiellement valorisables en BE**. Les disponibilités en Produits Connexes de Scierie (PCS) et bois de rebut sont issues de sources différentes, parmi lesquelles figure l'étude MAP 2009 (CEMAGREF, 2009).

Cette section se propose de présenter les disponibilités nettes régionales prises en compte dans le cadre de cette étude, ainsi qu'un certain nombre de choix de modélisation effectués.

3.1.3.1 Ressources primaires

Pour obtenir le gisement régional net exploitable de bois-énergie (hors DIB), l'ADEME procède d'après les étapes suivantes :

- Définition d'un découpage
 - par **type de ressources** : feuillus, populicole, résineux
 - et par **usage du bois** (bois d'oeuvre, bois-industrie/bois-énergie, menu-bois).
- Pour chaque type de ressource, **estimation des disponibilités brutes et nettes en bois**.
 - l'ADEME définit notamment plusieurs scénarii d'approvisionnement conduisant à des estimations légèrement différentes des disponibilités nettes en bois :
 - **Scénario tendanciel** : « sylviculture constante, simulant le maintien des pratiques de coupe actuelles »
 - **Scénario dynamique progressif** : « intensification globale de la gestion forestière, au travers de l'accroissement des surfaces actuellement traitées suivant les pratiques les plus dynamiques »

3.1.3.1.1 Définition des usages du bois

Dans (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016), les usages sont définis de la manière suivante :

- **le Bois d'Œuvre (BO)** : « biomasse comprise dans la bille de pied et les surbilles de tige, jusqu'à la découpe bois d'oeuvre, et dont la qualité autorise des usages bois d'oeuvre »,
- **le Bois d'Industrie et Bois Energie (BIBE)** : « biomasse de la tige comprise entre la découpe BO et la découpe bois fort, biomasse de la tige de dimension BO mais dont l'usage potentiel ne peut être le BO en raison d'une qualité insuffisante, biomasse comprise dans les branches jusqu'à la découpe bois fort »,
- **le Menu Bois (MB)** : « biomasse de la tige et des branches comprise dans les bois de diamètre inférieur à 7 cm à leur plus grosse extrémité ».

⁴ Les estimations fournies par les références sur lesquelles s'appuie notre étude sont disponibles suivant l'ancien découpage administratif des régions françaises. Nous avons décidé de conserver ce découpage.

Pour une meilleure compréhension du vocabulaire propre à la découpe du bois, le lecteur est invité à se référer au Lexique fourni en Annexe 21 du rapport (ADEME, Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, 2009).

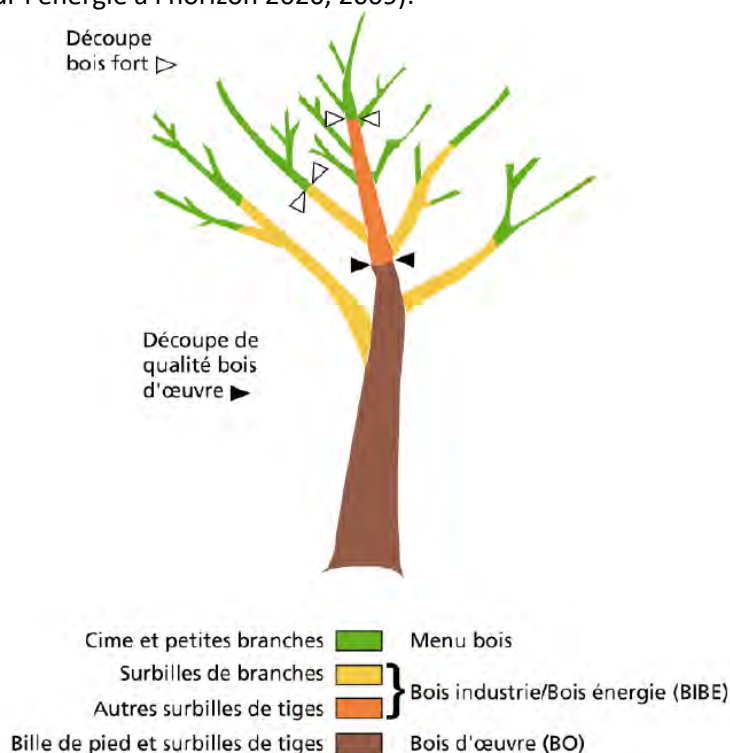


Figure 21 : Schéma représentant la localisation des compartiments de biomasse dans l'arbre, tels que définis dans l'étude ADEME. Source : (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016)

3.1.3.1.2 Distinction entre gisements exploités et supplémentaires

Dans (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016), au-delà du découpage par type de ressources et par usage du bois, une distinction est faite entre la part du gisement déjà exploitée et la part supplémentaire. L'ADEME qualifie ainsi de *gisement net* l'ensemble du gisement qu'il soit exploité ou non, et de *gisement net supplémentaire* la part du gisement non encore exploitée.

3.1.3.1.3 Définition du gisement net

Dans l'étude ADEME (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016), **seul le surplus en bois disponible chaque année est considéré**, dans un souci de développement durable et de respect de l'environnement. Les estimations en volume brut de bois sont issues des inventaires 2009 à 2013 de l'Inventaire Forestier National. Afin d'obtenir un gisement net techniquement et économiquement exploitable, ce gisement brut est soumis à un ensemble de contraintes technico-économiques et environnementales, dont notamment :

- la contrainte liée aux pertes d'exploitation (difficulté d'accès ou d'évacuation des bois abattus);
- la contrainte de préservation de la fertilité des sols (ou durabilité de la récolte) ;

- les contraintes liées au contexte économique (sélection des parcelles exploitables au prix de marché actuel, après chiffrage des coûts d'exploitation déterminés par type de coupe et de parcelle).

3.1.3.1.4 Informations récoltées

Dans notre étude, nous nous sommes principalement appuyés sur les estimations de gisements technico-économiques régionaux, découpés par usage et essence de bois (type de ressource), fournies par (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016), (voir les Annexes 30B, 31B, 32B, 33A, 34A et 35A).

3.1.3.1.5 Schéma de synthèse de la méthode ADEME

Le schéma ci-dessous récapitule dans son intégralité la méthodologie employée par l'ADEME pour estimer les disponibilités nettes, exploitées et supplémentaires :

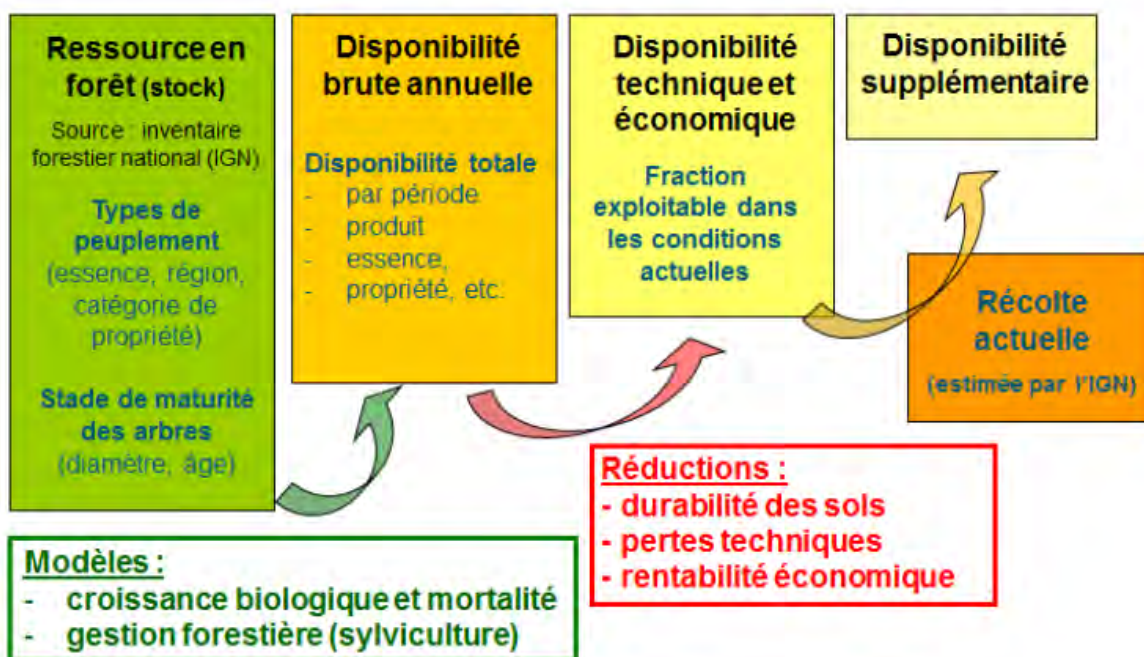


Figure 22 - Schéma représentant la méthodologie d'évaluation du potentiel BE employée par l'ADEME. Source : (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016)

3.1.3.2 Ressources secondaires

Pour le gisement issu des DIB (Déchet Industriel Banal), la présente étude s'appuie sur le chiffre fourni par l'atlas des filières d'approvisionnement en BE en Rhône-Alpes (ADEME, Atlas des filières d'approvisionnement en Bois-Energie en Rhône-Alpes, 2012), qui estime le gisement à 29% de la production (hors granulés et bois bûche) de BE à l'échelle de la région, soit 129 000 tonnes ou 20 kg/habitant.

A titre de comparaison, le Plan départemental de prévention et de gestion des déchets non dangereux du Rhône fait état d'un gisement brut (bois traité et bois non traité récolté dans le cadre de la collecte

des déchets occasionnels) de 28 000 tonnes à l'échelle de l'ancien département du Rhône, ce qui représente 16,5 kg/habitant. Le plan précise par ailleurs que 100% de ce gisement fait aujourd'hui l'objet d'une valorisation matière.

Le chiffre de 20 kg/habitant a été retenu dans le cadre de cette étude.

3.1.4 Deuxième étape - estimation de la part valorisable en BE des gisements nets identifiés

Après avoir estimé les disponibilités nettes régionales (exploitées et supplémentaires), il s'agit d'estimer quelle en est la part valorisable en BE.

Cette estimation s'appuie sur les sources documentaires suivantes :

- Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035 (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016) ;
- Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020 (ADEME, Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, 2009) ;
- Contribution du comité « bois-énergie » dans le cadre des travaux préparatoires d'élaboration du SRCAE (Région Rhône Alpes, 2011);
- Atlas de filières d'approvisionnement en bois-énergie en Rhône-Alpes (ADEME, Atlas des filières d'approvisionnement en Bois-Energie en Rhône-Alpes, 2012);
- Production de sciages, bois sous rails et merrains en France métropolitaine de 2002 à 2014 (Ministère de l'Agriculture, 2014).

Cinq sources d'approvisionnement alimentent le gisement BE, pour lesquelles des ratios de valorisation sont proposés :

- Ressources de feuillus, populicoles et de résineux :
 - Une part du BIBE
 - L'ensemble de la ressource MB
 - Une part des produits connexes de première transformation du BO (produits connexes de scieries (PCS))
 - Une part des produits de deuxième transformation du BO
- La part non traitée des Déchets Industriels Banals (DIB).

Les ratios de valorisation utilisés sont présentés ci-dessous.

3.1.4.1 BIBE (Bois Industrie\Bois Energie)

Les parts de BE issues du BIBE sont fournies, pour chaque région, par la première étude du genre effectuée par l'ADEME (ADEME, Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, 2009). Les mêmes ratios ont été utilisés pour le gisement supplémentaire, ce qui constitue une hypothèse conservatrice dans un scénario de promotion de la filière BE par rapport à la filière BI.

3.1.4.2 MB (Menu Bois)

Le MB n'est actuellement pas récolté. Par conséquent le gisement se résume à un gisement net supplémentaire valorisable en BE, qui a été estimé directement dans l'étude de l'ADEME.

3.1.4.3 Produits connexes de première et deuxième transformation du BO (Bois d'œuvre)

La part de produits connexes de scieries (PCS) générés en première transformation du BO a été fixée à 40% du gisement net de BO (CEMAGREF, 2009). La part de PCS valorisable en BE est issue de l'étude menée dans le cadre du SRCAE (Région Rhône Alpes, 2011), qui fait état d'un ratio de 23%. L'analyse d'autres sources de données fournit des valeurs comparables :

- L'atlas des filières d'approvisionnement en BE en Rhône-Alpes (ADEME, Atlas des filières d'approvisionnement en Bois-Energie en Rhône-Alpes, 2012) fait état de 20% de produit connexes valorisés vers l'énergie sous forme de bois déchiqueté (hors auto-approvisionnement)
- L'Enquête Annuelle de Branche relative à la production de sciages, bois sous rails et merrains en France métropolitaine estime également cette part à 20% (dont 17% sont commercialisés et 3% servent à l'autoconsommation des entreprises productrices).

Les activités de deuxième transformation étant extrêmement diverses, il est difficile d'évaluer la part de produits connexes générée par ces industries. L'étude menée dans le cadre du SRCAE de la région Rhône Alpes (Région Rhône Alpes, 2011) estime que le volume de déchets produits est plus faible que celui observé dans la première transformation du bois (40%), les rendements matière y étant plus élevés (95% dans le travail des plaquages et dans les menuiseries industrielles). Par conséquent, la part de produits connexes de deuxième transformation du BO a été fixée à 20% du gisement net de BO hors PCS, soit 12% du gisement net total de BO (l'industrie de deuxième transformation traitant 60% du gisement net total de BO).

La part valorisable en BE des produits connexes de deuxième transformation a été fixée à 100%, dans l'hypothèse où ce gisement diffus n'est actuellement pas valorisé pour des usages autres qu'énergétiques.

Par ailleurs, pour ces deux gisements, les mêmes ratios ont été utilisés pour la part supplémentaire, ce qui constitue une hypothèse conservatrice dans un scénario de promotion de la filière BE par rapport à la filière industrie.

3.1.4.4 DIB (Déchets Industriels Banals)

Le chiffre de 20 kg/habitant a été retenu, pour l'ensemble des périmètres d'étude retenus.

3.1.5 Troisième étape – définition d'un périmètre d'approvisionnement

3.1.5.1 Définition d'un périmètre d'approvisionnement

Pour aboutir à des estimations locales à l'échelle de la Métropole de Tours, l'approche consiste à estimer le gisement disponible dans un périmètre centré autour de la Métropole de Tours, à partir d'une **somme pondérée des gisements net valorisables régionaux** obtenus lors de la première (et seconde) étape.

Dans cette estimation, le poids associé à chaque région est déterminé, par type de ressource en bois, **au prorata de la surface de forêt exploitable couverte par le périmètre en question.**

L'identification des différents types de ressources sur le périmètre d'approvisionnement considéré, a été réalisée à partir de la base de données **Corinne Land Cover** (CLC) 2012 (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2012). Cette dernière fournit une description du type de surface au sol, suivant 44 catégories, à partir d'images satellites disponibles à une résolution de 25m.

L'identification des ressources en bois à partir des catégories proposées par la base CLC, a été réalisée en utilisant les correspondances suivantes :

Type de ressources	Catégories issues du Corinne Land Cover
Ressources de feuillus	<ul style="list-style-type: none"> ○ Forêts de feuillus (CLC catégorie 311) ○ Forêts mélangées (CLC catégorie 313)
Ressources popuicoles	Mêmes catégories que pour les ressources de feuillus
Ressources de résineux	<ul style="list-style-type: none"> ○ Forêts de conifères (CLC catégorie 312) ○ Forêts mélangées (CLC catégorie 313)

Par ailleurs, les ressources exploitables situées sur des surfaces ayant un relief trop accidenté (i.e. de pente supérieure à 30% (ADEME, Biomasse forestière, popuicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, 2009) ont été exclues. Ce travail a pu être réalisé grâce à la base de données SRTM (National Aeronautics and Space Administration) initialement développée par la NASA et fournissant l'altitude à une résolution de 90m.

Une illustration de la ressource (forestière) exploitable, identifiée à partir de la base de données CLC (Corine Land Cover) 2012 dans un périmètre de 150 km autour de la Métropole de Tours, est montrée en Figure 23.

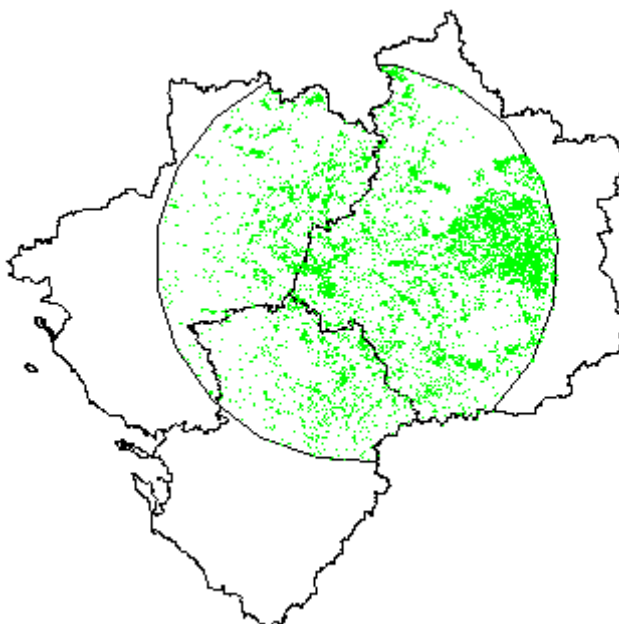


Figure 23 : Représentation de la ressource forestière exploitable, telle qu’identifiée à partir de la base de données Corine Land Cover 2012, dans un périmètre de 150 km autour de Tours.

Un exemple de pondération est montré dans la Table 2 ci-dessous. Dans cet exemple, on considère un périmètre de 150 km autour de la Métropole de Tours. On y lit par exemple que 85% de la ressource issue de résineux de la région Centre se trouve dans ce périmètre d’approvisionnement.

Table 2 : Poids (en %) associés aux estimations régionales de l’ADEME dans le calcul du gisement BE situé dans un périmètre de 150 km autour de Tours.

Poids (%)	Feuillus/Populicole	Résineux
CENTRE	77	85
PAYS DE LA LOIRE	72	78
POITOU-CHARENTES	38	40

3.1.5.2 Prise en compte des projets concurrents

Une fois le gisement du périmètre d’approvisionnement évalué, il reste encore à le diviser entre les différents projets concurrents. La part du gisement que l’on considère comme affectable à la Métropole de Tours est ainsi calculée **au prorata de la population de la Métropole, vis-à-vis de celle vivant dans l’ensemble du périmètre considéré**. Cette hypothèse suppose une répartition équitable de la ressource entre la population, mais ne prend cependant pas en compte l’existence de certains

industriels fortement consommateurs en bois et susceptibles de déformer la répartition de la ressource.

3.1.6 Schéma de synthèse de la méthode

Le schéma ci-dessous synthétise les éléments de modélisation présentés ci-dessus :

- En bleu, l'estimation du potentiel BE par région, par type de ressource et par usage du bois, à partir des disponibilités brutes et/ou nettes - supplémentaires ou non -, et d'un certain nombre de ratios ;
- En jaune, la dernière étape consistant à ventiler, pour chaque périmètre d'approvisionnement choisi, les gisements régionaux, au prorata des surfaces forestières (par type de ressource). La méthode est cependant différente pour les DIB, pour lesquels le même gisement est considéré, quel que soit le périmètre d'approvisionnement choisi.

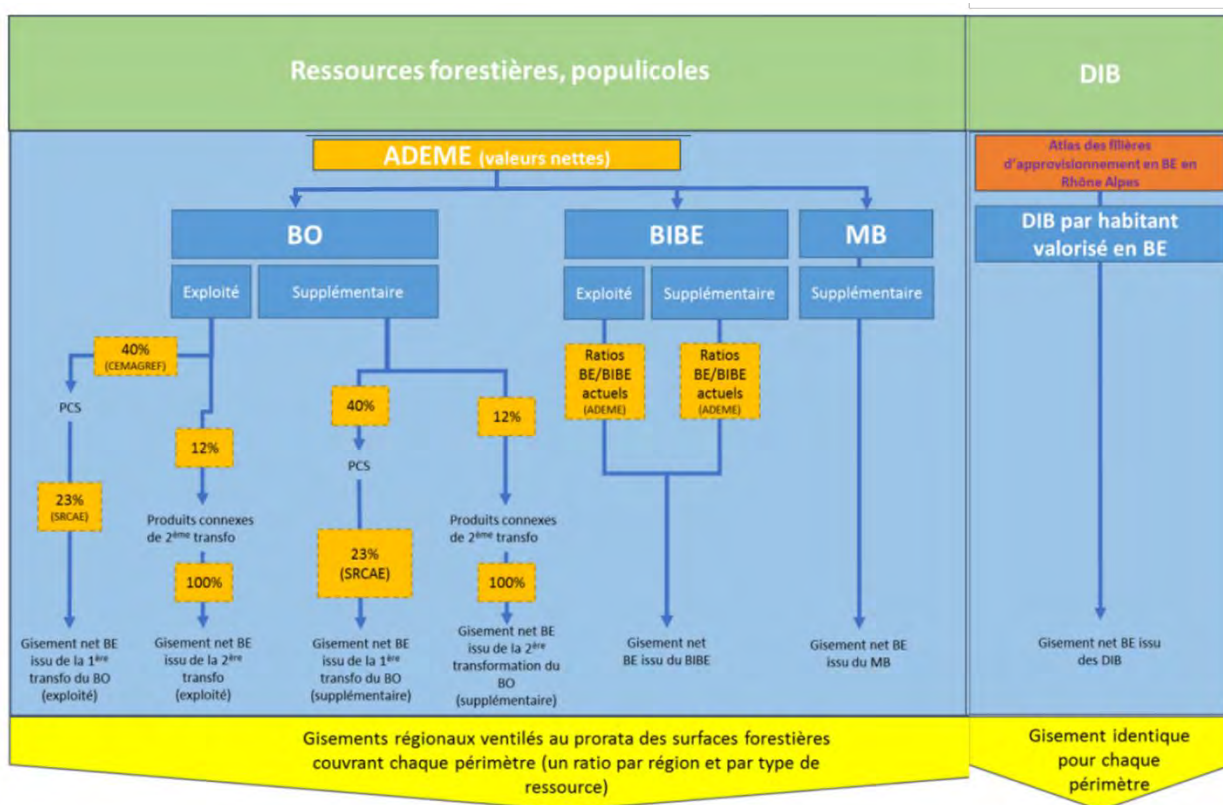


Figure 24 : Modèle utilisé dans l'évaluation de la ressource en Bois-Energie à partir des volumes en bois récoltés, par ressource et par usage

3.1.7 Résultats

3.1.7.1 Gisement net

Les résultats d'estimation du potentiel BE associé à la Métropole de Tours, obtenus d'après la méthodologie et les hypothèses proposées, sont présentés ci-dessous en Figure 25.

Ces résultats sont fournis suivant 2 scénarii d'exploitation de la ressource forestière (primaire) proposés par l'ADEME (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016), et couvrant les horizons 2020 à 2035. Ces scénarii se définissent comme :

- **Scénario tendanciel** : « sylviculture constante, simulant le maintien des pratiques de coupe actuelles »
- **Scénario dynamique progressif** : « intensification globale de la gestion forestière, au travers de l'accroissement des surfaces actuellement traitées suivant les pratiques les plus dynamiques »

Afin de déterminer le périmètre d'approvisionnement le plus intéressant, les estimations de gisement ont été comparées pour plusieurs rayons d'approvisionnement autour du centre géographique de la Métropole.

Concernant la conversion en GWh/an, le lecteur pourra se reporter à l'annexe 18 de (ADEME, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, 2016).

Les résultats montrent un gisement évoluant en 2020 dans une fourchette comprise entre 390 GWh/an et 445 GWh/an dans le scénario tendanciel, et 415 GWh/an et 465 GWh/an dans le scénario dynamique progressif. L'accroissement progressif des investissements et efforts d'exploitation permet au **gisement valorisable par la Métropole de Tours** de croître pour atteindre, **en 2035, une fourchette comprise entre 455 GWh/an et 510 GWh/an** dans le scénario tendanciel, contre **545 GWh/an et 620 GWh/an** dans le scénario dynamique progressif.

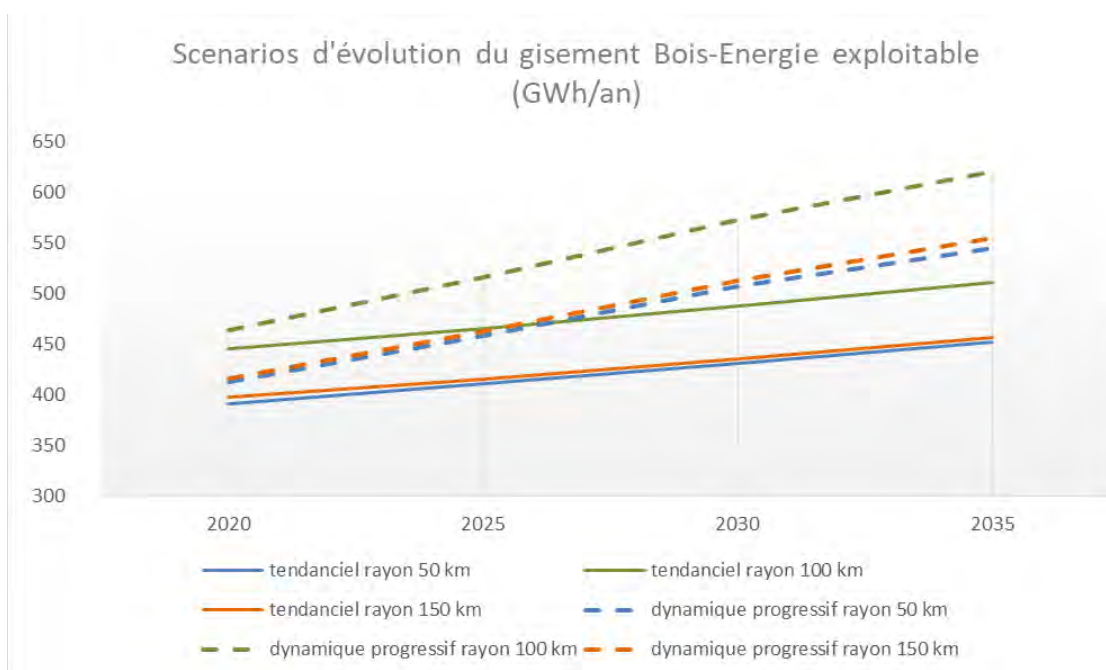


Figure 25 : Résultats d'estimation du gisement BE valorisable par la Métropole de Tours.

Il est intéressant de constater l'impact du rayon d'approvisionnement sur ces estimations. Visiblement, l'accroissement du rayon d'approvisionnement au-delà de 100 km autour du centre de la Métropole génère une concurrence accrue sur l'exploitation de la ressource, faisant dès lors plus que compenser l'augmentation naturelle de la ressource couverte par le périmètre d'approvisionnement. Il en résulte une baisse du gisement par habitant situé dans ce périmètre et ainsi une baisse du gisement associé à la Métropole dans son ensemble.

Les résultats de cette étude suggèrent ainsi **un rayon d'approvisionnement n'excédant pas 100 km autour de la métropole.**

3.1.7.2 Gisement net supplémentaire

Les résultats de gisement net présentés dans la section précédente correspondent à la quantité totale de Bois que l'on pourrait valoriser en Bois-Energie. Une fraction de ce potentiel est déjà valorisée par la métropole de Tours, d'un côté pour les **chaudières privées (220 GWh en 2017)** et pour les **chaudières collectives des réseaux de chaleur (80 GWh en 2017)**.

En soustrayant la consommation de BE actuelle au gisement net identifié auparavant, il est possible de déterminer le gisement net supplémentaire de BE pour la métropole. En 2030, avec un rayon d'approvisionnement de 100 km, cela représente un potentiel énergétique supplémentaire de **190 GWh/an pour le scénario tendanciel** de gestion des forêts, et de **270 GWh/an pour un scénario de gestion des forêts dynamique**.

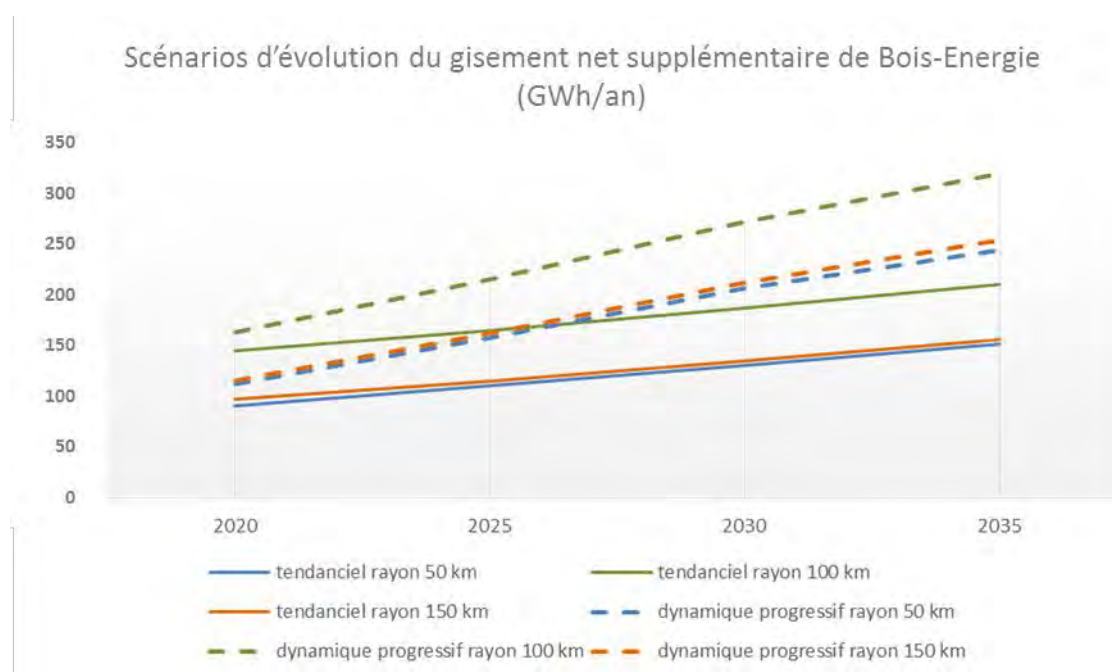


Figure 26 - Résultats d'estimation du gisement net supplémentaire de BE valorisable par la Métropole de Tours.
(Le gisement net supplémentaire correspond au potentiel restant de BE, après soustraction de ce qui est déjà utilisé par le territoire)

3.2 Chaleur fatale

La chaleur fatale désigne l'énergie dissipée, perdue, lors d'un processus de production ou de transformation. L'énergie produite pour garantir la fourniture des besoins d'un procédé et sa continuité n'est, dans la plupart des cas, pas valorisée intégralement. De nombreux équipements rejettent de la chaleur dans l'air extérieur ou dans l'eau : les groupes froids, les compresseurs à airs, les tours aéroréfrigérantes, les eaux résiduaires. En outre, la chaleur contenue dans les fumées d'installations de combustion n'est pas systématiquement récupérée en intégralité.

Cette chaleur fatale peut-être récupérée, et valorisée, thermiquement, pour un usage interne ou externe, via par exemple un réseau de chaleur.

La récupération de chaleur peut être étudiée sur diverses sources : industries ICPE, data centers, blanchisseries, eaux usées. Cette dernière source de chaleur fatale est étudiée dans le paragraphe 3.3.

3.2.1 Industries ICPE

Les sites

Pour repérer le gisement en énergie fatale industrielle, les installations classées ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) ont été identifiées et repérées sur le territoire, pour tous les secteurs d'activités grâce à la base de données ICPE.

Le tableau suivant recense l'ensemble des sites industriels référencés dans cette base, avec précision de la puissance correspondante des installations de combustion.

Ce sont 8 sites qui ont été ainsi référencés.

Industrie	Activité	Puissance ICPE 2019
HUTCHINSON	Fournisseur produits en caoutchouc	19,28 MW
Le Fournil du Val de Loire	Alimentaire	5,66 MW
De Sangosse Jardin		300 MW
SKF France	Roulements	14,3 MW
LIOTARD	Métallurgie	9,457 MW
GELCO DESIGN	Fabricant salle de bains	4,65 MW

SANOFI	Pharmaceutique	7,45 MW
STMICROELECTRONICS SAS	Microélectronique	11,677 MW

Les sites industriels référencés au titre de la rubrique ICPE 2910 A sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire sont repérés sur la cartographie suivante.

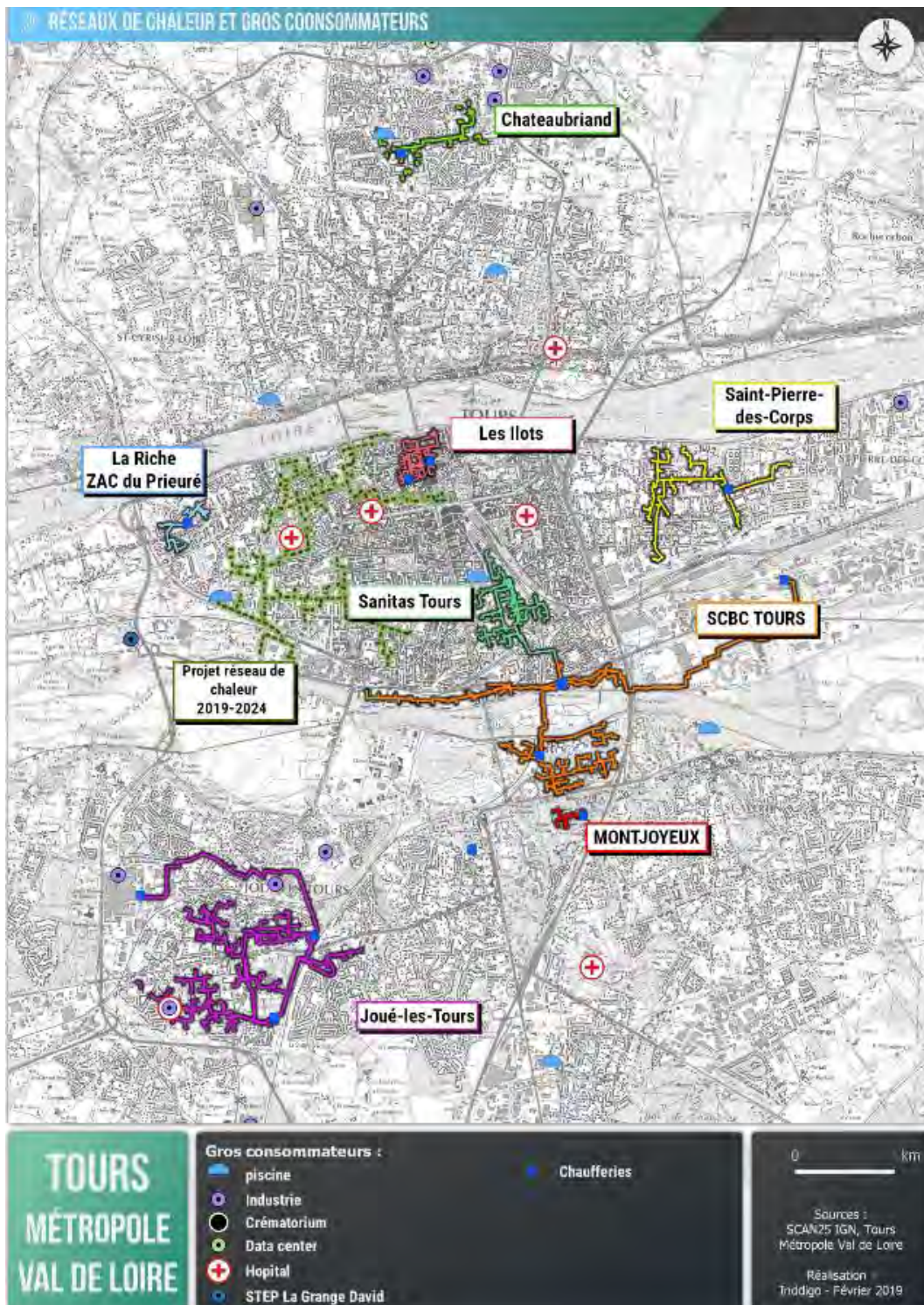


Figure 27 : Cartographie des réseaux et gros consommateurs

Méthodologie d'évaluation du potentiel

La base de données ICPE 2910 a été mobilisée pour identifier les sites équipés d'installations de combustion de puissance significative (>2MW) et référencer les puissances installées.

L'évaluation d'une approche de potentiel de valorisation de chaleur fatale a été réalisée sur la base :

- De données des émissions de CO2 non biomasse d'IREP qui permet d'obtenir des indications d'heures de fonctionnement
- D'une hypothèse de durée de fonctionnement et quantité d'énergie consommée

Le potentiel de chaleur récupérable

Une première estimation du potentiel de chaleur récupérable a été menée, en croisant les puissances et les consommations, potentiel estimé à **16 GWh/an**.

3.2.2 Data centers

Les Data Centers sont des sites physiques qui hébergent les systèmes nécessaires au fonctionnement d'applications informatiques. Ils permettent de stocker et de traiter des données et sont constitués de composants informatiques (comme les serveurs et les éléments de stockage) et d'éléments non informatiques (comme les systèmes de refroidissement aussi appelés groupes froid).

La chaleur fatale d'un Data Center est généralement dégagée par les équipements de production de froid qui fonctionnent toute l'année (même en hiver). En effet, ils rejettent les calories prélevées dans les salles serveurs afin d'y maintenir une température idéale de fonctionnement.

Le gisement maximal correspond à la puissance dissipée, qui atteint souvent des valeurs très importantes. C'est en installant un échangeur en sortie de ces groupes froids qu'il est possible de récupérer la chaleur fatale. La température attendue est de l'ordre de 40-50°C, soit une ressource dite "basse température". La température sera ensuite relevée grâce à des pompes à chaleur (jusqu'à 65 °C a priori).

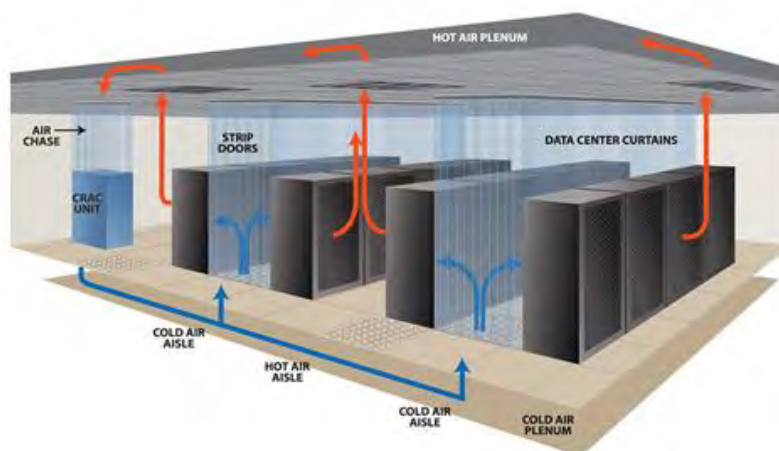


Figure 28 : Principe de rafraîchissement d'un data center - Source : Air block System

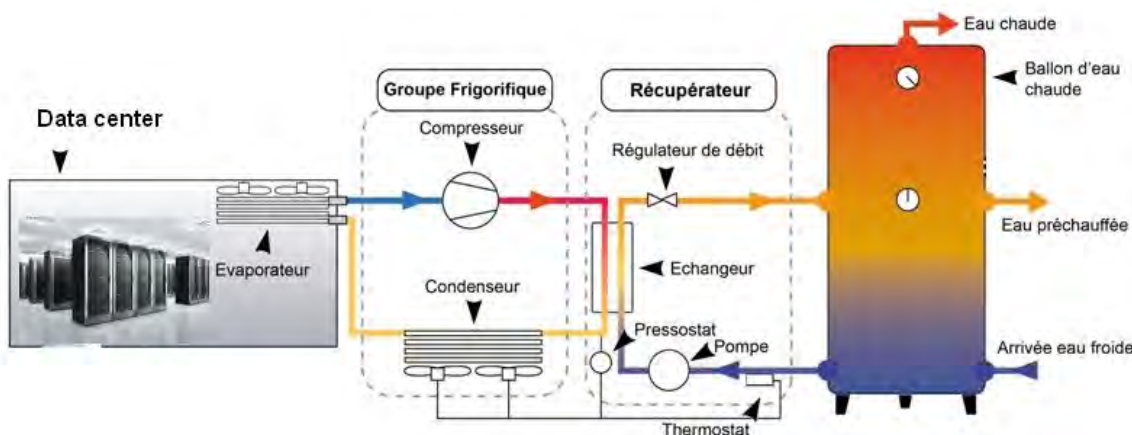


Figure 29 : Exemple de principe de récupération de chaleur sur un groupe froid - Source : sasvictoria.com

Les sites

Trois data centers ont été repérés sur le territoire de Tours Métropole :

Data center	Localisation	Surface IT	Puissance froid	Commentaires
COGENT	Tours - Nord	450 m ²	4 x 40 kW	
CYRES	Tours - Nord	Non connue	Non connue	Freecooling – Récupération de chaleur peu envisageable
Castle IT	Larçay	600 m ²	800 kW	Excentré – peu de besoins autour

Le data center CYRES met en place du freecooling pour le refroidissement. Cela est peu compatible avec de la récupération de chaleur, le freecooling étant le plus performant en hiver.

Le data center CASTLE IT est excentré. Les bâtiments présentant des besoins de chaleur sont éloignés de ce site.

La méthodologie d'évaluation du potentiel

L'outil Recov'Heat développé par Efficacity a permis d'estimer le potentiel de valorisation de chaleur fatale issue des data centers.

Le diagramme suivant présente la méthode utilisée par Recov Heat pour évaluer le potentiel de chaleur récupérable sur un data center, en fonction du niveau de données disponible.

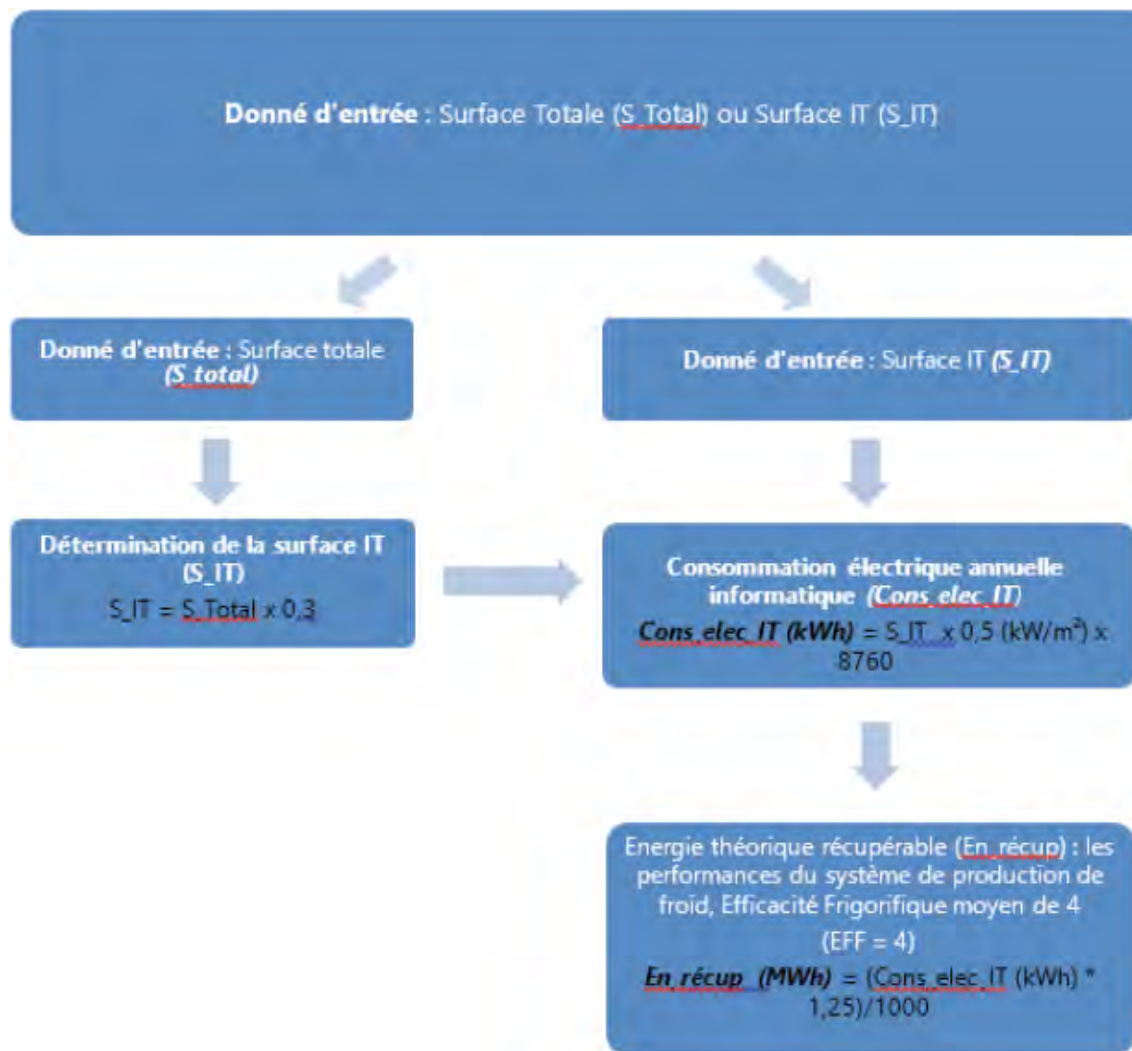


Figure 30 : Organigramme du potentiel de récupération de chaleur fatale sur un data center

Le potentiel de récupération de chaleur

Le potentiel de récupération de chaleur des data centers est évalué à :

- | COGENT : 970 MWh/an
- | Castle IT : 1300 MWh/an

Soit un potentiel de récupération de chaleur sur data centers de l'ordre de **2,3 GWh/an**.

3.3 Récupération de chaleur sur eaux usées

Le potentiel thermique des eaux usées peut-être valorisé à trois niveaux différents :

- | En sortie de bâtiment
- | Sur les collecteurs d'assainissement
- | Au niveau des stations d'épurations.

Le premier procédé énoncé, en pied de bâtiment, est souvent utilisé pour du préchauffage ECS. Cette solution est adaptée à l'échelle du bâtiment, le potentiel récupérable est à étudié au cas par cas.

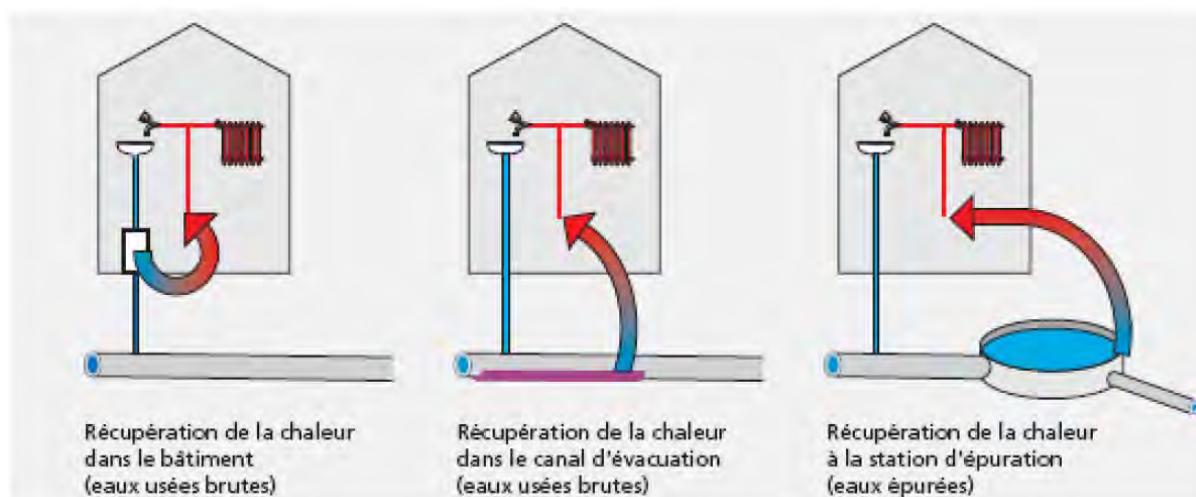


Figure 31 : Possibilités de récupération de chaleur sur eaux usées (Source SuisseEnergie)

3.3.1 Station d'épuration (STEP)

Sites

Le territoire de Tours Métropole comporte 16 stations d'épuration, mais surtout une station urbaine importante sur laquelle un potentiel de récupération de chaleur est envisageable : La Grange David.

Pour un projet de récupération sur STEP, un échangeur de chaleur peut être implanté en sortie de STEP (préféré à l'amont, notamment pour des contraintes d'encrassement).

Méthodologie d'évaluation du potentiel

Le débit des effluents en sortie de STEP est connu pour le site de la Grange David. Il s'élève à 1 721 m³/h. Pour évaluer la puissance disponible, une hypothèse d'abaissement de la température de rejet de 2°C a été retenu, afin de limiter l'impact sur la ressource ciblée.

La puissance disponible au niveau de la ressource est de l'ordre de 4 MW. Le potentiel de valorisation atteint **35 GWh/an environ** pour un fonctionnement toute l'année.

Potentiel de récupération de chaleur fatale

Le potentiel de valorisation est estimé à environ **35 GWh/an** au niveau de la ressource en sortie de station de traitement.

3.3.2 Collecteurs

Localisation

La localisation des différents collecteurs et des potentiels est représentée sur la carte ci-dessous.

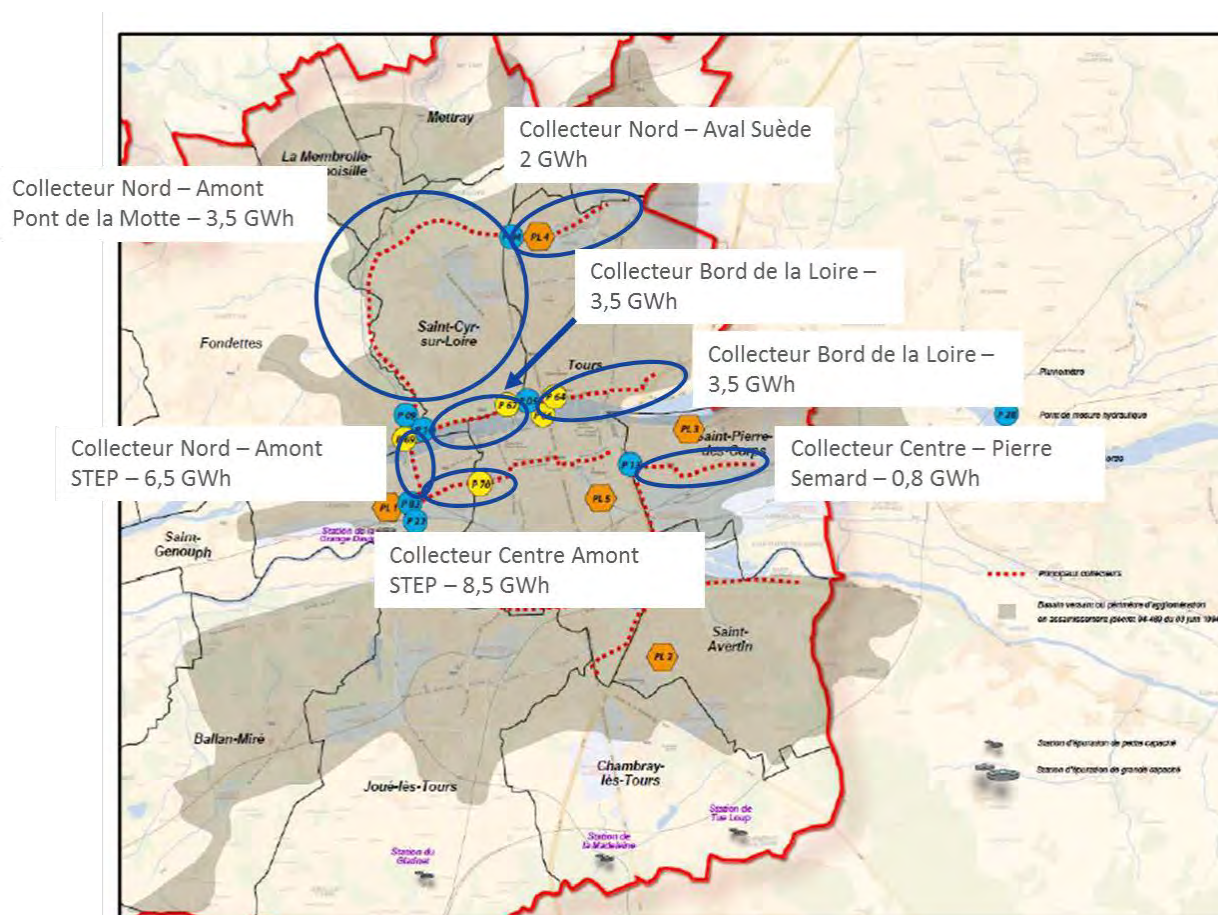


Figure 32 : Localisation des principaux collecteurs d'assainissement et du potentiel de récupération de chaleur (Sources TMVL, Inddigo)

Méthodologie d'évaluation du potentiel de récupération

L'évaluation du potentiel de valorisation s'appuie sur les données des débits connus par tronçon de collecteur présentés dans le diagnostic 2017 de TMVL, rédigé par la Direction du cycle de l'eau.

La méthodologie d'évaluation du potentiel de valorisation est analogue à celle utilisée pour la STEP : on considère que la température de réinjection sur les collecteurs sera inférieure de 2°C à la température de prélèvement. L'installation fonctionnera toute l'année (8 760 heures).

Potentiel de récupération

Le potentiel de récupération sur les principaux collecteurs a été estimé à **27 GWh/an**, en s'appuyant sur les hypothèses présentées dans la méthodologie.

3.4 Déchets (hors biodéchets)

Evaluation du potentiel de valorisation et méthodologie

En 2017, ce sont 157 000 tonnes de déchets qui ont été collectés sur le territoire de la métropole. 82 000 tonnes ont été valorisées ou recyclées (30 000 tonnes de compostage déchets verts notamment ; papier, emballages, verres...).

75 000 tonnes de déchets sont non valorisées, dont 7 000 tonnes de tout venant déchetteries, et 68 000 tonnes d'ordures ménagères. Ces déchets sont actuellement enfouis.

Ces déchets actuellement enfouis pourraient être valorisés énergétiquement, à hauteur de 80% de leur tonnage (estimation de 20% non incinérable). En considérant un pouvoir calorifique de 2200 kcal/kg (soit 2,56 kWh/kg), le potentiel énergétique de récupération de chaleur sur les déchets est estimé à **65 GWh/an**.

Projet UPEV

Un projet d'Unité de Production d'Énergie Verte est en réflexion sur le territoire.

Le projet permettrait de valoriser 70 à 90 ktonnes d'ordures ménagères : 50 kt de la métropole, avec des hypothèses prises de réduction des déchets, tonnage augmenté à 70 kt avec les EPCI voisins, et jusque 90 kt avec le SYCTOM du Chinonais.

L'objectif serait la production de CSR (dont le débouché n'est pas défini), et de la production de biogaz (estimation préétude GRDF : injection 200 Mm³/h). Des incertitudes pèsent sur ce projet, notamment réglementaires, en lien avec la définition de la politique de gestion des déchets dans le SRADDET.

3.5 Géothermie

3.5.1 Introduction à la géothermie

La classification la plus courante concernant les gisements géothermiques est celle du Code Minier et distingue quatre grands types de gisements selon les températures :

- | La géothermie « très basse énergie » TBE ($T < 30^{\circ}\text{C}$) est exploitée pour le chauffage et le rafraîchissement des maisons ou des bâtiments collectifs et aussi pour la production de l'eau chaude sanitaire. La production de chaleur s'effectue à l'aide d'une pompe à chaleur qui prélève dans le sol l'énergie thermique.
- | La géothermie « basse énergie » ($30^{\circ}\text{C} < T < 90^{\circ}\text{C}$) correspond à une exploitation directe de la chaleur. Le rendement est trop faible pour pouvoir produire de l'électricité, mais elle permet de couvrir une large gamme d'usages : chauffage urbain, chauffage de serres, utilisation de chaleur dans les process industriels, thermalisme...
- | La géothermie « moyenne énergie » ($90^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$) s'applique pour la production de l'électricité avec un fluide intermédiaire.
- | La géothermie « haute énergie » ($T > 150^{\circ}\text{C}$) correspond à des gisements essentiellement rencontrés dans les zones d'anomalies thermiques. La température supérieure à 150°C permet de transformer directement la vapeur en électricité.

Des exemples d'utilisation de ces différents types de géothermie sont présentés dans le tableau suivant.

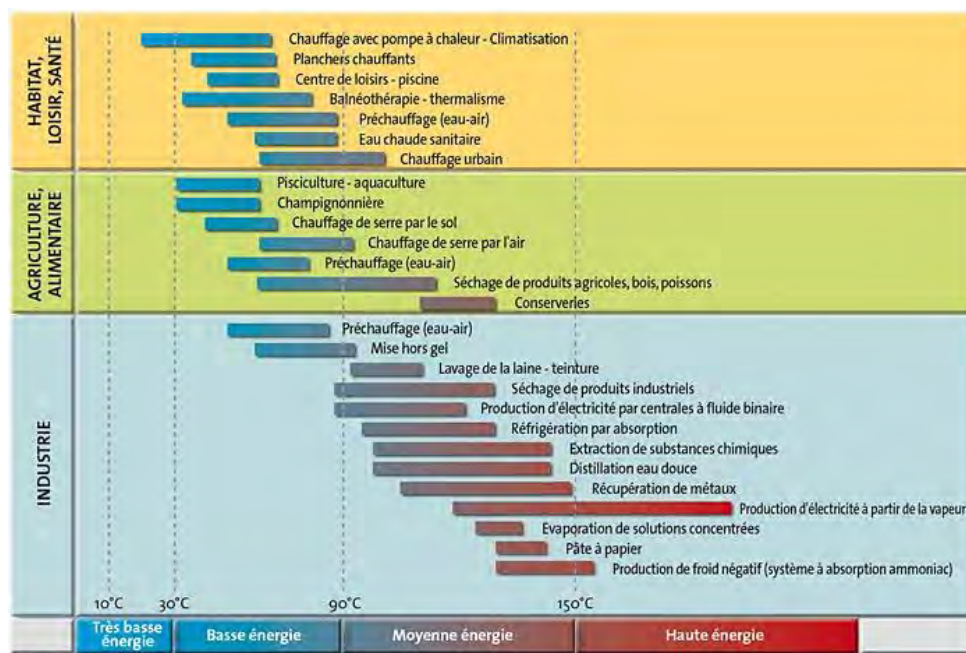
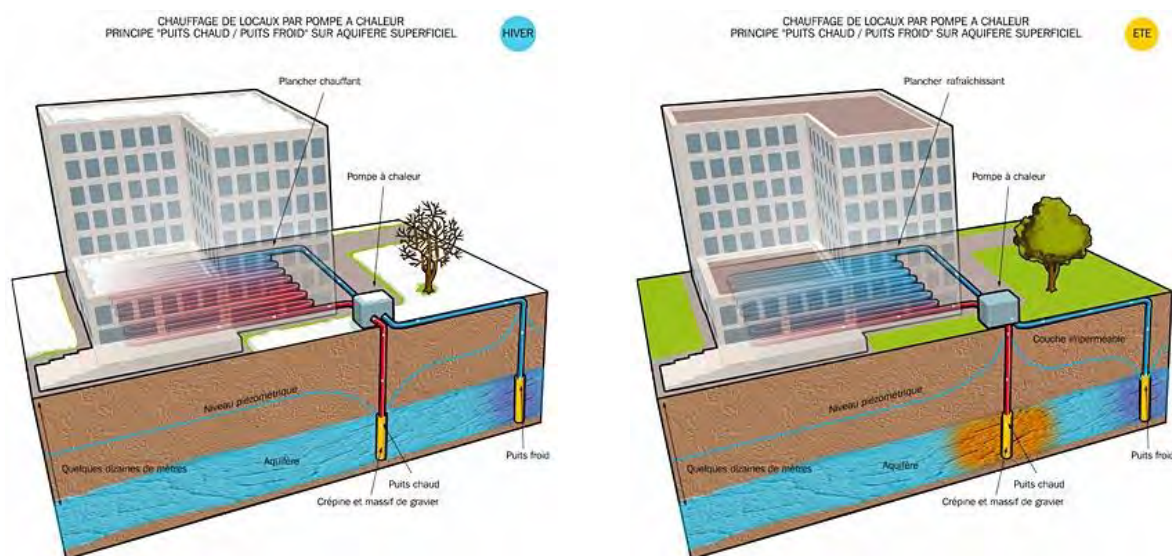


Figure 33 :Les usages de la géothermie selon la température du fluide - Source Géothermie Perspectives

Deux technologies principales représentent la géothermie très basse énergie :

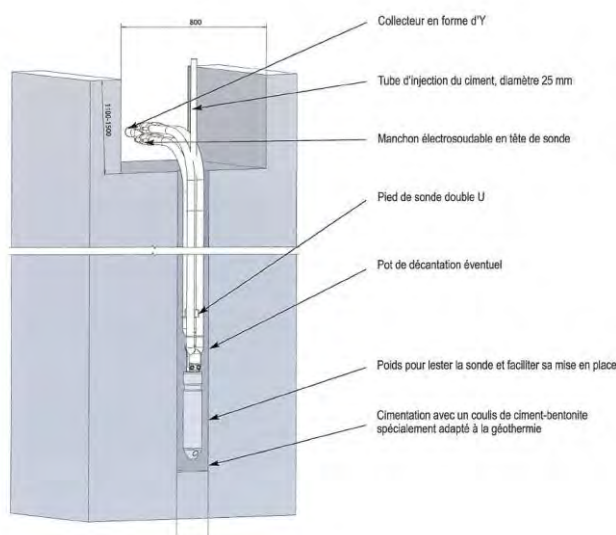
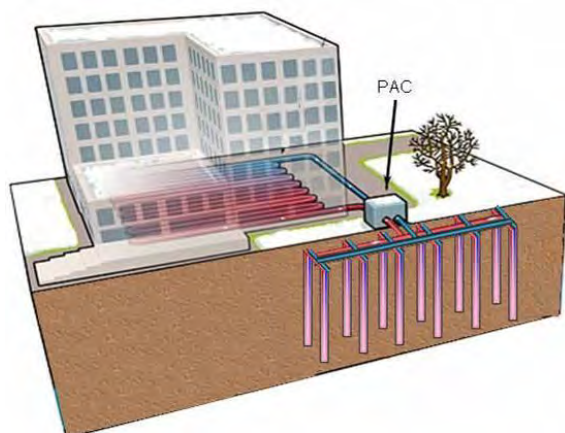
- **Géothermie sur nappe**

Dans le cas de la récupération de la chaleur dans un aquifère, il est nécessaire de réaliser un forage et d'y descendre une pompe pour amener l'eau à la surface (sauf dans le cas d'un puits artésien présentant un débit suffisant pour l'exploitation). Le rejet de l'eau au milieu naturel est nécessaire, dans le cas général l'eau est donc réinjectée dans sa nappe d'origine. Son exploitation nécessite donc deux forages, un forage de production et un forage de réinjection, c'est la technique du doublet.



- **Géothermie sur sondes verticales**

Cette technologie repose sur des échangeurs thermiques verticaux, appelés sondes géothermiques, constitués de deux tubes de polyéthylène en U, installés dans un forage de plusieurs dizaines de mètres de profondeur et scellés dans celui-ci par une cimentation adaptée (mélange bentonite/ciment). On y fait circuler en circuit fermé de l'eau additionnée de liquide antigel.



Champ de sondes géothermiques

Les principaux avantages résident dans la simplicité de la mise en œuvre et l'absence de contact direct entre le système et le milieu naturel.

Il est possible de mettre en œuvre des champs de sondes géothermiques ; dans ce cas, le dimensionnement de l'installation doit être basé sur une étude approfondie des besoins énergétiques, de la capacité du sous-sol à échanger sa chaleur, et de l'implantation prévisionnelle des sondes géothermiques.

Principe d'une sonde géothermique

3.5.2 Contexte géologique

Tours Métropole Val de Loire est située sur le bassin sédimentaire parisien. De nombreuses formations aquifères sont présentes :

- En profondeur, avec les aquifères du Dogger et du Trias
- En surface, avec la craie séno-turonienne et les sables et grès du Cénomaniens.

La Craie séno-turonienne est une série stratigraphique allant du Sénonien au Turonien, qui constitue un bon aquifère dans sa partie supérieure. La productivité des forages peut être extrêmement variable en fonction des fractures ou de l'altération, la craie étant un réservoir discontinu. Sa productivité diminue avec la profondeur, jusqu'à ne plus être considérée comme aquifère.

Les Sables et grès du Cénomaniens est une nappe drainée par la Loire. Un abaissement progressif de sa productivité est observé en domaine profond suite à une exploitation importante. Des débits de l'ordre de 100 m³/h peuvent tout de même être observés sous la ville de Tours.

Géothermie profonde – Dogger et Trias

Le Dogger est un aquifère bien connu en Île-de-France, où il est exploité notamment par les réseaux de chaleur. A la profondeur de 1700/1900 m, sa température y est de 55-80°C.

La coupe du bassin de Paris ci-dessous montre qu'en région Centre et sous Tours, les profondeurs du Dogger et du Trias sont moindres : les températures seront alors plus faibles.

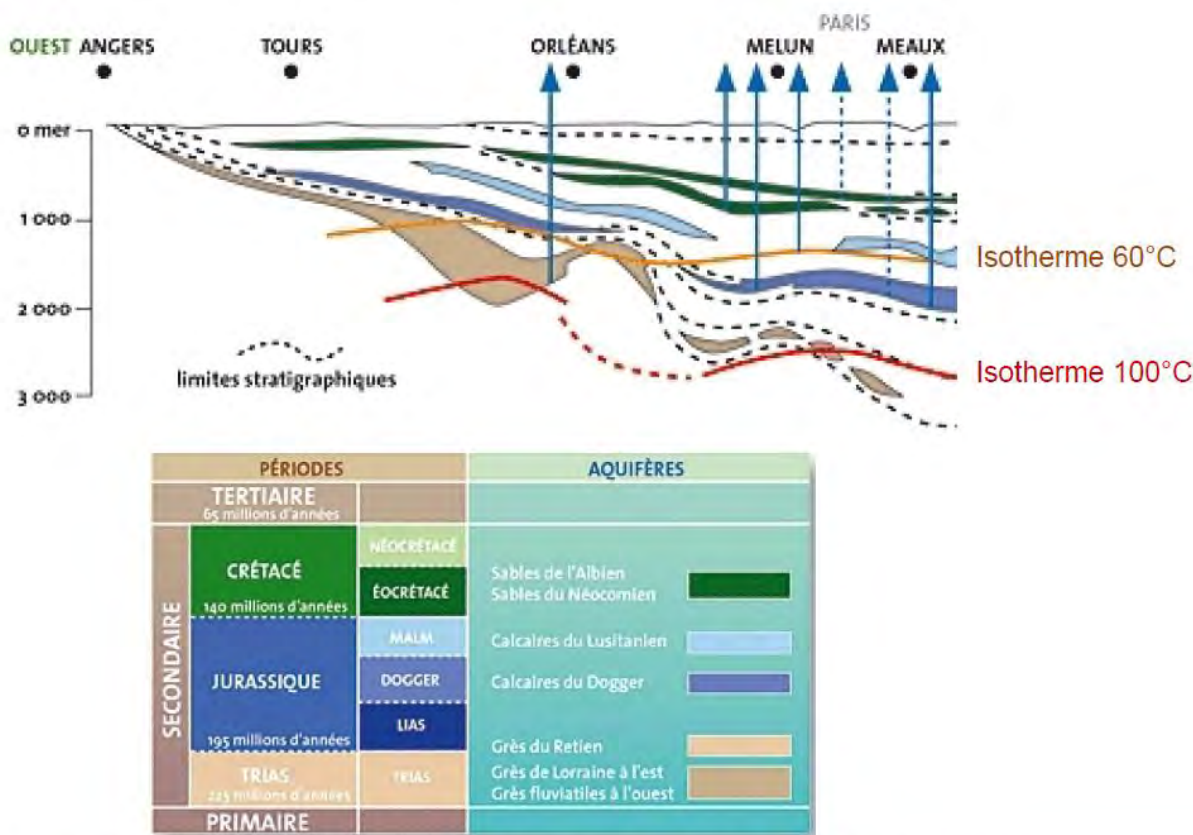


Illustration 11 : Coupe n° 2 nord-est - sud-ouest, puis est-ouest, en région Centre.

A Chateauroux, existe un forage au Trias, à 670 m de profondeur, pour une eau à 34°C, et un forage sur le Dogger à 160 m pour une eau à 16°C.

Avec les aquifères dits « superficiels », de l'eau à 10°C-15°C peut être puisée à 10 m de profondeur, et ne nécessite pas d'aller forer aussi loin. De même, le forage sur le Trias puise une eau à 34°C, qui nécessite un appoint pour assurer une bonne température de chauffage ou ECS, et les coûts pour un forage profond et l'utilisation d'appoint questionnent sur la rentabilité d'un tel projet ; il est alors nécessaire d'avoir une bonne densité thermique et des besoins de chaleur importants en surface. Il y a un gain économique sur l'exploitation, par la faible salinité des eaux, qui permet de réduire les soucis de dépôts et corrosion.

Une étude sur le potentiel géothermique en Région Centre réalisée par le BRGM en 2012 (cf. 3.5.3) avait essayé de réaliser une cartographie sur le potentiel de ces aquifères profonds. Elle considérait en données les valeurs des anciens forages qui ont atteint ces aquifères. Ainsi, 71 forages ont été étudiées. Malheureusement, la finalité de l'étude s'est heurtée à quelques difficultés et n'a pu aboutir. Parmi les difficultés sont énoncées : le peu de données, la distribution spatiale non homogène (peu de forages dans la partie sud, nord-ouest et ouest de la région), forte variabilité spatiale des paramètres utilisés (exemple de deux forages proches avec une perméabilité très différente), trop d'incertitudes sur les valeurs fournies... Tout cela fait que la carte des transmissivités et du potentiel géothermique de ces aquifères n'a pu être réalisé.

Des cartes uni-critères ont été réalisées, présentant la température, la profondeur et l'épaisseur utile des aquifères. Les valeurs suivantes sont estimées pour Tours :

	DOGGER	TRIAS
Profondeur (toit aquifère)	- 464 m	- 600 m
Température	< 15-20 °C	Entre 15 et 40 °C

3.5.3 Potentiel géothermique sur la Région Centre

Le potentiel de développement de la géothermie sur la Région Centre a fait l'objet d'une étude publiée en 2012, réalisée par le BRGM en partenariat avec l'ADEME, la Région Centre et Energies Centre : « Prospectives de développement de la géothermie en région Centre (GEOPOREC) ».

Ce rapport a mis en avant le potentiel sur aquifères et sur sondes verticales. Les cartes ci-dessous présentent la synthèse des résultats de l'étude de potentiel.

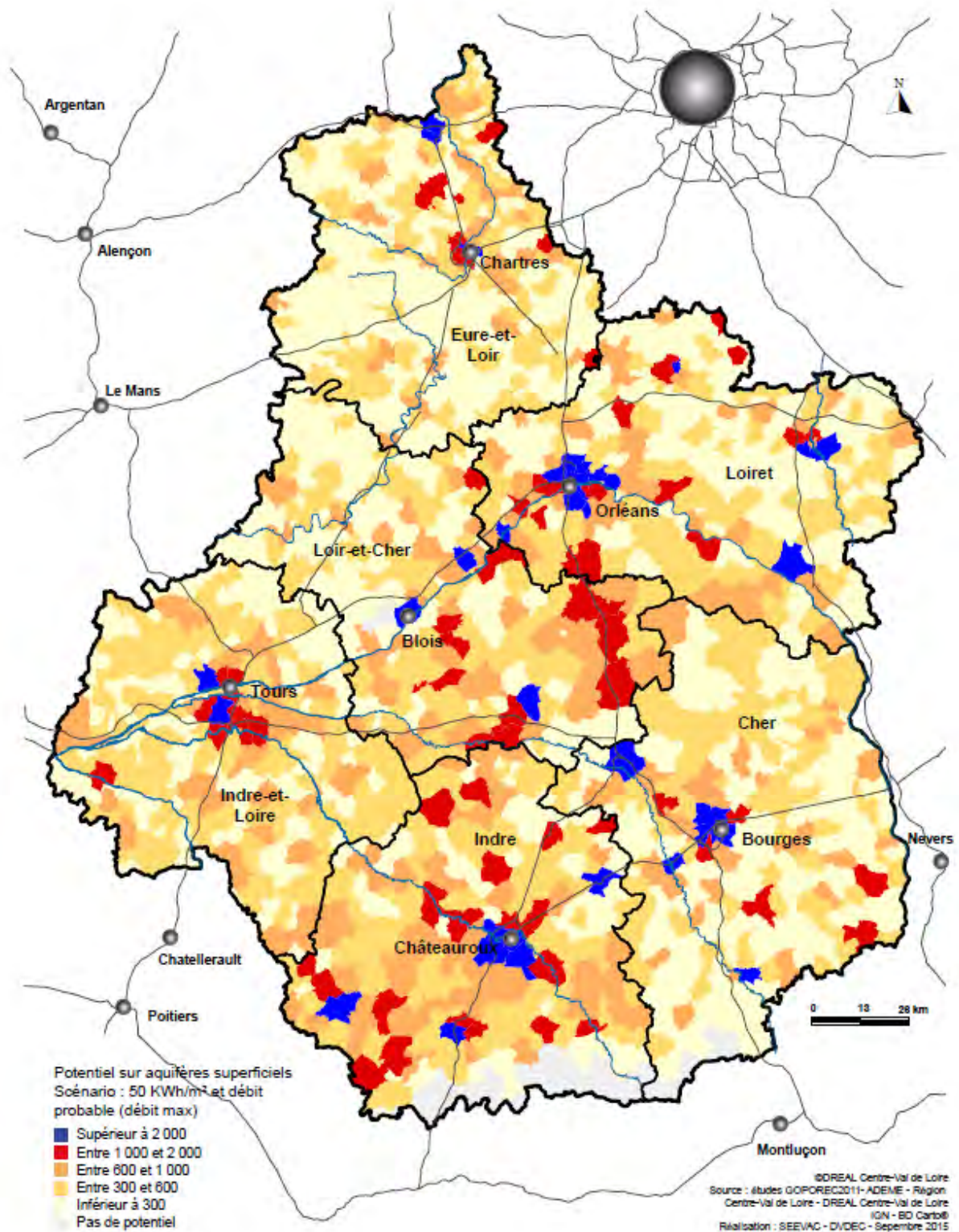


Figure 34 : Potentiel géothermique sur aquifères superficiels Région Centre - Source Etude GEOPREC 2012 (DREAL, BRGM, ADEME, Région CENTRE)

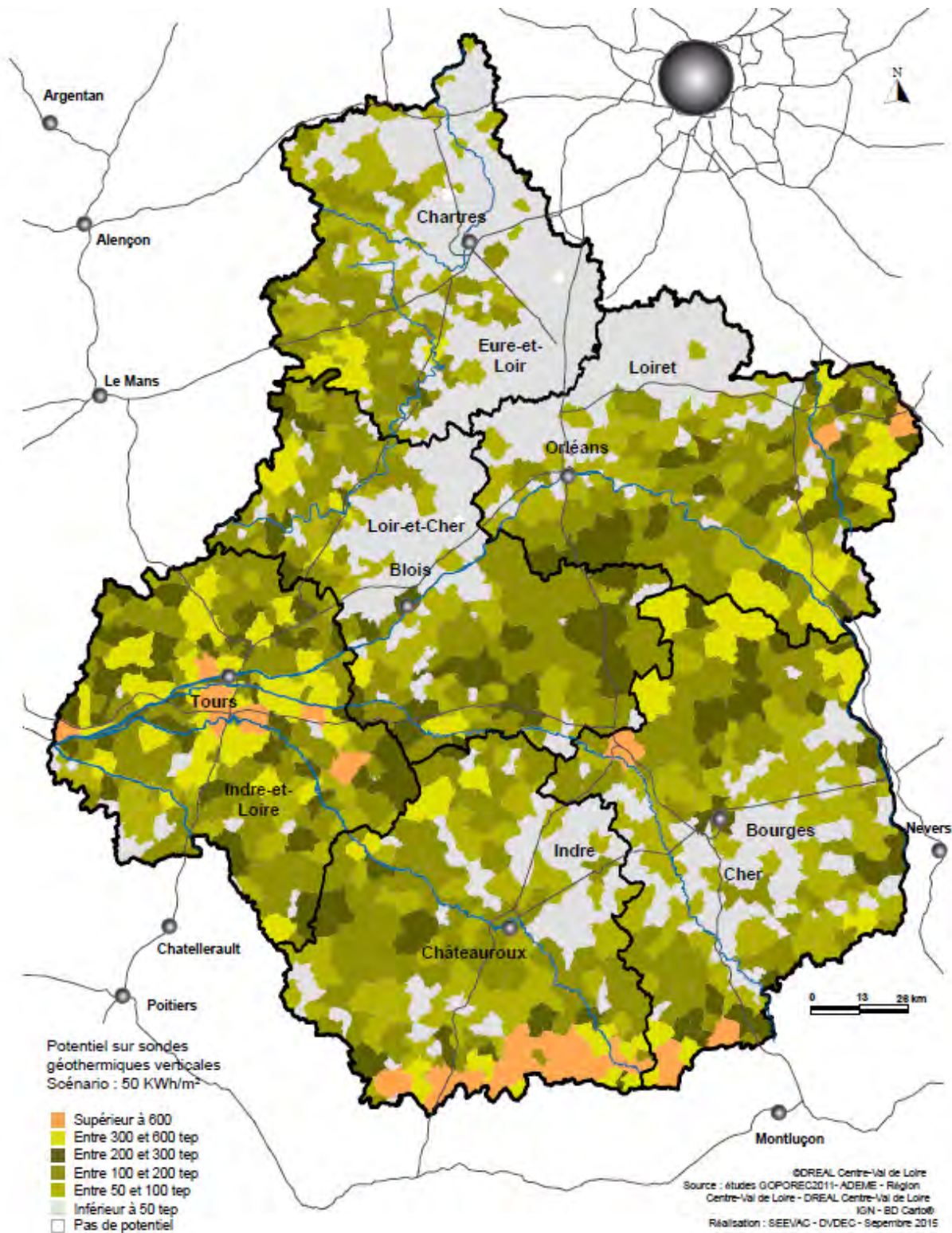


Figure 35 : Potentiel géothermique sur sondes verticales Région Centre - Source Etude GEOPREC 2012 (DREAL, BRGM, ADEME, Région CENTRE)

Il en ressort de cette étude un potentiel identifié sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire, tant que la géothermie sur aquifères que sur sondes verticales.

3.5.4 Zoom sur le potentiel sur aquifères

Le site Géothermie Perspectives développé par le BRGM et l'ADEME permet de détailler le potentiel sur aquifère au niveau de Tours Métropole Val de Loire.

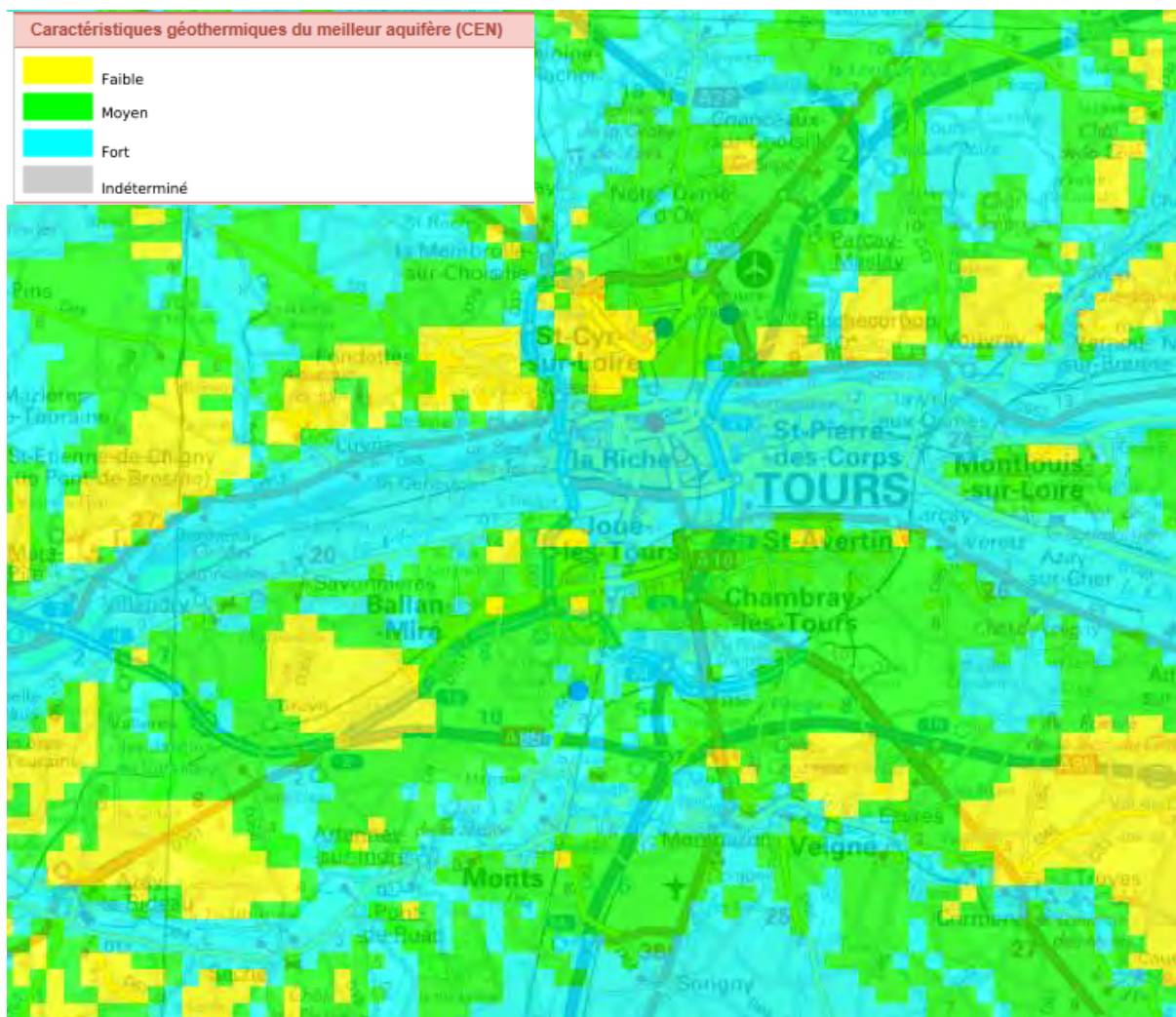


Figure 36 : Caractéristiques géothermiques du meilleur aquifère - Source Géothermie Perspectives

Le niveau de potentiel de faible à fort par aquifère a été déterminé selon les hypothèses de profondeur de l'aquifère, de son épaisseur, du débit et de leur température (entre 10 et 15°C).

Le potentiel en géothermie sur aquifère est bien présent sur le territoire. Il est à noter que cette cartographie est un outil d'aide à la décision, et le potentiel réel sur site de géothermie sur nappe sera à évaluer précisément par étude de faisabilité.

3.5.5 Réglementation

L'image ci-dessous récapitule les régimes réglementaires auxquels sont associées les installations de géothermie. Pour la plupart, elle relève de la géothermie de minime importance (GMI). Tout projet de géothermie (excepté les puits canadiens, pieux et installations inférieures à 10 mètres) doit être déclaré ou autorisé. Les démarches à réaliser dépendent de la profondeur, la puissance, le contexte géologique.

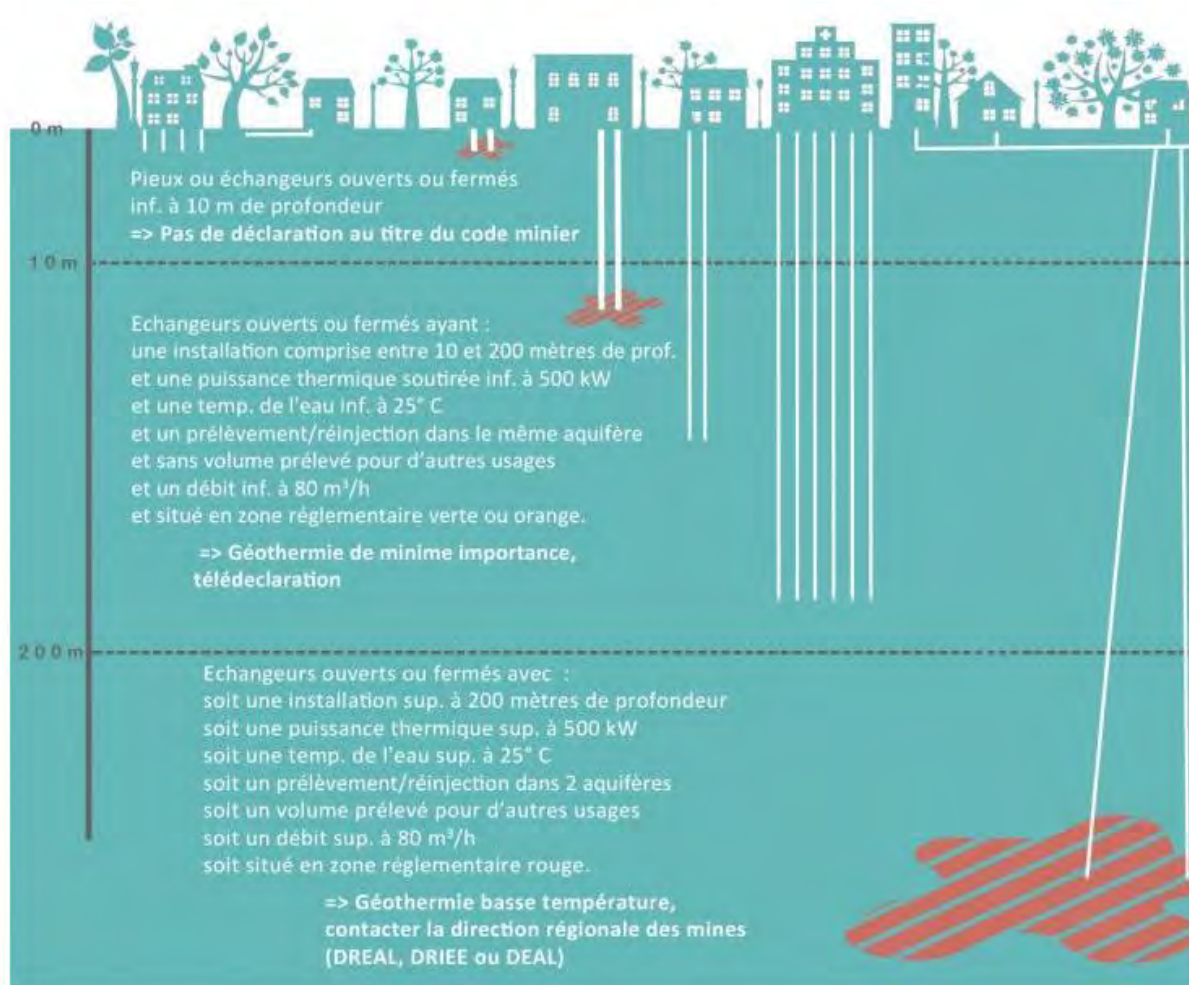


Figure 37 : Régimes réglementaires géothermie basse température - Source Géothermie Perspectives

L'un des critères nommés est la « situation en zone réglementaire verte ou orange ». Ces cartes sont établies par le BRGM.

Sur Tours Métropole, les zones sont en vert ou en orange, pas de zone rouge, le territoire est éligible à la géothermie de minime importance.

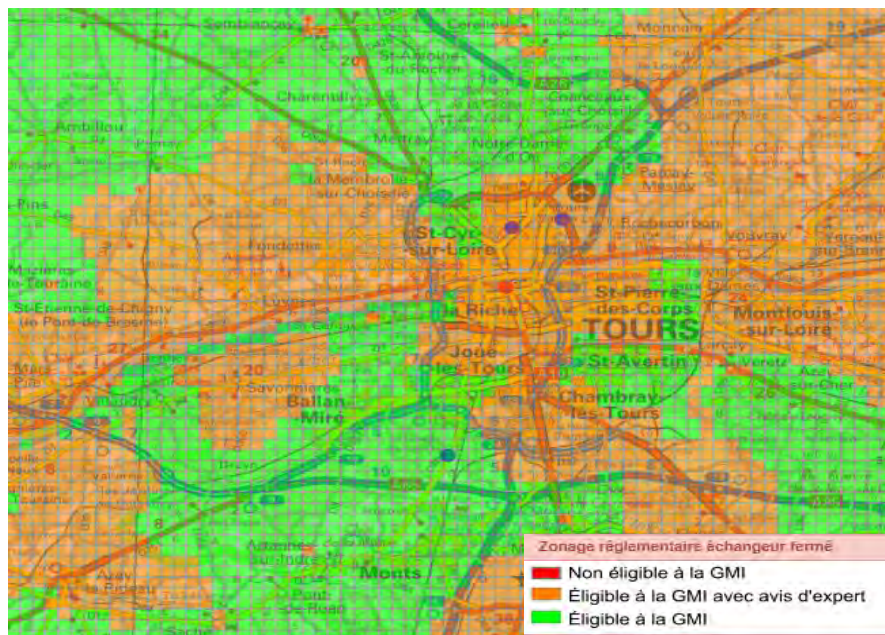


Figure 38 : Zones réglementaires GMI - Sondes verticales - Source Géothermie Perspectives (BRGM)

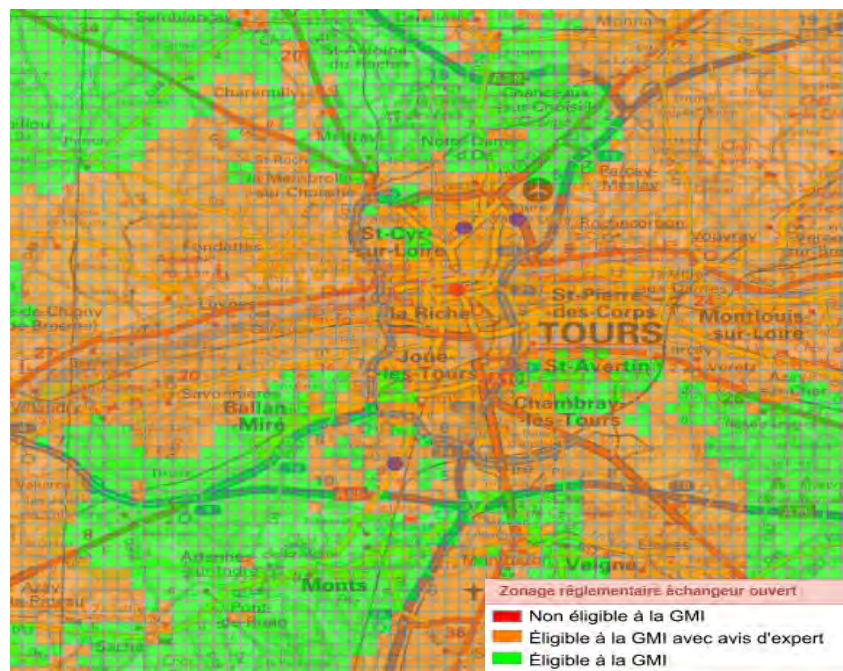


Figure 39 : Zones réglementaires GMI - Sur aquifère - Source Géothermie Perspectives (BRGM)

3.5.6 Potentiel géothermique estimé sur le territoire

Le potentiel en géothermie est théoriquement présent « partout », notamment sur sondes verticales. Il est difficile d'estimer un potentiel précis sur le territoire.

Un échange a été réalisé avec le chargé de mission « Animation Géothermie » de la région Centre Val de Loire. Il a permis de faire ressortir plusieurs recommandations, ainsi que des ordres de grandeur pour le potentiel.

Dans un premier temps, il a été souligné que le principal facteur limitant à la géothermie n'est pas la ressource, mais la conception du bâtiment. Plus généralement, la géothermie ne peut être adaptée à tout projet. Elle sera adaptée à des projets avec des besoins à basse température (plutôt sur des projets neufs). La comptabilité avec des réseaux de chaleurs existants est complexe et peu rentable, elle nécessite une énergie d'appoint pour rehausser la température en sortie de pompe à chaleur.

Un autre facteur à considérer, et souvent oublié, est que la géothermie permet aussi de satisfaire les besoins de froid, froid actif ou via rafraîchissement passif (solution permettant du froid de confort pratiquement sans consommation énergétique).

La géothermie à très basse température est plutôt adaptée pour des solutions à l'échelle du bâtiment (ou réseaux de chaleur très basse température sur des projets de bâtiments neufs).

Evaluation du potentiel de valorisation et méthodologie

Une première approche du potentiel a été réalisée, en considérant en hypothèse que l'on couvrait **1% de surface du territoire total**. Le potentiel de production géothermique est alors estimé à :

- | Géothermie sur sondes : 4000 sondes soit 64 GWh
- | Géothermie sur nappe : 20 doublets soit 6 GWh

Soit un potentiel total de **70 GWh**.

3.6 Solaire thermique

Méthodologie d'évaluation du potentiel décentralisé

Le potentiel en solaire thermique est estimé par typologie de bâtiment : logement individuel, logements collectif et tertiaire.

Pour le logement individuel, il est estimé que 50% des logements est éligible à une installation solaire thermique : orientation favorable de la toiture, absence de masques ou autres contraintes.

Pour le logement collectif, les données INSEE permettent d'estimer que 30% du parc est en chauffage collectif. Pour les contraintes de toiture, masques...il a été estimé que 50% des toitures étaient éligibles.

Pour le tertiaire, il a été considéré certains types d'établissements. Concernant les établissements de santé (hôpitaux, EHPAD), il en a été recensé 75 sur le territoire, grâce aux données du répertoire FINESS⁵. Il a été estimé que 50% des toitures étaient éligibles, et une installation de 0.5m²/lit.

Concernant les piscines, 7 ont été recensées, avec 3000 m² de bassins permettant d'estimer un potentiel en moquette solaire pour les bassins extérieurs et/ou capteurs plans pour bassins intérieurs.

Les hypothèses de production suivantes ont été considérées :

Productivité	
CESI	500 kWh/kWc
CSV	1 000 kWh/kWc
CESC	700 kWh/kWc
Moquette solaire	350 kWh/kWc

m ² solaire / installation	
CESI	4 m ² <i>10 m² pour SSC</i>
CESC	1,2 m ² /lgt
Santé	0,5 m ² /lit

Evaluation du potentiel de valorisation du solaire décentralisé

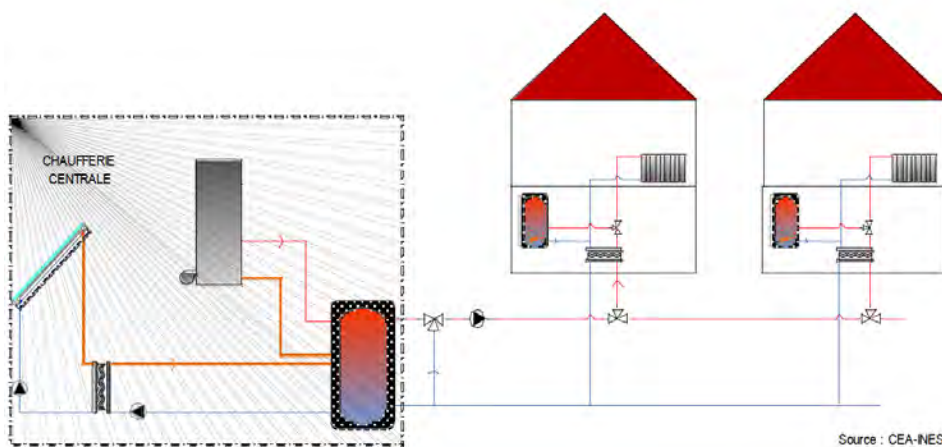
Le potentiel solaire thermique a été ainsi estimé à **75 GWh**.

Solaire thermique Gisement net		Maisons individuelles (CESI)	Habitat collectif (CESC)	Tertiaire (CESC)	Piscines	TOTAL
Existant	Surface totale (m ²)*	123 398	17 289	1 369	1 500	142 056
	Production (MWh/an)	61 699	12 102	958	525	74 760

⁵ <http://finess.sante.gouv.fr/fininter/jsp/index.jsp>

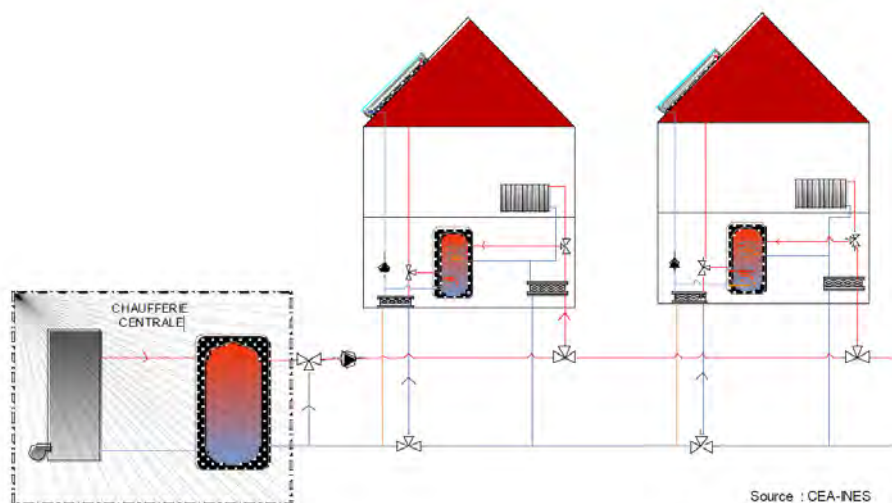
Solaire thermique et réseaux de chaleur

A l'origine, les premières centrales solaires avec production thermique injectée sur réseau de chaleur se sont développées à proximité immédiate de la chaufferie principale du réseau. Il s'agissait de production solaire centralisée sur réseau de chaleur. Les capteurs des installations centralisées peuvent être implantés en toiture de la chaufferie ou au sol.



Production centralisée

Ces dernières années, une autre option se développe. Les centrales solaires thermiques sont installées dans une zone propice pour les capteurs (en toiture ou au sol, en plusieurs endroits distincts le long du réseau de chaleur). Une partie de l'énergie solaire peut être autoconsommée sur place et le surplus d'énergie est injecté directement sur le réseau de chaleur (cf. schéma ci-après). A Graz en Autriche des capteurs solaires « haute température » sont utilisés. La production solaire thermique est injectée directement sur le « départ réseau » en été (autour de 70°C) et sert de préchauffage en hiver.



Production décentralisée

L'énergie solaire thermique peut ainsi être déployée sur des réseaux de chaleur ayant notamment des besoins non négligeables en été. Il faudra veiller à optimiser le mieux le dimensionnement entre le solaire thermique et la production principale du réseau, et optimiser au mieux les installations pour ne pas créer de « concurrence » en période estivale notamment.

Dans le cas d'une production centralisée, des volumes de stockage assez conséquents peuvent s'avérer nécessaire, engendrant des surcoûts importants.

Dans le cas de la production centralisée, la problématique du stockage n'est plus présente, mais cette technologie est pour le moment moins connue et très peu développée (à Juvignac et Chateaubriand).

4 Bilan

Au total, le potentiel de production ENR&R de la métropole de Tours d'élève à **1 050 GWh, soit un peu plus de 15% de la consommation énergétique du territoire.**

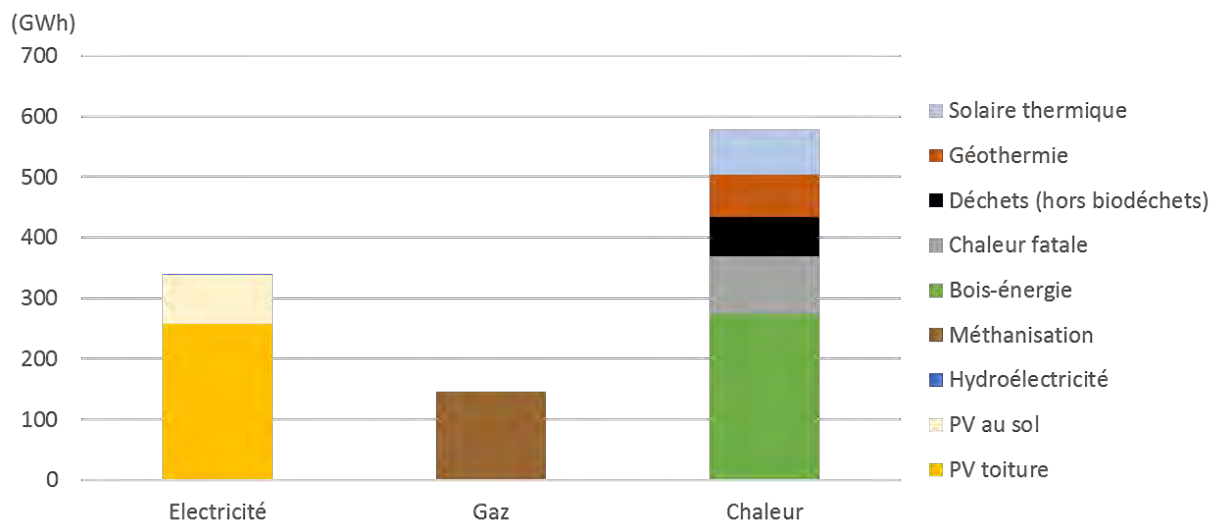


Figure 40 - Bilan des potentiels ENR&R de la métropole de Tours

5 Bibliographie

ADEME. (2009). *Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020.*

ADEME. (2012). *Atlas des filières d'approvisionnement en Bois-Energie en Rhône-Alpes.*

ADEME. (2013). *Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation.*

ADEME. (2013). *Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation.*

ADEME. (2016). *Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035.*

Agreste. (2010). Recensement Général Agricole.

CEMAGREF. (2009). *Evaluation des volumes de bois mobilisables à partir des données de l'IFN: "nouvelle méthode".*

Ministère de la Transition écologique et solidaire. (2012). *CORINE Land Cover - Occupation des sols en France.*

Ministère de l'Agriculture, d. l. (2014). *Production de sciages, bois sous rails et merrains en France métropolitaine de 2002 à 2014.*

National Aeronautics and Space Administration. (s.d.). *Shuttle Radar Topography Mission.*

Région Rhône Alpes. (2011). *Contribution du comité "bois-énergie" dans le cadre des travaux préparatoires à l'élaboration du SRCAE.*

The background is a solid teal color. It features several botanical illustrations in a lighter shade of teal. A large, faint number '5' is positioned on the left side. A vertical line is placed to the right of the '5'. The text 'SCHÉMA DIRECTEUR DES RÉSEAUX DE CHALEUR' is written in white, uppercase letters to the right of the vertical line. There are also large, semi-transparent circular shapes in the background, one of which is partially obscured by the text.

5

SCHÉMA DIRECTEUR DES RÉSEAUX DE CHALEUR

REDACTEURS



Joseph CAUDAL
Virginie MARECHAL
Sylvain REBILLAT
Pauline RODRIGUEZ

SOMMAIRE

•	INTRODUCTION	7
•	ETAT DES LIEUX DES RESEAUX.....	8
1.	Note de présentation.....	8
1.1	Schéma et historique du montage juridique	8
1.2	Principales caractéristiques des réseaux.....	10
1.2.1	<i>Les réseaux de chaleur – Intégration des ENR&R.....</i>	<i>10</i>
1.2.2	<i>Les réseaux de chaleur - Efficacité énergétique</i>	<i>11</i>
1.2.3	<i>Les réseaux privés – intégration des ENR&R.....</i>	<i>11</i>
1.2.4	<i>Les réseaux privés – Efficacité énergétique</i>	<i>12</i>
1.3	Equipements de production d'énergie	13
1.4	Plan des réseaux	14
1.5	Abonnés	15
1.6	Mesures d'efficacité énergétique	16
1.6.1	<i>Une production performante.....</i>	<i>16</i>
1.6.2	<i>Le verdissement des réseaux.....</i>	<i>17</i>
1.7	Rôle des réseaux dans la politique énergétique, urbaine et sociale	18
1.8	Plan pluriannuel d'investissement et de renouvellement	19
•	ANALYSE DES RESEAUX EXISTANTS.....	20
2.	Indicateurs de performance des réseaux.....	20
2.1	Fourniture des besoins aux abonnés.....	20
2.1.1	<i>Taux d'appel de puissance.....</i>	<i>20</i>
2.1.2	<i>Taux d'interruption pondéré du service.....</i>	<i>21</i>
2.1.3	<i>Puissance souscrite au km et évolution</i>	<i>22</i>
2.2	Indicateurs environnementaux et sécurité.....	23
2.2.1	<i>Bouquet énergétique.....</i>	<i>23</i>
2.2.2	<i>Emissions de CO2.....</i>	<i>27</i>
2.2.3	<i>Quotas alloués de CO2.....</i>	<i>30</i>
2.2.4	<i>Consommation d'eau sur le réseau</i>	<i>31</i>
2.2.5	<i>Sinistres et accidents du travail.....</i>	<i>32</i>
2.3	Satisfaction des attentes de service des abonnés et usagers.....	33
2.3.1	<i>Enquête de qualité et de satisfaction</i>	<i>33</i>
2.3.2	<i>Actions et initiatives engagées par l'opérateur.....</i>	<i>34</i>
3.	Cadre juridique et contractuel	35
3.1	Gestion des extensions ou développement dans un nouveau contrat	36
3.2	Gestion des extensions ou développement dans un contrat de concession en cours.....	36
4.	Analyse économique.....	38

4.1	Structure tarifaire	38
4.1.1	<i>La Rabaterie – Saint-Pierre-des-Corps.....</i>	<i>38</i>
4.1.2	<i>SCBC.....</i>	<i>40</i>
4.1.3	<i>La Riche.....</i>	<i>41</i>
4.1.4	<i>Joué-les-Tours.....</i>	<i>43</i>
4.1.5	<i>Sanitas</i>	<i>43</i>
4.1.6	<i>Synthèse structure tarifaire.....</i>	<i>44</i>
4.2	prix moyen.....	46
4.2.1	<i>La Rabaterie – Saint-Pierre-des-Corps.....</i>	<i>46</i>
4.2.2	<i>SCBC.....</i>	<i>46</i>
4.2.3	<i>La Riche.....</i>	<i>47</i>
4.2.4	<i>Joué-les-Tours.....</i>	<i>47</i>
4.2.5	<i>Sanitas</i>	<i>48</i>
4.2.6	<i>Prix moyen du MWh en 2016/2017 ou 2017 des réseaux de chaleur public.....</i>	<i>49</i>
4.2.7	<i>Synthèse – Réseau de chaleur public en 2016/2017 et 2017.....</i>	<i>49</i>
5.	Analyse des comptes de résultat.....	51
5.1	Saint-Pierre-DES-CORPS.....	52
5.2	SCBC	53
5.3	La RICHE	55
5.4	Joué-lès-Tours.....	56
5.5	Réseau SANITAS	57
•	PROJET DE RESEAU DE CHALEUR	59
6.	Présentation du projet	59
7.	Caractéristiques techniques	60
7.1	Production	60
7.2	Distribution	61
7.3	Engagements sur performance.....	61
7.4	Développement du réseau	62
7.5	Abonnés	63
8.	Struture tarifaire	63
9.	Le projet Tours Sud	65
9.1	L’opportunité.....	65
9.2	Les abonnés potentiels.....	67
9.3	Travail sur les contours du réseau	67
9.4	Préfiguration du réseau	71
9.4.1	<i>La distribution</i>	<i>71</i>
9.4.2	<i>Les moyens de production.....</i>	<i>72</i>
•	CONCLUSION DE L’ANALYSE DES RESEAUX DE CHALEUR DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE	74
10.	Potentiel de développement des réseaux	78

10.1	Evolutions prévues des réseaux existants.....	80
10.2	Analyse des possibilités de densification des réseaux existants.....	81
10.3	Analyse des possibilités d'extension des réseaux existants.....	86
10.4	Interconnexions entre réseaux de chaleur.....	93
10.5	Opportunités de création de réseau.....	98
10.6	Outils pour favoriser le développement des réseaux.....	103
10.7	Synthèse du potentiel d'évolution des réseaux.....	104
11.	Etude des scénarios.....	105
11.1	Hypothèses de travail.....	105
11.1.1	<i>Hypothèses communes à l'ensemble des opérations.....</i>	<i>106</i>
11.1.2	<i>Hypothèses sur les opérations de densification.....</i>	<i>107</i>
11.1.3	<i>Hypothèses sur les opérations d'extension.....</i>	<i>107</i>
11.1.4	<i>Hypothèses sur les opérations d'interconnexion.....</i>	<i>108</i>
11.2	Scénario 1 : Amélioration de la compétitivité des réseaux.....	108
11.2.1	<i>Analyse économique.....</i>	<i>108</i>
11.2.2	<i>Analyse environnementale.....</i>	<i>111</i>
11.2.3	<i>Analyse sociale.....</i>	<i>112</i>
11.3	Scénario 2 : volontariste.....	113
11.3.1	<i>Analyse économique.....</i>	<i>114</i>
11.3.2	<i>Analyse environnementale.....</i>	<i>119</i>
11.3.3	<i>Analyse sociale.....</i>	<i>120</i>
•	ANNEXES.....	122
	ANNEXE 1. Monotones de production.....	122
	ANNEXE 2. Liste des abonnés.....	123
	ANNEXE 3. Plan pluriannuel d'investissements et de renouvellement.....	128
	ANNEXE 4. Evolutions des réseaux.....	130

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan des réseaux de Tours Métropole Val de Loire – Réalisation Inddigo 2019	14
Figure 2 : Comparaison cogénération/production séparée	16
Figure 3 : Evolution du mix énergétique moyen RCU TMVL	23
Figure 4 : Cartographie des réseaux : Mix ENR&R et énergie livrée.....	26
Figure 5 : Energie vendue par les réseaux	27
Figure 6 : Evolution des consommations d'eau 2011 à 2017 - SCBC Tours - Source CRA 2017.....	32
Figure 7 : Evolution des consommations d'eau 2015 à 2017 en m ³ - La Riche - Source CRA 2017.....	32
Figure 8 : Réclamations abonnées 2015 à 2017 - SCBC Tours - Source CRA 2017	33
Figure 9 : Réclamations abonnées 2015 à 2017 - La Riche - Source CRA 2017	33
Figure 10 : Actions opérateur envers les usagers - SCBC - Source CRA 2017	34
Figure 11 : Actions opérateur envers les usagers - Joué-les-Tours - Source CRA 2017	34
Figure 12 : Synthèse des prix unitaires révisés - Réseau SCBC - Source Analyse du CRA E&S 2016...	40
Figure 13 : Valeurs des tarifs R2 de base - La Riche - Source Analyse CRA E&S 2017	41
Figure 14 : Ventes R1 2017 et 2016 - La Riche - Source CRA 2017	42
Figure 15 : Valeurs des tarifs R2 de base - Joué-les-Tours - Source Analyse CRA E&S 2016	43
Figure 16 : Ventes d'énergie des réseaux de chaleur et recettes R1	50
Figure 17 : Résultat brut des réseaux.....	51
Figure 18 : Plan d'implantation du projet de réseau de chaleur - Réalisation Inddigo 2019.....	59
Figure 19 : Engagements sur rejets atmosphériques - Projet réseau de chaleur - Source Engie Cofely	62
Figure 20 : Développement du réseau de chaleur en projet de 2019 à 2025 - Source Engie Cofely ...	62
Figure 21 : Répartition des abonnés selon les besoins - Projet réseau de chaleur - Source Engie Cofely	63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Contexte contractuel des réseaux de chaleur de Tours Métropole Val de Loire - DSP.....	9
Tableau 2 : Montages juridiques des réseaux de chaleurs de Tours Métropole Val de Loire - Réseaux privés.....	10
Tableau 3 : Principales caractéristiques des réseaux - Réseaux en DSP	11
Tableau 4 : Principales caractéristiques des réseaux - Réseaux privés	12
Tableau 5 : Caractéristiques des centrales de production	13
Tableau 6 : Heures équivalent pleine puissance – 2017	20
Tableau 7 : Taux d'interruption pondéré du service - La Rabaterie SPDC - Source CRA 2016/17.....	21
Tableau 8 : Evolution de la puissance souscrite - La Rabaterie SPDC - Source CRA 2016/17.....	22
Tableau 9 : Evolution du bouquet énergétique - La Rabaterie SPDC - Source CRA 2016/17.....	23
Tableau 10 : Evolution du bouquet énergétique - SCBC Tours - Source CRA 2017	24
Tableau 11 : Evolution du bouquet énergétique - Joué-les-Tours - Sources CRA	25
Tableau 12 : Evolution des rejets atmosphériques - Joué-les-Tours - Sources CRA	29
Tableau 13 : Quotas CO2 alloués PNAQ3 - SCBC - Source CRA 2017.....	30
Tableau 14 : Quotas CO2 alloués PNAQ3 - Joué-les-Tours - Source CRA 2017	31
Tableau 15 : Grille des indices de pertes des réseaux d'eau	31

Tableau 16 : Evolution des termes R1 et R2 - La Rabaterie SPDC - Source CRA 2016/17	39
Tableau 17 : Détails des DN du réseau de distribution - Projet réseau de chaleur - Source Engie Cofely	61
Tableau 18 : Synthèse tarifaire - Projet réseau de chaleur - Source Engie Cofely.....	64

INTRODUCTION

Tours Métropole Val de Loire, qui exerce la compétence « création et exploitation de réseaux de chaleur et froids urbains » pour tous les réseaux métropolitains et communaux, a décidé de réaliser, au sein de son schéma directeur énergie, un schéma directeur de ses réseaux de chaleur.

Au-delà de l'obligation réglementaire, ce schéma peut s'avérer être un véritable outil d'aide à la décision pour les grandes orientations à prendre concernant l'évolution de ces réseaux, et ainsi améliorer l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables et de récupération sur le territoire.

Les étapes clés d'un schéma directeur de réseaux de chaleur sont :

- Le diagnostic technique, contractuel et financier du réseau de chaleur
- L'état des lieux des sources d'énergies renouvelables et de récupération
- Le potentiel d'évolution des réseaux (besoins bâtiments raccordés, possibilités d'extension ou densification, modification des moyens de production...)
- L'élaboration des différents scénarios d'évolution avec leurs impacts techniques, économiques, environnementaux et contractuels.

Ce rapport constitue la première partie du schéma, et présente un diagnostic de l'ensemble des réseaux de chaleur de la métropole.

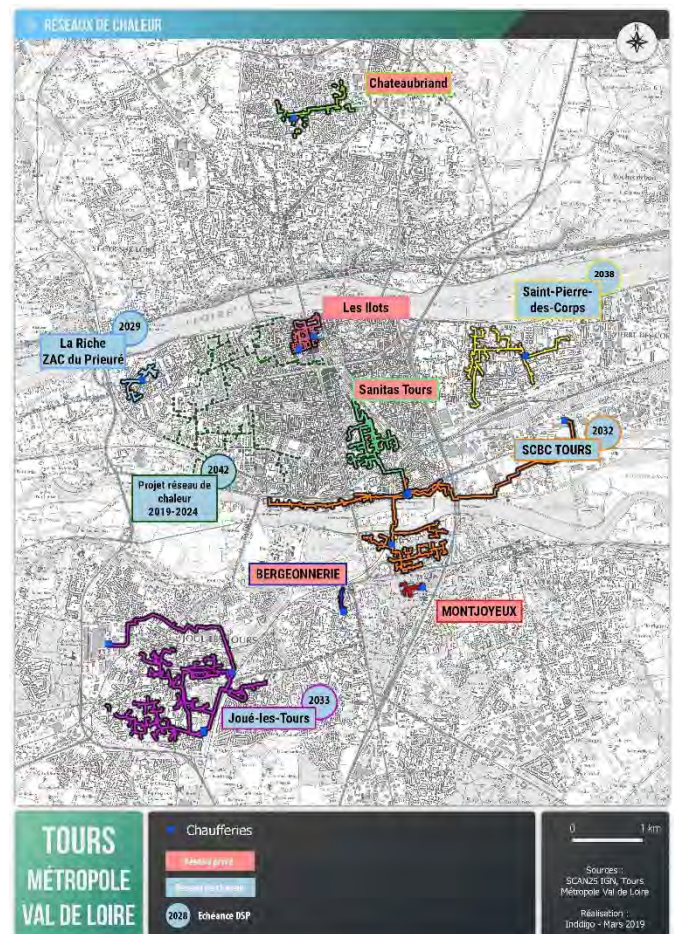
ETAT DES LIEUX DES RESEAUX

1. NOTE DE PRESENTATION

Le territoire de Tours Métropole Val de Loire compte **au 1^{er} janvier 2019 un total de 9 réseaux de chauffage urbain**. Ces réseaux de chauffage sont situés sur les communes de Tours (6), Saint-Pierre-des-Corps (1), La Riche (1) et Joué-les-Tours (1).

Un réseau complémentaire est en cours de développement sur le territoire de la Ville de Tours et de la Riche (représenté en pointillés vert sur la carte ci-contre).

Les données et chiffres clés de ces réseaux sont présentés ci-après. Les données fournies présentent un bilan de ces réseaux de chaleur pour l'année 2017. Certaines données peuvent être incomplètes, par manque de transmission ou absence de ces données.



1.1 SCHEMA ET HISTORIQUE DU MONTAGE JURIDIQUE

Sur neuf réseaux de chauffage en fonctionnement, **quatre sont des réseaux de chaleur** (réseaux publics avec vente de chaleur à plusieurs abonnés). Tours Métropole Val-de-Loire est le gestionnaire de ces 4 réseaux. Le mode de gestion retenu est la Délégation de Service Public (DSP) sous forme de concession pour l'ensemble des réseaux publics du territoire. Le projet de réseau « Tours Métropole Energies Durables (TMED) », desservant l'Ouest de la Ville et une partie de La Riche prendra également la forme d'une concession (DSP).

Devenue Métropole depuis le 1^{er} avril 2017, avec pour compétence obligatoire la « création, aménagement, entretien et gestion de réseaux de chaleur ou de froid urbains », Tours Métropole Val de Loire doit exercer cette compétence pour les communes de son territoire.

Dans le cadre de la prise de compétence en matière de réseau de chaleur, Tours Métropole Val de Loire devient de droit titulaire des contrats de DSP en cours sur son territoire et l'autorité délégante des 4 réseaux de chaleur existants sur son territoire.

Les tableaux ci-dessous présentent les détails des différents montages juridiques des réseaux de chaleur publics existant et à venir sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire. Sur les 4 réseaux de chaleur existants (+ 1 projet de réseau en cours de développement), **3 ont été créés entre 1968 et 1971**

et ont depuis fait l'objet de travaux de modernisation. Le Réseau de La Riche, datant de 1993, n'a pas encore fait l'objet d'un renouvellement des moyens de production. Hormis pour le projet de nouveau réseau, **les échéances des contrats de DSP des 4 réseaux de chaleur sont très proches (entre 2038 et 2033).**

L'échéance d'un contrat de DSP représente une opportunité pour engager des évolutions fortes sur les réseaux tels que verdissement du mix énergétique, intensification de la commercialisation par densification ou extension, interconnexions.

Le tableau suivant présente pour les 5 réseaux de chaleur (dont le projet en développement) la synthèse du contexte contractuel.

Réseau	La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps	SCBC Tours	La Riche ZAC du Prieuré	Joué-les-Tours	TMED
Mode de gestion	Délégation de Service Public Concession	Délégation de Service Public Concession	Délégation de Service Public Concession	Délégation de Service Public Concession	Délégation de Service Public Concession
Autorité délégante	Tours Métropole Val de Loire				
Date de création du réseau	1971	1968	1993	1970	2019 (prévisionnel)
Gestionnaire réseau	CORPO ENERGIES - ENGIE	SCBC – DALKIA	DALKIA	DALKIA	TMED
Durée du contrat	24 ans	61 ans	24 ans	41 ans	23 ans
Date de la convention	2014	1971	1993	1992	2018
Date d'achèvement	2038	2032	2029	2033	2042
Avenants	1 avenant (2017)	21 avenants, le dernier en 2017	7 avenants (1999, 2005, 2006, 2009, 2013, 2014, 2016)	9 avenants (3 en 1998, 2001, 2002, 2010, 2011, 2013, 2015)	1 avenant (2019)
Commentaires	-	Avenant n°21 : réalisation de prestations sur le réseau de distribution, de l'échangeur au radiateur	Avenant n°3 : date à laquelle commence à courir la durée de la Convention	Avenant n°6 : échéance de la Concession poussée à 2023 Avenant n°9 : échéance de la Concession poussée à 2033	

Tableau 1 : Contexte contractuel des réseaux de chaleur de Tours Métropole Val de Loire - DSP

Dans le cadre du présent schéma directeur Energie, **5 réseaux de chauffage privés ont été identifiés**. Ils sont **tous localisés sur le territoire de la Ville de Tours**. Ils **desservent des ensembles de logements sociaux** gérés par Tours Habitat, la SEMIVIT et CITYA. Les données sur le contexte contractuel de ces réseaux sont synthétisées dans le tableau suivant. Les informations manquantes sont repérées en jaune.

Réseau	Sanitas Tours	Chateaubriand Tours	Montjoyeux Tours	Bergeonnerie Tours	Les Ilots Tours
Mode de gestion	Réseau privé - avec contrat d'exploitation	Réseau privé - avec contrat d'exploitation	Réseau privé - avec contrat d'exploitation	Réseau privé - avec contrat d'exploitation	Réseau privé - avec contrat d'exploitation
Autorité délégante	Tours Habitat	Tours Habitat	Syndic copro : Centrale immobilière	SEMIVIT	CITYA
Date de création du réseau	1960	1970 (date de création bâtiments)	1966	1965	
Gestionnaire réseau	DALKIA	DALKIA	Dalkia	Idex	DALKIA
Durée du contrat	15 ans	6 ans	8 ans	14 ans	
Date d'achèvement	2027	2025	2026	2033	

Tableau 2 : Montages juridiques des réseaux de chaleurs de Tours Métropole Val de Loire - Réseaux privés

1.2 PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES RESEAUX

Les mutations des réseaux et les possibilités d'interconnexions seront plus ou moins aisées en fonction de l'existant. Le présent paragraphe vise à faire une présentation des principales caractéristiques techniques des réseaux.

1.2.1 LES RESEAUX DE CHALEUR – INTEGRATION DES ENR&R

Deux réseaux de chaleur (sur 4) sont équipés de générateurs biomasse. Le projet de réseau TMED sera également équipé de chaudières biomasse. On notera qu'une interconnexion du projet de réseau TMED (97 GWh/an/80% biomasse) à celui de la Riche (6 GWh/an/100% gaz) est prévu. Le réseau de la Riche bénéficiera, à moyen terme de la production bois énergie.

Deux **chaudières bois** avec récupération de chaleur sur les fumées ont **été mises en service** sur le réseau de **Joué-les-Tours**, tandis que la part du bois énergie dans le mix du réseau de **Saint-Pierre des Corps** a progressé pour atteindre **69%**. La part de la chaleur d'origine renouvelable et de récupération (EnR&R) augmente considérablement sur les réseaux de Tours-Métropole Val-de Loire depuis 2016. **Tous les réseaux seront à moyen terme (avant 2030) alimentés par le bois énergie.**

1.2.2 LES RESEAUX DE CHALEUR - EFFICACITE ENERGETIQUE

Sur les 4 réseaux existants, seul le réseau de La Riche n'est pas doté d'une cogénération, outil d'efficacité énergétique : il s'agit de systèmes de production d'électricité avec valorisation de la chaleur fatale sur le réseau de chaleur.

Le tableau suivant synthétise pour les 4 réseaux de chaleur du territoire les données techniques (en rouge les données estimées).

Réseau	La Rabaterie Saint-Pierre des Corps	SCBC Tours	La Riche ZAC du Prieuré	Joué-les-Tours
Date données	Saison 2016-2017	Année 2017	Année 2017	Saison 2016-2017
Sources d'énergie	Biomasse / gaz / fioul / cogénération	Cogénération bois « CRE3 »/ Gaz / Cogénération	Gaz	Gaz / Fioul / Cogénération
Taux de couverture ENR	5%	63%	0%	0%
Longueur réseau (mesures plan)	6,4 km	15,7 km	1,75km	20,1 km
Régimes de températures	105 °C / 65 °C	105 °C / 70 °C	BP < 105°C	Une antenne HP 180°C Réseau BP 105°C
Contenu CO2 (geqCO2/kWh)	200	124	235	210
Usagers du réseau	41 sous-stations (25 SST logements + 16 SST tertiaire)	94 sous-stations ~ 75-80% logements	18 sous-stations (8 SST logements + 10 SST tertiaire)	105 sous-stations ~ 80% logements
Equivalents logements	3 025	8 800	785	7600
MWh livrés abonnés	26 252 MWhut	84 678 MWhut	5 727 MWhut	63 984 MWhut
Rendement réseau	87%	80%	88%	85%

Tableau 3 : Principales caractéristiques des réseaux - Réseaux en DSP

1.2.3 LES RESEAUX PRIVES – INTEGRATION DES ENR&R

La diffusion des ENR&R est nettement plus faible sur les réseaux privés. Seul le réseau SANITAS est alimenté en partie par la biomasse. Le complément est assuré intégralement à partir de générateurs gaz.

1.2.4 LES RESEAUX PRIVES – EFFICACITE ENERGETIQUE

Les réseaux Sanitas et Châteaubriand sont dotés de cogénération. Le réseau Sanitas est en partie alimenté par CRE 3 (cogénération biomasse) en partie et par de la chaleur achetée à SCBC.

Le tableau suivant présente la synthèse des données techniques pour les réseaux privés. Les données estimées sont en rouge, tandis que les informations non connues sont identifiées en jaune.

Réseau	Sanitas Tours	Chateaubriand Tours	Montjoyeux Tours	Bergeonnerie Tours	Les Ilots Tours
Date données	Année 2017	2016-2017	Année 2017	Année 2017	Année 2017
Sources d'énergie	Chaleur vendue par SCBC / Cogénération bois CRE 3	Gaz / Cogénération	Gaz	Gaz	Gaz
Taux de couverture ENR	67%	0%	0%	0%	0%
Longueur réseau (mesures plan)	7,2 km	2,6 km	0,8 km	NC	5,3 km
Régimes de températures	105 °C / 70 °C	NC	NC	NC	NC
Contenu CO2 (geqCO2/kWh)	77	185	234	234	234
Usagers du réseau	Groupe habitation Sanitas Tours Habitat + 17 tiers extérieurs	Logements SEMIVIT + Tours Habitat + Tiers	9 sous-stations (copropriété + 1 groupe scolaire)	485 logements + 14 bâtiments	
Equivalents logements	6 000	2 879	665	694	1 318
MWh livrés abonnés	39 708 MWhut	24 062 MWhut	5 660 MWhut	5 900 MWhut	11 201 MWhut
Rendement réseau		90%	85%		

Tableau 4 : Principales caractéristiques des réseaux - Réseaux privés

1.3 EQUIPEMENTS DE PRODUCTION D'ENERGIE

Les réseaux de chaleur de Tours Métropole Val de Loire sont principalement alimentés par des productions type chaufferies gaz naturel et cogénération gaz. Depuis quelques années, la biomasse commence à être mise en place sur les réseaux, avec notamment la cogénération biomasse CRE3 du réseau SCBC en 2013 et la chaufferie biomasse de Saint-Pierre-des-Corps en 2017. Les travaux d'une chaufferie biomasse pour le réseau de Joué-les-Tours viennent de s'achever.

Le tableau ci-dessous détaille les caractéristiques des centrales de production pour l'ensemble des 9 réseaux existants. Les équipements de production des réseaux de chaleur (publics) existants ont été largement renouvelés. Les équipements de production de base des réseaux SCBC, Joué-lès-Tours et Saint-Pierre-des-Corps ont moins de 10 ans. Les données non connues sont repérées en jaune :

Réseau	Energie	Puissance installée	Part production énergie (2017)	Ancienneté générateurs
La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps	Biomasse (2 chaudières)	4,5 MW	5%	2017
	Gaz naturel	9,5 MW	30%	2016 / 1 secours 1970
	FOD	4,5 MW	8%	
	Achat chaleur cogé SPDC Cogen	5,0 MW	57%	
SCBC Tours	Achat de chaleur Cogénération Biomasse CRE3	30,0 MW	63%	2013
	Cogénération gaz FONTAINES	7,3 MW	17%	2007
	Cogénération gaz SCBC	8,3 MW	1%	2009
	Gaz naturel (3 chaudières)	44,7 MW	19%	2012
La Riche	Gaz naturel (3 chaudières)	3,6 MW	100%	2000 / 1979 / 2007
Joué-les-Tours	Biomasse			2018
	Gaz naturel	37 MW	39%	1966-68 / 1981 (brûleur mixte)
	Fioul	15,0 MW	1%	1982
	Cogénération gaz (hors élec)	14,0 MW	61%	1999
Sanitas Tours	Achat chaleur SCBC	-	15%	
	Achat de chaleur Cogénération bois « CRE3 »	-	67%	
	Achat de chaleur Cogénération gaz FONTAINES	-	18%	
Chateaubriand	Gaz (chaufferie et cogénération)	28,7 MW	100%	
Montjoyeux	Gaz naturel	3,46 MW	100%	1997 / 2007 / 2016
Bergeonnerie	Gaz naturel	3,45 MW	100%	2017
Les ilots	Ouest : Gaz + Cogénération	6 MW + 1,8 MWth		
	Est : Gaz + Cogénération	3,3 MW + 1,3 MWth		

Tableau 5 : Caractéristiques des centrales de production

Le réseau privé Sanitas ne dispose pas de centrales de production propres. L'énergie distribuée par ce réseau est issue d'achats de chaleur auprès du réseau SCBC, de la cogénération bois CRE 3 et de la cogénération gaz FONTAINES.

Les courbes monotones des réseaux sont disponibles en ANNEXE 1 (seule la monotone projet bois du réseau de chaleur Saint-Pierre-des-Corps a été fournie).

Les Schémas hydrauliques des installations de production des réseaux sont joints en annexe au présent rapport.

1.4 PLAN DES RESEAUX

La cartographie suivante reprend l'ensemble des tracés des réseaux Métropolitains, y compris le tracé du projet de réseau TMED :

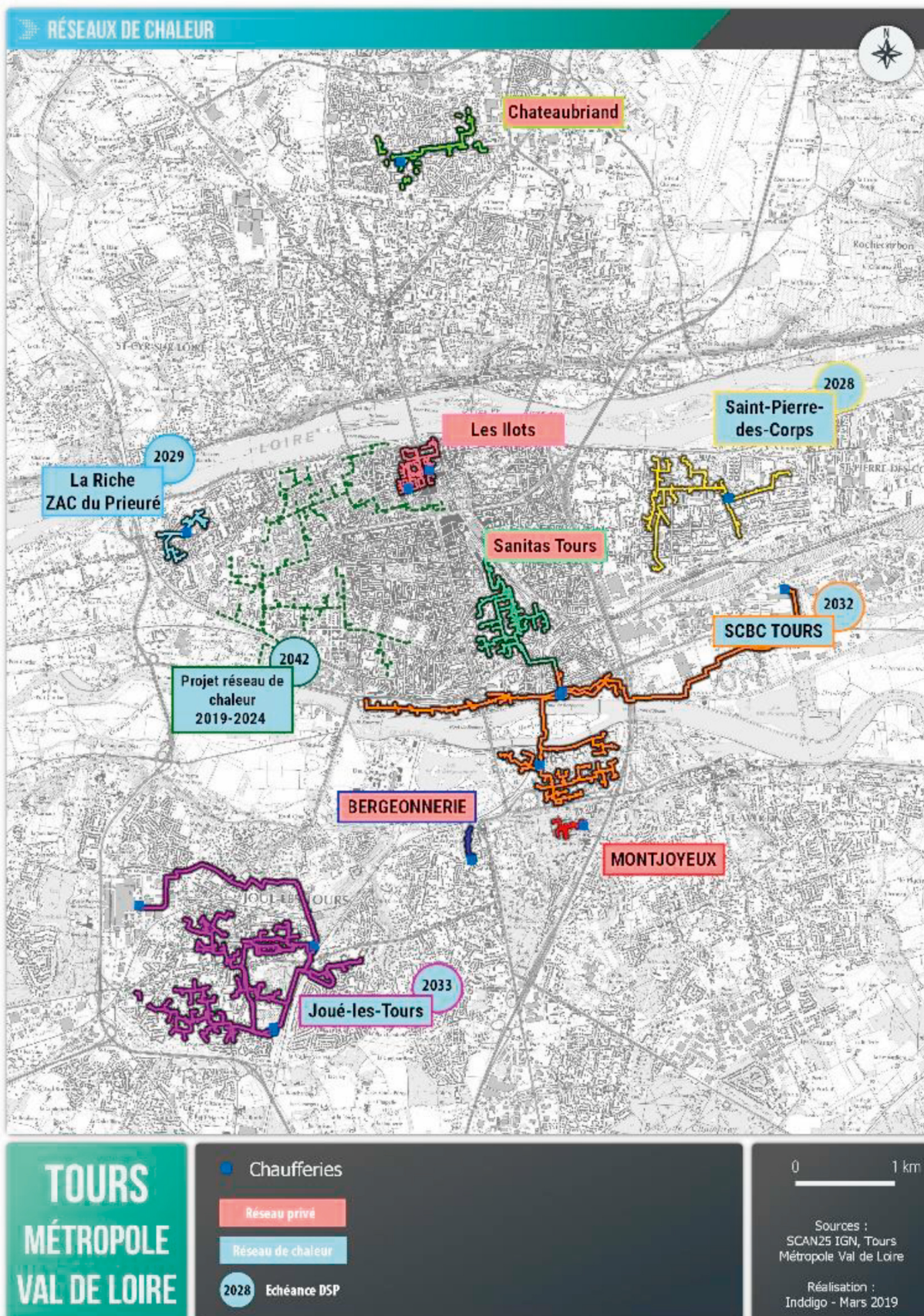
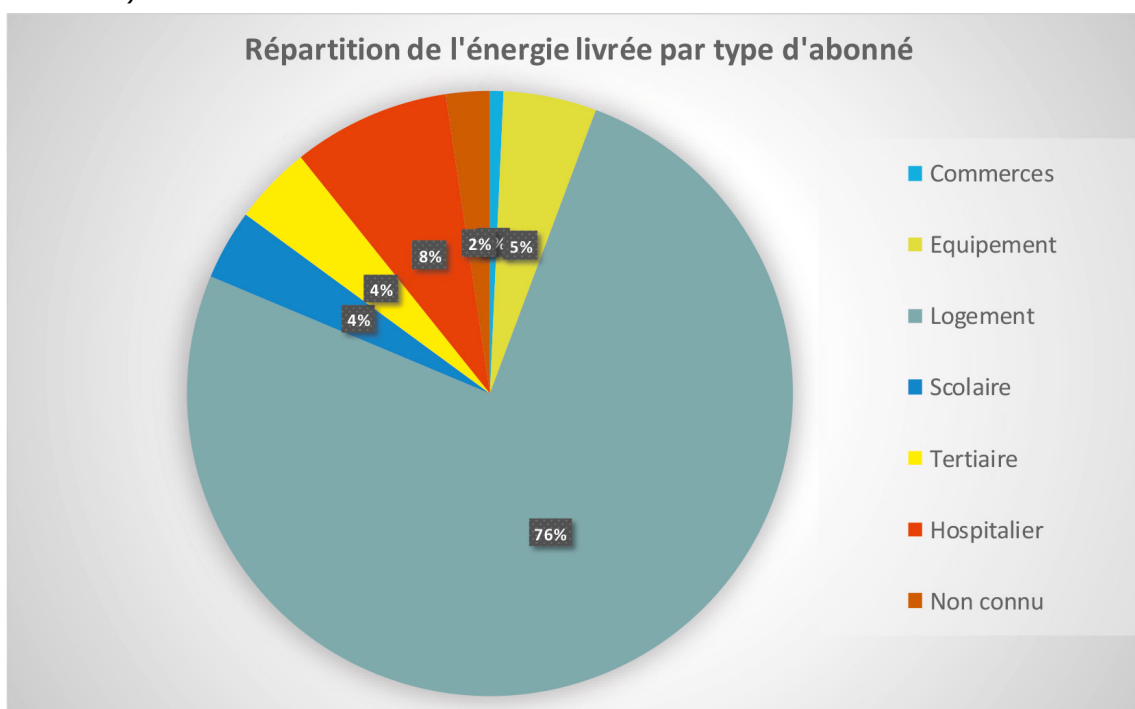


Figure 1 : Plan des réseaux de Tours Métropole Val de Loire – Réalisation Inddigo 2019

1.5 ABONNES

Sur l'ensemble des réseaux, les abonnés sont majoritairement des logements, puis des bâtiments publics et tertiaires (groupes scolaires, gymnases, piscines, hôpital, administrations...). Les réseaux privés sont liés à des ensembles sociaux. Faute de données détaillées concernant ces réseaux, on considère que l'ensemble de l'énergie livrée par ces réseaux dessert des logements.

Le graphique suivant illustre la part des différentes typologies d'abonnés dans le mix moyen des réseaux présents sur le territoire de TMVL (il s'agit d'une projection fin 2020, intégrant les données du projet de réseau TMED).



Les listes détaillées des abonnés sont présentées en ANNEXE 2. Les graphiques suivants illustrent le poids des typologies d'abonnés par réseau, en fonction des quantités d'énergie livrée.

1.6 MESURES D'EFFICACITE ENERGETIQUE

1.6.1 UNE PRODUCTION PERFORMANTE

La cogénération permet de récupérer la chaleur fatale perdue lors de la production électrique et de la valoriser. Elle constitue donc un moyen de produire simultanément de l'électricité et de la chaleur avec une performance accrue. En comparant ces systèmes avec une production séparée d'électricité via des cycles combinés à gaz et la production de chaleur d'une chaufferie, le gain en énergie primaire est de l'ordre de 30%.

Le schéma ci-dessous illustre ce gain en énergie primaire en comparant les deux types de solution pour des niveaux similaires de production de chaleur et d'électricité :

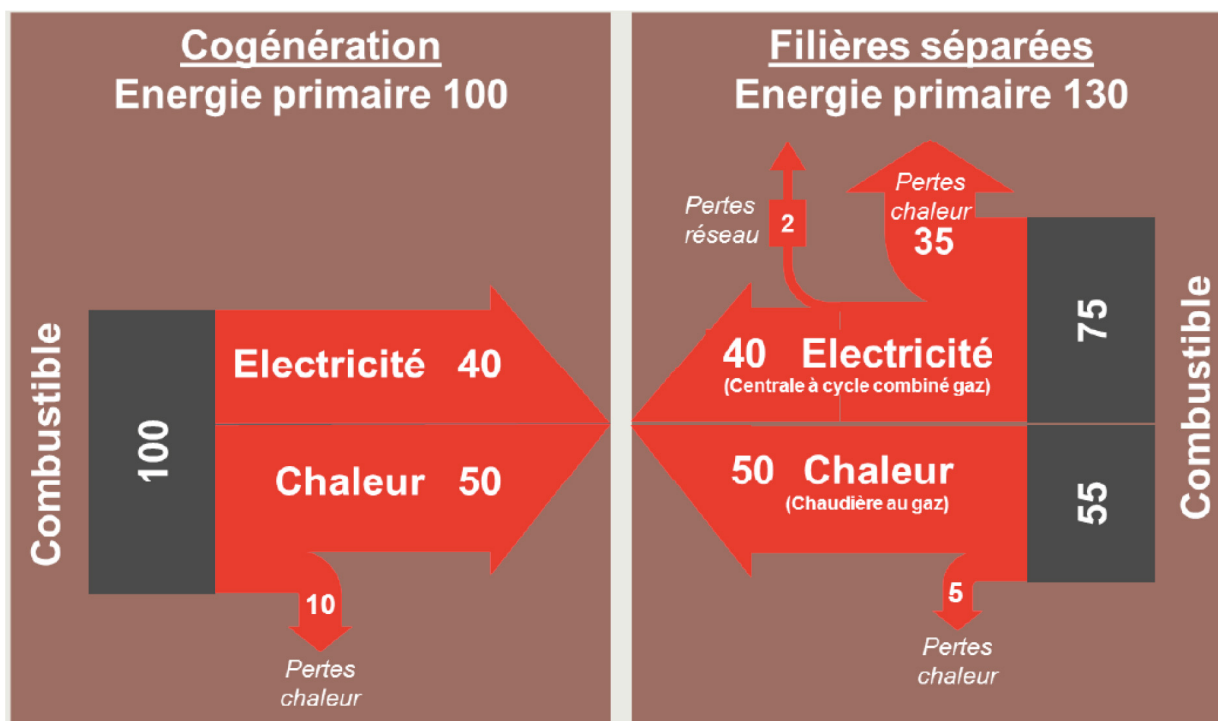


Figure 2 : Comparaison cogénération/production séparée

Sur les 9 réseaux présents sur le territoire Métropolitain, 6 sont alimentés en partie par de la chaleur issue de cogénération :

- La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps
- SCBC Tours
- Joué-lès-Tours
- Sanitas Tours
- Châteaubriand
- Les îlots

Les cogénérations, toutes ressources confondues, couvrent environ¹ 57% de l'énergie livrée (à fin 2017) par les réseaux de chauffage existants pour la saison 2017. Ce taux de couverture est appelé à s'éroder avec la mise en service de la chaufferie bois sur le réseau de Joué-lès-Tours (et la réduction de la cogénération sur ce réseau) et les futures livraisons de chaleur sur le réseau TMED (qui ne comportera pas de cogénération). Il devrait avoisiner les 45% fin 2019 **et 35% après commercialisation de**

¹ Les quantités d'énergie livrée par générateur ne sont pas connues dans le détail pour les réseaux privés Châteaubriand et Les Îlots. Une hypothèse de couverture équivalente par les cogénérations gaz et chaudières gaz a été retenue (répartition 50/50%).

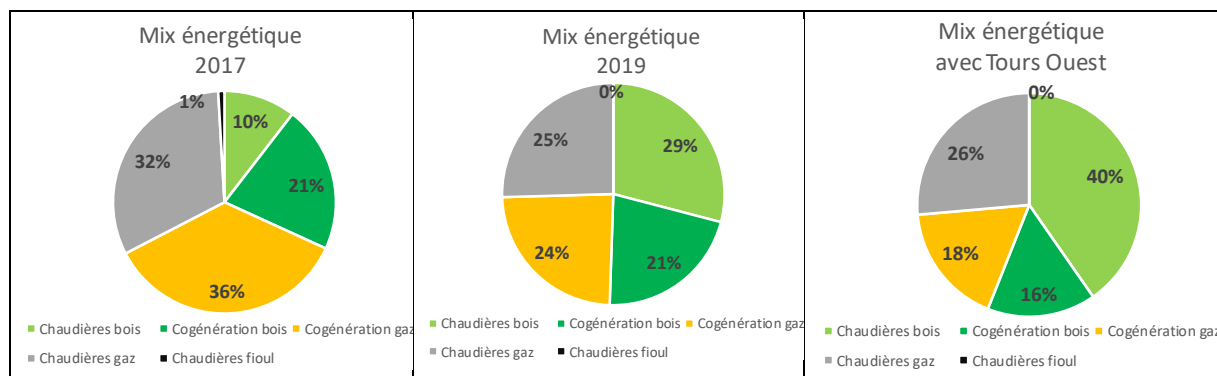
l'ensemble du réseau TMED. La cogénération occupe une place prépondérante dans le mix énergétique des réseaux Métropolitains, avec une tendance à la baisse, tandis que la part de la production EnR&R (biomasse) augmente très fortement.

1.6.2 LE VERDISSEMENT DES RESEAUX

Une démarche de **verdissement des réseaux a été engagée** avec une progression très marquée depuis 2013 pour les réseaux de chaleur (4 réseaux publics) :

- La première installation biomasse a été mise en service en 2013. Il s'agit d'une cogénération bois « CRE3 » générant électricité et chaleur ; la chaleur est vendue au réseau SCBC via un contrat de vente de chaleur liant l'exploitant de l'installation de production au délégataire du réseau ; la chaleur issue de cette unité de production est également valorisée sur le réseau SANITAS ; la production issue de cette unité représente 63% du mix énergétique du réseau SCBC.
- Deux chaudières bois ont été mises en service en 2018 sur le réseau de chaleur de Joué-lès-Tours. Le réseau SANITAS achète également de la chaleur issue de cette chaufferie bois.
- Une chaudière bois a été mise en service fin 2016 sur le réseau Saint-Pierre des-Corps. La part de la biomasse dans le mix énergétique de ce réseau atteignait 5% en 2016/2017. Il devrait atteindre 69% en 2019.

Ainsi, 3 des 4 réseaux de chaleur existants sont dotés d'une part de bois énergie dans leur mix énergétique. Enfin, le réseau TMED s'appuiera majoritairement (à 71%) sur une production à partir de chaudière bois. Les trois graphiques ci-dessous illustrent l'évolution du mix énergétique moyen sur les réseaux de chauffage de la Métropole :



Grâce à la politique Métropolitaine volontariste, le taux d'EnR&R moyen de l'ensemble des réseaux dépasse 50% à partir de 2019. Cette tendance s'accroîtra avec la montée en puissance du réseau TMED.

Réseau de Saint-Pierre des Corps

Concernant le réseau de Saint-Pierre-des-Corps, le fioul lourd a été supprimé en 2015. Une chaufferie biomasse a été construite, avec un **objectif visé** sur la saison 2017/2018 de taux d'énergies renouvelables et de récupération (**ENR&R**) de **50%**. D'autre part, le réseau a été passé en basse pression.

Réseau de Joué-lès-Tours

Pour le réseau de Joué-les-Tours, il a été précisé des ambitions environnementales dans l'avenant 9 de la concession, en 2015. Il a été noté que le mix énergétique devait évoluer, en portant le **taux d'ENR&R à plus de 50%**. A la suite de cet avenant un projet d'une nouvelle unité de production, situé sur le site industriel en reconversion auparavant occupé par Michelin, a vu le jour.

Une chaufferie biomasse de 9 MW et un ensemble condensation sur fumées de 2 MW couplé à une pompe à chaleur ont ainsi été construits, avec une mise en service en 2018.

Par ailleurs, une chaufferie gaz eau chaude basse pression de 18MW a été construite sur le site de la Rabière.

Dans le cadre de sa politique volontariste en matière environnementale, la Ville de Tours a demandé à SCBC de prendre des dispositions pour l'atteinte de ses objectifs de développement durable, notamment sur la substitution d'énergies renouvelables aux énergies fossiles. S'en est découlé le projet de cogénération biomasse, et des travaux de passage d'une partie du réseau en basse température.

1.7 ROLE DES RESEAUX DANS LA POLITIQUE ENERGETIQUE, URBAINE ET SOCIALE

Plusieurs documents d'urbanisme et de planification, que ce soit à l'échelle territoriale et régionale, mentionnent et prennent des orientations en matière de développement des énergies renouvelables. Les réseaux de chaleur, pouvant être de véritables vecteurs de développement des énergies renouvelables et de récupération, ont indéniablement un rôle dans la politique énergétique, urbaine et sociale du territoire.

En 2008, Tours Plus (ancien nom de Tours Métropole Val de Loire) réalise un PCET (Plan Climat Energétique Territorial), duquel découle un plan d'actions sur la période 2011-2014, et des objectifs de diminution des émissions de CO₂ (-8% en 2014, puis -20% en 2020 et -75% en 2075).

Six axes stratégiques ont été développés, dont l'un vise le soutien de l'autonomie énergétique du territoire, via la maîtrise des consommations d'énergie et le développement des énergies renouvelables (énergie solaire, biomasse, biogaz et géothermie notamment visés). La cogénération biomasse CRE3 du réseau SCBC découle d'une des actions de ce PCET.

En 2012, la Région a publié son SRCAE et un PCE Régional. Le SRCAE définit les orientations, le PCE déploie un plan d'actions. Le SRCAE présente sept orientations stratégiques, dont l'une concerne le développement des énergies renouvelables, de manière ambitieuse et respectueuse des enjeux environnementaux. Il précise aussi une substitution des systèmes de chauffage électrique et fioul par les énergies renouvelables sur la période 2020-2050.

Il définit des objectifs chiffrés de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de consommations et de production ENR :

- -40% d'émissions de CO₂ pour 2020 (à minima -20%) avec un focus sur le bâtiment et notamment le chauffage (-38% consommations du secteur), et la création d'un pôle européen sur les énergies
- -22% de réduction des consommations en 2020, -52% en 2050 (par rapport à 2008)
- Une production multipliée par 3,4 entre 2008 et 2020, et par 6,45 entre 2008 et 2050.

Parmi les fiches d'actions du PCE Régional, la fiche d'actions sur le bois énergie encourage l'extension et la création de réseaux de chaleur, et la fiche géothermie souhaite susciter la création de micro-réseaux de chaleur.

Enfin en 2013, le SCOT prévoit dans l'un de ses axes le renforcement de l'autonomie énergétique du territoire via le développement des énergies renouvelables, avec l'étude systématiques des possibilités de recours aux énergies renouvelables dans la construction et la rénovation pour la maîtrise d'ouvrage publique, ou encore l'étude de mutualisation des systèmes de production d'énergie. L'une des recommandations spécifie par ailleurs d'encourager la mutation des réseaux de chaleur à énergies fossiles vers les énergies renouvelables.

1.8 PLAN PLURIANNUEL D'INVESTISSEMENT ET DE RENOUELEMENT

Nous disposons seulement du tableau d'amortissement des investissements concédés du réseau SCBC. Il est disponible en ANNEXE 3.

ANALYSE DES RESEAUX EXISTANTS

2. INDICATEURS DE PERFORMANCE DES RESEAUX

Dans cette partie du rapport sont présentés, divers indicateurs de performance des réseaux, selon la grille d'indicateurs de performance du réseau établie dans le cadre de l'Institut de la Gestion Délégée. Ces indicateurs permettent d'évaluer la qualité technique et économique du réseau. Les indicateurs inscrits et analysés dans le présent rapport sont partiels, faute de données.

2.1 FOURNITURE DES BESOINS AUX ABONNES

2.1.1 TAUX D'APPEL DE PUISSANCE

Le tableau suivant présente un rappel des principales caractéristiques des sites de production de vapeur : puissance installée, combustible utilisé et quantité d'énergie livrée. Le nombre d'heures équivalent pleine puissance est précisé par site et type de production d'énergie.

Ces indicateurs mettent en évidence la priorisation des installations de production dans le mix énergétique et leur disponibilité.

Réseau	Energie	Puissance installée	MWhPCI	Heures équivalent pleine puissance
La Rabaterie Saint-Pierre-des- Corps	Biomasse (2 chaudières)	4,5 MW	1 509	335
	Gaz	9,5 MW	9 052	953
	FOD	4,5 MW	2 414	536
	Achat cogé SPDC Cogen	5,0 MW	17 200	3 440
SCBC Tours	Cogénération Biomasse CRE3	30,0 MW	66 270	2 209
	Cogénération FONTAINES	7,3 MW	17 311	2 371
	Cogénération SCBC	8,3 MW	4 060	488
	Chaufferie gaz	44,7 MW	18 035	404
La Riche - ZAC du Prieuré	Gaz (3 chaudières)	3,6 MW	6 481	1 790
Joué-les-Tours	Biomasse			
	Gaz	30,2 MW	29 292	971
	Fioul	15,0 MW		0
	Cogénération (hors élec)	14,0 MW	46 091	3 295
Sanitas Tours	SCBC	-		
	Biomasse SPdC	-		
	Cogénération FONTAINES	-		
Chateaubriand	Gaz et cogénération	28,7 MW	26 735	932
Montjoyeux	Gaz naturel	3,46 MW	6 596	1 906
Bergeonnerie	Gaz naturel	NC		
Les ilots	Ouest - Gaz + cogénération	6 MW + 1,8 MWth	23 280	2 985
	Est - Gaz + cogénération	3,3 MW + 1,3 MWth	15 193	3 303

Tableau 6 : Heures équivalent pleine puissance – 2017

Le taux d'appel de puissance reflète la sollicitation des générateurs. La priorité est donnée aux cogénérations, les réseaux de chauffage offrant une valorisation à la chaleur produite par ces unités. Ces équipements présentent des performances intéressantes présentées au chapitre 1.6.1 du présent rapport.

La priorité est ensuite donnée aux chaudières bois, tandis que les chaudières gaz sont utilisées en appoint et secours. Par conséquent, le taux d'appel de puissance de ces générateurs est nettement plus réduit. Pour la chaudière bois du réseau de Saint-Pierre-des-Corps, le taux d'appel de puissance indiqué correspond à celui de 2016/2017, première saison de mise en service, au cours de laquelle la chaudière a fonctionné sur une très courte durée.

2.1.2 TAUX D'INTERRUPTION PONDÉRE DU SERVICE

Le taux d'interruption pondéré du service est un indicateur représentatif de la continuité de service. La pondération vise à affecter un poids plus important aux interruptions de services touchant des gros abonnés ou des portions importantes du réseau.

L'indicateur est construit selon la formule suivante :

$$\frac{\Sigma (\text{heures d'arrêt des sous-stations} \times \text{puissance souscrite})}{\text{période de fonctionnement} \times \text{puissance souscrite totale}}$$

Les données sont connues pour le réseau de Saint-Pierre-des-Corps seulement.

► La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps

Sur 2017 un arrêt technique de 5 jours a eu lieu en Août, des interruptions en septembre sur vannes. Quelques interruptions de services ont eu lieu principalement pour les nouveaux raccordements (travaux et paramétrages télégestions).

8760 h*Puissance souscrite (kW/h)	Nombre heure d'arrêt*Puissance souscrite	Indice d'interruption pondéré du service
152 862 000	2 113 938	1,38%

Tableau 7 : Taux d'interruption pondéré du service - La Rabaterie SPDC - Source CRA 2016/17

Le taux d'heures d'arrêt programmés par rapport aux heures d'arrêt est de 86%. Ces données sont révélatrices d'une très bonne fiabilité du réseau.

2.1.3 PUISSANCE SOUSCRITE AU KM ET EVOLUTION

Seules les puissances souscrites de La Riche et de Saint-Pierre-des-Corps sont disponibles, SCBC et Joué-les-Tours ayant des forfaits en fonction de la surface, et pas de puissance souscrite pour Sanitas. Les données sont manquantes pour les autres réseaux.

► La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps

En 2016, six raccordements ont été réalisés, pour une puissance de 969 kW. Le tableau ci-dessous présente l'évolution de la puissance souscrite sur trois saisons, avec la prise en compte des révisions de puissances et de nouveaux raccordements.

Saisons	14/15	15/16	16/17
Puissance souscrite en kW	16832	16566	17450
Révision de puissance	0	-481	-85
Développement		215	969

Tableau 8 : Evolution de la puissance souscrite - La Rabaterie SPDC - Source CRA 2016/17

Il est prévu de raccorder : Groupe Scolaire Pierre Sépard, collège Stalingrad, Ilot ZAC Gare. Des opportunités ont été identifiées les résidences Aulniers, Peupliers et Cheval Blanc.

L'évolution de la puissance souscrite est assez stable. Les révisions de puissance sont compensées par les nouveaux raccordements. La puissance souscrite au km est de 2,73 MW/km.

La mise en service du réseau de Saint-Pierre des Corps date de 1971. Ce réseau, historique sur le territoire de TMVL, connaît un développement fort sur les dernières années : la longueur du réseau était de 3,2 km avant 2016 ; elle à 6,4 km aujourd'hui (cf. ANNEXE 4). **De nouveaux développements majeurs sont prévus pour les années à venir.**

► La Riche

Il n'y a pas eu d'évolution de la puissance souscrite du réseau au cours des 4 dernières années.

La puissance souscrite est de 2770 kW, soit 0,16 MW/km.

2.2 INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX ET SECURITE

2.2.1 BOUQUET ENERGETIQUE

Les mixités énergétiques des différents réseaux sur l'année 2017 ou la saison 2016-2017 sont présentés dans le Tableau 5.

Ce paragraphe présente l'évolution du mix énergétique moyen des réseaux TMVL :

- De 2017 à 2019
- La projection du mix énergétique fin 2020, avec le développement du nouveau réseau « TMED »

A l'échelle Métropolitaine, le mix énergétique de l'ensemble des réseaux de chauffage est présenté ci-dessous :

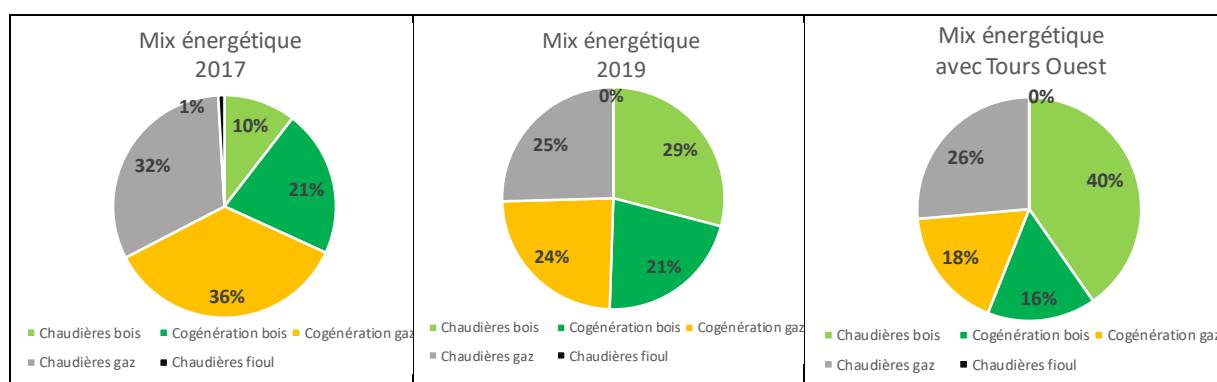


Figure 3 : Evolution du mix énergétique moyen RCU TMVL

La forte montée en puissance des EnR&R sur les réseaux Métropolitains est mise en évidence dans ces graphiques. Le bois énergie est la ressource mise à contribution pour verdir le mix énergétique des réseaux. Le développement du futur projet TMED fait sensiblement évoluer le mix énergétique vu son impact majeur sur le territoire. Il sera alimenté par une chaufferie bois et aura les effets suivants sur le mix énergétique moyen :

- Forte augmentation de la part d'énergie issue de chaufferie bois
- Erosion du poids de la chaleur issue de cogénération (bois et gaz)

Le taux d'EnR&R sur les réseaux Métropolitains sera supérieur à 50% à partir de 2019. Il atteindra 56% fin 2020.

► La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps

Sur les dernières saisons, la cogénération a fourni plus d'énergie, alors que la part des chaudières gaz a diminué. En 2016/17 la biomasse est apparue, sur la deuxième partie de l'année. Les consommations fioul sont dues à des chaudières mobiles utilisées pour les travaux de dévoiement de réseau et conversion du réseau en basse pression.

	Evolution de la mixité		
	14/15	15/16	16/17
GAZ	58%	41%	30%
FOD		6%	8%
Bois	0%	0%	5%
Cogénération	42%	53%	57%

Tableau 9 : Evolution du bouquet énergétique - La Rabaterie SPDC - Source CRA 2016/17

Le mix énergétique est connu pour l'année 2017/2018. Il est le suivant
69% biomasse, 11% Cogénération, 20% Gaz, 0% FOD.

L'objectif était d'une part de biomasse supérieure à 65% a été atteint.

Avec la chaudière biomasse, il est prévu de faire fonctionner la cogénération SPDC COGEN sur une durée d'un mois pour optimiser le prix de la chaleur tout en optimisant la mixité biomasse (peut évoluer en fonction des prix de la cogénération).

► SCBC Tours

L'évolution du mix énergétique du réseau SCBC est présentée dans le tableau et sur le graphique suivant sur la période 2011-2017. L'évolution majeure est intervenue en 2013, avec la mise en service de l'installation de cogénération bois, dite « CRE III ».

Cette installation est montée en puissance en 2013 et 2014, pour représenter en 2017 63% du mix énergétique.

	ANNEE 2011	ANNEE 2012	ANNEE 2013	ANNEE 2014	ANNEE 2015	ANNEE 2016	ANNEE 2017
Chaleur cogénération gaz	51 126	55 493	42 519	25 062	17 450	18 831	18 581
Gaz	37 978	44 548	42 587	27 300	29 229	21 547	20 106
Fioul	183	512	0	0	0	0	0
CRE3	0	0	21 772	81 538	56 751	68 136	66 270

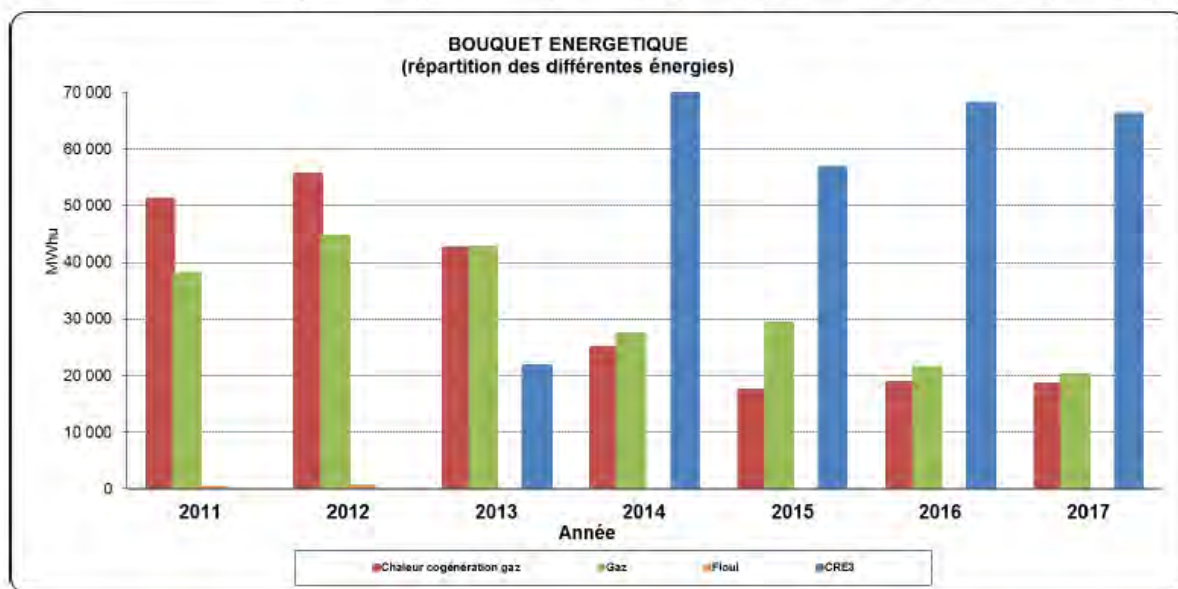


Tableau 10 : Evolution du bouquet énergétique - SCBC Tours - Source CRA 2017

► Joué-les-Tours

Le bouquet énergétique du réseau de Joué-lès-Tours (présenté dans le tableau suivant) est stable sur la période 2012/2013 à 2016/2017. Une chaufferie bois doit être mise en service fin 2018 sur ce réseau (chaudière de 9 MW et ensemble condensation sur fumées de 2 MW couplé à une pompe à chaleur, pour un mix énergétique avec plus de 50% d'ENR&R).

La cogénération gaz étant majoritaire à ce jour sur le réseau, la mise en service de la chaudière bois réduira principalement la production issue de cogénération gaz et également la part des chaudières gaz.

Energie livrée (MWh/an)	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017
Chaufferie centrale - gaz	28 435	32 408	24 968	28 211	29 292
Chaufferie centrale - FOD	45	30	10	0	0
Cogénération Rabière	37 907	29 185	35 404	33 960	38 328
Cogénération Morier	6 622	5 506	7 522	7 137	7 763

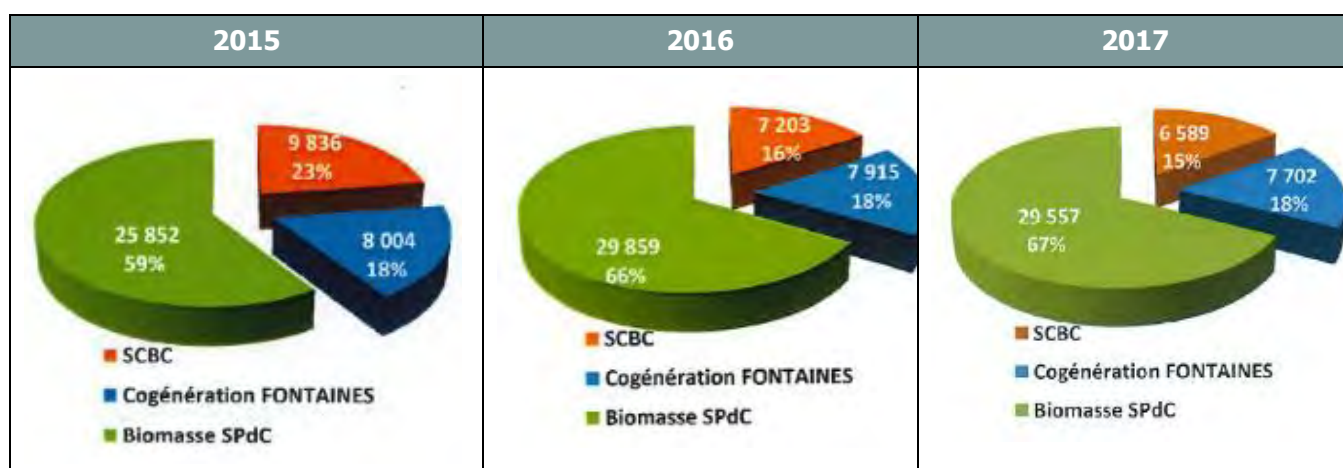
Tableau 11 : Evolution du bouquet énergétique - Joué-les-Tours - Sources CRA

► Sanitas Tours

Le mix énergétique est présenté sur les graphiques ci-dessous pour les années 2016 à 2018. Le réseau SANITAS achète la chaleur à des unités de production tierces :

- La chaufferie biomasse de Saint-Pierre-des-Corps
- La cogénération des Fontaines
- La chaleur du réseau SCBC

L'énergie de base est fournie par la biomasse et la cogénération. Le complément nécessaire est fourni par SCBC, en fonction de la rigueur climatique et des besoins du réseau SANITAS.



Les données de mix énergétique n'ont pas été communiquées pour les réseaux privés Les Ilots et Chateaubriand.

La cartographie suivante illustre la quantité d'énergie livrée par les réseaux, en fonction du taux d'intégration des EnR&R. Le poids du projet de réseau et de SCBC (et dans une moindre mesure du réseau de Joué-lès-Tours) est mis en évidence par les bulles de taille indexée sur les quantités d'énergie livrée.

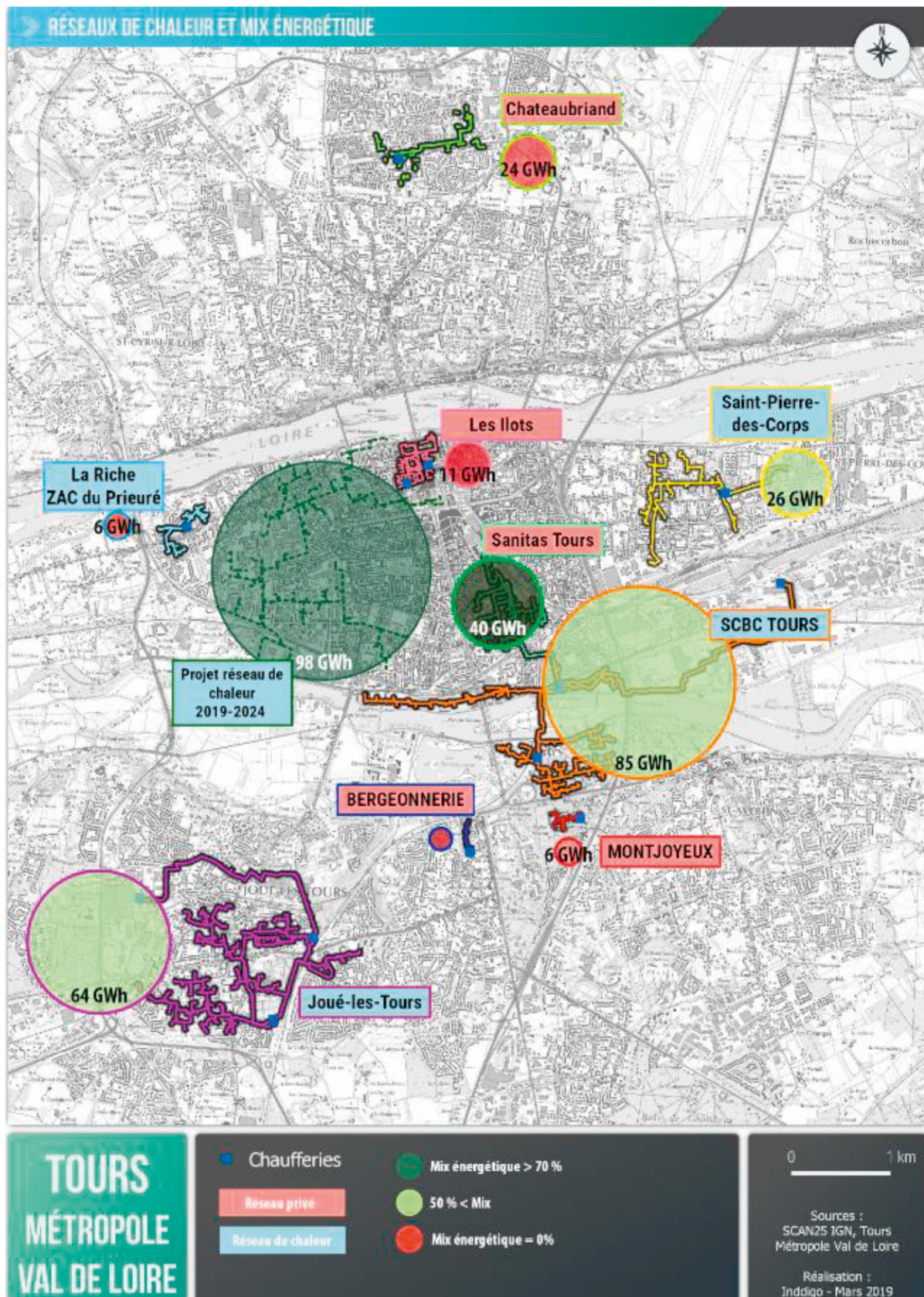


Figure 4 : Cartographie des réseaux : Mix ENR&R et énergie livrée

Le graphique ci-dessous permet de mieux visualiser le poids de chaque réseau en termes d'énergie livrée. SCBC et le projet TMED représentent à eux deux la moitié des livraisons prévisionnelles d'énergie (fin 2020) sur le territoire de TMVL.

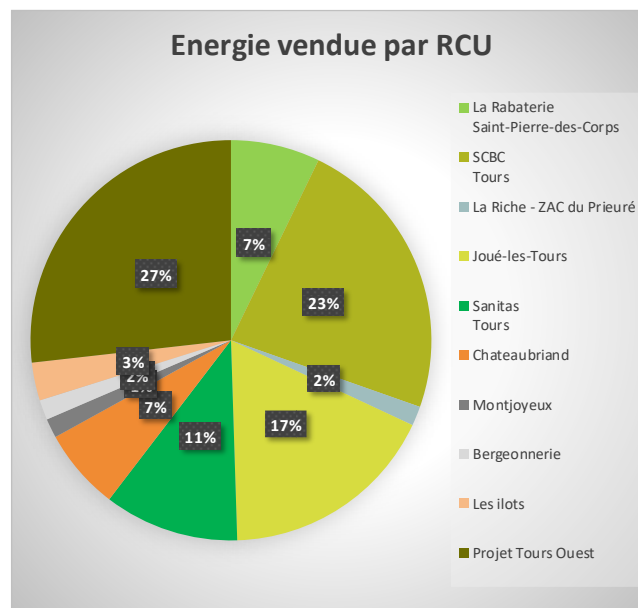


Figure 5 : Energie vendue par les réseaux

2.2.2 EMISSIONS DE CO2

Les contenus CO2 des réseaux sont dans les Tableau 3 et Tableau 4. Ce paragraphe apporte une précision sur les rejets atmosphériques et sur les quotas de CO₂ alloués.

► La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps

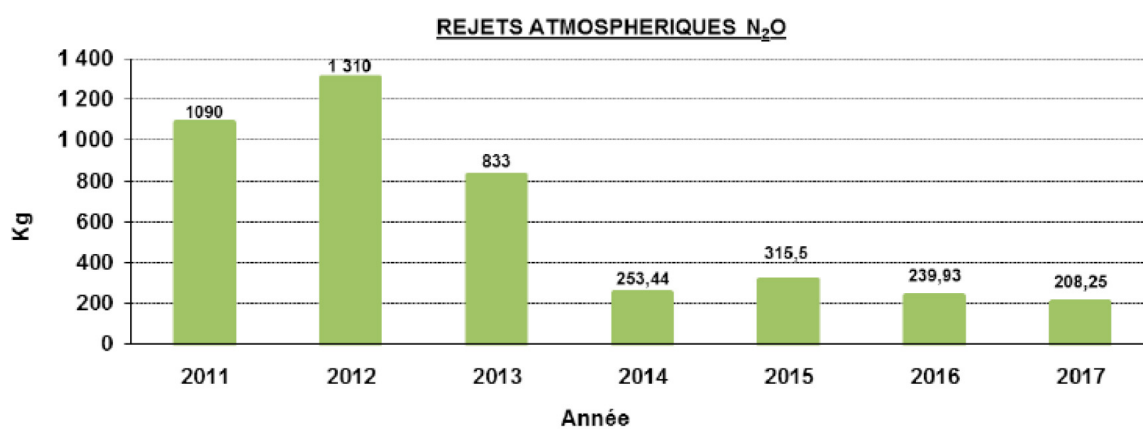
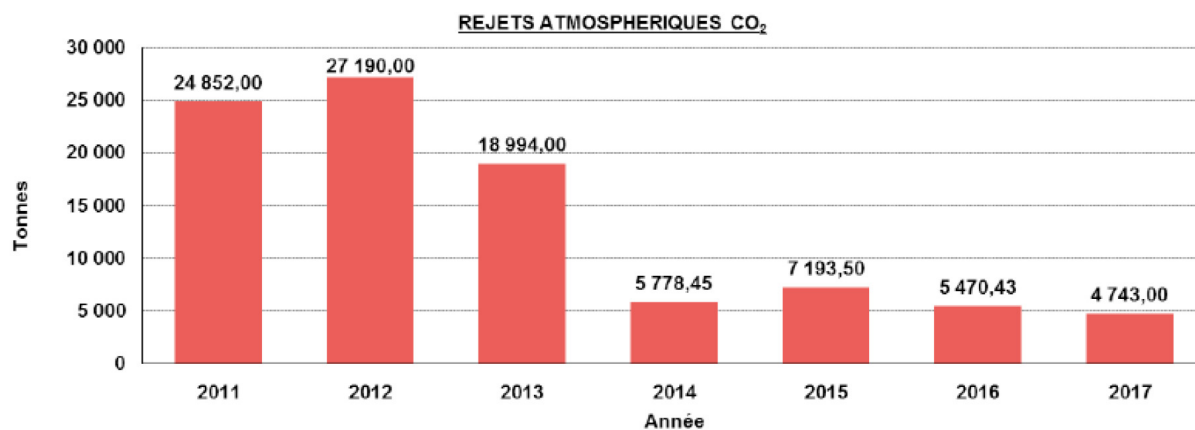
Sur l'année 2017, aucune alerte à la pollution n'a été relevée. La mise en service de la chaufferie bois a eu pour effet de faire chuter à 57 geqCO₂/kWh le contenu CO₂ du réseau pour la saison 2017/2018 (au lieu de ~ 200 geqCO₂/kWh en 2016-2017).

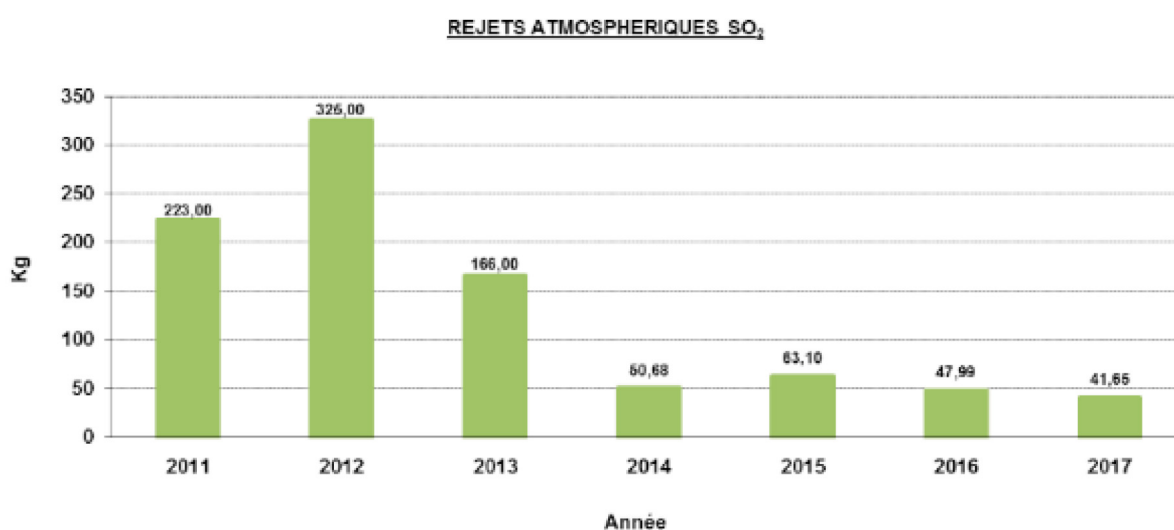
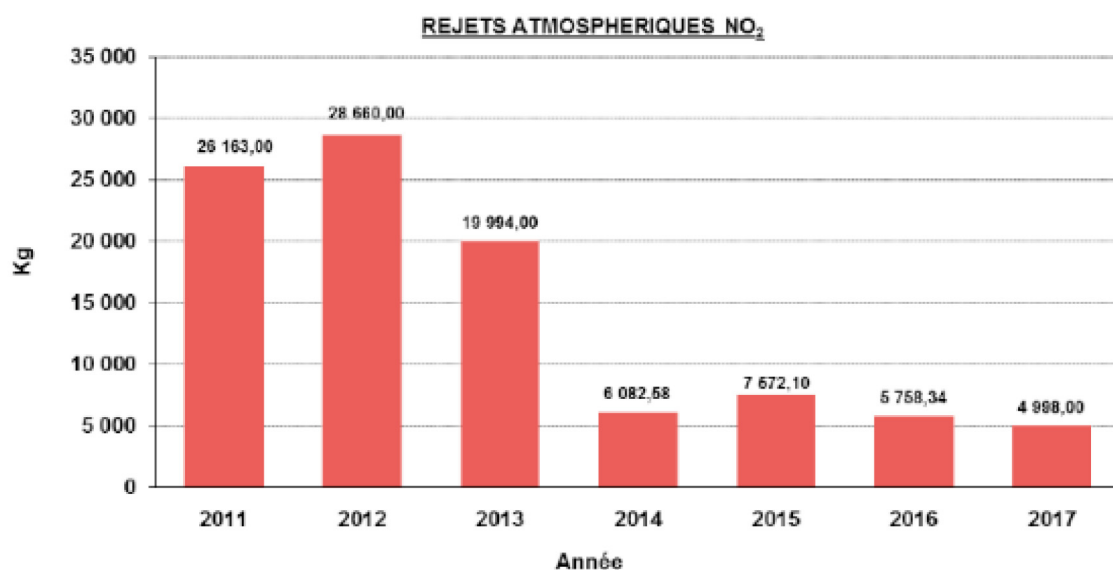
► SCBC Tours

Les émissions de CO₂ et de polluants atmosphériques ainsi que leur évolution sur les dernières années sont présentées dans les graphes ci-dessous.

La mise en service de la cogénération bois en 2013 a pour effet de faire chuter les rejets de CO₂ et de N₂O, NO₂, SO₂.

	ANNEE 2011	ANNEE 2012	ANNEE 2013	ANNEE 2014	ANNEE 2015	ANNEE 2016	ANNEE 2017
Emission CO2	24 852	27 190	18994	5778,452	7 193,50	5 470,43	4 743,00





► Joué-les-Tours

Le tableau suivant présente l'évolution des rejets atmosphériques pour le réseau de Joué-lès-Tours. Ces valeurs sont issues de la déclaration TGAP.

Tonnes	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017
CO₂			23 374	26 258	27 741
SO₂	2,445	0,279	0,208	0,231	0,243
N₂O	1,218	1,245	1,041	1,152	1,216
NO_x	29,863	29,903	24,988	27,640	29,173

Tableau 12 : Evolution des rejets atmosphériques - Joué-les-Tours - Sources CRA

Une baisse notable devrait être enregistrée suite à la mise en service de la chaudière bois fin 2018. Les émissions atmosphériques des autres réseaux de chauffage n'ont pas été communiquées.

2.2.3 QUOTAS ALLOUES DE CO₂

Seuls les réseaux SCBC et Joué-lès-Tours sont visés par les allocations de quotas CO₂, système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre au sein de l'Union Européenne.

Ce système comprend plusieurs périodes successives :

- Période 1 (2005 à 2007) : visait le CO₂ et cinq secteurs d'activités dont les installations de combustion de plus de 20 MW ; pour un nombre de quotas alloués de 2,3 milliards par an (1 quota = 1 tonne de CO₂)
- Période 2 (2008 à 2012) : quotas alloués de 2,09 milliards par an, sur le même périmètre que la 1^{ère} période mais avec la Norvège et le Liechtenstein en plus, donc plus contraignant.
- Période 3 (2013 à fin 2020) : processus modifié par une suppression progressive de gratuité des quotas par une mise aux enchères systématiques. L'Etat français notifie à la Commission Européenne une liste des installations avec les quotas qu'il est prévu d'allouer.

Ainsi, plusieurs des réseaux de Tours Métropole Val de Loire sont visés par le Plan National d'Allocation de Quotas (PNAQ).

Durant la troisième période, les quotas alloués vont progressivement diminuer, introduisant un élément aléatoire dans les résultats de l'exploitant. Celui-ci est donc amené à prendre en charge la gestion globale des quotas et émissions, en conciliant optimisation énergétique et minimisation des coûts.

► SCBC Tours

Les quotas alloués pour le réseau de chaleur SCBC étaient de 49 206 tonnes/an sur la PNAQ1, 33 922 tonnes/an sur le PNAQ2. Pour le PNAQ3, comme indiqué dans le tableau ci-dessous, les quotas sont passés de 15 628 tonnes en 2013 à 4 674 tonnes en 2017.

A noter que les quotas alloués ont été divisés par 2 à compter de 2015, suite à la mise en place de la cogénération biomasse (CRE3). Les émissions réelles de l'installation sont très proches des quotas alloués depuis 2015.

	PNAQ3								
	Année 2013	Année 2014	Année 2015	Année 2016	Année 2017	Année 2018	Année 2019	Année 2020	TOTAL
Allocation (en tonnes)	15 628	13 985	6 195	5 423	4 674	3 950	3 249	2 573	55 677
Emissions (en tonnes)	18 994	5 773	7 193	5 470	4 743				
Excédent (en tonnes)		8 212							
Insuffisance (en tonnes)	3 366	-3 366	998	47	69				
Cours au 31/12 (en €/tonnes)	4,84	6,89	6,89	6,89	6,89				
Impact année(en euros)	-16 291	49 680	-6 876	-324	-475				
Solde quotas cumulé (en tonnes)	-3 366	4 846	3 848	3 801	3 732				

Tableau 13 : Quotas CO₂ alloués PNAQ3 - SCBC - Source CRA 2017

► Joué-les-Tours

Le tableau suivant présente le suivi des quotas de CO1 alloués et des émissions réelles de 2012 à 2017 sur le réseau de Joué-lès-Tours. Les émissions de CO2 excèdent largement les quotas alloués ; des quotas doivent donc être achetés pour compenser ce déficit de crédit de quotas.

Saison	Semestre	Quotas alloués (en tonnes)	Quotas consommés (en tonnes)	Quotas vendus (en tonnes)	Quotas achetés (en tonnes)	Produits des ventes HT €	Charges des achats HT €	Frais de gestion HT €	Dépenses d'amélioration	Solde de l'année HT €	Solde cumul HT €
Solde initial au 1er janvier 2013, début du PNAQ3 (avenant 8)											107 000,00 €
2012 / 2013	S1 2013	7 914	17 207	0	9 293	0,00 €	-40 424,55 €	0,00 €	0,00 €	-40 424,55 €	66 575,45 €
2013 / 2014	S2 2013	5 618	11 200	0	5 582	0,00 €	-26 067,94 €	-5 490,65 €	0,00 €		
2013 / 2014	S1 2014	8 767	13 031	0	4 264	0,00 €	-24 304,80 €	0,00 €	0,00 €		
2013 / 2014	Total	14 385	24 231	0	9 846	0,00 €	-50 372,74 €	-5 490,65 €	0,00 €	-55 863,39 €	10 712,06 €
2014 / 2015	S2 2014	6 055	10 719	0	4 664	0,00 €	-32 134,96 €	-3 655,35 €	0,00 €		
2014 / 2015	S1 2015	5 364	15 784	0	10 420	0,00 €	-78 671,00 €	0,00 €	0,00 €		
2014 / 2015	Total	11 419	26 503	0	15 084	0,00 €	-110 805,96 €	-3 655,35 €	0,00 €	-114 461,31 €	-103 749,25 €
2015 / 2016	S2 2015	5 364	10 474	0	5 110	0,00 €	-41 237,70 €	-3 599,53 €	0,00 €		
2015 / 2016	S1 2016	4 695	16 351	0	11 656	0,00 €	-52 102,32 €	0,00 €	0,00 €		
2015 / 2016	Total	10 059	26 825	0	16 766	0,00 €	-93 340,02 €	-3 599,53 €	0,00 €	-96 939,55 €	-200 688,80 €
2016 / 2017	S2 2016	4 695	11 371	0	6 676	0,00 €	-33 247,25 €	-3 000,00 €	0,00 €		
2016 / 2017	S1 2017	4 047	15 779	0	11 732	0,00 €	-59 010,28 €	0,00 €	0,00 €		
2016 / 2017	Total	8 742	27 150	0	18 408	0,00 €	-92 257,53 €	-3 000,00 €	0,00 €	-95 257,53 €	-295 946,33 €
TOTAL		52 519	121 916	0	69 397	0,00 €	-387 200,80 €	-15 745,53 €	0,00 €	-402 946,33 €	-295 946,33 €

Tableau 14 : Quotas CO2 alloués PNAQ3 - Joué-les-Tours - Source CRA 2017

2.2.4 CONSOMMATION D'EAU SUR LE RESEAU

► La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps

La consommation d'eau du réseau, nécessaire au remplissage des nouveaux tronçons et des nouveaux équipements hydrauliques, est de 358 m³ pour 2016/17.

3 indicateurs sont produits pour quantifier la quantité d'eau consommée en 2016/2017 par rapport aux données types du réseau :

- Les consommations d'eau par jour s'élèvent à moins d'1 m³/jour
- Les consommations d'eau par MWh livré sont de 0,0136 m³/MWh livré
- Les consommations d'eau par ml de réseau sont de 0,3 m³/km/jour

L'indice moyen des pertes en réseau au niveau national est de 3,37 m³/km/jour. En outre, le tableau suivant présente la grille d'analyse des performances d'un réseau d'eau. Le niveau de fuite du réseau de Saint-Pierre-des-Corps s'avère très performant à la lecture de ces indicateurs.

Grille de classification des indices linéaires de pertes

TYPE	RURAL	INTERMEDIAIRE	URBAIN
Critère	$D < 25$	$25 \leq D < 50$	$50 \leq D$
Bon	$ILP < 1,5$	$ILP < 3$	$ILP < 7$
Acceptable	$1,5 \leq ILP < 2,5$	$3 \leq ILP < 5$	$7 \leq ILP < 10$
Médiocre	$2,5 \leq ILP \leq 4$	$5 \leq ILP \leq 8$	$10 \leq ILP \leq 15$
Mauvais	$4 < ILP$	$8 < ILP$	$15 < ILP$

Source : Rapport SISPEA de l'Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement de 2013

Tableau 15 : Grille des indices de pertes des réseaux d'eau

► SCBC Tours

Les pertes d'eau sont suivies pour le réseau SCBC. Le graphique suivant présente l'évolution des pertes de 2011 à 2017. Un pic a été atteint en 2013, avec des consommations de 8 500 m³. Le niveau de fuite de 2017, de l'ordre de 2 800 m³/jour est proche de la valeur médiane constatée sur la période 2011/2017.

Ce niveau de consommations correspond à des pertes de l'ordre de :

- 7,7 m³/jour
- 0,033 m³/MWh livré
- 0,7 m³/km/jour

Les deux derniers indicateurs (en m³/MWh livré et m³/km) tiennent compte des dimensions du réseau. Leur comparaison avec les performances de Saint-Pierre-des-Corps, permet de mieux appréhender le niveau de consommations. Les pertes sont, en fonction de l'indicateur retenu, deux à trois fois plus élevées que sur le réseau de Saint-Pierre-des-Corps. Elles restent cependant très faibles en comparaison des moyennes nationales pour les réseaux d'eau et d'assainissement.

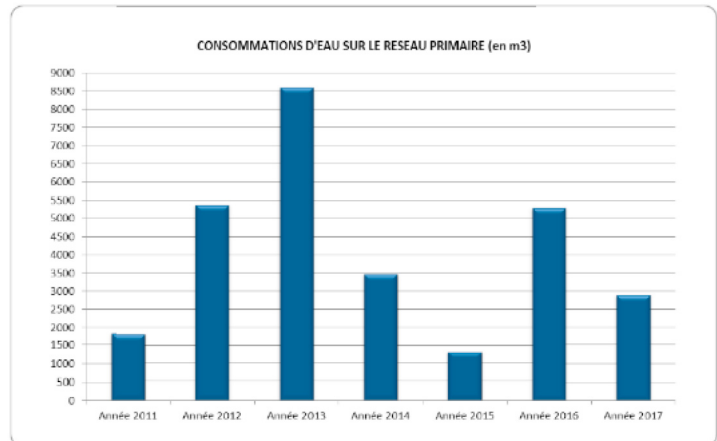


Figure 6 : Evolution des consommations d'eau 2011 à 2017 - SCBC

► La Riche

Le réseau de La Riche est de dimension nettement plus réduite que celui du SCBC (2 km au lieu de 11 km). Les consommations en eau sont également nettement plus limitées. Un niveau de 75 m³ a été relevé en 2015. Les consommations en eau ont chuté à 5 m³ en 2016 et 2017.

Le niveau de 2015 correspond à :

- 0,2 m³/jour
- 0,0125 m³/MWh livré
- 0,1 m³/km/jour



Figure 7 : Evolution des consommations d'eau 2015 à 2017 en m³ - La Riche - Source CRA

Les consommations d'eau du réseau sont très raisonnables vu les dimensions du service.

Les informations sur les consommations d'eau ne sont pas disponibles sur les autres réseaux.

2.2.5 SINISTRES ET ACCIDENTS DU TRAVAIL

Dans les documents fournis par les concessionnaires, peu d'informations sont fournies sur les sinistres sur réseau ou accidents de travail. Les rapports annuels d'activité du réseau de Saint-Pierre des Corps mentionnent les sinistres ayant impacté le réseau. Seuls deux sinistres liés à des travaux d'extension du réseau ont été relevés en 2017 : il s'agit de casse de branchements du réseau gaz.

2.3 SATISFACTION DES ATTENTES DE SERVICE DES ABONNES ET USAGERS

2.3.1 ENQUETE DE QUALITE ET DE SATISFACTION

Les réclamations et appel des usagers sont suivis par les concessionnaires des réseaux de chaleur, et leurs causes identifiées.

► La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps (41 sous-stations)

Sur la saison 2016/2017, 5 réclamations et/ou plaintes ont été reçues, selon le rapport annuel d'activité, pour 8 abonnés ; L'objet de ces plaintes/réclamations n'est pas détaillé (plaintes liées à la facturation, continuité de service, information, gêne liée aux travaux...).

► SCBC Tours (94 sous-stations)

Le tableau ci-dessous liste l'ensemble des appels remontés au niveau du réseau SCBC pour un total compris entre 2 000 et 2 260 appels sur une année. On notera que 33% à 47% des appels portent sur des manques d'eau, fuites ou dysfonctionnements hydrauliques/électriques/mécaniques.

	ANNEE 2015		ANNEE 2016		ANNEE 2017	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Manque d'eau ou fuite	272	12%	260	12%	314	15%
Dysfonct. hydraulique-mécanique-électrique	458	20%	552	25%	661	32%
Purge radiateur	333	15%	562	26%	251	12%
Intervention déjà effectuée	599	26%	302	14%	192	9%
Divers	385	17%	284	13%	137	7%
Coupure EDF-GDF-EAU	3	0%	3	0%	5	0%
Réglage-Régulation	30	1%	160	7%	363	18%
Intervention hors dépannage	25	1%	5	0%	38	2%
Appel non fondé	159	7%	72	3%	98	5%
TOTAL	2 264		2 200		2 059	

Figure 8 : Réclamations abonnés 2015 à 2017 - SCBC Tours - Source CRA 2017

► La Riche (18 sous-stations)

Le graphique ci-contre présente les données relatives aux appels remontés pour manques d'eau, fuites ou dysfonctionnements hydrauliques/électriques/mécaniques. Le nombre d'appels annuels est compris entre 20 et 70.

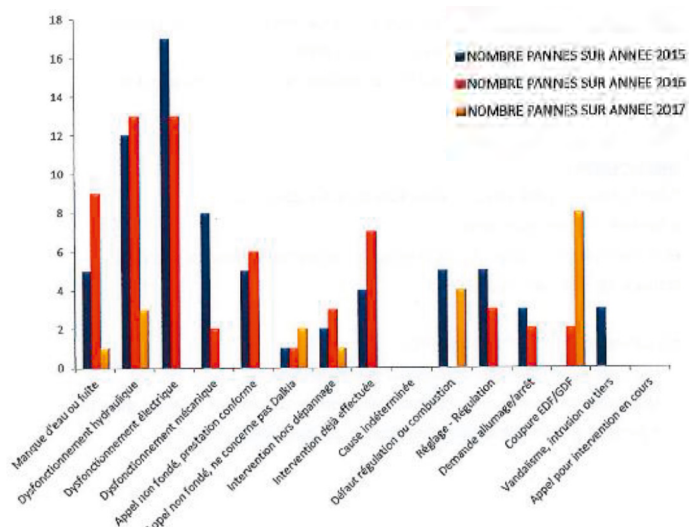


Figure 9 : Réclamations abonnés 2015 à 2017 - La Riche - Source CRA 2017

► Joué-les-Tours (105 sous-stations)

Sur 2017, 2 581 appels ont été recensés, dont 71% sur les mois d'octobre à janvier. 68% des appels concernent le chauffage, 23% l'ECS.

Un tiers des appels concernent des dysfonctionnements hydrauliques ou mécaniques, 17% un manque d'eau ou fuite, 12% purge radiateur et 18% une intervention déjà effectuée ou ne nécessitant pas d'intervention.

Le nombre d'appels est en baisse par rapport à la saison précédente (3 762 appels en 2016), expliqué en partie par une campagne d'information réalisée auprès des abonnés de la zone Morier par rapport aux travaux effectués sur la sous-station.

2.3.2 ACTIONS ET INITIATIVES ENGAGEES PAR L'OPERATEUR

Au-delà des réclamations et des échanges par appel avec les abonnés, les opérateurs de réseaux mettent en place des actions d'information et de communication pour les usagers.

► La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps

En 2017, onze actions de communications externes ont été menées : participation à la Semaine de l'énergie, exposition, première pierre, premiers feux, informations travaux....

► SCBC Tours

Pour le réseau SCBC, 40 actions ont été menées en 2017, avec majoritairement des actions auprès des conseils syndicaux, et des visites d'installations.

Type de contrôles	ANNEE 2015		ANNEE 2016		ANNEE 2017	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Réunions ponctuelles d'informations	12	21,1%	2	5,6%	2	5,0%
Conseils syndicaux	18	31,6%	18	50,0%	20	50,0%
Assemblées générales	1	1,8%	2	5,6%	2	5,0%
Visites d'installations	25	43,9%	10	27,8%	12	30,0%
Réunions générales des abonnés	1	1,8%	4	11,1%	4	10,0%
	57		36		40	

Figure 10 : Actions opérateur envers les usagers - SCBC - Source CRA 2017

► La Riche

En 2017, 10 actions ont été menées : 3 réunions techniques, 3 auprès des conseils syndicaux, 4 auprès des autorités concédantes.

Les principaux thèmes abordés lors de ces réunions sont : la tarification et ses évolutions, les travaux en cours, les raccordements potentiels, des demandes de visite des installations.

Il est noté une satisfaction des abonnés sur la maintenance et un souhait de recherche continue d'économies financières.

► Joué-les-Tours

En 2017, 56 actions ont été menées auprès des usagers, dont majoritairement des visites d'installations et des réunions d'informations.

Les réunions ont abordé les sujets suivants : périmètre contractuel, conjoncture des prix, perspectives énergétiques, évolution de la qualité de service et de la communication auprès de l'utilisateur final.

Type de contrôles	Nombre	%
Réunions ponctuelles d'informations	15	26,8%
Conseils syndicaux et assemblées générales	8	14,3%
Réunions avec autorité concédante	11	19,6%
Visites d'installations	20	35,7%
Réunion pour présentation du réseau de chaleur à des potentiels nouveaux abonnés	2	3,6%
TOTAL :	56	

Figure 11 : Actions opérateur envers les usagers - Joué-les-Tours - Source CRA 2017

3. CADRE JURIDIQUE ET CONTRACTUEL

Les quatre réseaux de chaleur public sont gérés via des contrat de concessions (délégation de service public). La synthèse du contexte juridique et contractuel des 4 réseaux de chaleur existants et du projet de réseau TMED est présentée dans le tableau suivant :

Réseau	La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps	SCBC Tours	La Riche ZAC du Prieuré	Joué-les-Tours	TMED
Mode de gestion	Délégation de Service Public Concession	Délégation de Service Public Concession	Délégation de Service Public Concession	Délégation de Service Public Concession	Délégation de Service Public Concession
Autorité délégante	Tours Métropole Val de Loire				
Date de création du réseau	1971	1968	1993	1970	2019 (prévisionnel)
Gestionnaire réseau	CORPO ENERGIES - ENGIE	SCBC - DALKIA	DALKIA	DALKIA	TMED
Durée du contrat	24 ans	61 ans	24 ans	41 ans	23 ans
Date de la convention	2014	1971	1993	1992	2018
Date d'achèvement	2038	2032	2029	2033	2042
Avenants	1 avenant (2017)	21 avenants, le dernier en 2017	7 avenants (1999, 2005, 2006, 2009, 2013, 2014, 2016)	9 avenants (3 en 1998, 2001, 2002, 2010, 2011, 2013, 2015)	1 avenant (2019)
Commentaires	-	Avenant n°21 : réalisation de prestations sur le réseau de distribution, de l'échangeur au radiateur	Avenant n°3 : date à laquelle commence à courir la durée de la Convention	Avenant n°6 : échéance de la Concession poussée à 2023 Avenant n°9 : échéance de la Concession poussée à 2033	
Durée de l'abonnement	24 ans à compter du 1 ^{er} nov. 2014 (=durée initiale de la DSP)	Sur la durée résiduelle du contrat DSP	Sur la durée résiduelle du contrat DSP	30 ans (durée initiale de la DSP) + reconduction tacite de 5 ans	

3.1 GESTION DES EXTENSIONS OU DEVELOPPEMENT DANS UN NOUVEAU CONTRAT

Les contrats en cours ont tous une durée résiduelle entre 9 ans et 14 ans.

Ainsi, si le développement potentiel est substantiel, il devra être envisagé dans le cadre du futur renouvellement de contrat et donc à moyen terme.

Des modifications mineures peuvent être envisagées comme la renégociation de puissances souscrites dans les cas précis prévues par la loi puisque les polices d'abonnement sont pratiquement toutes conclues pour la durée résiduelle du contrat DSP.

3.2 GESTION DES EXTENSIONS OU DEVELOPPEMENT DANS UN CONTRAT DE CONCESSION EN COURS

Il est à noter que la modification de contrat est encadrée par les textes en matière de contrats de concession.

Suite à la réforme de la commande publique, l'ordonnance n°2016-65 du 29 janvier 2016 relative aux contrats de concession a supprimé l'ancien article L.1411-2 du CGCT.

Depuis le 1er avril 2016, la modification du contrat de DSP, quel qu'en soit le motif, doit être examinée au regard des articles 55 de l'ordonnance du 29 janvier 2016 et des articles 36 et 37 du décret n°2016-86 du 29 janvier 2016 relatif aux contrats de concession.

En effet, l'article **78 de l'ordonnance précitée** précise que « *l'article 55 (relatif aux modifications de contrat) s'applique également à la modification des contrats qui sont des contrats de concession au sens de la présente ordonnance et qui ont été conclus ou pour lesquels une procédure de passation a été engagée ou un avis de concession a été envoyé à la publication avant la date d'entrée en vigueur de la présente ordonnance.*

Désormais, un contrat de concession peut être modifié dans les 6 hypothèses suivantes :

Hypothèses de modification	Conditions financières	Conditions de mise en œuvre	Avis de modification
1° Modifications prévues dans les documents contractuels initiaux (clauses de réexamen ou d'options claires, précise et sans équivoques)	Quelque soit le montant des modifications	Les clauses doivent indiquer le champ d'application et la nature des modifications ou options envisageables, et les conditions dans lesquelles il peut en être fait usage	Non
2° Travaux ou services supplémentaires devenant nécessaires et ne figurant pas au contrat initial	Le montant de chaque modification ne peut être supérieur à 50% du montant du contrat de concession initial	Un changement de concessionnaire: -s'avère impossible pour des raisons économiques ou techniques ; -ou bien présenterait pour l'autorité concédante un inconvénient majeur ou entraînerait pour lui une augmentation substantielle des coûts	Avis au JOUE pour les contrats de concession soumis à procédure formalisée
3° Modifications rendues nécessaires par des circonstances qu'une autorité concédante diligente ne pouvait pas prévoir	Le montant de chaque modification ne peut être supérieur à 50% du montant du contrat de concession initial		Avis au JOUE pour les contrats de concession soumis à procédure formalisée
4° substitution d'un nouveau concessionnaire à celui auquel l'autorité concédante a initialement attribué le contrat de concession		*Si la substitution repose sur l'application d'une clause de réexamen ou d'une option claire, précise et sans équivoque *Si la substitution repose sur une cession de contrat de concession, à la suite d'opérations de restructuration du concessionnaire initial	Non
5° Modification non substantielles	Quelque soit le montant des modifications	Une modification est considéré comme substantielle lorsqu'elle change la nature globale du contrat de concession. Elle est considéré comme substantiel lorsqu'au moins une des conditions suivantes est remplie: *elle introduit des conditions qui, si elles avaient figuré dans la procédure de passation initiale, auraient attiré davantage participants ou permis l'admission de candidats autres que ceux initialement admis ou permis le choix du offre autre que celle initialement retenue ; *elle modifie l'équilibre économique de la concession en faveur du concessionnaire d'une manière qui n'était pas prévue dans le contrat de concession initial; *elle étend considérablement le champs d'application du contrat de concession; *elle a pour effet de remplacer le concessionnaire auquel l'autorité concédante a initialement attribué le contrat de concession par un nouveau concessionnaire, en dehors des hypothèses susvisées.	Non
6° Modifications d'un montant inférieur à 10% du montant du contrat initial	Le montant de la modification doit être inférieur au seuil européen	Les conditions relatives aux modifications substantielles du 5° ne sont pas applicables. Lorsque plusieurs modifications successives sont effectuées, l'autorité concédante doit prendre en compte leur montant cumulé.	Non

Bien que certaines situations, relatives aux clauses de revoyure (1°) et aux modifications jugées non substantielles (6°) ne posent pas de véritables problèmes d'interprétation, une grande vigilance doit être apportée en cas d'utilisation des points 2°, 3°, 4° et 5° de l'article 36 précités.

En effet, ces hypothèses de modification donneront nécessairement lieu à des interprétations du juge au fil des contentieux afin d'assurer la sécurité juridique de la modification du contrat qui n'est pour le moment qu'apparente dans les textes.

Enfin, si le développement ou l'extension du réseau peut être indirectement prévu dans les cas d'une clause de revoyure, les conditions techniques et financières doivent faire l'objet d'un accord entre les parties.

4. ANALYSE ECONOMIQUE

4.1 STRUCTURE TARIFAIRE

Les structures tarifaires et évolutions des prix sont détaillées par réseau de chaleur.

4.1.1 LA RABATERIE – SAINT-PIERRE-DES-CORPS

Conformément à l'article 52 du contrat de DSP, Les tarifs du service sont décomposés en deux éléments :

- R1 - Elément proportionnel
R1C Mixte : facturation de l'énergie pour les besoins du chauffage

$$R1C \text{ mixte} = a \times R1Cfd + b \times R1Cg + c \times R1Cco + d \times R1Cc$$

Dans lequel $a+b+c+d = 1$

Les coefficients a, b, c et d représentent, les proportions de chaleur produite respectivement à partir du fioul domestique, du gaz, de la cogénération et d'une autre énergie éventuelle.

Avec :

- R1Cfd : Prix du MWh livré en poste de livraison produit à partir du fioul domestique
- R1Cg : Prix du MWh livré en poste de livraison produit à partir du gaz
- R1Cco : Prix du MWh livré en poste de livraison produit à partir de la cogénération
- R1Cc : Prix du MWh livré en poste de livraison produit à partir d'une autre énergie éventuelle

R1E: facturation de l'énergie pour les besoins de l'eau chaude sanitaire :

$$R1E = q_{ECS} \times R1C \text{ mixte}$$

- R2 – Elément fixe : facturation des termes fixes décomposés en :
 - R2.1 Energie électrique utilisée pour le fonctionnement des installations
 - R2.2 Entretien et conduite des installations
 - R2.3 Gros Entretien et Renouvellement (GER) des installations
 - R2.4 Financement des investissements relatifs aux travaux neufs
 - R2.5 Ristourne de la cogénération
 - R2.6 Subventions

Ces tarifs ont évolué sur les dernières saisons de la manière suivante :

Prestations	Prix de Base	Prix saison 14/15	Prix saison 15/16 (1)	Prix saison 16/17 (2)	Evolution (2/1)
RI FIOUL TBTS	83,95 €	70,54 €	48,82 €	64,07 €	31%
R1 FOD	60,91 €	52,20 €	40,52 €	44,96 €	11%
R1 GAZ	51,01 €	47,20 €	44,52 €	42,64 €	-4%
R1 CHALEUR IMPORTEE	42,81 €	39,14 €	29,20 €	33,85 €	16%
R1 BIOMASSE	33,62 €	-	-	33,87 €	
R1 MIXTE HT	41,91 €	44,76 €	37,62 €	39,65 €	5%
R1 MIXTE TTC	50,29 €	53,71 €	45,14 €	41,83 €	-7%
R 2.1	3,15 €	3,35 €	3,56 €	3,49 €	-2%
R 2.2	65,99 €	50,57 €	66,14 €	66,05 €	0%
R 2.3	5,38 €	5,40 €	5,38 €	5,41 €	1%
R 2.4	37,57 €	7,14 €	14,92 €	37,57 €	152%
R 2.5	-10,13 €	-4,90 €	-8,37 €	-10,65 €	27%
R 2.6	-12,88 €	-	-4,64 €	-12,88 €	178%
TOTAL R'2 HT/KW	89,08 €	61,56 €	76,99 €	88,99 €	15,6%

Tableau 16 : Evolution des termes R1 et R2 - La Rabaterie SPDC - Source CRA 2016/17

4.1.2 SCBC

Les termes de la tarification sont en P1/P2/P3.

Trois types de formules de tarification sont disponibles pour le chauffage :

- **Forfait intégral** : redevance indépendante de la durée de la période de chauffage. Le concessionnaire peut stopper le chauffage lorsque la température extérieure est supérieure à 12°C après 9h pendant 3 jours consécutifs. Termes P1/P2/P3 proportionnels à la surface des locaux.
- **Forfait limité** : redevance sur une période de chauffage de 212 jours – 1^{er} octobre au 30 avril. Termes P1/P2/P3 proportionnels à la surface des locaux.
- **Au comptage** : tarification proportionnelle à la consommation réelle de chaleur pour le P1, et proportionnelle à la surface pour P2 et P3. Concerne 23% des abonnés.

Pour l'ECS, la facturation est établie au comptage : m³ relevés aux compteurs volumétriques.

La facturation de la fourniture de chauffage est représentée par les redevances F1-F'1 (forfait intégral logements – bâtiments annexes), F2-F'2 (forfait limité logements – bâtiments annexes), TC, T'C (tarification au compteur logements – bâtiments annexes) ; et e1 pour la facturation eau chaude sanitaire.

SYNTHESE DES PRIX UNITAIRES REVISES - 2016					
FORFAIT INTEGRAL					
	Prestation	Unités	Prix de base (avenant 20)	Coefficients de révision annuelle	Prix de base révisés
Logements	P1	€/m ²	7,794	0,898416	7,002
	P2	€/m ²	2,351	1,019269	2,396
	P3	€/m ²	1,683	0,993688	1,672
Bâtiments annexes	P1	€/m ²	8,208	0,898416	7,374
	P2	€/m ²	2,474	1,019269	2,522
	P3	€/m ²	1,771	0,993688	1,760
FORFAIT LIMITE					
Logements	P1	€/m ²	6,874	0,898416	6,176
	P2	€/m ²	2,181	1,019269	2,223
	P3	€/m ²	1,561	0,993688	1,551
Bâtiments annexes	P1	€/m ²	7,276	0,898416	6,537
	P2	€/m ²	2,310	1,019269	2,355
	P3	€/m ²	1,653	0,993688	1,643
TARIF COMPTAGE					
Logements	P1	€/MWh	55,802	0,898416	50,133
	P2	€/m ²	2,181	1,019269	2,223
	P3	€/m ²	1,561	0,993688	1,551
Bâtiments annexes	P1	€/MWh	55,802	0,898416	50,133
	P2	€/m ²	2,31	1,019269	2,355
	P3	€/m ²	1,653	0,993688	1,643
EAU CHAUDE SANITAIRE					
	e1	€/m ³	5,963	0,898416	5,357

Figure 12 : Synthèse des prix unitaires révisés - Réseau SCBC - Source Analyse du CRA E&S 2016

4.1.3 LA RICHE

Les tarifs sont décomposés selon les termes R1 et R2 :

- R1 : élément proportionnel soit à la consommation, soit à la puissance souscrite (forfait)
 - Valeurs de base (3 mai 1993) :
 - Proportionnel : 29,65 €HT/MWh
 - Forfait : 57,14 €HT/kW
 - ECS : 3,45 €HT/m³
- R2 : élément fixe somme des deux coûts suivants :
 - r2 : coût prestation conduite et petit entretien nécessaire pour le fonctionnement des installations primaires
 - r3 : gros entretien et renouvellement.

Valeurs de base du 3 mai 1993 :

	Chauffage (F HT/kW)	ECS (F HT/kW)
r2	128,92	128,92
r3	68,76	68,76
R2	197,68	197,68

Soit :

	Chauffage (€ HT/kW)	ECS (€ HT/kW)
r2	19,65	19,65
r3	10,48	10,48
R2	30,14	30,14

Figure 13 : Valeurs des tarifs R2 de base - La Riche - Source Analyse CRA E&S 2017

Le financement des ouvrages est assuré par le Concessionnaire, qui se rémunère au travers des droits de raccordement : 197,27 €HT/kW.

L'évolution des tarifs de la chaleur sur les deux dernières saisons est présentée dans le tableau suivant :

Décomposition des ventes R1	2017		2016		variations	
	valeur	unité	valeur	unité	absolues	relatives
Ventes de chaleur HT marché compteur *	168 541	euros	172 485	euros	-3 944	-2,3%
	3 523	MWh PCU	3 664	MWh PCU	-138	-3,8%
Prix unitaire HT chaleur	47,84	€/MWh PCU	47,11	€/MWh PCU	0,73	1,6%
Ventes de chaleur HT marché forfait *	26 672	euros	29 780	euros	-3 108	-10,4%
	524	MWh PCU	615	MWh PCU	-91	-14,7%
Prix unitaire HT chaleur	50,88	€/MWh PCU	48,43	€/MWh PCU	2,45	5,1%
Ventes de chaleur HT totales	195 213	euros	202 265	euros	-7 052	-3,5%
	4 047	MWh PCU	4 276	MWh PCU	-229	-5,3%
Prix unitaire HT chaleur	48,23	€/MWh PCU	47,30	€/MWh PCU	0,93	2,0%
Ventes ECS HT *	79 137	euros	86 577	euros	-7 440	-8,6%
	15 138	m3	16 431	m3	-1 293	-7,9%
Prix unitaire HT ECS	5,23	€/m3	5,27	€/m3	-0,04	-0,8%
Ventes totales HT chaleur et ECS *	274 350	euros	288 842	euros	-14 492	-5,0%
Quantités totale vendues	5 637	MWh PCU	6 001	MWh PCU	-364	-6,1%
Prix unitaire HT	43,94	€/MWh PCU	43,17	€/MWh PCU	1	1,8%
Degrés Jours Unités	2110	DJU	2 183	DJU	-73	-3,3%
Nombre de jours	221	jours	224	jours	-3	-1,3%

* hors décote de 14.000 € en 2017 et en 2016 et refacturation de la TICGN

Figure 14 : Ventes R1 2017 et 2016 - La Riche - Source CRA 2017

4.1.4 JOUE-LES-TOURS

Les tarifs sont décomposés selon les termes R1 et R2 :

- R1 : partie proportionnelle soit à la consommation (mesurée par les compteurs de chaleur), soit à la puissance souscrite. Distinguée en tarif R1c et R1e pour le chauffage et l'ECS
 - Valeurs de base (1^{er} juillet 2013 – Avenant 8 modifié) :
 - Proportionnel : 62,283 €HT/MWh
 - Forfait : 121,555 €HT/kW
 - ECS : 8,235 €HT/m³
- R2 : proportionnelle à la puissance souscrite aux postes de livraison, se décompose en :
 - r2 : coût de prestation des conduites, du petit entretien, de surveillance et de dépannage
 - r'2 : coût de l'énergie électrique pour assurer le fonctionnement des installations primaires
 - r3 : gros entretien et renouvellement

Valeurs de base du 1^{er} juillet 2013 – avenant n°8 modifié :

	Chauffage (€ HT/kW)	ECS (€ HT/logement)
r2	10,758	24,946
r'2	1,890	4,393
r3	3,953	9,216
R2	16,601	38,555

Figure 15 : Valeurs des tarifs R2 de base - Joué-les-Tours - Source Analyse CRA E&S 2016

Deux contrats ont un R1c au forfait, et non au compteur, et représentent 4,3% du R1 total. Le R1e ECS représente 15,2% du R1 Total.

4.1.5 SANITAS

Le réseau est géré par Dalkia au titre d'un marché d'exploitation de la chaufferie et des installations techniques desservant des ensembles immobiliers passé avec Tours Habitat en date du 28 décembre 2011 dit « Marché Sanitas ».

Ce marché a pris effet au 01/01/2012 et a une date d'échéance au 31/08/2027.

Pour alimenter ce réseau, Dalkia achète de la chaleur à :

- SCBC au titre d'une convention d'achat de chaleur
 - Quantité : environ 20% des besoins soit environ 10 000MWh
 - Prix : 54,28 €HT/MWh (valeur 1^{er} août 2011)
 - En2017 : le volume acheté s'élève à 6 589MWh pour un coût de 300 049€ soit 45,5€HT/MWh

- COGESTAR (cogénération des Fontaines) au titre d'une convention d'achat de chaleur
 - Le volume acheté en 2017 s'élève à 7 702 MWh
- Biomasse Saint-Pierre-des-Corps : achat de chaleur à hauteur de 29 557 MWh en 2017

Dans le cadre du marché d'exploitation, Tours Habitat paye la chaleur comme suit :

Les tarifs sont décomposés selon les termes suivants :

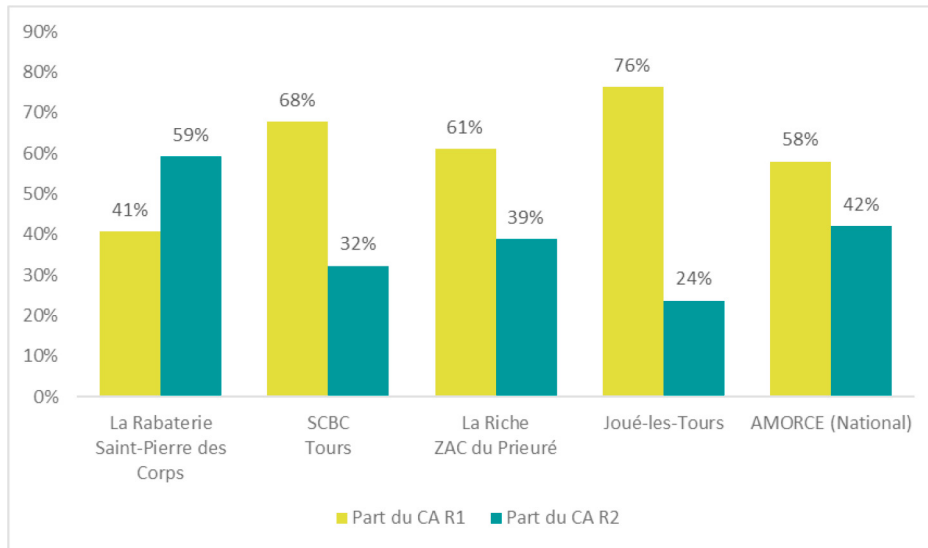
- Partie proportionnelle R1 : Coût du service du chauffage et de l'eau chaude sanitaire délivrés à partir de différentes sources d'énergie. Distinguée en tarif R1c et R1e pour le chauffage et l'ECS
- Partie fixe R2 : répartie à la surface chauffée
 - r2.2 : coût de prestation des conduites, du petit entretien, d'entretien courant, de dépannage et les consommations de l'énergie électrique pour assurer le fonctionnement des installations primaires
 - r2.3 : gros entretien et renouvellement
- Partie P2 globale et forfaitaire couvrant l'ensemble des prestations de conduite, d'entretien et de dépannage des installations secondaires
- Partie P3 globale et forfaitaire, couvrant l'ensemble des prestations de gros entretien et renouvellement relatives aux installations secondaires

4.1.6 SYNTHÈSE STRUCTURE TARIFAIRE

Le tableau ci-dessous synthétise l'assiette et la structure tarifaire de chaque réseau de chaleur public géré via un contrat de concession :

	La Rabaterie Saint-Pierre des	SCBC Tours	La Riche ZAC du Prieuré	Joué-les-Tours
R1 Chauffage Compteur	€/MWh	€/MWh	€/MWh	€/MWh
R1 Chauffage Forfait		€/m ²	€/kW	€/m ²
R1 ECS		€/m ³	€/m ³	
R2	€/kW	€/m ²	€/kW	€/kW
R2 ECS				€/logement

	La Rabaterie Saint-Pierre des Corps	SCBC Tours	La Riche ZAC du Prieuré	Joué-les-Tours	AMORCE (National)
	2016/2017	2017	2016/2017	2016/2017	2017
Part du CA R1	41%	68%	61%	76%	58%
Part du CA R2	59%	32%	39%	24%	42%



Le terme de recettes R2 du réseau SCBC couvre non seulement les frais du réseau primaire mais également du réseau secondaire.

Pour une comparaison à iso-périmètre avec les autres réseaux, ces frais et les recettes afférentes seraient à déduire.

4.2 PRIX MOYEN

Les prix moyens du MWh sont détaillés par réseau de chaleur. Ce prix est évalué sur la base du calcul du chiffre d'affaires cumulé (chiffre d'affaires R1 + chiffre d'affaires R2) divisé par les quantités d'énergie vendues aux abonnés.

Ce prix varie donc en fonction de la tarification mais aussi selon les quantités d'énergie vendues (variables selon la rigueur climatiques)

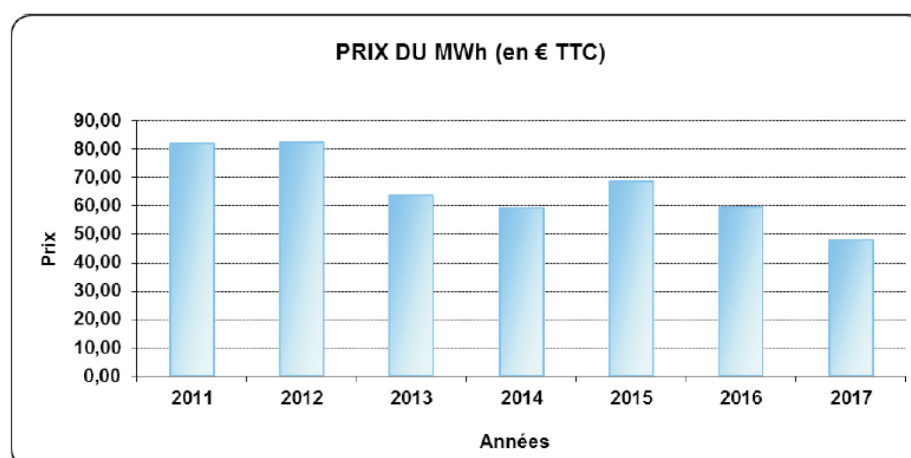
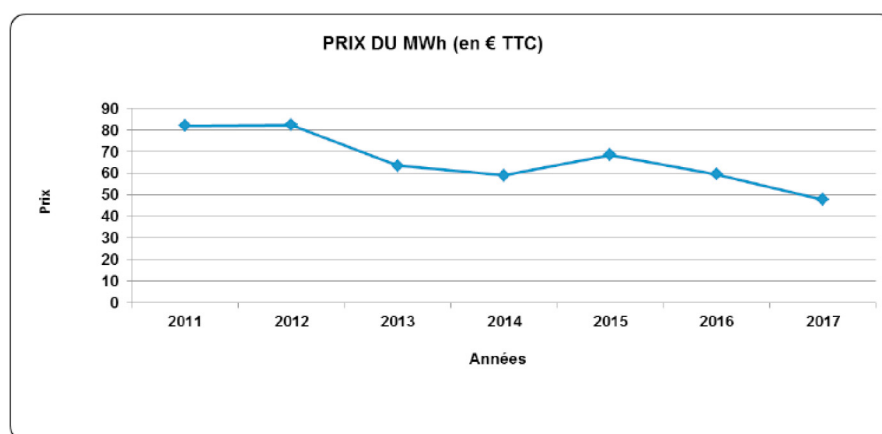
4.2.1 LA RABATERIE – SAINT-PIERRE-DES-CORPS

Le prix moyen du MWh sur la saison 2016/17 est de 97,79 €HT/MWh et 103,17€TTC.

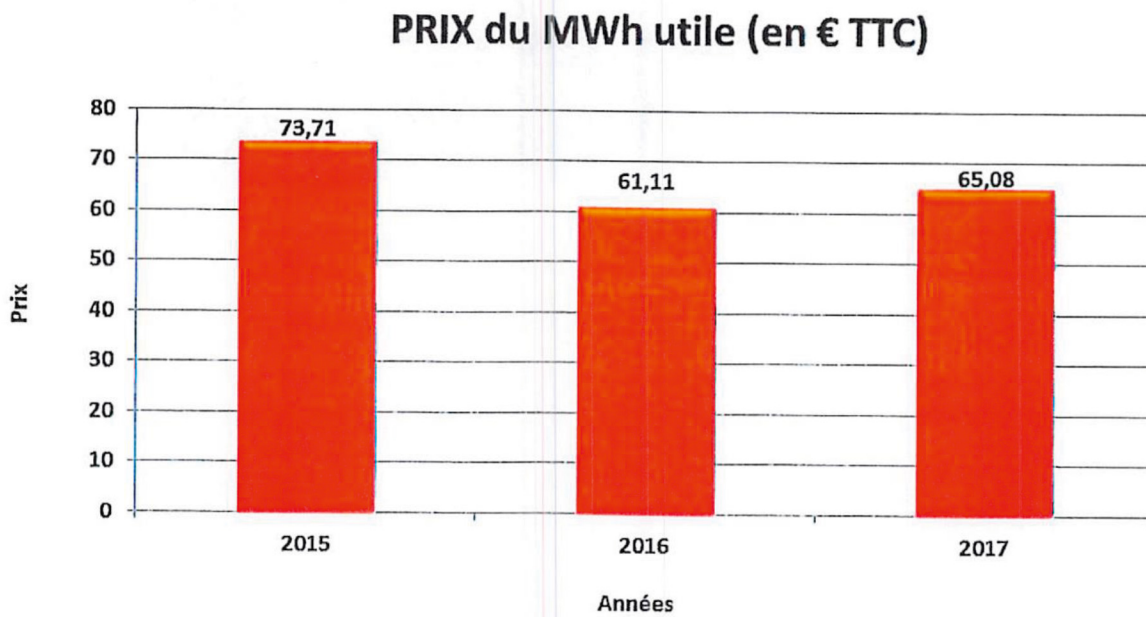
Le délégataire du réseau, Corpo Energies, a appliqué la TVA à 5,5% sur le R1 dès le 1^{er} juillet 2016 (conformément à l'avenant n°1) alors même que la biomasse n'était pas encore en service afin de ne pas pénaliser les abonnés alors même que la part d'énergie renouvelable est de 5% sur 2016/2017. Ce qui explique que le R1 HT ait augmenté sur la saison de chauffe 2016/2017 par rapport à la saison 2015/2016 alors que le R1 TTC a diminué.

4.2.2 SCBC

Les graphiques suivants permettent de suivre l'évolution du prix moyen de la chaleur. Ce prix intègre les frais relatifs au secondaire. Le prix relatif au primaire seulement est nettement plus faible et inférieur à la moyenne nationale (selon enquête AMORCE).



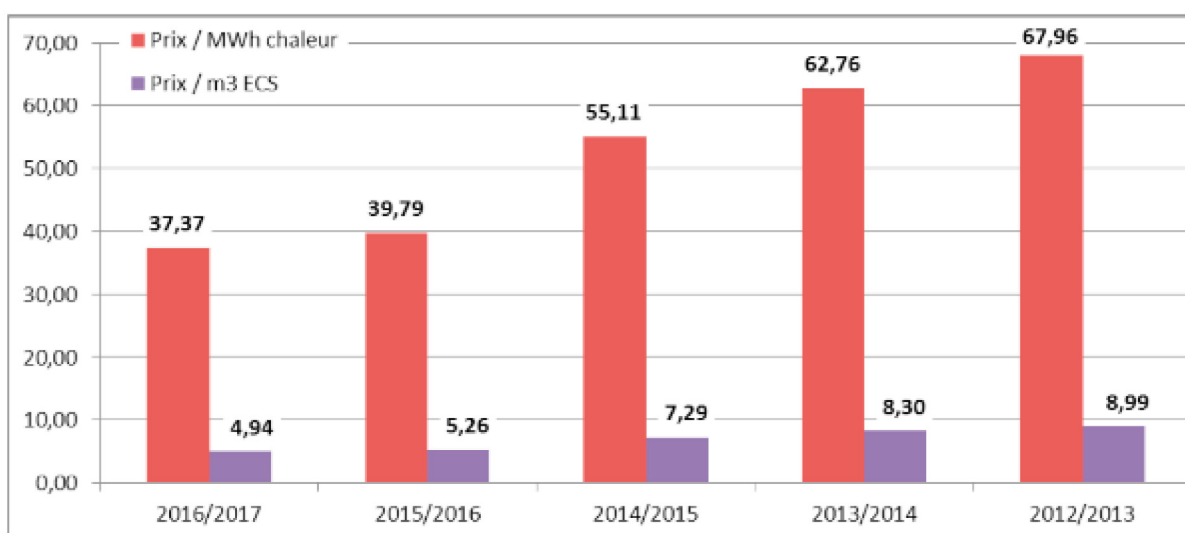
4.2.3 LA RICHE

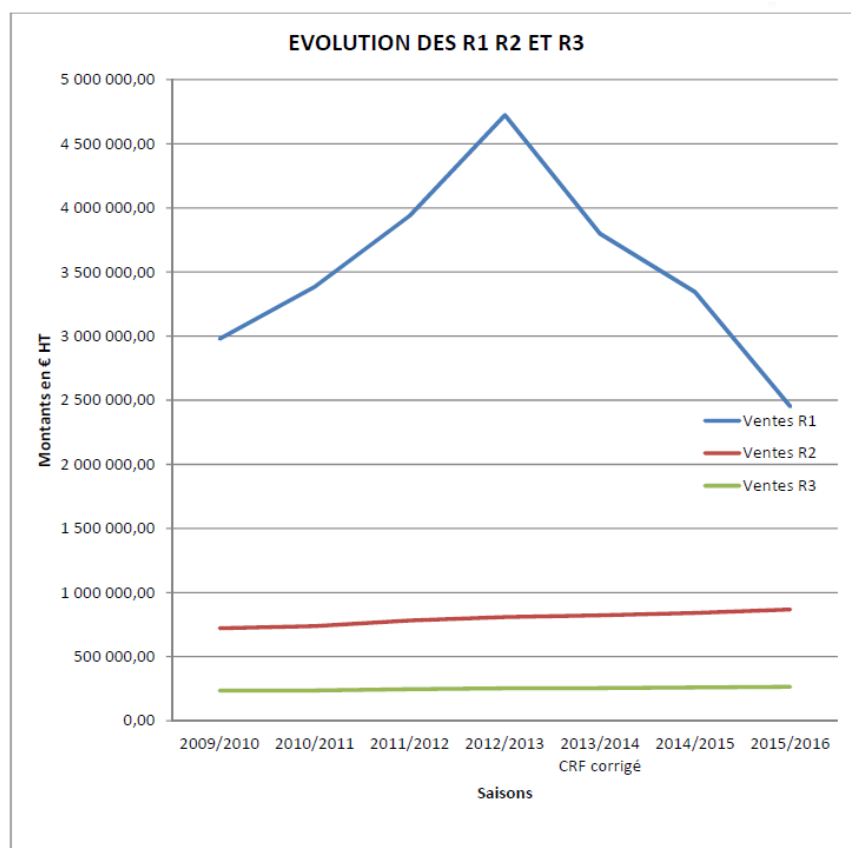


Les ventes de chaleur ont diminué, face à une saison plus clémente (DJU en baisse). La quantité de gaz nécessaire à la production a diminué, mais le prix du gaz et la TICGN ont augmenté. Les ventes r2 ont baissé suite à la variation du coefficient de révision tarifaire lié aux indices. Les ventes r3 sont en hausse, suite à la hausse de l'indice (BT40).

4.2.4 JOUE-LES-TOURS

Le prix moyen du terme R1 MWh chaleur et m³ eau chaude ont fortement baissé sur les 5 dernières années.





La forte baisse de la marge P1 sur la dernière saison est due principalement à :

- Variation des prix : la formule de révision du R1 est décorrélée de la variation des prix des achats d'énergies primaires. La saison 2016/2017 a été plus rigoureuse, l'achat d'énergies primaire a été plus important, mais le R1 aux abonnés a diminué.
- Augmentation des pertes réseau – moins bon rendement (fuites, travaux, rendement des chaudières)

Le niveau des recettes R2 (R2 + R2') est en augmentation. Cette évolution est liée à l'augmentation du prix avec la révision et au raccordement du Centre Aquatique Bulle d'O. Les recettes R3 sont en augmentation pour les mêmes motifs.

4.2.5 SANITAS

Le terme R1 (en €/MWh) a augmenté de 2016 (53,67 €/MWh) pour atteindre 57,62 €/MWh en 2017. La saison 2017 a été plus clémente que 2016, avec pour effet induit une baisse des consommations. Le terme R1 ECS subit également une hausse sur cette période.

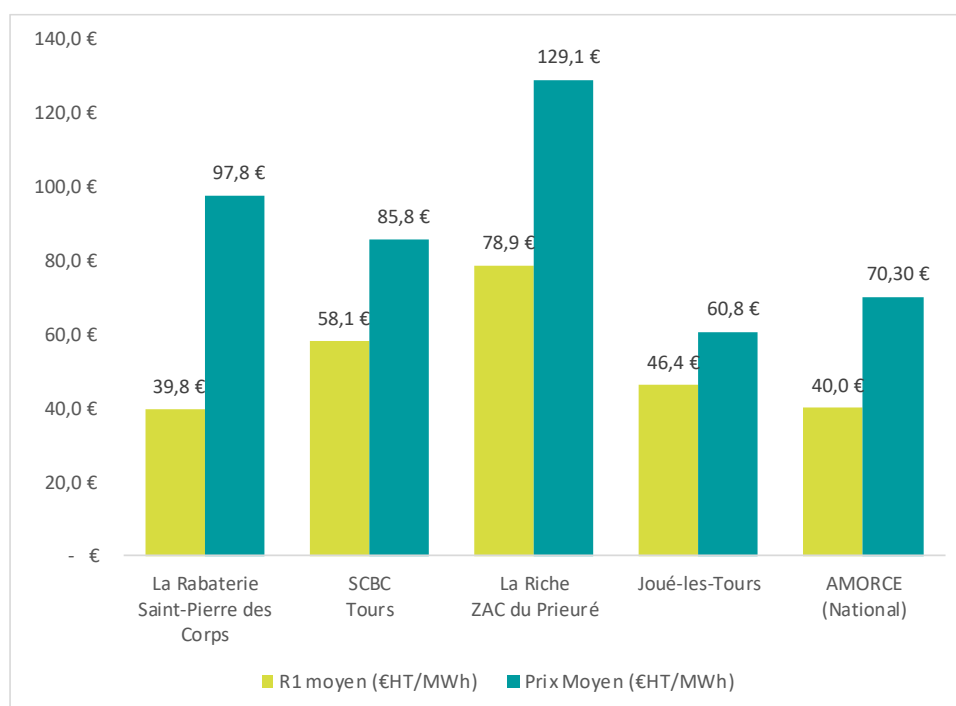
Le terme R2 a progressé, en lien avec la hausse des indices de révision.

4.2.6 PRIX MOYEN DU MWH EN 2016/2017 OU 2017 DES RESEAUX DE CHALEUR PUBLIC

Le tableau ci-dessous présente les prix moyens de vente de la chaleur utile par réseau de chaleur public géré via un contrat de concession et comparé au prix tous réseau de l'enquête d'AMORCE :

	La Rabaterie Saint-Pierre des Corps	SCBC Tours	La Riche ZAC du Prieuré	Joué-les-Tours	AMORCE (National)
	2016/2017	2017	2016/2017	2016/2017	2017
R1 moyen	39,8 €	58,1 €	78,9 €	46,4 €	40,0 €
Prix Moyen (€HT/MWh)	97,8 €	85,8 €	129,1 €	60,8 €	70,30 €

Pour rappel, le prix moyen de la chaleur vendue sur le réseau SCBC intègre les charges du secondaire. Le prix moyen de la chaleur (charges du primaire uniquement) de ce réseau est inférieur à la moyenne Nationale.



4.2.7 SYNTHÈSE – RESEAU DE CHALEUR PUBLIC EN 2016/2017 ET 2017

Le tableau suivant présente le bilan des chiffres d'affaires R1 et R2 pour les réseaux publics ainsi que le détail sur les ventes de chaleur pour le chauffage et l'ECS. Les données de SCBC seront lues avec précaution (intégration des charges du primaire et du secondaire).

	La Rabaterie Saint-Pierre des Corps 2016/2017	SCBC Tours 2017	La Riche ZAC du Prieuré 2016/2017	Joué-les-Tours 2016/2017
DJU	2 112		2 110	2 168
MWh	26 252	85 624	4 047	52 561
MWh Chauffage Compté	19 814	17 378	3 523	50 814
MWh Chauffage forfait		46 608	524	
MWh ECS	6 438			3 292
m3			15 138	50 814
CA R1	1 045 138 €	4 974 421 €	319 155 €	2 438 305 €
CA R2	1 522 140 €	2 372 093 €	203 348 €	757 887 €
CA total	2 567 278 €	7 346 514 €	522 503 €	3 196 192 €
R1 moyen (€HT/MWh)	39,8 €	58,1 €	78,9 €	46,4 €
Prix Moyen (€HT/MWh)	97,8 €	85,8 €	129,1 €	60,8 €
Part du CA R1	41%	68%	61%	76%
Part du CA R2	59%	32%	39%	24%

Les deux graphiques suivants illustrent le poids de chaque réseau en termes de recettes proportionnelles aux ventes d'énergie et de volume d'énergie livré. Les réseaux SCBC et Joué-les-Tours sont les deux réseaux structurants sur le territoire.

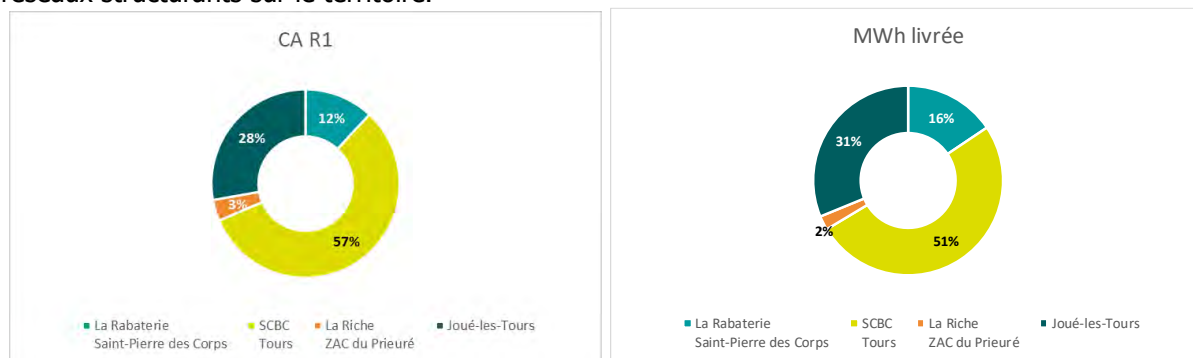


Figure 16 : Ventes d'énergie des réseaux de chaleur et recettes R1

5. ANALYSE DES COMPTES DE RESULTAT

Concernant l'analyse des comptes-rendus annuels, il est à noter les points suivants :

- 2 réseaux sont gérés via une société dédiée qui permet de distinguer clairement les comptes de cette société de celles du groupe auquel elle se rattache
- 2 réseaux ne font pas l'objet d'une société dédiée : leur compte de résultat est donc issu de la comptabilité analytique de la société exploitante.

Réseau	La Rabaterie Saint-Pierre des Corps	SCBC Tours	La Riche ZAC du Prieuré	Joué-les-Tours
Mode de gestion	Délégation de Service Public - Concession	Délégation de Service Public - Concession	Délégation de Service Public - Concession	Délégation de Service Public - Concession
Autorité déléguée	Tours Métropole			
Date de création du réseau	1971	1968	1993	1970
Gestionnaire réseau	CORPO ENERGIES - ENGIE	SCBC - DALKIA	DALKIA	DALKIA
Durée du contrat	24 ans	61 ans	24 ans	41 ans
Date d'achèvement	2028	2032	2029	2033
Société dédiée	CORPO ENERGIES	SCBC	Non	Non
Période de CRA	Saison de chauffe	Année civile	Saison de chauffe	Année civile

Le graphique suivant illustre le résultat brut pour les 4 réseaux de chaleur et le réseau SANITAS sur les deux derniers exercices connus.

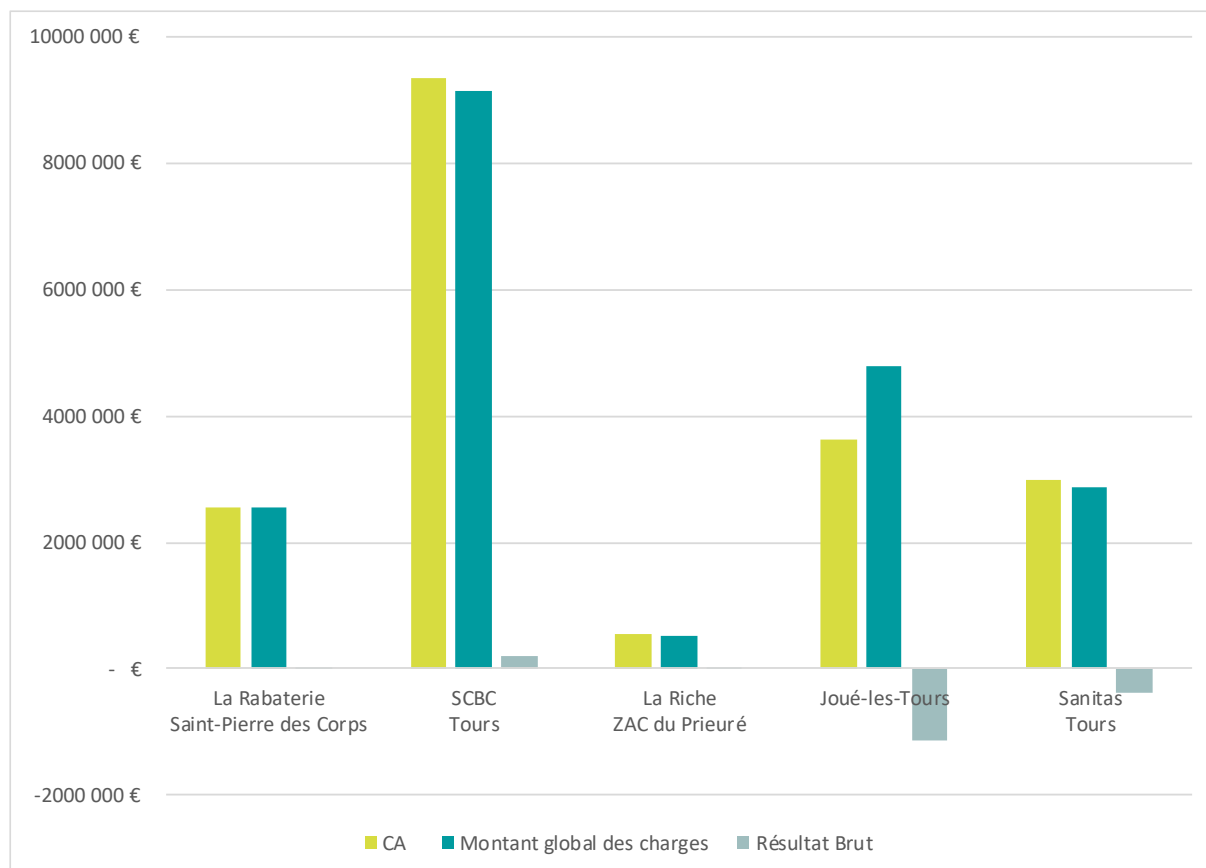


Figure 17 : Résultat brut des réseaux

Les tableaux détaillant les comptes de résultats des réseaux sont joints ci-après. Seuls deux réseaux présentent un résultat positif sur chacun des deux exercices étudiés : Saint-Pierre des Corps et SCBC.

5.1 SAINT-PIERRE-DES-CORPS

Le tableau suivant présente le détail du compte de résultat du réseau de Saint-Pierre des Corps.

SAISON 01/07/2016 au 30/06/2017	2016-2017	2015-2016
PRODUITS		
R1C (base MWh)	1 045 138,06 €	866 165,84 €
R2 (base kw)	1 522 140,42 €	1 293 673,96 €
Produits Financiers	- 22,23 €	337,39 €
Recette cogénération	- €	149 978,91 €
TOTAL PRODUITS	2 567 256,25 €	2 310 156,10 €
CHARGES		
Personnel (rémunération + charges sociales)	294 365,99 €	307 854,10 €
Combustibles	1 071 524,78 €	889 659,49 €
Electricité	37 109,00 €	44 161,09 €
Autres consommables	44 777,09 €	28 201,34 €
Sous traitance d'exploitation	122 510,21 €	109 245,45 €
GER	595 398,52 €	114 385,99 €
Assurances	8 841,01 €	11 626,00 €
Impôts et taxes	9 838,00 €	3 722,00 €
Sous-Total charges directes	2 184 364,59 €	1 508 855,46 €
Frais généraux	172 007,66 €	144 709,27 €
Redevances	148 628,03 €	148 042,63 €
Marge et aléas	- €	- €
Sous-Total charges de structure	320 635,69 €	292 751,90 €
Provisions compte GER	- 89 866,24 €	14 228,24 €
Charges relatives aux investissements	136 452,60 €	250 736,16 €
Autres frais financiers	6 881,46 €	- €
Sous-Total charges calculées	46 586,36 €	264 964,40 €
TOTAL CHARGES	2 551 586,64 €	2 066 571,76 €
RESULTAT BRUT	15 669,61 €	243 584,34 €
impôts sur les sociétés 34.43%	5 395,05 €	83 866,09 €
RESULTAT APRES IMPOTS	10 274,56 €	159 718,25 €

Les phénomènes observés sont les suivants :

- Une nette augmentation (+21%) des recettes R1 liée à une augmentation des ventes de chaleur
- Une augmentation très conséquente des dépenses de GER (+420%), avec pour effet induit une augmentation des charges directes
- Une nette diminution du résultat brut (-94%) liée à la hausse des frais de GER

Le montant très élevé de GER pour l'exercice 2016/2017 est dû à la réalisation d'opérations de renouvellement conséquentes au niveau de la chaufferie gaz : deux chaudières gaz et un brûleur ont été remplacés, y compris un brûleur. Des travaux de désamiantage ont été rendus nécessaires par cette opération. Le montant de GER des années suivantes devrait évoluer à la baisse et le résultat devrait repartir à la hausse.

5.2 SCBC

Le tableau suivant présente le détail du compte de résultat du réseau SCBC.

COMPTE RENDU FINANCIER AU 31/12/2017				
	Exercice 2017 en euros	Exercice 2016 en euros	Evolution	
			en valeur	en %
PRODUITS DE LA CONCESSION				
Chiffres d'affaires				
P1 chauffage	3 813 493	3 653 805	159 688	4,37%
Cession chaleur Dalkia réseau Sanitas	300 049	338 255	-38 206	-11,30%
P1 eau chaude sanitaire	1 180 928	1 137 401	23 527	2,07%
P1 gaz cuisine	0	9 725	-9 725	-100,00%
P2	1 418 456	1 435 048	-16 592	-1,16%
P3	953 637	988 036	-34 399	-3,48%
Ventes d'électricité cogé Nord	1 514 637	1 515 635	-998	-0,07%
Ventes d'électricité panneaux photovoltaïques	1 146	1 254	-108	-8,62%
Droit d'usage selon article 11 avenant 18	170 284	168 404	1 859	1,10%
Droit de raccordement (étalement NR)	14 727	14 727	0	
TOTAL PRODUITS D'EXPLOITATION DE LA CONCESSION	9 347 337	9 262 291	85 046	0,92%
CHARGES DE LA CONCESSION				
Achats de matières, pièces, fournitures et petits équipements P2	-66 289	-22 311	-43 977	197,11%
Achats de matières, pièces, fournitures et petits équipements P3	-49 614	-83 984	34 370	-40,92%
Consommation de gaz	-1 452 900	-1 439 056	-13 844	0,96%
Consommation de chaleur cogénération sud	-537 331	-517 061	-20 270	3,92%
Consommation de chaleur chaufferie biomasse	-3 125 468	-3 136 405	10 937	-0,35%
Consommation de fioul (domestique et lourd)	0	0	0	0,00%
Achats d'eau	-6 612	-5 818	-795	13,66%
Achats d'électricité	-142 821	-141 482	-1 338	0,95%
Achats de produits de traitement d'eau	-23 951	-2 924	-21 027	719,07%
Achats de sous-traitance P2	-103 197	-98 740	-4 458	4,51%
Achats de sous-traitance P3 courante	-381 979	-452 061	70 082	-15,50%
Maintenance groupe électrogène cogénération nord	-51 560	-50 753	-807	1,59%
Locations et entretien de matériels	-228	-1 216	988	-81,25%
Assurances de l'exploitation	-69 647	-72 337	2 690	-3,72%
Main d'œuvre délégation de service public P2	-730 674	-645 929	-84 745	13,12%
Main d'œuvre délégation de service public P3	-19 406	-26 232	6 826	-26,02%
Honoraires (Commissaires aux comptes et ingénierie)	-11 800	-10 596	-1 204	11,36%
Honoraires sur gestion CO2	-4 668	-3 418	-1 250	36,56%
Autres prestations extérieures (frais d'audit, frais d'actes, parrainages)	-576	-43	-534	NS
Frais de gestion	-541 590	-531 536	-10 054	1,89%
Frais de téléphone et télésurveillance	-13 223	-15 476	2 253	-14,56%
Cotisation professionnelle FG3E	-2 132	-2 235	103	-4,61%
Contribution Economique Territoriale (ex taxe professionnelle)	-59 024	-118 722	59 698	-50,28%
Autres impôts et taxes	-2 425	-2 367	-58	2,45%
Dotation aux amortissements des immobilisations, y/c caducité	-1 109 453	-1 109 453	0	0,00%
Intérêts sur financement passage basse température chaufferie (avt 18, taux de 4,2%)	-239 662	-250 792	11 130	-4,44%
Intérêts sur financement rénovation cogénération nord (Avt 16, taux de 6,80%)	-84 038	-105 594	21 556	-20,41%
Intérêts sur financement réseau sud (Avt 14, taux de 4,75%)	-147 756	-190 642	42 886	-22,50%
Redevance versée au concédant	-161 342	-159 359	-1 983	1,24%
Dépenses de sinistres	6 120	2 628	3 492	NS
Frais bancaires	-145	-150	5	-3,50%
TOTAL CHARGES D'EXPLOITATION DE LA CONCESSION	-9 133 391	-9 194 065	60 674	-0,66%
RESULTAT D'EXPLOITATION DE LA CONCESSION	213 946	68 226	145 721	
Charges sur insuffisance quotas de CO2	-475	-324	-152	
Résultat en intégrant les caseros de quotas de CO2	213 471	67 902	145 569	

Le résultat d'exploitation a progressé de 200% en 2017 par rapport à 2016. Cette amélioration est principalement liée à des baisses de charges :

- -42% sur les achats de matières, pièces et fournitures et petits équipements P3
- -15% sur les achats de sous-traitance P3 courante
- -50% sur la contribution économique territoriale
- -10% sur les intérêts liés à l'amortissement des investissements

Ainsi l'amélioration du résultat est liée à des dépenses moindres de gros entretien renouvellement et à la réduction des taxes et intérêts d'amortissement d'investissements.

5.3 LA RICHE

Le tableau suivant présente le détail du compte de résultat du réseau de La Riche.

	Exercice	Exercice	Evolution	
	2017	2016	en valeur	en %
	en euros	en euros		
PRODUITS DE LA DELEGATION (concession)				
Ventes r1	305 154	305 755	-601	-0,2%
<i>dont chauffage</i>	185 672	192 724	-7 052	-3,7%
<i>dont ECS</i>	74 677	82 118	-7 440	-9,1%
<i>dont TICGN</i>	44 805	30 913	13 891	44,9%
Ventes r2	120 045	121 933	-1 888	-1,5%
Ventes r3	83 303	82 484	820	1,0%
Etalement des droits de raccordement	33 429	33 429	0	0,0%
Sous total chiffre d'affaires	541 932	543 602	-1 669	-0,3%
TOTAL PRODUITS DE LA DELEGATION	541 932	543 602	-1 669	-0,3%
CHARGES DE LA DELEGATION				
Achats matières premières et autres approvisionnements	-281 076	-285 024	3 948	-1,4%
<i>Achats pièces détachées</i>	-4 725	-3 300	-1 426	43,2%
<i>Achats combustible</i>	-276 350	-281 724	5 374	-1,9%
Autres achats et charges externes	-131 969	-117 299	-14 670	12,5%
Autres achats				
<i>Achats eau</i>	-6 502	-522	-5 980	1145,5%
<i>Achats électricité</i>	-8 862	-12 114	3 251	-26,8%
<i>Achats produits traitement d'eau</i>	0	-1 488	1 488	-100,0%
Services extérieurs				
<i>Achats de sous traitance et locations</i>	-2 106	-2 134	28	-1,3%
<i>Télésurveillance P2 et services extérieurs</i>	-28	-204	176	-86,2%
<i>S/T traitement d'eau</i>	-346	-419	73	-17,4%
<i>Frais de personnel au THO</i>	-44 997	-46 617	1 619	-3,5%
<i>Honoraires</i>	0	0	0	
<i>Frais de structure</i>	-34 575	-37 889	3 314	-8,7%
<i>Multi services, nettoyage, sécurité</i>	-13 012	-6 777	-6 235	92,0%
<i>Assurances grands ensembles</i>	-546	-530	-16	3,0%
<i>Contrôle réglementaire</i>	-1 686	-3 078	1 392	-45,2%
<i>Dépenses de garantie totale hors main d'œuvre</i>	-19 308	-5 527	-13 781	249,4%
Impôts et taxes	-11 372	-11 769	397	-3,4%
Taxe foncière	-6 640	-6 615	-25	0,4%
Contribution économique territoriale	-3 865	-4 284	419	-9,8%
Contribution Organique (0,16% du CA)	-867	-870	3	-0,3%
Autres charges d'exploitation	-11 614	-11 651	37	-0,3%
Redevances versées au Concédant	-11 614	-11 651	37	-0,3%
Dotations d'exploitation	-44 716	-56 389	11 673	-20,7%
Provision pour solde de garantie totale	-44 716	-56 389	11 673	-20,7%
Charges financières	-41 405	-41 405	0	0,0%
Dotation amortissement de caducité (P.R.C.I.)	-41 405	-41 405	0	0,0%
Frais financiers sur investissement contrat	0	0	0	
TOTAL CHARGES DE LA DELEGATION	-522 152	-523 537	1 385	-0,3%
RESULTAT DE LA DELEGATION <i>(Hors participation des salariés et impôts sur les sociétés)</i>	19 780	20 064	-284	-1,4%

Les résultats 2016 et 2017 sont très proches. Les évolutions sensibles entre les deux exercices concernent des postes de dépenses mineurs (achats d'eau, d'électricité, frais de nettoyage et sécurité, dépenses de garantie totale hors main d'œuvre).

5.4 JOUE-LES-TOURS

Le tableau suivant présente le détail du compte de résultat du réseau de La Riche.

En €	Réalise		Evolution	
	Exercice	Exercice		
	2016/2017	2015/2016	en valeur	en %
Du :	01/07/2016	01/07/2016		
Au :	30/06/2017	30/06/2016		
PRODUITS				
Ventes R1	2 438 305	2 451 836	-13 531	-0,6%
dont R1 chauffage	2 067 398	2 062 774	4 622	0,2%
dont R1 ECS	370 909	390 062	-20 163	-7,1%
Ventes r2	757 886	732 120	25 766	3,5%
Ventes r2	140 592	135 688	4 904	3,6%
Ventes r3	270 990	264 082	6 909	2,6%
Sous total produits d'exploitation	3 807 774	3 688 728	24 047	0,7%
Etallement des droits de raccordements	28 802	24 228	4 575	18,9%
Produits des ventes des quotas de CO2	0	0	0	ns
TOTAL PRODUITS	3 838 678	3 807 864	28 822	0,8%
CHARGES				
Achats combustibles	-2 837 218	-2 460 220	-188 897	7,8%
Consommation Flouf domestique	-35 254	-26 053	-9 201	35,3%
Consommation chaleur	-1 474 869	-1 188 949	-285 920	24,0%
Consommation gaz	-1 112 922	-1 194 247	81 324	-6,8%
Electricité P1	-14 171	-40 971	26 800	-65,4%
Achats autres matières et produits	-186 316	-178 011	-18 304	8,1%
Eau	-10 982	-10 043	-939	9,3%
Produits traitement eau	-30 798	-29 464	-1 333	-4,5%
Electricité P2	-113 962	-113 905	-57	0,1%
Fournitures d'entretien (hors P3)	-39 573	-25 599	-13 975	54,6%
Autres achats et charges externes	-777 688	-868 408	-121 180	18,6%
Contrôles réglementaires	-14 456	-15 249	793	-5,2%
Entretien compteurs	-10 081	-8 925	-1 156	13,0%
Sous-traitance traitement eau	-26 483	-33 118	6 635	-20,0%
Multi-services, nettoyage et sécurité	-31 239	-28 082	-3 157	11,2%
Dépenses P3	-691 960	-567 865	-124 095	21,9%
Ramonage	-1 114	-1 506	392	-26,0%
Conseil extérieur	0	0	0	ns
Télésurveillance	-2 256	-1 664	-592	35,6%
Frais de personnel	-514 488	-528 842	9 143	-1,7%
Frais de personnel	-514 488	-528 642	9 143	-1,7%
Assurances	-7 684	-8 747	2 063	-21,2%
Assurances	-7 684	-9 747	2 063	-21,2%
Frais de structure	-264 680	-246 887	-8 673	3,6%
Frais de structure	-264 680	-246 987	-8 573	3,5%
Impôts et taxes	-7 318	-7 284	-32	0,7%
Contribution Economique Territoriale	0	0	0	ns
Taxes diverses	-1 497	-1 491	-6	0,4%
Contribution Organique	-5 819	-5 773	-46	0,8%
Autres charges d'exploitation	-178 463	-178 887	1 214	-0,7%
Redevances versées au Concédant	-83 195	-82 727	-468	0,6%
Rachat de quotas de CO2 et charges liées aux opérations	-95 258	-96 940	1 682	-1,7%
Dotations d'exploitation	-2 894	-5 788	2 894	-50,0%
Dotations aux amortissements	-2 894	-5 788	2 894	-50,0%
Dotations (-) ou reprise (+) provision pour solde du compte CO2	0	0	0	ns
Charges financières	-204 463	-184 848	-18 804	10,8%
Dotations aux amortissements de caducité (P.R.C.I.)	-204 463	-184 848	-19 604	10,6%
TOTAL CHARGES	-4 778 878	-4 442 683	-337 395	7,8%
RESULTAT BRUT +	-1 143 402	-834 629	-308 773	-37,0%

Le résultat brut du réseau de Joué-lès-Tours s'est dégradé de 37% en 2016/2017 par rapport à 2015/2016. Les principales évolutions sont les suivantes :

- Une augmentation des charges de consommation de chaleur de 24%
- Une hausse de 50% des frais de fourniture (P2)
- Une hausse des dépenses de gros entretien renouvellement de 22%

5.5 RESEAU SANITAS

Le tableau suivant présente le détail du compte de résultat du réseau SANITAS.

En €	Exercice 2017		Exercice 2016		Evolution	
	en euros		en euros		en valeur	en %
	Du : 01/01/2017	31/12/2017	01/01/2016	31/12/2016		
PRODUITS DE L'EXPLOITATION						
Ventes R1	2 216 210	2 097 788	120 422	5,7%		
dont R1 éers	436 538	415 391				
dont intéressement**	138	2 822				
Ventes r2.2	143 650	141 287	2 364	1,7%		
dont r2.2 éers***	15 383	15 964				
Ventes r2.3	129 251	127 423	1 828	1,4%		
dont r2.3 éers***	14 684	14 341				
Ventes P2	247 245	271 925	-24 680	-9,1%		
dont P2 éers	23 512	22 271				
Ventes P3	266 182	261 469	4 713	1,8%		
dont P3 éers	20 148	18 732				
TOTAL PRODUITS DE L'EXPLOITATION	3 004 639	2 899 891	104 647	3,6%		
CHARGES D'EXPLOITATION						
Achats combustibles	-1 936 618	-1 932 294	-4 323	0,2%		
Consommation chaleur	-1 936 618	-1 932 294	-4 323	0,2%		
Achats autres matières et produits	-19 449	-15 877	-3 572	22,5%		
Produits traitement eau	0	-210	210	-100,0%		
Electricité	-11 476	-2 597	-8 879	341,9%		
Fournitures d'entretien (hors P3)	-7 973	-13 070	5 097	-38,0%		
Autres achats et charges externes	-305 188	-218 174	-87 014	39,9%		
Contrôles réglementaires	-12 800	-8 913	-5 887	85,2%		
Entretien compteurs	-9 455	-8 989	-508	5,6%		
Sous-traitance traitement eau	-2 660	-880	-1 780	202,3%		
Multi-services, nettoyage et sécurité	-38 048	-20 712	-17 336	83,7%		
Dépenses P3	-207 903	-146 940	-80 963	41,5%		
Droit d'usage SCBC	-34 162	-33 681	-481	1,4%		
Conseil extérieur	0	0	0	ns		
Télésurveillance	-121	-60	-61	100,7%		
Frais de personnel	-262 269	-309 288	47 019	-15,2%		
Frais de personnel	-262 269	-309 288	47 019	-15,2%		
Assurances	0	0	0	ns		
Assurances	0	0	0	ns		
Frais de structure	-191 690	-202 113	10 423	-5,2%		
Frais de structure	-191 690	-202 113	10 423	-5,2%		
Impôts et taxes	-13 081	-12 611	-470	3,7%		
Contribution Economique Territoriale	-8 274	-7 971	-303	3,8%		
Contribution Organique	-4 807	-4 640	-167	3,6%		
Autres charges d'exploitation	0	0	0	ns		
Dotations d'exploitation	-147 222	-214 302	67 080	-31,3%		
Dotations aux amortissements	0	0	0	ns		
Dotations provision pour solde du compte GT	-147 222	-214 302	67 080	-31,3%		
Charges financières	0	0	0	ns		
Frais financiers sur investissement	0	0	0	ns		
TOTAL CHARGES D'EXPLOITATION	-2 876 616	-2 904 669	29 143	-1,0%		
RESULTAT BRUT D'EXPLOITATION *	129 023	-4 768	133 791	2806,1%		

* Ce résultat n'intègre pas la participation des salariés ni l'impôt sur les sociétés.

** non finalisé

*** régularisation 2016 r2.2 r2.3 Ville de Tours

Le résultat brut d'exploitation 2017 a nettement progressé par rapport à 2016. Cette amélioration est liée à une augmentation des recettes (essentiellement les ventes R1), combinée à une baisse des charges d'exploitation (essentiellement une réduction des frais de dotation pour provision du compte de garantie totale et une baisse des frais de personnel).

Le tableau suivant présente pour les 5 réseaux la synthèse du résultat brut, avec le détail des résultats sur R1 et R2 et la répartition des charges fixes. Les éléments notables sont les suivants :

- Un résultat R2 fortement déficitaire pour les réseaux de Joué-lès-Tours et SANITAS
- Des frais de conduite entretien occupant une part relativement faible dans le total des charges fixes pour le réseau SCBC
- Une part de GER élevée pour les réseaux SANITAS et Saint-Pierre-des-Corps

- Des frais d'amortissement élevés sur le réseau SCBC : des investissements ont été réalisés sur ce réseau pour réaliser la conversion de la chaufferie en basse pression, rénover la cogénération nord et réaliser les travaux du réseau Sud

	La Rabaterie Saint-Pierre des Corps	SCBC Tours	La Riche ZAC du Prieuré	Joué-les-Tours	Sanitas Tours	
Résultat Brut	15 692 €	201 646 €	19 780 €	- 1 143 404 €	- 384 406 €	
<i>Résultat R1</i>	- 26 387 €	158 771 €	28 804 €	- 184 740 €	281 592 €	
<i>Résultat R2</i>	42 079 €	42 875 €	- 9 024 €	- 958 664 €	- 665 998 €	
Répartition Charges R2	Electricité	3%	4%	0%	1%	0%
	Conduite entretien	54%	46%	57%	58%	62%
	GER	34%	11%	26%	32%	38%
	Amortissement	9%	39%	17%	10%	0%

PROJET DE RESEAU DE CHALEUR

6. PRESENTATION DU PROJET

Un réseau de chaleur, d'une longueur de **17 km** de tranchées, est actuellement en projet à l'ouest de Tours. Son développement est prévu sur la période **2019-2024**. A terme, les besoins en chaleur des **105 sous-stations** pour **36 abonnés** seront de **97 738 MWh utiles** pour une puissance souscrite de **53 106 kW**.

Ce réseau de chaleur sera implanté entre les réseaux de La Riche et des Ilots, avec un raccordement possible à ces réseaux, permettant d'augmenter leur taux d'ENR&R à plus de 50%.

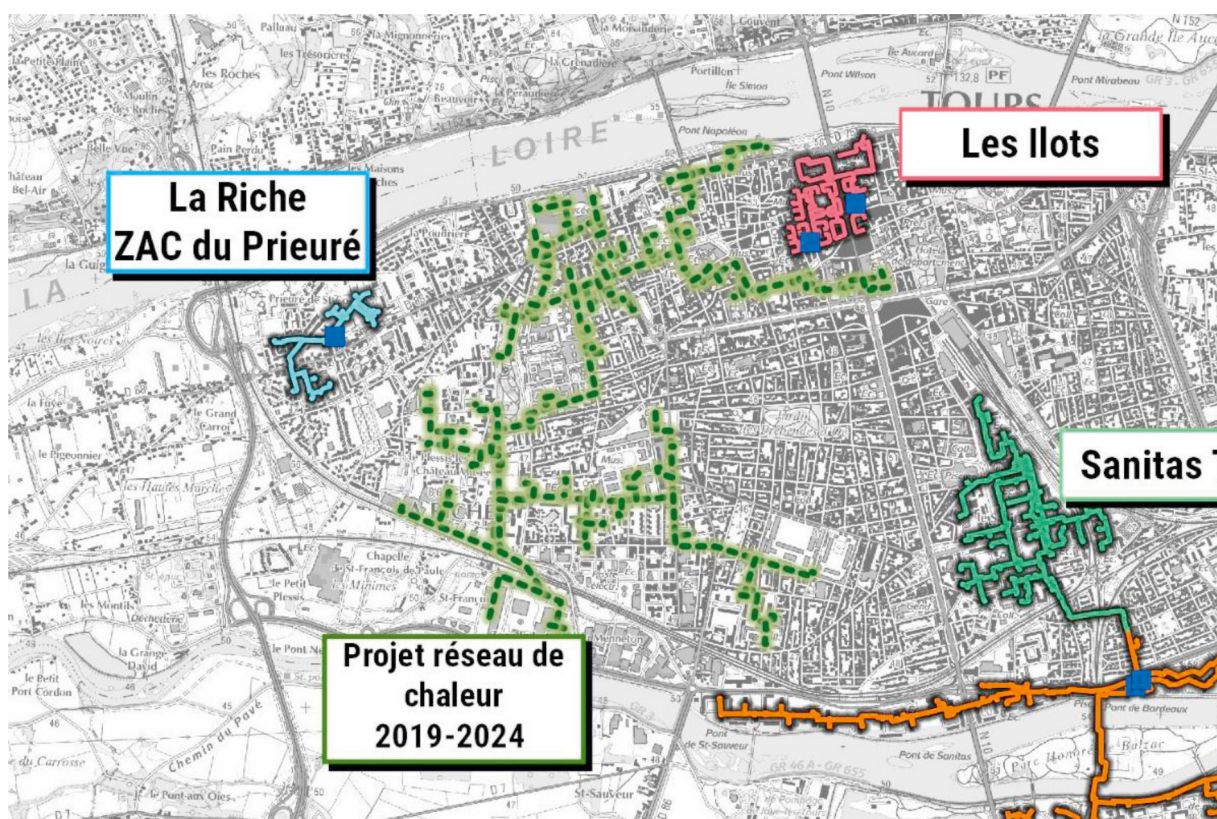


Figure 18 : Plan d'implantation du projet de réseau de chaleur - Réalisation Inddigo 2019

Le mode de gestion du réseau est une Délégation de service Public, signée le 21 mars 2018, entre l'autorité délégante Tours Métropole Val de Loire et le gestionnaire du réseau ENGIE Cofely. Le contrat est prévu sur une durée de 23 ans ; la fin de la délégation est donc prévue au 30 septembre 2042.

7. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

7.1 PRODUCTION

Les systèmes de production du réseau seront les suivants :

- Deux chaudière bois 2x6 MW et un condenseur de fumées biomasse, sur l'une des chaudières, associé à une pompe à chaleur d'une puissance calorifique de 1,5 MW
- Une PAVE (Pompe A Vapeur d'Eau) de 5 MW et deux chaudières gaz d'appoint de 10 et 13 MW.
- Mise à disposition des chaufferies centre hospitalier Bretonneau (17.8 MW 4 chaudières gaz), CIRFA (6.3 MW 3 chaudières gaz), Clocheville (2,7 MW 3 chaudières gaz) pour de l'appoint/secours.

La mise en service de la première chaudière bois est envisagée pour octobre 2019. La deuxième sera mise en service à l'horizon 2021.

La chaufferie SUD sera soumise à autorisation à partir de la date de mise en service de la seconde chaudière biomasse de 6 MW.

Les seuils réglementaires de VLE et les engagements d'ENGIE Cofely sont les suivants :

→ Pour les chaudières biomasse :

Type de rejets*	Valeur réglementaire ICPE 2910 26/08/2013	Engagement d'ENGIE Cofely
Poussière (mg/Nm ³)	50	20
CO (mg/Nm ³)	200	200
NOx (mg/Nm ³)	400	300
COV (mg/Nm ³)	-	50
SO ₂ (mg/Nm ³)	200	200
HAP (mg/Nm ³)	-	0,01
Dioxynes (ng I-TEQ/Nm ³)	-	0,1
Furanes (ng I-TEQ/Nm ³)	-	0,1

* à 6% d'O₂

→ Pour les chaudières gaz naturel :

Type de rejets*	Valeur réglementaire ICPE 2910 26/08/2013	Engagement d'ENGIE Cofely
Poussière (mg/Nm ³)	5	5
CO (mg/Nm ³)	100	100
NOx (mg/Nm ³)	100	100
SO ₂ (mg/Nm ³)	35	35

* à 6% d'O₂

	Puissance (MW)	SO ₂ (mg/Nm ³)	NO _x (mg/Nm ³)	Poussières (mg/Nm ³)	CO (mg/Nm ³)
Biomasse	P<5	200	500	50	250
	5 ≤ P < 10		300	30	
	10 ≤ P < 20				300
	20 ≤ P		200		
Gaz	P<5	-	100	-	100
	5 ≤ P < 10				
	10 ≤ P < 20				
	20 ≤ P				

En gras les éléments se rapportant à la chaufferie de Tours

Les nouvelles installations mise en service à partir du 20 décembre 2018 devront être conformes aux nouvelles VLE pour les MCP (Moyenne Installation de Combustion).

7.2 DISTRIBUTION

Le réseau de chaleur atteindra une longueur totale de 17 km pour desservir l'ensemble des abonnés. La longueur de réseau prévisionnelle à fin 2019 est de 11,9 km, tandis qu'il devrait s'étendre sur , avec 16,7 km à fin 2021.

DN	Longueur de réseau [mètre linéaire]
32	767
40	269
50	2 822
65	2 157
80	1 357
100	1 065
125	2 095
150	2 055
200	919
250	2 132
300	1 358
TOTAL	16 996

Tableau 17 : Détails des DN du réseau de distribution - Projet réseau de chaleur - Source Engie Cofely

7.3 ENGAGEMENTS SUR PERFORMANCE

Les engagements sur performance de l'opérateur sont les suivants ;

- Taux de couverture ENR&R moyen sur la durée de la DSP 70,9%
- Rendement réseau : 93% (94% sur saison de chauffe)
- Rendement moyen annuel des chaudières biomasse : 87% (88% sur saison de chauffe)
- Rendement PAVE : 93,8%

- Rendement chaudières gaz : 90%
- Régime de température 105-75°C
- Contenu CO2 0.070 tCO2/MWhut
- Consommations d'eau 1000 m3/an

Rejets atmosphériques en mg/Nm ³ (à 6% d'O ₂)	
Poussières	20
CO	200
NOx	300
COV (hors méthane)	50
SOx	200
HAP	0,01 mg/Nm ³
dioxines et furanes	0,1 ng I-TEQ/Nm ³
Mesures en continu des rejets	OUI
les rejets suivis en continu sont l'O ₂ , les poussières, CO, NO _x et SO ₂	

Figure 19 : Engagements sur rejets atmosphériques - Projet réseau de chaleur - Source Engie Cofely

7.4 DEVELOPPEMENT DU RESEAU

Le tableau ci-dessous présente l'évolution du réseau de 2019 à 2025.

Année	Nombre de sous-stations	Puissance souscrite [kW]	Besoin [MWh u]
2019	35	27 320	53 216
2020	38	27 994	54 375
2021	95	35 092	66 776
2022	97	50 039	92 712
2023	100	50 901	94 125
2024	105	52 026	95 940
2025	105	53 106	97 738

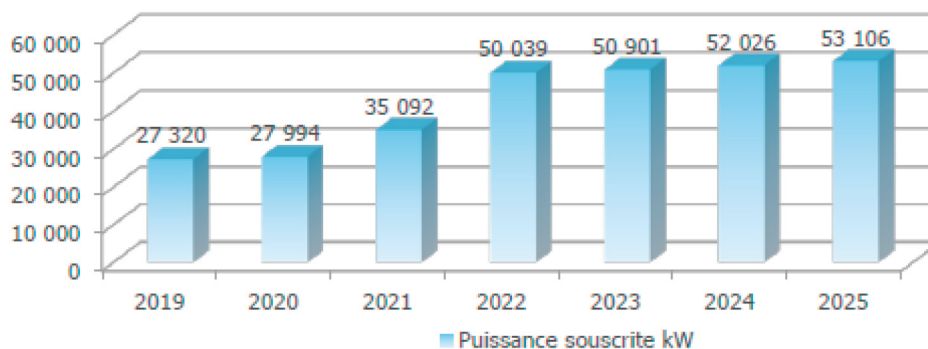


Figure 20 : Développement du réseau de chaleur en projet de 2019 à 2025 - Source Engie Cofely

7.5 ABONNES

La répartition des abonnés selon les besoins est la suivante :

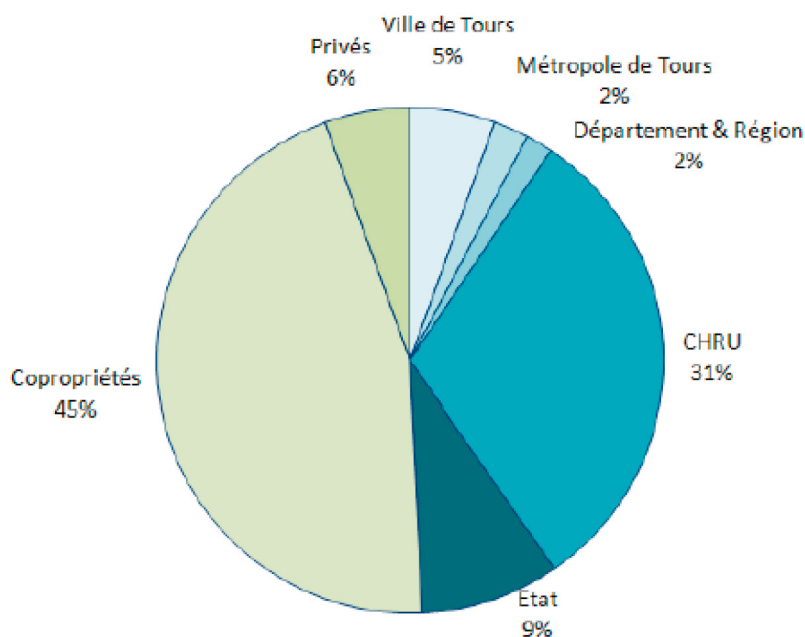


Figure 21 : Répartition des abonnés selon les besoins - Projet réseau de chaleur - Source Engie Cofely

Un parcours pédagogique sera prévu afin de guider les visiteurs autour des différents équipements, pour leur permettre de comprendre les enjeux et intérêts d'une chaufferie biomasse.

8. STRUTURE TARIFAIRE

La tarification prévue est une tarification binôme R1 / R2 :

- R1 :
 - R1bois
 - a = taux de couverture du bois (% de la production utile en sortie chaudière)
 - R1gaz
 - b = taux de couverture gaz
 - R1condenseur : prix de la chaleur livrée par la pompe à chaleur
 - c = taux de couverture pompe à chaleur
- R2 :
 - R21 : énergie électrique pour le fonctionnement des installations primaires
 - R22 : prestations de conduite et d'entretien nécessaires pour le fonctionnement des installations primaires
 - R23 : charges de gros entretien et de renouvellement
 - R24 : charges financières et amortissement des investissements de production ou de distribution de la chaleur, hors frais de raccordement
 - R25 : aides à l'investissements et intérêts ainsi évités (terme négatif)

Synthèse tarifaire

Assiette		
Puissance souscrite	50 674	kW
Consommation	93 569	MWh

TERME R1		
R1b	25,21	€ H.T/MWh
a	64,3%	%
R1g	44,67	€ H.T/MWh
b	26,4%	%
R1ae1	22,09	
c	9,3%	
R1ae2	0,00	
d	0,0%	
R1	30,05	€ H.T/MWh

TERME R2		
R21	5,20	€ H.T/kW
R22	25,25	€ H.T/kW
R23	4,85	€ H.T/kW
R24	25,69	€ H.T/kW
R25	-11,56	€ H.T/kW
R2	49,43	€ H.T/kW

Prix moyen de la chaleur	56,82	€ H.T/Mwh
---------------------------------	--------------	------------------

Tableau 18 : Synthèse tarifaire - Projet réseau de chaleur - Source Engie Cofely

9. LE PROJET TOURS SUD

9.1 L'OPPORTUNITE

Le développement d'un nouveau réseau de chaleur s'articule bien souvent autour de gros consommateurs de chaleur. La viabilité d'un projet de réseau est intimement liée à la densité d'énergie livrée par le réseau. Plus les besoins de chaleur sont importants, réguliers sur l'année et proches géographiquement, plus l'équilibre économique du projet de réseau de chaleur sera favorable.

En outre, la présence de gros consommateurs, qui assurent une assise conséquente d'énergie livrée au réseau, permet de mieux cibler l'effort de commercialisation. Les bâtiments tels que les hôpitaux, piscines ou universités représentent des éléments-clés pour le développement d'un réseau de chaleur.

Le secteur au Sud de la Ville de Tours, et à proximité des Villes de Saint-Avertin et Chambray-lès-Tours accueille à la fois un hôpital et une Université :

- Le CHU Trousseau
- L'Université du parc Grandmont

Ces bâtiments, chauffés au gaz, constituent des abonnés potentiels-clés pour le développement d'un réseau de chaleur, sur ce territoire dépourvu de réseau à ce jour. La distance entre ces deux sites, 1 km, permet de concevoir un réseau avec une densité très favorable.

La zone de développement du futur réseau est identifiée en rouge sur la carte suivante :

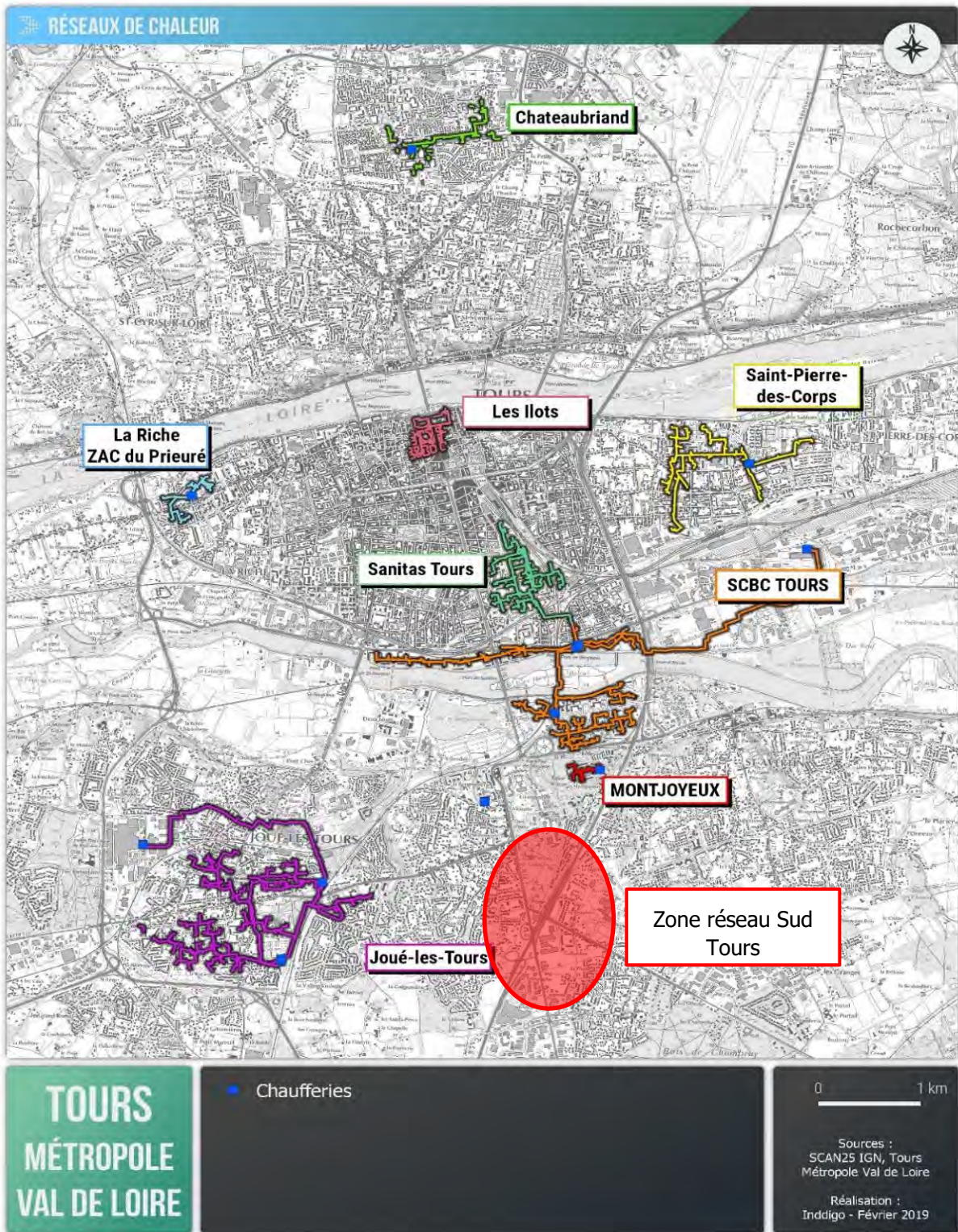


Figure 22 : Localisation du projet de réseau au Sud de Tours

La proximité de deux abonnés potentiels avec des besoins en chaleur conséquents constitue **un terrain favorable pour le développement d'un réseau**. Des investigations sont donc menées sur ce secteur en vue de réaliser une première approche technique et économique du développement d'un réseau autour de ces deux abonnés potentiels.

9.2 LES ABONNES POTENTIELS

Il est prévu de concevoir le réseau autour des deux abonnés clés, précédemment identifiés. Le but est de diffuser le réseau autant que possible dans ce secteur et de renforcer la densité d'énergie livrée par mètre linéaire de réseau. Aussi l'approche retenue pour identifier les abonnés potentiellement raccordés au réseau est la suivante :

- Repérage cartographique des abonnés potentiels autour de l'Université et de l'Hôpital
- Consolidation de l'approche cartographique par une visite sur site pour repérer équipements, bâtiments publics, logements collectifs
- Identification des modes de chauffage collectifs et individuels
- Contacts téléphoniques avec les abonnés préidentifiés et visites sur sites.

Les appels téléphoniques ont permis de collecter les données sur les consommations réelles et les moyens de production des sites suivants :

- Le CROUS (résidences universitaires, restaurant universitaire),
- Clinique Léonard de Vinci,
- IFPS,
- Collège Jules Romain
- ORPEA,
- Ensemble scolaire lycée collège école St François d'Assise.
- Patrimoine communal de Chambray-lès-Tours

Suite à ces investigations, les bâtiments en chauffage électrique ou mode de production individuel ont été écartés. Ces bâtiments sont plus difficilement raccordables à un réseau de chaleur vu les travaux à engager pour créer une distribution hydraulique collective dans le bâtiment.

Seuls les bâtiments chauffés au fioul ou au gaz, à partir d'une chaufferie collective, sont retenus.

Des visites ont été réalisées au sein de l'Université et de l'Hôpital. L'objectif de ces visites était de mieux appréhender les conditions de raccordement de ces établissements ainsi que les éventuelles évolutions futures ayant un impact sur les besoins de chauffage ou eau chaude sanitaire.

Ces deux sites comptent de nombreux bâtiments, très hétérogènes. Aucun projet avec un impact sur le niveau de besoins de chaleur n'a été mis en évidence. Les visites ont permis de confirmer :

- La possibilité de raccorder ces établissements
- L'intérêt d'alimenter les besoins en chauffage et eau chaude sanitaire à partir d'un réseau de chaleur

9.3 TRAVAIL SUR LES CONTOURS DU RESEAU

Un premier tracé de réseau est effectué pour desservir l'ensemble des abonnés potentiels, hormis les bâtiments écartés car difficilement raccordables (modes de production individuels).

Le réseau compterait ainsi 31 points de livraison desservis par un réseau de 11 km. Les ventes annuelles d'énergie sont estimées à 43 GWh.

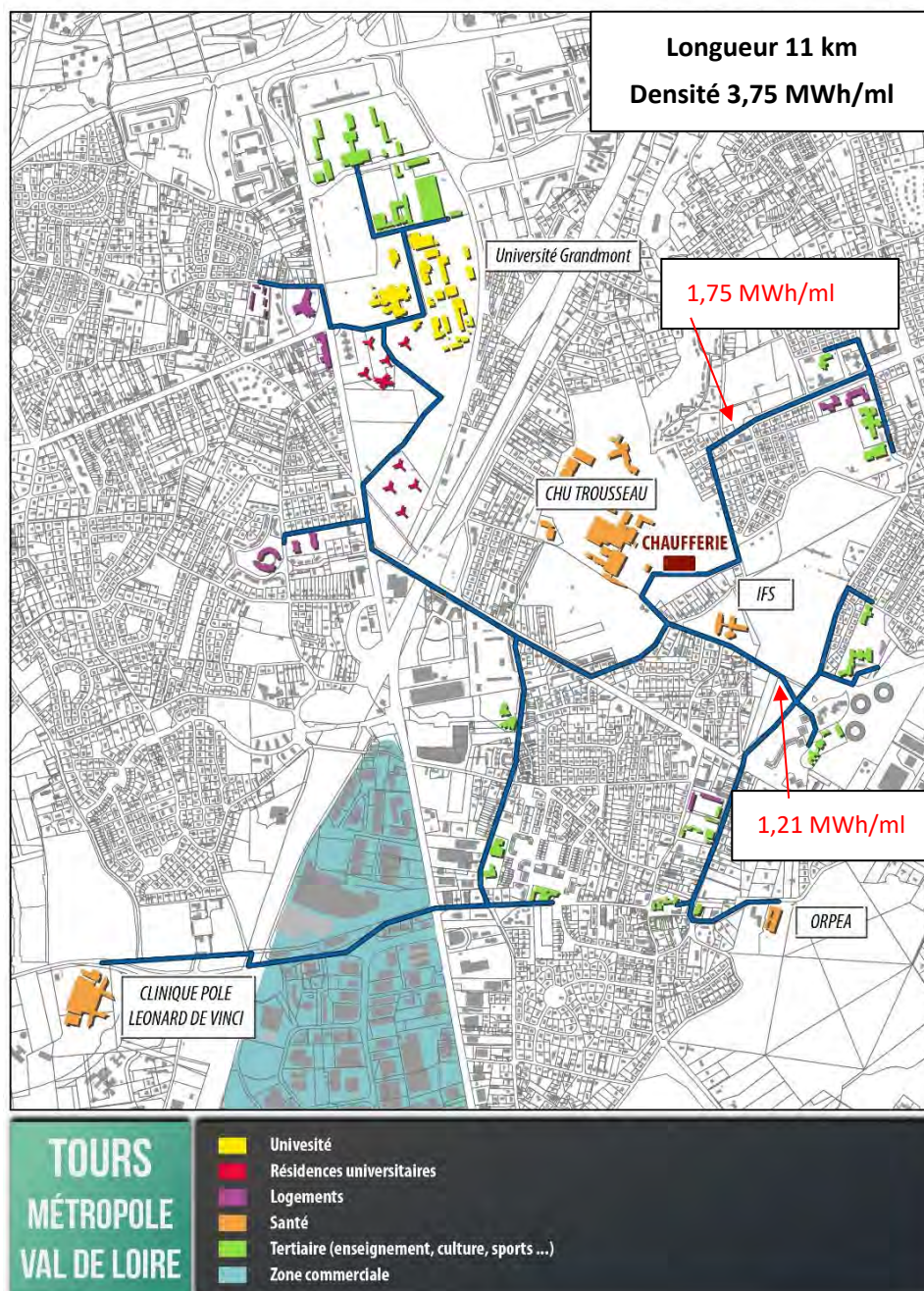


Figure 23 : Tracé du réseau initial

Les principaux pôles de consommations se situent autour :

- du CHU Trousseau (proche de la chaufferie)
- de l'Université Grandmont (au Nord)
- de la Clinique ôle Léonard de Vinci, dans une moindre mesure, au Sud-Ouest

Ce premier tracé de réseau présente néanmoins une marge d'optimisation. Si la densité énergétique est plutôt satisfaisante (3,75 MWh/ml à comparer au seuil de 1,5 MWh/ml pour être éligible aux subventions sur le réseau et à la moyenne des réseaux de la Métropole TMVL : 4,5 MWh/ml). La densité d'énergie livrée sur le réseau est hétérogène. Les branches de réseau avec la plus faible densité d'énergie livrée sont identifiées sur la cartographie ci-dessus.

Un second tracé, optimisé, est proposé pour réduire les investissements nécessaires et améliorer le bilan de l'opération. Les branches du réseau présentant une densité d'énergie livrée inférieure à 2 MWh/ml sont abandonnées.

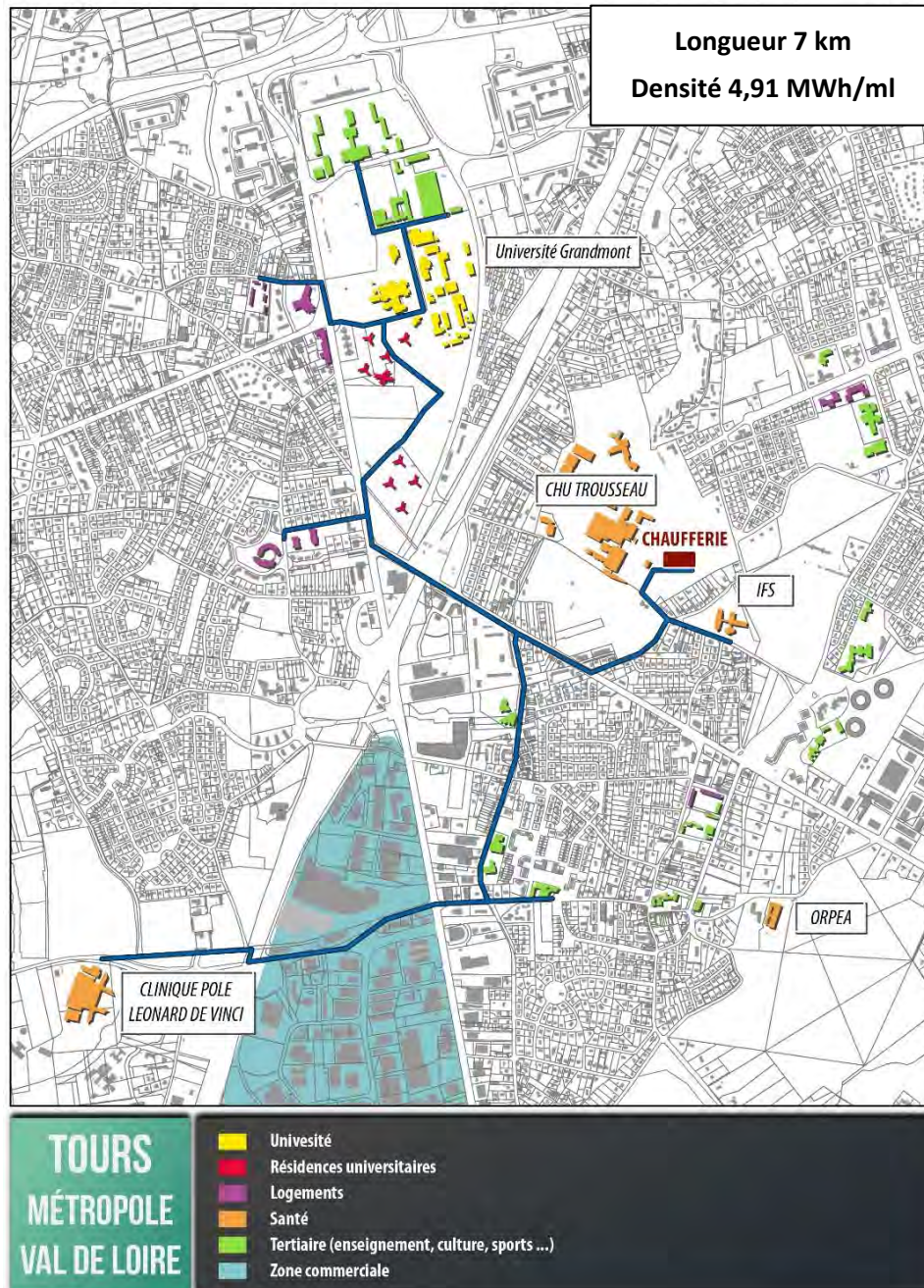


Figure 24 : tracé du réseau final

La densité d'énergie livrée atteint 4,91 MWh/ml sur un réseau de 7,6 km comptant 17 points de livraison. Le réseau devrait livrer chaque année 37,4 GWh en sous-station.

Le tableau suivant présente les points de livraison du réseau optimisé, ainsi que les longueurs de réseau par branche et les niveaux de besoins :

Bâtiment confirmés		Longueur (ml)	Besoins (MWh)	Densité
OUEST	Lycée Victor Laloux	4712	20036	4,25
	Lycée Grandmont			
	Collège Jean-Philippe Rameau			
	Université			
	Résidences universitaires			
	Restaurant universitaire			
	Logements 3			
	Logements 39			
	Logements tripôde			
	Logements 40			
Logements 41				
SUD OUEST	Médiathèque	2450	5672	2,32
	Piscine			
	école de musique			
	Gymnase Danguillaume			
	Ecole maternelle Jean de la Fontaine			
	Clinique Léonard de Vinci			
Proche chaufferie	Hôpital	465	11705	25,17
	IFPS			
TOTAL		7627	37413	4,91

La très forte densité d'énergie pour Hôpital et IFPS est liée à la très grande proximité de ces consommateurs avec la chaufferie et au niveau de besoin élevé.

Le tableau suivant présente les données sur les points de livraison non raccordés suite au travail d'optimisation réalisé entre les deux tracés de réseau :

Bâtiments abandonnés		Longueur (ml)	Besoins (MWh)	Densité
SAINT AVERTIN	Ecole maternelle des Grands Champs	1606	2818	1,75
	Collège Jules Romains			
	Gymnase des grands champs			
	Logements 16			
	Logements 19			
EST	Ensemble scolaire allée des rosignols	1060	1444	1,36
	Logements 23			
	Ensemble scolaire lycée collège école marie de l'incarnation			
SUD EST	ORPEA	1160	1247	1,08
	Laboratoire			
	mairie			
	Logement 29			
	école Jean Moulin			
	Logement 28			

9.4 PREFIGURATION DU RESEAU

9.4.1 LA DISTRIBUTION

Selon les contours du réseau décrit précédemment, le CHU Trousseau serait l'abonné avec les besoins de chaleur les plus importants. Il représentera 29,7% des ventes de chaleur du réseau seul, avec 11 GWh/an, et 31% avec l'IFPS pour 11,7 GWh/an.

Le réseau bénéficiera d'une diversification des abonnés satisfaisante, avec des établissements de santé, des piscines, des bâtiments d'enseignement, des logements collectifs...

Le graphique suivant illustre la répartition des besoins par typologie d'abonnés. Si l'Hôpital Trousseau occupe une large place, il n'est pas majoritaire. L'Université représente 13% des ventes d'énergie, tandis que l'agrégation des ventes aux établissements scolaires (lycées Victor Laloux et Grandmont, et le collège Jean-Philippe Rameau) représente 16% des ventes, soit un niveau équivalent à celui de l'ensemble des logements collectifs potentiellement raccordés (17%).

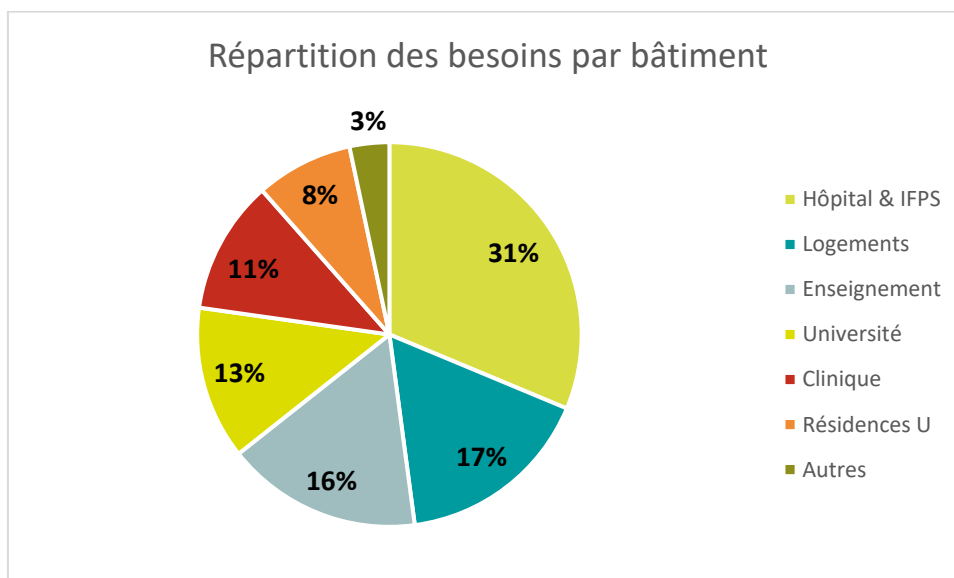


Figure 25 : répartition des ventes annuelles par typologie d'abonnés

En synthèse, les principales caractéristiques de la distribution d'énergie par le réseau de chaleur au Sud de Tours seraient les suivantes :

- Un réseau de 7,6 km
- Des ventes annuelles de 37 GWh/an
- Des besoins en été de l'ordre de 5 GWh (pour l'Eau Chaude Sanitaire, le process de l'Université ou le chauffage des blocs opératoires du CHU)
- Une densité d'énergie de 4,9 MWh/ml d'énergie distribuée
- Une puissance appelée de l'ordre de 25 MW

9.4.2 LES MOYENS DE PRODUCTION

Les équipements de production d'énergie d'appoint/secours sont dimensionnés pour fournir une puissance utile de 30 MW et garantir la fourniture des besoins du réseau, y compris lors de périodes les plus rigoureuses.

Pour concourir à l'augmentation de la quantité d'énergie renouvelable ou de récupération distribuée sur le territoire, la majorité des besoins devra être couverte par une ressource EnR&R.

Les ressources énergétiques suivantes ont été écartées pour la production d'énergie EnR&R :

- Géothermie sur sondes : la réalisation de 1 400 sondes seraient nécessaires pour garantir une production ENR&R à hauteur de 70% ; un terrain de 15 hectares serait mobilisé pour mettre en œuvre cette installation ;
- Les ressources basse température (géothermie peu profonde, récupération de chaleur sur eaux usées, data centers) ne peuvent être mobilisées, faute de compatibilité des régimes de température : les bâtis existants à raccorder au réseau requièrent la fourniture de chaleur à 90°C

La ressource bois énergie est retenue pour la production d'énergie renouvelable.

Une chaudière bois énergie permettra d'atteindre les objectifs de production EnR&R. Un prédimensionnement est réalisé pour évaluer le niveau d'investissements. La puissance bois installée est choisie de manière à optimiser le taux de couverture EnR&R, en maîtrisant les investissements associés. Le générateur bois sera utilisé en base. Une chaudière de **puissance utile 7,5 MW** permettra d'atteindre un **taux de couverture de 76%**.

Un bâtiment chaufferie devra être réalisé pour abriter le système de production bois énergie, l'appoint/secours gaz, l'ensemble des équipements de convoyage de combustible, traitement des fumées, la régulation et l'hydraulique.

Une surface d'environ 800 m² au sol sera nécessaire pour abriter ces équipements, adossé à un silo de stockage de bois, sur une emprise de près de 300 m². Les livraisons de bois seront effectuées par camions à fonds mouvants de 90 m³. Le terrain devra être adapté aux manœuvres des camions et sera doté d'une aire de manœuvre de 600 m² au minimum. Ainsi, un terrain d'une emprise de 1 700 m² a minima devra être mis à disposition pour réaliser la chaufferie.

CONCLUSION DE L'ANALYSE DES RESEAUX DE CHALEUR DE TOURS METROPOLE VAL DE LOIRE

Développement des réseaux

Les réseaux de chaleur accompagnent l'aménagement urbain. Les premiers réseaux se sont développés à la fin des années 60 et au début des années 70 sur le territoire de TMVL. Ils constituent aujourd'hui un outil de diffusion d'ampleur des énergies renouvelables sur le territoire et une aide très forte pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. **Environ 270 GWh de chaleur** sont livrés chaque année par l'ensemble des réseaux de chauffage dans le périmètre de TMVL, dont 180 GWh par les réseaux gérés par la collectivité. Le projet de réseau TMED et l'extension prévue du réseau de Saint-Pierre des corps devraient permettre de faire progresser la quantité d'énergie livrée à **près de 380 GWh à la fin des années 2020**.

Contribution à l'atteinte des objectifs

La mutation des réseaux de chaleur, pour distribuer majoritairement de l'énergie issue des EnR&R **a été engagée par la collectivité**. Le raccordement de nouveaux bâtiments aux réseaux permet de contribuer à l'atteinte des objectifs issus de la loi de transition énergétique :

- Réduire de 40 % les émissions de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 1990
- Réduire de 20 % la consommation énergétique finale en 2030 par rapport à 2012
- Réduire de 30 % la consommation d'énergies fossiles en 2030 par rapport à 2012

Intégration des ENR&R et efficacité énergétique

Le tableau suivant présente une synthèse des principales caractéristiques de chaque réseau. Si le verdissement des réseaux de chaleur a été engagé, la démarche reste à diffuser auprès des réseaux privés. Seul le réseau SANITAS intègre une part d'ENR&R dans le mix énergétique grâce à l'achat de chaleur auprès d'équipements de production alimentant également SCBC.

La part de la cogénération s'érode avec la mise en service du projet de réseau. **Le contexte économique fait peser une incertitude sur l'avenir des cogénérations.**

	Réseaux de chaleur						Réseaux privés				
	La Rabaterrie Saint-Pierre-des-Corps	SCBC Tours	La Riche - ZAC du Prieuré	Joué-les-Tours	Projet Tours Ouest	Santas Tours	Chateaubriand	Montjoyeux	Bergeonnerie	Les ilots	
Ancieneté du réseau	1971	1968	1993	1970	2019	NC	NC	NC	NC	NC	
Echéance contrat (DSP)	2028	2032	2029	2033	2042						
Energie livrée (2017)	26 252	84 678	5 727	63 984		39 708	24 062	5 660	5 900	11 201	
Energie livrée (fin 2020)	39 252	84 678	5 727	63 984	97 738	39 708	5 956	0	0	0	
Linéaire de réseau (2017)	6,4	15,7	1,75	20		7,2	2,6	0,8	NC	5,3	
Linéaire de réseau (fin 2020)	9,6	15,7	1,75	20	17	7,2	2,6	0,8	NC	5,3	
Taux ENR&R (2017)	5%	63%	0%	0%		67%	0%	0%	0%	0%	
Taux ENR&R (fin 2020)	69%	63%	71%	51%	71%	67%	0%	0%	0%	0%	
Contenu CO2 (geCO2/kWh) (2017)	200	124	235	210		77	185	234	234	234	
Contenu CO2 (geCO2/kWh) (fin 2020)	73	124	70	115	70	77	185	234	234	234	
Prix moyen de la chaleur (€/T/MWh)	97,8	85,8	129,1	60,8	56,82	NC	NC	NC	NC	NC	

Le projet de réseau Tours-Ouest permettra d'améliorer la diffusion des réseaux de chauffage sur la ville de Tours. Une interconnexion de ce réseau est d'ores et déjà prévue avec le réseau de chaleur de la Riche et le réseau privé les îlots. Ces réseaux pourront ainsi bénéficier de la production EnR&R du projet « TMED ». D'autres interconnexions pourront être réalisées entre réseau de chaleur et réseau privé, notamment depuis le réseau SCBC vers Bergeonnerie et Montjoyeux. Ces interconnexions s'avèreront intéressantes à deux titres :

- Diffuser les EnR&R sur les réseaux privés
- Augmenter la demande d'énergie alimentée par la cogénération bois « CRE 3 », dont le dimensionnement excède les besoins de chaleur déjà raccordés

Répartition des réseaux

Les réseaux de chauffage du territoire sont **très concentrés sur la commune de Tours** (7 réseaux sur 10). S'il reste encore des opportunités d'améliorer leur diffusion à Tours, il est également nécessaire de les développer davantage sur les autres villes du secteur. Le Ministère de l'énergie a appelé en 2017 les villes de plus de 10 000 habitants à étudier les projets de réseau pour atteindre l'objectif fixé de multiplier par 5 la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid à l'horizon 2030. **Les villes de plus de 10 000 habitants** de TMVL sont :

- Tours (7 réseaux)
- Joué-lès-Tours (1 réseau)
- Saint-Pierre-des-Corps (1 réseau)
- Saint-Cyr-sur-Loire
- Saint-Avertin
- Chambray-lès-Tours
- Fondettes
- La Riche (1 réseau)

Une attention particulière est à apporter pour détecter les opportunités de développement des réseaux sur ces communes. Des projets de mutualisation entre communes limitrophes pourront également présenter un intérêt.

Evolution des réseaux existants

3 réseaux (1 réseau de chaleur et 2 réseaux privés) sont actuellement **alimentés exclusivement** à partir de générateurs aux **énergies fossiles** et dépourvus de cogénération.

Il s'agit de :

- La Riche
- Montjoyeux
- Bergeonnerie

Le verdissement de ces réseaux constitue une priorité compte tenu des objectifs de la loi transition énergétique. Ce verdissement pourra être réalisé :

- Par de nouveaux investissements dans des moyens de production propres
- Une interconnexion avec un réseau alimenté en ENR&R et présentant une marge d'évolution

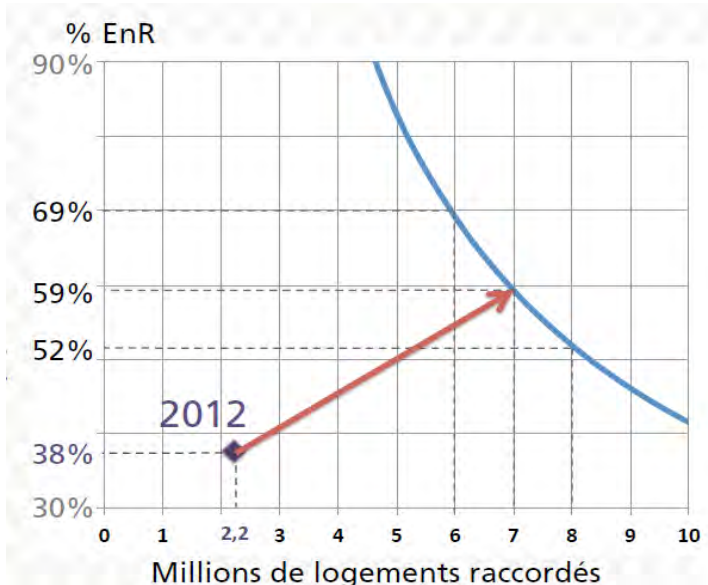
Pour le réseau de chaleur de La Riche, il est d'ores et déjà prévu de l'interconnecter au projet TMED et de bénéficier de la chaleur issue de la chaufferie bois. Cette intégration représentera une augmentation de 5% des quantités d'énergie livrée par le projet de réseau TMED. Elle pourra être réalisée sans impact sur le taux de couverture EnR&R du réseau TMED.

Une interconnexion des réseaux Bergeonnerie et Montjoyeux au réseau SCBC pourra être envisagée. Elle permettrait de valoriser davantage la chaleur (excédentaire) issue de la cogénération bois « CRE 3 », localisée à Saint-Pierre-des-Corps.

10. POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES RESEAUX

La Loi de Transition énergétique pour la croissance verte a fixé un **objectif ambitieux de multiplication par cinq de la quantité d'énergie renouvelable et de récupération livrée par les réseaux de chaleur** et de froid à horizon 2050 (par rapport au niveau de 2012).

Vu le niveau d'ambition, il s'avère indispensable d'augmenter la quantité d'énergie livrée par les réseaux et d'augmenter le taux d'EnR&R sur les réseaux de chaleur. Le graphique ci-contre présente, au niveau National, le niveau de 2012 avec les quantités d'énergie livrées, exprimées en millions d'équivalents logements raccordés et le taux d'EnR&R moyen sur les réseaux Français (38% en 2012). La courbe en bleu trace les combinaisons possibles d'évolution des quantités d'énergie livrée et taux d'ENR&R pour atteindre l'objectif fixé.



L'augmentation du taux d'EnR&R sur les réseaux de chaleur du territoire de Tours Métropole Val-de-Loire pourra être réalisée grâce :

- Au verdissement des réseaux existants
- A la création de nouveaux réseaux avec un fort taux d'ENR&R
- A l'interconnexion d'un réseau énergie fossile avec un réseau EnR&R

On notera que la **démarche de verdissement des réseaux de chaleur** existants a **déjà été très fortement engagée** sur le territoire de la Métropole. Le taux d'EnR&R de l'ensemble des réseaux pourra encore être amélioré en **introduisant ces ressources dans le mix énergétique des réseaux privés**. Les projets d'interconnexions sont étudiés pour favoriser la diffusion sur l'ensemble des réseaux des EnR&R.

L'augmentation de la quantité de chaleur livrée pourra être assurée grâce à des projets de :

- Densification des réseaux existants
- Extension des réseaux
- Création de nouveaux réseaux

La densification des réseaux existants permet de livrer davantage d'énergie, renouvelable et de récupération lorsque le mix existant intègre déjà ces ressources, pour des investissements maîtrisés. Les investissements à consentir dans ce cas concernent uniquement la réalisation de nouveaux branchements. **Ce type d'opération est donc privilégié puisqu'il permet d'optimiser l'effort financier consenti pour atteindre les objectifs fixés.**

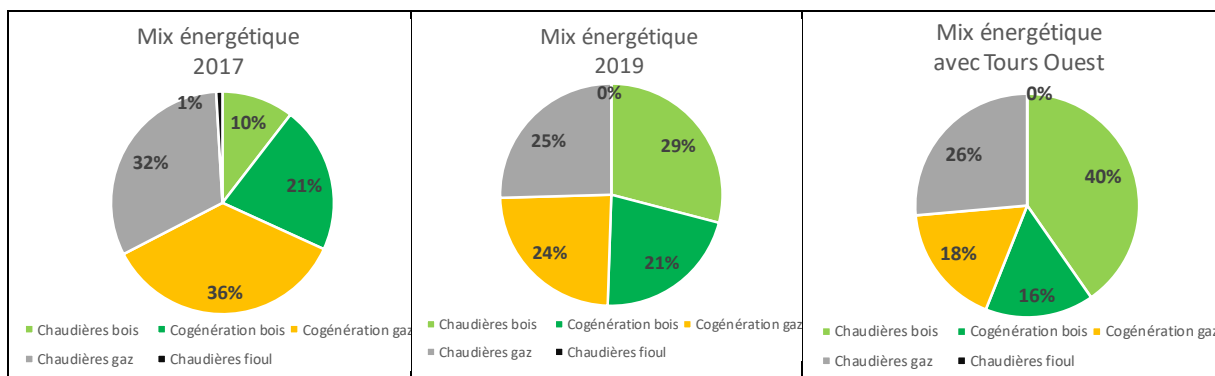
Les opérations d'extension de réseau nécessitent le développement d'un collecteur de réseau (linéaire de réseau neuf supplémentaire) plus important. Néanmoins, ces opérations permettent de mieux valoriser les unités de production existantes.

Enfin, de **nouveaux projets de réseaux de chaleur** pourront être développés pour les secteurs où aucun réseau n'est présent. Ces nouveaux projets sont conditionnés à l'identification de secteurs favorables (forte densité de besoins de chaleur alimentés par des modes de production collectifs fioul ou gaz).

La quantité d'énergie livrée par les réseaux est directement influencée par les usages des abonnés et les travaux de réhabilitation énergétique. A nombre d'abonnés constants, les quantités d'énergie livrées annuellement sont appelées à diminuer dans les prochaines années.

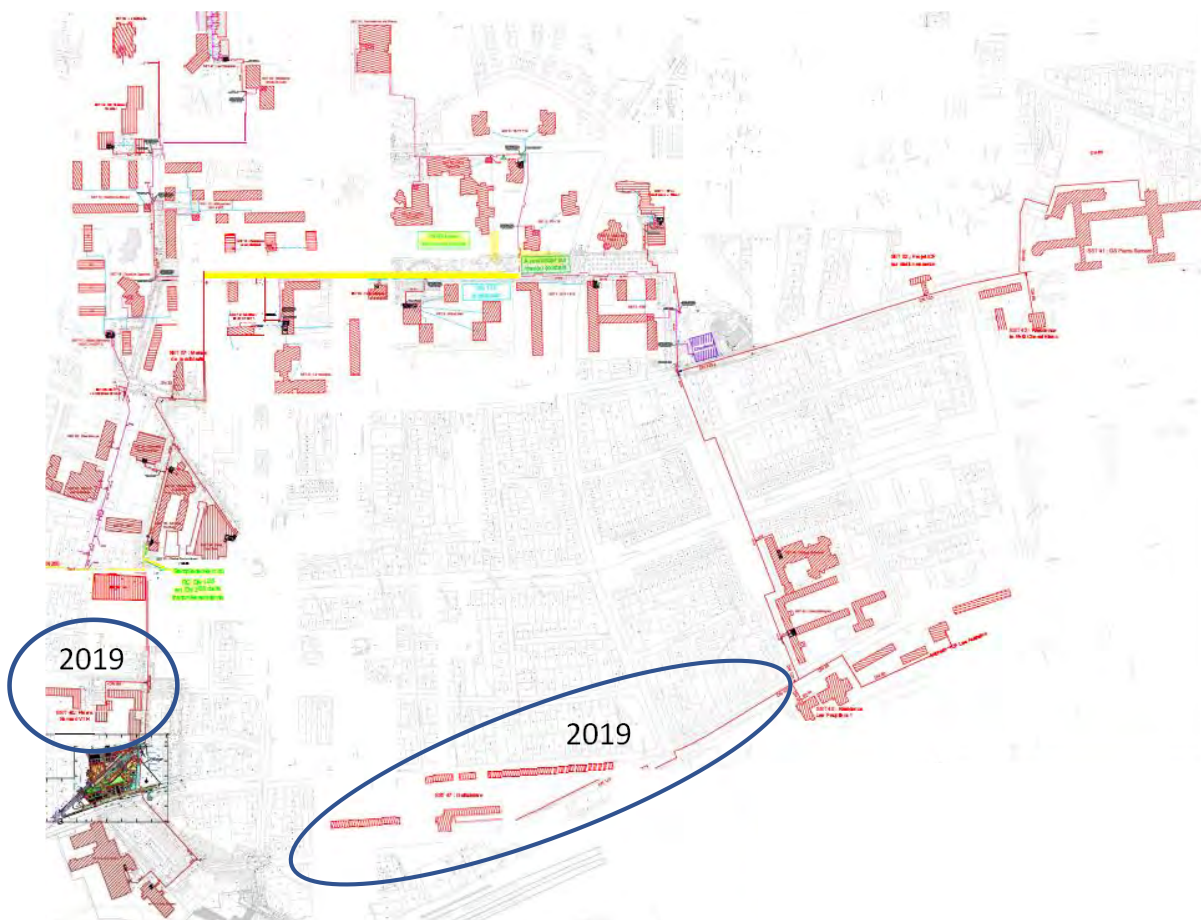
10.1 EVOLUTIONS PREVUES DES RESEAUX EXISTANTS

Les réseaux de chaleur de la Métropole ont connu une **très forte évolution de leur mix énergétique** depuis 2015. Cette évolution est matérialisée sur les trois graphiques ci-dessous pour 2017, 2019 et horizon 2030.



La part de la biomasse augmente considérablement. L'évolution des réseaux de la Métropole est aussi caractérisée par une **très forte augmentation des quantités d'énergie livrée**, via la mise en service à venir du projet TMED.

Une augmentation notable des quantités de chaleur vendues par le **réseau de Saint-Pierre des Corps** est prévue, avec une extension de 3,2 km et une **progression de 50% des quantités d'énergie vendues avant fin 2020**. Ces évolutions seront progressives. Les premières extensions prévues sur ce réseau sont représentées sur la cartographie suivante. Il s'agit du raccordement des résidences La Galboisière et Pierre Sémard. Ces nouveaux raccordements impliquent la réalisation d'une extension de 800 ml pour une quantité d'énergie livrée supplémentaire de à 2 700 MWh/an.



Enfin, il est prévu à horizon fin années 2020 d'interconnecter le réseau de la Riche à celui de TMED pour bénéficier de ses équipements de production ENR&R, avec pour effet une conversion vers les EnR&R de 4 000 MWh/an.

Ainsi, la quantité d'énergie livrée à fin 2017 par les réseaux (267 GWh) sera portée à 378 GWh/an à la fin des années 2020.

La quantité d'énergie issue des ENR&R atteint à fin 2017, 81 GWh. Elle atteindra 213 GWh à la fin des années 2020, hors développement de nouvelles opportunités.

10.2 ANALYSE DES POSSIBILITES DE DENSIFICATION DES RESEAUX EXISTANTS

Les données de consommations par mode de chauffage du territoire de TMVL étant connues à la maille IRIS, l'étude des potentiels de densification de réseaux de chaleur existants est conduite à cette échelle.

La connaissance des modes de chauffage par IRIS permet d'évaluer la part de chaque mode de chauffage dans les consommations de chaque IRIS. Plus le réseau de chaleur est déjà diffusé sur le territoire, plus le potentiel de densification sera faible.

Aussi, les efforts de commercialisation sont à concentrer sur les IRIS où le réseau de chaleur est déjà présent mais peu diffusé (faible taux de couverture des besoins).

Les projets de densification des réseaux existants seront développés **en priorité sur les IRIS où le taux de couverture à partir du réseau de chaleur est inférieur à 30%**. L'effort se portera dans un deuxième temps sur les IRIS avec un taux de couverture à partir du RCU compris entre 30% et 50%.

Les bâtiments en chauffage électrique ou modes de production individuels se raccorderont difficilement au réseau de chaleur. Un réseau de distribution hydraulique est à créer à l'intérieur du bâtiment dans ce cas. Ainsi, des hypothèses de taux de raccordement différenciées sont utilisées sur les secteurs à densifier, en fonction du mode de chauffage existant.

Les hypothèses utilisées sont les suivantes :

- 80% pour le chauffage collectif au fioul
- 50% pour le chauffage collectif au gaz ou fioul Non connu
- 10% pour le chauffage individuel fioul ou gaz Non connu
- 5% pour le chauffage individuel au gaz

Le tableau suivant présente les données pour les secteurs où la densification est prioritaire.

8 réseaux sont concernés :

- Saint-Pierre-des-Corps
- Joué-lès-Tours
- La Riche
- Projet TMED
- SCBC
- Montjoyeux
- SANITAS
- Châteaubriand

IRIS <30%	N° IRIS	RCU	MWh Collectif	MWh NC	MWh individuel gaz/fioul	Gisement/IRIS	MWh RCU avant densification	MWh RCU après densification	Progression livraisons RCU	Densité RCU	Augmentation part RCU
Saint-Pierre-des-Corps	372330106	4%	1 433	5 175	11 795	18 403	963	2 869	1 907	12%	198%
Joué-lès-Tours	371220701	19%	983	229	4 277	5 489	2 221	3 139	918	28%	41%
Saint-Pierre-des-Corps	372330105	10%	1 506	7 826	9 294	18 626	2 424	4 490	2 065	19%	85%
Saint-Pierre-des-Corps	372330107	7%	4 075	18 429	13 862	36 366	3 257	7 848	4 592	16%	141%
La Riche ZAC du Prieuré	371950101	10%	3 638	329	7 793	11 760	1 772	4 033	2 262	23%	128%
Projet Tours Ouest	372610101	17%	3 048	7 687	12 388	23 123	7 493	10 518	3 025	24%	40%
SCBC	372611201	0%	3 969	599	6 678	11 245	0	2 395	2 395	19%	
Joué-lès-Tours	371220202	24%	777	2 562	4 681	8 020	3 335	4 282	948	31%	28%
Montjoyeux	372611901	14%	7 474	17 634	3 510	28 617	5 660	11 528	5 868	28%	104%
SCBC	372611202	22%	2 364	2 400	7 462	12 225	4 158	5 968	1 810	31%	44%
SANITAS	372610203	27%	3 475	2 991	9 625	16 090	7 161	9 854	2 693	37%	38%
Joué-lès-Tours	371220702	13%	504	974	10 096	11 575	2 238	3 105	867	18%	39%
Projet Tours Ouest	372610501	15%	2 411	20 025	7 602	30 039	7 518	11 132	3 613	23%	48%
Châteaubriand	372611701	4%	680	2 756	6 699	10 135	522	1 524	1 002	12%	192%
Joué-lès-Tours	371220102	13%	976	586	7 738	9 301	1 954	2 930	975	19%	50%
La Riche ZAC du Prieuré	371950102	14%	2 320	1 807	5 412	9 539	2 577	4 233	1 656	23%	64%

Le potentiel de progression des quantités d'énergie livrées sur les IRIS à densifier en priorité est évalué à plus de 36 GWh/an.

Le tableau suivant présente les données pour les secteurs où la densification est à effectuer dans un deuxième temps (taux de diffusion du RCU compris entre 30% et 50%).

4 réseaux sont concernés :

- Joué-lès-Tours
- Projet TMED
- SANITAS
- Châteaubriand

Bilan existant											Après densification		
IRIS 30 à 50%	N° IRIS	RCU	MWh Collectif	MWh NC	MWh individuel gaz/fioul	Gisement/IRIS	MWh RCU avant densification	MWh RCU après densification	Progression livraisons RCU	Densité RCU	Augmentation part RCU	Après densification	
												MWh	MWh
Projet Tours Ouest	372610502	36%	1 056	845	8 512	10 413	7 518	8 575	1 056	41%	14%	MWh	MWh
Projet Tours Ouest	372610801	31%	1 870	2 320	9 452	13 642	7 518	9 214	1 695	38%	23%	MWh	MWh
Joué-lès-Tours	371220301	42%	1 620	1 316	4 195	7 131	7 302	8 625	1 323	49%	18%	MWh	MWh
Projet Tours Ouest	372610103	38%	497	1 284	6 103	7 884	7 518	8 200	682	42%	9%	MWh	MWh
Projet Tours Ouest	372610401	35%	3 265	2 335	4 864	10 464	7 518	9 681	2 163	45%	29%	MWh	MWh
Projet Tours Ouest	372610601	50%	3 352	568	1 800	5 719	7 518	9 393	1 874	62%	25%	MWh	MWh
Projet Tours Ouest	371950103	40%	836	1 035	4 795	6 666	7 518	8 299	780	44%	10%	MWh	MWh
Joué-lès-Tours	371220803	33%	830	1 181	2 868	4 880	3 312	4 035	723	41%	22%	MWh	MWh
Projet Tours Ouest	372610105	36%	1 603	2 927	4 980	9 510	11 252	12 683	1 431	40%	13%	MWh	MWh
Projet Tours Ouest	372610602	40%	1 453	1 491	4 505	7 449	7 518	8 628	1 110	46%	15%	MWh	MWh
Projet Tours Ouest	372610104	34%	1 347	2 526	6 506	10 380	7 518	8 780	1 262	39%	17%	MWh	MWh
Projet Tours Ouest	372610402	36%	3 301	972	6 522	10 794	7 518	9 611	2 092	46%	28%	MWh	MWh
Projet Tours Ouest	372610702	39%	1 173	429	6 947	8 550	7 518	8 581	1 062	44%	14%	MWh	MWh
SANITAS	372611101	49%	1 668	4 078	53	5 798	9 286	10 616	1 330	56%	14%	MWh	MWh
SANITAS	372611103	37%	2 441	837	3 210	6 488	4 576	6 073	1 497	49%	33%	MWh	MWh
Châteaubriand	372611702	38%	1 477	446	2 660	4 583	3 730	4 649	919	48%	25%	MWh	MWh
Châteaubriand	372611706	43%	2 113	228	2 296	4 637	4 723	6 005	1 282	54%	27%	MWh	MWh
Joué-lès-Tours	371220101	42%	842	2 036	4 185	7 063	6 646	7 548	901	48%	14%	MWh	MWh

Le potentiel de progression des quantités d'énergie livrées sur les IRIS à densifier en priorité est évalué à plus de 20 GWh/an.

Le potentiel de densification des réseaux de chaleur existants est évalué à 60 GWh/an. La réalisation de l'ensemble de ces opérations de densification engendre une augmentation de 15% des quantités d'énergie livrées par les réseaux de chaleur de la Métropole (par rapport aux quantités prévisionnelles à fin années 2020).

La cartographie suivante permet d'identifier les secteurs où l'effort devra être accentué pour densifier les réseaux de chaleur existants :

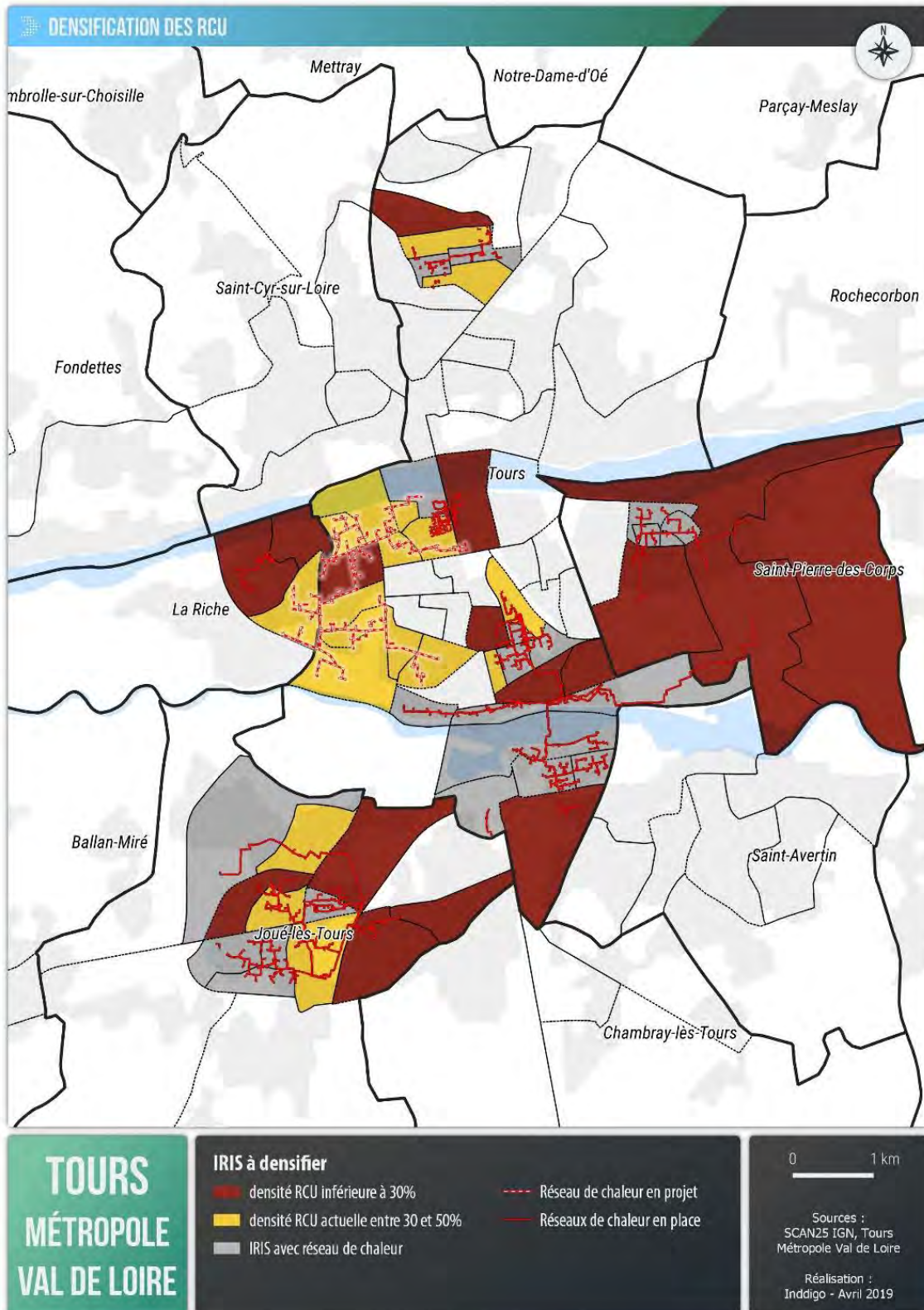


Figure 26 : Repérage des IRIS avec potentiel de densification du RCU

Les actions pour densifier les réseaux sont priorisées en fonction du taux de livraison actuel par le réseau de chaleur et de la typologie de réseau (public, privé ou en projet).

Les niveaux de priorités sont définis comme suit :

- **Priorité 1** : densification des réseaux de chaleur (publics) sur des zones avec diffusion du réseau existant inférieure à 30%
- **Priorité 2** : réseau de chaleur public sur des zones de diffusion de l'existant entre 30% et 50%
- **Priorité 3** : densification des réseaux privés ou réseaux en cours de développement

Le tableau ci-dessous présente les projections de quantités d'énergie livrées par les réseaux de chaleur en fonction de l'effort consenti sur la densification des réseaux :

Energie livrée 2030 (MWh/an)	Saint-Pierre-des-Corps	SCBC	La Riche ZAC du Prieuré	Joué-lès-Tours	Projet Tours Ouest
Niveau fin 2020	39 252	84 678	5 727	63 984	97 738
Avec densification Priorité 1	47 816	88 883	9 645	67 692	97 738
Avec densification Priorité 2	47 816	88 883	9 645	70 639	97 738
Avec densification Priorité 3	47 816	88 883	9 645	70 639	119 585

Energie livrée 2030 (MWh/an)	SANITAS	Châteaubriand	Montjoyeux	Bergeonne rie	Les ilots	Cumul tous réseaux)
Niveau fin 2020	39 708	24 062	5 660	5 900	11 201	377 909
Avec densification Priorité 1	39 708	24 062	5 660	5 900	11 201	398 303
Avec densification Priorité 2	42 535	26 263	5 660	5 900	11 201	406 279
Avec densification Priorité 3	45 228	27 265	11 528	5 900	11 201	437 688

10.3 ANALYSE DES POSSIBILITES D'EXTENSION DES RESEAUX EXISTANTS

Les projets d'extension visent à profiter des infrastructures existantes (équipements de production, collecteur de réseau), pour raccorder des zones présentant des besoins de chaleur significatifs à proximité des réseaux existants.

Les opérations potentielles **d'extensions de réseau** sont de **deux natures** :

- Raccordement de bâtiments existants avec des besoins significatifs
- Raccordement de projets d'aménagement au réseau de chaleur

Pour le raccordement de bâtiments existants, les gisements identifiés sont localisés hors des IRIS où sont présents les réseaux pour éviter de compter deux fois le même bâtiment dans le potentiel de densification et d'extension.

Ces gisements potentiels sont recherchés dans un périmètre de 1 km par rapport aux réseaux existants pour conserver des niveaux acceptables d'investissement réseau (et linéaire de réseau à réaliser).

Les opportunités identifiées d'extension vers des bâtiments existants sont les suivantes :

- Réseau de Joué-lès-Tours : zone d'activité, avec des besoins évalués à 5 170 MWh/an pour un linéaire de réseau à réaliser de 1 125 ml (densité de 4 MWh/ml) → potentiel intéressant

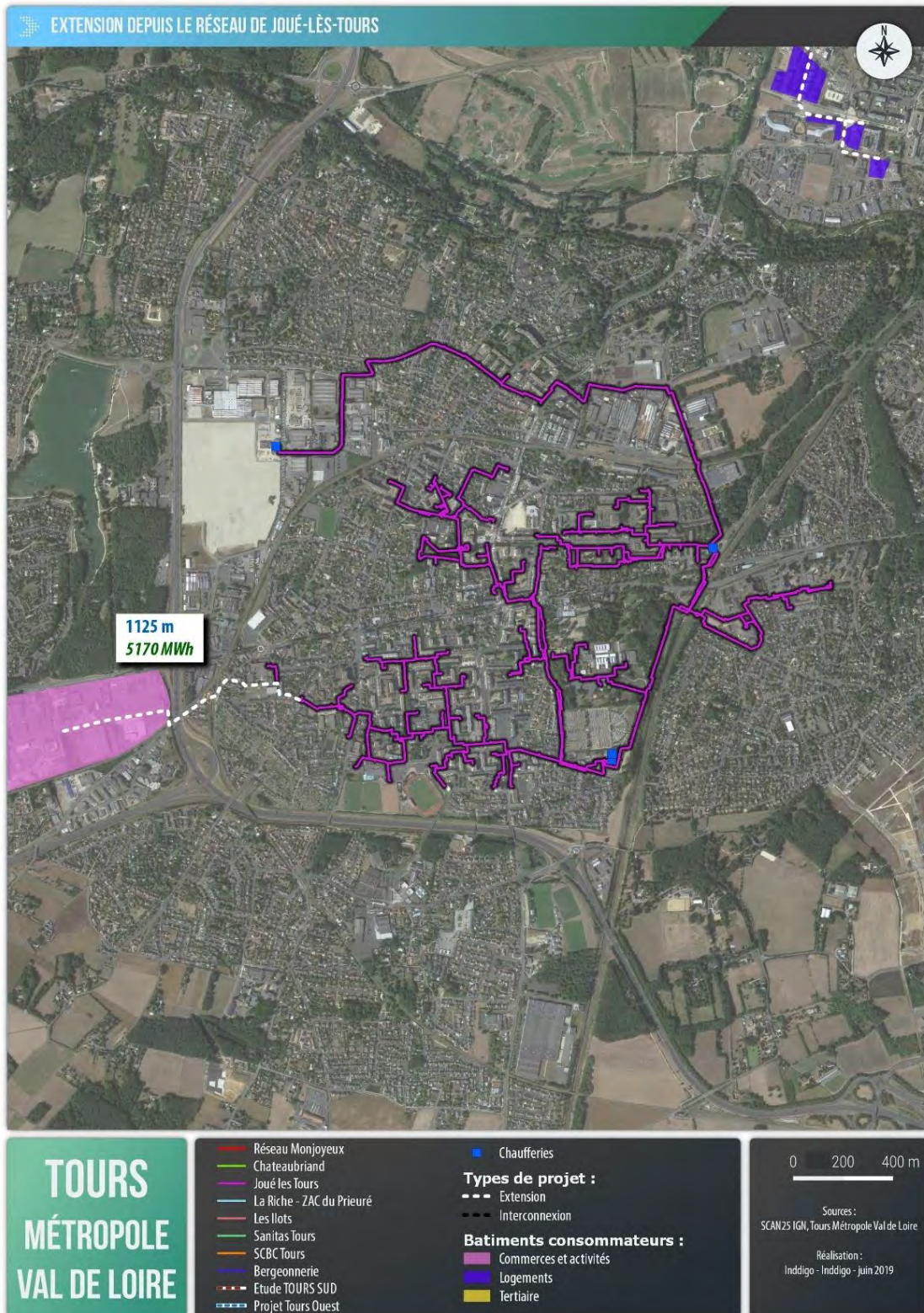


Figure 27 : Joué-lès-Tours opportunité d'extension

- Réseau SCBC :
 - o Zone d'activité, avec des besoins évalués à 3 130 MWh/an pour un linéaire de réseau à réaliser de 2 100 ml (densité de 1,5 MWh/ml) → potentiel insuffisant sans raccordements complémentaires
 - o Logements collectifs, avec des besoins évalués à 11 675 MWh/an pour un linéaire de réseau à réaliser de 800 ml (densité de 14 MWh/ml) → potentiel très intéressant

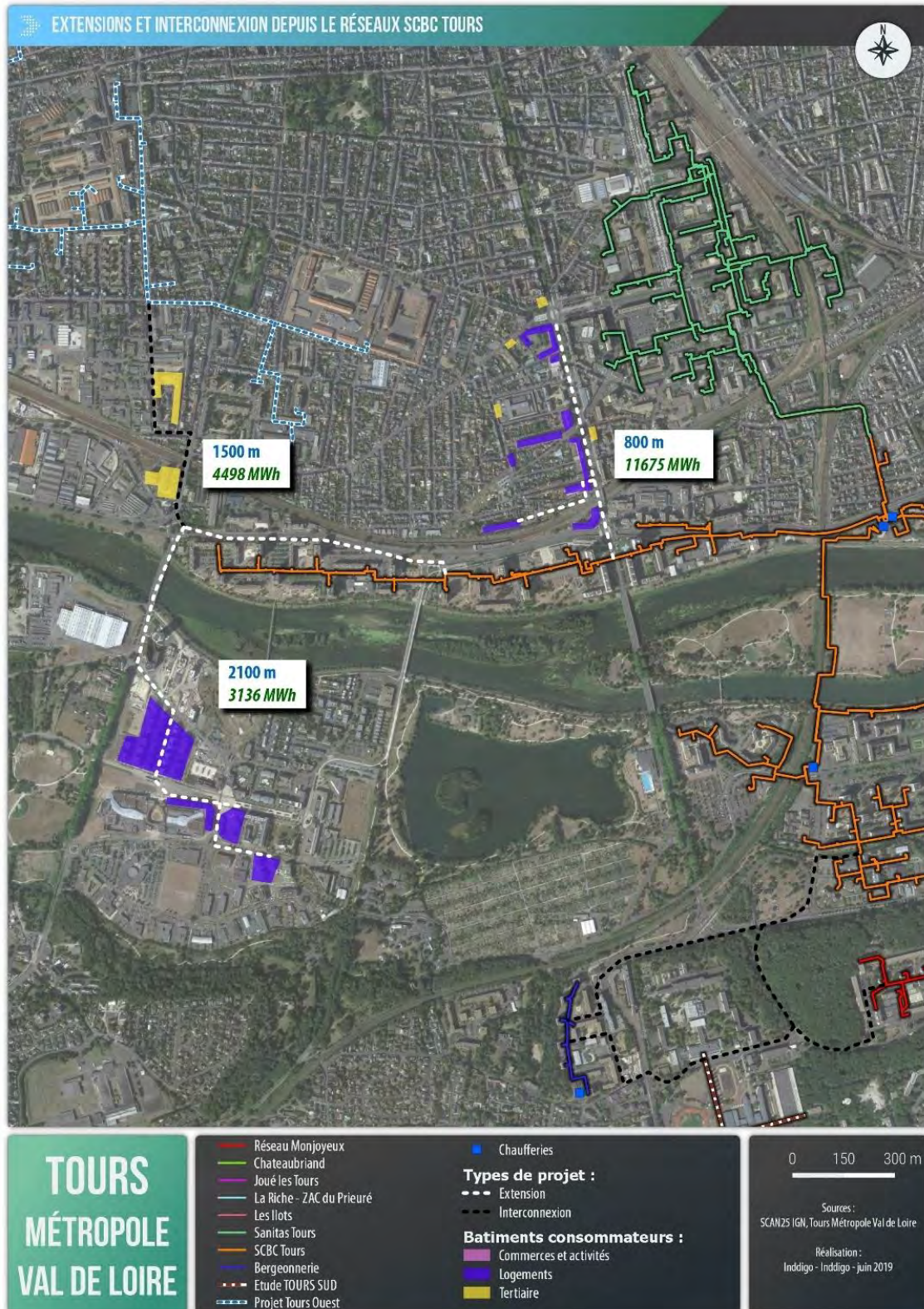


Figure 28 : réseau SCBC - opportunités d'extension

- Réseau TMED : Zone commerciale, avec des besoins évalués à 2 350 MWh/an pour un linéaire de réseau à réaliser de 1 050 ml (densité de 2,2 MWh/ml) → potentiel insuffisant sans raccords complémentaires



Figure 29 : réseau La Riche - opportunité d'extension

- Réseau Saint-Pierre-des-Corps : logements collectifs, avec des besoins évalués à 144 MWh/an pour un linéaire de réseau à réaliser de 175 ml (densité de 0,8 MWh/ml) → potentiel insuffisant sans raccordements complémentaires

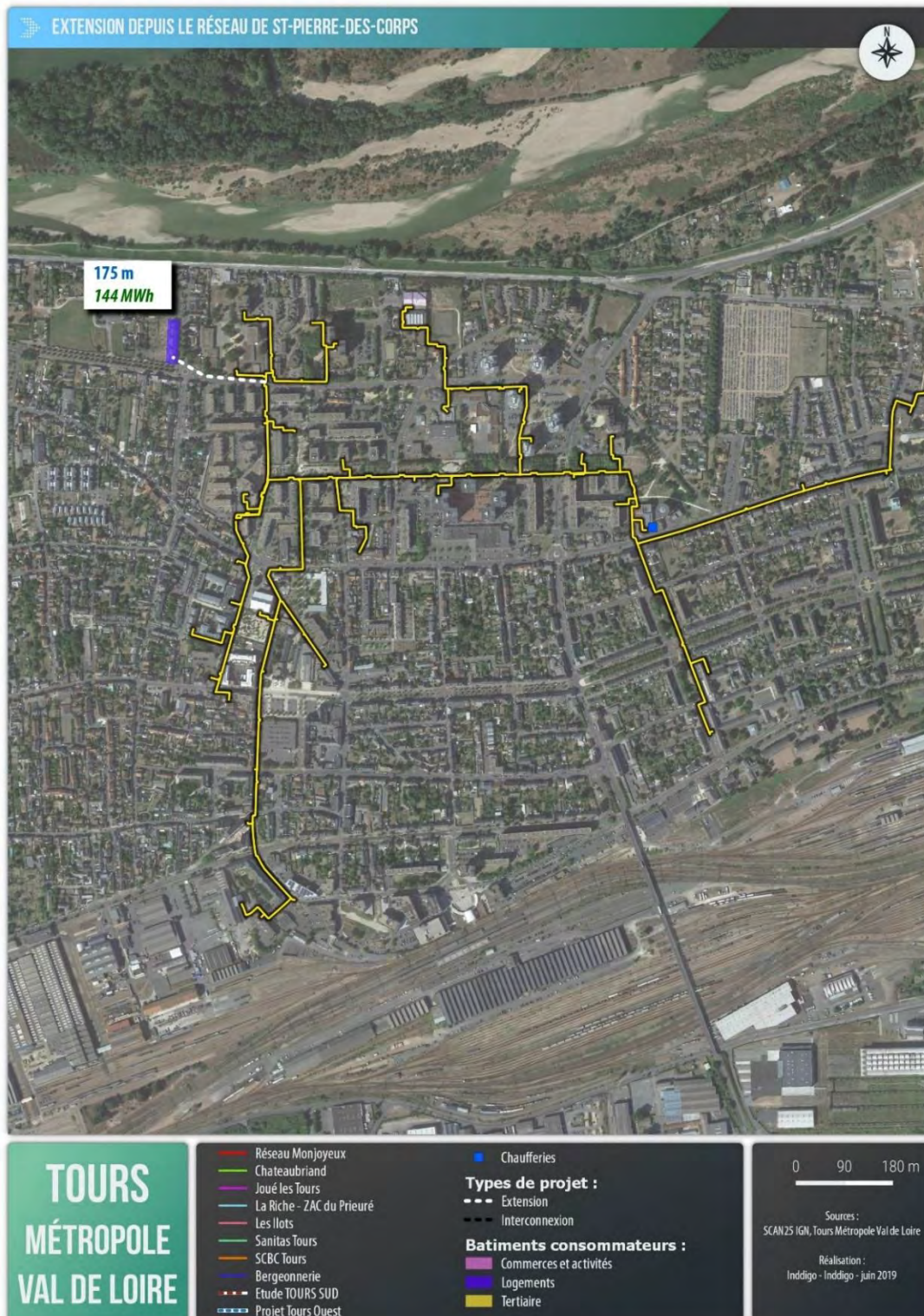


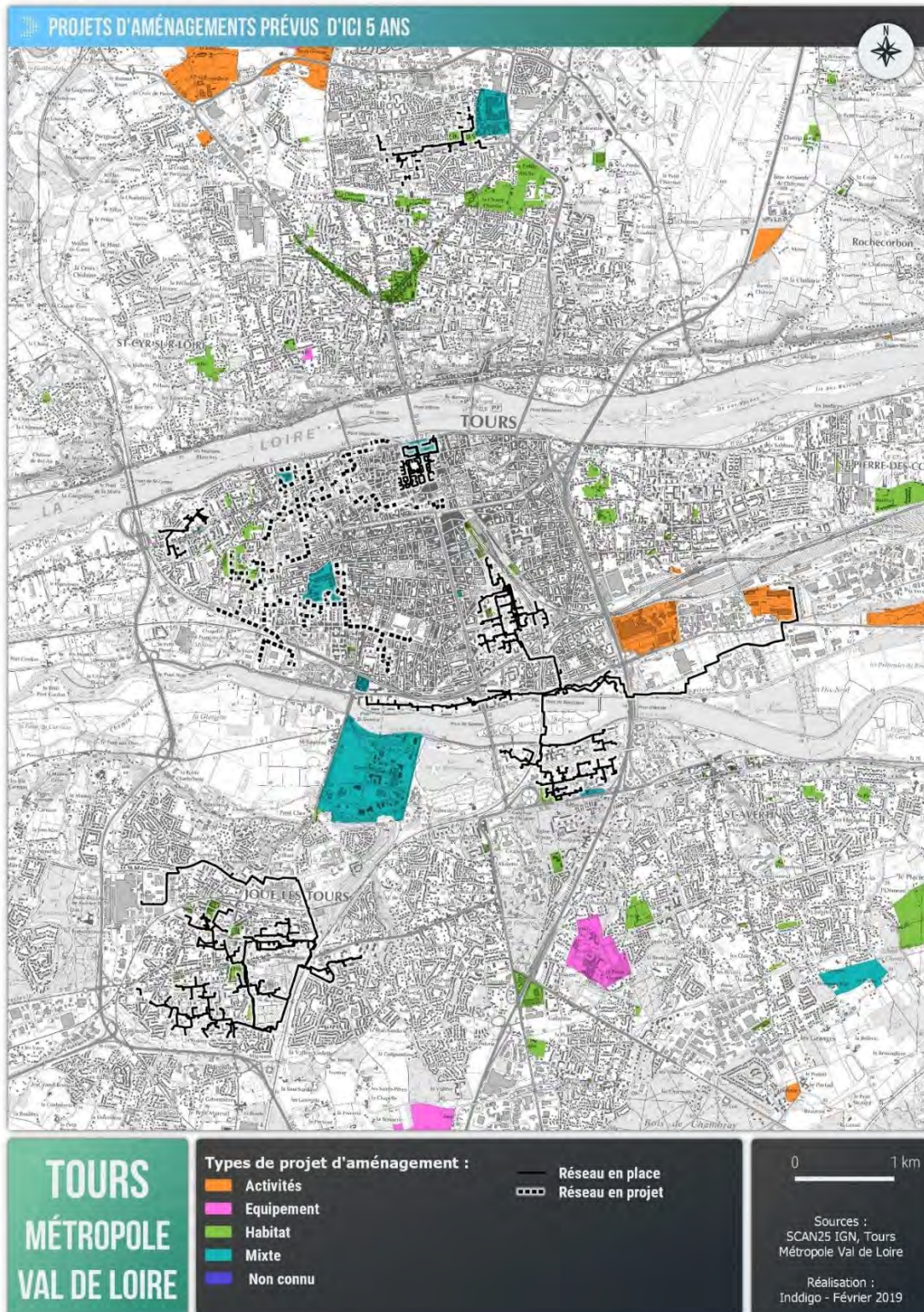
Figure 30 : Réseau Saint-Pierre-des-Corps - Opportunité d'extension

Deux projets d'extension vers des bâtiments existants présentent un réel intérêt :

- Les logements collectifs au nord du réseau SCBC (11 675 MWh/an)
- La zone d'activités à l'Ouest de Joué-lès-Tours (5 170 MWh/an)

Le potentiel de progression des livraisons d'énergie lié aux extensions vers des bâtiments existants est évalué à près de 17 GWh/an.

En outre, de nombreux projets d'aménagement sur le territoire de Tours Métropole Val-de-Loire sont en cours de livraison ou de développement. La cartographie suivante présente l'emprise des projets et la typologie des bâtiments prévus. On notera qu'il s'agit de l'ensemble des projets d'aménagement : nouveaux bâtiments et réhabilitations. Les projets de nouveaux bâtiments renforcent le niveau de besoins en chaleur du territoire, tandis que les projets de réhabilitation font évoluer à la baisse les besoins énergétiques.

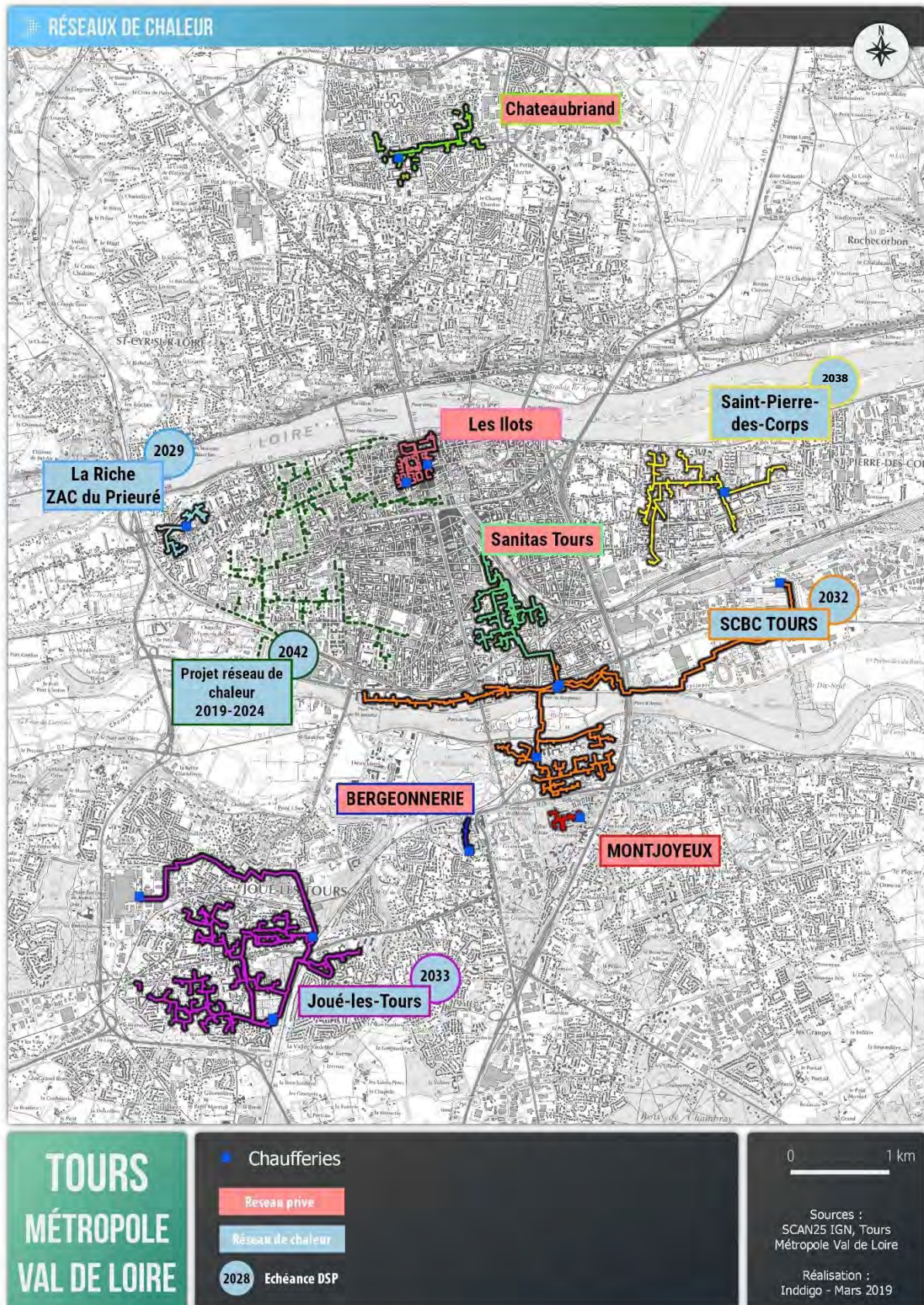


Les extensions de réseau pourront être réalisées vers les projets neufs. Ces projets d'extension sont conditionnés à l'atteinte d'une densité de chaleur sur la nouvelle portion de réseau suffisamment élevée. Un critère de densité supérieur à 3MWh/ml est retenu.

Les projets d'aménagement de nouveaux quartiers sont excessivement éloignés des réseaux de chaleur (publics) existants. Aucune opportunité d'extension n'apparaît pour des projets d'aménagement neufs à venir.

10.4 INTERCONNEXIONS ENTRE RESEAUX DE CHALEUR

Des interconnexions entre réseaux peuvent être étudiées lorsque la distance les séparant est inférieure à 2 km.



Une forte densité de réseaux est observée sur la Ville de Tours entre la Loire et le Cher. Cette forte densité a d'ores-et-déjà conduit à l'interconnexion des réseaux SCBC et SANITAS, avec pour intérêt de faire bénéficier à SANITAS des moyens de production de SCBC et du raccordement à la cogénération biomasse « CRE 3 ».

Les interconnexions étudiées auront pour objectif de :

- Mutualiser les installations de production
- Augmenter le taux de couverture EnR&R des réseaux alimentés aujourd'hui en énergies fossiles
- Augmenter les quantités d'énergie livrée grâce à des raccordements sur le tracé d'interconnexion

La cogénération CRE 3 est à ce jour surdimensionnée par rapport aux quantités de chaleur valorisées chaque année. On cherchera donc à favoriser les interconnexions depuis le réseau SCBC pour augmenter la valorisation énergétique d'un système de production existant.

Vu les tracés de réseaux existants, les pistes d'interconnexion entre réseaux, à horizon 2030 se situent essentiellement au niveau des réseaux Montjoyeux et Bergeonnerie. Ces deux réseaux privés, alimentés à 100% par du gaz pourraient être reliés au réseau SCBC, avec pour effet induit :

- Une amélioration de la valorisation de la chaleur issue de l'installation CRE 3
- **Une augmentation des quantités d'EnR&R livrée par les réseaux, à hauteur de 7 200 MWh/an**

Le tracé requis pour interconnecter ces réseaux à SCBC est représenté sur la vue aérienne suivante. Les linéaires de réseau à réaliser sont respectivement de 1 150 mètres et 1 200 mètres linéaires. Une alternative est également représentée pour optimiser les longueurs d'interconnexion : il s'agit de relier Bergeonnerie et Montjoyeux au projet Tours Sud.

Cette alternative présente l'avantage de réduire les travaux d'interconnexion nécessaire (1 300 ml au lieu de 2 350 ml), avec cependant deux freins :

- cette opération ne pourra être réalisée qu'à moyen/long terme, le réseau Tours Sud n'étant qu'au stade de l'opportunité
- pour augmenter le taux d'EnR&R, la puissance de l'installation de production EnR&R du projet Tours Sud est à réévaluer à la hausse, alors que l'on pourrait bénéficier de la chaleur excédentaire issue de la cogénération CRE 3 existante

L'hypothèse de l'interconnexion de Bergeonnerie et Montjoyeux avec SCBC est privilégiée.

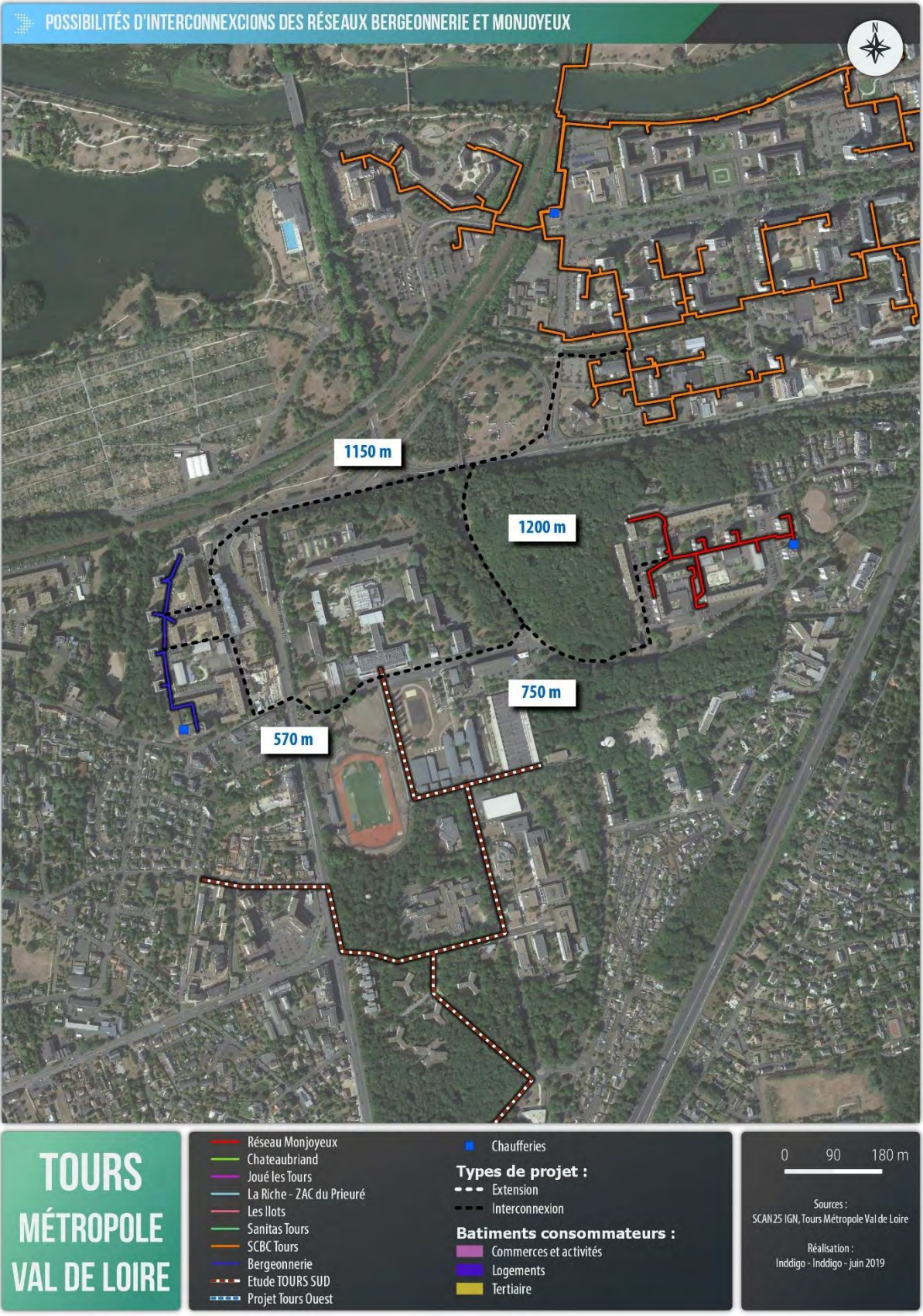


Figure 31 : Tracé des interconnexions potentielles vers Bergeonnerie et Montjoyeux

La réalisation du projet « Tours Métropole Energies Durables (TMED) », dans un secteur encadré par les réseaux La Riche, SCBC, Sanitas, Les îlots, fait apparaître de nouvelles opportunités d'interconnexions à terme. Avant même la mise en service du réseau TMED, l'opportunité de l'interconnecter avec le réseau de la Riche a été identifiée. Elle est déjà inscrite dans les projections d'évolution du taux d'EnR&R du présent schéma directeur.

Le réseau Les Ilots est lui aussi 100% énergies fossiles. L'interconnexion de ce réseau avec celui de Tours Métropole Energies Durables (TMED) permettrait d'augmenter la quantité d'énergie livrée issue d'EnR&R de 8 GWh/an, pour une longueur d'interconnexion de 300 ml à réaliser.

Enfin, le futur réseau TMED pourra être interconnecté avec SCBC, avec pour résultats la mutualisation des équipements de production de chaleur et l'amélioration de la valorisation de chaleur issue de la cogénération CRE 3. En outre, il sera possible de raccorder des bâtiments tertiaires (repérés en jaune sur la vue aérienne ci-dessous) sur le trajet. Cette interconnexion présente donc un intérêt réel.

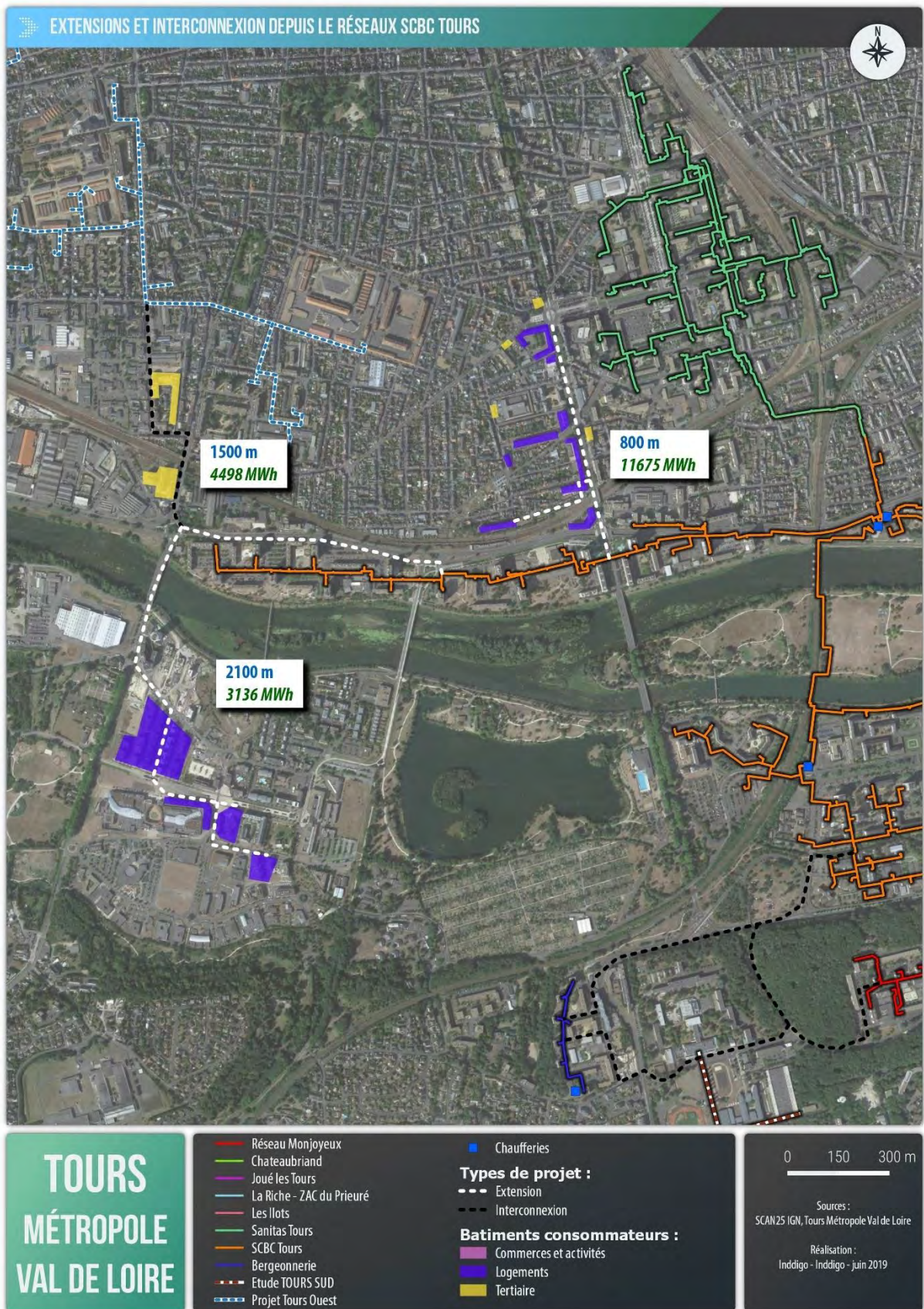


Figure 32 : Vue du tracé d'interconnexion potentielle SCBC/TMED

Les projets d'interconnexions suivants présentent un intérêt significatif pour mutualiser les équipements de production, augmenter les ventes d'énergie et les quantités d'énergie issues d'EnR&R sur les réseaux :

- Interconnexion des réseaux Bergeonnerie et Montjoyeux avec SCBC (Conversion en EnR&R de 7 200 MWh/an et 2 350 ml de réseau à réaliser)
- Interconnexion Les Ilots avec Projet TMED (conversion en EnR&R de 7 GWh et 300 ml de réseau à réaliser)
- Interconnexion de SCBC et Projet TMED (augmentation des livraisons d'énergie de 4 500 MWh dont 2 800 MWh EnR&R et 1 500 ml de réseau à réaliser)

La réalisation de l'ensemble de ces opérations permettra de :

- Diffuser les ENR&R sur les réseaux Bergeonnerie, Montjoyeux et les Ilots et irrigation de nouveaux bâtiments TMED/SCBC (conversion vers les EnR&R de 17 GWh/an)
- Augmenter les ventes annuelles d'énergie (+4,5 GWh/an)
- Améliorer la valorisation de chaleur issue de la cogénération CRE 3

Ces opérations requièrent :

- La réalisation de 4 150 ml de réseau
- La signature de convention de vente de chaleur entre réseaux ou l'intégration dans le périmètre des Délégations de Service Public des réseaux privés interconnectés, y compris achat des installations de production et distribution

10.5 OPPORTUNITES DE CREATION DE RESEAU

De nouveaux réseaux de chaleur pourront être réalisés pour desservir des zones du territoire dépourvus de réseaux de chaleur à proximité (<1 km).

Les zones ciblées pour le développement de nouveaux réseaux sont :

- Les IRIS avec une forte présence de chauffage collectif fioul et gaz
- Les IRIS avec un fort taux de chauffage au fioul
- Les secteurs avec des projets d'aménagements neufs
- Les villes de plus de 10 000 habitants

La cartographie ci-dessous représente les taux de chauffage collectif par IRIS. Des opportunités de développement apparaissent ainsi :

- Au Nord et au Sud de Tours
- A Saint-Cyr-sur-Loire
- A Saint-Avertin
- A Chambray-lès-Tours

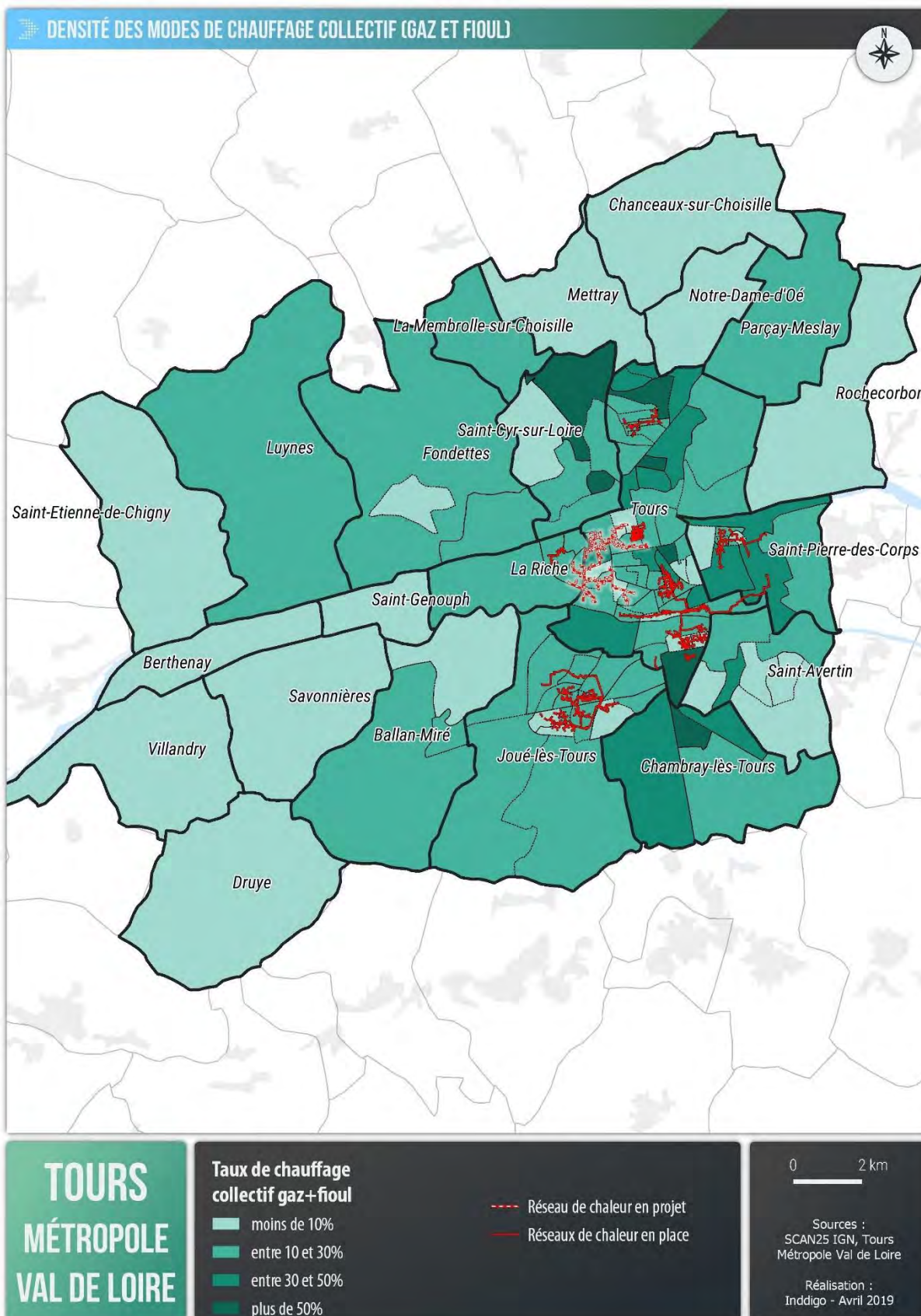


Figure 33 : cartographie de la densité des modes de chauffage collectifs

Les données issues de cette analyse sont croisées avec celle de l'identification des secteurs où le chauffage au fioul est très développé. Le taux de raccordement à un réseau de chaleur des bâtiments chauffés au fioul est élevé, la comparaison en coût global étant favorable au réseau de chaleur.

La cartographie suivante présente les IRIS avec un fort taux de chauffage au fioul :

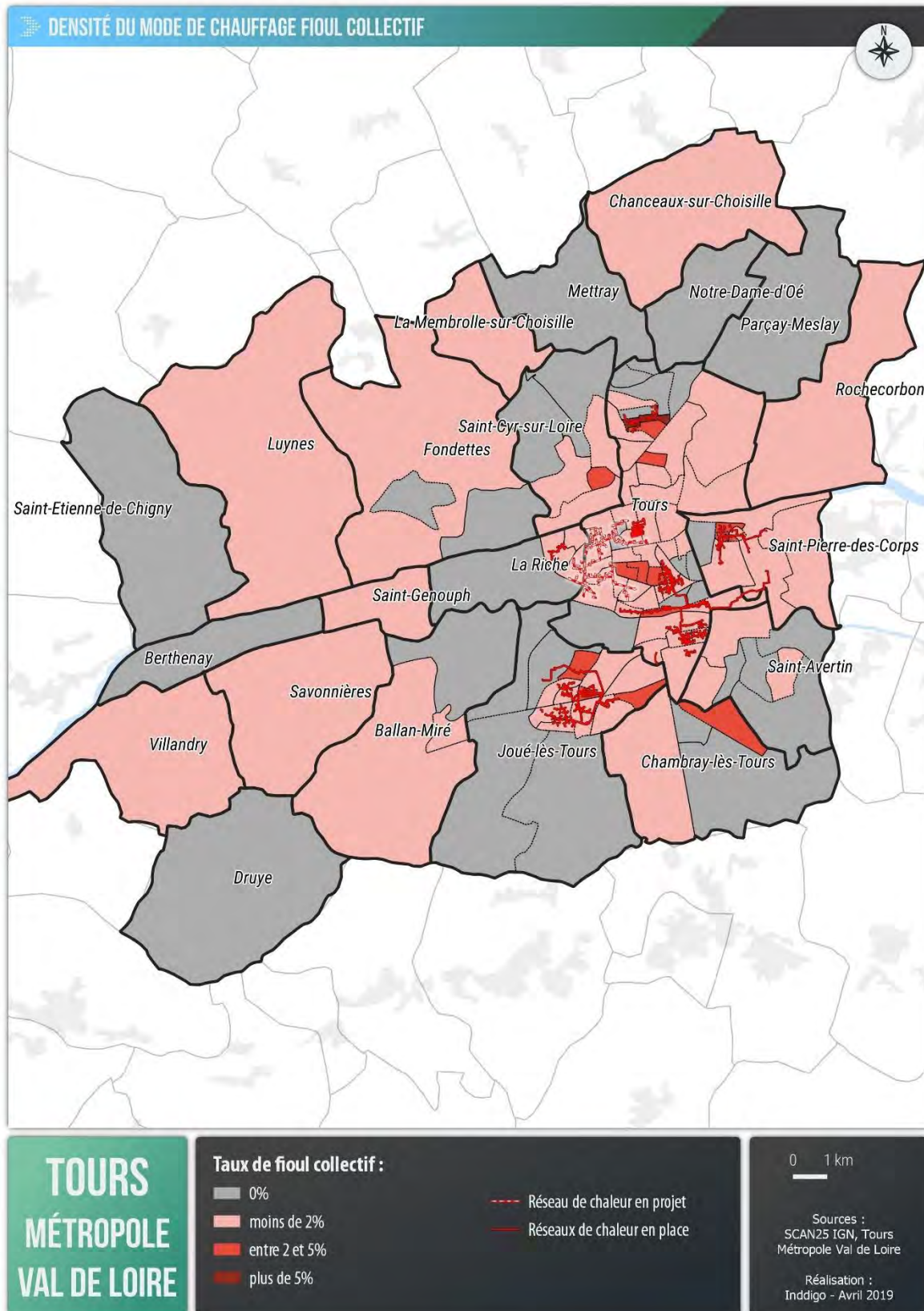


Figure 34 : cartographie de la densité du chauffage collectif au fioul

Les zones à cibler en priorité pour développer un projet de réseau de chaleur sont identifiées en rouge.

Le croisement des deux analyses (taux de chauffage collectif et taux de chauffage collectif au fioul) permet de dresser une cartographie des zones prioritaires pour le développement de nouveaux réseaux.

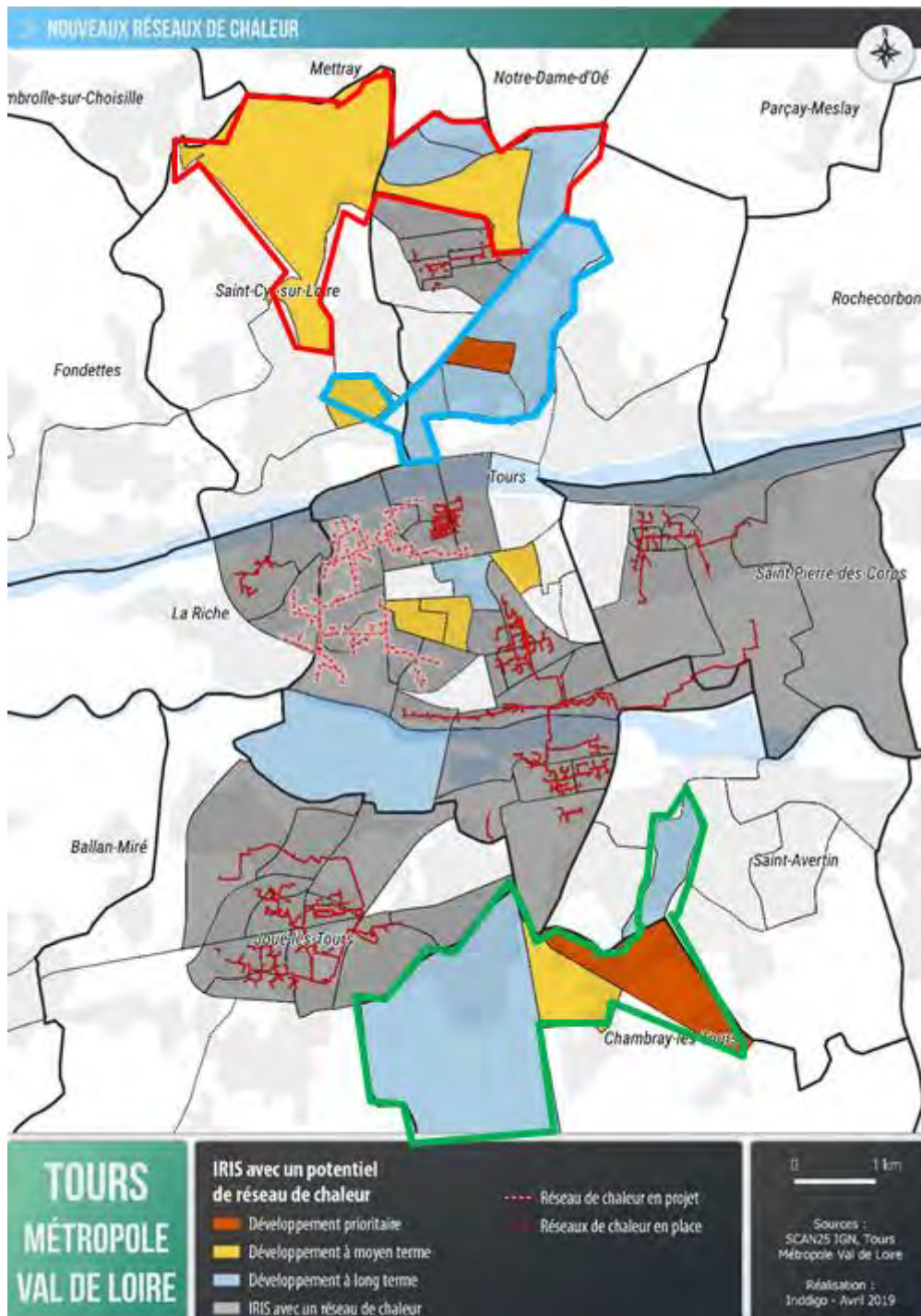


Figure 35 : cartographie des zones prioritaires de développement de RCU

Trois secteurs sont mis en évidence (entourés en rouge, bleu et vert). Ils se situent respectivement sur les communes de :

- Tours et Saint-Cyr sur Loire (en rouge)
- Tours et Saint-Cyr-sur-Loire (en bleu)
- Chambray-les-Tours et Saint-Avertin (en vert)

Le projet Tours Sud, objet d'une note d'opportunité intégrée au présent schéma directeur se situe en partie dans le secteur vert. Ce réseau pourra faire l'objet d'extensions ultérieures vers Saint-Avertin pour augmenter les livraisons d'énergie.

En utilisant les mêmes hypothèses de taux de raccordement par mode de chauffage que pour les projets de densification, les quantités d'énergie livrées, à des bâtiments existants, par ces 3 projets de réseaux atteindraient respectivement :

- 4,6 GWh/an (réseau secteur en rouge)
- 20 GWh/an (secteur bleu)
- 2 GWh sur la commune de Saint-Avertin ; un projet d'aménagement est également présent dans ce secteur, représentant environ 700 MWh/an de besoin potentiel supplémentaire

Les hypothèses de taux de raccordement utilisées sont les suivantes :

- 80% pour le chauffage collectif au fioul
- 50% pour le chauffage collectif au gaz ou fioul Non connu
- 10% pour le chauffage individuel fioul ou gaz Non connu
- 5% pour le chauffage individuel au gaz

Les projets d'aménagement

Le projet de réseau le plus au Nord de Tours et Saint-Cyr-sur-Loire (secteur repéré en rouge) s'inscrit sur un territoire où sera développé le projet d'aménagement Luxembourg Sapailié, prévoyant la réalisation de 750 logements, soit un besoin en chaleur évalué à 3,2 GWh/an.

Le projet de réseau à l'extrémité Nord de Tours et à Saint-Cyr-sur-Loire pourra livrer au total 7,7 GWh/an.

Le projet de réseau au Nord de Tours (secteur repéré en bleu) cohabite avec plusieurs projets d'aménagement :

- Marne Colombier (500 logements)
- Monconseil 2 (575 logements)
- Hauts de Sainte-Radegonde (1 200 logements)

Le besoin de chaleur supplémentaire est évalué à 9,6 GWh/an. Le projet de réseau pourra livrer au total 29,6 GWh/an.

Le développement de ces 2 projets de réseau et extension de Tours Sud permet d'augmenter les quantités d'énergie livrée par les réseaux de chaleur de 74 GWh/an. Le projet Tours Sud représente à lui seul la moitié de ce potentiel.

Le Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, a appelé fin 2016 les communes de plus de 10 000 habitants à se mobiliser pour faire émerger des projets de réseaux de chaleur.

Les communes de plus de 10 000 habitants du territoire sont listées dans le tableau suivant avec le nombre de réseaux de chauffage urbain et les opportunités identifiées dans le cadre du présent schéma directeur :

Villes plus 10 000 habitants	Nb RCU	Nb opportunités
Tours	7	3
Joué-lès-Tours	1	
Saint-Pierre-des-Corps	1	
Saint-Cyr sur Loire		2
Saint Avertin		1
Chambray les Tours		1
Fondettes		
La Riche	1	

La moitié des 8 communes de plus de 10 000 habitants sont déjà dotées d'au moins un réseau de chaleur. Des opportunités de développement de réseau de chaleur sont identifiées sur 3 communes non équipées à ce jour : Saint-Cyr-sur-Loire, Saint-Avertin et Chambray-les-Tours. Il semble donc très opportun de favoriser le développement de ces projets. Une seule commune de plus de 10 000 habitants resterait alors dépourvue de réseau de chaleur : Fondettes. Le fort taux de chauffage individuel sur cette commune constitue un frein au développement d'un projet de réseau de chaleur.

10.6 OUTILS POUR FAVORISER LE DEVELOPPEMENT DES RESEAUX

Le classement d'un réseau de chaleur ou de froid est la procédure qui permet à une collectivité de rendre obligatoire le raccordement au réseau, existant ou projet, dans certaines zones, pour les nouvelles installations de bâtiments. Cet outil de planification énergétique territoriale offre à la collectivité la possibilité de mieux maîtriser le développement de la chaleur renouvelable sur son territoire, améliore la visibilité pour la réalisation de projets de réseaux de chaleur renouvelable et contribue à l'amélioration des pratiques notamment via une concertation renforcée.

Dispositif initié par la loi du 15 juillet 1980 relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur, c'est grâce aux lois Grenelle 2 en 2010 que la procédure de classement a été impulsée avec l'objectif de la rendre plus simple et plus accessible.

Le statut public ou privé du réseau est sans incidence sur les possibilités de classement. Trois conditions doivent être respectées afin qu'un réseau puisse être classé :

- Le réseau est alimenté à 50% ou plus par des énergies renouvelables et/ou de récupération
- Un comptage des quantités d'énergie livrées par point de livraison est assuré
- L'équilibre financier de l'opération pendant la période d'amortissement des installations est assuré

La décision de classement définit, à l'intérieur de la zone desservie par le réseau (ou de zones d'extension prévues), des zones de développement prioritaire au sein desquelles le raccordement au réseau est obligatoire pour toute installation d'un bâtiment neuf ou faisant l'objet de travaux de rénovation importants dès lors que la puissance pour le chauffage, la climatisation ou la production d'eau chaude dépasse 30 kW. Cette obligation s'applique aux bâtiments faisant l'objet d'un changement de chaudière. Le zonage est appliqué au Plan Local d'Urbanisme.

La demande de classement est établie par le propriétaire du réseau, le maître d'ouvrage en cas de réseau à créer, ou son mandataire. Elle doit être accompagnée d'un dossier contenant des informations sur le réseau : son identité et les acteurs associés, la validation des conditions nécessaires au

classement, l'audit et les perspectives ainsi que les détails du classement. Plusieurs indicateurs de performances techniques et économiques du réseau doivent être fournis.

Le classement est un outil de planification énergétique pour la collectivité, qu'elle peut articuler avec ses compétences en urbanisme et en aménagement. Le classement peut constituer une action inscrite dans un PCAET.

10.7 SYNTHÈSE DU POTENTIEL D'ÉVOLUTION DES RÉSEAUX

La démarche retenue pour l'évolution des réseaux vise à prioriser les actions à mettre en œuvre selon les axes suivants :

1. Densification des réseaux existants (potentiel de + 60 GWh/an d'énergie livrée)
2. Réalisation d'opérations mêlant extension et interconnexion (+4,5 GWh/an livré dont 2,8 GWh/an ENR&R)
3. Extension des réseaux (+20 GWh/an énergie livrée)
4. Interconnexions entre réseaux vertueux et réseaux aux énergies fossiles (conversion ENR&R 14 GWh/an)
5. Création de nouveaux réseaux (+74 GWh/an)

A horizon 2030, il est prévu que les réseaux livrent 378 GWh/an de chaleur dont 213 GWh/an d'ENR&R. Les livraisons pourraient atteindre jusqu'à 536 GWh/an en effectuant toutes les opérations de densification, extension et création de réseau présentant un potentiel intéressant.

En supposant que le taux d'ENR&R des nouveaux réseaux soit de 70% en moyenne, les livraisons d'ENR&R pourraient atteindre jusqu'à 330 GWh/an, soit un mix moyen sur les réseaux de la Métropole de près de 63% ENR&R.

11. ETUDE DES SCENARIOS

L'étude du potentiel de développement des réseaux a souligné une **marge conséquente d'évolution des réseaux sur le territoire de TMVL**.

A fin 2017, l'ensemble des réseaux de chauffage urbain livrent en moyenne **267 GWh/an de chaleur** en sous-station pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire des bâtiments. La couverture par les **EnR&R représente 81 GWh** soit 31%.

Les évolutions et développements en cours des réseaux préfigurent une quantité d'énergie livrée prévisionnelle de 378 GWh/an à horizon fin années 2020, dont 213 GWh/an issu de production renouvelable ou de récupération, soit un taux de couverture ENR&R de 56%.

Ainsi, hors nouveaux projets de développement des réseaux identifiés dans le cadre du présent schéma directeur, il est d'ores et déjà prévu **d'augmenter la quantité d'énergie livrée** par les réseaux de chauffage urbain de **42%** et de **faire progresser la quantité d'énergie fournie à partir des EnR&R de 163%** de 2017 à fin des années 2020.

Le développement des réseaux permet de diffuser massivement les EnR&R sur un territoire et de réduire l'empreinte carbone liée au chauffage des bâtiments et à la production d'ECS.

L'objectif du présent chapitre est de proposer **des scénarios différenciés d'évolution des réseaux**, pour aider à la définition des ambitions de développement. Ainsi, les impacts économiques environnementaux et sociaux, pour le développement de ces projets, sont à circonstancier.

Ce travail s'appuie sur des hypothèses qui sont explicitées dans le prochain sous-chapitre.

11.1 HYPOTHESES DE TRAVAIL

Les opérations de densification, extension, interconnexion ou création de réseau nécessitent des modifications de plus ou moins grande envergure.

La création d'un nouveau réseau de chaleur requiert le développement de **moyens de production, du réseau de distribution et des points de livraisons**. Il s'agit des opérations les plus lourdes en termes de capacité d'investissement.

Les interconnexions sont, elles, les opérations les moins gourmandes en investissement. Elles ne mobilisent que le développement du **réseau de distribution**. En revanche, ces opérations ne sont **pas maîtrisées par la Collectivité seule**. En effet, les opérations envisagées concernent des liaisons entre réseau de chaleur, maîtrisé par la Collectivité et réseau privé. Une négociation devra être entamée entre la Collectivité, le délégataire du réseau de chaleur et le gestionnaire du réseau privé. Lorsque les échanges entre les trois parties auront abouti, il sera nécessaire de le formaliser via une Convention de vente de chaleur du réseau de chaleur vers le réseau privé. Aussi, vu l'absence de maîtrise de l'ensemble par la Collectivité, il est choisi dans le cadre du présent schéma directeur d'intégrer ces opérations dans les scénarios de développement plus ambitieux.

En revanche, **la densification des réseaux de chaleur existants et les extensions sont des axes de développement prioritaires**, qui nécessitent d'investir dans le **réseau de distribution et de nouveaux postes de livraison**.

11.1.1 HYPOTHESES COMMUNES A L'ENSEMBLE DES OPERATIONS

Hypothèses économiques

Pour l'ensemble des investissements à réaliser, une hypothèse d'amortissement sur une durée de 20 ans, avec un taux d'emprunt de 1,5% est retenue.

Les investissements dans les postes de livraison sont évalués à 65 €HT/kW. Cette hypothèse couvre les coûts de réalisation des équipements hydrauliques, électriques et de régulation dans le poste abonné, jusqu'aux vannes en aval de l'échangeur. La mise à disposition du local adéquat est portée par l'abonné, comme les éventuelles adaptations à réaliser sur le réseau secondaire.

Pour les opérations de densification, extension et interconnexion, le bilan économique est calculé en supposant que la marge d'exploitation est maintenue au même niveau qu'en 2017.

Hypothèses sociales

L'impact du développement des réseaux en termes d'emploi est évalué en s'appuyant sur les données issues de « l'état des lieux des filières des réseaux de chaleur et de froid » réalisé par l'ADEME.

Cet état des lieux présente les emplois directs et indirects liés à la réalisation et à l'exploitation des réseaux de chaleur et de froid.

Les données sur la diffusion des réseaux de chaleur et de froid en France sont les suivantes :

	Réseaux de chaleur	Réseaux de froid
Nombre de réseaux	761	23
Energie livrée (GWh/an)	25 000	1 000

Le tableau suivant synthétise le bilan réalisé par l'ADEME en termes d'emplois.

Emplois	Nb emplois (ETP)	Ratios (ETP/GWh)	Ratios (ETP/réseau)
Production	5 680	0,22	7,2
Investissement	1 280	0,05	1,6
Direct	550	0,02	0,7
Indirect	730	0,03	0,9
Exploitation	4 400	0,17	5,6
Direct	2 700	0,10	3,4
Indirect	1 700	0,07	2,2
Distribution	3 480	0,13	4,4
Investissement	1 580	0,06	2,0
Direct	880	0,03	1,1
Indirect	700	0,03	0,9
Exploitation	1 900	0,07	2,4
Direct	1 800	0,07	2,3
Indirect	100	0,00	0,1
Cumul	9 160	0,35	11,7

Les ratios en équivalent temps plein sont utilisés comme hypothèse dans le cadre du présent schéma directeur pour évaluer l'impact social des projections de développement des réseaux.

Hypothèses environnementales

Les ratios d'émissions de gaz à effet de serre utilisés sont issus de l'arrêté du 15 septembre 2006. Cet arrêté précise les ratios à utiliser, exprimés en tonnes équivalent CO₂, en fonction des ressources valorisées.

Pour le gaz, le ratio d'émission s'élève à 234 kgeCO₂/MWh.

Pour le bois, le ratio d'émission est de 13 kgeCO₂/MWh.

11.1.2 HYPOTHESES SUR LES OPERATIONS DE DENSIFICATION

Hypothèses techniques

Pour chaque opération de densification de réseau, les longueurs de réseau à développer sont évaluées en fonction de la densité d'énergie du réseau. L'hypothèse de travail retenue est d'évaluer pour chaque réseau la densité d'énergie des antennes à créer dans le cadre de la densification. Le niveau retenu pour ces nouvelles antennes est inférieur de 10% à la moyenne de la densité énergétique du réseau existant.

La puissance appelée en sous-station est évaluée grâce à une modélisation dynamique réalisée sur la base des niveaux de besoins à fournir. Ce niveau est adapté à chaque opération de densification. On supposera que la puissance souscrite est égale à cette puissance appelée. La puissance à installer au niveau de chaque point de livraison est 20% supérieure à l'évaluation de la puissance appelée, pour garantir la disponibilité nécessaire aux besoins des abonnés.

Pour les opérations de densification, le développement du réseau est réalisé sur des zones où le réseau (collecteur) est déjà présent. On supposera que le collecteur existant est en capacité de fournir d'avantage d'énergie sans travaux de modification sur l'existant. Les opérations envisagées sont mineures pour l'ensemble des réseaux (augmentation des quantités d'énergie livrées inférieures à 20%), à l'exception des projets sur les réseaux La Riche et Montjoyeux. Ces opérations ne seront réalisées que sous condition d'interconnexion préalable (avec TMED pour La Riche ; avec SCBC pour Montjoyeux).

Hypothèses économiques

Le coût de développement des antennes est évalué à 650 €/HT/ml. Un niveau de subventions de 40% des investissements (réalisation des antennes et des postes de livraison) est retenu.

S'agissant des investissements à réaliser, des droits de raccordement sont perçus par le délégataire du réseau pour amortir ces opérations. Il s'agit de couvrir les frais de réalisation du poste de livraison, mais aussi des branchements. Aussi, une hypothèse d'application de droits de raccordement de 100 €/HT/kW est retenue.

11.1.3 HYPOTHESES SUR LES OPERATIONS D'EXTENSION

Hypothèses techniques

Pour les projets d'extension, un travail de repérage de potentiels raccordements a été effectué. Ce travail, ainsi que l'évaluation des longueurs de réseau à réaliser est présenté au chapitre 10.3 du présent schéma directeur.

L'évaluation des puissances à installer en sous-station et puissance souscrite est réalisée selon une démarche identique à celle des projets de densification.

Hypothèses économiques

Le coût de développement des extensions est évalué à 1 050 €HT/ml. Le diamètre du collecteur aller et retour à réaliser pour raccorder ces bâtiments justifie un niveau d'investissement plus conséquent que pour les densifications. Un niveau de subventions de 40% des investissements (réalisation du réseau et des postes de livraison) est retenu.

S'agissant des investissements à réaliser, des droits de raccordement sont perçus par le délégataire du réseau pour amortir ces opérations. Il s'agit de couvrir les frais de réalisation du poste de livraison, mais aussi des extensions. Aussi, une hypothèse d'application de droits de raccordement de 120 €HT/kW est retenue.

11.1.4 HYPOTHESES SUR LES OPERATIONS D'INTERCONNEXION

Hypothèses techniques

Les projets d'interconnexion ont pour objectifs de diffuser plus largement les EnR&R issues des moyens de production de réseaux alimentés à plus de 60% en EnR&R vers des réseaux alimentés exclusivement par des énergies fossiles. Le taux de couverture ENR&R affecté au réseau interconnecté est identique au taux de couverture initiale du réseau ENR&R.

Hypothèses économiques

Le coût de réalisation de réseau pour les interconnexions est évalué à 1 050 €HT/ml. Un niveau de subventions de 40% des investissements (réalisation du réseau et des postes de livraison) est retenu.

11.2 SCENARIO 1 : AMELIORATION DE LA COMPETITIVITE DES RESEAUX

Le scénario 1 présente une projection d'évolution prudente des réseaux. Seuls les projets maîtrisés par la Collectivité (projets touchant des réseaux privés non retenus). Les projets de densification ou extension de réseau ne sont retenus que s'ils permettent d'optimiser le coût de production de la chaleur.

Les opérations de densification retenues sont :

- Réseau de Saint-Pierre-des-Corps : 8 564 MWh/an d'énergie supplémentaire livrée
- SCBC : 4 205 MWh/an
- La Riche : 3 918 MWh/an

Une opération d'extension est retenue :

- SCBC : 11 675 MWh/an

Un nouveau réseau est réalisé sur le secteur au Sud de Tours : 37 200 MWh/an

11.2.1 ANALYSE ECONOMIQUE

Le volume de densification identifié pour ces 3 projets de densification est de 16,7GWh supplémentaires par an. Une longueur de 4,5 km de nouvelles antennes devra être réalisée.

Les investissements nécessaires sont évalués à 3,5 Millions d'euros. En intégrant les subventions, les recettes liées aux droits de raccordement, et les coûts d'exploitation supplémentaires, les dépenses supplémentaires sont évaluées à 1,3 Million d'euros par an.

Grâce aux nouvelles recettes générées par la vente d'énergie supplémentaire, ces opérations ont impact positif sur le prix moyen du MWh.

	Densifications			
	La Rabaterie Saint-Pierre- des-Corps	SCBC Tours	La Riche - ZAC du Prieuré	Cumul densifications
Energie livrée supplémentaire (MWh/an)	8 564	4 205	3 918	16 686
Energie origine EnR&R livrée (MWh/an)	5 909	2 649	2 782	11 339
Puissance souscrite supplémentaire (kW)	3 743	1 838	1 713	7 294
Travaux réseau (ml)	2 320	866	1 330	4 516
Recettes supplémentaires (€/an)	655 214	331 416	448 218	1 434 849
Investissements supplémentaires (€)	1 799 792	706 402	998 190	3 504 385
Subventions (€)	719 917	282 561	399 276	1 401 754
Droits de raccordement (€)	374 346	183 803	171 260	729 409
Reste à financer (€)	705 529	240 038	427 655	1 373 222
Financement annuel (€/an)	41 094	13 981	24 909	79 984
Frais de fonctionnement annuels (€/an)	568 728	338 225	319 392	1 226 345
Total dépenses annuelles supplémentaires (€/an)	609 822	352 206	344 301	1 306 329
Impact du projet sur prix de la chaleur	-2%	-1%	-3%	

Le tableau suivant synthétise les données économiques pour le projet d'extension sur le réseau SCBC. L'extension retenue permettra de livrer 11,7 GWh/an supplémentaires moyennant une extension de 800 mètres linéaires.

	Extensions	
	SCBC Tours	Cumul extensions
Energie livrée supplémentaire (MWh/an)	11 675	11 675
Energie origine EnR&R livrée (MWh/an)	7 355	7 355
Puissance souscrite supplémentaire (kW)	5 104	5 104
Travaux réseau (ml)	800	800
Recettes supplémentaires (€/an)	920 227	920 227
Investissements supplémentaires (€)	918 079	918 079
Subventions (€)	367 231	367 231
Droits de raccordement (€)	545 061	545 061
Reste à financer (€)	5 786	5 786
Financement annuel (€/an)	337	337
Frais de fonctionnement annuels (€/an)	826 609	826 609
Total dépenses annuelles supplémentaires (€/an)	826 946	826 946
Impact du projet sur prix de la chaleur	-4%	

Un projet de nouveau réseau présente un potentiel particulièrement intéressant. Il s'agit du projet au Sud de Tours, présenté au chapitre 9 du présent schéma directeur. Il s'articule autour du raccordement de deux gros abonnés potentiels et représente un volume d'énergie livré évalué à 37 GWh/an pour un investissement total (hors subventions) de 13 Millions d'euros environ.

	Nouveaux réseaux	
	Tours Sud	Cumul nouveaux réseaux
Energie livrée supplémentaire (MWh/an)	37 200	37 200
Energie origine EnR&R livrée (MWh/an)	26 040	26 040
Puissance souscrite supplémentaire (kW)	16 261	16 261
Travaux réseau (ml)	7 600	7 600
Recettes supplémentaires (€/an)		
Investissements supplémentaires (€)	13 632 000	13 632 000
Subventions (€)	5 875 392	5 875 392

La synthèse des données techniques et économiques du scénario 1 est présentée dans le tableau ci-dessous.

Le développement des 3 projets de densification, 1 extension et 1 nouveau réseau permettra de livrer 65 GWh supplémentaires dont près de 45 GWh d'origine EnR&R.

Une longueur de près de 13 km supplémentaire de réseau devra être réalisée pour raccorder l'ensemble des futurs abonnés, tandis que le niveau d'investissement à engager est évalué à plus de 17 Millions d'euros.

	Cumul tous projets
Energie livrée supplémentaire (MWh/an)	65 561
Energie origine EnR&R livrée (MWh/an)	44 735
Puissance souscrite supplémentaire (kW)	28 659
Travaux réseau (ml)	12 916
Recettes supplémentaires (€/an)	2 355 076
Investissements supplémentaires (€)	18 054 463
Subventions (€)	7 644 377
Droits de raccordement (€)	1 274 470
Reste à financer (€)	1 379 008
Financement annuel (€/an)	80 321
Frais de fonctionnement annuels (€/an)	2 052 954
Total dépenses annuelles supplémentaires (€/an)	2 133 275

Les bénéfices environnementaux et sociaux liés à ces développements sont détaillés dans les deux sous-chapitre suivants.

11.2.2 ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

La diffusion des EnR&R via les réseaux de chaleur permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre engendrées par la combustion des ressources pour le chauffage des bâtiments et la production d'eau chaude sanitaire. Le détail des émissions de gaz à effet de serre, exprimé en tonnes équivalent CO2 est présenté dans le tableau ci-dessous pour chaque projet.

Les émissions évitées grâce aux EnR&R sont aussi précisées. Ces données sont comparées à un « équivalent voiture » en termes d'émissions de gaz à effet de serre. On estime qu'une voiture roulant 17 000 km par an en moyenne émet 150 gCO₂/km soit 2,5 tonnes équivalent CO2 sur une année.

Bilan environnemental	La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps	SCBC Tours	La Riche - ZAC du Prieuré	Cumul densifications
Emissions GES (teCO2/an)	698	398	302	1 399
Emissions GES économisées	1 306	585	615	2 506
Equivalents voitures	522	234	246	1 002

Bilan environnemental	SCBC Tours	Cumul extensions	Tours Sud	Cumul nouveaux réseaux	Cumul tous projets
Emissions GES (teCO2/an)	1 106	1 106	2 934	2 934	5 439
Emissions GES économisées	1 626	1 626	5 724	5 724	9 855
Equivalents voitures	650	650	2 290	2 290	3 942

Le développement des opérations identifiées dans le cadre du scénario 1 permet d'alléger de 3 940 équivalents voitures en moyenne les émissions de gaz à effet de serre.

La principale ressource identifiée pour constituer l'apport d'EnR&R est le bois énergie. L'utilisation de cette ressource pour couvrir les besoins supplémentaires en énergie renouvelable représenterait la consommation de 18 800 tonnes de bois par an.

11.2.3 ANALYSE SOCIALE

Les développements de réseau engendrent une activité supplémentaire sur le territoire, pour la réalisation des travaux et pour la conduite et l'entretien des équipements.

Le tableau suivant présente les projections d'emplois générés par les projets identifiés :

	La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps	SCBC Tours	La Riche - ZAC du Prieuré	Cumul densifications	SCBC Tours	Cumul extensions
Bilan social	1,1	0,6	0,5	2,2	1,6	1,6
Distribution	1,1	0,6	0,5	2,2	1,6	1,6
Investissement	0,5	0,3	0,2	1,0	0,7	0,7
Direct	0,3	0,1	0,1	0,6	0,4	0,4
Indirect	0,2	0,1	0,1	0,4	0,3	0,3
Exploitation	0,6	0,3	0,3	1,2	0,9	0,9
Direct	0,6	0,3	0,3	1,2	0,8	0,8
Indirect	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0

	Tours Sud	Cumul nouveaux réseaux	Cumul tous projets
Bilan social	13,0	13,0	16,8
Production	8,1	8,1	8,1
Investissement	1,8	1,8	1,8
Direct	0,8	0,8	0,8
Indirect	1,0	1,0	1,0
Exploitation	6,3	6,3	6,3
Direct	3,8	3,8	3,8
Indirect	2,4	2,4	2,4
Distribution	5,0	5,0	8,7
Investissement	2,2	2,2	4,0
Direct	1,3	1,3	2,2
Indirect	1,0	1,0	1,8
Exploitation	2,7	2,7	4,8
Direct	2,6	2,6	4,5
Indirect	0,1	0,1	0,3

Près de 17 emplois directs et indirects devraient être générés par les opérations de développement de réseaux.

11.3 SCENARIO 2 : VOLONTARISTE

Le scénario 2 présente une projection très ambitieuse d'évolution des réseaux. Ce scénario prévoit de réaliser l'ensemble des opérations de développement de réseaux présentées au chapitre 10 du présent schéma directeur.

- 8 opérations de densification sont à développer pour un cumul d'énergie livrée supplémentaire de 60 GWh/an
- 2 réseaux font l'objet de projets d'extension pour livrer 24 GWh/an supplémentaires
- 3 interconnexions de réseaux sont réalisées pour diffuser plus largement les EnR&R
- 3 nouveaux réseaux sont réalisés avec un potentiel de livraison cumulé de 74 GWh/an

11.3.1 ANALYSE ECONOMIQUE

Le volume d'énergie livrée identifié pour les 8 projets de densification est de 60 GWh supplémentaires par an. Une longueur de 13,5 km de nouvelles antennes devra être réalisée.

Les investissements nécessaires sont évalués à 10,8 Millions d'euros. En intégrant les subventions, les recettes liées aux droits de raccordement, et les coûts d'exploitation supplémentaires, les dépenses supplémentaires sont évaluées à 3,5 Million d'euros par an.

	Densifications									
	La Rabaterie Saint-Pierre- des-Corps	SCBC Tours	La Riche - ZAC du Prieuré	Joué-les- Tours	TMED	Sanitas Tours	Chateaubri and	Montjoye ux	Cumul densifications	
Energie livrée supplémentaire (MWh/an)	8 564	4 205	3 918	6 655	21 847	5 520	3 204	5 868	59 779	
Energie origine ENR&R livrée (MWh/an)	5 909	2 649	2 782	3 394	15 511	3 698	0	0	33 943	
Puissance souscrite supplémentaire (kW)	3 743	1 838	1 713	2 909	9 550	2 413	1 400	2 565	26 132	
Travaux réseau (ml)	2 320	866	1 330	2 311	4 222	1 112	385	922	13 468	
Recettes supplémentaires (€/an)	655 214	331 416	309 111	313 862	1 128 550	346 285	165 486	303 123	3 553 047	
Investissements supplémentaires (€)	1 799 792	706 402	998 190	1 729 328	3 489 269	911 047	359 233	799 100	10 792 361	
Subventions (€)	719 917	282 561	399 276	691 731	1 395 707	364 419	143 693	319 640	4 316 945	
Droits de raccordement (€)	374 346	183 803	171 260	290 922	955 000	241 288	140 037	256 508	2 613 164	
Reste à financer (€)	705 529	240 038	427 655	746 675	1 138 561	305 340	75 503	222 952	3 862 253	
Financement annuel (€/an)	41 094	13 981	24 909	43 491	66 316	17 785	4 398	12 986	224 960	
Frais de fonctionnement annuels (€/an)	568 728	338 225	285 832	428 069	736 591	325 531	115 350	181 878	2 980 204	
Total dépenses annuelles supplémentaires (€/an)	609 822	352 206	310 741	471 560	802 907	343 316	119 748	194 864	3 205 164	
Recettes - dépenses (€/an)	45 392	-20 790	-1 630	-157 698	325 643	2 969	45 738	108 259	347 884	
Ecart	7%	-6%	-1%	-50%	29%	1%	28%	36%		
Impact du projet sur prix de la chaleur	-2%	-1%	-21%	6%	-11%	-2%	-7%	-37%		

Le tableau suivant synthétise les données économiques pour le projet d'extension sur le réseau SCBC. L'extension retenue permettra de livrer 11,7 GWh/an supplémentaires moyennant une extension de 800 mètres linéaires.

	Extensions		
	SCBC Tours	Joué-les- Tours	Cumul extensions
Energie livrée supplémentaire (MWh/an)	19 309	5 170	24 479
Energie origine EnR&R livrée (MWh/an)	12 165	2 637	14 801
Puissance souscrite supplémentaire (kW)	8 441	2 260	10 701
Travaux réseau (ml)	4 400	1 125	5 525
Recettes supplémentaires (€/an)	1 521 941	243 821	1 765 761
Investissements supplémentaires (€)	3 518 372	907 530	4 425 902
Subventions (€)	1 407 349	363 012	1 770 361
Droits de raccordement (€)	1 012 881	271 200	1 284 080
Reste à financer (€)	1 098 143	273 318	1 371 461
Financement annuel (€/an)	63 962	15 920	79 882
Frais de fonctionnement annuels (€/an)	1 407 109	279 360	1 686 469
Total dépenses annuelles supplémentaires (€/an)	1 471 071	295 280	1 766 351
Recettes - dépenses (€/an)	50 870	-51 459	-589
Ecart	3%	-21%	
Impact du projet sur prix de la chaleur	-6%	5%	

La réalisation d'interconnexions permettra d'irriguer les réseaux Montjoyeux, Bergeonnerie et les Ilots à partir d'ENR&R. Seul le réseau Chateaubriand, éloigné des autres réseaux de la Métropole resterait dénué de production renouvelable.

	Interconnexions			
	Montjoyeux	Bergeonne rie	Les ilots	Cumul interconne xions
Energie livrée supplémentaire (MWh/an)	0	0	0	0
Energie origine EnR&R livrée (MWh/an)	3 566	3 717	7 953	15 235
Puissance souscrite supplémentaire (kW)	0	0	0	0
Travaux réseau (ml)	1 200	1 150	300	2 650
Recettes supplémentaires (€/an)	0	0	0	0
Investissements supplémentaires (€)	1 260 000	1 207 500	315 000	2 782 500
Subventions (€)	504 000	483 000	126 000	1 113 000
Droits de raccordement (€)	0	0	0	0
Reste à financer (€)	756 000	724 500	189 000	1 669 500
Financement annuel (€/an)	44 034	42 199	11 008	97 241
Frais de fonctionnement annuels (€/an)	25 200	24 150	6 300	55 650
Total dépenses annuelles supplémentaires (€/an)	69 234	66 349	17 308	152 891
Recettes - dépenses (€/an)	-69 234	-66 349	-17 308	-152 891
Impact du projet sur prix de la chaleur	11%	10%	2%	

La réalisation des 3 projets de nouveaux réseaux permettra de livrer 74 GWh supplémentaires dont 52 GWh issus d'EnR&R.

Le niveau d'investissement est évalué à 28 Millions d'euros.

	Nouveaux réseaux			
	Tours Sud	Tours Nord 1	Tours Nord 2	Cumul neuf
Energie livrée supplémentaire (MWh/an)	37 200	7 740	29 620	74 561
Energie origine EnR&R livrée (MWh/an)	26 040	5 418	20 734	52 193
Puissance souscrite supplémentaire (kW)	16 261	3 384	12 948	32 593
Travaux réseau (ml)	7 600	1 923	7 360	16 884
Recettes supplémentaires (€/an)				
Investissements supplémentaires (€)	13 632 000	3 894 000	11 430 000	28 956 000
Subventions (€)	5 875 392	1 557 600	4 572 000	12 004 992

La synthèse des données techniques et économiques du scénario 2 est présentée dans le tableau ci-dessous.

Le développement de l'ensemble des projets de densification, extension, interconnexion et création de réseau permettra de livrer 159 GWh supplémentaires dont 116 GWh d'origine EnR&R.

Une longueur de près de 39 km supplémentaire de réseau devra être réalisée pour raccorder l'ensemble des futurs abonnés, tandis que le niveau d'investissement à engager est évalué à plus de 46 Millions d'euros.

	Cumul tous projets
Energie livrée supplémentaire (MWh/an)	158 819
Energie origine EnR&R livrée (MWh/an)	116 172
Puissance souscrite supplémentaire (kW)	69 426
Travaux réseau (ml)	38 527
Recettes supplémentaires (€/an)	5 318 809
Investissements supplémentaires (€)	46 956 764
Subventions (€)	19 205 297
Droits de raccordement (€)	3 897 244
Reste à financer (€)	6 903 214
Financement annuel (€/an)	402 083
Frais de fonctionnement annuels (€/an)	4 722 323
Total dépenses annuelles supplémentaires (€/an)	5 124 405

Les bénéfices environnementaux et sociaux liés à ces développements sont détaillés dans les deux sous-chapitre suivants.

11.3.2 ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

La diffusion des EnR&R via les réseaux de chaleur permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre engendrées par la combustion des ressources pour le chauffage des bâtiments et la production d'eau chaude sanitaire. Le détail des émissions de gaz à effet de serre, exprimé en tonnes équivalent CO2 est présenté dans le tableau ci-dessous pour chaque projet.

Les émissions évitées grâce aux EnR&R sont aussi précisées. Ces données sont comparées à un « équivalent voiture » en termes d'émissions de gaz à effet de serre. On estime qu'une voiture roulant 17 000 km par an en moyenne émet 150 gCO₂/km soit 2,5 tonnes équivalent CO2 sur une année.

Bilan environnemental	La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps	SCBC Tours	La Riche - ZAC du Prieuré	Joué-les-Tours	TMED	Sanitas Tours	Chateaubriand	Montjoye	Cumul densifications
Emissions GES (teCO2/an)	698	398	302	807	1 684	474	750	1 373	6 487
Emissions GES économisées	1 306	585	615	750	3 428	817	0	0	7 501
Equivalents voitures	522	234	246	300	1371	327	0	0	3 001

Bilan environnemental	SCBC Tours	Joué-les-Tours	Cumul extensions	Montjoye	Bergeonne	Les ilots	Cumul interconnexions
Emissions GES (teCO2/an)	1 830	627	2 457				0
Emissions GES économisées	2 688	583	3 271	788	821	1 758	3 367
Equivalents voitures	1075	233	1 308	315	329	703	1 347

Bilan environnemental	Tours Sud	Tours Nord 1	Tours Nord 2	Cumul neuf	Cumul tous projets
Emissions GES (teCO2/an)	2 934	614	2 349	5 897	14 841
Emissions GES économisées	5 724	1 197	4 582	11 504	25 643
Equivalents voitures	2290	479	1833	4 601	10 257

Le développement des opérations identifiées dans le cadre du scénario 2 permet d'alléger de 10 260 équivalents voitures en moyenne les émissions de gaz à effet de serre.

La principale ressource identifiée pour constituer l'apport d'EnR&R est le bois énergie. L'utilisation de cette ressource pour couvrir les besoins supplémentaires en énergie renouvelable représenterait la consommation de 49 000 tonnes de bois par an.

11.3.3 ANALYSE SOCIALE

Les développements de réseau engendrent une activité supplémentaire sur le territoire, pour la réalisation des travaux et pour la conduite et l'entretien des équipements.

Le tableau suivant présente les projections d'emplois générés par les projets identifiés :

	La Rabaterie Saint-Pierre- des-Corps	SCBC Tours	La Riche - ZAC du Prieuré	Joué-les- Tours	TMED	Sanitas Tours	Chateaubri and	Montjoye ux	Cumul densifications
Bilan social	1,1	0,6	0,5	0,9	2,9	0,7	0,4	0,8	8,0
Distribution	1,1	0,6	0,5	0,9	2,9	0,7	0,4	0,8	8,0
Investissement	0,5	0,3	0,2	0,4	1,3	0,3	0,2	0,4	3,6
Direct	0,3	0,1	0,1	0,2	0,7	0,2	0,1	0,2	2,0
Indirect	0,2	0,1	0,1	0,2	0,6	0,1	0,1	0,2	1,6
Exploitation	0,6	0,3	0,3	0,5	1,6	0,4	0,2	0,4	4,4
Direct	0,6	0,3	0,3	0,5	1,5	0,4	0,2	0,4	4,1
Indirect	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2

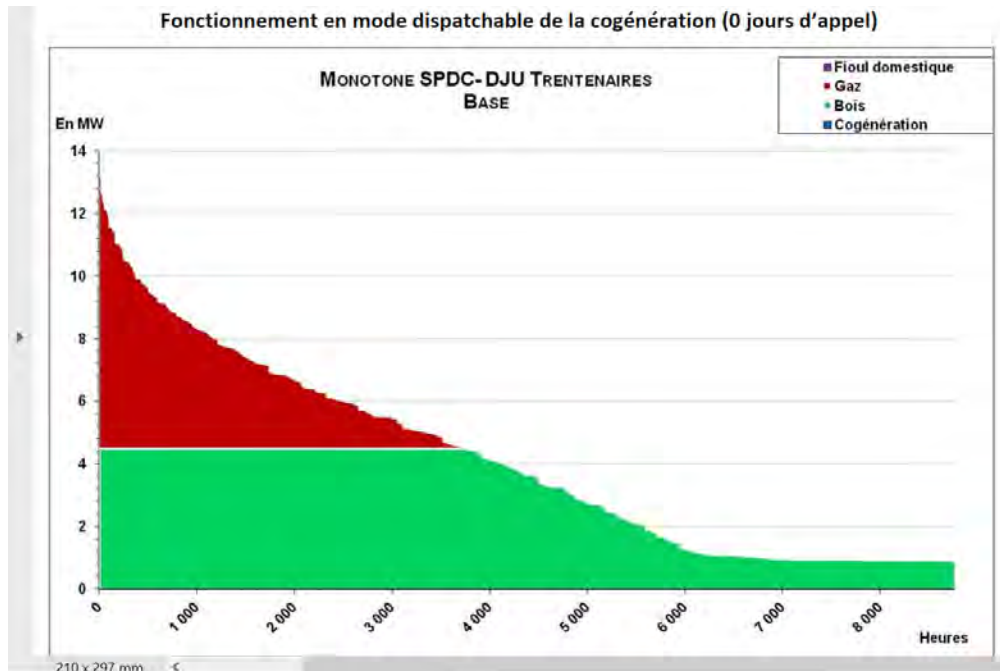
	SCBC Tours	Joué-les- Tours	Cumul extensions
Bilan social	2,6	0,7	3,3
Production			
Investissement			
Direct			
Indirect			
Exploitation			
Direct			
Indirect			
Distribution	2,6	0,7	3,3
Investissement	1,2	0,3	1,5
Direct	0,7	0,2	0,8
Indirect	0,5	0,1	0,7
Exploitation	1,4	0,4	1,8
Direct	1,3	0,4	1,7
Indirect	0,1	0,0	0,1

	Tours Sud	Tours Nord 1	Tours Nord 2	Cumul neuf	Cumul tous projets
	13,0	2,7	10,4	26,2	37,5
	8,1	1,7	6,5	16,2	16,2
	1,8	0,4	1,5	3,7	3,7
	0,8	0,2	0,6	1,6	1,6
	1,0	0,2	0,8	2,1	2,1
	6,3	1,3	5,0	12,6	12,6
	3,8	0,8	3,1	7,7	7,7
	2,4	0,5	1,9	4,9	4,9
	5,0	1,0	4,0	10,0	21,2
	2,2	0,5	1,8	4,5	9,6
	1,3	0,3	1,0	2,5	5,4
	1,0	0,2	0,8	2,0	4,3
	2,7	0,6	2,2	5,4	11,6
	2,6	0,5	2,1	5,1	11,0
	0,1	0,0	0,1	0,3	0,6

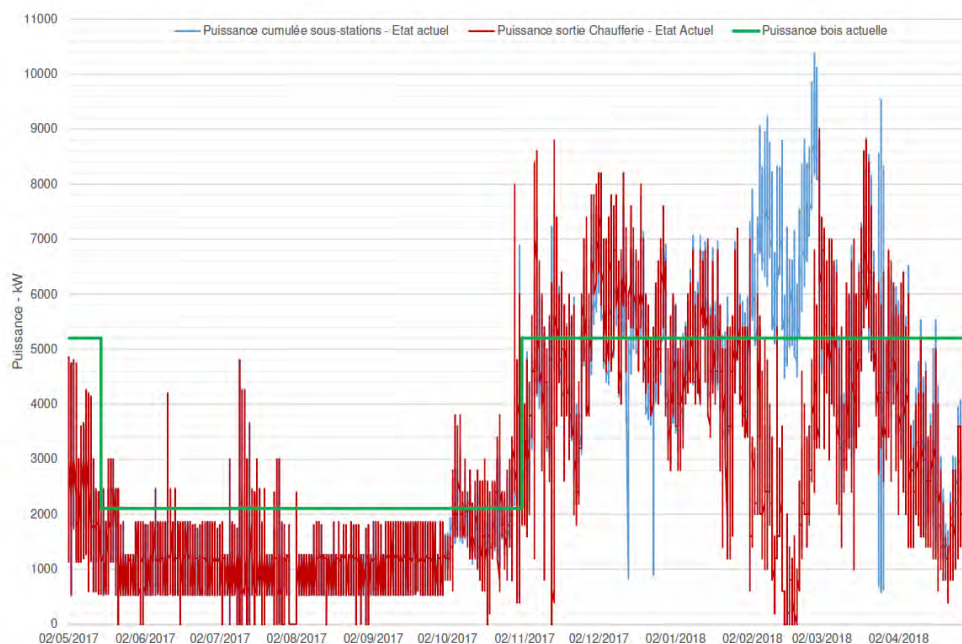
Près de 38 emplois directs et indirects devraient être générés par les opérations de développement de réseaux dans le cadre du scénario le plus ambitieux.

ANNEXE 1. MONOTONES DE PRODUCTION

La monotone du projet bois du réseau La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps est la suivante :



Les appels de puissance relevés sur la saison 2017/18 sont les suivants :



ANNEXE 2. LISTE DES ABONNES

Abonnés SCBC

OPERATION		S/ST	Batiments	Nbr. de Logts.	DESIGNATION DE L'ABONNE	GESTIONNAIRE
R I V E E E E S	A	1	T1	100	SYNDICAT DES COPROPRIETAIRES DU BAT.T1	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	A	2	A	30	SYNDICAT DES COPROPRIETAIRES DU BAT.A	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	A		T2	98	SYNDICAT DES COPROPRIETAIRES DU BAT.T2	LA CENTRALE IMMOBILIERE (17/03/2016)
	A	2bis	CASERNE des POMPIERS	60	S.D.I.S.	S.D.I.S.
	A	3	Gymnase A. DE MUSSET G.S VIGNY-Primaire GS VIGNY-Maternelle		VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS
	A	4	B-C	91	SYNDICAT DES COPROPRIETAIRES BAT.B C	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	A	5	T3	137	RES.BELVEDERE GRAMMONT	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	A	6	D	19	SYNDICAT COP.RESIDENCE DESCARTES	M&B IMMOBILIER (29/05/2017)
	A		E	66	RESIDENCE BELVEDERE GRAMMONT	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	A	28	A2	44	RESIDENCE JEAN MEUNIER	TOUR(S)HABITAT
	A	29	B1	64	RESIDENCE NOVEOM	SQUARE HABITAT
	A	30	B2	44	RESIDENCE L'OLIVIER	NOUVEAU LOGIS.CENTRE LIMOUSIN
	A	31	C1 et C2	92	RESIDENCE O'SUD	CITYA.S.G.T.I.
	A	66		77	RESIDENCE LAC AVENUE	CITYA.S.G.T.I.
	D U	B	7	F-G	86	COPR.RESIDENCE DU LAC
B		8	T4	141	COPR.RESIDENCE DU LAC	SQUARE HABITAT (14/04/2014)
B		9	C.COMMERCIAL		SYNDICAT COPR.CENTRE COMMERCIAL	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
B		10	STE URSULE-Ecole	1	ECOLE PRIVEE SAINTE URSULE	ECOLE PRIVEE SAINTE URSULE
B		12	STE URSULE-Logements	60	ECOLE PRIVEE SAINTE URSULE	ECOLE PRIVEE SAINTE URSULE
B		13	H	112	SYNDICAT DES COPROPRIETAIRES DU BAT.H	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
B		14	T5	106	SYNDICAT DES COPROPRIETAIRES DU BAT.T5	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
B		15	T6	82	SYNDICAT DES COPROPRIETAIRES BAT.I J T	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
C H E R	B	14	H-J	82	SYNDICAT DES COPROPRIETAIRES BAT.I J T	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	B	15	K	31	SYNDICAT DES COPROPRIETAIRES BAT. K T7	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	B	15	T7	112	SYNDICAT DES COPROPRIETAIRES BAT.K T7	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	C	17	L	50	SEMIVIT	SEMIVIT
	C	18	T8	99	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	C	19	M	71	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	C	20	Gymnase A. GIDE GS .DUHAMEL Primaire GS .DUHAMEL Maternelle		VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS
	C	21	T9-N	140	SEMIVIT	SEMIVIT
	C	22	T10	99	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	C	23	O	48	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	C	23bis	P	28	NEXITY	NEXITY (01/01/2015)
	C	24	T11-Q	141	SEMIVIT	SEMIVIT
	C	25	T12	99	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
C	26	R-S-U	163	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT	
C	27	T13	101	SEMIVIT	SEMIVIT	
V A L L E E A	A	A	A	221	SYNDICAT COPR. ROCHEPINARD BAT.A	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	A	B	B	206	SYNDICAT COPR. IMM. LES MOUETTES	CABINET NEXITY LAMY
	A	C	C	172	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	A		CENTRE SOCIAL		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	A	D	D	166	TOUR(S)HABITAT (+ 34 chambres)	TOUR(S)HABITAT
	A		LOCAUX RESIDENTIELS		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	A	E	E	166	TOUR(S)HABITAT (+ 34 chambres)	TOUR(S)HABITAT
	A	F	F	90	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	A	CCR	C.COM ROCHEPINARD		SYNDICAT COPR. C.COMMERCIAL ROCHEPINARD	CITYA BERANGER
	A	GS	GS FLAUBERT-Gardien GS FLAUBERT-Primaire GS FLAUBERT-Maternelle	1	VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS VILLE DE TOURS
A	PJ	PARCS ET JARDINS		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS	

OPERATION	S/ST	Batiments	Nbr. de Logts.	DESIGNATION DE L'ABONNE	GESTIONNAIRE	
	B	1	A(II)1	104	SYNDICAT DES COPR. DES FONTAINES	LA CENTRALE IMMOBILIERE
	B	2	B(II)1	112	SA IMMOBILIERE MIXTE MARYSE BASTIE	S.A.I.E.M. MARYSE BASTIE
	B	3	C(II)1	59	SA IMMOBILIERE MIXTE MARYSE BASTIE	S.A.I.E.M. MARYSE BASTIE
	B	4	C-D(II)2	110	S.E.M.I.V.I.T.	SEMIVIT
	B	5	B(II)2	96	S.E.M.I.V.I.T.	SEMIVIT
	B	6	A(II)2	107	S.E.M.I.V.I.T.	SEMIVIT
	B	7	B-C(III)1	195	O.P.A.C. DE LA VILLE DE TOURS	TOUR(S)HABITAT
	B	8	E(III)1	108	O.P.A.C. DE LA VILLE DE TOURS	TOUR(S)HABITAT
	B	9	G-H(III)1	129	O.P.A.C. DE LA VILLE DE TOURS	TOUR(S)HABITAT
	B	10	A(III)1	108	O.P.A.C. DE LA VILLE DE TOURS	TOUR(S)HABITAT
V	B	11	A(III)3	91	SYNDICAT DES COPR. LES GOELANDS	LA CENTRALE IMMOBILIERE
	B	12	B-C(III)2	195	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
A	B	13	N-O(III)2	111	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	B	14	F-G(III)2	99	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
L	B	15	H-I(III)2	123	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	B	16	A(III)2	109	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
L	B	17	E(III)2	109	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	B	18	M(III)2	109	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
E	B	19	F(III)1	109	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	B	20	D(II)1	134	SYNDICAT DES COPR. BAT D II.1	SQUARE HABITAT
E	B	21	J-K-L(II)2	163	TOUR(S)HABITAT	TOUR(S)HABITAT
	B	CUI	L-M-O	222	SYNDICAT DES COPR. RES. H. DE BALZAC	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	B	C.COMM PRINCIPAL			SYNDICAT DES COPR. RESID. H. DE BALZAC	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	B	CUIII	J-K-N	233	SYNDICAT DES COPR. RES. H. DE BALZAC	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	B	C.COMM PRINCIPAL			SYNDICAT DES COPR. RESID. H. DE BALZAC	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	B	R(II)2	P-Q-R-S-T	248	SYNDICAT DES COPR. DU FRONT DU CHER	CABINET FONCIA VAL DE LOIRE
	B	E	E(II)2	103	S.E.M.I.V.I.T.	SEMIVIT
	B	F	F-G(II)2	131	S.E.M.I.V.I.T.	SEMIVIT
	B	R	Q-S-R(II)2	173	S.E.M.I.V.I.T (RESID. MOZART)	SEMIVIT
D	B	/	C(III)3	125	SOCIETE TOURANGELLE D'HLM	SOCIETE TOURANGELLE D'HLM
	B	/	D(III)3	188	SOCIETE TOURANGELLE D'HLM	SOCIETE TOURANGELLE D'HLM
U	B	/	CRECHE FONTAINES		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	B	/	J.GIRAUDOUX-Conclerge	1	VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	B	/	J.GIRAUDOUX-Primaire		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	B	/	J.GIRAUDOUX-Maternelle		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	B	/	G.S. RIMBAUD-Primaire		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	B	/	G.S. RIMBAUD-Maternelle		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	B	/	BPO		BANQUE POPULAIRE VAL DE FRANCE	BANQUE POPULAIRE VAL DE FRANCE
	B	/	MATERNELLE M.PAGNOL		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	B	/	Bâtiment D (EX C.FORMAT P.GUERIN)		ASSOCIATION TOP EDUCATION	ASSOCIATION TOP EDUCATION (01/09/2016)
C	B	/	F.P.A		FOYER DES PERSONNES AGEES	CENTRE COMMUNAL D'ACTION SOCIALE
	B	/	GYMNASE		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
H	B	/	C.CULTUEL		CENTRE RELIGIEUX DES FONTAINES	CENTRE RELIGIEUX DES FONTAINES
	B	/	Bâtiment C (EX IFCIL)		E.S.C.E.M.	E.S.C.E.M.
E	B	/	C.METIERS		CHAMBRE DES METIERS I. ET L.	CHAMBRE DES METIERS I. ET L.
	B	/	Bâtiment A (SUP.CO I)		E.S.C.E.M.	E.S.C.E.M.
R	B	/	CUISINE CENTRALE	1	VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	B	/	Salle de quartier des FONTAINES		VILLE DE TOURS (Raccordée sur Cuisine Centrale)	VILLE DE TOURS
	B	/	Ex France Télécom (DOT)	1	immeuble à l'arrêt ex accolé par Val Touraine Habitat	VAL TOURAINE HABITAT
	B	/	FOYER MED.		FOYER MEDICALISE	CENTRE COMMUNAL D'ACTION SOCIALE
	B	/	Bâtiment B (SUP.CO II)		E.S.C.E.M.	E.S.C.E.M.
	B	/	PH DE COMMYNES		CES PHILIPPE DE COMMYNES	CES PH. DE COMMYNES
	B	/	Centre Socio-Culturel		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS
	B'	A	A	59	SYNDICAT DES COPR. RESID. LA BELLE FILLE	LA CENTRALE IMMOBILIERE
	B'	B	B	69	SYNDICAT DES COPR. RESID. LA BELLE FILLE	LA CENTRALE IMMOBILIERE
	B'	C	C	61	SYNDICAT DES COPR. RESID. LA BELLE FILLE	LA CENTRALE IMMOBILIERE
	B'	D	D	82	SYNDICAT DES COPR. RESID. LA BELLE FILLE	LA CENTRALE IMMOBILIERE
	B'	E	Bâtiment 1 avenue Général Niessel		INDIVISION MONTAUBIN	LUCILIA B. (01/10/2017)
	B'	F	Parc et Jardins II		VILLE DE TOURS	VILLE DE TOURS

Abonnés La Riche

Abonné	N° Sous-station	Réseau	Désignation sous-station
IVL	1	OUEST	IVL - BAT I3F
TOURAINÉ LOGEMENT	2	OUEST	32 logements (BAT rue J.du BELLAY)
MAIRIE DE LA RICHE	3	EST	EQUINOXE
MAIRIE DE LA RICHE	4	EST	MEDIATHEQUE
MAIRIE DE LA RICHE	5	EST	MAIRIE
MAIRIE DE LA RICHE	6a	OUEST	GS PAUL BERT ET F.BUISSON
MAIRIE DE LA RICHE	6b	OUEST	GYMNASE P.BERT
MAIRIE DE LA RICHE	7	OUEST	CENTRE CULTUREL LA PLEIADE
MAIRIE DE LA RICHE	8	OUEST	RPA MARCEL DU LORIER
MAIRIE DE LA RICHE	9	OUEST	ECOLE MATERNELLE TAMISIER 1
MAIRIE DE LA RICHE	10	OUEST	ECOLE MATERNELLE TAMISIER 2
BROSSET IMMOBILIER	11	EST	VILLA CASSANDRE
FONCIA VAL DE LOIRE	12	EST	RESIDENCE LAMARTINE A - B
CITYA URBANIA	13	EST	RESIDENCE LES JARDINS D'ERASME
CITYA JAURES	14	EST	RESIDENCE BEBUSSY RAVEL
FONCIA VAL DE LOIRE	15	EST	RESIDENCE VILLA NOVA
FONCIA VAL DE LOIRE	16	EST	RESIDENCE VIVALDI MOZART
MAIRIE DE LA RICHE	17	EST	POLE PETITE ENFANCE

Abonnés Joué-les-Tours

Abonné ou représentant de l'abonné	N° SS / BAT	AFFAIRE
NOUVEAU LOGIS CENTRE LIMOUSIN	SST 01	HAMEAU DES 4 SAISONS
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 02	R.P.A. JEAN GOUJON
SEM MARYSE BASTIE	SST 03	RAVEL RENOIR - B 12
VAL TOURAINE HABITAT	SST 04	ZUP 3 - BAT B
VAL TOURAINE HABITAT	SST 05	ZUP 3 - BAT A
FONCIA VAL DE LOIRE	SST 06	LA ROTINIÈRE - B11
FONCIA VAL DE LOIRE	SST 07	RESIDENCE L'ORANGERIE
VAL TOURAINE HABITAT	SST 08	ZUP 1 - BAT B
VAL TOURAINE HABITAT	SST 09	ZUP 1 - BAT H
VAL TOURAINE HABITAT	SST 10	ZUP 1 - BAT A
FONCIA VAL DE LOIRE	SST 11	PETITE RECETTE (A) BEARN
FONCIA VAL DE LOIRE	SST 12	PETITE RECETTE (B) ALSACE
VAL TOURAINE HABITAT	SST 13	ZUP 2 - BAT A
VAL TOURAINE HABITAT	SST 13 BIS	ZUP 2 - BAT D
SEM MARYSE BASTIE	SST 14	SCIC - SEM ZUP
CITYA SGTI	SST 15	NOBLE JOUE PETIT CLOS
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 16	AIRE COUVERTE
COLLEGE ARCHE DU LUDE	SST 17	COLLEGE ARCHE DU LUDE
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 18	LOGEMENT GROUPE SCOLAIRE BLOTTERIE
TOURAINE LOGEMENT	SST 18 BIS	RESIDENCE LES HIRONDELLES
LA CENTRALE IMMOBILIERE	SST 19	RESIDENCE LE JOCONDIEU
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 20	CENTRE SOCIAL DE LA RABIERE
VAL TOURAINE HABITAT	SST 22	LA RABIERE 1 ET 2 - BAT A
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 23	PISCINE JEAN BOUIN
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 24	LOGEMENT GARDIEN STADE JEAN BOUIN
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 25	LOGEMENTS GROUPE SCOLAIRE PAUL LANGEVIN
GUY HOQUET IRIS ROBIN	SST 26	TOUR Z1 LA JOLIETTE
MB IMMOBILIER	SST 27	TOUR Z2 LA BLOTTERIE
LOGI OUEST	SST 28	LES GEMEAUX T2
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 29	GROUPE SCOLAIRE MIGNONNE
LA CENTRALE IMMOBILIERE	SST 30	108 LOG. VALLEE VIOLETTE BAT.A
LYCEE PROFESSIONNEL ARSONVAL	SST 31	LYCEE PROFESSIONNEL ARSONVAL
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 32	GROUPE SCOLAIRE VALLEE VIOLETTE - SECONDAIRES
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 33	HOTEL DE VILLE
CITYA BERANGER	SST 34	AUTO ECOLE CENTRE COMMERCIAL VALLEE VIOLETTE
TOURAINE LOGEMENT	SST 35	MONTSOUREAU
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 36	BIBLIOTHEQUE
BROSSET	SST 37	RESIDENCE LE MONTAIGNE
DEPARTEMENT D'INDRE ET LOIRE	SST 38	COLLEGE DE LA RABIERE
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 39	GYMNASE LE MORIER
SQUARE HABITAT	SST 39 - AA	SST AA - TROTBRIAND DESAIX
NEXITY LAMY	SST 39 - AB	SST AB
SQUARE HABITAT	SST 39 - AC	SST AC - TROTBRIAND DESAIX
NEXITY LAMY	SST 39 - AD	SST AD
NEXITY LAMY	SST 39 - AE	SST AE
NEXITY LAMY	SST 39 - AF	SST AF - BERLIOZ
NEXITY LAMY	SST 39 - AG	SST AG - VICTOR HUGO 1
NEXITY LAMY	SST 39 - AH	SST AH - VICTOR HUGO 1
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - AI	LE MORIER 1 - BAT D - SST AI - BALZAC

Abonné ou représentant de l'abonné	N° SS / BAT	AFFAIRE
CITYA BERANGER	SST 39 - AJ	SST AJ - VICTOR HUGO 2
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - AK	LE MORIER 1 - BAT H - SST AK
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - AL	LE MORIER 1 - BAT G - SST AL
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - AM	LE MORIER 1 - BAT E - SST AM
NEXITY LAMY	SST 39 - AO	SST AO
NEXITY LAMY	SST 39 - CA	SST CA
CITYA SGTI	SST 39 - CB	SST CB - RENAN
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - CC	LE MORIER 1 - BAT F - SST CC
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - CD	LE MORIER 1 - BAT I - SST CD - VOLTAIRE
NOUVEAU LOGIS CENTRE LIMOUSIN	SST 39 - CE	SST CE - MANGIN
NEXITY LAMY	SST 39 - CF	SST CF - VICTOR HUGO 1
NEXITY LAMY	SST 39 - CG	SST CG - VICTOR HUGO 1
NEXITY LAMY	SST 39 - CH	SST CH - VICTOR HUGO 1
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - CI	LE MORIER 1 - BAT A - SST CI - BUGEAUD
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - CJ	LE MORIER 1 - BAT B - SST CJ
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - CK	LE MORIER 1 - BAT C - SST CK
FONCIA VAL DE LOIRE	SST 39 - CL	SST CL - MESSENGER
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 39 - CS	CENTRE SOCIAL LE MORIER
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 39 - GS	GROUPE SCOLAIRE LE MORIER
LA CENTRALE IMMOBILIERE	SST 39 - MOZART	TOUR MOZART - M04 M05
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - TA	LE MORIER 1 - BAT J - TOUR A HELENE BOUCHER
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - TB	LE MORIER 1 - BAT K - TOUR B SAINT-EXUPERY
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - TC	LE MORIER 1 - BAT L - TOUR C GUYNEMER
VAL TOURAINE HABITAT	SST 39 - TD	LE MORIER 1 - BAT M - TOUR D MERMOZ
NEXITY LAMY	SST 40	RESIDENCE BALZAC
CIPOSTE SAS	SST 41	CENTRE ADMINISTRATIF PTT
TOURAINE LOGEMENT	SST 42	RESIDENCE GAMARD
NOUVEAU LOGIS CENTRE LIMOUSIN	SST 43	RESIDENCE LE TRIDENT
CITYA S.G.T.I.	SST 45	LES HALLES
IMMO DE France	SST 46	CHANTEPIE 3 RESIDENCE DE CHARNY
CITYA BERANGER	SST 47	CHANTEPIE 4
VAL TOURAINE HABITAT	SST 48	CHANTEPIE CENTRE - BAT B2 ET C1
VAL TOURAINE HABITAT	SST 49	CHANTEPIE CENTRE - BAT A1
VAL TOURAINE HABITAT	SST 49BIS	CHANTEPIE CENTRE - BAT B1 B2 ET C2
VAL TOURAINE HABITAT	SST 50	CHANTEPIE CENTRE - BAT B1 ET C2
TOURAINE LOGEMENT	SST 52	RESIDENCE LES MURIERS
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 53	GROUPE SCOLAIRE MARIE CURIE
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 54	CRECHE PETITE ENFANCE
VAL TOURAINE HABITAT	SST 55	VAL TOURAINE HABITAT ZUP - BAT A2F
VAL TOURAINE HABITAT	SST 56	VAL TOURAINE HABITAT ZUP - BAT ED
FONCIA VAL DE LOIRE	SST 57	RESIDENCE LES TERRASSES
VAL TOURAINE HABITAT	SST 58	RESIDENCE GIROYE - BAT A
FONCIA VAL DE LOIRE	SST 59	RESIDENCE CHÂTEAU-GAILLARD
ASSOCIATION JEUNESSE ET HABITAT	SST 60	FOYER JEUNES TRAVAILLEURS
CHRU DE TOURS	SST 61	BATIMENT PSYCHIATRIQUE
NOUVEAU LOGIS CENTRE LIMOUSIN	SST 62	IMMEUBLE JEAN JAURES
VAL TOURAINE HABITAT	SST 63	RESIDENCE JAMES PRADIER - BAT A
INTERFACES	SST 64	PEPINIERE D'ENTREPRISES
SQUARE HABITAT	SST 65	RESIDENCE GEORGES SAND
NEXITY LAMY	SST 66	ILOTS GRATIAS II BATS 3 4 5 6
TOURAINE LOGEMENT	SST 67	ILOTS GRATIAS II BATS 7 8
CITYA BERANGER	SST 68	ILOTS GRATIAS 3 - LE DIAGONAL
SQUARE HABITAT	SST 69	2-4-6 RUE JEAN ANTOINE HOUDON
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 70	ECOLE DE MUSIQUE
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 71	EXTENSION ECOLE DE MUSIQUE
COMMUNE DE JOUE LES TOURS	SST 74	CENTRE AQUATIEU BULLE D'O

ANNEXE 3. PLAN D'INVESTISSEMENTS RENOUVELLEMENT

PLURIANNUEL ET DE

SCBC

Libellé de l'investissement	Date	Montant de l'investissement	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
RESEAU										
Investissements antérieurs à 1997		6 034 143,07	19 023,24	19 023,24	19 023,24	19 023,24	19 023,24	19 023,24	11 096,88	
Extension locaux sociaux	1998	56 661,18	2 507,56	2 507,56	2 507,56	2 507,56	2 507,56	2 507,56	1 462,74	
Raccordement G. Duhamel gymnase	1999	29 453,15	1 396,56	1 396,56	1 396,56	1 396,56	1 396,56	1 396,56	814,66	
Raccordement A. de Vigny gymnase	1999	31 381,63	1 488,00	1 488,00	1 488,00	1 488,00	1 488,00	1 488,00	868,00	
Conformité chaufferie ISO 14001	01/05/2001	102 777,87	5 339,11	5 339,11	5 339,11	5 339,11	5 339,11	5 339,11	3 114,48	
Création chaufferie gaz (CES P.de Comynes)	01/01/2002	50 062,58	2 693,95	2 693,95	2 693,95	2 693,95	2 693,95	2 693,95	1 571,47	
Plate forme mise en sécurité du personnel	01/08/2002	19 364,00	1 075,78	1 075,78	1 075,78	1 075,78	1 075,78	1 075,78	627,54	
Raccordement s/st Parcs et Jardins	01/07/2003	21 380,00	1 251,51	1 251,51	1 251,51	1 251,51	1 251,51	1 251,51	730,05	
Raccordement Salle des Fontaines	01/06/2004	18 326,00	1 133,57	1 133,57	1 133,57	1 133,57	1 133,57	1 133,57	661,25	
Création Réseau SUD	01/10/2007	10 069 795,78	325 886,77	325 886,77	325 886,77	325 886,77	325 886,77	325 886,77	325 886,77	325 886,77
Complément Réseau SUD	01/04/2008	1 017 692,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60
Solde Réseau SUD	01/04/2009	62 706,96	2 297,97	2 297,97	2 297,97	2 297,97	2 297,97	2 297,97	2 297,97	2 297,97
Adaptation chaufferie avenant 18 (CRE3)	01/11/2012	5 762 000,00	290 521,01	290 521,01	290 521,01	290 521,01	290 521,01	290 521,01	290 521,01	290 521,01
Local social et extérieur (aménagement anc)	01/08/2013	1 140 000,00	59 737,99	59 737,99	59 737,99	59 737,99	59 737,99	59 737,99	59 737,99	59 737,99
Raccordement Bouygues NR	19/12/2013	198 965,07	10 658,84	10 658,84	10 658,84	10 658,84	10 658,84	10 658,84	10 658,84	10 658,84
Raccordement Bouygues Lac	01/07/2014	51 123,36	2 814,13	2 814,13	2 814,13	2 814,13	2 814,13	2 814,13	2 814,13	2 814,13
Compteurs chaleur/ECS	01/07/2015	336 696,55	19 613,39	19 613,39	19 613,39	19 613,39	19 613,39	19 613,39	19 613,39	19 613,39
Sous-total RESEAU			760 689,52	771 903,28	781 709,98	781 709,98	781 709,98	781 709,98	766 747,77	745 800,70
COGENERATION										
Cogénération Nord (ex Cogestar)	01/01/2008	916 000,00	72 794,70	72 794,70	72 794,70	72 794,70	72 794,70	72 794,70	42 463,58	
Rewamping cogénération Nord	01/11/2009	3 073 018,83	249 523,80	249 523,80	249 523,80	249 523,80	249 523,80	249 523,80	249 523,80	207 636,50
Rewamping cogénération Nord solde	01/11/2010	60 593,44	5 424,71	5 424,71	5 424,71	5 424,71	5 424,71	5 424,71	5 424,71	4 520,59
Amortissement annuel			1 088 432,73	1 099 646,49	1 109 453,19	1 109 453,19	1 109 453,19	1 109 453,19	1 064 159,85	958 257,79
Amortissement cumulé		29 052 142,07	13 537 057,72	14 636 704,21	15 746 157,40	16 855 610,59	17 965 063,77	19 074 516,96	20 138 676,81	21 096 934,60

Libellé de l'investissement	Date	Montant de l'investissement	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
RESEAU										
Investissements antérieurs à 1997		6 034 143,07								
Extension locaux sociaux	1998	56 661,18								
Raccordement G. Duhamel gymnase	1999	29 453,15								
Raccordement A. de Vigny gymnase	1999	31 381,63								
Conformité chaufferie ISO 14001	01/05/2001	102 777,87								
Création chaufferie gaz (CES P.de Comynes)	01/01/2002	50 062,58								
Plate forme mise en sécurité du personnel	01/08/2002	19 364,00								
Raccordement s/st Parcs et Jardins	01/07/2003	21 380,00								
Raccordement Salle des Fontaines	01/06/2004	18 326,00								
Création Réseau SUD	01/10/2007	10 069 795,78	325 886,77	325 886,77	325 886,77	325 886,77	325 886,77	325 886,77	325 886,77	325 886,77
Complément Réseau SUD	01/04/2008	1 017 692,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60	34 270,60
Solde Réseau SUD	01/04/2009	62 706,96	2 297,97	2 297,97	2 297,97	2 297,97	2 297,97	2 297,97	2 297,97	2 297,97
Adaptation chaufferie avenant 18 (CRE3)	01/11/2012	5 762 000,00	290 521,01	290 521,01	290 521,01	290 521,01	290 521,01	290 521,01	290 521,01	290 521,01
Local social et extérieur (aménagement anc)	01/08/2013	1 140 000,00	59 737,99	59 737,99	59 737,99	59 737,99	59 737,99	59 737,99	59 737,99	59 737,99
Raccordement Bouygues NR	19/12/2013	198 965,07	10 658,84	10 658,84	10 658,84	10 658,84	10 658,84	10 658,84	10 658,84	10 658,84
Raccordement Bouygues Lac	01/07/2014	51 123,36	2 814,13	2 814,13	2 814,13	2 814,13	2 814,13	2 814,13	2 814,13	2 814,13
Compteurs chaleur/ECS	01/07/2015	336 696,55	19 613,39	19 613,39	19 613,39	19 613,39	19 613,39	19 613,39	19 613,39	19 613,39
Sous-total RESEAU			745 800,70	745 800,70	745 800,70	745 800,70	745 800,70	745 800,70	745 800,70	745 800,70
COGENERATION										
Cogénération Nord (ex Cogestar)	01/01/2008	916 000,00								
Rewamping cogénération Nord	01/11/2009	3 073 018,83								
Rewamping cogénération Nord solde	01/11/2010	60 593,44								
Amortissement annuel			745 800,70	745 800,70	745 800,70	745 800,70	745 800,70	745 800,70	745 800,70	745 800,70
Amortissement cumulé		29 052 142,07	21 842 735,30	22 588 536,00	23 334 336,70	24 080 137,40	24 825 938,10	25 571 738,80	26 317 539,50	27 063 340,20

Libellé de l'investissement	Date	Montant de l'investissement	2030	2031	2032	Amortissements cumulés
RESEAU						
Investissements antérieurs à 1997		6 034 143,07				6 034 143,07
Extension locaux sociaux	1998	56 661,18				56 661,18
Raccordement G. Duhamel gymnase	1999	29 453,15				29 453,15
Raccordement A. de Vigny gymnase	1999	31 381,63				31 381,63
Conformité chaufferie ISO 14001	01/05/2001	102 777,87				102 777,87
Création chaufferie gaz (CES P.de Commynes)	01/01/2002	50 062,58				50 062,58
Plate forme mise en sécurité du personnel	01/08/2002	19 364,00				19 364,00
Raccordement s/st Parcs et Jardins	01/07/2003	21 380,00				21 380,00
Raccordement Salle des Fontaines	01/06/2004	18 326,00				18 326,00
Création Réseau SUD	01/10/2007	10 069 795,78	325 886,77	325 886,77	217 257,85	10 069 795,78
Complément Réseau SUD	01/04/2008	1 017 692,60	34 270,60	34 270,60	22 847,07	1 017 692,60
Solde Réseau SUD	01/04/2009	62 706,96	2 297,97	2 297,97	1 531,98	62 706,96
Adaptation chaufferie avenant 18 (CRE3)	01/11/2012	5 762 000,00	290 521,01	290 521,01	193 680,67	5 762 000,00
Local social et extérieur (aménagement anc	01/08/2013	1 140 000,00	59 737,99	59 737,99	39 825,33	1 140 000,00
Raccordement Bouygues NR	19/12/2013	198 965,07	10 658,84	10 658,84	7 105,90	198 965,07
Raccordement Bouygues Lac	01/07/2014	51 123,36	2 814,13	2 814,13	1 876,09	51 123,36
Compteurs chaleur/ECS	01/07/2015	336 696,55	19 613,39	19 613,39	13 075,59	336 696,55
<i>Sous-total RESEAU</i>		<i>25 002 529,80</i>	<i>745 800,70</i>	<i>745 800,70</i>	<i>497 200,47</i>	<i>25 002 529,81</i>
COGENERATION						
Cogénération Nord (ex Cogestar)	01/01/2008	916 000,00				916 000,00
Rewamping cogénération Nord	01/11/2009	3 073 018,83				3 073 018,83
Rewamping cogénération Nord solde	01/11/2010	60 593,44				60 593,44
Amortissement annuel			745 800,70	745 800,70	497 200,47	29 052 142,08
Amortissement cumulé		29 052 142,07	27 809 140,91	28 554 941,61	29 052 142,08	

ANNEXE 4. EVOLUTIONS DES RESEAUX

La Rabaterie Saint-Pierre-des-Corps

Avant 2016			Extensions 2016		
DN	Mètres de tranchées	Mètres de tranchées	DN	Mètres de tranchées	Mètres de tranchées
DN25	7	675	DN25	0	442
DN32	3		DN32	0	
DN40	116		DN40	67	
DN50	346		DN50	84	
DN65	203		DN65	292	
DN80	490	1467	DN80	197	838
DN90	165		DN90	0	
DN100	739		DN100	394	
DN125	72		DN125	246	
DN150	142	1004	DN150	513	989
DN175	505		DN175	0	
DN200	87		DN200	48	
DN225	270		DN225	0	
DN250	0		DN250	428	
DN300	0	0	DN300	93	93
TOTAL	3145	3145	TOTAL	2362	2362

Extensions 2017			TOTAL		
DN	Mètres de tranchées	Mètres de tranchées	DN	Mètres de tranchées	Mètres de tranchées
DN25	0	335	DN25	7	1451
DN32	0		DN32	3	
DN40	0		DN40	182	
DN50	0		DN50	430	
DN65	335		DN65	829	
DN80	0	525	DN80	688	2829
DN90	0		DN90	165	
DN100	0		DN100	1134	
DN125	525		DN125	843	
DN150	0	0	DN150	655	1993
DN175	0		DN175	505	
DN200	0		DN200	135	
DN225	0		DN225	270	
DN250	0		DN250	428	
DN300	0	0	DN300	93	93
TOTAL	859	859	TOTAL	6366	6366

6

DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ DU TERRITOIRE DE LA MÉTROPOLE DE TOURS AUX IMPACTS DU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE

SOMMAIRE

1. LA METHODE DE REALISATION DU DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE	3
2. L'EXPOSITION DU TERRITOIRE AUX ALEAS CLIMATIQUES D'HIER, D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN 4	
2.1. LE CLIMAT TOURANGEAU AUJOURD'HUI	4
2.2. L'EXPOSITION OBSERVEE : CINQUANTE ANS D'OBSERVATION DU CLIMAT TOURANGEAU ET DE SES IMPACTS	6
a. Les températures.....	6
b. Les précipitations	14
c. Les vents	17
d. Les inondations : un aléa induit par les fortes précipitations, mais pas uniquement.....	17
e. Les inondations par crues.....	18
f. Les inondations urbaines par ruissellement.....	20
g. Les sécheresses, des aléas induits par les faibles précipitations notamment	21
h. Les incendies	25
i. Les catastrophes naturelles : prédominance des retraits et gonflements d'argiles et inondations	25
j. Les effets d'îlot de chaleur urbain	28
2.3. L'EXPOSITION FUTURE : LES TENDANCES DU CLIMAT TOURANGEAU DE DEMAIN	30
a. Le climat futur étudié selon 2 scénarios du GIEC : éléments de méthode	30
b. Augmentation des températures moyennes et extrêmes	33
c. Des précipitations modérément réduites en été et accentuées l'hiver.....	38
d. Une évolution des précipitations extrêmes encore difficile à prévoir	40
e. Une baisse certaine du débit des cours d'eau.....	42
f. Sécheresse	44
g. Synthèse des connaissances actuelles sur le climat futur.....	46
3. LA VULNERABILITE DU TERRITOIRE : A LA CROISEE DES IMPACTS POTENTIELS ET DE NOTRE CAPACITE D'ADAPTATION	47
3.1. La santé humaine	48

3.2. La biodiversité	59
3.3. L'agriculture.....	72
3.4. Les activités économiques.....	80
3.5. Les infrastructures (espaces bâtis et réseaux urbains) et services publics (eau potable et assainissement)	89
4. ENJEUX TRANSVERSAUX	96
4.1. Economiser et partager l'eau	96
4.2. Vulnérabilité sociale	105
4.3. Prendre en compte et organiser la solidarité territoriale	114
5. CONSIDERATIONS FINALES.....	115
6. SIGLES ET ACRONYMES	119
7. GLOSSAIRE.....	120
8. BIBLIOGRAPHIE.....	123

1. LA METHODE DE REALISATION DU DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE

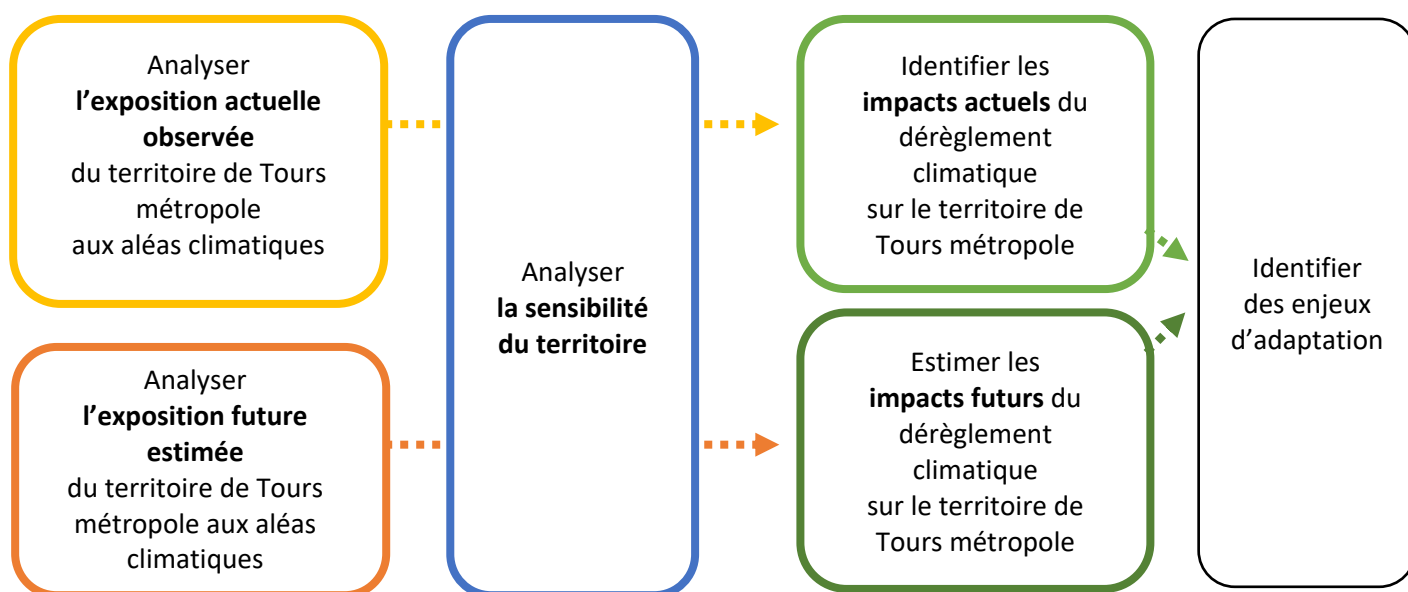
Pour réaliser le présent diagnostic, un groupe d'experts a été constitué et s'est réuni six fois sur une période de deux mois (fin avril à fin juillet 2022).

Il était composé des personnes suivantes :

Lucie Morère	Tours Métropole Val de Loire, Direction de la Transition écologique	Chargée de mission climat et qualité de l'air
Bénédicte Métais	Agence d'Urbanisme de Tours	Urbaniste, géographe
Pierre Bonnin	Météo France	Climatologiste
Marion Bernard	Association SEPANT	Chargée de mission agronomie, eau, environnement
François Bertrand	UMR CITERES	Chercheur en aménagement de l'espace et urbanisme, spécialiste du changement climatique et action locale

La démarche TACCT (Trajectoires d'Adaptation au Changement Climatique des Territoires) de l'ADEME a inspiré le groupe de travail. Les étapes représentées dans le schéma ci-dessous (figure 1) ont rythmé l'avancement du groupe de travail.

Figure 1 : étapes de réalisation du diagnostic de vulnérabilité proposées par la démarche TACCT de l'ADEME



Entre deux séances, il revenait à la chargée de mission de collecter les données identifiées par le groupe de travail et de les exploiter dans le présent rapport. Ces données sont issues de plusieurs organisations et personnes ressources internes à Tours Métropole ou externes.

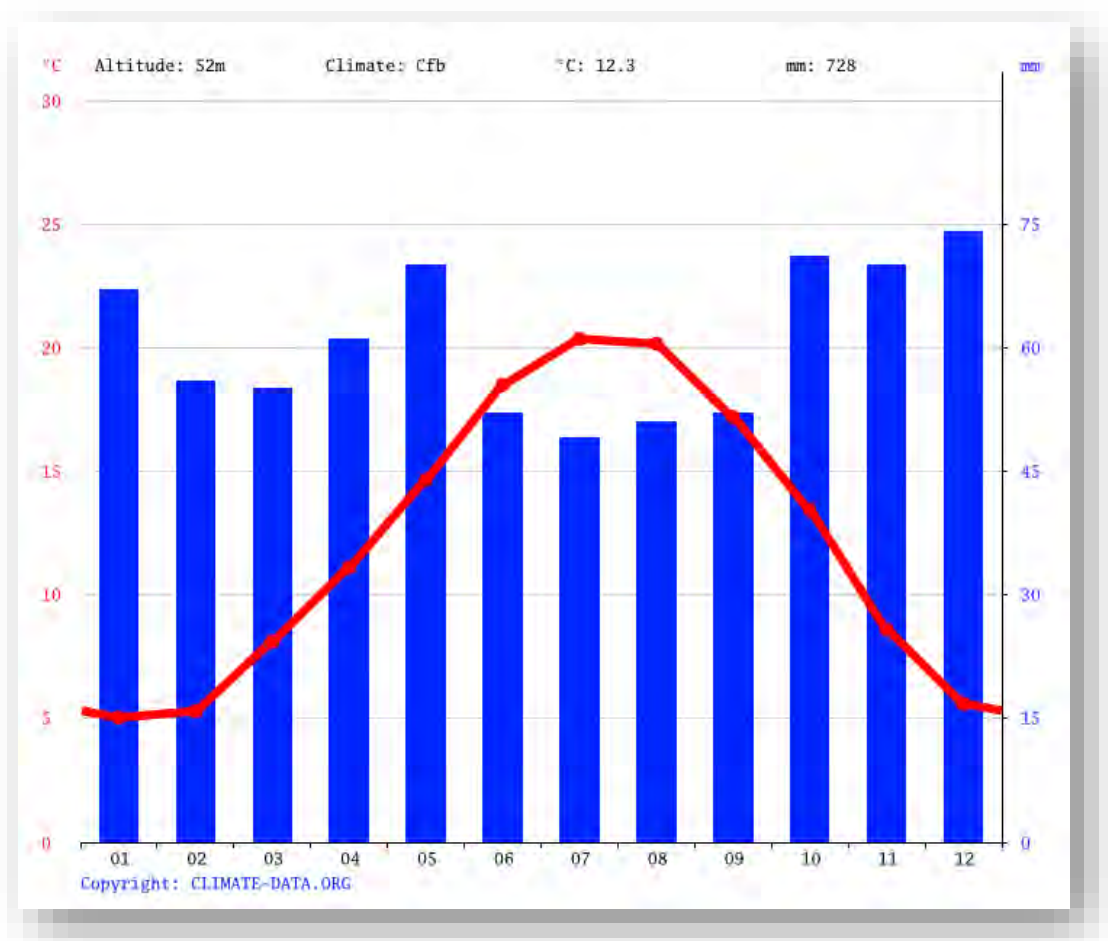
Une première version de ce diagnostic a fait l'objet de plusieurs présentations qui ont permis à différents groupe d'acteurs de réagir et d'apporter des compléments, ajoutés à la version finale. Le comité de pilotage, le panel d'experts, les membres du Conseil de Développement, le panel des agents de Tours Métropole identifiés comme référent climat ont ainsi été consultés.

2. L'EXPOSITION DU TERRITOIRE AUX ALEAS CLIMATIQUES D'HIER, D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN

2.1. Le climat tourangeau aujourd'hui

Le climat de Tours est dit tempéré chaud. Les précipitations sont importantes. Même lors des mois les plus secs, les averses persistent encore. D'après Köppen et Geiger, le climat y est classé Cfb, ce qui correspond à un climat océanique, caractérisé par des hivers doux et humides et des étés plus frais que pour les climats subtropicaux. Sur l'année, la température moyenne à Tours est de 12.3 °C. Il tombe en moyenne 728 mm de pluie par an (figure 2) (Climate data).

Figure 2 : Diagramme ombrothermique de Tours



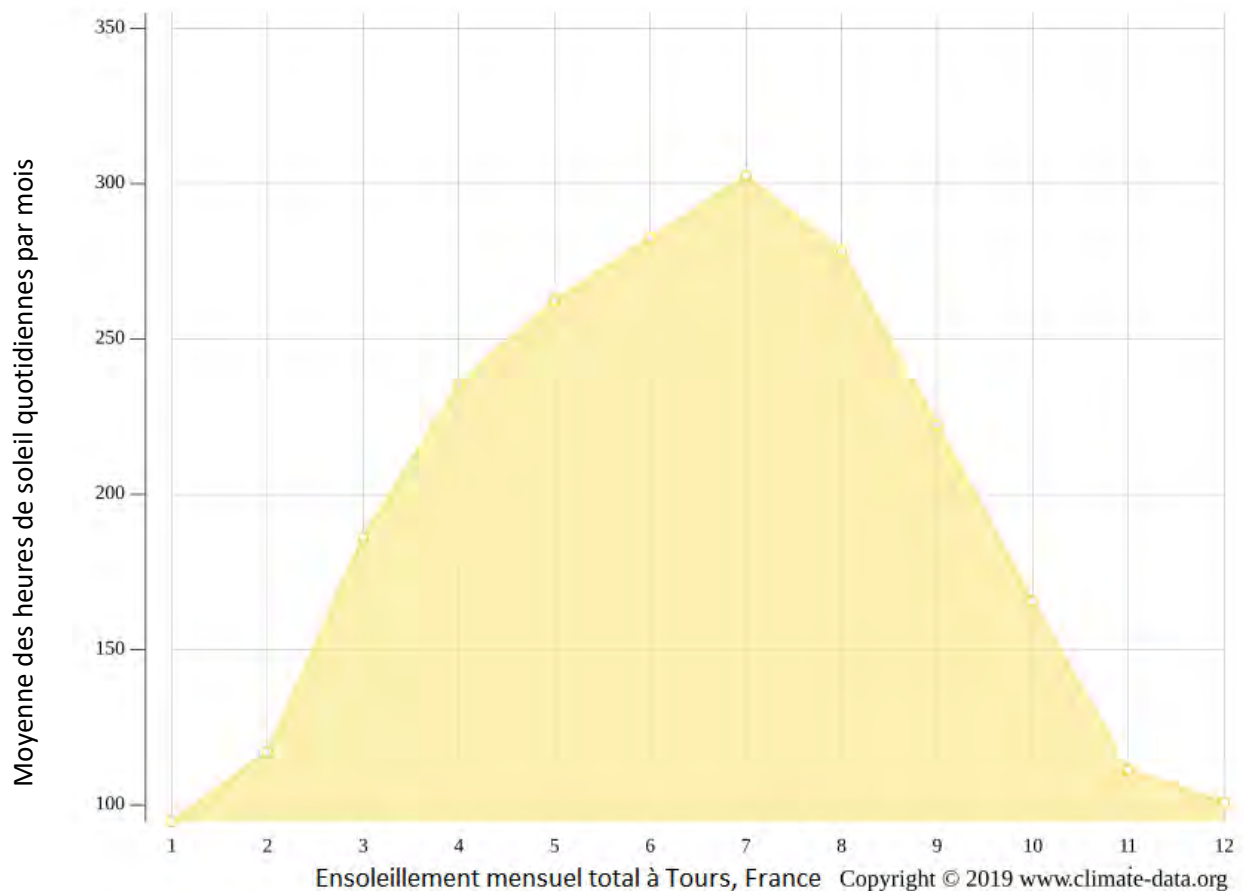
Les précipitations moyennes les plus faibles sont enregistrées en juillet, avec 49 mm seulement. Les précipitations records sont enregistrées en décembre. Elles sont de 74 mm en moyenne.

Juillet est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 20.4 °C à cette période. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 5.0 °C (figure 2).

Une différence de 25 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. Une différence de 15.3 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année.

La valeur la plus basse de l'humidité relative est mesurée en juillet (62.5 %). L'humidité relative est la plus élevée en décembre (85.1 %). En moyenne, le mois le moins pluvieux est celui de septembre (7.9 jours). Le mois avec le plus pluvieux est celui de novembre (11.8 jours). (Climate data)

Figure 3 : Ensoleillement à Tours



C'est en juillet que le plus grand nombre d'heures d'ensoleillement quotidien est mesuré à Tours en moyenne. En juillet, il y a en moyenne 9.8 heures d'ensoleillement par jour et un total de 302.4 heures d'ensoleillement pour tout le mois de Juillet.

C'est en janvier que le nombre d'heures d'ensoleillement quotidien le plus bas est mesuré à Tours, en moyenne. En Janvier, il y a en moyenne 3.3 heures d'ensoleillement par jour et un total de 101 heures d'ensoleillement pour tout le mois (figure 3).

Environ 2359.1 heures d'ensoleillement sont comptées à Tours tout au long de l'année. Il y a en moyenne 77.4 heures d'ensoleillement par mois.

2.2. L'exposition observée : cinquante ans d'observation du climat tourangeau et de ses impacts

L'analyse du dérèglement climatique concerne les principales **variables atmosphériques** telles que la température, les précipitations ou le vent, à la fois dans leur comportement moyen mais également pour leurs valeurs extrêmes (DRIAS, 2020, p.19).

Les graphiques qui suivent sont issus de la plateforme de Météo France : Climat HD.

Les données disponibles concernent l'échelle nationale ou régionale. Pour la Région Centre Val de Loire, certaines données plus détaillées sont disponibles par station météo. A chaque fois que cela était possible, la station la plus proche de Tours a été choisie. Il en résulte que certains graphiques concernent la station de Tours (figure 4), Romorantin (figure 5) ou toute la région Centre Val de Loire (figure 6)

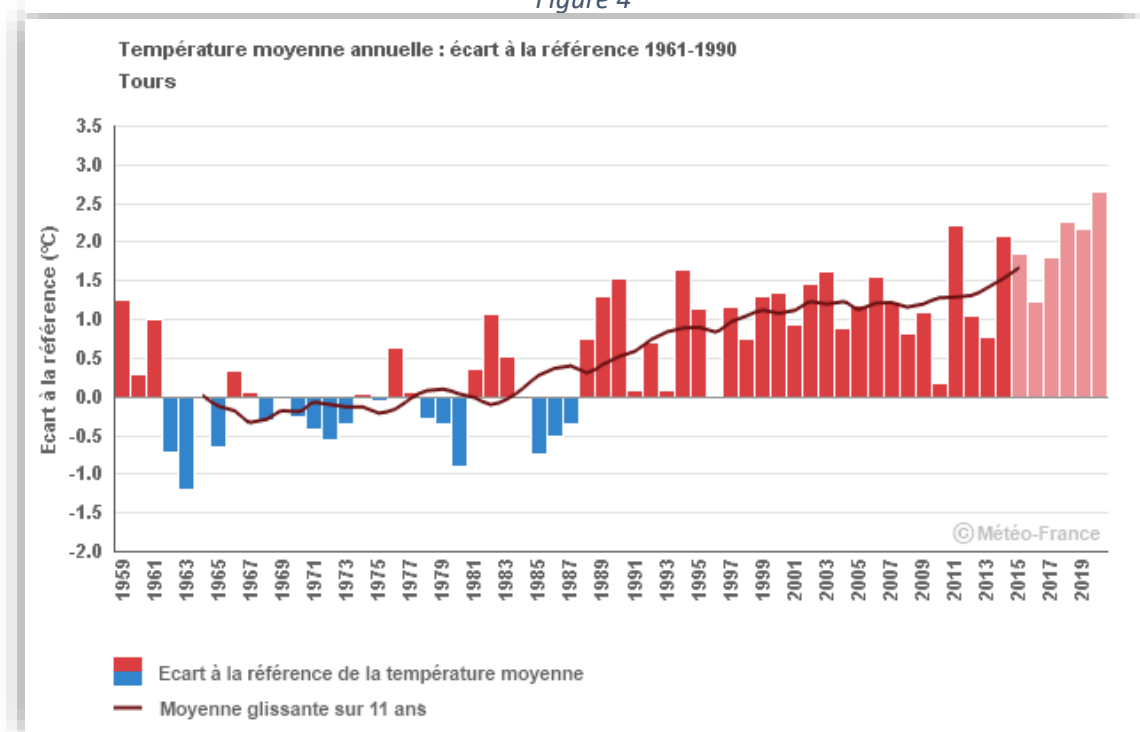
a. Les températures

La température annuelle de l'air

L'évolution des températures moyennes annuelles en Centre-Val de Loire (figure 4) montre **un net réchauffement depuis 1959**. Sur la période 1959-2009, la tendance observée sur les températures moyennes est de **+ 0,3 °C par décennie**.

Les trois années les plus chaudes depuis 1959 en Centre-Val de Loire (2011, 2018 et 2020) ont été observées au XXI^e siècle.

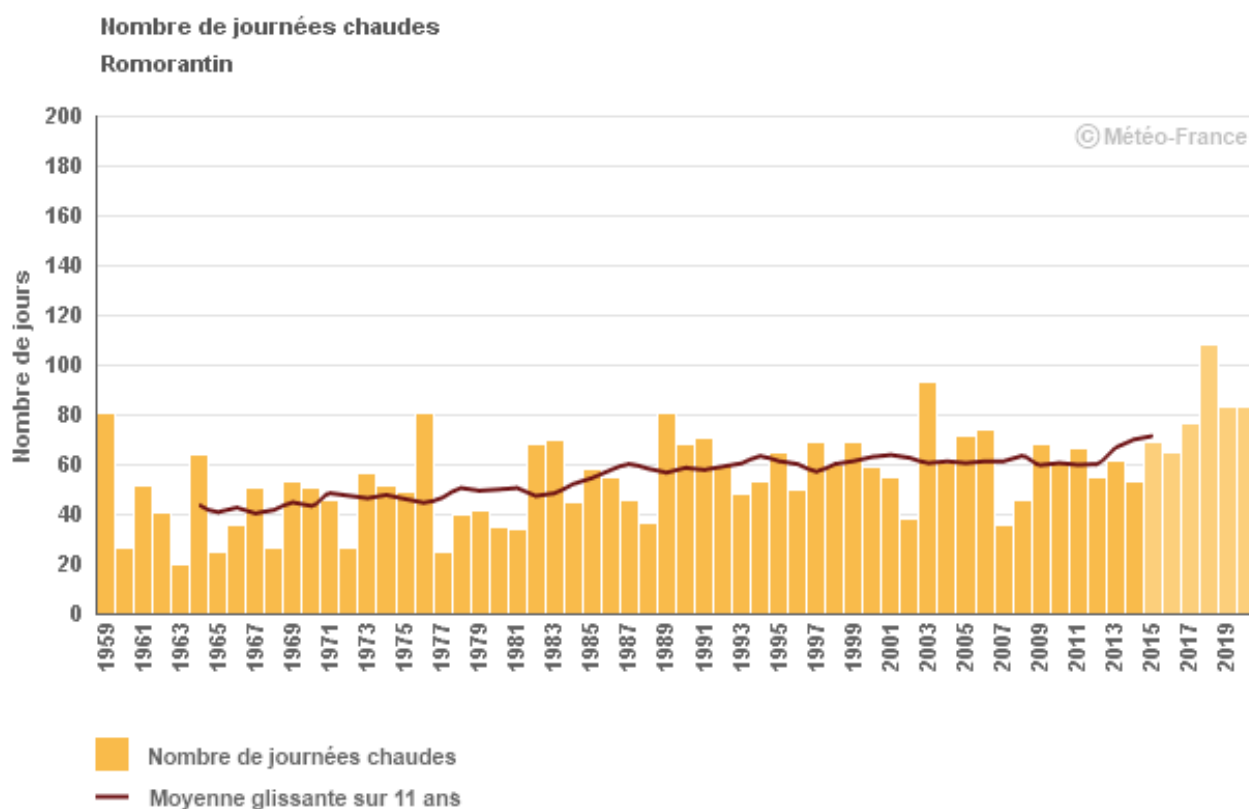
Figure 4



Le **nombre annuel de journées chaudes**¹ (figure 5) est très variable d'une année sur l'autre en région Centre-Val de Loire, mais relativement homogène géographiquement. Sur la période 1959-2020, la région Centre-Val de Loire présente une **forte augmentation du nombre de journées chaudes de l'ordre de 2 à 6 jours par décennie**.

2003, 2018 et 2019 sont les années ayant connu le plus grand nombre de journées chaudes. En 2018, le nombre de journées chaudes a atteint une valeur record avec plus du double de la normale.

Figure 5



Ces analyses sont confirmées dans le rapport ORACLE de la région Centre (Observatoire Régional sur l'Agriculture et le changement Climatique) qui souligne que « *Le nombre de jours estivaux² par an a nettement augmenté en Centre Val-de-Loire au cours de ces 59 dernières années avec + 4,3 jours par décennie en moyenne.* » (ORACLE Centre, 2019, p16)

¹ Une journée chaude est une journée au cours de laquelle la température maximale quotidienne (observée entre J à 06h UTC et J+1 à 6h UTC) dépasse 25°C. (Météo France, Climat HD).

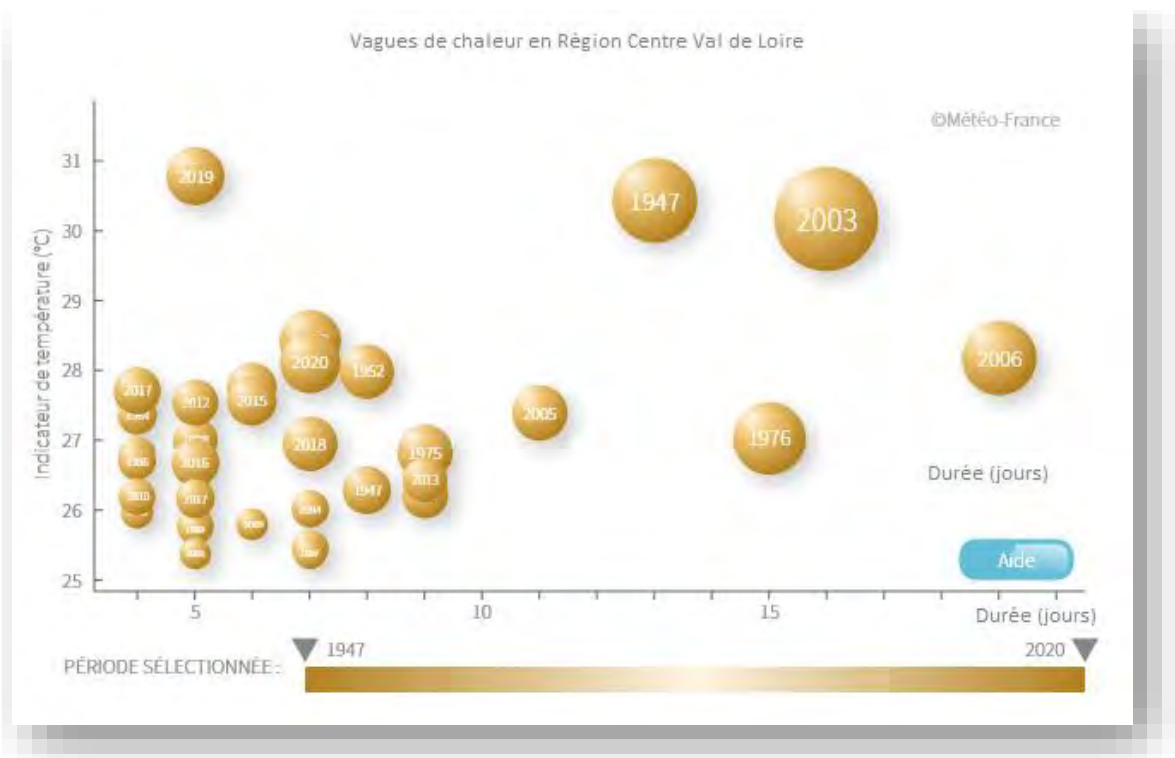
² Une journée est considérée comme « estivale » si la température dépasse 25 °C.

La figure 6 renseigne sur les **vagues de chaleur**³ recensées en région Centre-Val de Loire entre 1947 et 2020. Sur la figure, une vague de chaleur est représentée par une bulle.

- La position du centre de la bulle, sur l'axe des abscisses, renseigne la durée de cette vague de chaleur. Par exemple, celle de 2003 a duré 16 jours ;
- la position du centre de la bulle, sur l'axe des ordonnées, renseigne la température maximale atteinte pendant cette vague de chaleur. Par exemple, la vague de chaleur de 2003 a atteint 30°C.
- La taille de la bulle (sa superficie) représente l'ampleur de la vague de chaleur. Cette superficie est proportionnelle à la durée ainsi qu'aux températures atteintes lors de cette vague de chaleur. Plus la taille de la bulle est importante, plus la vague de chaleur l'a été également, ce qui permet une comparaison en un seul coup d'œil.

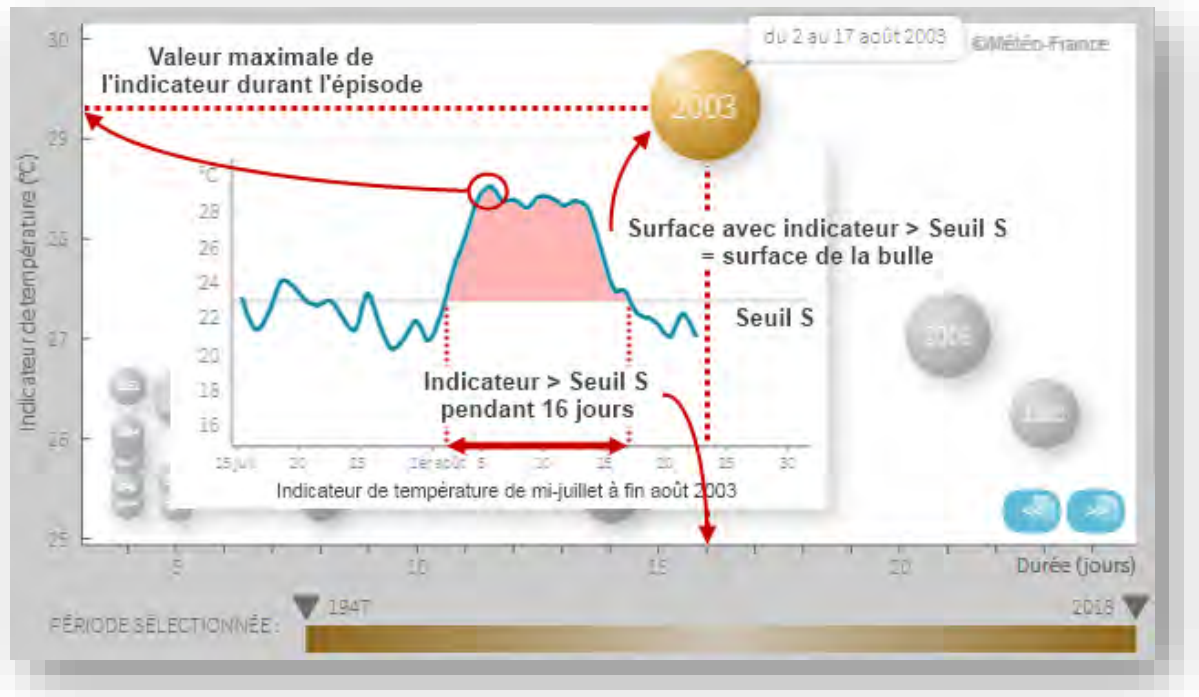
On constate sur la figure 6 que les vagues de chaleur ont été sensiblement plus nombreuses au cours des dernières décennies. Cette évolution se matérialise aussi par l'occurrence d'événements plus longs et plus sévères ces dernières années. Ainsi, les trois vagues de chaleur les plus longues et trois des quatre épisodes les plus sévères se sont produits après 2000.

Figure 6: vagues de chaleur



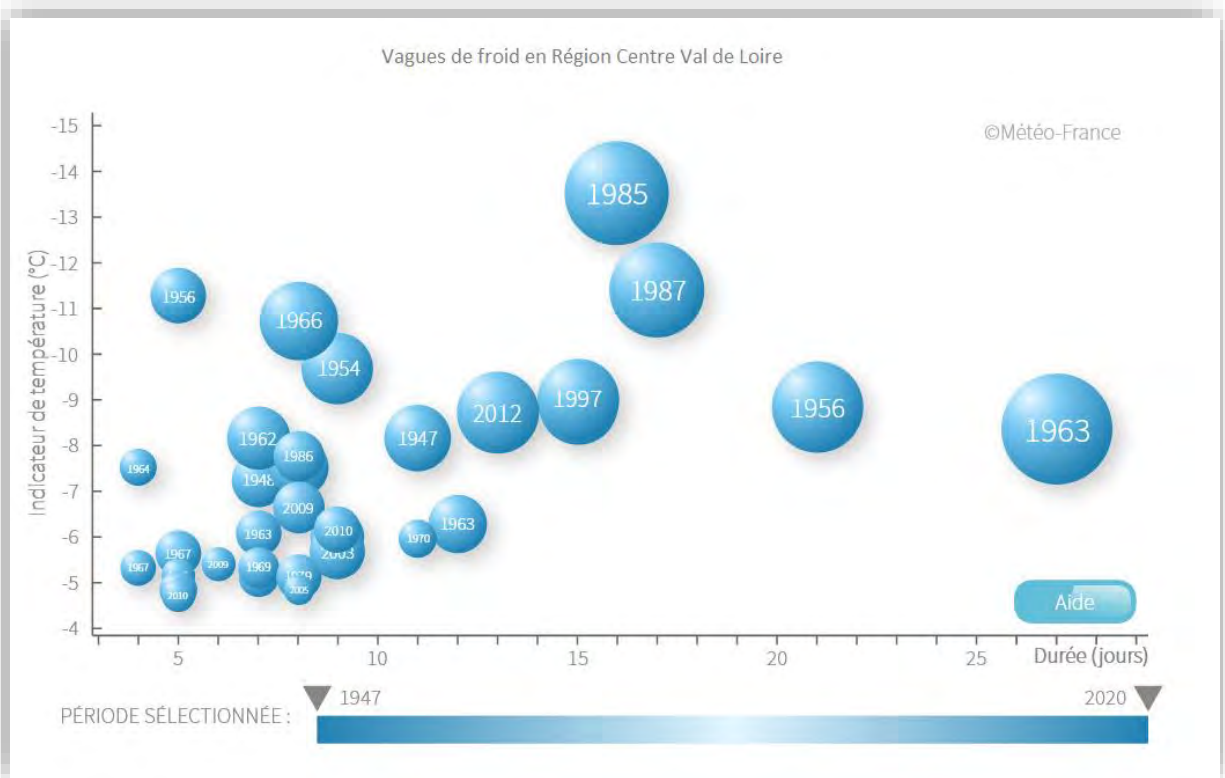
³ Les vagues de chaleur correspondent à des températures anormalement élevées, observées pendant plusieurs jours consécutifs. Mais il n'existe pas de définition universelle du phénomène : les niveaux de température et la durée de l'épisode qui permettent de caractériser une vague de chaleur varient selon les régions du monde et les domaines considérés (caractérisation d'un point de vue climatologique, activité de recherche, dispositif de vigilance météorologique).

Guide de lecture de la figure 6 :



Les vagues de froid

Figure 7



Les **vagues de froid** recensées depuis 1947 en région Centre-Val de Loire **ont été moins nombreuses au cours des dernières décennies.**

Cette évolution est encore plus marquée depuis le début du XXI^e siècle, les épisodes devenant progressivement moins intenses (indicateur de température) et moins sévères (taille des bulles de la

figure 7). Ainsi, les six vagues de froid les plus longues, les quatre les plus intenses et les quatre les plus sévères se sont produites avant 2000.

La vague de froid observée du 11 janvier au 6 février 1963 est la plus sévère survenue sur la région. Mais c'est toutefois durant l'épisode du 3 au 18 janvier 1985 qu'a été observée la journée la plus froide depuis 1947 (voir figure 7).

Figure 8 : l'hiver 1938, la Loire était gelée (photo extraite du livre *Tours Mémoire d'une ville*, 2013)



Cette photo de militaires, marchant sur la Loire gelée à Tours à l'hiver 1938, nous rappelle la rudesse des hivers du début du 20ème siècle (Tours, 2013, p 18 et 19).

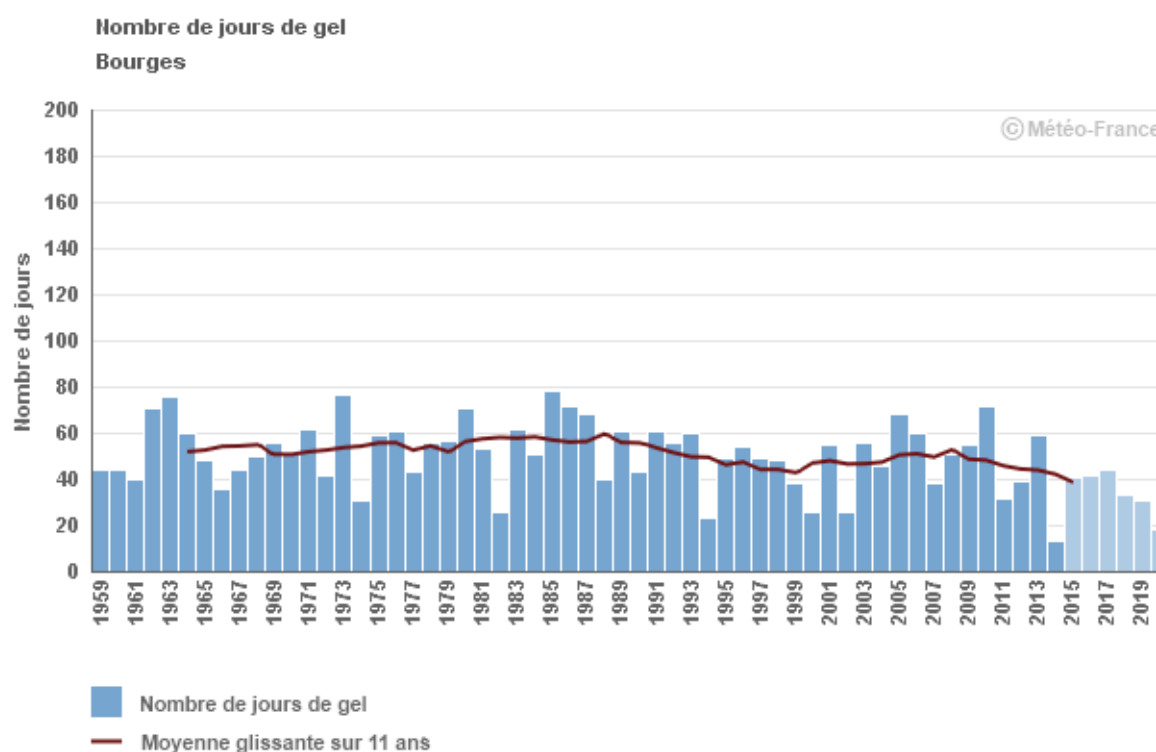
Les jours de gel

Le **nombre annuel de jours de gel**⁴ est très variable d'une année sur l'autre. En cohérence avec l'augmentation des températures, le nombre annuel de jours de gel diminue (figure 9). Sur la période 1961-2010, l'évolution observée en région Centre-Val de Loire est de **l'ordre de -1 à -3 jours par décennie**.

Les plus faibles nombres de jours de gel depuis 1959 ont été observés en 2014 et 2020, avec des valeurs exceptionnelles de 15 et 21 jours de gel, à comparer avec une valeur normale de 60 jours de gel par an en région Centre-Val de Loire.

⁴ Un jour de gel est une journée au cours de laquelle la température minimale quotidienne est inférieure ou égale à 0°C (Météo France / Climat HD).

Figure 9 : Les jours de gel (Meteo France, Climat HD)



D'après l'Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement Climatique (ORACLE), il semblerait que **la durée de la période de gel diminue également**.

En revanche, **le décalage de la période de gel** (gelée automnale plus tardive ou gelée printanière plus précoce) **n'est pas clairement établi**. Les tendances observées sont majoritairement non significatives. Il semble que la forte variabilité inter annuelle laissera apparaître certaines années des valeurs équivalentes à celles d'aujourd'hui au cours du XXIème siècle (ORACLE).

Les plantes, ayant une avancée des cycles végétatifs de par le réchauffement climatique, se trouveront alors sujettes au risque de gel printanier, malgré la diminution du nombre de jours de gel annuel (Dubreuil et al., 2012).

La température des cours d'eau

La température de l'eau est un facteur climatique induit par la température de l'air notamment. Il est nécessaire de la prendre en compte étant donnée la diversité de conséquences que celle-ci peut engendrer sur la biodiversité comme sur les activités socio-économiques.

Tours Métropole Val de Loire est traversé par la Loire, et en particulier son « tronçon moyen », situé entre l'amont et l'aval, de Nevers à Angers (figure 10).

Les recherches de Moatar and Gailhard (2006) montrent que la température de l'eau du tronçon moyen de la Loire (mesurée à Dampierre-en-Burly, près de Gien) a augmenté de + 1,5 °C en moyenne depuis 1975 (figure 11).

Une modélisation des températures passées et futures de l'eau de la Loire montre une augmentation de la température entre 0,4° et 0,6°C par décade (figure 12).

Figure 10 : le tronçon moyen de la Loire

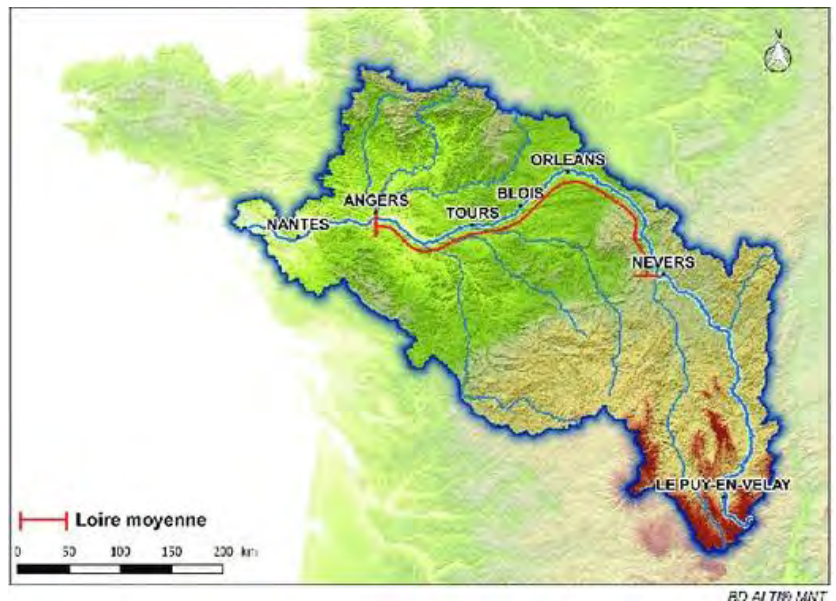


Figure 11 : Augmentation de la température de la Loire mesurée

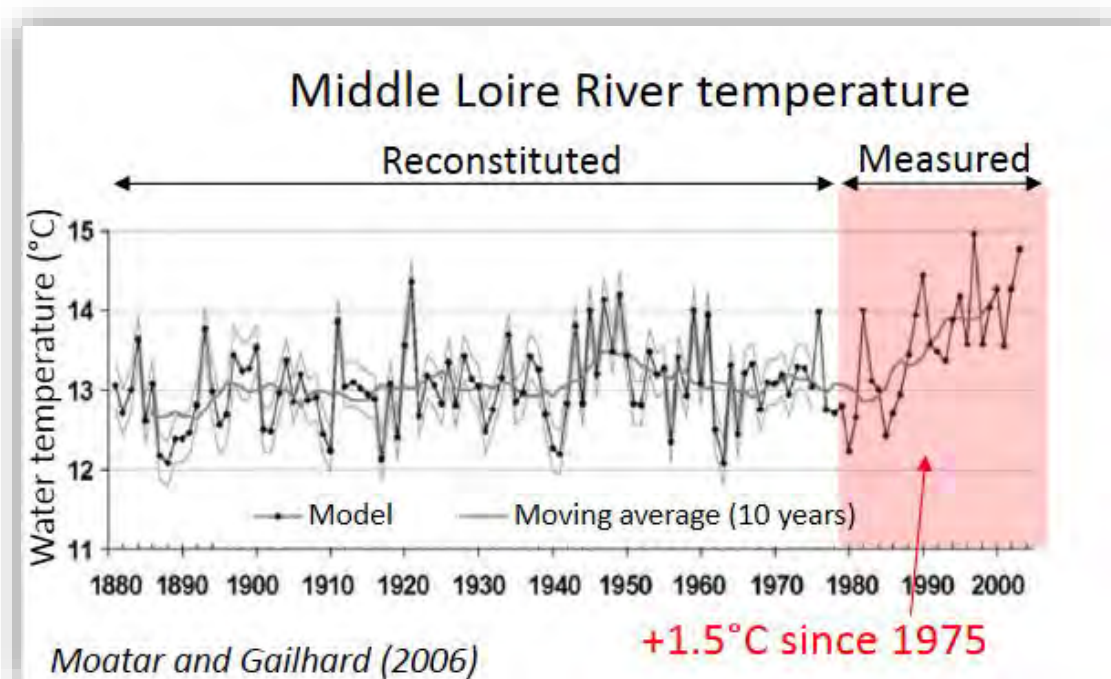
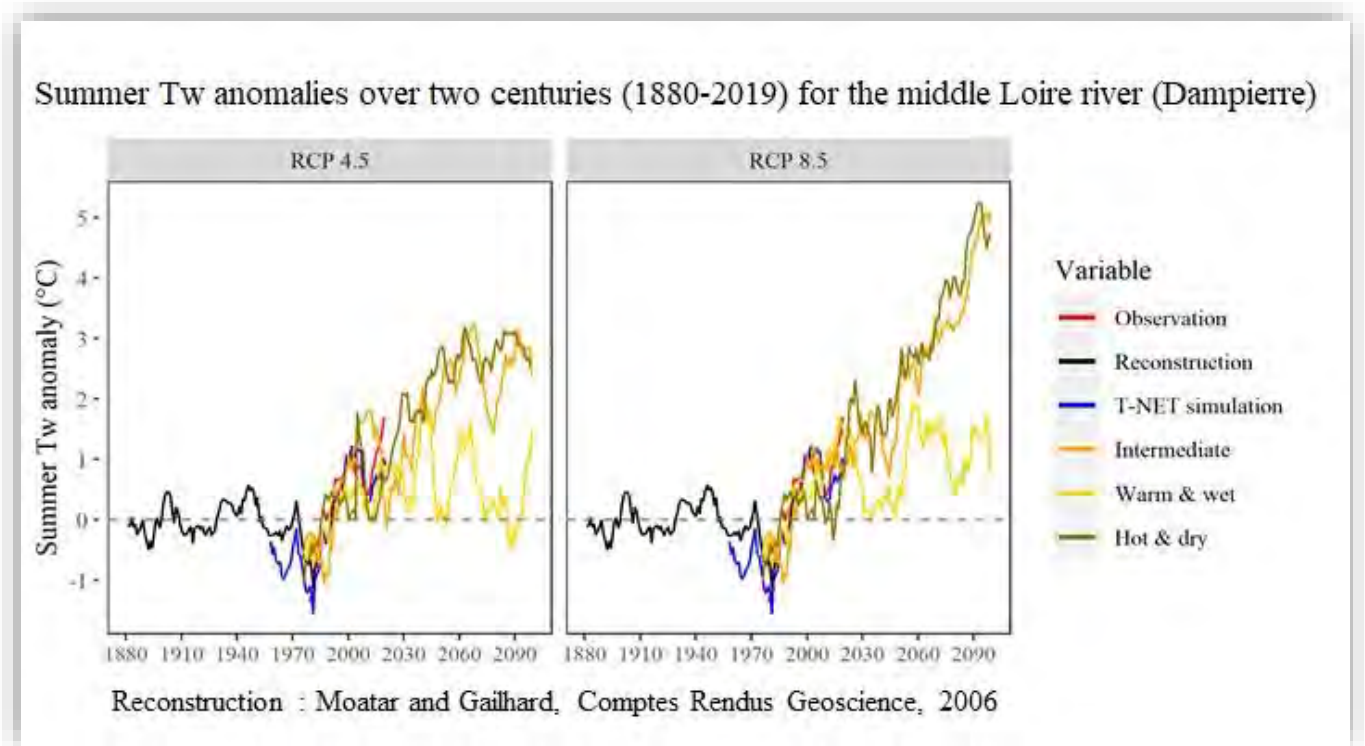


Figure 12 : Evolution reconstituée de la température de la Loire moyenne durant 2 siècles



A ce jour, nous n'avons pas de données sur la température des plans d'eau du territoire (entretien avec la directrice du laboratoire de recherche en géosciences de l'Université de Tours, mai 2022).

b. Les précipitations

Cumul annuel des précipitations

En Centre-Val de Loire, les précipitations annuelles présentent **une légère augmentation depuis 1961** (Météo France / climat HD) (figure 13).

Le rapport ORACLE conclut quant à lui que la plupart des tendances observées pour le cumul annuel des pluies ne sont pas significatives. Ce qui signifie que **les départements de la Région Centre ont un cumul annuel relativement constant depuis 59 ans** (ORACLE, p25).

En Région Centre, on observe de **fortes variations de précipitations d'une année à l'autre** pouvant atteindre jusqu'à 400 mm d'écart entre deux années consécutives. Si cet écart est moins élevé à Tours, on notera la proximité d'épisodes extrêmes, avec un maximum de 931 mm de pluie pour l'année 1999 et un minimum de 400 mm 6 ans plus tard, en 2005 (voir figure 13).

Cette variation annuelle, nettement supérieure à la variation tendancielle sur la période d'étude, **perturbe la perception d'une tendance éventuelle**. ORACLE Pays de la Loire montre également que les stations aux mêmes latitudes que la région Centre Val-de-Loire ne dégagent pas de tendance claire.

Figure 13 : Cumul annuel de précipitations (météo France, Climat HD)

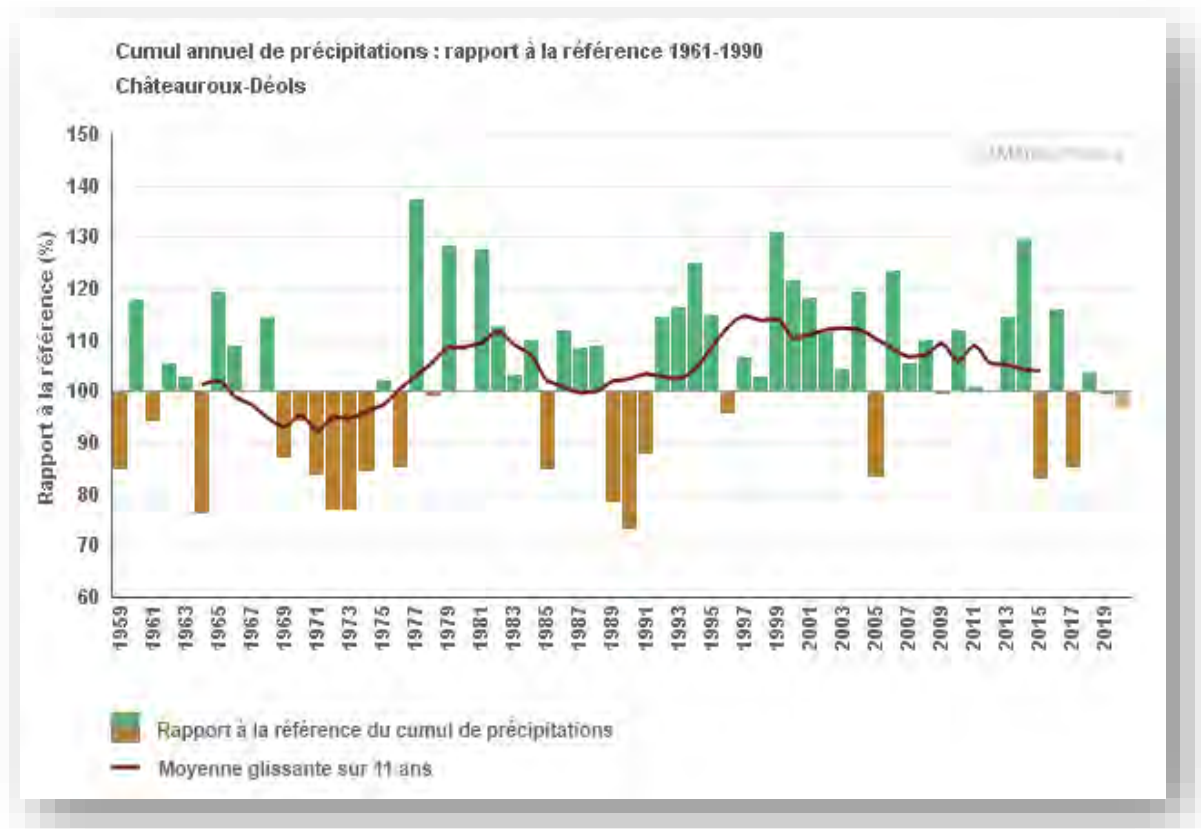


Figure 14 : Cumul annuel des précipitations par décennie (Chambre régionale d'agriculture CVL 2021, p 6)

Au niveau régional, toutes les tendances observées pour le cumul annuel des pluies ne sont pas significatives, néanmoins elles sont toutes positives (+ 9 mm de pluie/10 ans en moyenne). (Chambre régionale d'agriculture CVL 2021, p.6)

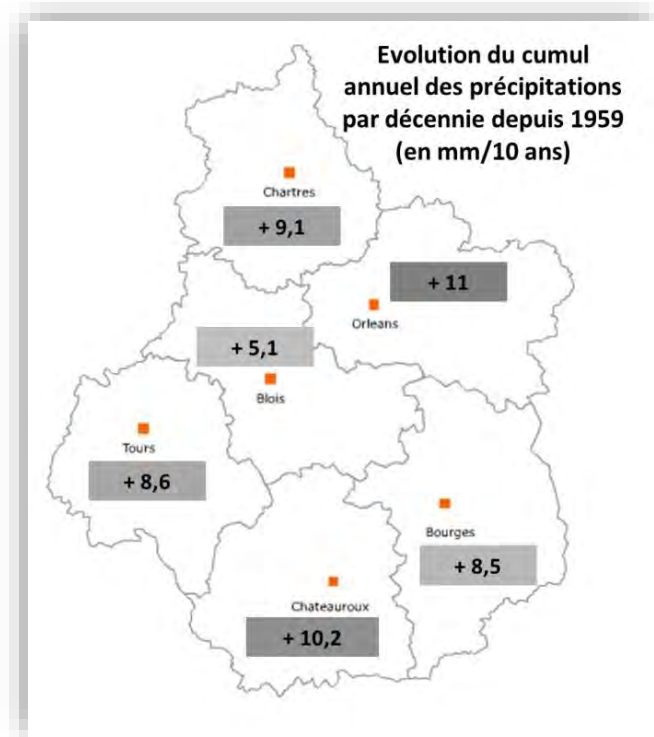
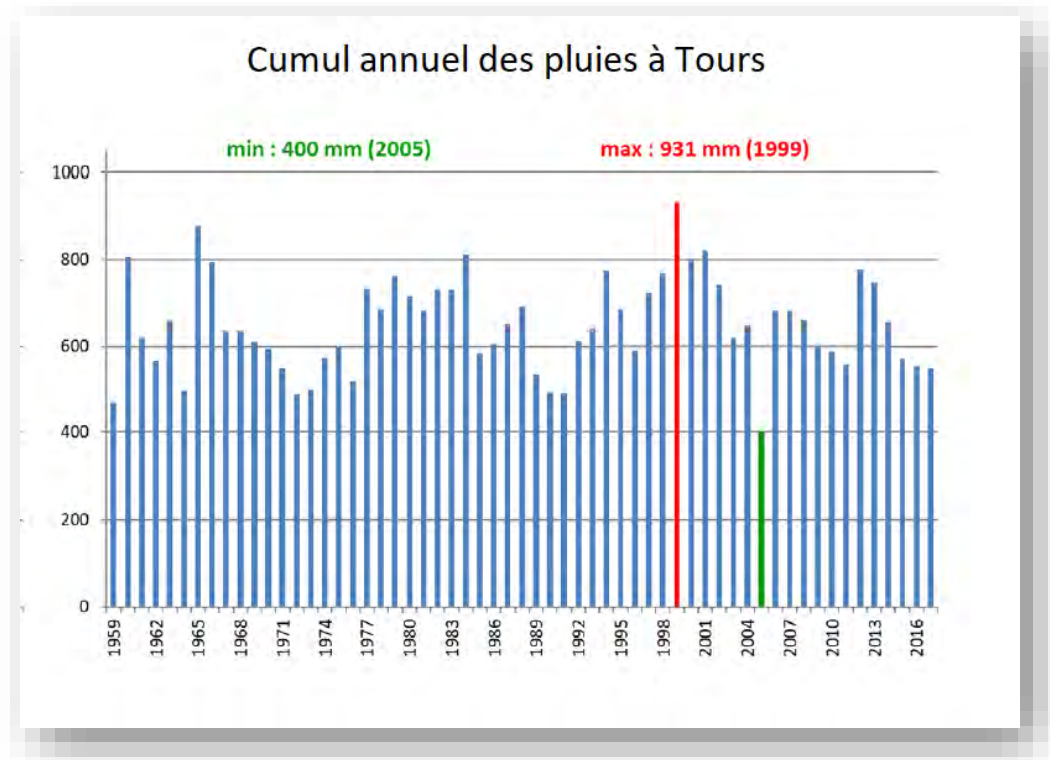


Figure 15 : Cumul annuel des pluies à Tours



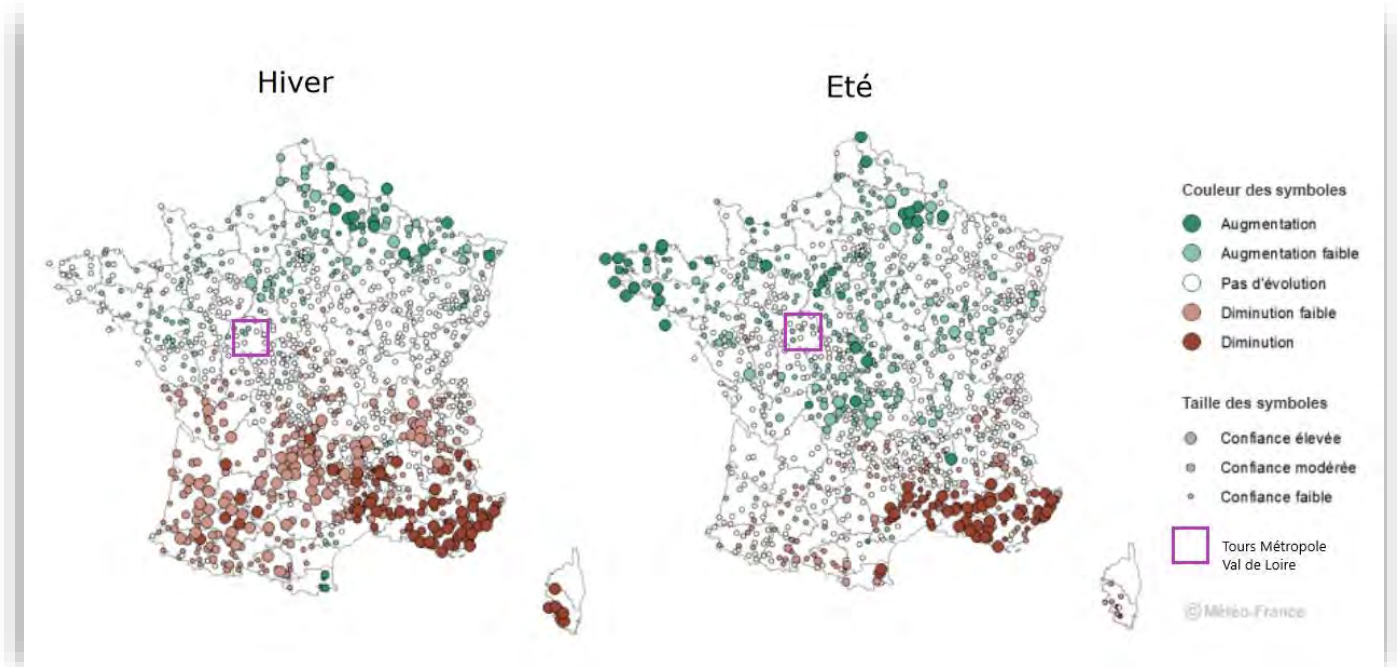
Le rapport ORACLE avertit que le fait de considérer des moyennes annuelles peut masquer des tendances différentes pour chacune des saisons et nous invite à considérer également l'évolution des précipitations saisonnières, voire mensuelles.

Cumul saisonnier des précipitations

L'étude des cumuls trimestriels met en avant qu'au cours des 60 dernières années, **on n'observe pas de tendance marquée, à la hausse ou à la baisse, du cumul saisonnier des pluies en région Centre Val-de-Loire** (ORACLE 2019, p31).

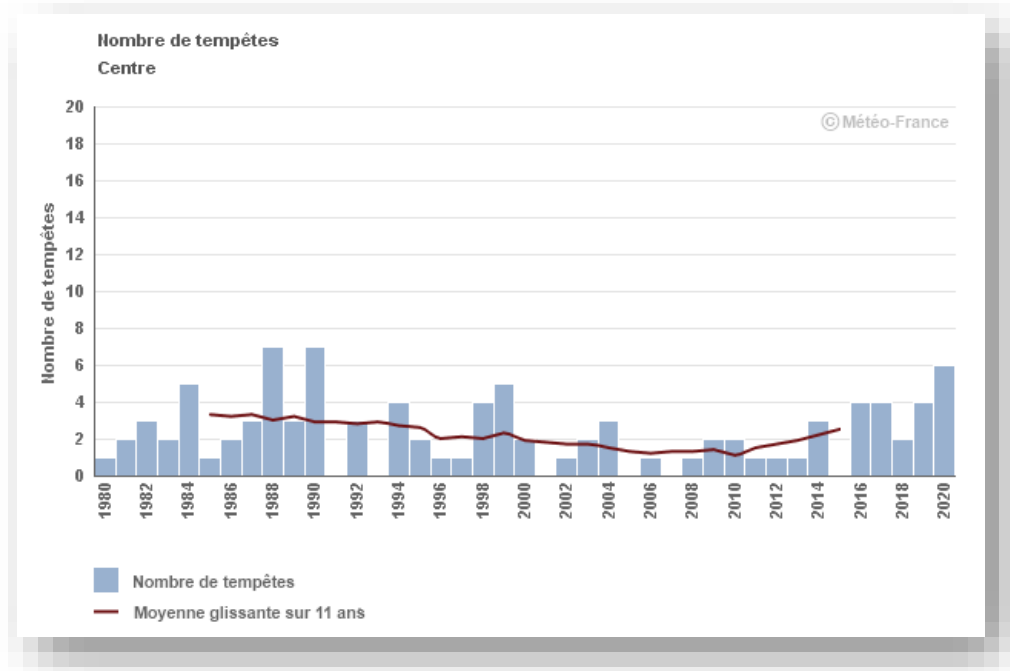
Météo-France a détecté une augmentation des précipitations hivernales au nord de la France et une diminution au sud de la France (Moisselin, Schneider, et Canellas 2002). La Région Centre se situe en zone intermédiaire où aucune évolution franche n'a été détectée (voir figure 16)

Figure 16: Evolution observée entre 1960 et 2010 du cumul saisonnier des précipitations en France (Météo France)



c. Les vents

Figure 17 : nombre de tempêtes observées de 1980 à 2020



Le nombre de tempêtes ayant affecté la région Centre-Val de Loire est très variable d'une année sur l'autre. Sur l'ensemble de la période 1980 - 2020, **on n'observe pas de tendance significative du nombre de tempêtes affectant la région** (figure 17).

Après avoir passé en revue les principaux aléas climatiques (température, précipitations et vents) nous allons analyser ce qu'il en est des aléas climatiques induits, c'est-à-dire les phénomènes physiques induits dans les milieux par les aléas climatiques⁵.

d. Les inondations : un aléa induit par les fortes précipitations, mais pas uniquement

L'inondation est un risque majeur du territoire de Tours métropole, qui est au cœur d'un département connu pour son dense réseau hydrographique : l'Indre-et-Loire. Pour rappel, une inondation est un phénomène de submersion temporaire (rapide ou lente) d'un espace par l'eau.

Le territoire de TMVL est soumis à 4 types d'inondation :

- Inondation par remontée de nappe, lorsque la montée du niveau de la nappe phréatique atteint la surface du sol
- Inondation par rupture d'un ouvrage (digue, barrage...) suite à une crue⁶
- Inondation par ruissellement des eaux de pluie en zones plus ou moins perméables
- Inondation par saturation des réseaux d'eau pluviale,
- Inondation par débordement de cours d'eau (de la Loire, du Cher ou de l'un de leurs affluents).

⁵ Nous reprenons ici les définitions proposées dans le guide de la méthode TACCT (ADEME 2019).

⁶ Une crue est une forte augmentation du débit et de la hauteur d'eau d'un cours d'eau principalement à la suite de fortes précipitations.

Les précipitations sont un facteur clé de ces 4 types d'inondations, mais d'autres facteurs naturels et anthropiques en sont aussi à l'origine et conviennent d'être pris en compte pour anticiper l'évolution de ces risques avec le dérèglement climatique.

e. Les inondations par crues

Concernant les crues par débordement des cours d'eau, deux influences climatiques principales sont susceptibles de provoquer trois types de crues importantes sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire : les crues cévenoles, océaniques et mixtes (encart n°1).

Encart n°1 : les 3 types de crues ligériennes

Les crues « cévenoles » sont provoquées par de brusques orages violents ; d'origine méditerranéenne, elles concernent surtout le haut de la Loire et de l'Allier (cru de septembre 1980 à Brives-Charensac, crue importante mais non exceptionnelle de décembre 2003). Elles sont dues aux précipitations qui accompagnent les orages cévenols sur le haut bassin de l'Allier et de la Loire. Sans apport océanique, elles s'amortissent très rapidement. Mais parfois, comme en 1907, si le front orageux remonte à l'intérieur du bassin et touche à la fois l'Allier et la Loire, les crues acquièrent suffisamment de puissance pour se propager en Loire moyenne et jusqu'à Tours où, à cette occasion, elle a pu atteindre la cote de 5,57 m. La crue de décembre 2003, moins importante en Loire moyenne, appartient aussi à ce type de crue.

Les crues « atlantiques » sont engendrées par de longues périodes pluvieuses et s'étendent généralement à l'Ouest et au Nord du bassin versant (cru de 1982). Elles ont lieu surtout en hiver et au printemps. Elles sont provoquées par des fronts pluvieux venant de l'océan Atlantique. Les reliefs, notamment ceux du Morvan et du Massif central, jouent un rôle important dans la répartition des précipitations et leur cumul.

Pour la Loire moyenne, les apports des fronts pluvieux océaniques sur cette partie du bassin sont généralement trop faibles pour l'emporter à eux seuls sur l'atténuation engendrée par le stockage naturel de l'eau dans les champs d'expansion des crues ; les crues de ce type naissent d'abord des apports de la Loire amont et de l'Allier.

Dans le secteur de Tours, les crues océaniques de la Loire ont généralement une ampleur limitée, comme en janvier 1982 où la Loire a atteint 3,82 m. Toutefois, en analysant les chroniques historiques, on peut supposer que des épisodes plus puissants ont aussi eu lieu. La crue de décembre 1825 qui atteignit 6,20 m à Tours pourrait appartenir à cette catégorie.

Les crues « mixtes » sont les plus redoutées car résultant de la conjonction des deux types d'événements. Les trois grandes crues du 19^{ème} siècle appartiennent à ce groupe (octobre 1846, juin 1856, septembre 1866). Elles naissent de la conjonction, plus ou moins marquée, d'une crue cévenole et d'une crue océanique. Elles se traduisent par une montée généralisée des eaux sur l'ensemble du bassin, accompagnée par des débits très importants de la Loire, de l'Allier et de leurs affluents. C'est à ce type de crue qu'appartiennent les 3 grandes crues du XIX^e siècle qui ont affecté la Loire moyenne et notamment le secteur de Tours. (Diagnostic du PAPI).

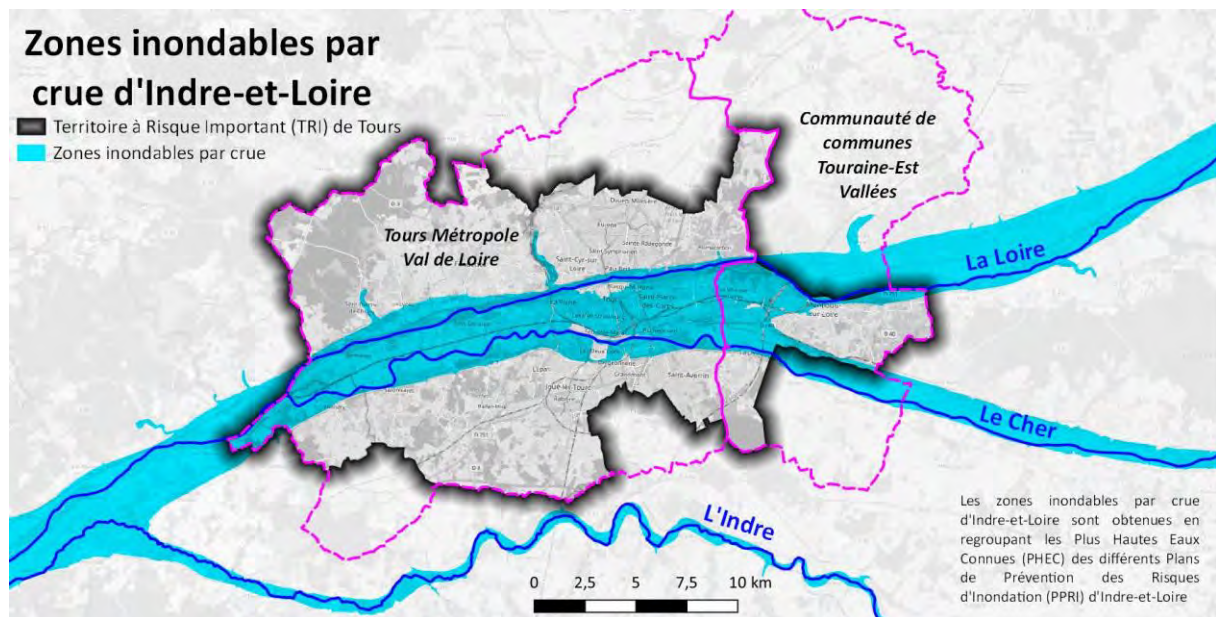
Figure 18



Source : Etablissement Public Loire, 2017

Plusieurs communes de Tours Métropole Val de Loire et de Touraine Est-Vallée sont particulièrement vulnérables à ces inondations. Ensemble, elles forment un « Territoire à Risque Important » d'Inondation (TRI) et s'engagent dans une stratégie locale de gestion du risque inondation et la mise en œuvre d'un Programme d'Actions et de Prévention des risques Inondations (PAPI) (figure 19).

Figure 19 : Tours Métropole est engagée dans un Programme d'Action de Prévention des Inondations (PAPI)



La dépendance des crues de la Loire et de ses affluents au réseau hydrographique amont (figure 20), invite à réaliser une analyse supra-territoriale des enjeux climatiques et plus globalement, à déployer une coopération avec les territoires avec lesquels nous sommes interdépendants.

Figure 20 : Les cours d'eau de Tours Métropole dépendent du régime hydrométéorologique d'un vaste bassin, surveillé par le Service de Prévision des Crues Loire-Cher-Indre



f. Les inondations par ruissellement

Le ruissellement est l'écoulement des eaux à la surface des sols.

Les inondations par ruissellement se produisent lorsque les eaux de pluie ne peuvent pas s'infiltrer dans le sol (s'il est imperméabilisé, tassé, déjà saturé d'eau...) et si elles ne peuvent plus être évacuées dans les réseaux.

Plus que la quantité d'eau, c'est l'intensité des pluies (grande quantité en un court laps de temps) qui est facteur de saturation des sols ou des réseaux d'évacuation dimensionnés⁷ pour des pluies trentennales⁸. L'autre facteur étant l'occupation du sol.

En ville, l'imperméabilisation des sols réduit la quantité d'eau de pluie qui s'infiltrer à la parcelle et augmente la quantité d'eau à évacuer par les réseaux. Plus le flux d'eau à évacuer est important, plus

⁷ Les réseaux pluviaux sur la ville de Tours notamment peuvent être des ouvrages très anciens où il n'était pas question de dimensionnement.

⁸ Pluie qui ont une chance sur trente de se produire chaque année.

la saturation des réseaux arrive vite et l'inondation avec. De plus, si les cours d'eau sont en crue, et donc le niveau des eaux haut, l'évacuation finale des réseaux d'eau pluviale dans les milieux naturels se fait plus difficilement (voire pas du tout), ce qui entraîne un engorgement du réseau, et empêche l'évacuation en amont.

En milieu rural, certaines pratiques agricoles favorisent également le ruissellement :

- les sols à nu n'ont plus de plantes et de racines pour retenir les eaux de pluie et faciliter son infiltration,
- les cultures dans le sens de la pente facilitent le ruissellement plutôt que le ralentissement de l'eau et son infiltration (c'est le cas des vignes par exemple).
- Ces problématiques sont accentués par la topographie : les fortes pentes accélèrent l'eau, tandis que l'absence de relief est un frein à son évacuation.

En plus des dégâts occasionnés pour les cultures, l'eau se retrouve dans les éventuels centres urbains en aval et s'ajoute aux problématiques évoquées ci-dessus.

Les inondations par ruissellement pouvant être autant voire davantage imputées à l'aménagement du territoire qu'au changement de régime des précipitations par le dérèglement climatique, cela en fait une variable peu fiable pour révéler les manifestations du dérèglement climatique sur le territoire.

g. Les sécheresses, des aléas induits par les faibles précipitations notamment

Lors des séances de travail du groupe d'experts « diagnostic de vulnérabilité aux effets du dérèglement climatique », les sécheresses météorologiques, agricoles et hydrologiques ont été mentionnées comme des aléas climatiques induits d'importance pour le territoire de Tours Métropole.

La sécheresse est un déficit anormal, sur une période prolongée, d'une (au moins) des composantes du cycle hydrologique terrestre.

On distingue trois types de sécheresse (figure 21):

La sécheresse météorologique qui correspond à un déficit prolongé de précipitations (carré violet).

La sécheresse du sol (dite aussi sécheresse agricole) résulte d'un manque d'eau disponible dans le sol pour les plantes, ce qui impacte toute la production végétale, et indirectement la production animale. Cette faible quantité d'eau dans le sol est due à un déficit de précipitations (carré rose) et peut-être amplifiée par la hausse des températures (carré bleu) qui provoque l'évaporation de l'eau du sol. Ce sont les sécheresses dont parlent le plus souvent les médias du fait de leur impact sur l'activité agricole.

La sécheresse hydrologique correspond à un déficit de débit des cours d'eau, des niveaux bas des nappes ou des retenues, sur une période ou une année pendant laquelle les débits sont très inférieurs à la moyenne. Ici aussi cette sécheresse est due aux faibles précipitations et s'amplifie par l'évaporation de l'eau sous l'effet des fortes températures (Mollier 2020).

Figure 21 : Trois types de sécheresse provoquées par un manque de précipitations et /ou par une augmentation des températures

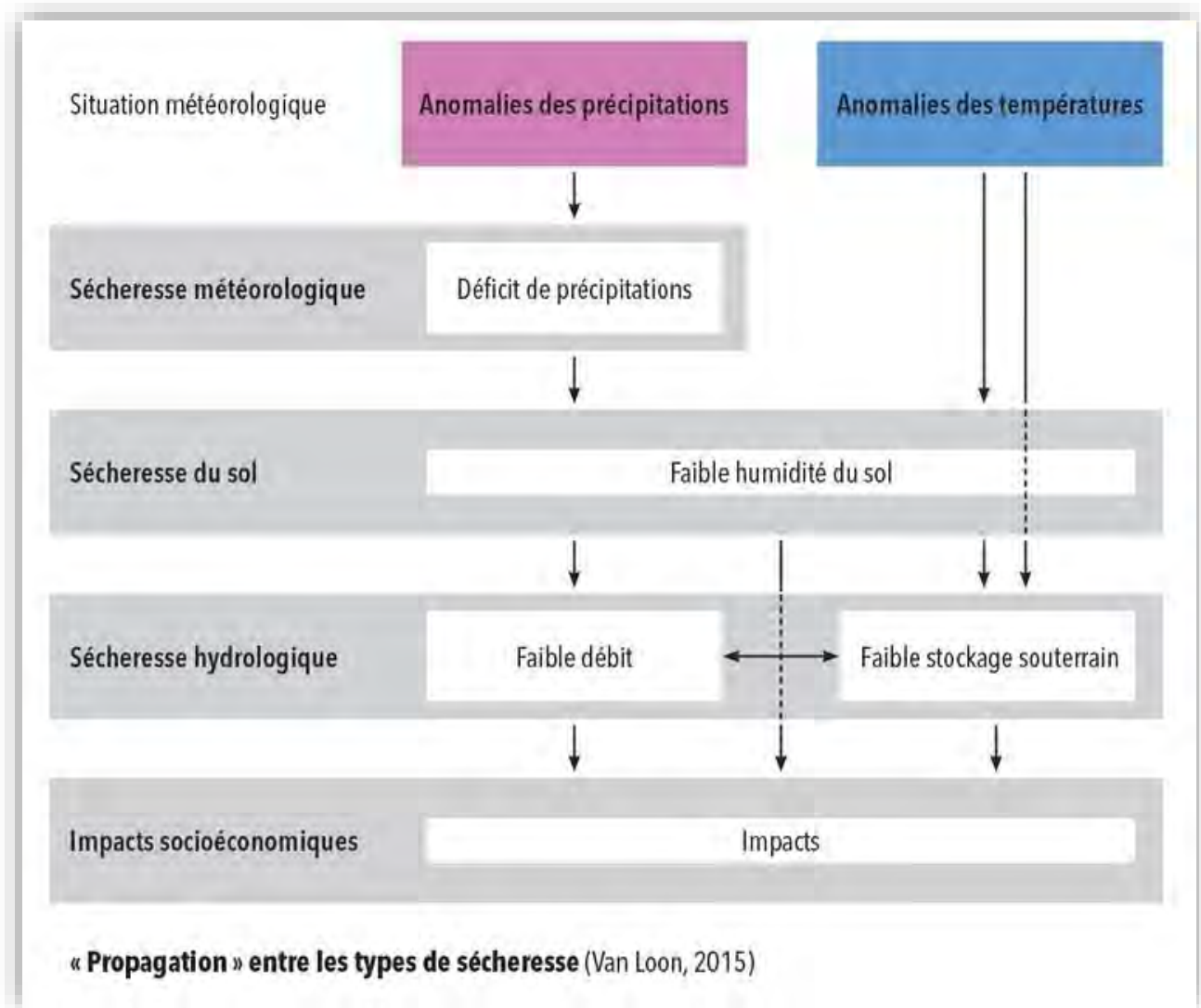
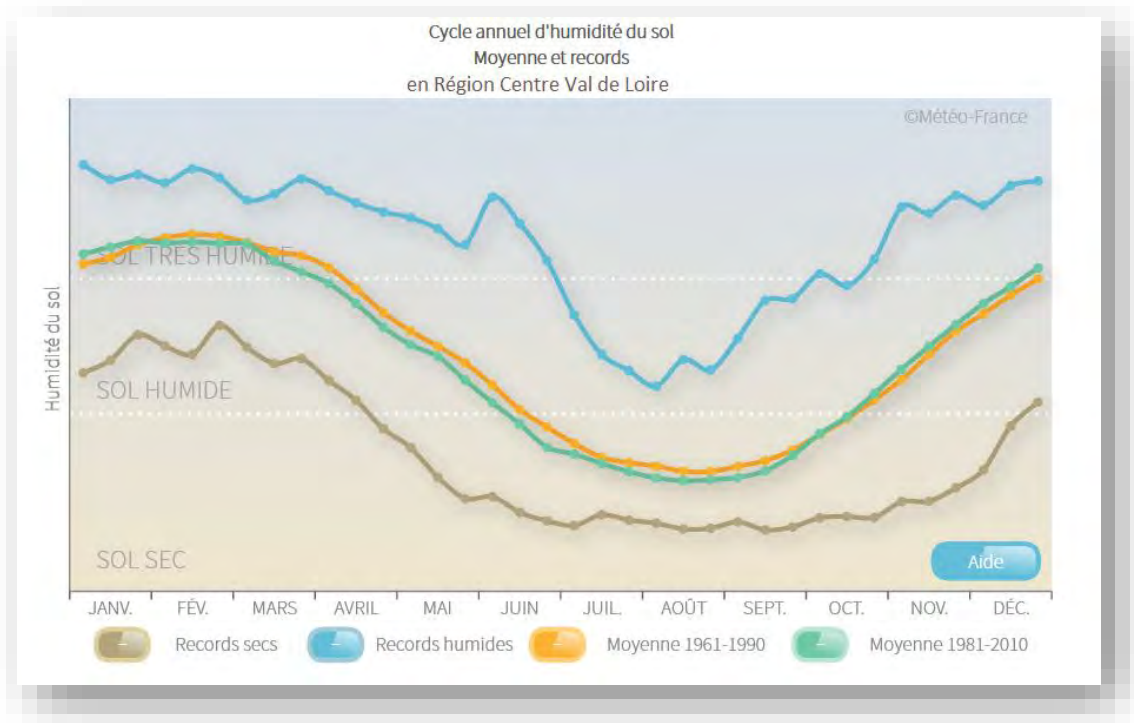


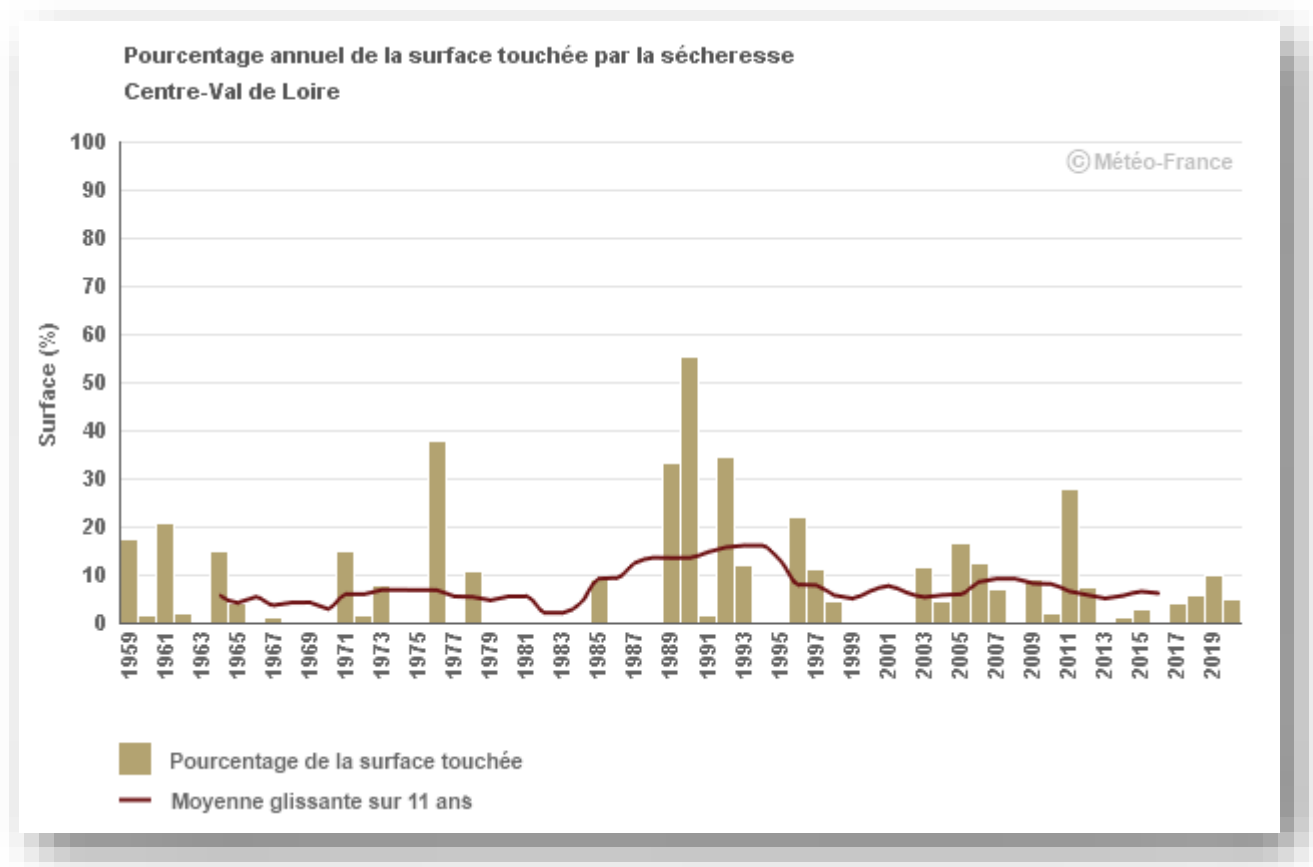
Figure 22 : humidité du sol (Météo France, Climat HD)



La comparaison du cycle annuel d'humidité du sol entre les périodes de référence climatique 1961-1990 et 1981-2010 sur la région Centre-Val de Loire (figure 22) montre un **assèchement faible de l'ordre de 2 % sur l'année, concernant principalement le printemps et l'été**. En termes d'impact potentiel pour la végétation et les cultures non irriguées, cette évolution se traduit par un **léger allongement moyen de la période de sol sec en été** et par **une diminution faible de la période de sol très humide au printemps**. Pour les cultures irriguées, cette évolution se traduit potentiellement par un accroissement du besoin en irrigation.

L'année 2022 s'annonce être parmi les plus sèche depuis 1959. Il est probable que l'assèchement de 2% observés sur les deux années de références s'empire en prenant en compte la dernière décade.

Figure 23 : sécheresse du sol (Météo France, Climat HD)



L'analyse du pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse des sols⁹ depuis 1959 permet d'identifier les années ayant connu les événements les plus sévères comme 1990 et 1976 (figure 23).

L'évolution de la moyenne décennale ne montre pas à ce jour d'augmentation nette de la surface des sécheresses.

⁹ Une sécheresse agricole peut-être définie comme un déficit en eau du sol. L'indice d'humidité des sols représente pour une plante le ratio entre le contenu en eau disponible dans le sol un jour donné et sa valeur optimale pour la plante. Le calcul de l'indice prend en compte le contenu intégré en eau du sol, le seuil au-dessous duquel une plante ne peut plus capter l'eau du sol, et le seuil au-dessous duquel l'eau dans le sol ne s'écoule plus par gravité verticalement (Météo France, Climat HD).

h. Les incendies

Le Service départemental d'Incendie et de Secours de l'Indre-et-Loire (SDIS 37) a mis en place un logiciel statistique de suivi des incendies en 2019. Les données récoltées à ce jour permettent de mettre en évidence la progression des incendies les années particulièrement chaudes (figure 24).

Les feux de broussailles¹⁰ trois à huit fois plus nombreux que les feux de forêt (figure 24).

Figure 24 : Des feux plus nombreux les années de canicule

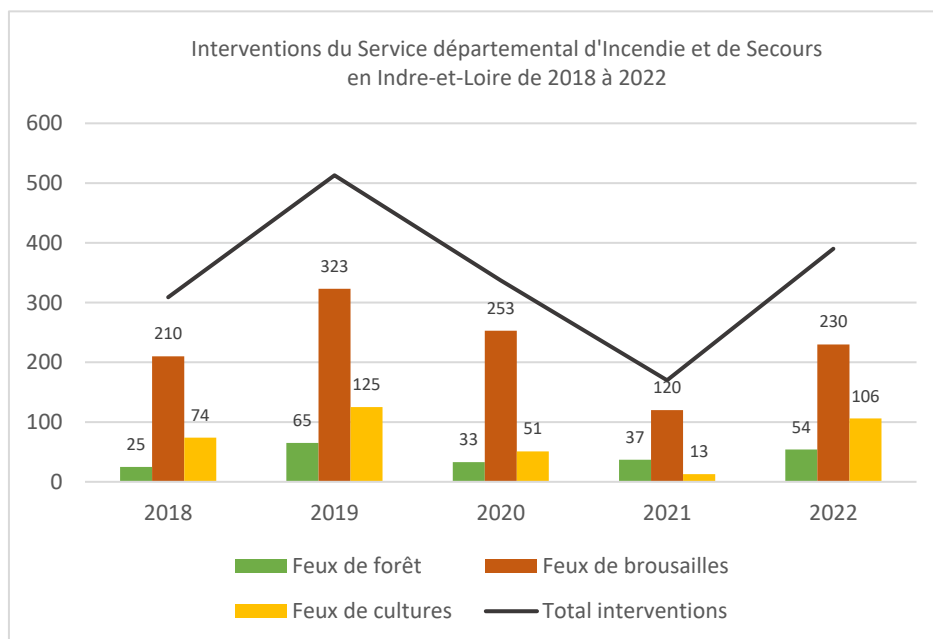


Figure 25: un feu de récolte en touraine

Les incendies de culture (figure 25) déjà existants sur le territoire de Tours métropole pourraient s'amplifier avec la généralisation des canicules qui assèchent les plantes.

Un départ de feu est alors susceptible de se déclencher au premier incident (étincelle d'engin, mégot jeté en extérieur, barbecue mal maîtrisé...).



Les massifs forestiers classés à risque feux de forêt par les services de l'Etat sont ceux de Saint-Etienne-de-Chigny (risque fort), de Druye (risque moyen) et de Saint-Avertin/Chambray-les-Tours (risque faible). Sur le territoire de Tours métropole, cela représente un total de 3 600 ha (Direction départementale des territoires d'Indre-et-Loire, 2023).

¹⁰ Végétation herbacée et ligneuse basse.

i. Les catastrophes naturelles : prédominance des retraits et gonflements d'argiles et inondations

Une analyse de la nature des arrêtés de catastrophes naturelles (base de données GASPARD de la Direction Générale de la Prévention des Risques) nous permet d'identifier les principaux risques naturels pour le territoire de Tours Métropole (figure 26).

Le risque faisant le plus l'objet d'arrêtés de catastrophes naturelles est le retrait et le gonflement des argiles du sol, provoqué par des sécheresses (puis le retour de l'eau). Ce mouvement des terrains argileux entraîne avec lui les constructions qui sont implantées sur le terrain, ce qui induit des fissurations du bâti (habitations, immeubles...) mais aussi des routes et autres ouvrages de génie civil.

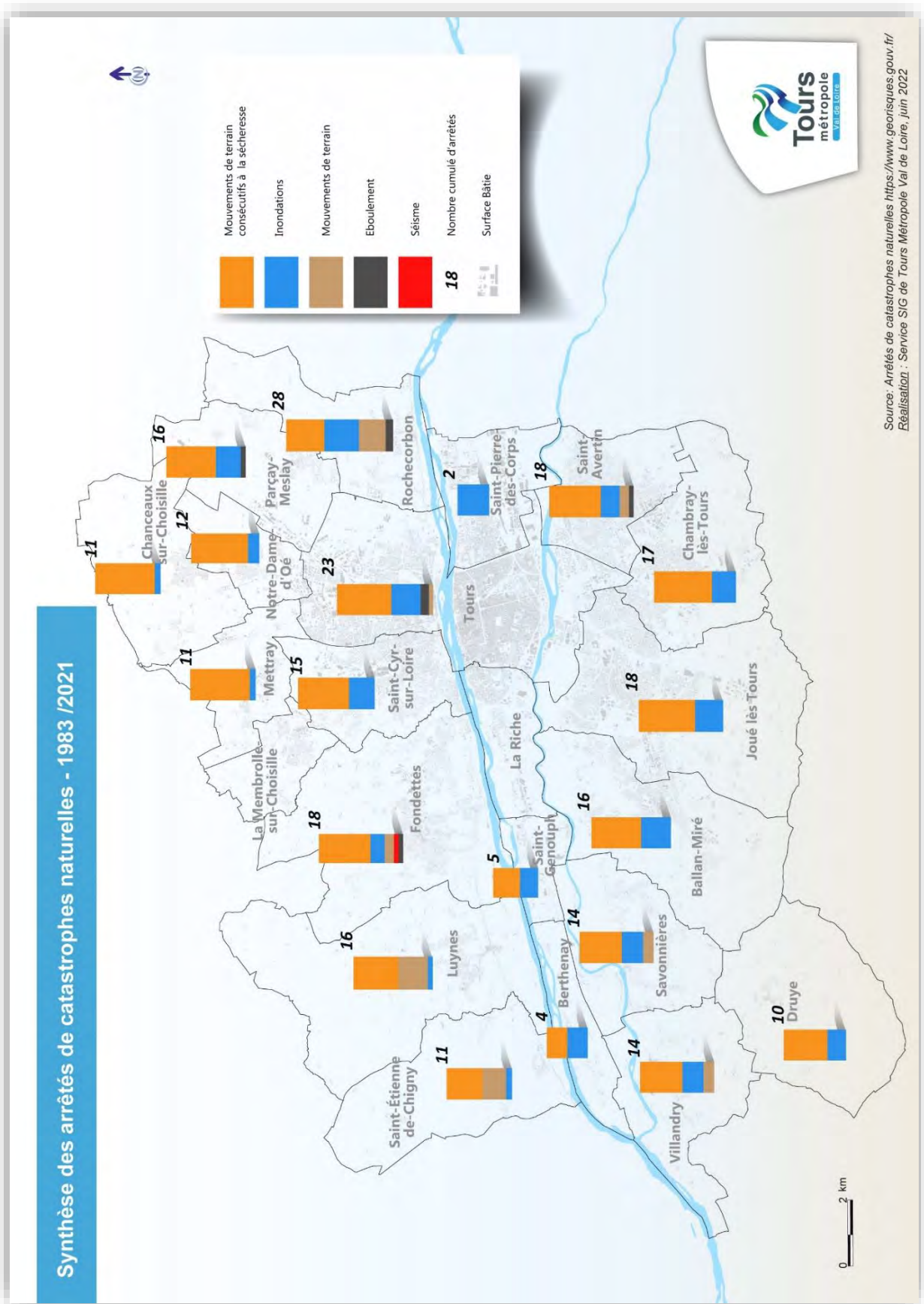
Les inondations quelle que soit leur origine (ruissellement des eaux de pluies, remontée de nappe, crue du cours d'eau...) font aussi l'objet d'arrêtés de catastrophes naturelles. L'intégralité des communes de la métropole y ont au moins une fois été confrontées.

Tandis que quelques communes de l'ouest et l'est de la métropole ont aussi connu quelques mouvements de terrain, reconnus comme catastrophes naturelles.

Notons toutefois que des catastrophes naturelles peuvent se produire sans que les pouvoirs publics ne les reconnaissent officiellement par le biais d'un arrêté de catastrophe naturelle¹¹ (soit parce que le phénomène n'est pas d'une intensité suffisamment anormale, soit parce que les dommages ne sont pas jugés suffisamment conséquents). A elle seule, l'analyse des arrêtés de catastrophe naturelle ne saurait être le reflet de tous ces phénomènes naturels ayant causé des dégâts sur le territoire. Néanmoins, elle en offre un aperçu éclairant.

¹¹ Seul ces arrêtés ouvrent des droit spéciaux d'indemnisation par les assurances (source : <https://www.nord.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Securite/Demande-de-reconnaissance-de-l-etat-de-catastrophe-naturelle>)

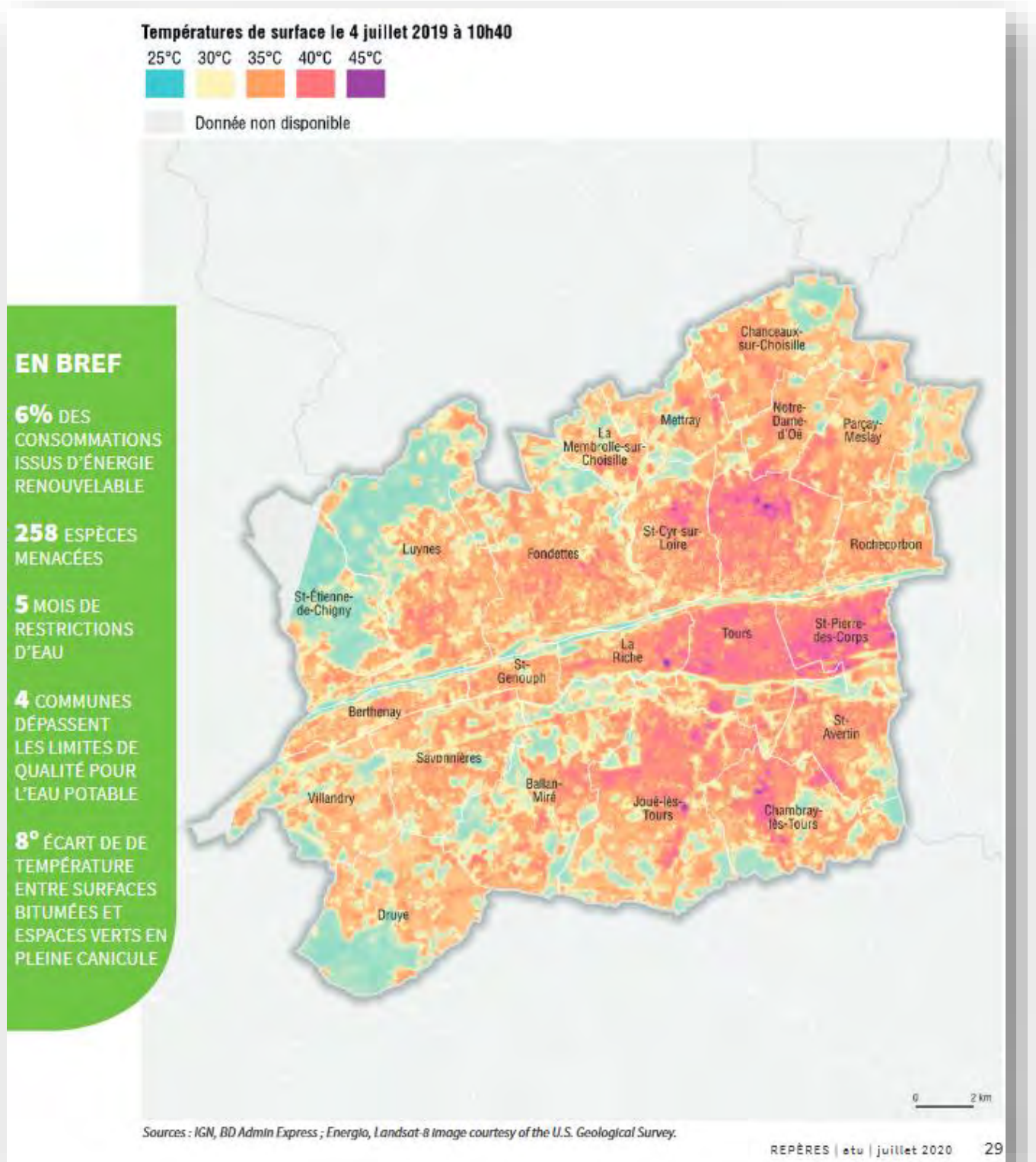
Figure 26 : Les arrêtés de catastrophes naturelles concernent surtout la sécheresse et les inondations



j. Les effets d'îlot de chaleur urbain

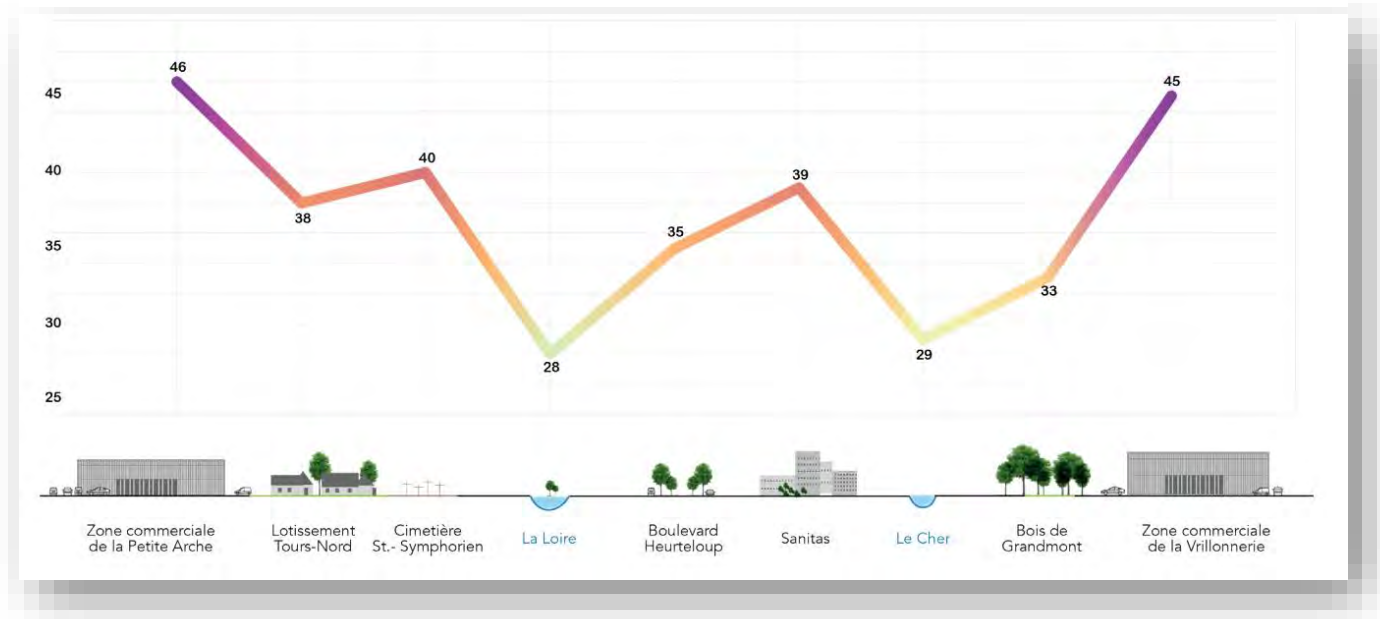
Lors de la canicule de 2019, l'agence d'urbanisme de l'agglomération tourangelle (l'ATU) a produit une analyse des températures relevées en surface le 4 juillet 2019 par le bureau d'étude Energio (figure 27).

Figure 27 : Canicule de 2019 : températures au sol sur le territoire métropolitain



On y voit de très forts écarts entre les parties végétalisées et les surfaces complètement artificialisées (figures 26 et 27). Un écart de 8°C a été observé entre les bords de Loire et la zone commerciale de la Petite Arche (ATU, 2020, p.29). La coupe ci-dessous permet de visualiser la corrélation entre l'occupation du sol (type de bâti et de revêtement au sol, présence de végétaux ou d'eau) et la température mesurée au sol (figure 28).

Figure 28: Profil thermique de la métropole (canicule du 4 juillet 2019, à 10h40)



Source : (ATU 2020a, p.5)

Les températures au sol les plus élevées sont mesurées au niveau des zones commerciales, ce qui s'explique par les superficies goudronnées en matériaux imperméables et de couleur foncée (faible albédo¹²) et l'absence de végétalisation qui abaisse la température au sol grâce à l'évapotranspiration et l'ombre.

A l'inverse les secteurs en eau (autour de la Loire du Cher) et fortement végétalisés ont une moindre température au sol, ce qui invite à améliorer la naturalité des villes, à désimperméabiliser et végétaliser la ville pour réduire les effets d'îlots de chaleur urbain, comme le préconise de nombreux experts (ATU 2020a ; Ménard 2022).

Cette augmentation de la chaleur - en ville tout particulièrement - correspond au phénomène d'îlot de chaleur urbain » qui est dû tant à la forme urbaine, l'architecture, les matériaux utilisés, que l'absence de végétalisation et certaines pratiques comme le recours à la climatisation (voir glossaire).

Cet exposé des manifestations déjà observées du dérèglement climatique nous montre bien à quel point les enjeux d'adaptation sont déjà bien présents. Cela qui souligne la pertinence d'une politique climatique en deux volets d'égale importance : celui de la réduction des émissions de gaz à effet de serre pour limiter le phénomène déjà en cours de dérèglement climatique et le volet de l'adaptation aux effets de ce dernier.

¹² L'albédo est le pouvoir réfléchissant des rayons de lumières d'une surface. Le 6^{ème} rapport du GIEC identifie parmi les mesures simples d'adaptation au dérèglement climatique de travailler sur les surfaces à fort albédo.

2.3.L'exposition future : les tendances du climat tourangeau de demain

Nous connaissons le climat actuel de notre région et sa manifestation sur le territoire de Tours métropole. Qu'en est-il de demain ? La partie 2.3 qui suit compile les données existantes de prévision du climat futur. La partie 3 s'attachera à analyser les conséquences de ce climat qui se dérègle.

a. Le climat futur étudié selon 2 scénarios du GIEC : éléments de méthode

Le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), depuis sa constitution en 1988, travaille à l'élaboration de scénarios de prédictions de nos émissions de gaz à effet de serre à l'échelle internationale, et ainsi de trajectoires du forçage radiatif¹³ à l'horizon 2300.

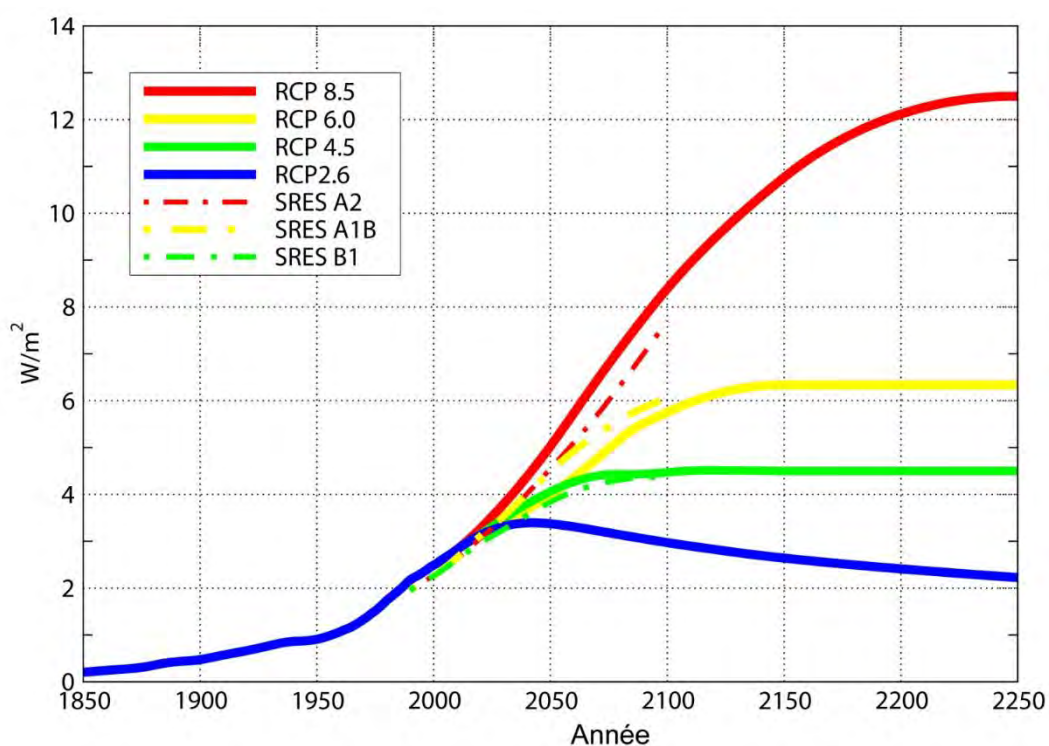
La progression des connaissances sur les Gaz à Effet de Serre (GES) et leur durée de vie dans l'atmosphère et sur les projections démographiques permettent d'affiner toujours plus la précision de ces modèles. Une inconnue demeure : les efforts que les sociétés consentiront à faire pour réduire drastiquement leurs émissions de GES.

Le 5ème rapport du GIEC (2014), identifie quatre « trajectoires représentatives de concentration » (*Representative Concentration Pathway (RCP)*), qui représentent quatre hypothèses de travail pour modéliser le climat futur. Ils sont nommés d'après le forçage radiatif supposé l'année 2100 (figure 29).

Le scénario *RCP 2.6* correspond à un forçage de $+2,6 \text{ W/m}^2$ (Watt par mètre carré), le scénario *RCP 4.5* à $+ 4,5 \text{ W/m}^2$, et de même pour les scénarios *RCP 6* et *RCP 8.5*. Plus cette valeur est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe.

¹³ Le « forçage radiatif » correspond ici à une perturbation de la balance énergétique (bilan radiatif) de la planète Terre, de l'équilibre entre la puissance radiative reçue (par les rayonnements solaires) et la puissance radiative émise par la Terre (renvoyée du système Terre). Un forçage radiatif positif tend à réchauffer le système (plus d'énergie reçue qu'émise), alors qu'un forçage radiatif négatif va dans le sens d'un refroidissement (plus d'énergie perdue que reçue).

Figure 29 Comparaison des anciens (SRES) et nouveaux (RCP) scénarios du GIEC (www.drias-climat.fr)



Le tableau suivant (figure 30) présente les caractéristiques de ces quatre scénarios :

Figure 30 : Les 4 scénarios de réchauffement de la planète Terre

Nom du scénario	Choix de société correspond	Forçage radiatif	Concentration en gaz à effet de serre (ppm)	Trajectoire de la concentration carbone	Température attendue vers l'année 2100
RCP 8.5 « laisser-faire »	Sans politique de réduction des émissions de GES	>8,5W.m-2 en 2100	>1370 eq-CO2 en 2100	Croissante	+ 4,4 °C Par rapport à l'ère préindustrielle
RCP6.0	Politique climatique visant à stabiliser les concentrations en GES après 2100	~6W.m-2 au niveau de stabilisation après 2100	~850 eq-CO2 au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement	
RCP 4.5 « intermédiaire »	Politique climatique visant à stabiliser les concentrations en GES avant 2100 : émissions modérées	~4,5W.m-2 au niveau de stabilisation après 2100	~660 eq-CO2 au niveau de stabilisation avant 2100	Stabilisation sans dépassement	+ 2,6 °C Par rapport à l'ère préindustrielle
RCP 2.6 « Efforts considérables » « Accord de Paris »	Politique climatique visant à faire baisser les concentrations en GES : émissions maîtrisées	Pic à ~3W.m-2 avant 2100 puis déclin	Pic ~490 eq-CO2 avant 2100 puis déclin	Pic puis déclin	+ 2 °C Par rapport à l'ère préindustrielle

Pour rappel, l'Accord de Paris sur le Climat, traité international adopté en 2015, a pour objectif de maintenir l'augmentation de la température moyenne de la planète bien en dessous de + 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels, et de préférence de limiter l'augmentation à + 1,5 °C.

Pour se projeter dans le climat de la Touraine de demain, notre groupe d'experts a décidé de **travailler à partir de 2 scénarios : RCP 4.5 et RCP 8.5** car :

- Il est compliqué de travailler sur plus de 2 scénarios en même temps et pas très lisible de comparer systématiquement 3 voire 4 cartes de projection du climat de demain.
- D'après le sixième rapport du GIEC (dont les 3 parties ont été diffusées entre août 2021 et avril 2022), nous sommes déjà en voie de dépasser le premier scénario RCP 2.6, il apparaît donc illusoire de se projeter dans ce scénario et même contre-productif au regard de la transition qu'il nous faut engager.
- Il est intéressant de prendre deux scénarios opposés (RCP 8.5 et RCP 4.5), pour être clairs et alarmants sur la voie à éviter (RCP 8.5), tout en indiquant celle à suivre (< RCP 4.5).
- Par ailleurs, l'ADEME, dans son outils TACCT choisit également de présenter que ces deux scénarios, « *correspondant aux scénarios retenus dans le 4^{ème} volume du rapport Jouzel et dans les communications nationales et internationales* » (ADEME 2019, p.43).

Le site « DRIAS, les futurs du climat » nous permet d'obtenir des projections du climat futur, selon plusieurs scénarios et modèles de calcul.

Notre groupe de travail a retenu les paramètres suivant :

Mode d'exploration	Multi-scénario / 1 indicateur / 1 modèle
Pas de temps	Horizon proche (2021 – 2050) Horizon moyen (2041 – 2070) Horizon lointain (2071-2100)
Scénarios du GIEC retenus	Emissions modérées (RCP 4.5) Emissions non réduites (RCP 8.5)
Modèles et produits multi-modèles	Médiane de l'ensemble multi-modèles
Indicateurs	Nombre de jours anormalement chauds (température maximale supérieure de plus de 5°C à la normale) – jour(s)

Choix des scénarios retenus

Le dernier rapport du GIEC utilise de nouveaux scénarios « SSP » *Shared Socioeconomic Pathway* qui se différencient des RCP par plusieurs aspects :

- Ils offrent un niveau de précision et de détail beaucoup plus important pour les données d'entrée des modèles climatiques.
- Ils permettent d'explorer des combinaisons qui n'étaient pas couvertes par les RCP, comme par exemple la conjonction de faibles efforts d'atténuation et de faible limitation de la pollution atmosphérique – et donc des émissions d'aérosols (Vailles, 2021).

- SSP1-1.9 : scénario très ambitieux pour représenter l'objectif 1,5°C de l'Accord de Paris
- SSP1-2.6 : scénario de développement durable
- SSP2-4.5 : scénario intermédiaire
- SSP3-7.0 : scénario de rivalités régionales
- SSP5-8.5 : développement basé sur les énergies fossiles

Nous faisons le choix dans le présent diagnostic d'utiliser les scénarios RCP, bien que plus anciens, car la plupart des ressources et outils que nous utilisons s'appuient sur ces scénarios, comme par exemple la plateforme de Météo France « DRIAS, les futurs du climat ».

Choix des variables retenues

Les vagues de chaleur et les extrêmes chauds de température sont des marqueurs importants de l'évolution climatique. Ils sont directement reliés à la hausse des températures moyennes. Ils caractérisent aussi de façon satisfaisante les sensations du public (observatoire climat hdf).

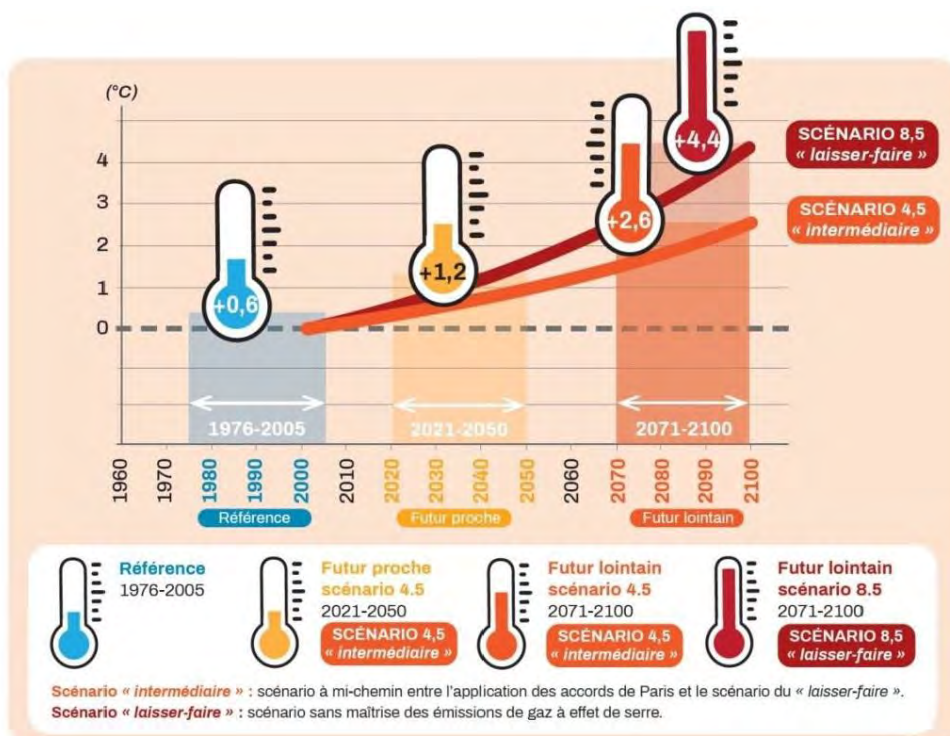
b. Augmentation des températures moyennes et extrêmes

Le climat se réchauffe et se dérègle à une vitesse très élevée. La température moyenne mondiale a déjà augmenté d'environ 1°C par rapport à l'ère préindustrielle.

Plusieurs scénarios d'augmentation de la température sont calculés, selon la trajectoire de nos émissions de gaz à effet de serre (figure 31) :

- Un scénario « intermédiaire » (scénario 4.5) annonçant **+2,6 °C** par rapport à l'ère préindustrielle
- Un scénario du « laisser-faire » (scénario 8.5) annonçant **+ 4,4 °C** par rapport à l'ère préindustrielle

Figure 31 : Evolution de la température moyenne mondiale au XXIème siècle par rapport à l'ère pré-industrielle (Chambre régionale d'agriculture CVL 2021, p.21)



Nombre de jours anormalement chauds

Figure 32 : Une augmentation du nombre de journées anormalement chaudes est à prévoir

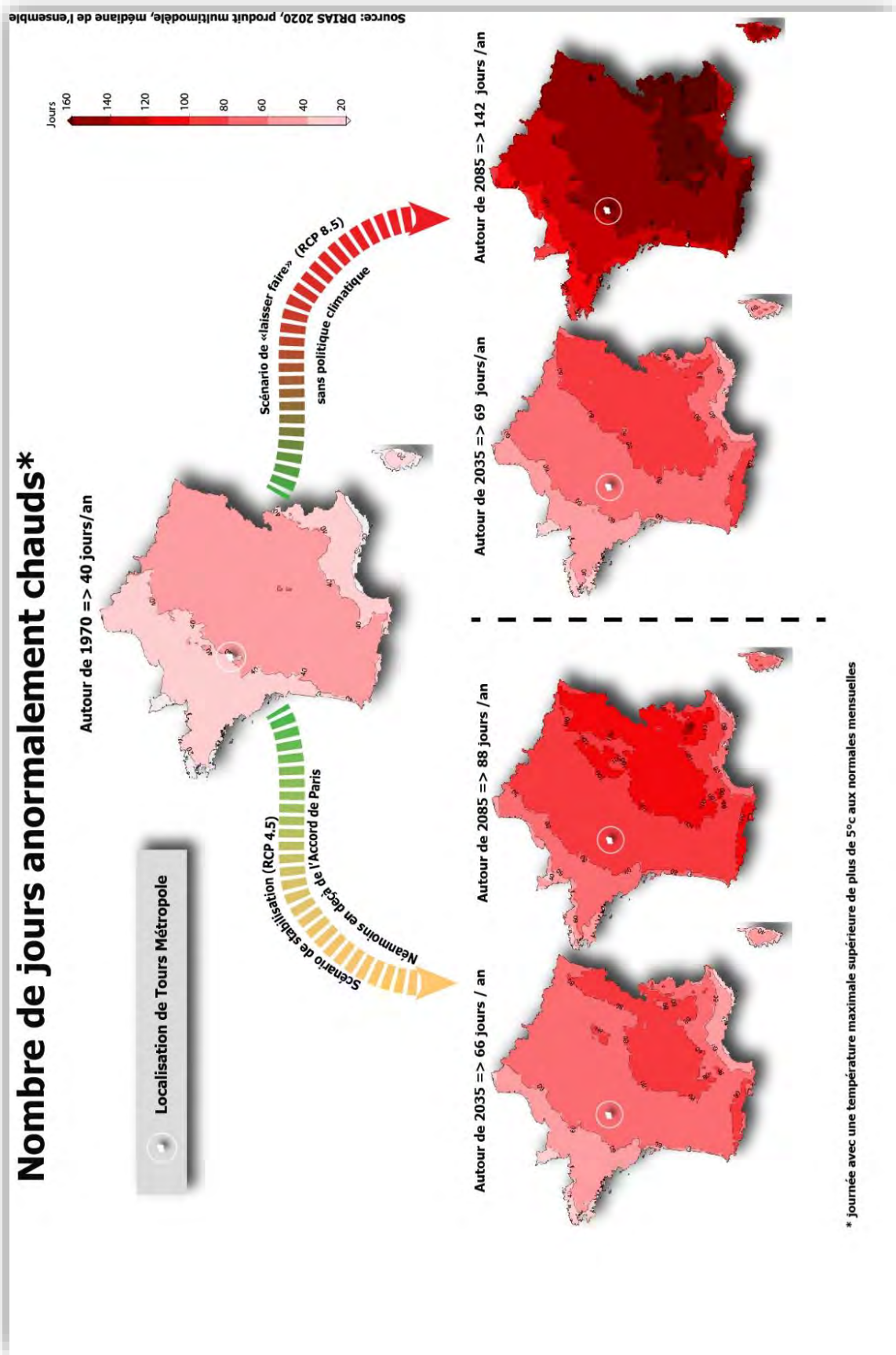
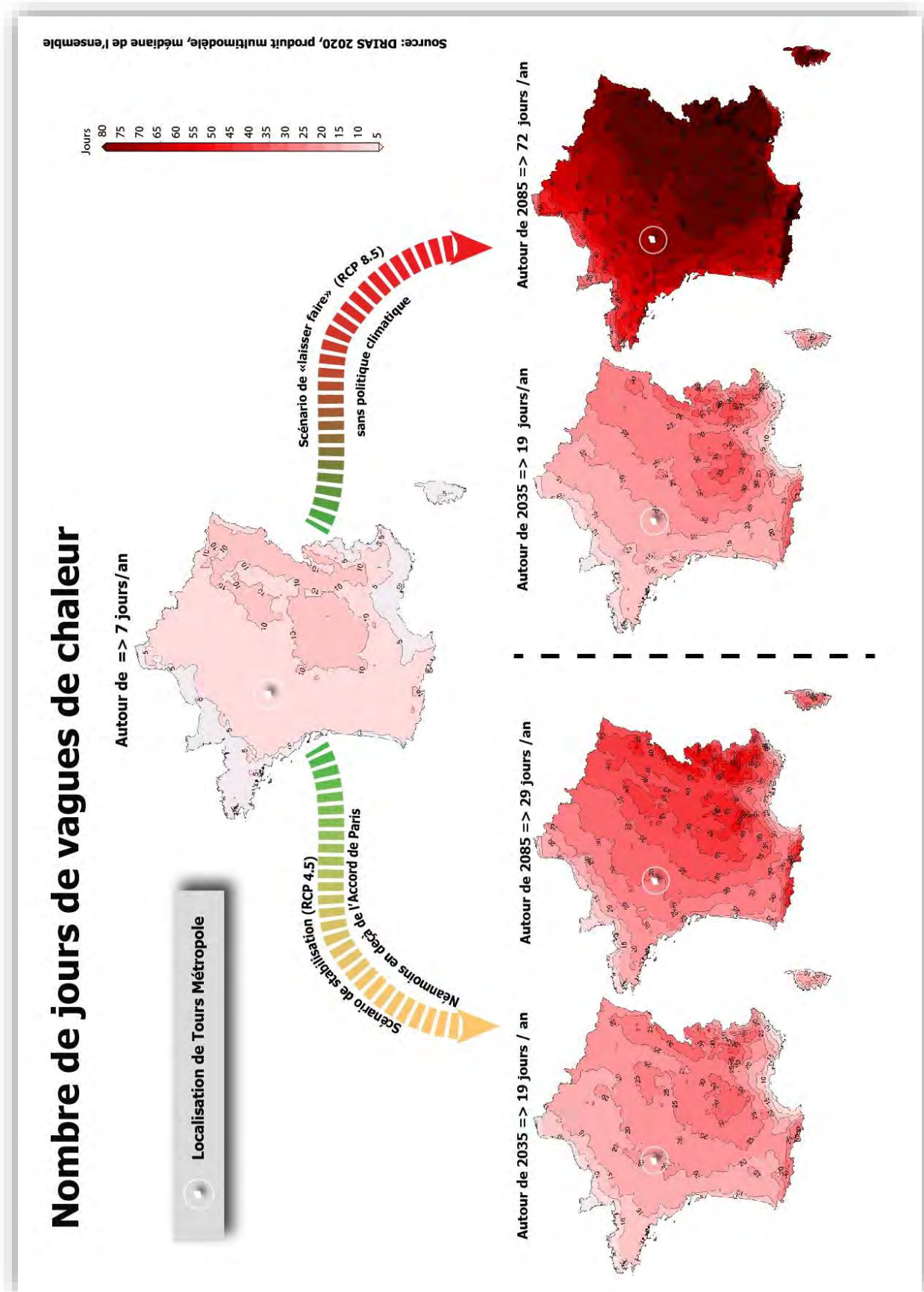


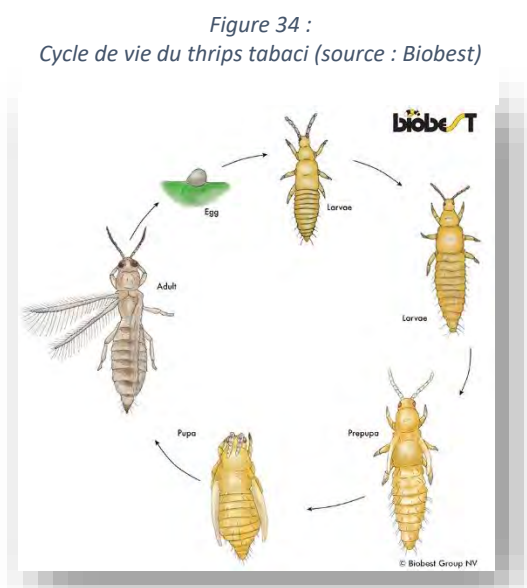
Figure 33 : Une augmentation des vagues de chaleur est à prévoir



L'augmentation future des températures (figures 31 et 32 et 33) a une incidence sur la prolifération de ravageurs, tel que Le *thrips tabaci* qui est un ravageur de nombreuses cultures en région Centre Val-de-Loire (poireau, oignon...) (figure 34).

Son développement est fortement corrélé aux sommes de température. Ainsi, le *thrips tabaci* réalise son cycle de développement complet (du stade œuf au stade adulte) lorsqu'il atteint une somme de température de 228,2 °C.j

En réinitialisant le calcul à chaque cycle effectué, on peut ainsi calculer théoriquement le nombre de cycle par an (tableaux ci-dessous) (Chambre régionale d'agriculture CVL 2021, p.17).



Années de référence	1961 - 1990	1971-2000	1981-2010
Nombre de cycle de vie de <i>thrips tabaci</i>	3,5 / an	3,8 / an	4,1 / an

	Horizon proche, autour de 2035	Horizon lointain, autour de 2085
Selon le scénario RCP 4.5 : Stabilisation des concentrations en CO ₂ eq	4,9 cycles de vie par an	6,1 cycles de vie par an
Selon le scénario RCP 8.5 : sans réduction de nos émissions de CO ₂ eq		8,1 cycles de vie par an

Ces chiffres nous montrent que plus les années seront chaudes, plus cet insecte ravageur se reproduira.

De façon à alléger le présent document, d'autres indicateurs seront présentés sous forme de tableaux uniquement, à partir des données cartographiques disponibles sur le site internet du « DRIAS, les futures du climat ».

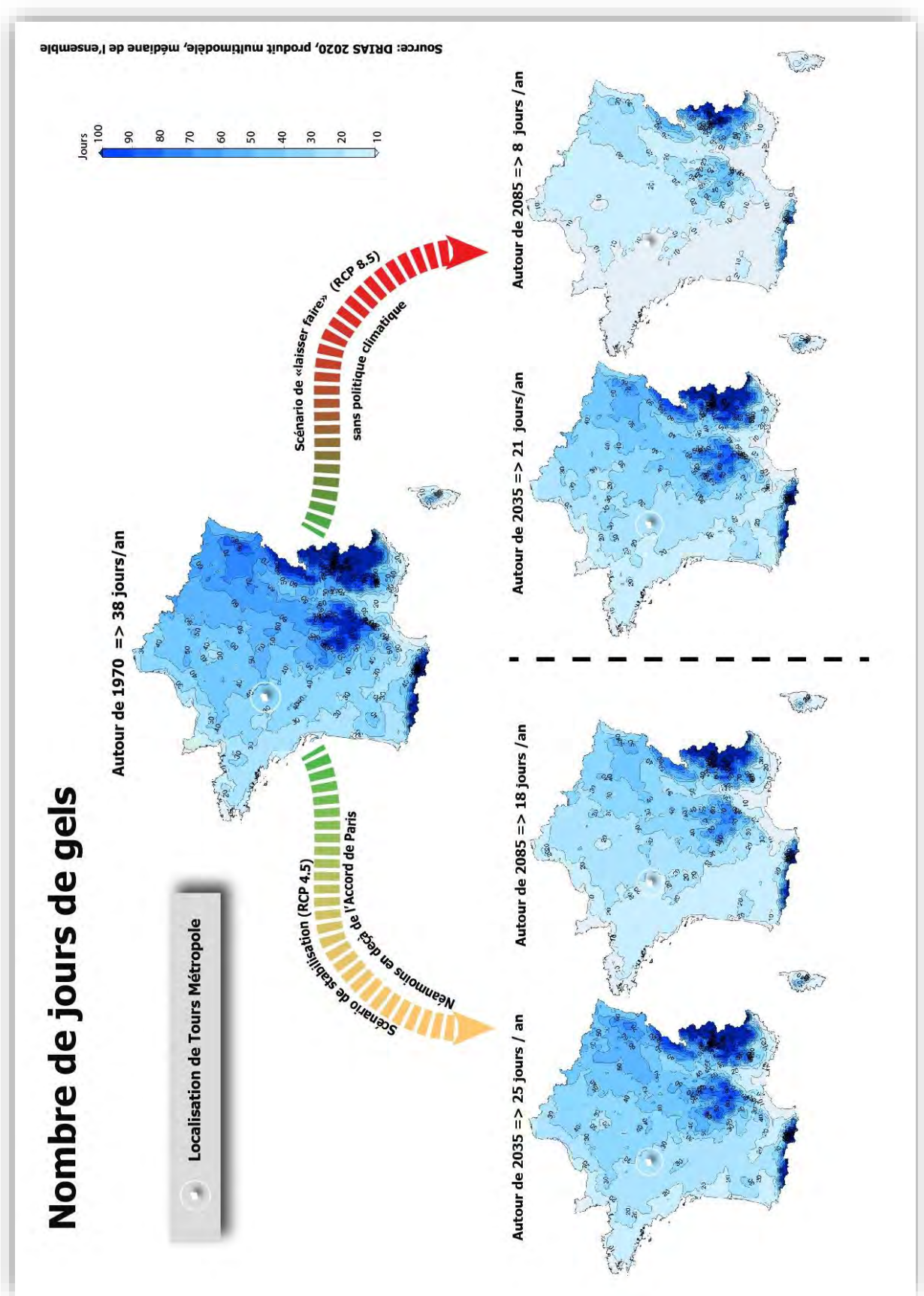
Nombre de nuits anormalement chaudes (jours/an)

En moyenne sur la période de référence (1976-2005) on dénombrait sur le territoire 25 nuits anormalement chaudes par an. Dans le futur on peut s'attendre aux chiffres suivants :

	Horizon proche, autour de 2035	Horizon lointain, autour de 2085
Selon le scénario RCP 4.5 : Stabilisation des concentrations en CO ₂ eq	Environ 50 jours	Environ 70 jours
Selon le scénario RCP 8.5 : sans réduction de nos émissions de CO ₂ eq	de 50 à 60 jours	De 130 à 140 jours

Nombre de jours de gel (jours/an)

Figure 35 : Une diminution du nombre de jours de gel est à prévoir



Le nombre de jours de gel annuel diminue (figure 35). Mécaniquement, la date de dernier jour de gel printanier recule. **Des semis de plus en plus précoces de cultures maraîchères pourront avoir lieu au cours du XXIème siècle.** (Chambre régionale d’agriculture CVL, 2021, p.15)

Les stades phénologiques de la vigne sont fortement corrélés aux sommes de température. Par exemple, le cépage Sauvignon débourre à 59°C jour base 10°C initialisée au 01/01. Ainsi, à Meusnes (à 70 km à l’Est de Tours), le cépage Sauvignon débourrait en moyenne le 28 avril dans le passé (1976-2005) ; il débourrera un mois plus tôt (30 mars) dans le futur lointain (2071-2100) en scénario 4.5 et le 14 mars en scénario 8.5.

Avec une diminution du nombre de jours de gel et de recul du dernier jour de gel on pourrait penser que le risque de gel (de la vigne mais aussi d’autres productions agricoles) va diminuer au cours du temps. Mais comme la date de débourrement de la vigne¹⁴ avance fortement, le risque de gel reste constant (1 à 2 année sur 15 de gel après débourrement de la vigne) voire augmente à la fin du XXIème siècle (1 année sur 5 en scénario 4.5). (Chambre régionale d’agriculture CVL 2021, p.16)

Le rapport ORACLE de la Région Centre insiste également sur cette analyse :

*« Cette réduction du nombre de jours froids n’est pas forcément synonyme de réduction de risque de gel printanier pour les cultures sensibles car l’avancement phénologique des plantes découlant du réchauffement climatique peut faire évoluer les dates des périodes à risque. **Les impacts de cette réduction du nombre de jours froids sur les productions agricoles doivent donc être étudiés au cas par cas.** »* (ORACLE, 2019, p.21)

Nombre de jours anormalement froids

En moyenne sur la période de référence (1976-2005), on dénombrait sur le territoire de Tours métropole 21 à 24 jours anormalement froids. Dans le futur on peut s’attendre aux chiffres suivants :

	Horizon proche, autour de 2035	Horizon lointain, autour de 2085
Selon le scénario RCP 4.5 : Stabilisation des concentrations en CO₂e	de 15 à 18 jours	De 6 à 9 jours
Selon le scénario RCP 8.5 : sans réduction de nos émissions de CO₂e	Environ 15 jours	De 0 à 3 jours

c. Des précipitations modérément réduites en été et accentuées l’hiver

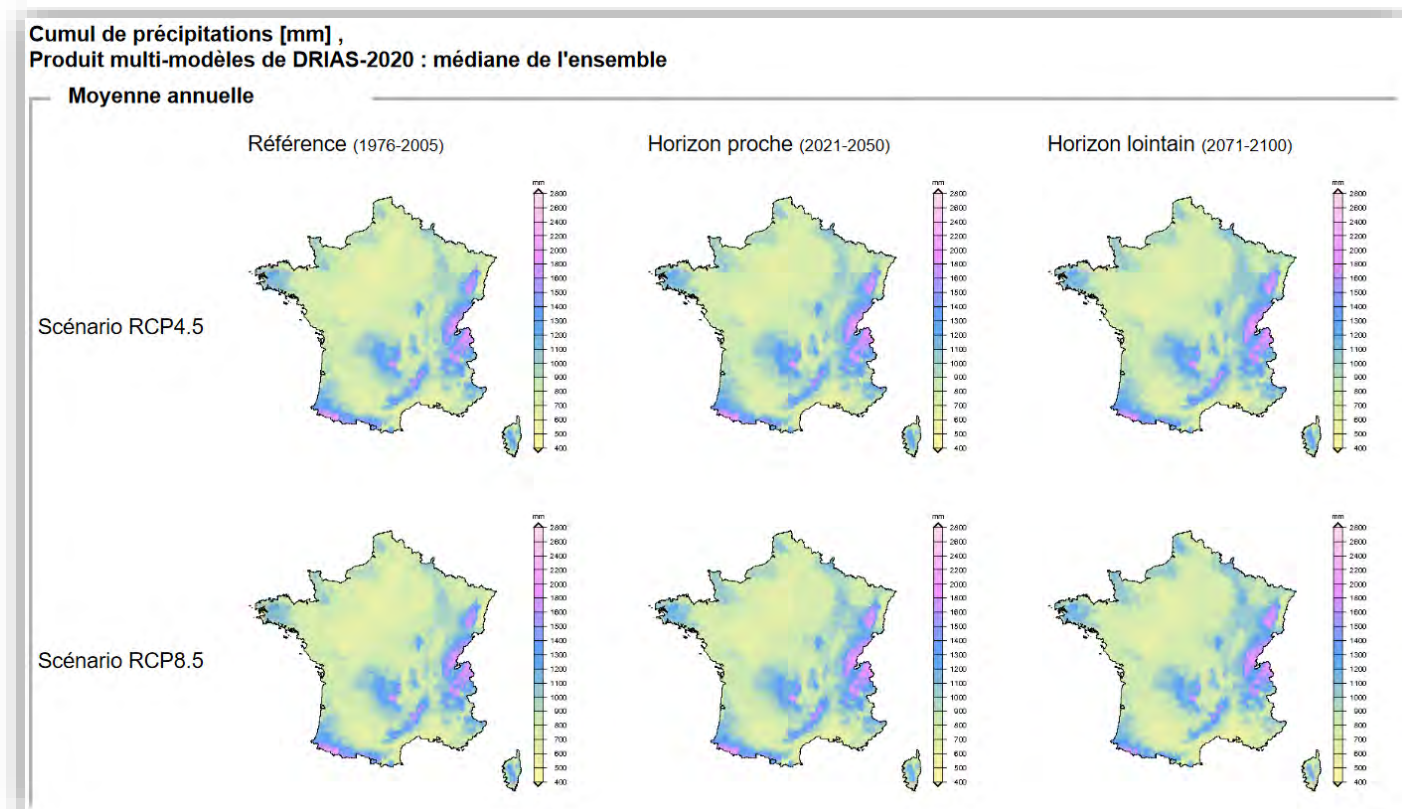
Le cumul annuel des précipitations en Centre-Val de Loire varie largement d’une année à l’autre, variabilité qui persistera au cours du XXIe siècle.

Indépendamment de cette variabilité, **les projections climatiques n’indiquent que peu d’évolution des cumuls annuels d’ici la fin du XXIe siècle, et ce, quel que soit le scénario d’émissions considéré.**

¹⁴ Le débourrement correspond au moment clé du réveil végétatif de la vigne ; il marque la fin du repos hivernal. Concrètement, les bourgeons entourés de leurs écailles - la bourre – commencent à pousser.

Cela s'observe par un coup d'œil aux projections du DRIAS à l'échelle nationale, figure 36) (source : <https://meteofrance.com/climathd>).

Figure 36 : le cumul de précipitations annuelles n'évoluera pas significativement



Des tendances plus marquées se dessinent à l'échelle des saisons.

Le cumul hivernal des précipitations en Centre-Val de Loire varie également largement d'une année à l'autre, variabilité qui persistera au cours du XXIe siècle.

Indépendamment de cette variabilité, **les projections climatiques indiquent une augmentation des cumuls hivernaux**, augmentation plus marquée dans le scénario de fortes émissions des gaz à effet de serre (RCP 8.5).

Projection du cumul de précipitations hivernales :

Moyenne pour la période de référence (1976-2005) : 183 mm

	Horizon proche, autour de 2035	Horizon lointain, autour de 2085
Selon le scénario RCP 4.5 : Stabilisation des concentrations en CO₂e	+10 % (202 mm)	+18 % (216 mm)
Selon le scénario RCP 8.5 : sans réduction de nos émissions de CO₂e	+ 12 % (205 mm)	+ 23 % (226 mm)

Projection du cumul de précipitations estivales :

Moyenne pour la période de référence (1976-2005) pour le territoire de Tours métropole : 141 mm pour la période estivale.

	Horizon proche, autour de 2035	Horizon lointain, autour de 2085
Selon le scénario RCP 4.5 : Stabilisation des concentrations en CO₂e	- 3 % (137 mm)	- 13 % mm (123 mm)
Selon le scénario RCP 8.5 : sans réduction de nos émissions de CO₂e	- 7 % (134 mm)	- 25 % (106 mm)

Les projections climatiques indiquent une baisse des cumuls estivaux d'ici la fin du siècle dans les scénarios de fortes émissions (RCP8.5 : - 35 mm de cumul estival d'ici la fin du siècle, soit - 24%) et une baisse du cumul estival plus modérée en cas de trajectoire de réduction des GES modéré (RCP4.5 : -18 mm de cumul estival d'ici la fin du siècle, soit - 12%).

(Source : DRIAS, 2020)

d. Une évolution des précipitations extrêmes encore difficile à prévoir

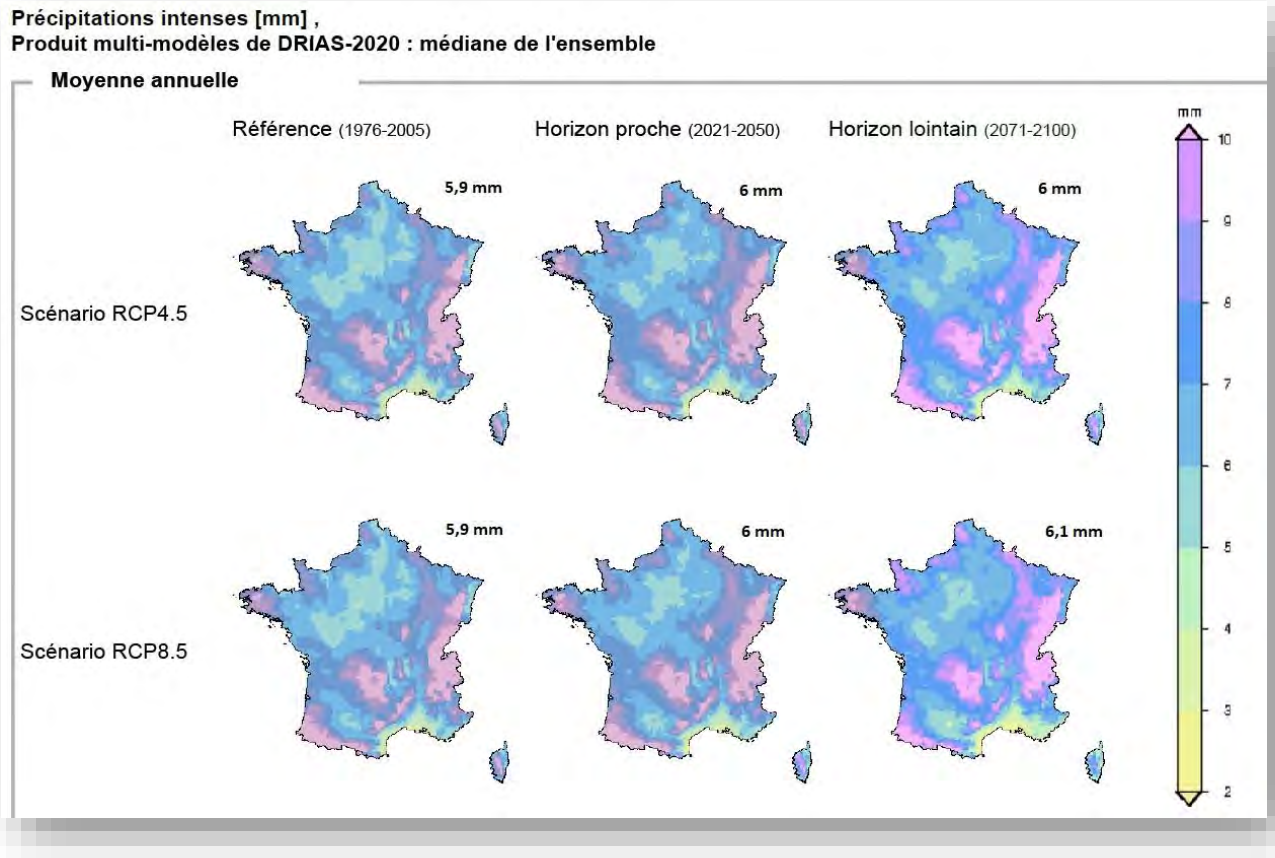
En France, à l'horizon 2050 comme à l'horizon 2100, les évolutions attendues **pour les pluies extrêmes** définies comme les pluies dépassant un seuil déterminé (par exemple 20 mm/jour) sont **très variables géographiquement**.

En revanche, indépendamment de l'horizon temporel, une tendance générale se dessine pour une augmentation de la quantité de pluie tombant au cours des épisodes les plus extrêmes (Ouzeau et al., 2014, in ONERC, 2018).

« D'une manière générale, les modèles climatiques actuels ne permettent pas de tirer de conclusion concernant les effets du changement climatique sur les phénomènes orageux et donc aussi en particulier sur l'intensité des pluies les plus extrêmes associées à ces épisodes. » (ONERC 2018, p.76)

Les données disponibles sur le portail du DRIAS concernant les précipitations intenses, à horizon lointain, en Touraine, ne montrent pas d'augmentation significative (figure 37).

Figure 37 : Une augmentation des précipitations intenses peu révélées par les projections actuelles

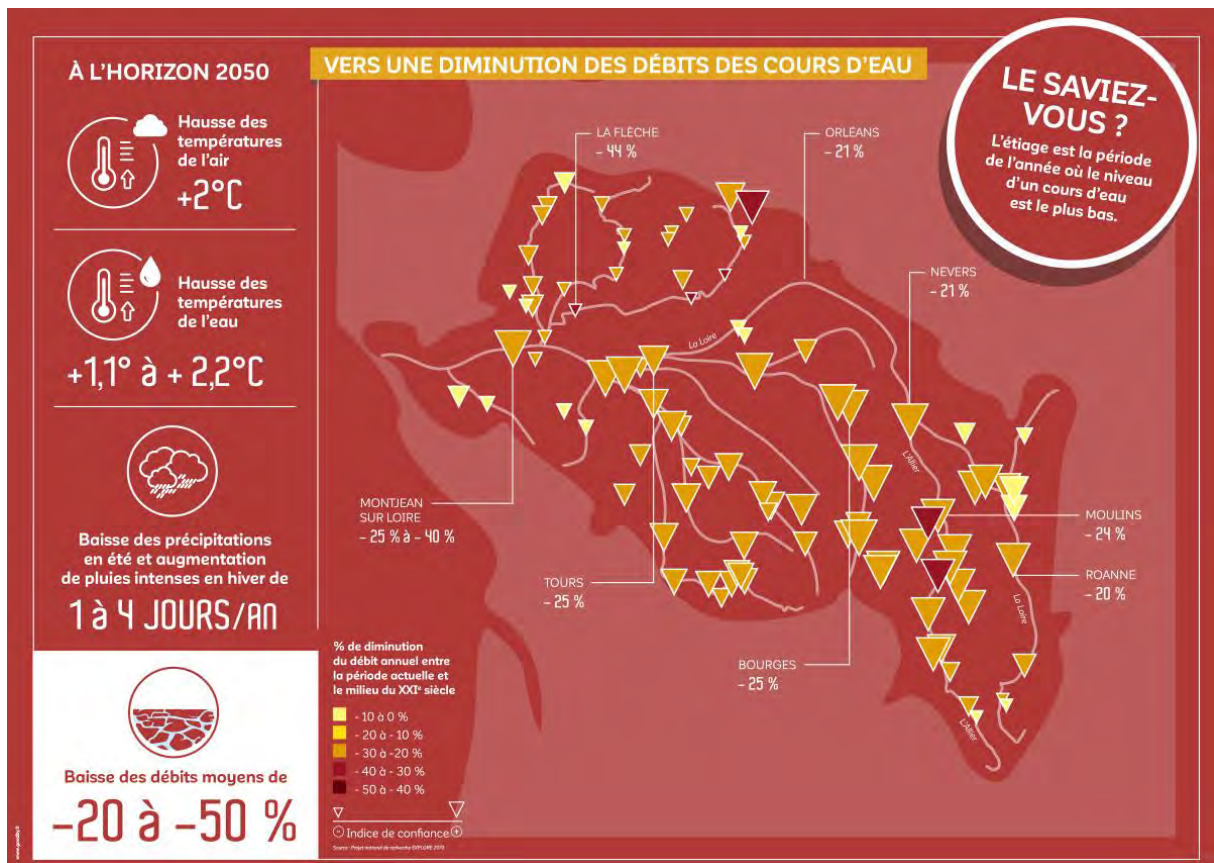


e. Une baisse certaine du débit des cours d'eau

Les baisses de précipitations, associées à l'augmentation des températures de l'air (et donc de l'évaporation de l'eau du sol et des cours d'eau) ont des incidences directes sur les hauteurs d'eau et débits des cours d'eau.

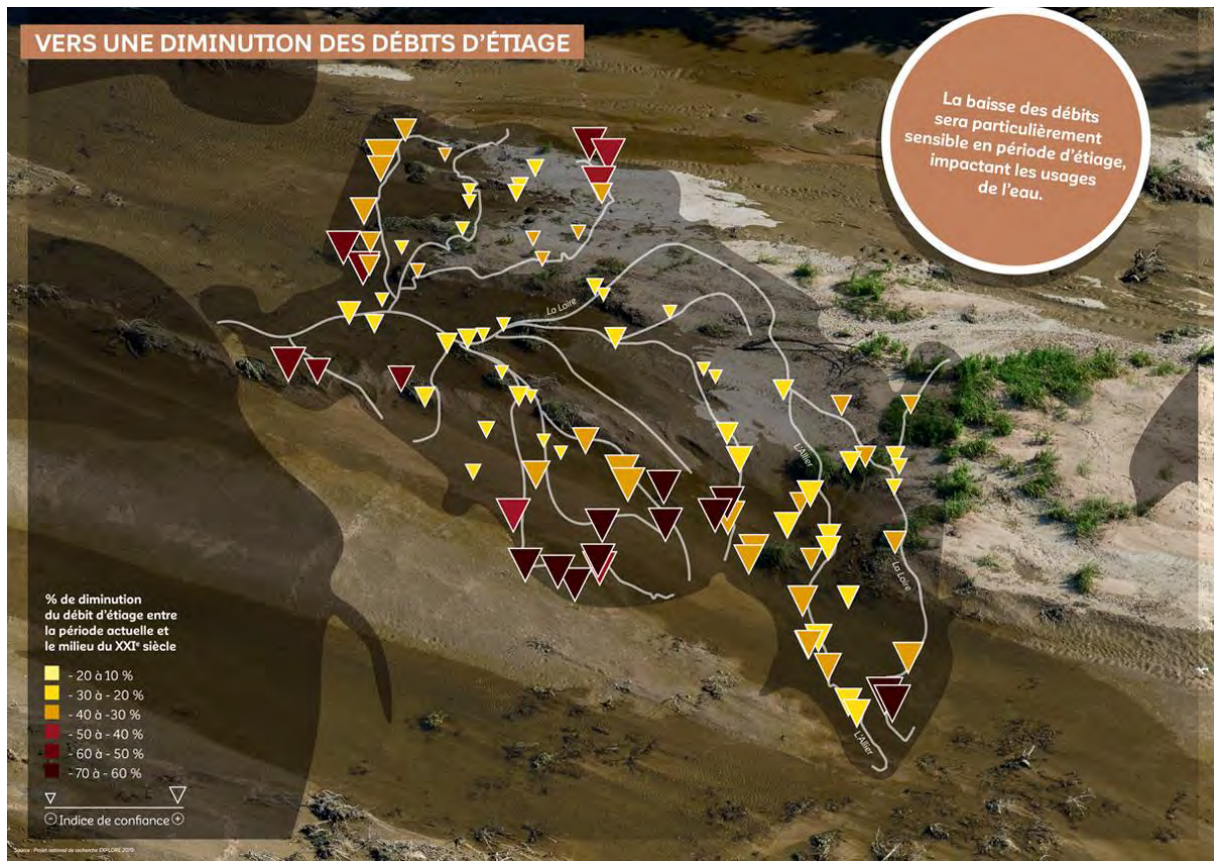
L'Établissement Public Loire, communiquait dans son exposition de 2015 sur **une diminution à venir de 25% du débit annuel de la Loire à Tours d'ici 2050 (figure 38).**

Figure 38 : Moins de précipitations et plus de chaleur réduisent le débit des cours d'eau
(source : Etablissement Public Loire, 2017)



Ce phénomène de baisse des débits est d'autant plus accentué lors de la période d'étiage, à l'été. Les prévisions estiment une baisse jusqu'à -70% en amont tête de bassin de la Loire (figure 39).

Figure 39 : Le débit des cours d'eau sera particulièrement bas en période d'été (source : Etablissement Public Loire, 2017)



Ces baisses de niveaux d'eaux ont à leur tour de nombreux impacts en cascade sur l'alimentation en eau potable, l'utilisation de l'eau pour l'agriculture, les usages publics ou privés, la production d'énergie, etc. Ils sont évoqués dans la partie 4.1 dédiés aux conséquences du dérèglement climatique sur la ressource en eau.

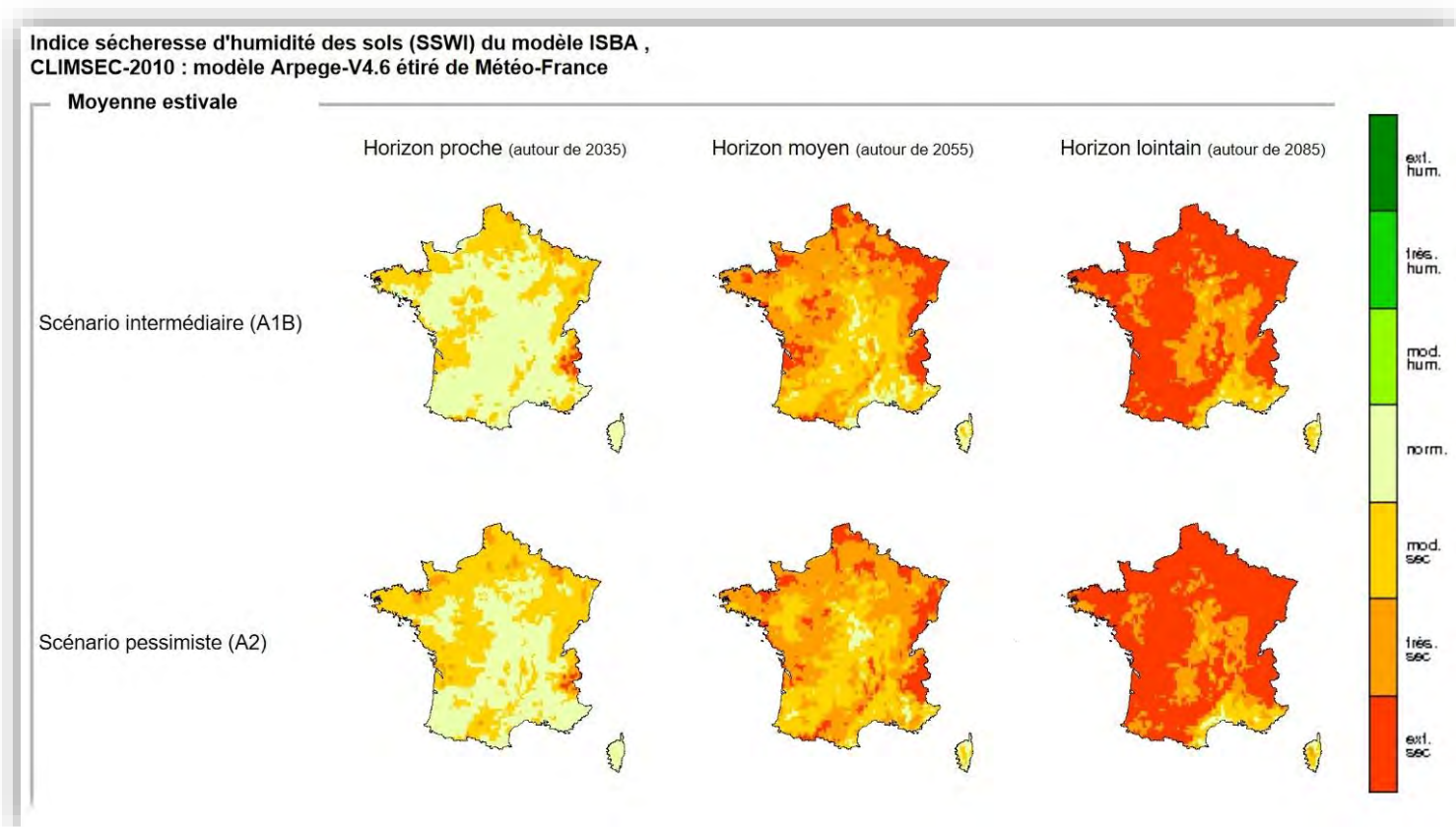
f. Sécheresse

Concernant les sécheresses à venir, le portail Climat HD propose d'utiliser l'indice de sécheresse d'humidité des sols (SSWI¹⁵) qui **renseigne la sécheresse agricole**.

Pour rappel, on distingue trois types de sécheresse :

- **La sécheresse météorologique** qui correspond à un déficit prolongé de précipitations.
- **La sécheresse agricole**, qui résulte d'un manque d'eau disponible dans le sol pour les plantes, ce qui impacte toute la production végétale, et indirectement la production animale. Ce sont les sécheresses dont parlent le plus souvent les médias du fait de leur impact sur l'activité agricole.
- **La sécheresse hydrologique** correspond à un déficit de débit des cours d'eau, des niveaux bas des nappes ou des retenues, sur une période ou une année pendant laquelle les débits sont très inférieurs à la moyenne.

Figure 40 : les sols seront plus secs



L'échelle « extrêmement sec à extrêmement humide » de ces cartes (figure 40) est définie à partir des situations observées pendant la période de référence 1976 – 2005.

- un événement extrêmement sec est un événement qui s'est produit moins d'une année sur 25 entre 1976 et 2005.
- un événement très sec est un événement qui s'est produit entre une année sur 25 et une année sur 10 entre 1976 et 2005.

¹⁵ De l'anglais *Standardized Soil Wetness Index*, index de l'humidité des sols.

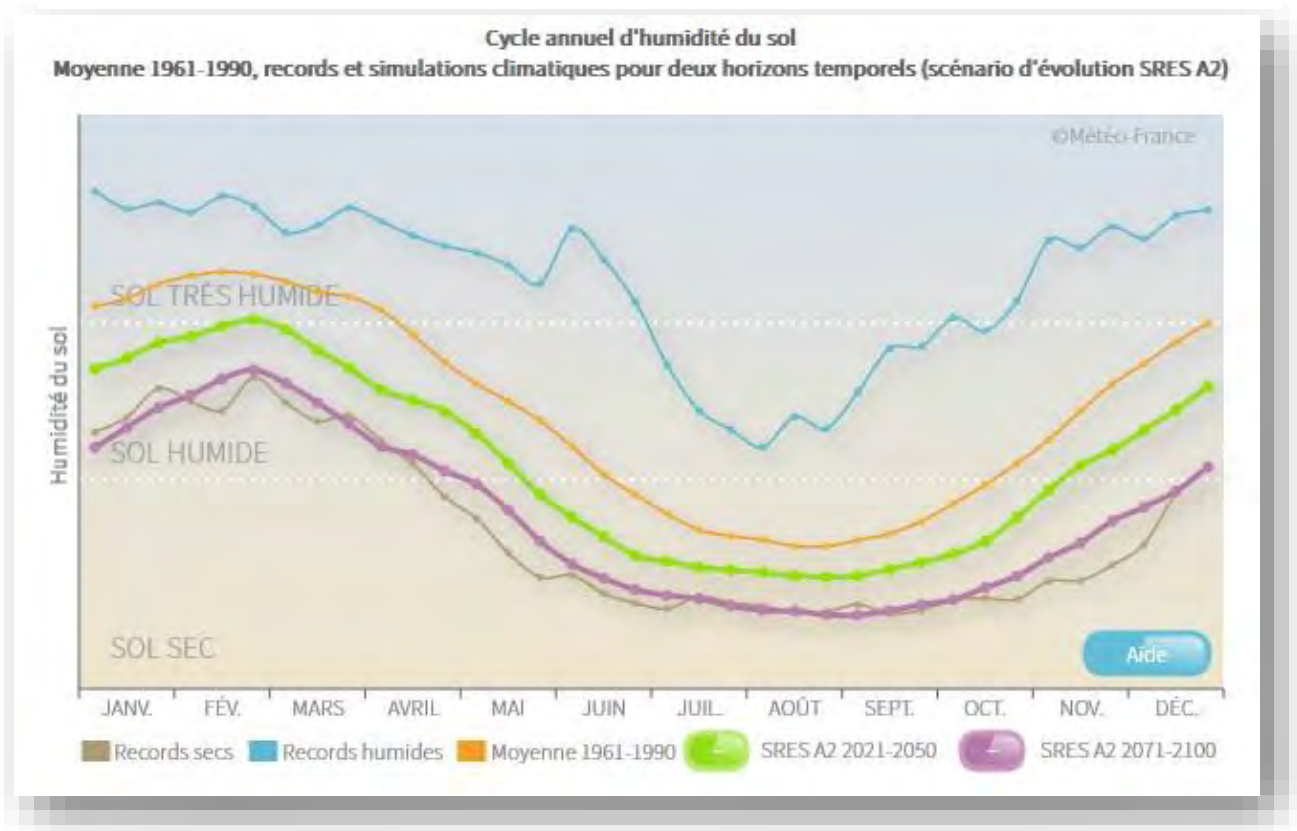
- un événement modérément sec est un événement qui s'est produit entre une année sur 10 et une année sur 5 entre 1976 et 2005.
- un événement normal est un événement qui s'est produit plus d'une année sur 5 entre 1976 et 2005.

Les cartes (figure 40) montrent que, à l'horizon lointain, pour la Touraine, l'indice SWI normal (plage orange foncé) devrait correspondre aux épisodes extrêmement secs de la période de référence (moyenne observée entre 1976 et 2005).

Autrement dit, les conditions normales à l'horizon lointain devraient correspondre aux situations extrêmement sèches de la période de référence. **Une sécheresse agricole qui se produisait tous les 25 ans pourra se produire tous les ans d'ici à la fin du siècle.**

Cela se lit nettement sur le graphique suivant (figure 41), qui montre que la courbe violette, indiquant l'humidité du sol à horizon lointain (2071-2100) suit la courbe marron, qui indique elle les records de sols secs pour la période de référence (moyenne 1961 – 1990).

Figure 41 : A horizon lointain, les records de sécheresse d'aujourd'hui deviendront la norme



Cette situation à venir invite à une adaptation de l'agriculture et de la nature en ville notamment, tant dans le choix des espèces que dans les pratiques de gestion.

Désimperméabiliser et végétaliser la ville permet de revenir à une gestion saine de l'eau en ville (eau infiltrée là où elle tombe) et de revenir au cycle naturel de l'eau. Ceci a des impacts positifs sur l'atténuation des effets d'îlots de chaleur urbains ainsi que sur l'atténuation des phénomènes de retrait et gonflement des argiles.

g. Synthèse des connaissances actuelles sur le climat futur

Poursuite du réchauffement au cours du XXI^e siècle en Centre-Val de Loire, quel que soit le scénario

- Selon le scénario de fortes émissions, le réchauffement en température moyenne annuelle pourrait dépasser 4,6°C en fin de siècle par rapport à la période 1976-2005
- Peu d'évolution des précipitations annuelles au XXI^e siècle, mais des contrastes saisonniers et des événements plus intenses
- Poursuite de la diminution du nombre de jours de gel et de l'augmentation du nombre de journées chaudes, quel que soit le scénario
- Assèchement des sols de plus en plus marqué au cours du XXI^e siècle, en toute saison.

(Source : Météo France, Climat HD)

3. LA VULNERABILITE DU TERRITOIRE : A LA CROISEE DES IMPACTS POTENTIELS ET DE NOTRE CAPACITE D'ADAPTATION

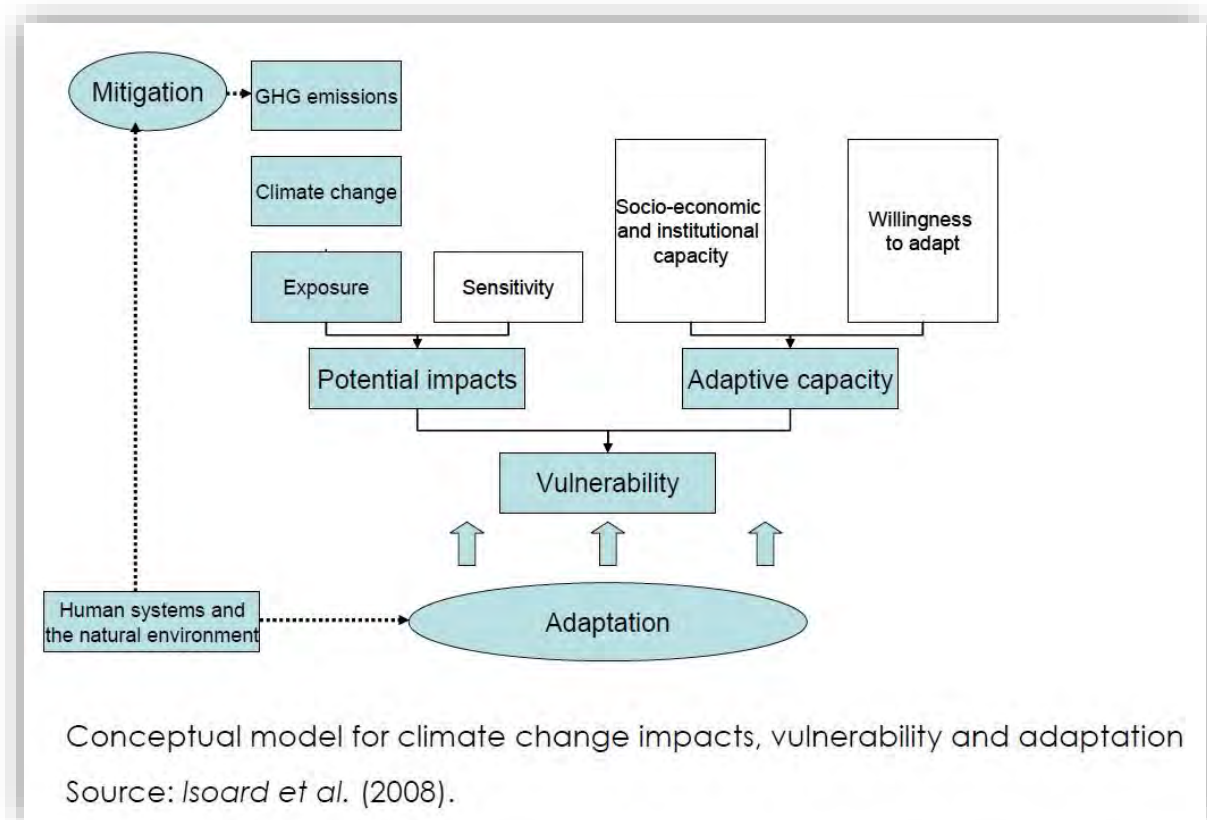
Dans cette étude de « vulnérabilité du territoire aux effets du dérèglement climatique », nous considérons le **territoire** comme étant un socio-écosystème dynamique, c'est-à-dire une société (des individus appartenant à des groupes, communautés, appartenant à des organisations d'activités et de productions), en interaction avec le milieu environnant aux caractéristiques bio-physico-chimiques particulières.

Pour définir la vulnérabilité du territoire (figure 42), nous avons considéré **les enjeux de ce territoire** (ce dont il est composé et ce à quoi la société tient). Nous avons ensuite estimé dans quelles mesures ces enjeux étaient **exposés au dérèglement climatique** (comment ils sont impactés aujourd'hui et le seront demain). Mais nous nous sommes également attachés à identifier des éléments de **capacité d'adaptation**, c'est-à-dire des facteurs de résilience du territoire-vis-à-vis des impacts du dérèglement climatique. Identifier les réseaux d'acteurs, les politiques, les projets déjà existants permet de souligner les forces sur lesquelles une future stratégie d'adaptation pourra s'appuyer.

Cette approche de la vulnérabilité peut se traduire par la formule suivante :

$$\text{Vulnérabilité} = \text{Enjeu} \times (\text{Exposition} - \text{Capacitation d'adaptation})$$

Figure 42 : Définition de la vulnérabilité



Source de la figure 40 : (Gobiet et al. 2010)

3.1. La santé humaine

Environ 300 000 personnes habitent sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire. Le dérèglement climatique **impacte la santé des habitants et travaille de Tours métropole de plusieurs façons.**

- a. Portrait des impacts actuels et à venir du dérèglement climatique sur la santé des habitants

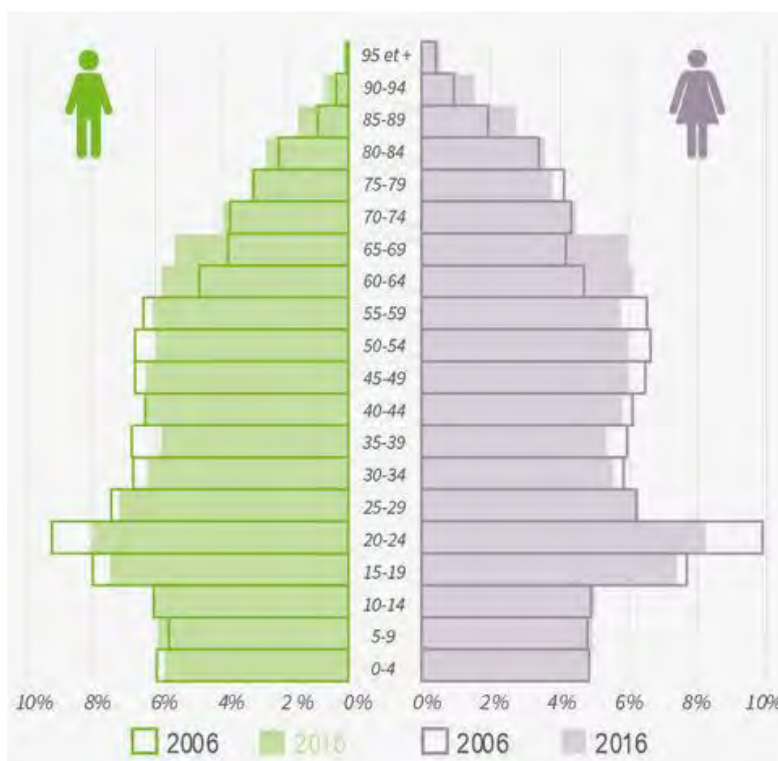
La chaleur met à l'épreuve les corps des plus fragiles

L'exposition à la chaleur peut provoquer une **déshydratation, un épuisement thermique voire dans de rares cas, un coup de chaleur**. Les vagues de chaleurs sont particulièrement menaçantes pour les personnes fragiles (enfants en bas âge, personnes âgées, personnes souffrant de certaines maladies), mais aussi pour certains corps de métier les plus exposés aux aléas climatiques (travail physique, travail en extérieur, travail en intérieur sans rafraîchissement...).

En France, comme en Touraine, la population est vieillissante, avec le phénomène du papy-boom, c'est-à-dire de l'arrivée à l'âge senior des nombreux enfants de l'après seconde guerre mondiale (figure 43). Ils font partie des personnes vulnérables aux fortes chaleurs.

Par ailleurs, 51% des seniors âgés de 80 ans ou plus vivent seuls sur le territoire, contre 30% des 65-79 ans. 13% des seniors âgés de 80 ans ou plus vivent dans un établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD). (ATU 2020b, 12)

Figure 43 : Pyramide des âges de TMVL (ATU, 2020b)



En fonction de l'exposition, de la physiologie de la personne, il existe plusieurs niveaux de gravité de risques : coups de soleil (rougeurs, œdème...) ; crampes de chaleur (spasmes dans les jambes et l'abdomen) ; épuisement (forte transpiration, faiblesse, froideur, pâleur, pouls faible, température normale) ; coup de chaleur (température corporelle supérieure à 40,6°C, peau sèche et chaude, pouls rapide et fort, perte de conscience possible) ; et mort.

Avec les fortes chaleurs, certaines personnes ont tendance à moins se vêtir et donc moins se protéger du soleil. Or l'augmentation du nombre de jours avec un ciel dégagé se traduit par une plus forte exposition aux rayonnements solaires, avec un cumul de doses reçues plus important. Cela est

responsable d'un vieillissement de la peau et d'un risque de cancer cutané qui augmente (mélanome et carcinome)¹⁶. Ces expositions aux soleils sont aussi responsables d'un risque plus élevé de développer des troubles oculaires (Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age (DMLA) et cataracte).

Tous les travailleurs installés dans des locaux non adaptés aux conditions météorologiques extrêmes souffrent aussi d'**inconfort et de pénibilité** dus à la chaleur (article de presse ci-dessous). Les canicules nuisent aux **sommeils** des habitants dont les logements ne sont pas toujours adaptés. En cascade, les troubles du sommeil ont des répercussions sur la santé mentale et physique.

¹⁶ D'après les internet : <https://www.cancer-environnement.fr/fiches/cancers/cancer-de-la-peau-melanome/>

Figure 44 : Témoignage de la pénibilité des peintres en bâtiment lors des vagues de chaleur (Tours, Sanitas)

Météo : les peintres en bâtiment adaptent leurs conditions de travail aux fortes chaleurs

Publié le 01/08/2022 à 06:25 | Mis à jour le 01/08/2022 à 10:41



ENVIRONNEMENT - INDRE-ET-LOIRE



Habib Bahilli organise son chantier de peinture en fonction des heures d'ensoleillement.

© (Photos NR, Julien Pruvost)

Sur des échafaudages en plein soleil ou dans des appartements mal aérés, les peintres en bâtiment font face aux températures caniculaires de ce mois de juillet 2022. Les entreprises d'Indre-et-Loire tentent désormais de s'adapter.

"Aujourd'hui, ça fait du bien, parce que ces derniers jours, on a souffert." Dans l'un des immeubles du quartier du Sanitas à Tours, Jean-Pierre Posénato savoure le temps nuageux. La température est redescendue, mais quelques jours auparavant, le thermomètre indiquait plus de 40°C.

L'homme, âgé de 70 ans, est peintre en bâtiment et chef d'une équipe de cinq personnes réparties dans le quartier tourangeau.

« Encore plus chaud à l'intérieur que dehors »

« On refait les peintures d'appartements vides. Mais à cause des portes et fenêtres métalliques anti-occupation illégale, ça devient des fours », explique-t-il. À l'intérieur du logement, aucune lumière ne pénètre les plaques de fer installées à chaque ouverture. Imaginer cet endroit sous des chaleurs caniculaires, c'est se figurer l'enfer : « Il fait encore plus chaud à l'intérieur que dehors. »

Le dérèglement climatique dégrade la qualité de l'air et engendre des problèmes respiratoires

La qualité de l'air est également dégradée lors d'épisodes de canicule. **L'ozone**, qui est naturellement présent dans la couche d'ozone (située entre 13 et 40 km d'altitude), est un gaz photochimique qui se forme aussi dans les basses couches de l'atmosphère sous l'effet combiné des polluants issus des activités humaines (oxydes d'azotes et Composés Organiques Volatiles -COV- issus des transports, industries, et des habitations) et de la hausse des températures et du rayonnement ultra-violet. Il **agresse le système respiratoire des humains et animaux** et peut **brûler les végétaux** les plus sensibles.

La production de particules fines et ultrafines est également accentuée par les hausses de chaleur. Ces particules qui pénètrent dans les poumons sont responsables de nombreuses maladies cardiovasculaires.

La pollution de l'air est responsable d'impacts à court et long termes.

Même à de faibles doses, l'exposition ponctuelle aux polluants atmosphériques peut provoquer, le jour même ou dans les jours qui suivent, des symptômes irritatifs au niveau des yeux, du nez, de la gorge, et des voies respiratoires ainsi que des céphalées. Chez les personnes sensibles, ces polluants favorisent la survenue d'affections bronchiques et pulmonaires (crise d'asthme, infection pulmonaire), une exacerbation des troubles cardio-vasculaires et respiratoires pouvant conduire à une hospitalisation, et dans les cas les plus graves au décès.

Sur le long terme, l'exposition aux polluants environnementaux induit une surmortalité et une baisse de l'espérance de vie. Elle contribue au développement ou à l'aggravation de maladies chroniques telles que : cancers, pathologies cardiovasculaires et respiratoires, troubles neurologiques, troubles du développement. Une liste de ressources est disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/pollution-lair-origines-situation-et-impacts>

De nouvelles études montrent un rôle de la pollution de l'air également sur les troubles de la reproduction, les troubles du développement de l'enfant, les affections neurologiques et le diabète de type 2 (Santé Publique France, 2019).

En France, la pollution atmosphérique est responsable de plus de 50 000 morts prématurées chaque année.

	Particules fines (PM_{2.5})	Ozone (O₃)	Dioxyde d'azote (NO₂)
Nombre de morts prématurées par an	43 400	1 500	7 700

Source : (European Environment Agency, 2015)

L'augmentation des températures accroît les problématiques liées aux pollens

La DREAL Centre Val-de-Loire nous informe qu'une augmentation de 50 % de pollens de bouleau a été mesurée de 1991 à 2018 (DREAL CVL, 2019).

La hausse des températures conduit à une modification des dates de floraisons et de pollinisations, surtout pour les espèces qui pollinisent à la fin de l'hiver et au début du printemps comme le cyprès, le frêne ou le bouleau. Sur 30 ans, l'augmentation des quantités de pollens de bouleau est très marquée (figure 45) (Sédillot et al. 2021)

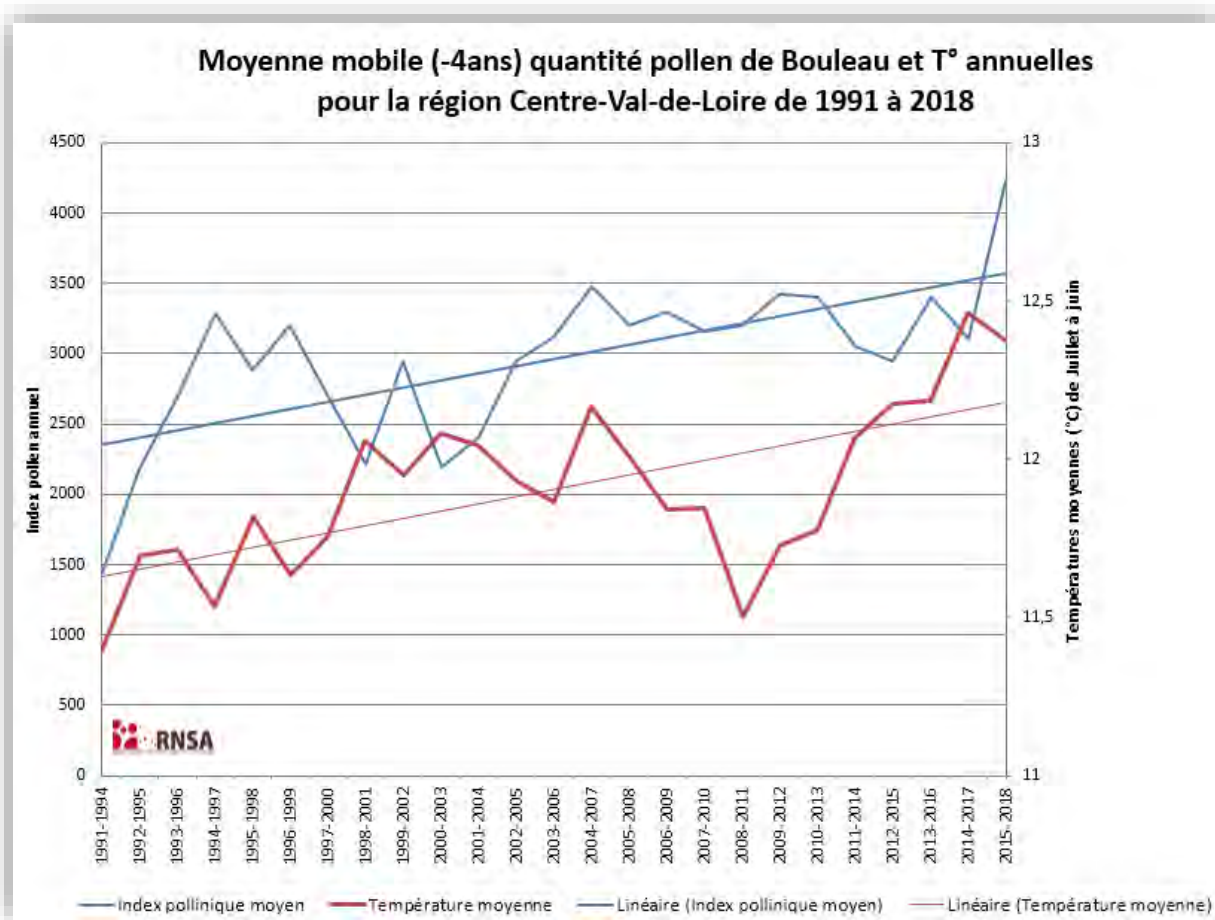
Outre le pollen d'arbres, les graminées ou l'ambroisie (plante exotique envahissante originaire d'Amérique du Nord et très allergisante) sont aussi concernées. Les experts du RNSA (Réseau National de Surveillance Aérobiologique) et les allergologues nous informent qu'avec le dérèglement climatique et la hausse des températures :

- La saison des pollens va s'allonger : elle va commencer jusqu'à 40 jours plus tôt et finir jusqu'à 19 jours plus tard.
- La quantité de pollen produite va augmenter, avec un pouvoir allergisant renforcé car la quantité d'allergènes par grain de pollen est corrélée à la concentration atmosphérique en CO₂.
- Les personnes allergiques seront gênées plus longtemps et avec des effets parfois plus graves, d'autant qu'une première allergie ouvre la porte à d'autres. (San 2022).

Or la prévalence des maladies allergiques a déjà considérablement augmenté au cours des 20 – 30 dernières années dans les pays industrialisés, où on estime aujourd'hui que 25 à 30 % de la population est concernée par une maladie allergique, et que les symptômes allergiques sont aussi de plus en plus grave (d'après INSERM)

Le graphique ci-dessous (figure 45) montre l'augmentation constante de la production de pollen de Bouleau depuis presque 30 ans, en région Centre val de Loire.

Figure 45 : la production de pollens de bouleau augmente depuis 1991



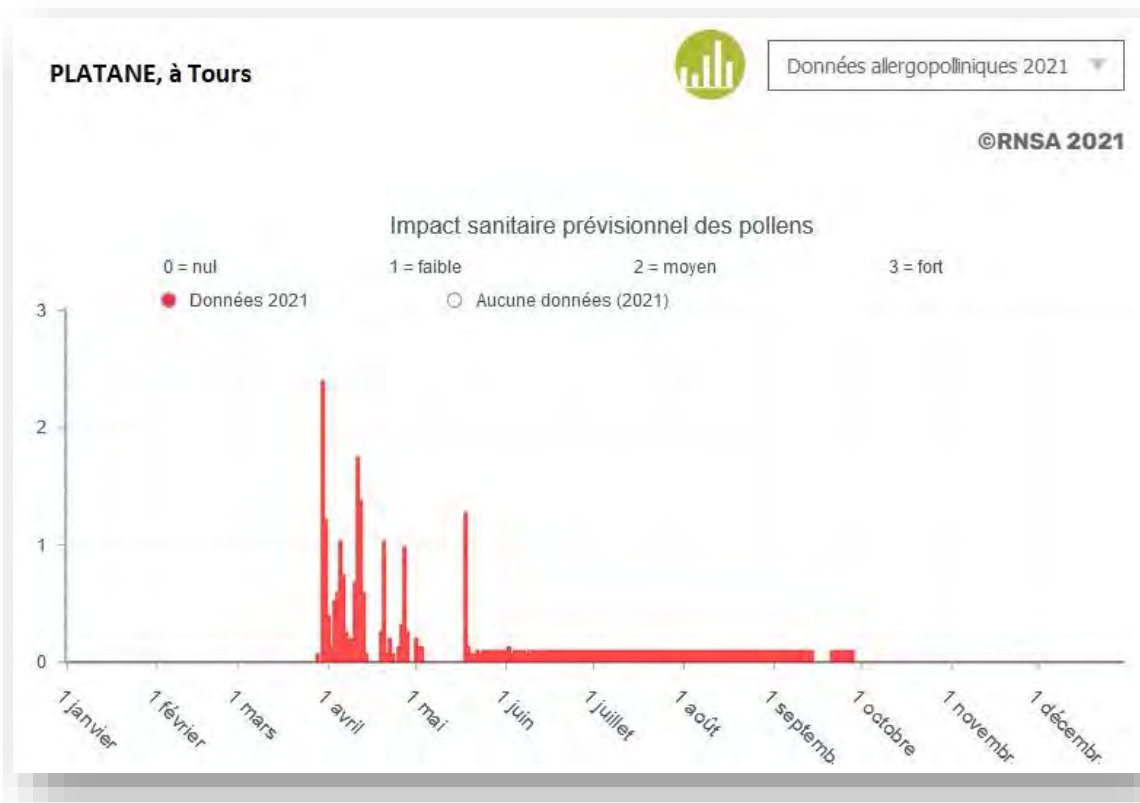
A l'instar des platanes du boulevard Béranger (figure 46), certains secteurs de Tours Métropole sont végétalisés de manière monospécifique, ce qui accentue la forte concentration de pollen à une certaine période de l'année (figure 47).

D'après le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA), c'est la période d'avril à mai qui est propice aux pollens de platane (figure 47). Les mesures enregistrées prévoient un impact sanitaire moyen à fort pour le début avril 2021.

Figure 46 : Les platanes du boulevard Béranger font partie du patrimoine de la Ville- (© Ville de Tours - V. Liorit)



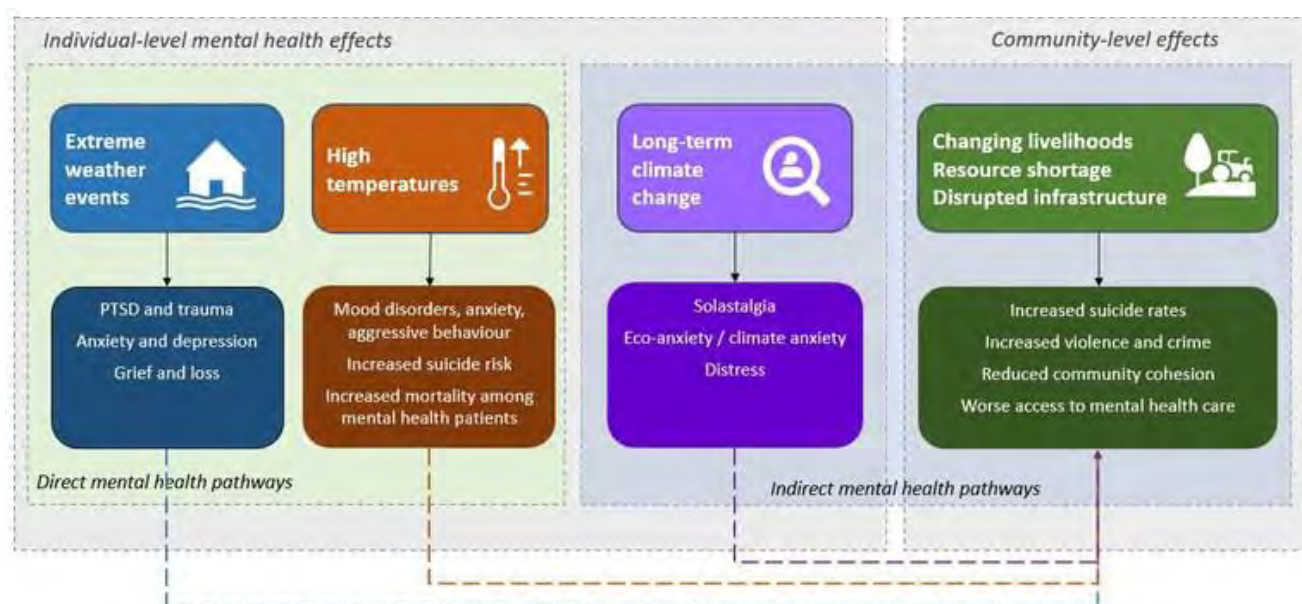
Figure 47 : le Réseau National de Surveillance Aérobiologique permet un suivi et une prévention des pics de pollution aux pollens



Le dérèglement climatique est un facteur d'éco-anxiété

L'impact sur la santé mentale est également de plus en plus étudié. On trouve un certain nombre d'informations dans le rapport de l'Observatoire européen du climat et de la santé qui en étudie les différentes composantes (figure ci-dessous).

Figure 48 : The pathways of climate change impacts on mental health in Europe considered in the ECHO's report (2022)



Une vaste recherche internationale aboutie en 2021 révèle que 60 % des jeunes sont « très » voire « extrêmement » inquiets du changement climatique (Hickman et al., 2021).

Ces troubles psychologiques sont exacerbés par la multiplicité des maux de nos sociétés et créent une demande de soin à laquelle nos systèmes de santé peinent à répondre en raison de leur capacité déjà saturée.

« Les professionnels de santé dépassés par la vague de détresse psychologique qui touche les jeunes adultes » titrait Le Monde le 14/06/2022.

Delphine Guérin, médecin et directrice du service de santé de l'université de Picardie-Jules-Verne en témoigne : « *Tout a basculé. Nous gérons des jeunes polytraumatisés, qui se construisent dans une période où se sont enchaînés les attentats, le Covid, la guerre en Europe, et qui font face à la crise climatique* », énumère-t-elle. La prise en charge de ces profils demande davantage de temps pour les services de santé universitaires (SSU) qui, partout en France, sont débordés. Beaucoup alertent, en cette fin d'année universitaire, sur leur incapacité à absorber l'ensemble des demandes, qui affluent sans discontinuer. A Jules-Verne, si le service est passé à deux psychologues à temps plein, « *le délai d'attente pour un rendez-vous est de deux mois : c'est très long quand on va mal* », s'alarme Delphine Guérin. » (Raybaud, 2022)

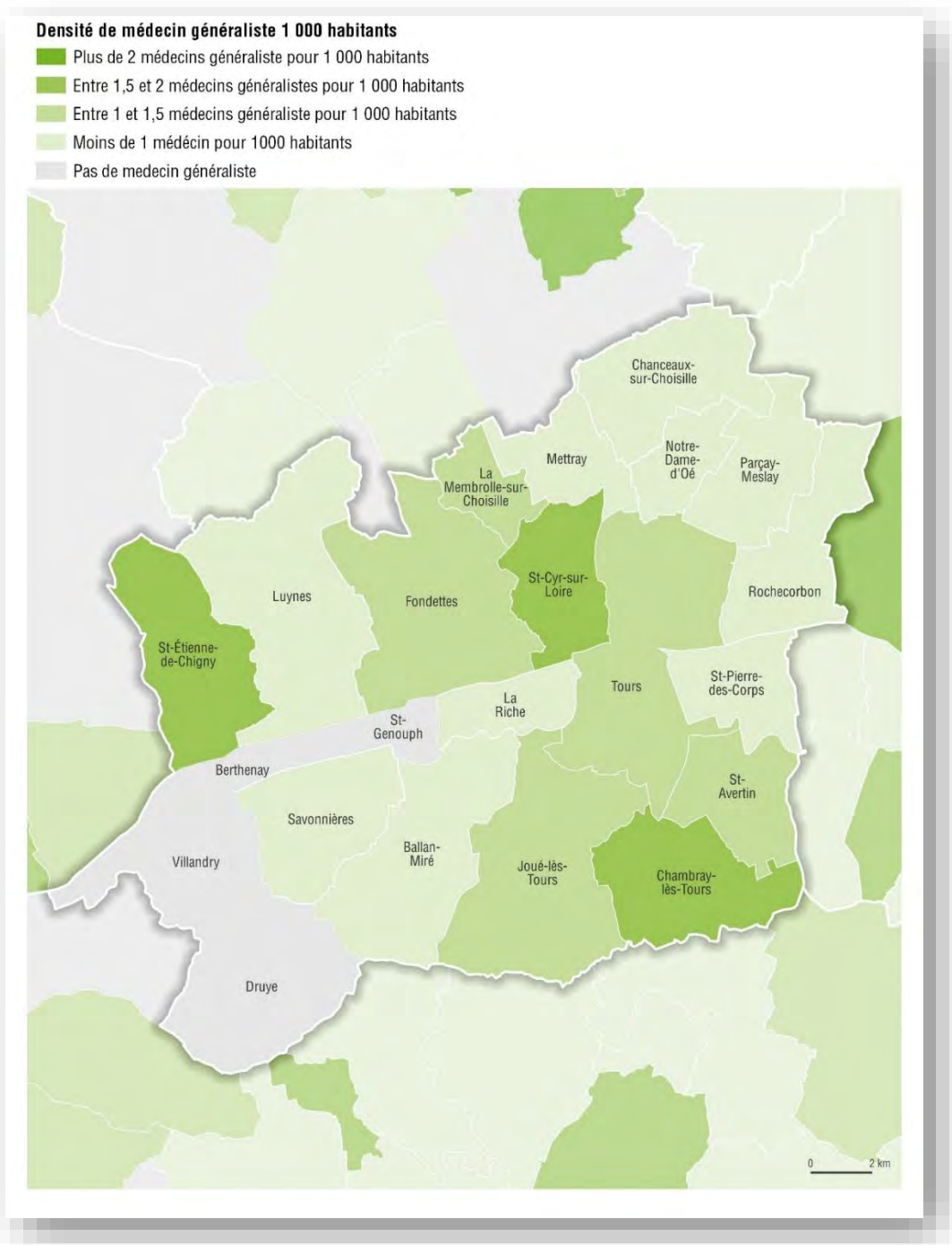
Si ce trouble n'est à ce jour, pas reconnue dans le manuel des maladies psychologiques, les troubles associés sont eux pris en charge, dans la mesure des capacités de nos systèmes de santé. Cela souligne l'enjeu de formation des professionnels de santé à ce phénomène nouveau.

A ce jour, nous ne disposons pas de données tangibles sur la situation particulière du territoire de Tours Métropole Val de Loire en matière d'impacts du dérèglement climatique sur la santé physique et mentale. Ce qui pourrait à l'avenir être pallié par le diagnostic du Plan Régional de Santé Environnement (PRSE).

b. Points de fragilité du système de santé vis-à-vis du dérèglement climatique

La tension actuellement existante sur le nombre de professionnels de santé disponibles sur le territoire de Tours métropole (figure 49) exacerbe notre vulnérabilité vis-à-vis du changement climatique.

Figure 49 : des médecins généralistes inégalement répartis sur le territoire métropolitain (ATU, 2020, p.13)



Bien que Tours Métropole soit l'intercommunalité la mieux dotée d'Indre-et-Loire avec 2 053 professionnels de santé en 2018, soit un ratio de 7 professionnels pour 1000 habitants, le nombre de généralistes recule (- 5% en 5 ans).

À l'instar de la tendance nationale, la démographie de la profession médicale laisse à penser que **l'offre de santé de proximité pourrait se détériorer dans les années à venir** (ATU 2020, p.12).

En ce qui concerne la santé mentale, nous rappelons ici que la majorité des psychothérapies ne sont pas prises en charge par la Sécurité sociale et restent à la charge du patient, ce qui pénalise les personnes à bas revenus.

Certaines de nos infrastructures de santé, dont celles d'envergure départementale, sont soumises aux aléas climatiques induits comme :

- les inondations (en cas de forte pluie et de crue des cours d'eau),
- la fissuration des bâtiments en cas de retrait et gonflement des argiles
- ou bien l'inconfort thermique en cas de canicule.

On peut citer l'exemple du **site de Bretonneau** qui comprend un hôpital et une maternité publiques et un lieu de formation, localisé dans le centre-ville de Tours, dans le lit commun et inondable de la Loire et du Cher. Cette infrastructure essentielle est **en première ligne du risque inondation**.

Tours Métropole abrite une **population fragilisée** par de multiples facteurs, dont un moindre accès aux soins ou une plus forte exposition :

- la littératie en santé : la motivation et les compétences des individus à accéder, comprendre, évaluer et utiliser l'information en vue de prendre des décisions concernant leur santé (www.santepubliquefrance.fr)
- la fracture numérique : les difficultés d'accès aux technologies de communication numérique pour identifier des spécialistes, voire réserver des rendez-vous depuis des plateformes internet par exemple)
- une faible mobilité des personnes âgées éloignées de l'offre de santé
- Des personnes sans ressources, qui ne peuvent accéder à certains soins et ou ne connaissent pas les aides existantes
- des personnes habitant en centre urbain où l'offre de soin est saturée malgré une forte concentration en professionnels
- Des personnes cumulant inégalités sociales et environnementales et habitant dans des logements peu adaptés, des milieux imperméabilisés plus exposés aux fortes chaleurs.

c. Forces du système de santé qui nous rendent résilients vis-à-vis des impacts du dérèglement climatique

En Indre-et-Loire, le Conseil territorial de santé, sa Commission de santé mentale et le Groupement hospitalier de territoire se sont accordés pour être à l'initiative **du projet territorial de santé mentale**, avec appui de l'Agence régionale de santé Centre-Val de Loire.

Conformément aux exigences réglementaires¹⁷, six priorités y sont traitées, dont l'action sur les déterminants sociaux, environnementaux et territoriaux de santé mentale. Dans ces travaux, le groupe de travail n°6 identifie bien le changement climatique comme source d'anxiété (Projet Territorial de Santé Mentale d'Indre-et-Loire, p.124).

Ce projet territorial pourrait être une clé d'entrée intéressante pour que des collectifs d'acteurs de la santé s'emparent davantage de ce sujet, pour d'une part, mieux connaître les troubles induits sur la santé et d'autre part, identifier des leviers d'atténuation et d'adaptation face à ce nouveau type de risque, non pas naturel, mais anthropique.

Le mouvement et concept de « **One health** », traduit en français par « une seule santé », invite à penser de manière systémique la santé publique humaine, la santé animale et la santé environnementale, aux échelles locale, nationale et planétaire. Ce concept est encore peu connu et appliqué sur le territoire de Tours Métropole. Toutefois, « **l'urbanisme favorable à la santé** » a été identifié comme un des deux enjeux transversaux du futur Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) de l'agglomération tourangelle. Son déploiement s'appuiera notamment sur le Projet Régional de Santé et sur le Contrat territorial de Santé à l'échelle du département. Cette instance de démocratie sanitaire suit la création de plates-formes territoriales d'appui à la coordination des parcours de santé complexes, ainsi que la signature des contrats territoriaux et locaux de santé. (Syndicat mixte de l'Agglomération Tourangelle, 2023).

Tours Métropole Val de Loire s'est engagée en 2022 dans une démarche d'élaboration d'un **Contrat Local de Santé (CLS)** à l'échelle des communes de Tours, Joué-lès-Tours, Saint-Pierre-des-Corps et La Riche. Le CLS est un outil de territorialisation des politiques de santé qui permet de mettre en œuvre une stratégie locale de santé adaptée aux besoins et enjeux du territoire et de ses habitants. Porté conjointement avec l'Agence Régionale de Santé Centre Val de Loire, il vise à améliorer l'état de santé de la population et à réduire les inégalités sociales, territoriales et environnementales de santé.

S'appuyant sur une approche globale et transversale de la santé, son champ d'intervention porte sur la prévention, l'accès aux soins, l'accompagnement médico-social et sur les déterminants de la santé. Il œuvrera ainsi à promouvoir un cadre de vie favorable à la santé, à inscrire la santé au sein des politiques publiques, à améliorer les parcours de soins, à mettre en cohérence et renforcer la dynamique locale de santé avec les acteurs du territoire.

Le CLS fait suite à la création en 2018 du **Conseil Local de Santé Mentale (CLSM)**. Il est porté par Tours Métropole Val de Loire en partenariat avec l'Agence régionale de la Santé, le Centre Hospitalier Régional Universitaire de Tours, la Ville de Tours, la Ville de Joué-Lès-Tours, la Ville de Saint-Pierre-Des-Corps et la Ville de La Riche. Ce dispositif vise quant à lui à promouvoir, à la même échelle que le CLS, la santé mentale en luttant contre la stigmatisation, en contribuant au repérage précoce des

¹⁷ C'est la loi du 26 janvier 2016 dite « loi de modernisation de notre système de santé » qui, par son article 69, fait évoluer la politique de santé mentale en prévoyant la mise en œuvre de projets territoriaux de santé mentale (PTSM). C'est le décret n°2017-1200 du 27/07/2017 qui fixe les modalités d'élaboration et les priorités

troubles et en facilitant l'accès aux structures de soins. Il constituera à termes le volet santé mentale du CLS.

d. Synthèse : les défis de l'adaptation face au dérèglement climatique pour garantir la bonne santé de tous

L'analyse de la vulnérabilité au dérèglement climatique de la santé des habitants de la Métropole de Tours, des services et infrastructures de santé du territoire permet d'identifier les défis suivants :

- Connaître plus finement les menaces qui pèsent sur les infrastructures de santé clés et réaliser un **plan de continuité des activités**, de façon à garantir leur bon fonctionnement en cas d'inondation, de fortes canicules de longue durée, de restriction d'accès à l'eau, de rupture de l'approvisionnement en énergie...
- Garantir la **viabilité des lieux d'accueil des personnes les plus fragiles** aux vagues de chaleurs, pics de pollution, etc. : hôpitaux, EPHAD, crèches, écoles, etc.
- Accompagner la **progression de l'offre de soins** du territoire
- S'orienter vers une **approche préventive** de la santé basée sur l'information des publics, la formation des professionnels de santé, la sensibilisation des acteurs touchés par ces thématiques, dont les élus locaux.
- Décloisonner les politiques de santé publique pour tendre vers une **approche globale et transversale** articulant l'ensemble des dispositifs existants et en devenir

3.2. La biodiversité

a. Enjeux : notre vie dépend de la biodiversité

Si le rôle des plantes est bien connu pour le renouvellement de l'air ou la régulation des températures, elles sont aussi utiles pour le cycle de l'eau. Les milieux aquatiques, eux, sont de précieux acteurs de l'équilibre climatique et de la vie sur Terre, l'eau étant LA ressource indispensable à toutes les espèces.

La notion de « services écosystémiques » traduit la multiplicité des biens et services que les humains retirent du bon fonctionnement du monde vivant et des écosystèmes. On distingue plusieurs catégories de services : des services d'approvisionnement, des services culturels, des services de régulation et des services de soutien à la vie (illustrés dans la figure 50 de WWF, 2016).

Figure 50 : Les différentes catégories de services écosystémiques



Mais outre cette approche utilitariste qui met l'accent sur l'intérêt des sociétés humaines à protéger la nature en raison des « services » qu'elle nous rend, il convient de protéger la biodiversité pour elle-même.

La fondation pour la nature et l'homme met en avant les limites d'une approche utilitariste :

« La biodiversité ne peut cependant pas se réduire aux simples services écosystémiques qu'elle rend pour satisfaire nos besoins, car cette approche tend à déboucher sur une évaluation économique de la biodiversité dans une logique utilitariste, qui est en partie la cause de son déclin. De plus, cette notion véhicule implicitement l'idée selon laquelle la biodiversité est substituable dès lors que le service qu'elle rend est accessible par d'autres moyens. Or, ce n'est pas le cas : la biodiversité est unique et irremplaçable. » <https://www.fnh.org/pourquoi-est-il-vital-de-protger-la-biodiversite/>

La nature comme legs des générations précédentes et emprunt aux générations futures est un autre argument éthique et moral qui peut être mobilisé pour inciter à sa protection. D'autres encore évoquent une forme de responsabilité morale de l'espèce humaine, en tant qu'espèce sachant et consciente de son impact (Jonas, 2017).

b. Portrait de la biodiversité de Tours Métropole Val de Loire

Le territoire de Tours métropole est doté d'une diversité de milieux (forêt, cours d'eau et zones humides, landes et prairies...) et d'espèces.

En témoignent les différents types de périmètres et outils d'identification ou de protection de la nature en place sur le territoire (figure 51) :

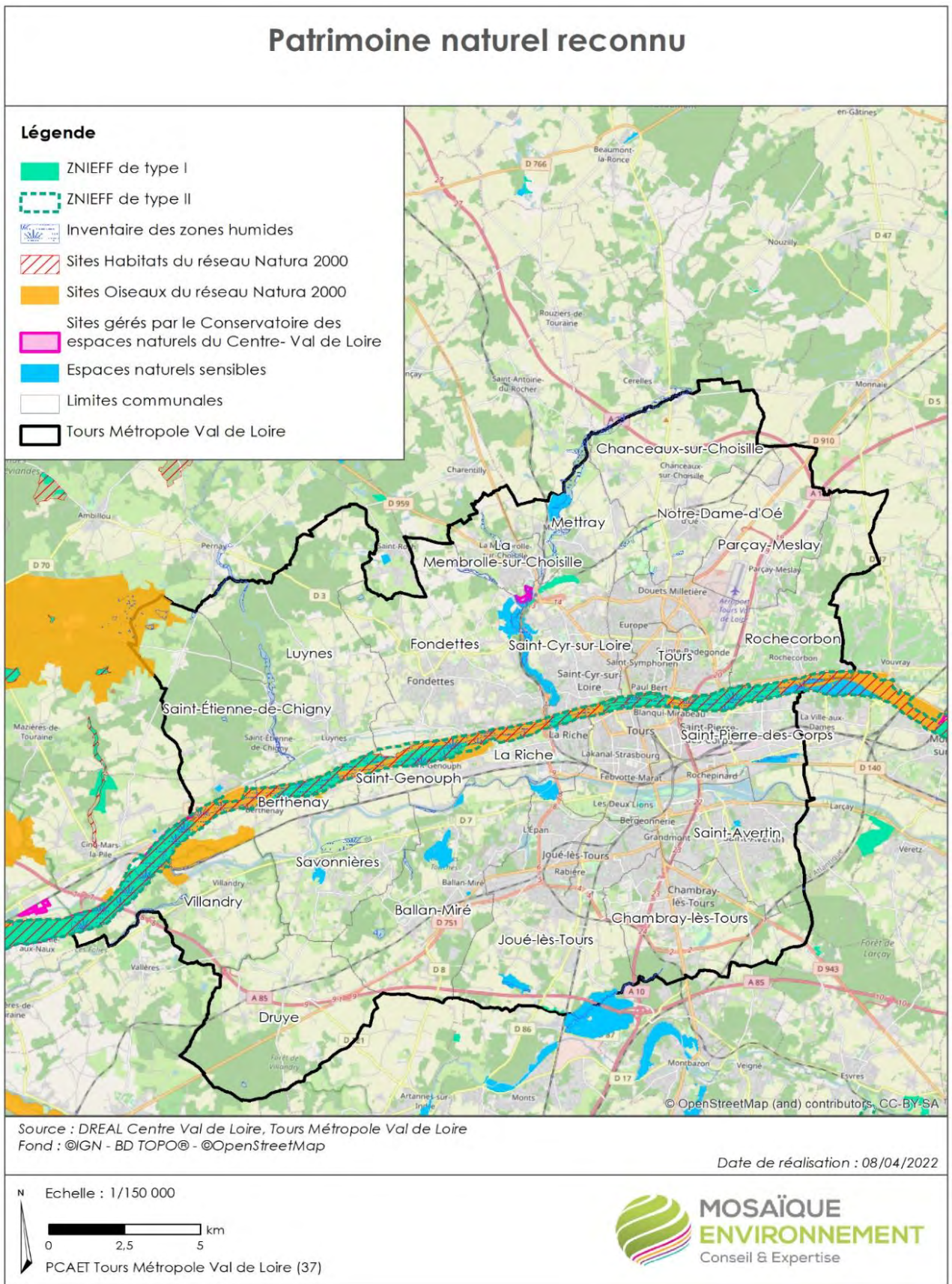
Périmètre de protection réglementaire	<ul style="list-style-type: none">• Arrêtés de protection de biotope• Zonages classés naturels « N » dans les plans locaux d'urbanisme• Zones Natura 2000
Périmètre bénéficiant de mesure de gestion	<ul style="list-style-type: none">• Espaces Naturels Sensibles• Sites du Conservatoire régional des espaces naturels
Périmètre identifiant des secteurs à enjeux de biodiversité	<ul style="list-style-type: none">• Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique• Inventaire des zones humides

Toutefois, sur les 2 414 espèces animales et végétales recensées sur le territoire, 258 d'entre elles (soit près de 11%) sont considérées comme menacées ou quasi menacées d'extinction (ATU, 2020b, p.28).

Et sur 244 km de linéaire de cours d'eau, seuls 8% sont en bon état chimique (ATU, 2022).

Néanmoins, 25% du territoire, soit 9 808 hectares, sont considérés comme noyaux de biodiversité et à ce titre, protégés dans les documents d'urbanisme ; et 106 km sont considérés comme corridors écologiques (ATU 2020b, 28; 2022).

Figure 46 : Un patrimoine naturel révélé par la diversité de périmètres et outils de protection de la nature

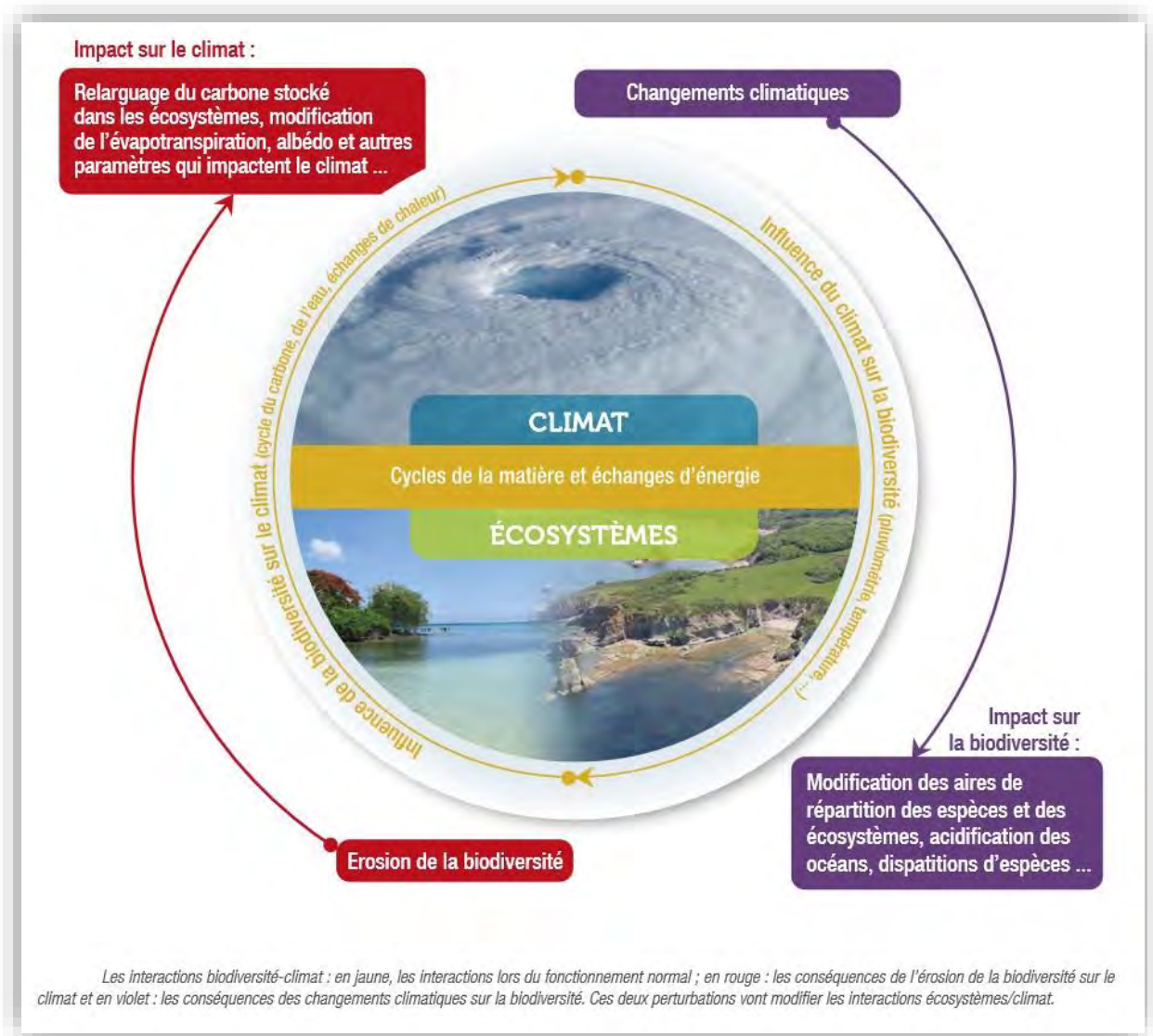


c. Le dérèglement climatique menace aussi la biodiversité

Les grands équilibres écologiques perturbés par le dérèglement climatique

Climat et biodiversité sont interdépendants depuis des millions d'années (figure 52).

Figure 47 : Interdépendance du climat et de la biodiversité



Source du schéma : (Union Internationale de Conservation de la Nature, 2018, p13)

D'après l'IPBES¹⁸ (Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques, aussi appelé « le GIEC de la biodiversité »), le dérèglement climatique est l'une des 5 causes du déclin général de la biodiversité.

Le changement climatique **modifie, perturbe et menace les équilibres écologiques**.

Avec l'augmentation des températures, l'aire de répartition de la faune et la flore se modifie : leurs lieux de vie originels deviennent inadaptes. Avec une augmentation des températures mondiales de +2°C, 18 % des insectes, 16 % des plantes et 8 % des vertébrés devraient perdre plus de la moitié de leur espace de vie (Agence Régionale de la Biodiversité, 2022)

Certains cycles végétatifs s'accélèrent. Les interactions entre les espèces se réorganisent : fragmentation, compétition. La vulnérabilité de certains milieux naturels augmente.

Or, lorsque les écosystèmes sont dégradés ou disparaissent, cela provoque un **déstockage du carbone** qu'ils contiennent, entraînant des émissions de CO₂ dans l'atmosphère. La déforestation et la dégradation des forêts et des tourbières représentent environ 15 % des émissions anthropiques annuelles de CO₂ à l'échelle mondiale (Union Internationale de Conservation de la Nature 2018).

Lorsque la végétation diminue, l'eau qui se dégage des végétaux au moment de la photosynthèse vers l'atmosphère - **la transpiration - diminue également**, ce qui impacte le cycle de l'eau. L'absence de végétation et donc de transpiration, contribue à ce que l'air soit plus sec.

De même, la modification de la couverture des sols (donc le type d'écosystème présent : aquatique, forestier, culture...) entraîne une **modification de l'albédo**, le pouvoir réfléchissant d'une surface. Par exemple, les cultures et forêt de feuillus renvoient davantage les rayonnements solaires que les forêts de conifères. Absorber moins de rayonnement évite le réchauffement du milieu.

Ces phénomènes illustrent l'interdépendance entre écosystèmes et climat illustrée figure 52.

La modification des aires de répartition des espèces : certaines perdent des espaces de vie et d'autres en gagnent

Le projet de recherche « MODELISE », piloté par Francis Isselin-Nondedeu, vise à modéliser les distributions de certaines espèces à enjeux de conservation en Centre-Val de Loire (comme le Sonneur à ventre jaune (figure 53) ou le Triton ponctué), en réponse au changement climatique global.

La majorité des scénarios valide des tendances de **pertes des habitats** en France. **Le Sonneur à ventre jaune verrait ainsi la région Centre lui devenir entièrement défavorable à l'horizon 2060**, quel que soit le scénario d'émission de GES modélisé par le GIEC (optimiste ou pessimiste) (ORB Centre Val de Loire 2022, 22).

Figure 48 : D'ici 2060, le Sonneur à ventre jaune devrait disparaître de la région

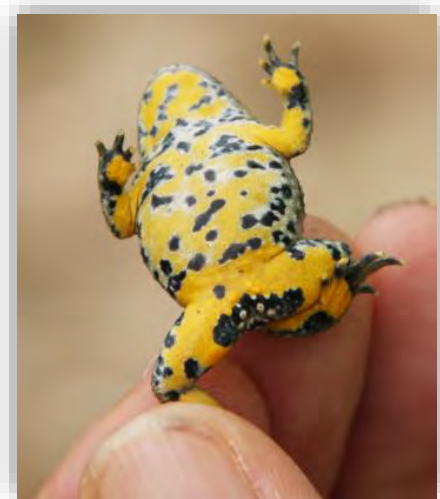
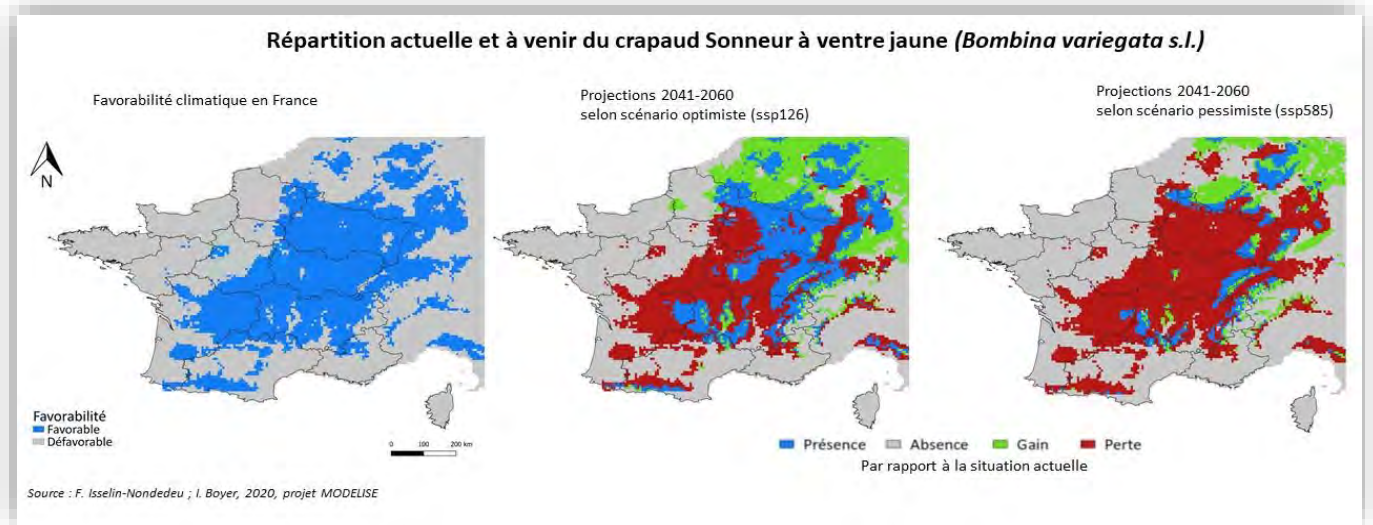


Figure 49 : Evolution de l'aire de répartition du Crapaud Sonneur à ventre jaune

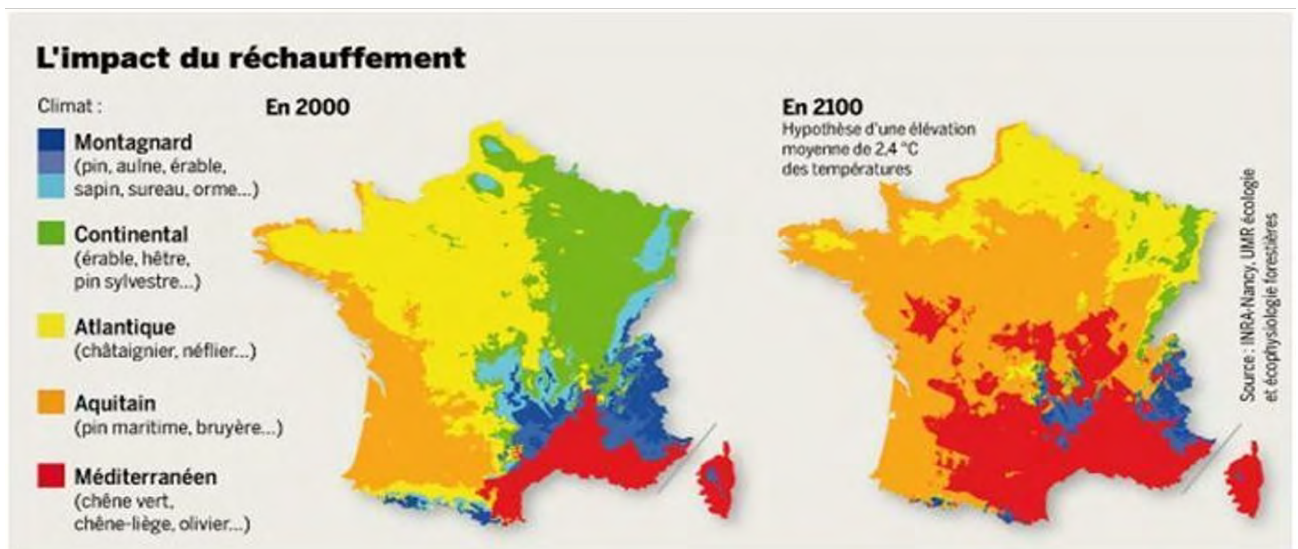


Les aires de répartition géographique des arbres évolueront également sous l'effet du dérèglement climatique (figure 55)

- Hêtre : retrait sur 60 à 70 % de son aire actuelle, à l'horizon 2055 selon un scénario médian avec un repli vers les massifs montagneux et le nord-est de la France.
- Chêne sessile : pronostic pessimiste pour le chêne sessile, dont 30 à 40 % de l'aire actuelle deviendrait inhospitalière à la moitié du XXI^e siècle selon des scénarios médians.

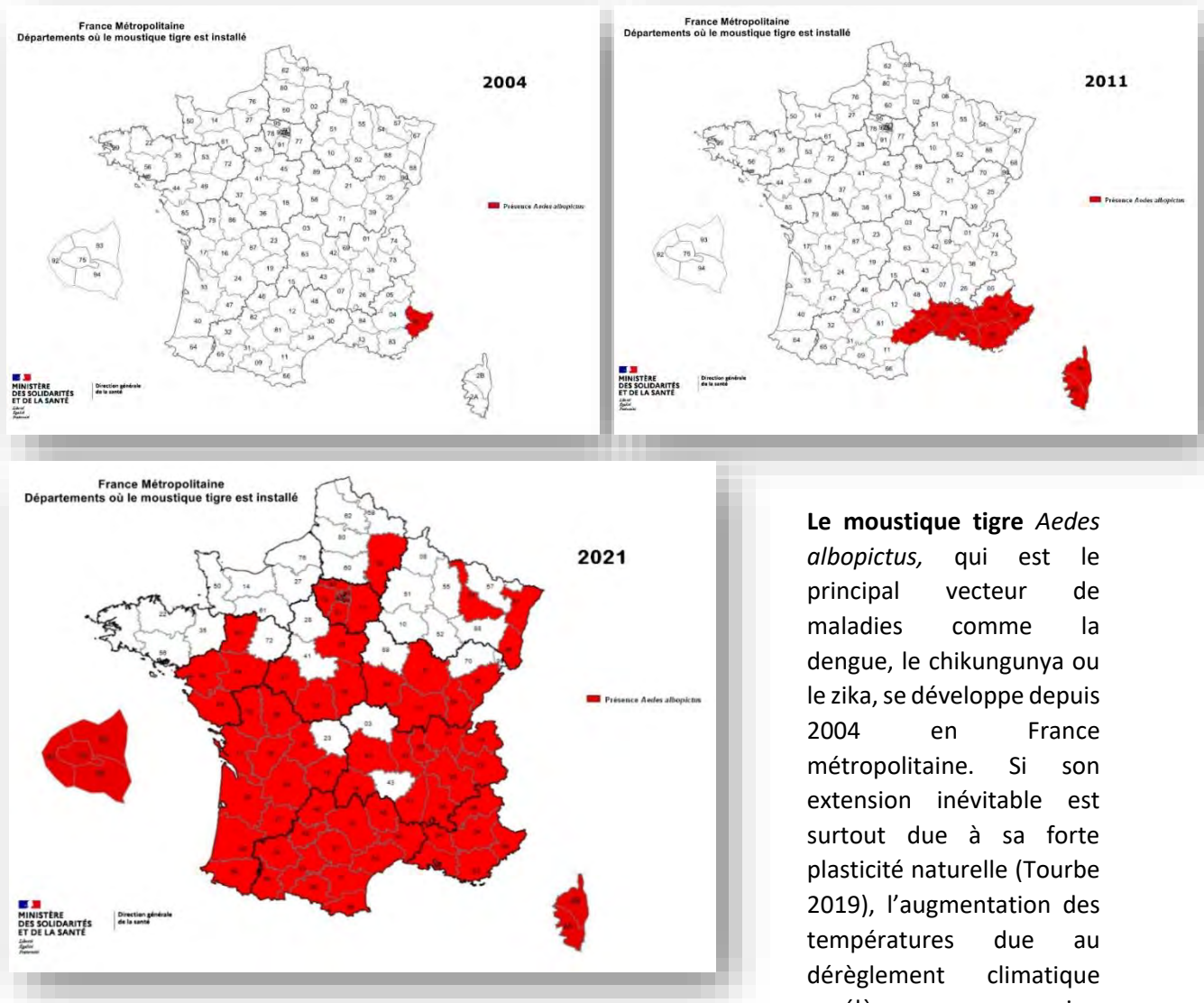
Chêne pédonculé : potentiellement plus vulnérable au déficit hydrique.
 Chêne vert : extension des zones climatiquement favorables.
 Pins : expansion du pin maritime vers la moitié nord de la France, mais rétraction importante de l'aire du pin sylvestre.

Figure 50 : évolution de la répartition des arbres d'ici 2100



Si le climat de demain sera défavorable à certaines espèces comme évoqué précédemment, il sera également favorable à d'autres et notamment certaines espèces exotiques envahissantes (Willis et al. 2010) et autres nuisibles.

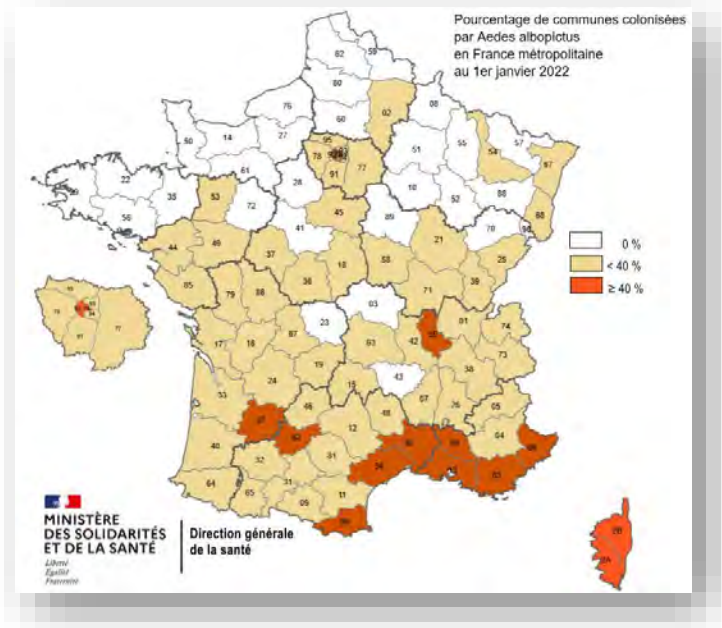
Figure 51 : expansion territoriale du moustique tigre de 2004 à 2021



Le moustique tigre *Aedes albopictus*, qui est le principal vecteur de maladies comme la dengue, le chikungunya ou le zika, se développe depuis 2004 en France métropolitaine. Si son extension inévitable est surtout due à sa forte plasticité naturelle (Tourbe 2019), l'augmentation des températures due au dérèglement climatique accélère son expansion territoriale, mais surtout,

« l'augmentation de la température a un double effet sur lui. Premièrement, plus il fait chaud, plus son cycle de développement, de l'œuf à l'adulte, se raccourcit. Entre 20 et 25°C, il dure entre 6 et 10 jours et à 28°C, il n'est plus que de 6 jours. Donc plus on augmente la température, plus le moustique devient adulte rapidement. Deuxièmement, la vitesse de multiplication du virus à l'intérieur de cet insecte est augmentée sous l'effet de la température. Donc plus il fait chaud, plus vite il devient vecteur de la maladie » (Failloux 2019) Ces trois cartes (figure 56) témoignent de l'expansion rapide du moustique tigre en 15 ans. 67 départements sont concernés fin 2021, dont l'Indre-et-Loire.

Figure 52 : proportion de communes colonisées par le moustique tigre



En Indre-et-Loire, près de 40 % des communes sont colonisées au 01/01/2022 (figure 57)

Si les tempêtes provoquent des dégâts massifs et visibles immédiatement, **les sécheresses**, exceptionnelles par leur intensité, leur précocité ou leur récurrence, ont toutes provoqué des **perturbations plus insidieuses**, durables et suivies de dépérissements complexes. La vulnérabilité accrue des arbres ainsi affaiblis **amplifie les dommages des maladies et des ravageurs** (Bréda et al. 2006 ; CEREMA 2018b, p.3).

La chenille processionnaire du pin et les termites sont utilisées comme des indicateurs du dérèglement climatique. Avec une augmentation de 1°C, tout l'Est de la région Centre-Val de Loire (notamment la Gâtine tourangelle, une partie de la Beauce et le département de l'Indre) devient alors favorable aux installations de termites. Avec une augmentation de 2°C des températures, la quasi-totalité de la région à l'exception de la Sologne et de la forêt d'Orléans **devient alors favorable aux termites, entraînant ainsi la nécessité d'adapter notre habitat à la présence de cet insecte** (Observatoire Régional de la Biodiversité Centre Val de Loire).

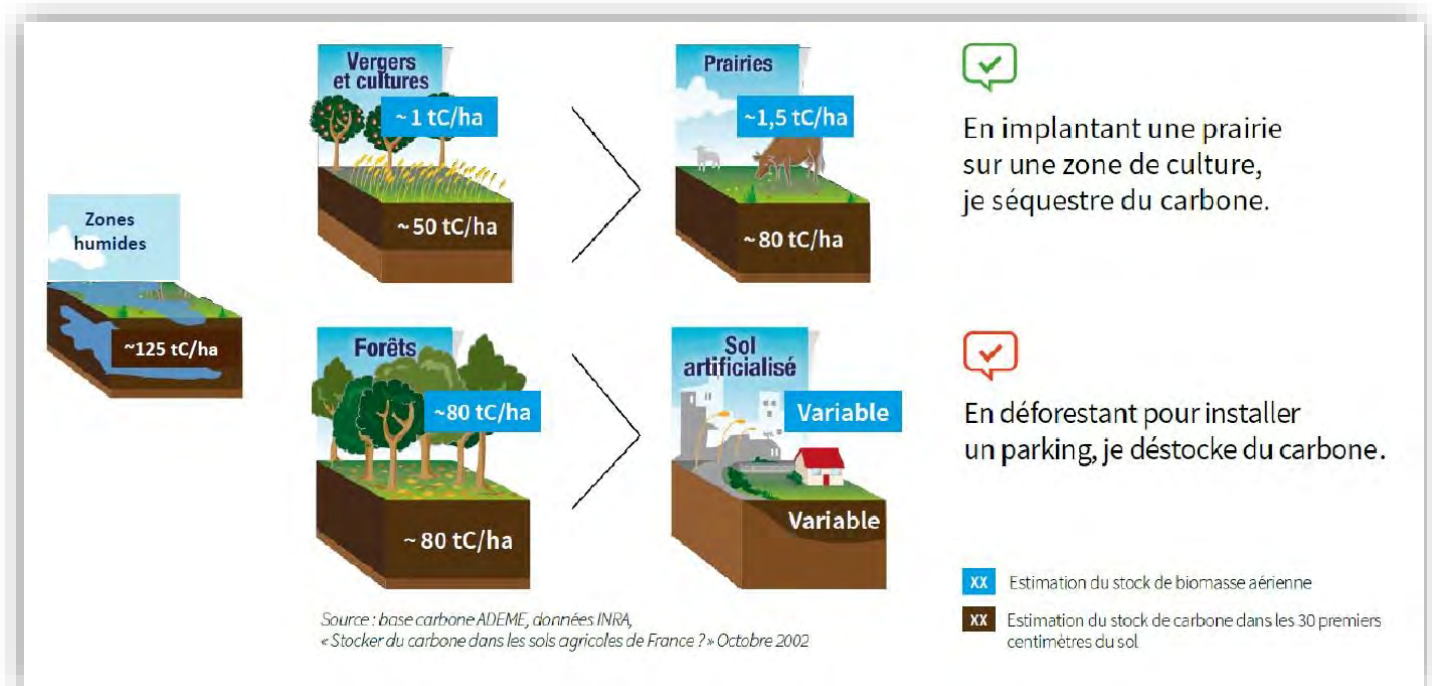
d. Les milieux naturels de notre territoire, un facteur de résilience

On vient de voir que les milieux naturels sont mis à mal par le dérèglement climatique. Or, par leur capacité à stocker le carbone, ils sont également un atout pour la réduction du phénomène d'effet de serre (figure 58). Il convient de les préserver de l'artificialisation.

Le stock de carbone contenu dans les 30 premiers centimètres de sols est trois fois plus élevé que dans le bois des forêts.

D'après l'inventaire des émissions nationales de gaz à effet de serre, les zones urbaines stockent moitié moins de carbone que les prairies ou forêts. Le stock carbone des sols de culture est intermédiaire (ADEME, 2014).

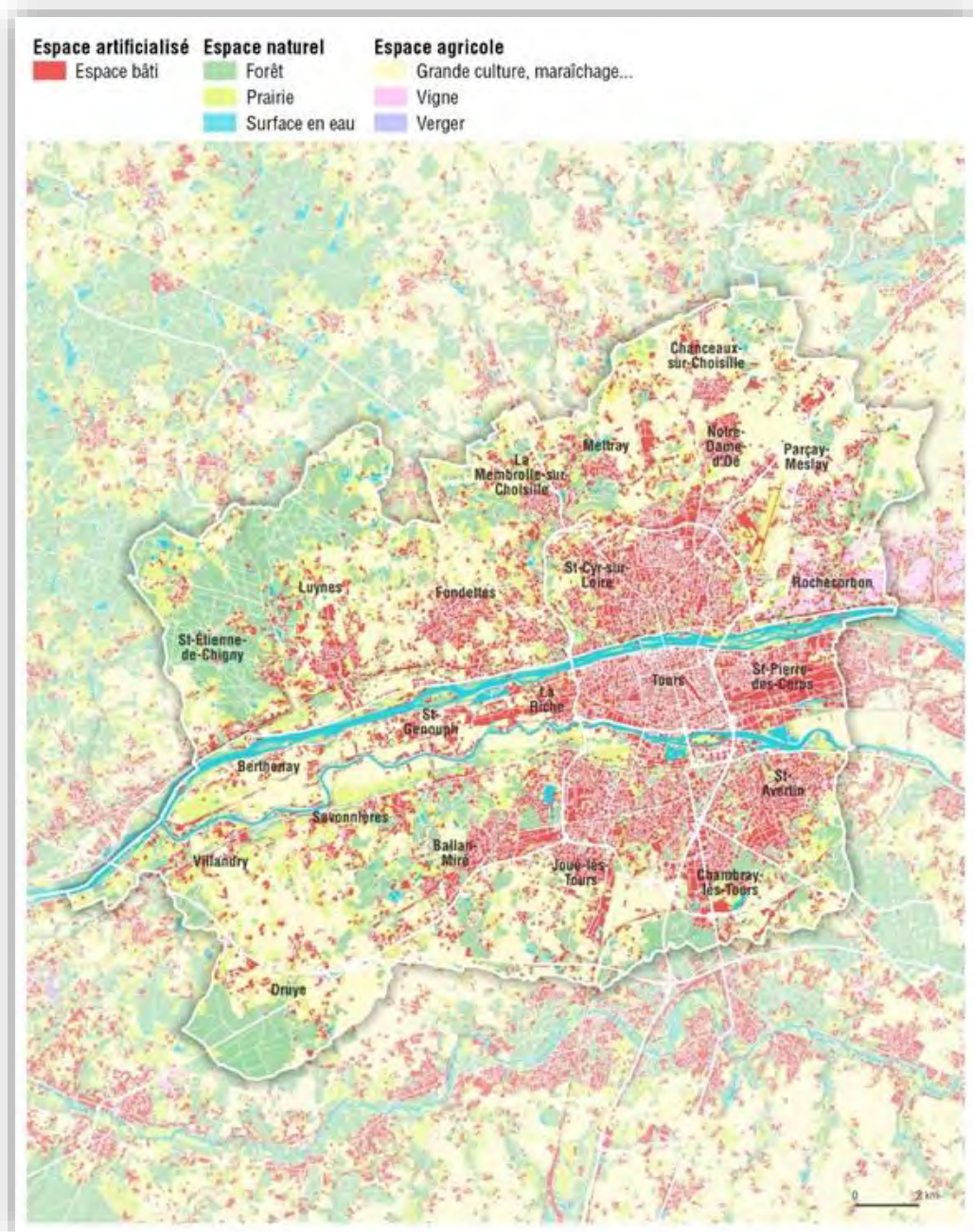
Figure 53 : potentiel de stockage du carbone des différents milieux



Les principaux puits de carbone du territoire de Tours Métropole sont localisés dans la ceinture verte (figure 59) :

- Les grands massifs forestiers et bois : la forêt de Saint-Etienne-de-Chigny, de Luynes, de Druye, de Villandry, du sud de Chambray-les-Tours, le bois des hâtes à Larçay notamment, le bois de la Rabelais à Saint-Cyr-sur-Loire, le bois de la Chamberie à Tours, le parc des Grandes Brosses à Mettray, le bois de la Camusière à Saint-Avertin, mais aussi la ripisylve de la Loire et du Cher, les arbres en ville
- les prairies permanentes des exploitations en polyculture-élevage
- les cultures de céréales du nord et de l'ouest du territoire
- Les vergers et vignes de Rochecorbon
- Les mares et autres zones humides

Figure 54 : Une ceinture verte à protéger de l'artificialisation pour protéger ses puits de carbone (ATU, 2020))



De nombreux éléments de notre patrimoine naturel constituent des « **Solutions fondées sur la nature**¹⁹ » pour réduire l'effet de serre (par le stockage de carbone comme évoqué précédemment) mais aussi pour nous adapter au climat de demain et à tous les aléas naturels induits :

- La plaine de la Gloriette, le lac des peupleraies et de la Bergeonnerie sont autant d'espaces naturels pouvant **accueillir de futures crues** majeures du Cher et prévenir d'éventuelles ruptures de digues.
- La végétation et notamment les arbres (ripisylves et arbres en ville) contribuent à **atténuer les effets d'îlots de chaleur urbains**.
- La création de jardins dans le lit majeur ou mineur des cours de la Loire et du Cher (îles noires, jardins de La Riche...) constituent des zones tampons pour les crues, tout en stockant du carbone et apportant de la fraîcheur à l'environnement alentour.

e. La capacité d'adaptation de la biodiversité peut être soutenue par les humains

Les espèces et milieux sont dotés de leur propre capacité d'adaptation. Certains végétaux peuvent connaître une canicule ou une inondation et ne pas mourir derrière, quand cela pourrait être fatale pour d'autres.

Les sociétés humaines peuvent jouer un rôle dans le choix des espèces plantées et élevées et ont une responsabilité quant à la destruction de milieux réalisée ou aux espèces exotiques et potentiellement envahissantes qui sont importées. C'est à ces niveaux que se situent les leviers d'une stratégie publique d'aide à l'adaptation du vivant non-humain.

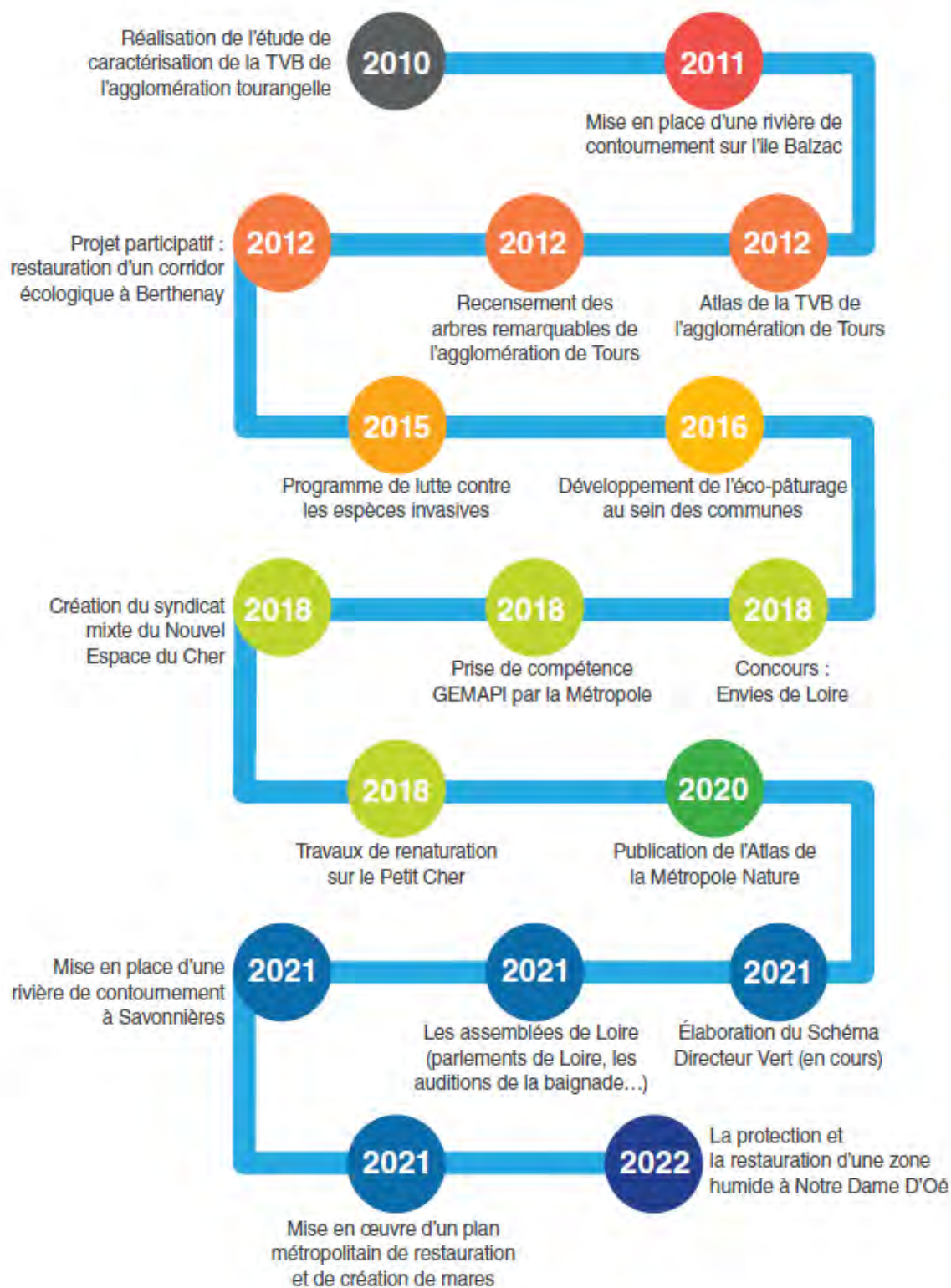
Mettre un terme à la perte et à la dégradation des écosystèmes riches en carbone (forêts, zones humides, prairies...) et développer des pratiques agricoles et forestières durables pour renforcer la capacité d'adaptation de la biodiversité au dérèglement climatique et augmenter le stockage du carbone font partie des défis d'une future politique climatique.

« Les mesures telles que la diversification des espèces végétales et forestières plantées, l'agroforesterie, l'agroécologie, la conservation des sols et la réduction de l'utilisation des engrais, offrent un fort potentiel annuel d'atténuation du changement climatique. » (Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité).

Le territoire de Tours Métropole accueille plusieurs associations actives de protection de la biodiversité. Aux côtés des citoyens engagés, entreprises et collectivités, ils forment un tissu d'acteurs mobilisés sur ces questions. Aussi, la mise en œuvre de politiques et projets déjà initiés sur le territoire de Tours métropole constituent une base solide à renforcer et démultiplier (figure 60).

¹⁹ L'Union Internationale de Conservation de la Nature définit les solutions fondées sur la nature comme « *les actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité* » (Union Internationale de Conservation de la Nature, 2018)

Figure 55 : Frise des faits marquants des politiques de préservation et valorisation des espaces naturels, agricoles et des paysages (Source : ATU, Atelier du PLUim, 2022)



Acronymes : TVB = Trame Verte et Bleue ; GEMAPI = Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des inondations.

f. Synthèse : les défis de l'adaptation de la biodiversité sur le territoire de la métropole de Tours face au dérèglement climatique

L'analyse de la vulnérabilité de la biodiversité vis-à-vis du dérèglement climatique sur le territoire de Tours Métropole permet de souligner les défis suivants :

- Améliorer la connaissance, à l'échelle de la Métropole de Tours, de l'impact du dérèglement climatique sur la biodiversité.
- Stopper l'artificialisation des milieux et des sols.
- Poursuivre la mise en œuvre de la trame verte et bleue pour reconstituer et renforcer les continuités écologiques.
- Restaurer ou créer de nouveaux noyaux de biodiversité, dotés d'un fort potentiel de stockage du carbone (zones humides, forêts...)
- Prendre en considération la biodiversité lors de la planification de l'usage de l'eau et du partage de l'eau.
- Continuer la lutte contre les espèces exotiques envahissantes.

3.3.L'agriculture

a. Portrait d'un secteur à enjeux

La métropole de Tours compte 40 % de terres agricoles (ATU, 2020). La Surface Agricole Utile du territoire du SCOT a légèrement baissé, passant de 36 820 Ha en 2010 à 36 265 Ha en 2020. Tandis que le nombre d'agriculteurs a lui nettement baissé, passant de 708 agriculteurs sur le territoire du SCOT en 2010 à 488 en 2020 (d'après AGRESTE, RGA 2010 et 2020).

Si l'agriculture ne représente pas un secteur économique majeur sur notre territoire de Tours métropole très urbanisé (tant en termes de nombre d'emplois que de flux économiques), elle n'en reste pas moins un enjeu alimentaire et environnemental majeur.

L'objectif du Projet Alimentaire Territoriale de Tours Métropole est de garantir une alimentation de qualité aux consommateurs tout en permettant aux producteurs locaux de vivre de leur travail. Il vise à atteindre une plus grande autonomie alimentaire (15% à moyen terme).

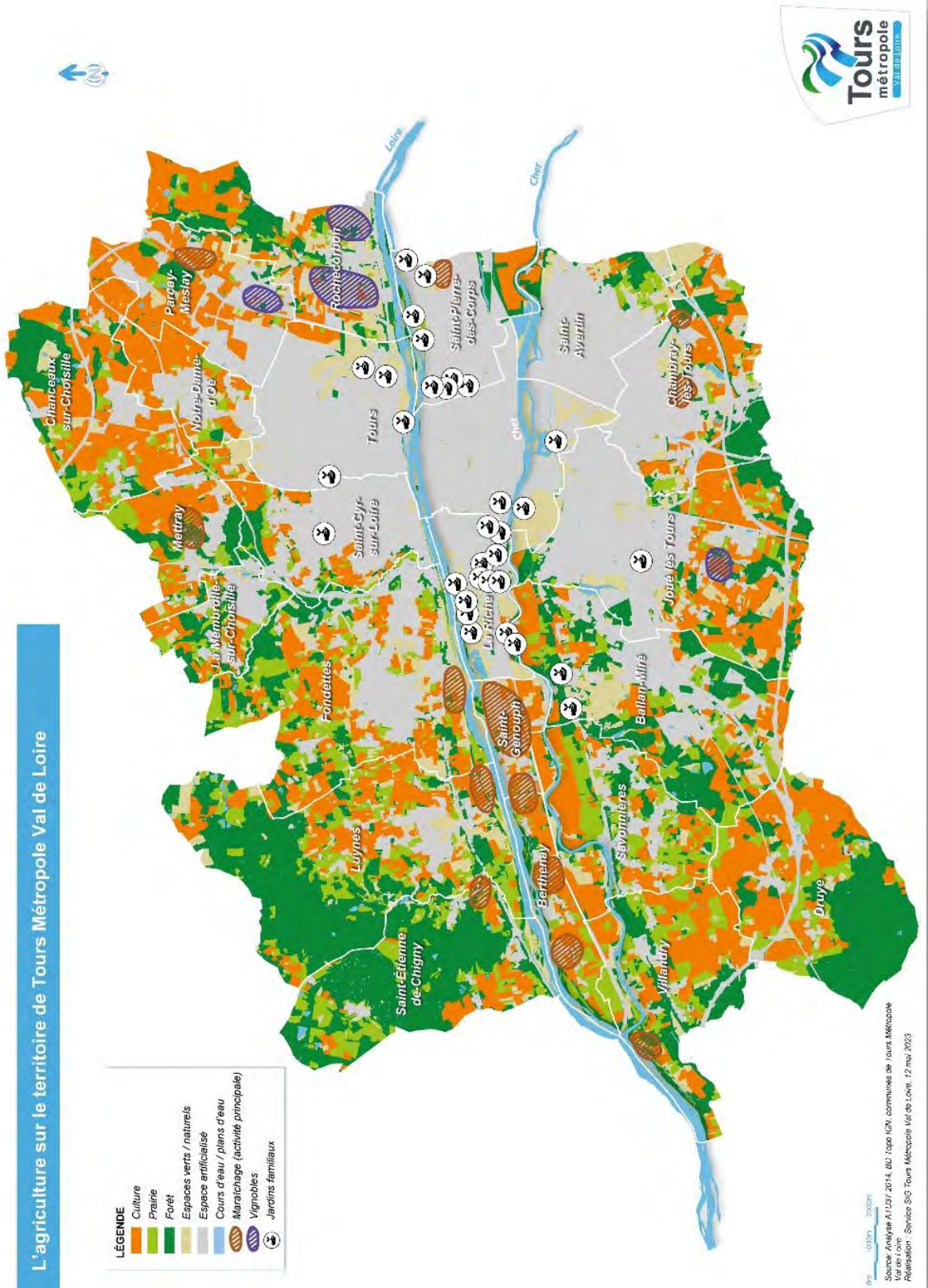
Sur le territoire de Tours métropole on retrouve (figure 61) :

- des grandes cultures au nord, ouest et sud-ouest
- des prairies et herbages sur l'arc nord-ouest à sud-ouest
- une concentration des exploitations maraichères à l'ouest, entre la Loire et le Cher
- un peu de vignoble au nord-est, à Rochecorbon et à Joué-lès-Tours

Ces zones végétalisées (prairies, cultures...) contribuent, dans les champs du climat, de l'air et de l'énergie à :

- Améliorer l'autonomie alimentaire de notre territoire ;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre dues au transport d'aliments ;
- Stocker le carbone dans le sol ;
- Filtrer certaines pollutions de l'air ;
- Produire de l'oxygène par la photosynthèse ;
- Rafraîchir l'air ambiant par l'évapotranspiration des plantes.
- Etc.

Figure 56 : une agriculture dominées par les grandes cultures et prairies (TMVL, 2023)



b. Faiblesses de l'agriculture vis-à-vis du dérèglement climatique

Toutes les cultures souffrent des aléas climatiques extrêmes (forte chaleur, sécheresse, épisode de grêle, gelée printanière...) qui engendrent de lourdes pertes. On peut citer le cas de l'arboriculture qui a souffert en juin 2022 des pluies de grêlons (figures 62, 63 et 64).

Figure 59 : Grêlons à Ballan-Miré (Internaute, publiée dans la NR, juin 2022)



Figure 57 : les grêlons de juin 2022 détruisent 60 à 80 % des 70 Ha de céréales (Source : la Nouvelle République)

la Nouvelle République.fr

Indre-et-Loire : touchés par la grêle, les agriculteurs sont inquiets pour l'avenir

Publié le 21/06/2022 à 06:26 | Mis à jour le 22/06/2022 à 20:39

f t in

INTEMPÉRIES - INDRE-ET-LOIRE

Le 4 juin, la grêle a causé d'importants dégâts dans les cultures. Les exploitants demandent l'aide de l'État.
© Photo NR

Le 4 juin 2022, un épisode de grêle s'abattait sur la Touraine, causant d'importants dégâts dans les cultures. Les exploitants demandent une action de l'État pour compenser les pertes parfois colossales.

Le 4 juin 2022, en début d'après-midi, **des orages frappaient la Touraine**. Des vents violents accompagnés d'une nuée de grêlons. « Des petits pois en masse, cela a duré vingt minutes, il y avait dix centimètres d'épaisseur de grêle au sol », témoigne Romain Landry, agriculteur à Lignéres-de-Touraine. Sur 70 ha, il a perdu 60 % à 80 % de sa prochaine récolte de céréales, destinées à nourrir ses vaches laitières et à fournir du blé pour le pain. Il estime ses pertes sur cette parcelle à 80.000 €.

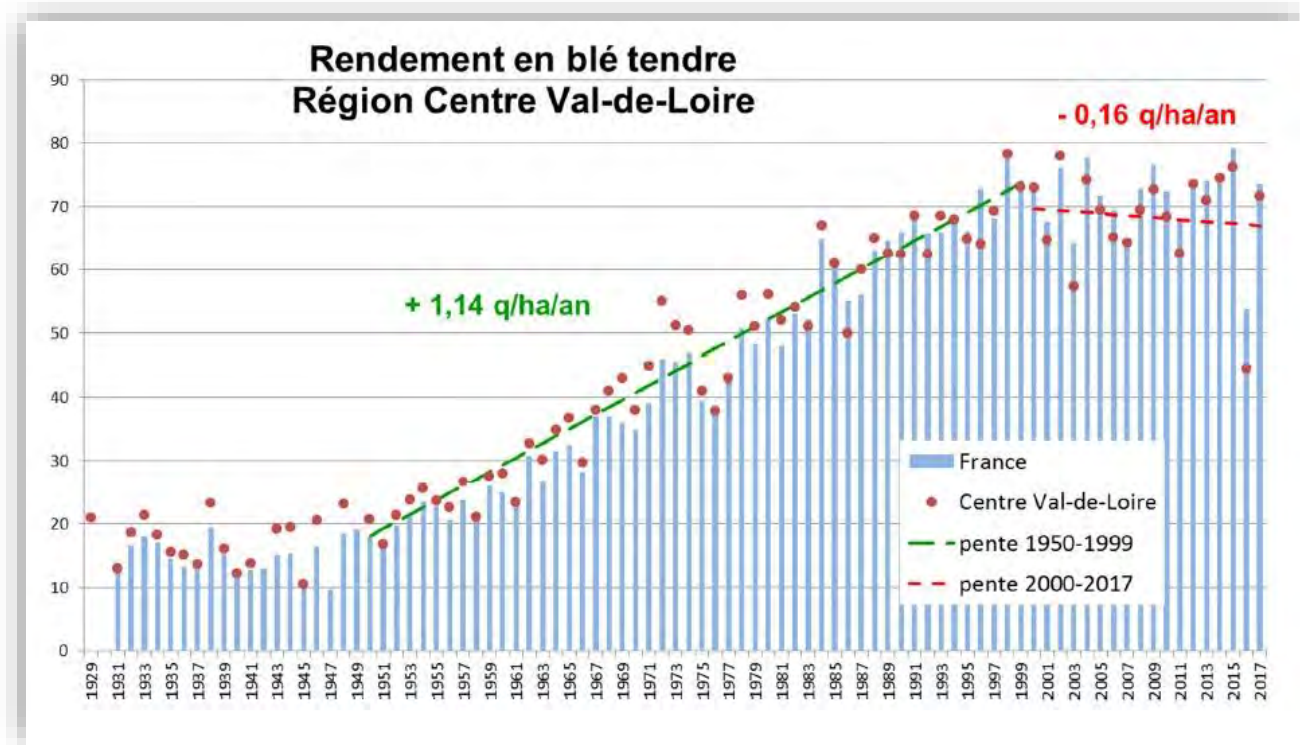
Figure 58: Entreprise Couratin, photo de Jean Paul Lavard, publiée dans la Nouvelle République (06/2022)

Il n'existe pas, à l'échelle de l'Indre-et-Loire, de **suivi statistique des demandes et des arrêtés de « calamités agricoles »**, qui permettrait de suivre les impacts des aléas climatiques sur les activités agricoles (entretien avec la DDT 37, du 12/07/2022).



Les rendements de blé tendre ont augmenté de façon nette et régulière depuis les années 1950 jusqu'à la fin des années 1990 par l'amélioration variétale, combinée à l'accroissement de la technicité de culture (préparation de sol, semis, engrais, protection phytosanitaire, récolte). A la fin des années 1990, on constate une interruption assez brutale de cette progression, suivie par un net plafonnement des rendements (DREAL Centre-Val de Loire 2019).

Figure 60 : Le dérèglement climatique contribue à plafonner le rendement de la production de blé tendre (DRAAF in ORACLE, 2019)

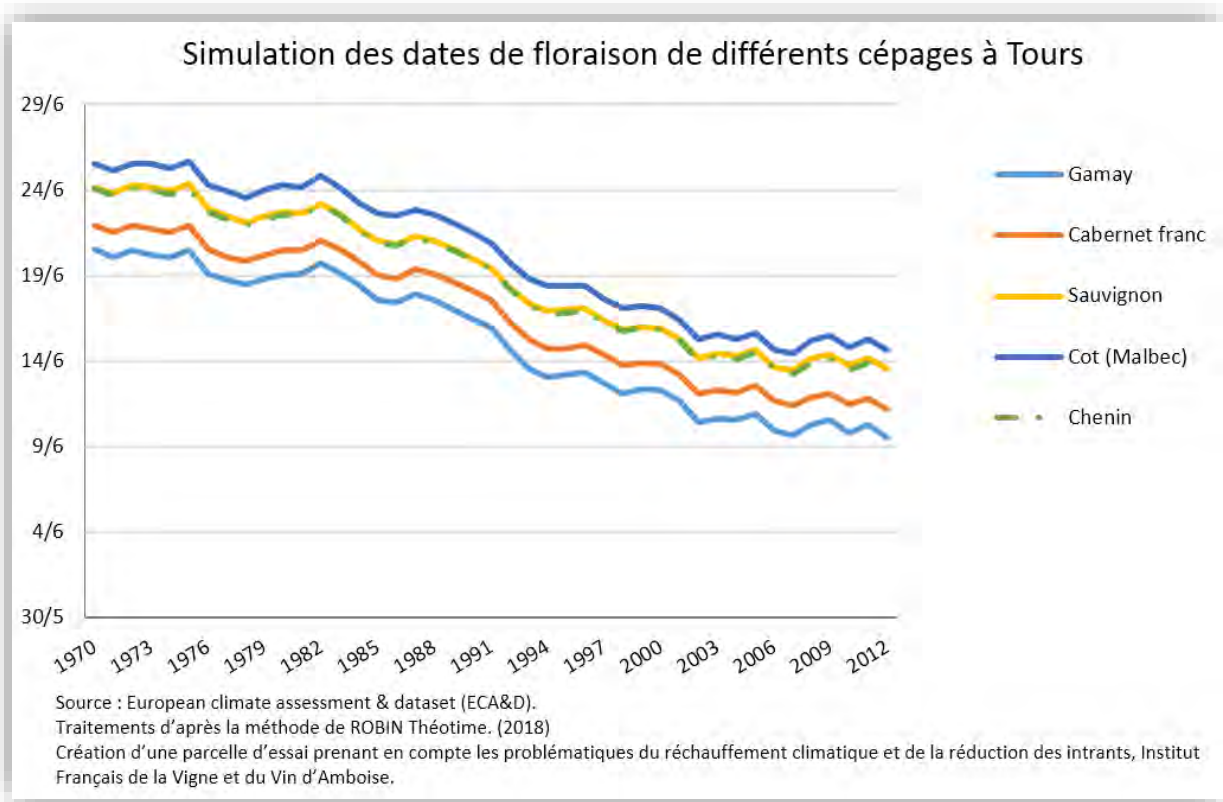


Le changement climatique explique pour "un tiers à moitié" le plafonnement des rendements en blé tendre observé dans notre région depuis les années 2000 (Brisson & Levraut, 2010) ; des évolutions dans les pratiques agricoles pouvant aussi contribuer au plafonnement des rendements.

L'échaudage, c'est-à-dire la malformation des grains sous l'effet des températures élevées et l'augmentation de la période de stress hydrique (manque d'eau) pendant l'élongation de la tige et le remplissage des grains contribuent à la baisse des rendements (Gate et al., 2009). L'occurrence accrue de ces accidents physiologiques d'origine climatique a induit une diminution du rendement comprise entre $-0,2$ et $-0,5 \text{ q/ha/an}$. (DREAL Centre-Val de Loire 2019)

Les productions viticoles du territoire sont également impactées par le dérèglement climatique. La température a une influence prépondérante sur la croissance des végétaux : bourgeonnement, floraison, maturation des fruits, etc.

Figure 61 : la floraison de la vigne est de plus en plus précoce avec le dérèglement climatique



Les fleurs des vignes qui donneront les fruits fleurissent de plus en plus tôt (environ 11 jours), quel que soit le cépage étudié ici (figure 66) ; ce qui accroît le risque de perte agricole en cas de gel tardif. En 2022, les vendanges ont lieu 3 semaines plus tôt qu'auparavant.

L'élevage, bien que peu présent sur le territoire de Tours métropole, n'est pas en reste : dégradation du confort animal, décès prématurés des animaux, augmentation des maladies, tension sur l'approvisionnement du fourrage... sont aussi des conséquences bien connues des éleveurs, causées par le dérèglement climatique.

c. Forces et résilience de l'agriculture vis-à-vis du dérèglement climatique

Une diversité des productions importante : grandes cultures, prairies, forêts, vignes, vergers et maraîchage, permet, à l'échelle de territoire, de pas subir les mêmes impacts agricoles au même moment et constitue ainsi une forme de résilience.

La chambre d'agriculture régionale et départementale ainsi que différents collectifs agricoles (syndical ou associatifs) existants sur le territoire **se saisissent de plus en plus de la question** du dérèglement climatique.

Des rapports sont produits, à l'instar du rapport Oracle Centre val de Loire qui dresse un état des lieux du dérèglement climatique et de ses incidences agricoles en région Centre Val de Loire.

Des universités du soir²⁰ sont organisées, ainsi que d'autres formats permettant d'informer et d'accompagner les agriculteurs du territoire à l'adaptation de leurs pratiques. La profession réfléchit constamment, à travers les publications professionnelles, aux procédés, semences et matériaux permettant une meilleure résilience face aux changements climatiques. En particulier, l'Agriculture biologique travaille cette question depuis le début et de plus en plus, notamment à travers la permaculture et l'agroforesterie.

Si l'agriculture est impactée par le dérèglement climatique et concernée au premier chef par une stratégie d'adaptation, elle est également une force en matière de réduction de l'effet de serre, de par sa contribution au stockage du carbone.

En effet, les récentes recherches sur le stockage du carbone identifient des pratiques agricoles plus ou moins favorables au stockage additionnel.

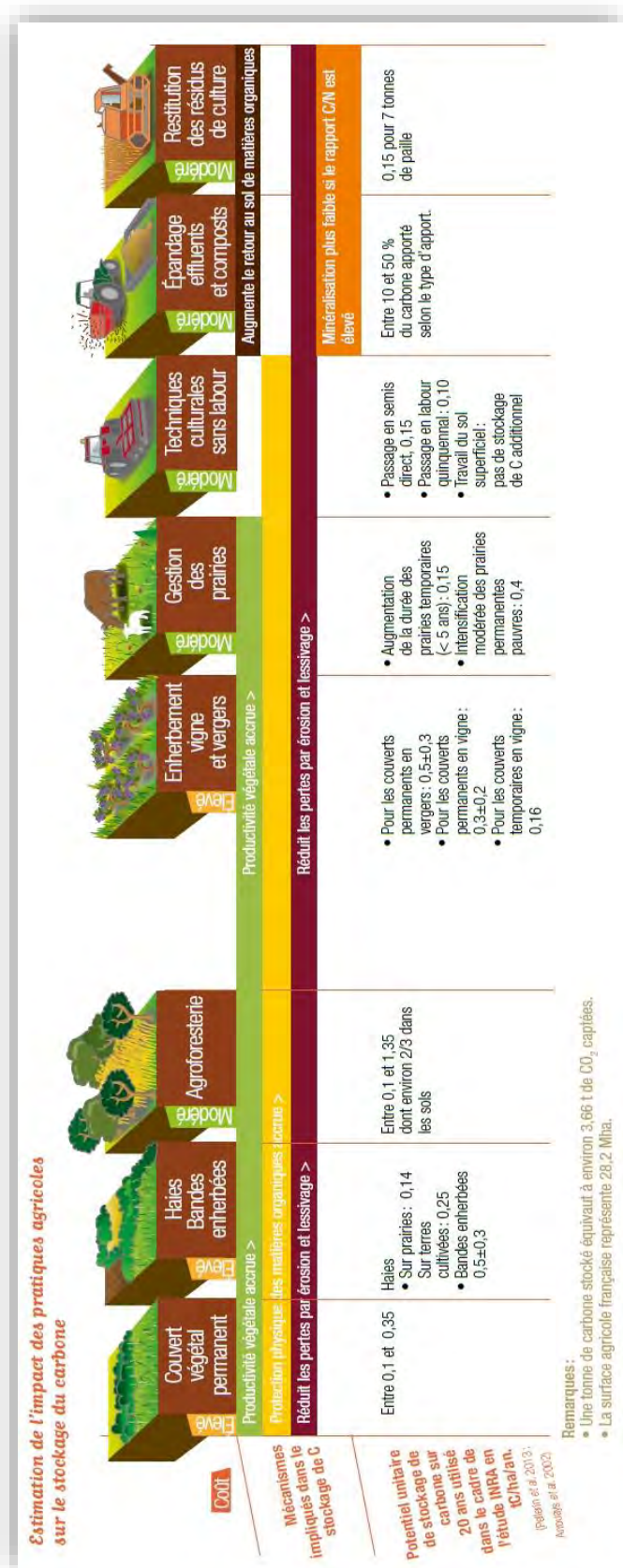
En plus du maintien des pratiques déjà favorables (forêt et prairies permanentes), le potentiel à développer concerne surtout les grandes cultures et prairies. On peut citer les pratiques suivantes :

- Dans les grandes cultures, l'extension des cultures intermédiaires (plantes enrichissant le sol, plantées en période d'inter-culture) avec retour au sol (donc sans exportation de la biomasse), permet non seulement d'enrichir le sol et aussi de stocker davantage de carbone.
- L'agroforesterie intra parcellaire, c'est-à-dire la plantation d'alignement d'arbres (récoltés à 50 ans) sur toutes les parcelles de grandes cultures d'au moins 1 ha et ayant du sol d'au moins 1 m de profondeur.
- L'insertion et l'allongement du temps de présence de prairies temporaires dans les successions culturales (Pellerin et Barrière, 2020).

L'infographie ci-après de l'ADEME permet un tour d'horizon du potentiel de stockage des différentes pratiques agricoles.

²⁰ <https://centre-valdeloire.chambres-agriculture.fr/universites-du-soir/changement-climatique/>

Figure 62 : des pratiques agricoles plus ou moins favorables au stockage du carbone dans le sol



d. Synthèse : les défis de l'adaptation de l'agriculture sur le territoire de la métropole de Tours face au dérèglement climatique

L'analyse de la vulnérabilité de l'agriculture vis-à-vis du dérèglement climatique permet de souligner les défis suivants :

- Participer à des recherches et travaux d'expérimentation sur les variétés de demain.
- Sélectionner les variétés animales et végétales les plus adaptées au climat de demain (moins gourmandes en eau, résistantes à la sécheresse, moins sensibles aux ravageurs...).
- Remettre l'arbre au cœur des systèmes agricoles pour retenir l'eau, faire de l'ombre, stocker le carbone, favoriser la biodiversité...
- Diversifier les productions au sein de chaque exploitation pour éviter les pertes économiques majeures en cas d'aléas climatiques extrêmes.
- Mobiliser l'Etat, les banques, les assurances et les consommateurs, pour créer des fonds de sécurité climatiques pour soutenir les agriculteurs les années les plus difficiles (pertes de rendement, dégâts suites aux phénomènes extrêmes...)

3.4. Les activités économiques

a. Portrait d'un secteur à enjeux

Les activités économiques, qu'elles relèvent du secteur primaire (l'agriculture a été traitée précédemment dans une partie dédiée), du secteur secondaire qui correspond aux activités de transformation plus ou moins élaborées des matières premières par l'industrie, la manufacture ou la construction, ou bien du secteur tertiaire (services marchands ou non marchands), rythment le territoire de Tours métropole, impactent son dynamisme et influencent son attractivité.

La vitalité et la répartition de ces activités marchandes contribuent à la richesse des habitants, des organisations et donc du territoire. L'accès aux biens et services qui découle de cette richesse contribuent à améliorer la qualité de vie des habitants de Tours Métropole.

Au 1^{er} janvier 2018, 40 180 établissements étaient implantés sur le territoire de Tours Métropole. Plus de 5 000 entreprises ont été créées dans la métropole de Tours en 2018, alors que le rythme de croissance était de 4 000 entreprises en moyenne par an depuis 2009 (ATU, 2020b).

b. Les caractéristiques du tissu économique qui le fragilise vis-à-vis du dérèglement climatique

La vulnérabilité du secteur économique aux effets du dérèglement climatique est celle des personnes (travailleurs, clients...), des biens (bureaux, usines, matériel,) et des activités (chaîne de production, services...).

3 entreprises créées sur 4 sont des entreprises individuelles (ATU, 2020b). Face aux effets en cours et à venir du dérèglement climatique, être travailleur indépendant peut être une force (facilité à déménager de locaux en cas d'inadaptation aux températures élevées par exemple) ; mais peut aussi être une faiblesse dès lors que la personne travaille seule (personne isolée en cas d'avènement d'un phénomène extrême).

Les conditions des travailleurs concentrés dans les zones d'activités économiques méritent notre attention

Les 50 zones d'activités économiques (ZAE) regroupent 54 500 emplois salariés, soit un peu plus de 1 emploi sur 3 localisés dans la métropole. Or **les bâtiments et installations ne sont pas encore tous adaptés aux fortes chaleurs**, aux risques d'inondation ou de retrait et gonflement des argiles par exemple.

Nombreux bâtiments sont encore mal isolés et les espaces extérieurs trop peu végétalisés pour atténuer les effets d'îlot de chaleur urbain. Ces sites méritent des diagnostics spécifiques et des stratégies partagées pour s'adapter au climat de demain (développé ci-après, paragraphe 3.4.c).

Figure 68 : Les Zones d'Activités Economiques, au cœur des tissus urbains et de leur effet d'îlot de chaleur (Source : ATU, 2020b)

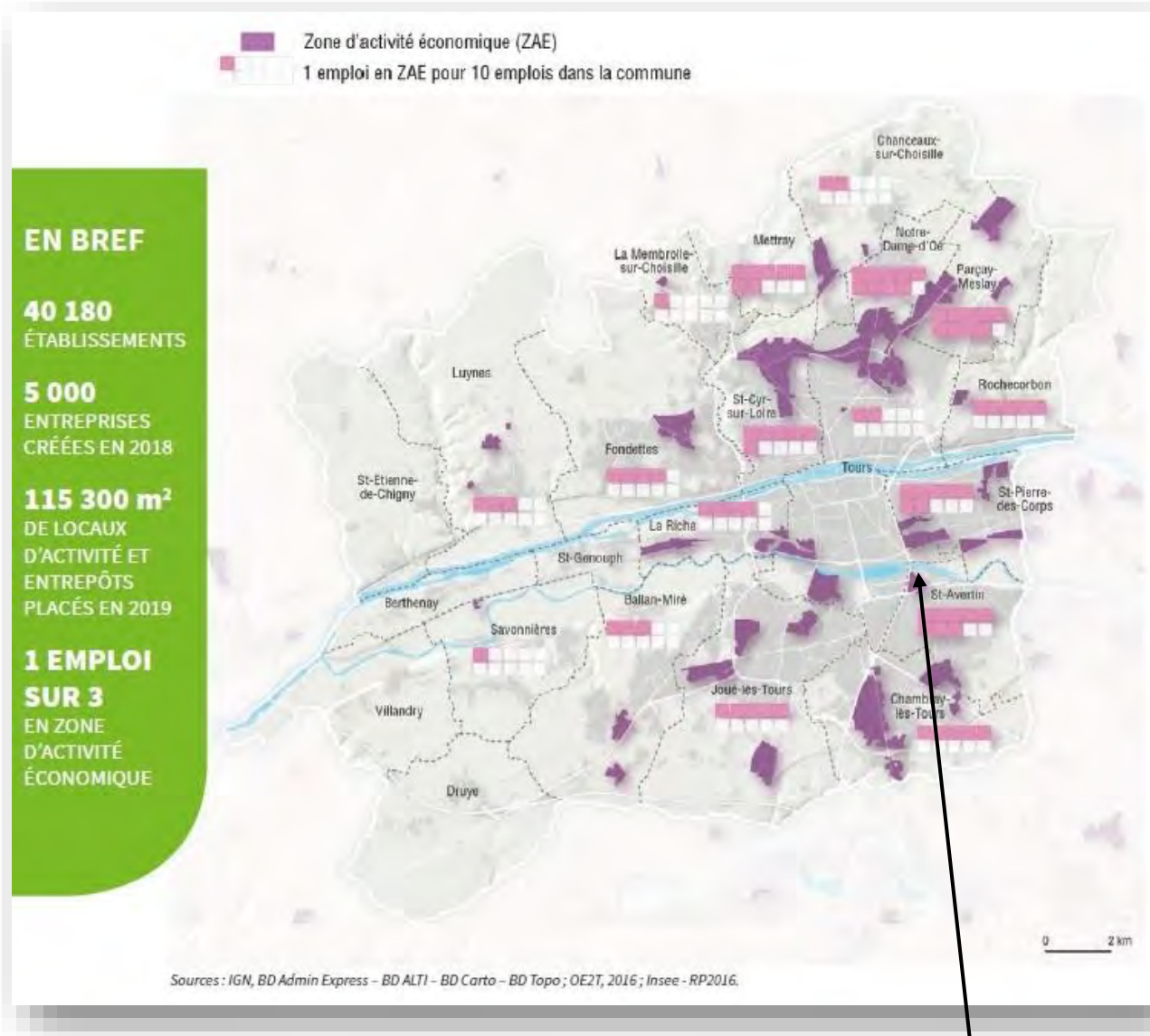


Figure 69 : exemple de bâtiment de bureaux mal isolé (Granges Galland, Saint Avertin)

Le temps de travail évolue avec le climat

Un directeur d'agence (filiale tourangelle d'un bureau d'étude national) locataire de bureaux au 3^{ème} étage d'un immeuble mal isolé aux Granges Galland (figure 69) indiquait devoir autoriser ses salariés à quitter le bureau plus tôt pour s'adapter à la chaleur étouffante des bureaux lors de la canicule de juillet 2022 (entretien du 12/07/2022).



L'adaptation des horaires de travail est un sujet qui a fait les titres de journaux cet été 2022 (figure

70), et a mobilisé les syndicats de Tours métropole notamment, quant aux conditions de travail de ses propres agents en extérieur.

Figure 63 : La presse locale interpelle sur les impacts des fortes chaleurs sur les travailleurs et leur capacités d'adaptation

la Nouvelle République.fr

Météo : les peintres en bâtiment adaptent leurs conditions de travail aux fortes chaleurs

Publié le 01/08/2022 à 06:25 | Mis à jour le 01/08/2022 à 10:41

f t i in e ENVIRONNEMENT - INDRE-ET-LOIRE



Habib Bahilli organise son chantier de peinture en fonction des heures d'ensoleillement.
© (Photos NR, Julien Pruvost)

Sur des échafaudages en plein soleil ou dans des appartements mal aérés, les peintres en bâtiment font face aux températures caniculaires de ce mois de juillet 2022. Les entreprises d'Indre-et-Loire tentent désormais de s'adapter.

La souffrance des travailleurs est évoquée dans la partie du présent rapport relative à la santé humaine (3.1.).

Fin juin 2019, lors de la canicule, des écoles, des crèches et des accueils de loisirs du territoire ont dû fermer leurs portes car ces établissements n'étaient pas en capacité d'accueillir les enfants dans de bonnes conditions. Les parents ont donc dû rester chez eux pour garder les enfants.

Cette situation oblige les parents à poser des jours de congés et entraîne des perturbations d'organisation dans les entreprises conduisant à des baisses d'activité.

INDRE-ET-LOIRE > Météo : les fortes chaleurs impactent le travail des déménageurs

Météo : les fortes chaleurs impactent le travail des déménageurs

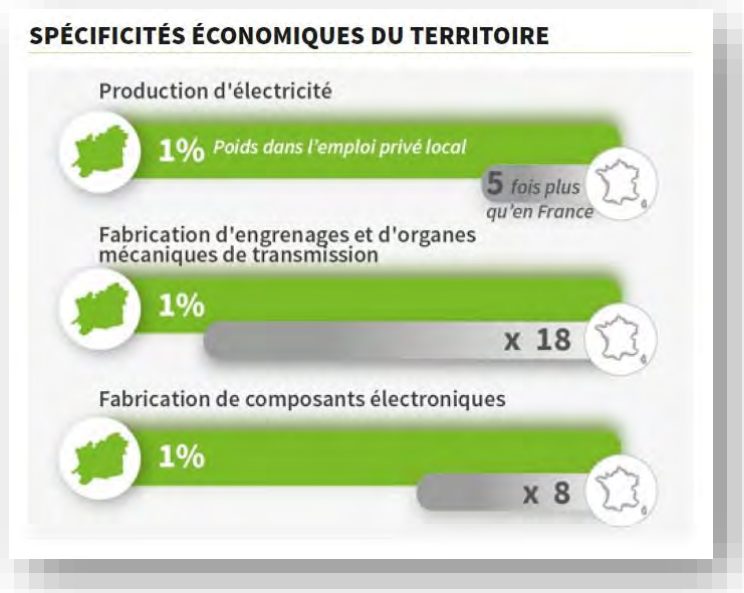
Publié le 01/08/2022 à 06:25 | Mis à jour le 01/08/2022 à 10:40

f t i in e ENVIRONNEMENT - INDRE-ET-LOIRE



« Parfois, devant les clients, on transpire à grosses gouttes », raconte Tony.
© Photo NR

Figure 64 : spécificités économiques du territoire de Tours métropole



Dans le champ concurrentiel, trois secteurs d'activité apparaissent comme une spécificité du territoire au regard de leur surreprésentation comparée à la moyenne nationale (figure 71).

Que cela soit pour l'acheminement des matières premières ou la distribution des productions, les activités de fabrication d'engrenages et d'organes mécaniques ou de composants électroniques sont tributaires du fret ferroviaire, qui est mis à mal en cas de forte chaleur et peut entraîner des ruptures des chaînes d'approvisionnement :

« C'est que, conçu pour un climat tempéré, l'infrastructure du réseau ferroviaire de la SNCF n'est pas faite pour résister à des températures caniculaires. [...], la SNCF explique que « le rail est composé d'acier, un matériau sensible aux variations de températures. Pendant les périodes de fortes chaleurs, si la température est de 37 °C, celle du rail peut dépasser les 55 °C, voire même atteindre les 70°C en plein cagnard. Or, la dilatation de l'acier risque de déformer la voie. En plus, la chaleur impacte les locomotives et leur système de refroidissement ainsi que les systèmes de climatisation. D'où un risque de panne plus important. » (Quintin, 2022)

La déformation des rails par les fortes chaleurs est un enjeu à prendre en compte pour Tours Métropole qui prévoit d'investir dans une deuxième ligne de tramway et de contribuer au développement de l'étoile ferroviaire (CEREMA 2018a).

Le tourisme fluvial et les activités nautiques sont déjà impactées par les bas niveaux d'eau

Le tourisme est un secteur d'activités important du territoire de Tours métropole. Le tourisme fluvial est en cours de développement, comme en témoigne les aides accordées par Tours Métropole à la batellerie traditionnelle. Il est à noter que la baisse du niveau d'eau dans la Loire et le Cher sera un frein à son développement. Un niveau d'eau trop bas empêcherait la circulation des bateaux.

De même, les activités nautiques associées sont et seront perturbées par les faibles niveaux d'eau, à l'instar du club d'aviron installé à Saint Avertin et du club de kayak qui utilise la rivière de contournement de l'île Balzac (figure 72). Cet été 2022, les entraînements pour les Jeux Olympiques,

prévus dans la rivière artificielle de contournement du barrage, ont dû être annulés en raison de sa fermeture exceptionnelle due au manque d'eau dans le Cher.

Figure 65 : les activités du pôle nautique dépendent des niveaux d'eau du Cher, en diminution
(Crédits photos : Ville de Tours, le 10/05/2012 à gauche, TMVL à droite, 2022)



La pêche professionnelle en Loire, bien que marginale sur le territoire de Tours Métropole, sera aussi fragilisée par les baisses de niveau d'eau et le réchauffement de la température de l'eau.

Attractivité territoriale et migrations climatiques

Les migrations climatiques (personnes amenées à quitter leur lieu d'habitation en raison d'un changement climatique qui bouleverse leurs conditions de vie) sont un sujet de société ambivalent. A l'échelle du territoire de Tours Métropole, il peut être perçu et vécu comme une force ou comme une faiblesse. A ce titre, il mérite d'être considéré et anticipé.

La Banque Mondiale rappelle qu'à l'échelle internationale les migrations climatiques sont avant tout des migrations internes aux pays des Suds (Courrier International, 2018). Néanmoins, en Europe, une enquête de la Banque européenne d'investissement, publiée en avril 2022, révèle que 48 % des habitants de l'Union Européenne âgés de 15 à 29 ans envisagent de migrer vers une autre région ou un autre pays à cause du dérèglement climatique.

A l'échelle internationale, voire européenne, la Touraine de 2050 et 2100 offrira un climat plus viable qu'ailleurs, et pourrait en cela attirer de nouveaux habitants, travailleurs ou consommateurs. Les enjeux de ces migrations sont les défis bien connus de l'accueil dans de bonnes conditions (logements, accès aux services...), du vivre-ensemble multiculturel et donc de l'intégration.

Le flux inverse est également possible : les habitants et travailleurs en souffrance dans un territoire mal adapté le quitteront pour d'autres régions françaises ou européennes aux conditions de vie plus favorables. La pérennité de l'attractivité du territoire de Tours métropole dépend donc de son adaptation, dès aujourd'hui, au climat de demain.

- c. Un système économique doté de facteurs de résilience face aux impacts du dérèglement climatique

La pierre de tuffeau et ses cavités : des oasis de fraîcheurs

Le tourisme est une filière importante de la Touraine.

Les châteaux en vieilles pierres de tuffeau, les caves de vigneron, les grottes pétrifiantes de Savonnière, les champignonnières offrant visites et dégustations et les habitations troglodytiques sont des atouts pour le tourisme estival et les canicules qui seront de plus en plus fréquentes et importantes (figures 73 et 74).

S'ils ne sont pas tous installés dans l'une des 22 communes de Tours Métropole, leur proximité est favorable à la Métropole, qui bénéficie aussi de la présence de ces touristes.

Figure 66 : Les caves, un atout touristique lors des canicules



Figure 67 : Les grottes, un atout du territoire pour le tourisme estival

Les grottes pétrifiantes de Savonnières, havre de fraîcheur en pleine canicule

Dimanche 9 août 2020 à 8:02 - Par François Desplans, France Bleu Touraine

Savonnières



Près de 40 degrés en extérieur, mais pas plus de 14 degrés sous terre. Les grottes pétrifiantes de Savonnières deviennent incontournables pour les touristes et les Tourangeaux en surchauffe. En période de canicule, la fréquentation du site augmente de 10 à 20%.



Un monde sous-terrain plein de surprises façonnées par le calcaire © Radio France - François Desplans

En ce moment, la Touraine est une véritable fournaise à ne pas mettre un touriste dehors. Mais s'il y a un site touristique qui profite à plein de la canicule, ce sont bien les grottes pétrifiantes de Savonnières. Et leur température fraîche et constante quelque soit le temps dehors : **14 degrés pas plus.**

••• Quatorze degrés dans les grottes pétrifiantes de Savonnières



Quand il fait très chaud, la fréquentation des grottes pétrifiantes de Savonnières augmente de plus de 50 %.

Nichées sous 40 m de coteau, les grottes pétrifiantes de Savonnières gardent une température constante de 14 °C toute l'année. « Les jours de fortes chaleurs, la fréquentation augmente d'au moins 50 %, dit-on sur place. Les gens viennent plutôt le matin, alors que la température intérieure est toujours la même », indique une employée du site. Actuellement, 100 à 200 personnes visitent les grottes chaque jour. Mais dès le début du mois de

juillet, ils seront 500 par jour à déambuler dans cet univers fantastique que la nature a façonné dans d'anciennes carrières de tuffeau datant du Moyen Âge. La visite dure une heure pour les deux grottes.

Au 61, route des Grottes-Pétrifiantes, tél. 02.47.50.00.09. Ouvert jusqu'au jeudi 30 juin, de 10 h à 19 h. Départs toutes les 30 min. Tarifs : 7,60 € et 5,50 € pour les enfants de 5 à 16 ans. Site : www.grottes-savonnieres.com

Un projet ambitieux de requalification des parcs d'activités économiques

Tours métropole s'engage dans une stratégie de requalification des parcs d'activités. En mars 2022, elle est désignée lauréate d'un Appel à Manifestation d'Intérêt lancé par la COP Régionale Centre Val de Loire²¹. Cela lui permet de bénéficier d'un accompagnement en ingénierie, afin d'élaborer une stratégie de requalification vertueuse des parcs d'activités et les modalités (méthodologiques, juridiques, opérationnelles, financières) de sa mise en œuvre, dans une logique de co-construction avec l'ensemble des acteurs impliqués. Cette démarche a été lancée en juin 2022 et se déroule sur un an. Ce travail permettra de définir des principes de requalification des parcs et d'établir la feuille de route des prochaines opérations pour que les 50 zones d'activités du territoire soient peu émettrices de gaz effet de serre, agréables à vivre et donc adaptées aux enjeux climatiques (mobilité douce, infiltration de l'eau de pluie à la parcelle, sobriété énergétique, adaptation aux fortes chaleurs, au risque inondation...).

Des acteurs économiques organisés pour se saisir des enjeux climatiques

La Conférence Consultative des acteurs économiques réunit des acteurs publics (Etat, Région, chambres consulaires, Université) et privés (associations d'entrepreneurs, organisations patronales, représentants des filières stratégiques et émergentes). Elle est organisée trois à quatre fois par an et a pour objectifs de :

- Renforcer la concertation entre acteurs économiques et institutionnels dans un contexte instable
- Resserrer les liens entre les acteurs économiques
- Partager les analyses et produire des contributions pour alimenter des réflexions stratégiques
- Orienter et coordonner les politiques publiques
- Suivre des projets structurants qui répondent aux grands enjeux écologiques (climat, biodiversité, lutte contre l'étalement urbain)
- Promouvoir les relocalisations et la réindustrialisation (TMVL 2022, p.2)

Le bon fonctionnement de cette Conférence consultative constitue une force pour les défis climatiques que doivent relever le secteur économique. Ces conférences constituent une scène, un espace-temps pertinent pour étudier ensemble et plus finement les principales forces, faiblesses, menaces et opportunités du système économique de Tours métropole, afin d'orienter et mettre en place les stratégies d'adaptation nécessaires.

²¹ La COP régionales est une structure collaborative dont la vocation est de simplifier, accélérer et massifier les actions entreprises localement pour atteindre les objectifs règlementaires en matière de climat et d'énergie.

d. Synthèse : les défis de l'adaptation des activités économiques face au dérèglement climatique

L'analyse des impacts actuels du dérèglement climatique sur les activités économiques et des spécificités de notre territoire conduisent à souligner les défis suivants :

- Garantir de bonnes conditions de travail pour tous les salariés face aux fortes canicules à venir (adaptation des rythmes de travail, adaptation des lieux de travail...)
- Maintenir le flux d'approvisionnement en matières premières et de production nécessaires aux activités économiques du territoire malgré les aléas climatiques ou anticiper les ruptures temporaires.
- Adapter les bâtiments et activités aux risques d'inondations, de retrait et gonflement d'argile, aux feux de broussaille, aux sécheresses.
- Diversifier les offres touristiques en développant des logements et des activités compatibles avec les canicules à venir, les limitations d'usage de l'eau pour les loisirs et la baisse des niveaux d'eau dans les cours d'eau et plans d'eau, etc.
- Soutenir (dans la limite de leur capacité) les activités qui sont déjà adaptées au dérèglement climatique (loisirs en forêts, châteaux, grottes, zones de baignade...) ou en tirent profit (productions de boissons...).

3.5. Les infrastructures (espaces bâtis et réseaux urbains) et services publics (eau potable et assainissement)

a. Enjeux : des infrastructures et services au cœur du bon fonctionnement du territoire

Les infrastructures de transports (routes de divers gabarits, voies ferrées, ponts...) et les réseaux urbains (gaz, électricité, télécommunications et internet, canalisations d'eau potable et usée...) sont le « système nerveux » du territoire. Ils sont au cœur des déplacements de personnes, de matières premières, de biens, d'informations et au cœur du fonctionnement des services publics fondamentaux.

La vitalité du territoire dépend de la bonne connexion de ces réseaux. L'accès aux services vitaux (accès à l'eau potable, hygiène urbaine, centres de soin, supermarchés...) est tributaire du bon état de nos infrastructures. L'artisanat, les commerces locaux ou encore le secteur du tourisme ne peuvent s'en priver.

Le réseau de voirie de Tours métropolee représente dans sa globalité plus de 1 800 km, 350 ouvrages d'arts et plusieurs hectares d'espaces verts paysagers en lien avec la voirie.

b. Impacts : des infrastructures et services altérés par les conditions météorologiques extrêmes

Des voiries qui se dégradent plus vite

Les infrastructures de transport doivent aujourd'hui faire face à de nombreux aléas météorologiques : régulièrement, des événements extrêmes tels que les **inondations ou les mouvements de terrain peuvent détruire les routes, les ponts**, etc.

Les modifications des conditions climatiques de fond ont également des conséquences sur la durée de vie des infrastructures. Par exemple : les évolutions des cycles de gel/dégel et l'aggravation des canicules entraînent un **vieillissement prématuré des routes**.

Cela nécessite plus de travaux de réparation et d'entretien et les coupures de réseaux sont plus fréquentes. En cascade, cela induit des coûts pour les gestionnaires, les territoires desservis par ces réseaux et in fine pour les usagers.

Figure 75 : Dalle déchaussée par le gonflement/retrait des argiles (Commune de Mettray, 2022)



Figure 76 : Fissures dans la chaussée de la piste cyclable, près du petit Cher (Tours, 2022)



Figure 68 : Maisons fissurées par le retrait et gonflement des argiles (Commune de Mettray, 2022)



Lorsque les niveaux d'étiage sont bas les piles en bois qui soutiennent les ponts et autres ouvrages d'art qui sont habituellement sous l'eau se retrouvent anormalement exposées à l'air libre, ce qui les endommage et nuit à la stabilité de l'ouvrage.

Témoignage de Jean-Pierre Levillain, ingénieur conseil indépendant :

« On sait que les bois se conservent très bien dans l'eau et se fossilisent avec le temps. Les Anciens s'arrangeaient pour toujours immerger toutes les pièces de bois contribuant à la fondation d'un ouvrage. Pour se dégrader le bois a besoin d'air (l'oxygène), d'un champignon et d'humidité. Le champignon est naturellement présent dans le bois. L'air et l'humidité viennent avec la mise à sec [...] L'évolution climatique va aggraver le phénomène de sécheresse et de mise à l'air des têtes de pieux bois, des platelages ainsi que des rideaux de vannage et des massifs de béton de chaux. Un grand nombre d'ouvrages d'art en site aquatique seront confrontés au risque d'abaissement du niveau d'étiage des rivières. Les ponts, les barrages, les écluses, les quais, mais aussi les butées de pied des perrés ont des fondations de pieux bois. Les murs de soutènement également peuvent être établis sur des pieux bois. Cela représente beaucoup d'ouvrages » (STRESS 2019)

Dans notre région, ce phénomène concerne par exemple les châteaux de la Loire, tel que celui de Chenonceau. Lorsque cela est possible, les barrages sont alors gérés de façon à maintenir un niveau d'eau suffisant (Hermans et Lemaire 2022).

C'est dans ce cadre que le comité local de l'eau du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Cher Aval a ainsi acté la création d'un groupe de réflexion sur le réchauffement climatique et la baisse annoncée des débits ; "*pour anticiper au mieux la gestion économique, touristique, patrimoniale et naturelle du Cher*" indique Julien Colin, chargée de mission SAGE Cher Aval. Le groupe devrait voir le jour cet hiver 2022 (Ibid.).

Des stations d'épuration bousculées par l'augmentation des températures

L'augmentation des températures, la diminution des précipitations estivales et les baisses de consommations d'eau potable induisent une diminution de la quantité des eaux usées arrivant en station d'épuration. Cela entraîne une fermentation plus précoce des boues et une augmentation de la **septicité²² de l'effluent**.

Par ailleurs, les boues arrivent déjà fermentées en station et sont donc plus acides. Le traitement primaire qui les attend doit être ajusté, et surtout, la production de gaz issue de la fermentation en station d'épuration s'en trouve réduite. Ceci induit en cascade une **baisse des revenus de la vente du gaz**.

La température de l'eau rejetée dans le milieu est plus régulièrement au-dessus de la température maximale autorisée par la Préfecture, ce qui entraîne des **dommages sur les milieux aquatiques et la biodiversité**.

Pour rappel, le cumul annuel des pluies s'annonce relativement stable dans les décennies à venir et la prévision des pluies extrêmes fait l'objet d'incertitudes à ce jour. Néanmoins les rapports du GIEC insistent régulièrement sur l'intensification des épisodes extrêmes.

A Tours, les réseaux sont principalement séparatifs, ce qui est assez rare dans une grande ville historique. De plus, les derniers km encore non équipés le sont progressivement. Cela permet que la

²² La septicité est la capacité d'un effluent à propager des maladies contagieuses du fait de la présence de micro-organismes pathogènes.

station d'épuration ne soit pas impactée par les apports d'eaux pluviales (qu'il y en ait trop ou pas assez).

























Concernant les canalisations d'eau potable ou d'eau usée, celles localisées dans les sols argileux sont soumises au risque de retrait et gonflement des argiles et peuvent être endommagés. Le phénomène est observé et mesuré pour l'eau potable, de façon à ce que les services de Tours métropole puissent réaliser les réparations nécessaires.




Des réseaux électriques soumis aux risques naturels

Les réseaux électriques (transformateurs, poteaux et câbles électriques) sont soumis aux risques naturels amplifiés par le dérèglement climatique. Ils peuvent être détériorés par les vents violents (chutes d'arbres) et peuvent être brûlés lors des feux de forêt.

Une exposition directe des lignes au soleil, en pleine canicule, sans vents pour les rafraîchir, ainsi qu'une quantité importante de courant à transporter, affectent les lignes : elles surchauffent et peuvent atteindre jusqu'à 90°C ! En plus du risque d'incendie qu'elles représentent, les lignes se dilatent et se fragilisent (RTE France 2022). Ces différents impacts potentiels et leur intensité respective sont résumés dans la figure 78.

Figure 69: Sensibilité aux aléas climatiques des principaux éléments des réseaux électriques (Source : Carbone 4)

	 Chaleurs extrêmes Froids extrêmes Amplitude thermique	 Précipitation neigeuse Crues, inondations	 Vents violents / Tempêtes	 Feux de forêt
 Lignes électriques	 Surchauffe ou contraction (givre) des câbles	 Dommages sur les pylônes et câbles	 Dommages sur les pylônes et câbles	 La chaleur, la fumée et les cendres peuvent couper les lignes de transmission
 Transformateurs	 Réduction de la capacité, vieillissement accéléré et rupture	 Court-circuit (infiltration d'eau) et explosion	 Court-circuit (chute d'objets) et explosion	 Destruction (équipements généralement peu exposés)
 Postes électriques (disjoncteurs, sectionneurs, ...)	 Rupture, vieillissement accéléré	 Panne, fragilisation et rigidification des isolants	 Court-circuit (chute d'objets)	 Destruction (équipements généralement peu exposés)
 Équipements électroniques et télécoms	 Surchauffe ou gel	 Dommages liés à l'humidité ou infiltration d'eau	 Dommages (chute d'objets)	 Destruction (équipements généralement peu exposés)

 Sensibilité faible
  Sensibilité moyenne
  Sensibilité forte

Des sites stratégiques menacés par les inondations

Le territoire de Tours métropole qualifié de « Territoire à Risque Important d'inondation » (TRI) accueille des sites stratégiques du territoire (figure 79).

Figure 70 : Tours Métropole Val de Loire est concerné par le Territoire à Risque Important d'Inondation

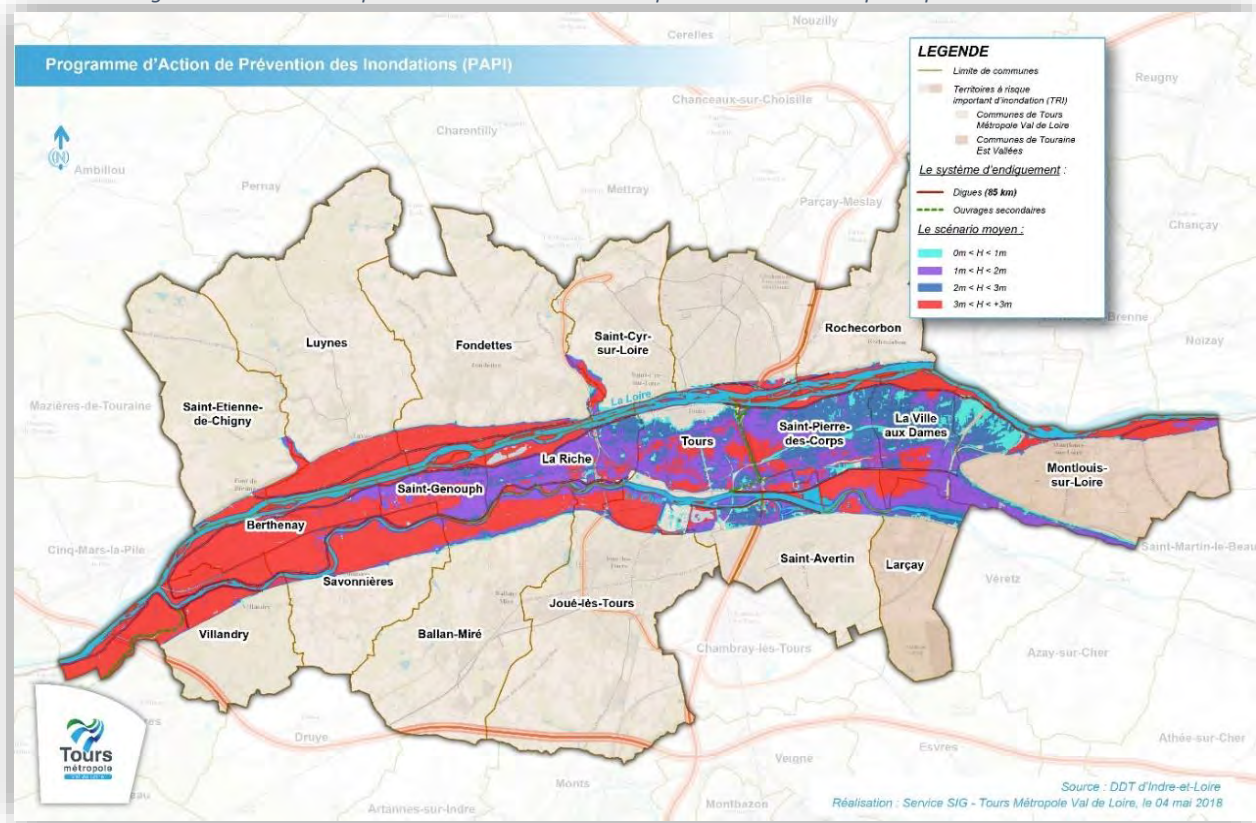


Figure 71 : La gare de Saint-Pierre-des-Corps est en zone inondable (Nouvelle République, 2018)

Dans le domaine de la santé, on peut citer le CHRU de Bretonneau.

Dans le domaine de la mobilité, le dépôt bus du réseau Fil Bleu actuellement situé dans le quartier Rochepinard est en zone inondable ; idem pour la gare de Saint-Pierre-des-Corps (figure 80).

Des entreprises sont également installées dans le lit commun de la Loire et du Cher.

VIDEO. Inondation à la gare de Saint-Pierre-des-Corps

Publié le 11/06/2018 à 14:53 | Mis à jour le 11/06/2018 à 19:07



En moins de deux heures, le couloir d'accès aux trains a été submergé par 30 à 40 cm d'eau.

La gare de Saint-Pierre-des-Corps s'est réveillée sous les eaux ce lundi 11 juin. Le couloir d'accès aux trains étant devenu inaccessible, les voyageurs ont dû emprunter un chemin aménagé sur les voies. Du jamais vu depuis 2010.

c. Une résilience multirisque qui s'organise progressivement

Le Programme d'Actions de Prévention des Inondations : une porte d'entrée pour l'élaboration de stratégie de résilience de nos réseaux et établissements

Le risque inondation bien connu dans le territoire ligérien fait l'objet de politiques publiques depuis le 17^{ème} siècle (digues de Colbert, Ministre de Louis XIV).

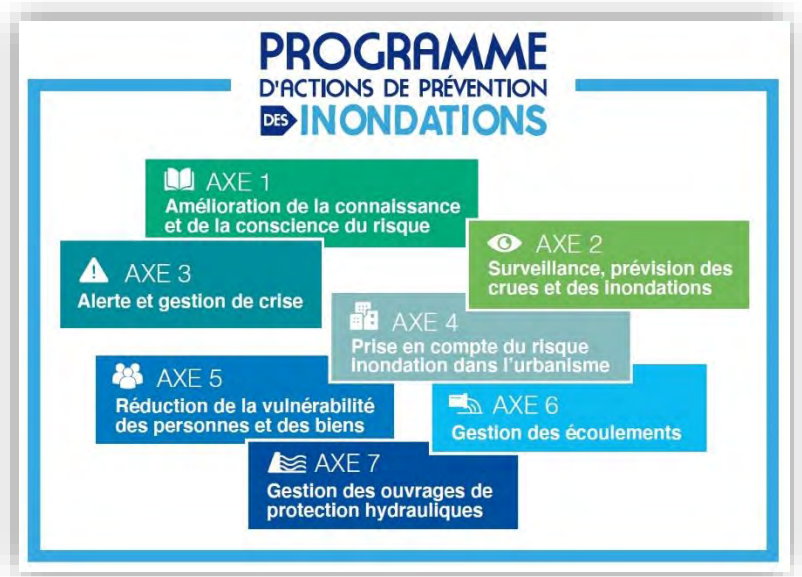
Le Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) validé par les services de l'Etat le 03/07/2020 décline sa stratégie en 7 axes thématiques et 45 fiches actions.

Les actions prévues permettront de :

- Mieux connaître le lien entre le dérèglement climatique et les inondations (axe 2) ;
- Inciter les entreprises et organisations à réaliser des « Plans de Continuité d'Activité » (action 5.6) qui prendront en compte le risque inondation, mais aussi plus largement les autres impacts induits par le dérèglement climatique ;
- Inciter les organismes gestionnaires de réseaux à diagnostiquer leur vulnérabilité environnementale, incluant leur vulnérabilité aux effets du dérèglement climatique (action 5.7).

Les politiques de prévention et d'adaptation au risque inondation, qui précèdent celles relatives au climat, ont l'avantage d'avoir déjà constitué une communauté d'acteurs, des outils et des moyens pour adapter le territoire (dont ses infrastructures, organisations et services) aux risques naturels déjà existants sur le territoire et amenés à s'amplifier avec le dérèglement climatique.

En guise de renfort aux préconisations du Programme d'Actions de Prévention des Inondations, la loi « Climat et résilience » du 02/08/2021 impose désormais aux opérateurs essentiels (eau potable et assainissement, énergie, réseaux de communication) de réaliser un diagnostic de vulnérabilité aux risques majeurs (inondations, feux de forêt et séisme) et de mettre en œuvre un programme d'actions permettant d'améliorer leur résilience face à ces vulnérabilités.



d. Synthèse : les défis de l'adaptation des infrastructures aux impacts du dérèglement climatique

L'analyse des impacts actuels du dérèglement climatique sur les infrastructures du territoire conduit à souligner les défis suivants :

- Avoir une connaissance plus fine des impacts du dérèglement climatique sur l'ensemble des infrastructures de la métropole de Tours, de façon à pouvoir identifier et prioriser les interventions sur les plus vulnérables d'entre elles
- Contribuer aux recherches et développements de nouveaux matériaux, techniques de pose et de construction et de prévention pour diminuer la vulnérabilité des différentes infrastructures
- S'appuyer sur les acteurs et outils de la culture du risque inondation pour les étendre aux autres risques associés au dérèglement climatique

4. ENJEUX TRANSVERSAUX

4.1. L'eau

La baisse des précipitations estivales, associée à l'augmentation des températures de l'air (et donc de l'évaporation de l'eau du sol et des cours d'eau) ont des incidences directes sur les hauteurs d'eau et débits des cours d'eau annuellement et en période d'étiage.

Les baisses de niveaux d'eaux ont à leur tour de nombreux impacts en cascade sur :

- la recharge des nappes d'eau souterraine (-25 à -30 %)
- l'alimentation en eau potable,
- l'utilisation de l'eau pour l'agriculture,
- les usages publics ou privés,
- la production d'énergie, etc.

Le bassin hydrologique de Tours Métropole doit donc se préparer à une situation globalement plus sèche, plus tôt dans l'année et sur une durée plus longue.

- a. L'eau potable issue de la Loire est plus résiliente à la sécheresse que celle issue du Cher

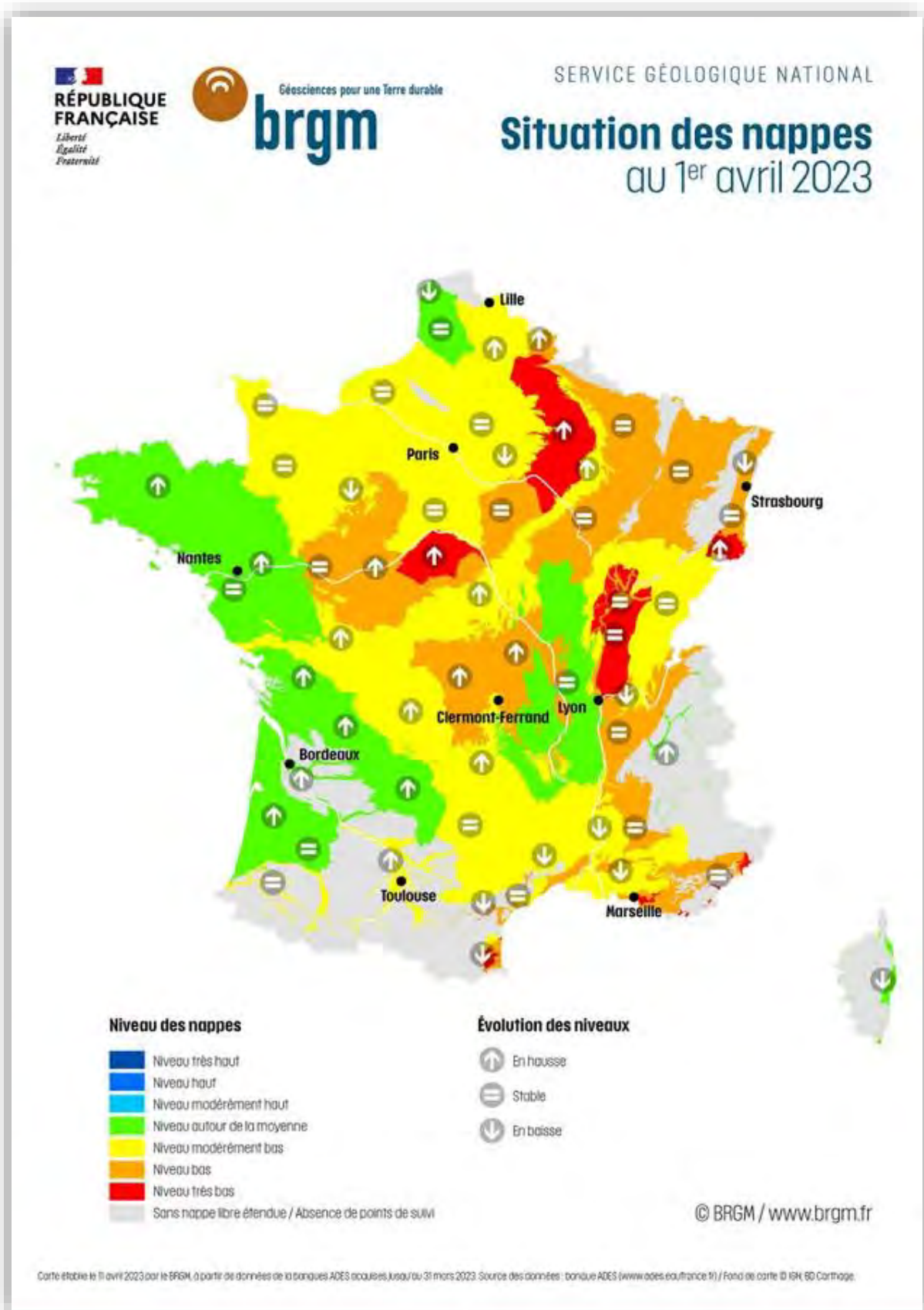
L'eau potable de Tours métropole est issue de 4 sources d'approvisionnement :

- Des nappes alluviales de la Loire (62 %)
- De la nappe d'eau profonde du Cénomaniens (29 %), une « eau fossile » à recharge lente, donc une ressource « non renouvelable » à l'échelle de temps des humains et dont Tours Métropole s'efforce chaque année de réduire le prélèvement
- Du Cher (7 %)
- De la nappe du Turonien (2%)

Le Cher est beaucoup plus sensible à la sécheresse. Les communes qui puisent dans cette rivière sont impactées plus rapidement. Les prélèvements sont susceptibles d'être arrêtés dès que le niveau est trop bas.

En secours, la nappe profonde du Cénomaniens permet de pallier ce manque. Toutefois, cette nappe est à préserver et Tours Métropole Val de Loire s'efforce de limiter les prélèvements en période normale afin que la recharge de cette nappe profonde puisse se faire dans de bonnes conditions et continuer à bénéficier de ce réservoir naturel lors des épisodes de sécheresse. En dix-sept ans, les prélèvements annuels dans le Cénomaniens ont baissé de 24 % et la Métropole continue d'engager des travaux visant à diminuer ces prélèvements. Localement, au niveau de la station de mesure de Tours, le niveau piézométrique montre une augmentation du niveau de cette nappe depuis 2007 (Comité de bassin Loire Bretagne). Toutefois, malgré les efforts efficaces, le niveau de l'ensemble de la nappe reste très bas, comme l'indique la carte du BRGM (Figure 81).

Figure 72 : La nappe d'eau souterraine du Cénomaniien a un niveau "très bas" (BRGM, 2023)



b. La biodiversité souffre aussi du manque d'eau

Avec la baisse des débits (notamment en période d'étiage), l'eau se réchauffe plus rapidement et la **quantité d'oxygène dissous dans l'eau diminue**, ce qui nuit à la vie du milieu aquatique : poissons, insectes et plantes en pâtissent.

Une rupture d'écoulement peut s'observer sur les affluents de la Loire ou du Cher (comme le petit Cher par exemple). Des poches d'eau se créent dans lesquelles la **biodiversité reste emprisonnée et finit par mourir** (figure 82).

L'eau plus chaude est favorable à la **prolifération des algues et bactéries** dans les cours d'eau ou zones humides associées, ce qui peut entraîner des maladies chez les animaux d'élevage qui s'y abreuvent et des surplus de traitement pour la production d'eau potable.

Figure 73 : Bras de la Loire de Varades asséché à l'été 2022
(Crédit photo : Franck Dubray, Ouest France)



c. Les activités humaines impactées par la baisse de la disponibilité en eau

Lorsque le débit des cours d'eau est faible, des protocoles se mettent en place et limitent voire interdisent les prélèvements de l'eau dans les cours d'eau. **Les agriculteurs, par arrêtés préfectoraux, doivent réduire leurs arrosages issus de pompages dans les cours d'eau.** Tandis que les services municipaux et particuliers sont contraints dans leurs usages de l'eau potable (interdiction de remplir les piscines, de laver les voitures, d'arroser à certaines heures, puis d'arroser en toute circonstance selon la gravité de la situation).

La **production d'énergie nucléaire** peut également pâtir de la baisse des niveaux d'eau dans les cours d'eau et de leur réchauffement, comme le rappelle cet article de la Nouvelle République, en période de canicule :

« Autre conséquence de la canicule : EDF a annoncé de possibles « restrictions » de production à sa centrale nucléaire du Tricastin (Drôme), en raison de température élevée sur le Rhône, dont l'eau sert à refroidir les réacteurs. Alerte aussi sur le Rhin, où les bateaux doivent s'alléger d'un tiers en raison « des problèmes d'enfoncement », a prévenu Voies navigables de France. Près de 600 km de canaux sont également fermés, notamment dans le Grand Est et en Bourgogne. » (La Nouvelle République, 2022)

En effet, les réacteurs thermiques des centrales nucléaires ont besoin d'un apport continu en eau froide pour produire la vapeur qui fait tourner la turbine de la centrale, produisant ainsi l'électricité. En amont du circuit de refroidissement, un débit trop faible ou une température trop élevée ne permettent pas de refroidir suffisamment le circuit secondaire. En aval, quand l'eau de refroidissement est rejetée, la réglementation environnementale impose aussi un débit et une température donnés²³ pour maintenir des conditions vivables pour la faune et la flore aquatiques, et plus généralement, pour maintenir le « *bon état écologique* » en diluant suffisamment les rejets de toute sorte.

e. L'exemple du Cher dont le faible niveau a de nombreuses conséquences

L'hydro-système du Cher tourangeau est très anthropisé. Le Cher a été canalisé et dévoyé dans les années 1960 pour gagner des terres « constructibles ». Il est formé par la rivière le Cher, les cours d'eau du Filet et du Petit Cher ; du petit et grand lac des peupleraies, du lac de Saint-Avertin et de celui de la Bergeonnerie. Les barrages du Cher, ainsi qu'un système de vannes et de pompes permettent de gérer les différents niveaux de débits de ces cours et plans d'eau. Une rivière de contournement du barrage de Rochepinard (RICPEV) permet aux poissons de remonter le Cher et d'assurer la continuité écologique du milieu (figure 83).

Par temps de sécheresse, en cas de débit trop faible sur le Cher, **la rivière de contournement doit être fermée, ce qui entrave la remontée du cours d'eau pour les poissons et engendre une interruption des activités du club kayak qui l'utilise.** Une motopompe doit être mise en place pour éviter que le niveau du lac de Saint-Avertin ne diminue trop, afin de maintenir un débit suffisant dans le petit Cher (figure 84).

La température de l'eau augmente, des algues prolifèrent, le taux d'oxygène dans l'eau diminue ce qui entraîne une **surmortalité des poissons** notamment et un **risque de développement de bactéries toxiques** pour les humains et les animaux.

D'autres enjeux sanitaires peuvent aussi émerger en cas de faibles débits des cours d'eau. Toute pollution aquatique est par exemple moins diluée.

²³ Ces données peuvent être consultées par centrale sur ce site internet de Callendar, une startup française spécialisée dans l'évaluation des risques climatiques : <http://callendar.climint.com/wp-content/uploads/2020/12/Reglementation.html>

Figure 74: Fonctionnement de l'hydro système du Cher tourangeau, en période de pluviométrie normale

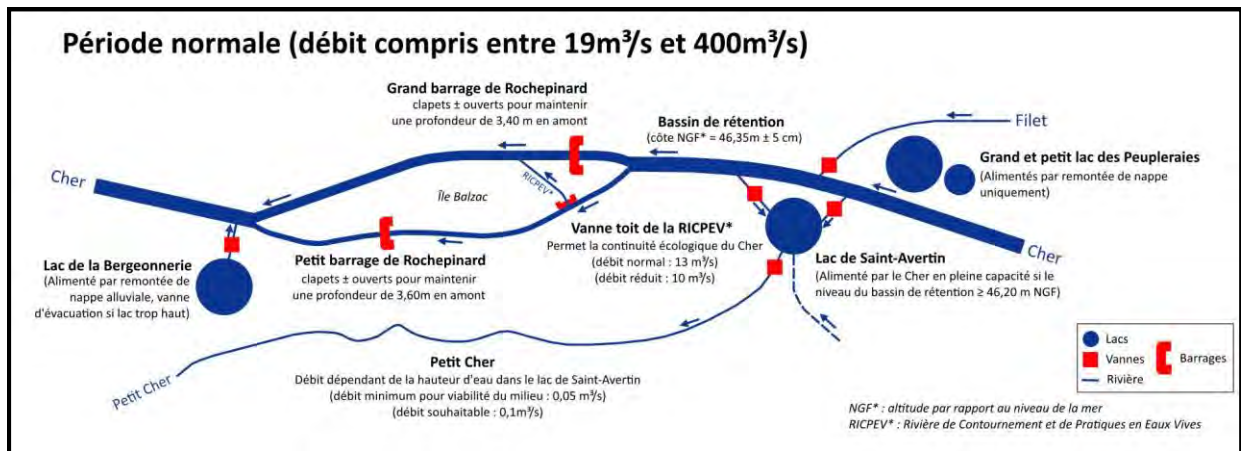
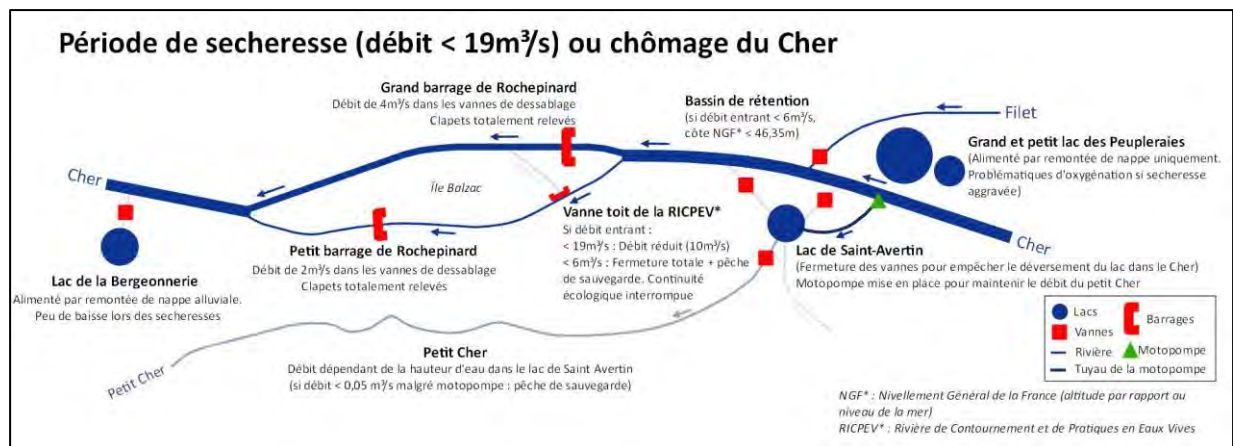


Figure 75 : Cours d'eau et lacs atrophies de l'hydro système du Cher tourangeau, en cas de sécheresse



f. L'eau des barrages en soutien au faible niveau de la Loire

Les leviers d'adaptation passent par une meilleure maîtrise de la demande puis de l'exploitation de la ressource en eau : économies d'eau, répartition des prélèvements dans l'espace et dans le temps, recherche de ressources alternatives (stockage, réutilisation des eaux usées...). (EPL, 2017)

L'Établissement Public Loire est propriétaire et gestionnaire de deux barrages structurants pour la gestion de la ressource en eau sur le bassin fluvial de la Loire (figure 85).

- Naussac, en Lozère, mis en service en 1983, soutient les étiages de l'Allier et de la Loire, afin de permettre la satisfaction des besoins des milieux naturels et des différents usages de l'eau.
- Villerest, dans le département de la Loire, mis en service en 1985, soutient les étiages de la Loire et intervient en écrêtement des crues.

L'Établissement Public Loire a étudié l'impact du changement climatique et des évolutions socio-économiques sur leur fonctionnement à l'horizon 2065, selon plusieurs hypothèses. Des leviers d'adaptation ont ensuite été recherchés permettant d'assurer le soutien des étiages sans remettre en cause ni leur sécurité ni leurs autres fonctions.

Si ces deux ouvrages permettent actuellement de satisfaire les usages plus de 9 années sur 10, le dérèglement climatique **conduirait à une diminution de ce taux de satisfaction compte tenu des difficultés de remplissage et de l'accroissement des besoins** (EPL, 2017).

Figure 76 : usage des barrage adapté au dérèglement climatique (source : Etablissement Public Loire, 2017)



g. Une bonne gouvernance de l'eau pour anticiper les besoins et partager la ressource

Les impacts du manque d'eau sont variés et ont trait tant à nos besoins vitaux qu'à nos activités économiques et sociales, sans parler des impacts pour tout le reste du vivant.

Le premier des défis est celui de la **diminution de la demande**, tous secteurs confondus, qui permettra de diminuer la tension sur cette ressource précieuse de tous. **L'optimisation des usages**, que cela soit au moment du transport de l'eau ou de son utilisation pour éviter les pertes est un enjeu déjà bien connu. Tandis que le futur mettra de plus en plus en exergue **le sujet de la gouvernance, pour arbitrer des choix complexes de répartition et priorisation** des usages de l'eau.

Les missions du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux²⁴ deviennent de plus en plus complexes : « *Notre but, c'est de trouver un juste milieu entre les enjeux humains et les enjeux liés à la biodiversité. Cet équilibre, il va être de plus en plus dur à trouver au vu du manque d'eau.* » confiait Julien Colin, chargé de mission SAGE Cher Aval dans un reportage de France 3 Région Centre Val de Loire (Hermans et Lemaire, 2022). Pour le géographe Gonéri Le Cozannet, les tensions sur les

²⁴ Voir glossaire.

ressources en eau dues aux évènements climatiques extrêmes sont révélatrices d'une mauvaise préparation de nos sociétés. *"Nous avons tendance à nous préoccuper de l'offre et moins de la demande"*, explique le géographe dans ce même reportage de France 3 Région Centre Val de Loire.

Des instances et outils existent déjà pour orchestrer une gestion de l'eau compatible avec le climat de demain :

- L'Agence de l'Eau Loire-Bretagne s'est dotée en 2018 d'un **plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire-Bretagne**. Ce plan vise à sensibiliser et à mobiliser les acteurs. Il montre que des actions sont possibles, et que le changement climatique peut être envisagé comme un élément déclencheur, pour améliorer la gestion de la ressource en eau.
- L'Établissement Public Loire (EPL), outil des collectivités mobilisé en faveur du développement durable du bassin de la Loire et ses affluents. Il contribue à la cohérence des actions menées sur l'ensemble du bassin de la Loire et ses affluents. Depuis 2007, l'EPL s'engage dans l'adaptation aux impacts du dérèglement climatique à l'adaptation aux impacts du changement climatique du bassin fluvial (Établissement Public Loire, 2015). Dernièrement, il participe à un projet européen LIFE Eau & Climat²⁵.
- Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du bassin versant hydrographique Cher aval bénéficie depuis 2017 d'une étude des impacts du dérèglement climatique sur ce bassin.
- Tours Métropole participe régulièrement à l'observatoire Sécheresse Indre et Loire et déploie la démarche PGSSE (Plan de Gestion de la Sécurité Sanitaire des Eaux) qui doit permettre d'assurer la préservation de notre ressource en eau (éviter une pollution de la ressource et suivre les quantités prélevées) mais également s'assurer de la qualité de l'eau distribuée jusqu'aux abonnés. Cela intègre l'ensemble des enjeux liés à la sécurisation des sites pour éviter les actes malveillants, mais aussi prévenir et anticiper les risques naturels tels que les inondations ou la sécheresse par la mise en place de mesures de maîtrise des risques, déclinés en procédures et plans de secours.
- Tours Métropole Val de Loire participe également au comité de pilotage d'une analyse Hydrologie Milieux Usage Climat (HMUC). Dans un contexte de déséquilibre entre les besoins et les ressources en eau disponibles, les analyses HMUC permettent de faire un bilan des usages de la ressource en eau disponible à l'instant T, à l'échelle d'un sous bassin versant. Ceci, afin d'établir des projections à un horizon 10 à 30 ans de façon à déterminer les volumes qui peuvent être prélevés et les actions à mener pour respecter le bon fonctionnement des milieux aquatiques.
- Tours Métropole se dote d'un **schéma directeur des Eaux pluviales**, qui permettra de suivre l'évolution des précipitations, des inondations par ruissellement et d'optimiser la gestion de ces eaux dans un contexte de dérèglement climatique.

²⁵ Il vise aider les acteurs de la gestion locale des ressources en eau, en particulier dans le cadre des Schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE), à évaluer les effets du changement climatique, à les prendre en compte dans leur planification et à mettre en œuvre des mesures d'adaptation. <https://www.gesteau.fr/life-eau-climat>.

- Quant au **schéma directeur d’Alimentation en Eau Potable** de Tours Métropole, il permettra de prévoir davantage les tensions existantes sur cette ressource vitale et de mettre en place des actions ad hoc. D’ores et déjà, une étude de connaissance et de gestion patrimoniale des réseaux d’eau potable de Tours Métropole Val de Loire réalisée par le bureau d’étude altereo en 2022 croise des données d’évolution de la population et d’augmentation de la température pour estimer les scénarios de progression de la demande d’ici 2040. Au total 9 scénarios ont été considérés, calculant une augmentation de la consommation de +3,9 à +26,55 %.

h. Synthèse : les défis de l'adaptation de nos usages et de la gestion de l'eau

L'analyse des impacts actuels du dérèglement climatique sur la ressource en eau disponible sur notre territoire et ses usages nous conduit à souligner les défis suivants :

- Garantir un accès à l'eau potable pour tous, toute l'année, même en période d'étiage lorsque que les niveaux d'eau sont au plus bas.
- Anticiper la baisse de la qualité chimique et biologique des eaux prélevées en période d'étiage et progresser dans les techniques de traitement de l'eau, peu impactantes pour la santé et l'environnement.
- Déployer une stratégie de sobriété de la consommation en eau, pour assurer une baisse continue de la demande.
- Améliorer la connaissance de la quantité d'eau douce présente sur le territoire en surface comme en souterrain (capacité des différentes nappes et leur niveau de remplissage) et de nos capacités de pompage (suivi des puits).
- Affiner le pilotage de la gestion de l'eau en période de sécheresse et tout au long de l'année pour une modération optimisée et juste des usages de chacun : travailler sur les modalités de partage de l'eau.
- Eviter les déperditions (via les canalisations, par l'évaporation des cours d'eau...), développer la réutilisation.
- Etendre les travaux de prévention du risque d'inondation par crue aux inondations par ruissellement.
- Poursuivre le changement de paradigme en matière de gestion de l'eau dans la ville : désimperméabiliser pour favoriser l'infiltration à la parcelle, se réconcilier avec la présence de l'eau en ville, préférer les solutions fondées sur la nature aux infrastructures grises, etc.

4.2. La vulnérabilité sociale

a. Portrait de la vulnérabilité sociale du territoire de Tours métropole

La métropole de Tours accueille une diversité de populations pouvant être qualifiées de socio-économique vulnérables. Quelques chiffres clés peuvent être extraits du rapport « Repères » de l'ATU (2020) :

La métropole accueille 117 jeunes âgés de moins de 20 ans pour 100 seniors de 65 ans ou plus. Ce ratio est le plus faible au sein des territoires de comparaison. Il oscille entre 124 à Dijon et 154 à Nantes. Ainsi **la population de Tours Métropole Val de Loire apparaît plus âgée** qu'ailleurs.

Un habitant sur cinq du territoire a au moins 65 ans. En dix ans, leur poids au sein de la population a augmenté de 3,3 points.

On observe également **des écarts de niveau de vie relativement marqués** : les 10 % les plus aisés ont un niveau de vie 3,6 fois plus élevés que les 10% les plus modestes. Cet écart oscille entre 3,2 (Angers Loire Métropole) et 3,5 (Orléans Métropole).

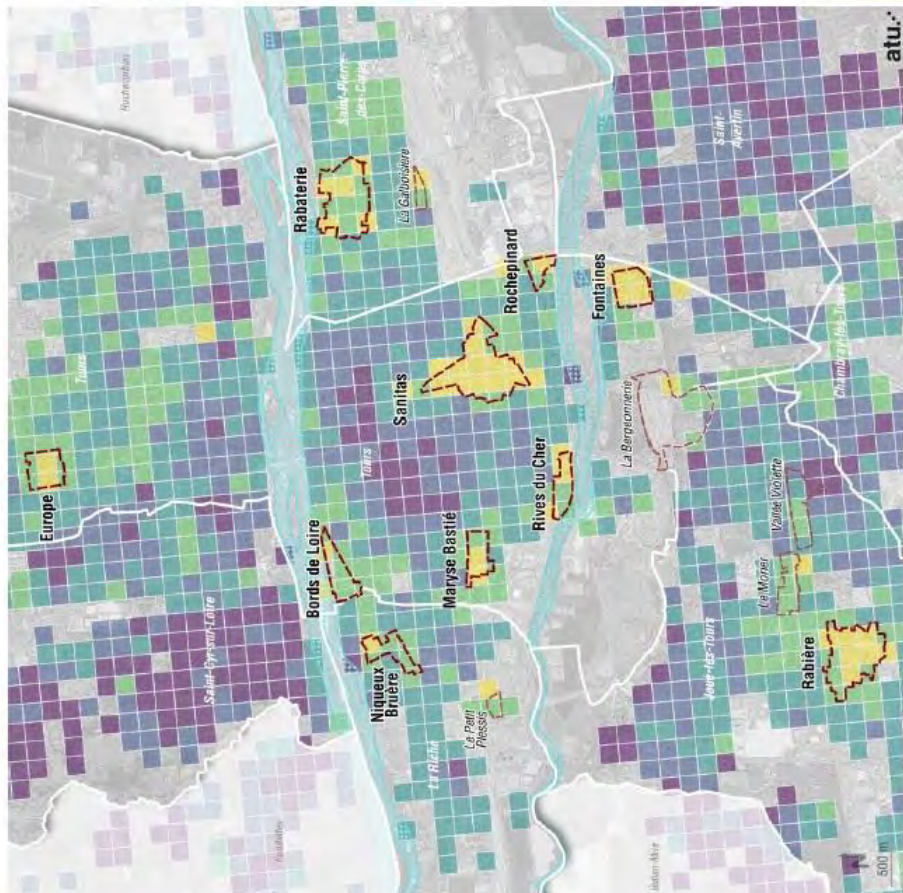
On constate un taux de pauvreté de 15,7% contre 12% à Nantes Métropole ou 15% à Orléans Métropole. Ce taux s'explique principalement par une surreprésentation des ménages pauvres parmi les moins de 30 ans de Tours Métropole Val de Loire.

Tours Métropole Val de Loire présente un **indice de fragilité socio-économique²⁶ supérieur à la moyenne nationale en 2016**. La hausse de cet indice depuis 2006 résulte de la hausse des jeunes non insérés et, dans une moindre mesure, de celle des emplois précaires.

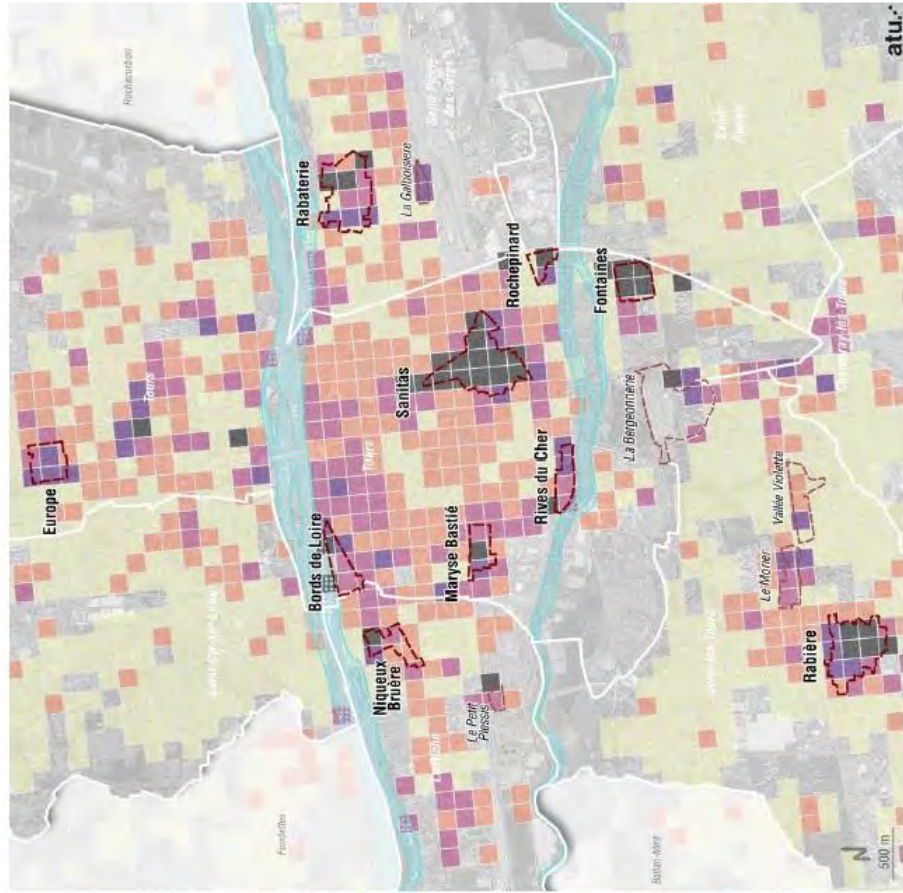
Les 10 quartiers prioritaires des politiques de la ville concentrent les personnes les plus socialement défavorisées, aux revenus les plus modestes notamment (figure 86).

²⁶ L'indice de fragilité est une note cumulée de 5 indicateurs de fragilité socioéconomiques : salariés précaires, chômeurs, jeunes non insérés, personnes sans diplôme, familles monoparentales.

REVENU DISPONIBLE ANNUEL EN 2017



PART DE MÉNAGES PAUVRES EN 2017



Sources : IGN, BD Topo - Insee, Données carriées - Filosofi (2017) - CGET, périmètre des quartiers prioritaires (décret n° 2014-1750 du 30 décembre 2014).

b. Enjeux du dérèglement climatique vis-à-vis des populations les plus vulnérables

Les impacts du dérèglement climatique mettent en exergue la dimension multidimensionnelle de la vulnérabilité sociale (Quenault, 2015). De façon non exhaustive, on peut citer :

Vulnérabilité socio-économique : des étudiants, certains retraités, les familles monoparentales, les personnes sans emplois ont des revenus modestes qui ne leur permettent pas de vivre dans des conditions optimales pour garantir leur bien-être (logement précaire, difficulté d'accès à une alimentation saine, difficulté d'accès à des soins, difficulté d'adaptions en cas de « coup dur »...). Leur isolement social peut être un facteur aggravant de cette forme de vulnérabilité.

Vulnérabilité sociocognitive : les personnes analphabètes, marginalisées ou en difficulté pour comprendre le français et le fonctionnement de notre société rencontrent des difficultés à comprendre des consignes issues de politiques publiques sanitaires, à réagir en cas de crise, à obtenir de l'aide, à changer de mode de vie ou à s'adapter à d'autres bouleversements qu'engendre le dérèglement climatique.

Vulnérabilité du point de vue de la santé : les jeunes enfants, séniors et personnes ayant des pathologies médicales ont une santé fragile. Ils sont d'autant plus touchés par les impacts sanitaires directs ou indirects causés par le dérèglement climatique (coup de chaleur, allergies liées aux pollens, éco-anxiété...)

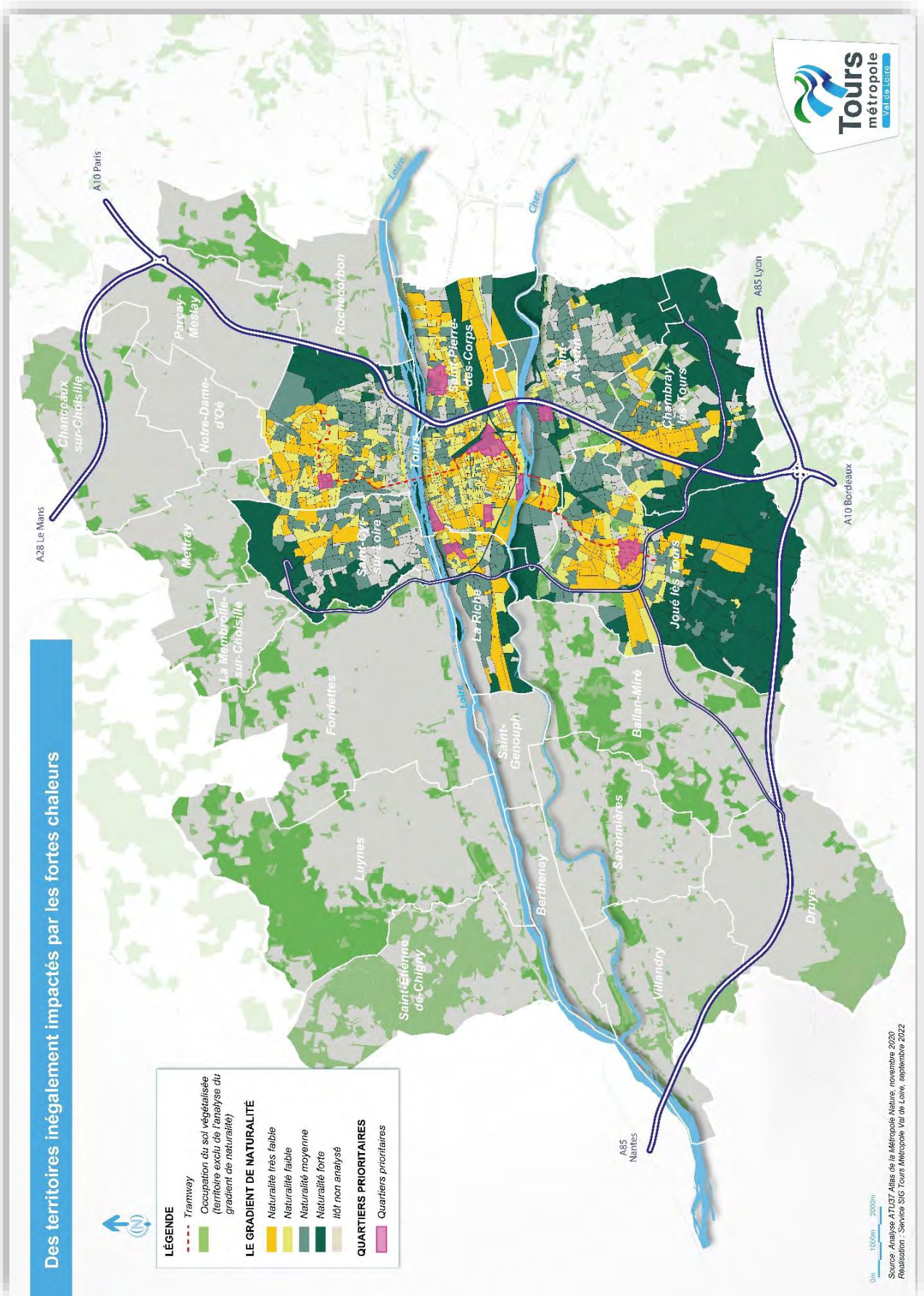
Vulnérabilité territoriale : toutes les communes et quartiers de Tours Métropole ne sont pas exposés de la même façon aux aléas climatiques et ne sont pas dotés des mêmes ressources pour s'en prémunir, les supporter et s'y adapter. Ces quartiers les plus vulnérables (qui cumulent des espaces extérieurs non végétalisés (figure 88), habitats anciens peu isolés...) sont souvent ceux qui accueillent les populations les plus vulnérables qui ont un besoin de logement à prix modéré : séniors, familles monoparentales, familles nombreuses, personnes issues de l'immigration en cours d'intégration...

A chaque public correspondent des facettes de vulnérabilités aux effets du changement climatique. Une analyse croisant les publics et dimensions de la vulnérabilité pourrait orienter les choix d'une future stratégie d'adaptation au changement climatique. Une synthèse non exhaustive est initiée ci-après (figure 87).

Figure 78 : Tableau de synthèse (non exhaustif) sur les dimensions et les publics de la vulnérabilité sociale

<p>DIMENSION DE LA VULNERABILITE</p> <p>Publics concernés</p> <p>ALEAS CLIMATIQUES INDUITS OU IMPACTS DU DEREGLEMENT CLIMATIQUE</p>	<p>VULNERABILITE ECONOMIQUE :</p> <p>Etudiants, sans emplois, travailleurs précaires, retraités, personnes isolées, familles monoparentales</p>	<p>VULNERABILITE SOCIO-COGNITIVES :</p> <p>Séniors Personnes isolées Personnes ayant une faible compréhension du français</p>	<p>VULNERABILITE DU POINT DE VUE DE LEUR SANTE :</p> <p>Séniors Enfants Personnes malades</p>	<p>VULNERABILITE TERRITORIALE :</p> <p>Revenus modérés Personnes seules Famille monoparentale Enfants et jeunes</p>
<p>Augmentation du nombre et de la durée des vagues de chaleur</p>	<p>Difficultés à s'équiper (ventilateur, payer plusieurs douches...)</p>	<p>Difficile compréhension des consignes sanitaires</p>	<p>Supportent moins les canicules : souffrances amplifiées. Amplification des allergies aux pollens</p>	<p>Bâti vieillissant et insuffisamment isolé : l'inconfort intérieur est amplifié. Extérieur moins végétalisé : îlots de chaleur urbains plus marqués</p>
<p>Dysfonctionnement de services publics (transports en commun, écoles...)</p>	<p>Famille monoparentale plus en difficulté en cas d'interruption de l'école ; travailleurs peu voire par mobile pour se rendre sur un lieu de travail ou formation</p>	<p>Difficultés à comprendre la situation et identifier des alternatives</p>	<p>Isolement par diminution de la mobilité. Enfants perturbés par l'interruption de l'école. Surcharge des hôpitaux plus préjudiciable pour les personnes fragiles</p>	<p>Quartiers urbains très dépendants des transports en commun</p>
<p>Tension sur les productions agricoles : augmentation des prix</p>	<p>Difficultés à se nourrir convenablement</p>	<p>Difficultés à comprendre la situation et à adapter les modes de vies (i.e. changer d'habitudes alimentaires ou d'approvisionnement)</p>	<p>Ont moins de marge de manœuvre pour s'adapter et supporter une alimentation différente</p>	<p>Difficultés à se nourrir convenablement</p>
<p>Tension sur la production de l'énergie : augmentation des prix</p>	<p>Difficultés à se chauffer, se déplacer</p>	<p>Difficultés à comprendre la situation et à adapter les modes de vies (i.e. chauffer moins l'hiver ; gérer les volets pour garder le frais l'été)</p>	<p>Ont moins de marge de manœuvre pour s'adapter et supporter un environnement plus froid ou plus chaud, comme le préconise une baisse du chauffage ou de la climatisation</p>	<p>Bâti vieillissant et insuffisamment isolé : l'incidence économique les touche de plein fouet</p>
<p>Augmentation des risques naturels : dégâts sur les habitations, nécessité de déménager, augmentation des frais d'assurance</p>	<p>Difficultés à payer les coûts engendrés</p>	<p>Absence de personnes ressources en-dehors du quartier pour partir en cas d'urgence</p>	<p>Personnes peu mobiles, ne peuvent pas quitter seules leur résidence en cas d'urgence</p>	<p>Une enquête dans les quartiers prioritaires de Tours Métropole montre un attachement au quartier (BVA Opinion, 2017)</p>
<p>Eco-anxiété</p>	<p>Difficultés à payer des professionnels de la santé mentale</p>	<p>Difficultés à identifier ce trouble et à enclencher les démarches de soins adéquats</p>	<p>Personnes plus facilement sensibles au trouble anxieux, tels que les enfants trop jeunes pour avoir les ressources pour faire face à ce trouble</p>	<p>Des quartiers peu desservis en offres de soin dédiés à la santé mentale, difficulté à payer les professionnels de santé mentale</p>
<p>Immigration climatique</p>	<p>Difficultés à payer les coûts d'un changement de lieu de vie</p>	<p>Difficultés à prendre la décision de quitter de lieu de vie si cela devait être nécessaire</p>	<p>Difficultés physiques à quitter de lieu de vie si cela devait être nécessaire</p>	<p>Seront probablement les premiers quartiers à accueillir les immigrants climatiques (= cumul des difficultés)</p>

Figure 79 : Des territoires inégalement résilients aux fortes chaleurs



Un enjeu social majeur relatif aux défis climatique est celui de la justice sociale.

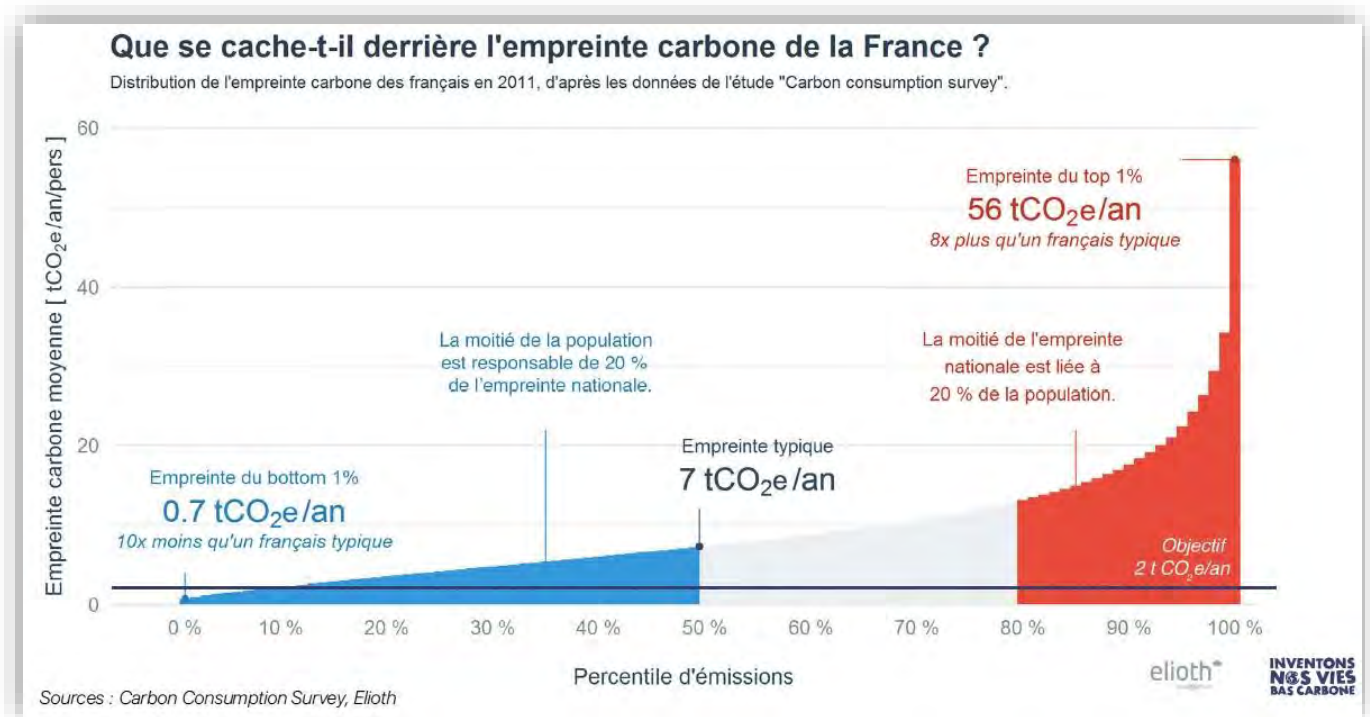
Car si nous sommes tous concernés par le dérèglement climatique, nous ne sommes pas égaux quant à notre contribution, ni face à ses impacts. **C'est tout l'enjeu de la justice climatique.**

En effet l'empreinte carbone des individus dépend en grande partie du niveau de consommation et donc de leurs revenus. Ainsi, dans le monde, 10 % des plus riches sont responsables de 52 % des émissions de CO₂ cumulés entre 1990 et 2015.

En France, 50% de l'empreinte carbone nationale est imputable à 20 % de la population (figure 89). A l'inverse, la moitié de la population la plus pauvre n'est responsable que de 20 % de l'empreinte nationale.

Cela soulève la pointilleuse question de la répartition des efforts à consentir pour diminuer les émissions des gaz à effet de serre, et la répartition des efforts (financiers par exemple) pour déployer les mesures d'adaptation.

Figure 80 : les plus français les plus pauvres ont une plus faible empreinte carbone



Dans une interview accordée au magazine de l'ANRU, François GEMENNE, professeur de géopolitique de l'environnement de l'université libre de Bruxelles et membre du GIEC disait :

« En France, le bâtiment représente 17 % des émissions de gaz à effet de serre. Par ailleurs, on sait que 50 % de l'empreinte carbone des individus dépend du quartier où ils vivent : les infrastructures, les matériaux et les énergies utilisés dans les logements, l'accessibilité, l'offre d'emploi, les parcours alimentaires. Cela confère une responsabilité toute particulière aux politiques de rénovation urbaine. Étant belge, je dois reconnaître que sur ce plan la France, à travers l'ANRU notamment, fait preuve d'un volontarisme encourageant. » (ANRU, 2022, p11).

c. Les impacts du dérèglement climatique sur les personnes les plus fragiles

A ce jour, il existe peu de données quantitatives et qualitatives sur les impacts avérés du dérèglement climatique en cours et à venir sur les habitants les plus fragiles de Tours Métropole Val de Loire.

La carte précédente (figure 88) sur les territoires inégalement impactés par les fortes chaleurs s'appuie sur le travail de l'Agence d'Urbanisme de Tours et la constitution d'un gradient de naturalité du tissu urbain, qui croise trois critères : l'indice de perméabilité des sols, le taux d'occupation sur sol par le végétal ainsi que la nature des strates végétales (ATU, 2020a, p.3).

On peut y voir que **9 des 10 quartiers prioritaires de la politique de la Ville sont implantés dans des secteurs ayant une dominante de faible à très faible naturalité**. Seul le quartier des Fontaines est dans un secteur avec une naturalité moyenne (son emprise et aussi ses abords). Tandis que les quartiers de la Rabière, la Rabaterie, les bords de Loire ou Maryse Bastié sont sur une emprise de très faible à faible naturalité. Cela signifie que l'environnement proche n'est pas composé d'éléments de nature permettant rafraîchir l'air et d'atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain. **Les populations habitants dans ces quartiers sont amenés à être davantage impactés par la dégradation de qualité de vie due aux canicules importantes et récurrentes.**

L'indice de perméabilité des sols (qui contribue au gradient de naturalité) souligne également que ces quartiers sont soumis à un fort ruissellement des eaux de pluie. Bien que non objectif de manière quantitative à ce jour, ces territoires sont donc également exposés à un certain niveau de risque d'inondation par ruissellement des eaux pluviales.

De plus, **7 sur 10 de ces quartiers prioritaires sont implantés en zone inondable** par crue de la Loire ou du Cher.

d. Des connaissances, dispositifs et acteurs qui ouvrent la voie à l'adaptation de ces personnes plus vulnérables

De l'échelle nationale à l'échelle locale, La Politique de la Ville qui est en charge de la réduction des inégalités entre les territoires, prend de plus en plus en compte la problématique du dérèglement climatique.

Une **démarche « quartiers résilients » a été lancée par le ministère chargé de la ville et du logement**, dans le cadre du Nouveau Programme National de

Figure 81 : Chantier de rénovation thermique d'un immeuble rue Saint-Barthélémy, à Tours, en août 2021
(© François Lafitte, Ville de Tours)



Renouvellement Urbain (NPNRU)²⁷ (ANRU, 2022). Parmi les 10 quartiers prioritaires (QPV) de la Métropole, 4 bénéficient du programme NPNRU (Sanitas, Maryse Bastié, Rabaterie, Rabière) s'appuyant sur le principe que la transformation urbaine de ces quartiers fragiles (démolition / réhabilitation de logements sociaux, aménagement des espaces publics, création/rénovation d'équipements publics ...) permettra d'en améliorer le fonctionnement, le cadre de vie des habitants et l'image (figure 90).

Sur le territoire de Tours Métropole, cette démarche nationale « Quartiers résilients » se traduit par un renfort de moyens d'ingénierie et d'investissement de l'Agence Nationale de la Rénovation Urbaine pour répondre à la vulnérabilité environnementale, sociale et économique du quartier du Sanitas. Et pour les 4 quartiers NPNRU, l'accès à des outils méthodologiques (sans financements supplémentaires) pour faire monter en qualité les à projets mis en œuvre dans ces territoires.

En parallèle, fin 2021, la Région Centre-Val de Loire se déclarait en État d'urgence climatique et sociale et appelait tous les territoires à prendre leur part, pour démontrer que des solutions existent et peuvent être démultipliées. L'association « **Ville au Carré** » s'est inscrite dans ce mouvement en lançant un programme « **et si les quartiers populaires entraient en transition ?** ». *Ville au carré* souhaite profiter de l'évaluation des contrats de villes²⁸ pour questionner les actions déjà en cours au sein des quartiers prioritaires et les trajectoires envisageables pour permettre l'émergence de quartiers résilients (Ville au Carré, 2022). Concrètement, les quartiers populaires sont invités à identifier, déployer et essaimer des actions permettant de faire évoluer les usages et consommations contribuant au dérèglement climatique, et des actions permettant de s'adapter aux conditions de vies changeantes.

Dès aujourd'hui et très concrètement dans le territoire, Etat, collectivités et bailleurs sociaux investissent dans la **rénovation énergétique des logements**, notamment via une Opération Programmée d'Amélioration de l'Habitat. En 2022, l'Agence Nationale de Renouvellement Urbain a augmenté son soutien financier afin d'accompagner les évolutions des projets de renouvellement urbain des quartiers prioritaires, comme cet immeuble de la rue Saint-Barthélémy à Tours (figure 90).

Tours Métropole Val de Loire a réalisé une **étude de réduction de la vulnérabilité du parc locatif social soumis au risque d'inondation**. Elle a donné lieu à la mise en place d'une « boîte à outils » de mesures et stratégies de réduction de la vulnérabilité de ces logements.

La mission d'adaptation des quartiers les plus vulnérable et d'accompagnement des personnes les plus fragiles vis-à-vis des impacts du dérèglement climatique reste entière. Néanmoins, les dispositifs, acteurs et projets évoqués ici montrent qu'une dynamique se déploie, qu'il conviendrait d'alimenter et amplifier.

²⁷ Lancé en 2014, le NPNRU 2014-2030 prévoit la transformation profonde de plus de 450 quartiers prioritaires de la politique de la ville en intervenant fortement sur l'habitat et les équipements publics, pour favoriser la mixité dans ces territoires (d'après <https://www.anru.fr/le-nouveau-programme-national-de-renouvellement-urbain-npnru>)

²⁸ Le dernier contrat de ville en œuvre sur le territoire de Tours Métropole Val de Loire concerne la période 2015-2022. Vient ensuite la période d'évaluation et de construction d'un nouveau contrat.

e. Synthèse : les défis de l'adaptation des personnes les plus vulnérables au dérèglement climatique

L'analyse des impacts actuels du dérèglement climatique sur les populations les plus vulnérables de notre territoire nous conduit à souligner les défis suivants :

- Assurer un souci constant aux phénomènes d'injustice climatique, pour ne pas demander à ceux qui sont les moins émetteurs de gaz à effet de serre, de faire le plus d'effort de réduction. Une transition écologique injuste est une menace pour la cohésion sociale.
- Hiérarchiser les interventions publiques proportionnellement à la vulnérabilité des publics.
- Améliorer la connaissance des impacts du dérèglement climatique sur les personnes les plus fragiles.
- Poursuivre les politiques sociales permettant de combattre les vulnérabilités socio-économiques, qui sont la source d'une plus faible capacité d'adaptation des personnes les plus fragiles aux impacts du dérèglement climatique.

4.3. La solidarité territoriale

L'eau, l'énergie, de nombreuses denrées alimentaires, et autres productions vitales ou utiles (vêtements, smartphone, matériaux de nos maisons...) au territoire de Tours Métropole proviennent ou dépendent des territoires frontaliers, supra territoriaux (comme le département de l'Indre-et-Loire ou la région Centre Val de Loire) ou encore d'autres pays.

A l'inverse, Tours métropole est doté d'équipements, ou propose des services ou ressources dont bénéficient les habitants d'autres territoires : hôpitaux, universités, services publics...

Mais aussi, certains territoires, subissent les conséquences des aménagements et modes de vie des autres territoires. On soulignait précédemment que les principaux émetteurs (personnes les plus riches et consommatrices) n'étaient pas les plus impactés par les effets du dérèglement climatique et inversement.

Ceci engendre une **interdépendance territoriale que l'on peut aussi nommer « solidarité territoriale »**.

Cette solidarité territoriale concerne nos services, productions et organisations, mais elle existe également pour ce qui est des phénomènes physiques liés au dérèglement climatique. Rappelons-nous que les crues de la Loire dépendent des régimes de pluies cévenoles et de celles issues de la façade atlantique ; tandis que l'augmentation de la température sur *notre* territoire dépend du phénomène d'effet de serre qui est lui mondial.

Ce constat **invite, voire « oblige », à une forme de coopération entre les territoires**.

A quoi bon avoir un territoire de Tours métropole le plus vertueux possible en matière de réduction de l'effet de serre et d'adaptions aux dérèglement climatique, si ses voisins n'en font rien ? Quel sens aurait une stratégie de déploiement du chauffage au bois si elle induisait de raser toutes les forêts des territoires voisins ? Les contrats de réciprocité entre Tours Métropole et les autres EPCI du département s'inscrivent dans cette logique.

Ces contrats visent initialement des coopérations entre urbain et rural. Ils s'envisagent comme un dialogue d'égal à égal permettant d'aborder des problématiques communes en dépassant les frontières administratives. A la création de la métropole en 2017, les élus de Tours Métropole Val de Loire et des Communautés de communes de l'Indre-et-Loire souhaitant allier développement et solidarité territoriale ont collectivement identifié des complémentarités, dans la perspective de répondre aux besoins locaux. Sept axes d'intervention prioritaires ont été fléchés : l'agriculture (politique alimentaire), le développement économique, la stratégie d'attractivité, le tourisme, la mobilité, l'énergie et les déchets.

Les contrats qui ont été construits développent des engagements réciproques quant à des opérations à engager à court terme, des actions à étudier à moyen terme et des thèmes à investiguer.

A plus grande échelle, des projets pour s'inciter, s'inspirer et s'entraider les uns les autres (du département d'à côté, au pays à l'autre bout du monde) auraient tout à fait leur place dans une stratégie climatique.

5. CONSIDERATIONS FINALES

Un diagnostic qui éclaire la stratégie climatique de Tours Métropole Val de Loire

Ce diagnostic de vulnérabilité du territoire de la métropole de Tours aux effets du dérèglement climatique nous renseigne sur les aléas climatiques passés, présents et futurs qui touchent notre territoire et la façon dont cela affecte les habitants, les activités et l'ensemble du monde vivant.

Cette analyse de la vulnérabilité du territoire, bien que non exhaustive et surtout qualitative, permet de montrer la pluralité et la dimension systémique des changements en cours et des réponses à apporter.

En effet, nous avons vu que l'augmentation des températures a des effets multisectoriels et en cascade. Elle impacte la qualité de vie des habitants, détériore les infrastructures, pénalise des activités économiques et nuit à la biodiversité ainsi qu'à la quantité et à la qualité de l'eau, ce qui affecte à son tour une diversité d'usages et usagers.

Ainsi, cette analyse de la vulnérabilité du territoire rappelle l'importance des deux volets d'une politique climatique :

- 1) Un volet visant la REDUCTION²⁹ du phénomène d'effet de serre anthropique
- 2) Un volet visant l'ADAPTATION de notre territoire (société et milieux) au dérèglement du climat.

Une **stratégie de réduction** aura pour objectif de diminuer drastiquement les émissions de gaz à effet de serre en agissant sur la consommation d'énergie et les autres émissions de GES dites non-énergétiques, ainsi que d'augmenter la séquestration du carbone présent dans l'atmosphère.

Tandis qu'une **stratégie d'adaptation** « a pour objectif de limiter les impacts négatifs du changement climatique sur la société et la nature et de tirer le meilleur parti des quelques opportunités qu'il pourrait offrir », d'après le rapport Dantec et Roux de 2018 (qui s'appuie sur la définition du GIEC).

Vers une stratégie d'adaptation aux impacts du dérèglement climatique du territoire de Tours métropole

Le risque climatique ne condamne pas à être une victime passive.

Les mesures d'adaptation sont variées et peuvent être réactives ou anticipatives, ponctuelles, graduelles ou systémiques pour faire face à l'existence de menaces ou d'évènements dommageables : voir la figure 91, qui donne une illustration dans le cas d'adaptation aux vagues de chaleur (Haut Conseil pour le Climat, 2021).

²⁹ La littérature utilise davantage le terme « atténuation ». Nous avons préféré le terme de « réduction » car il évoque davantage l'ampleur de la tâche à accomplir.

Figure 82 : Différents types d'adaptation

Différents types de réponses exemples en cas de vague de chaleur et sécheresse extrême)



Source : Haut Conseil pour le Climat.

Or, lorsque l'adaptation est pensée en silo, dans une perspective purement curative et réactive, le risque de maladaptation est fort. (Haut Conseil pour le Climat 2021, p.145). Le GIEC définit la **maladaptation** comme étant « *toute mesure susceptible d'aggraver le risque de conséquences néfastes associées au climat (y compris par une hausse des émissions de gaz à effet de serre), d'accentuer la vulnérabilité face aux changements climatiques ou de dégrader les conditions de vie actuelles ou futures, ce résultat étant rarement intentionnel* ».

Exemple 1 de maladaptation : tout miser sur la construction de digues pour éviter les inondations

Construire des digues contribue à l'émission de GES (via la fabrique très émissive de ciment par exemple). Cela crée un sentiment de sécurité qui conduit souvent à une densification des constructions en zone inondable et nous fait oublier le danger. De plus, les digues créent potentiellement de nouveaux risques comme la submersion rapide en cas de rupture de digue et retarde d'autres actions d'adaptation plus soutenables comme la restauration des zones humides et la relocalisation des activités installées en zones inondables.

Exemple 2 de maladaptation : utiliser des climatiseurs pour se prémunir des canicules

Acheter un climatiseur pour faire face aux canicules est une maladaptation car ces équipements apportent une solution à court terme et à l'échelle individuelle, mais ne font *in fine* qu'aggraver la situation.

Les climatiseurs rejettent de l'air chaud qui contribuent à l'effet d'îlot de chaleur urbain ; ils fonctionnent grâce à des gaz fluorés, qui, lorsqu'ils s'échappent (fuite de l'appareil) contribuent à l'effet de serre additionnel, avec un pouvoir réchauffant 30 000 fois plus élevé que celui du dioxyde de carbone (CO₂).

Pour fonctionner, surtout en été, ils consomment de l'électricité, dont la production (surtout nucléaire en France) est déjà en tension à cette période de l'année.

A contrepied, une bonne mesure d'adaptation est porteuse de **co-bénéfices multiples**, pouvant être qualifiées de mesure « **sans regret** ».

Par exemple, les épisodes de forte chaleur de ces dernières années plaident pour des opérations de désimperméabilisation et de végétalisation urbaines qui ont des bénéfices tant sur le champ de la santé mentale, de la biodiversité que sur l'amélioration du confort en ville. Par ailleurs, cette mesure est non seulement compatible mais aussi contributive au volet REDUCTION de la politique climatique en contribuant aussi à la séquestration du carbone.

Les politiques climatiques nécessitent de la transversalité

Les mesures d'adaptation porteuses de co-bénéfices qui relèvent de plusieurs champs et politiques publiques (espaces verts, aménagement urbain, habitats...), soulignent **la transversalité des stratégies d'adaptation du territoire et plus globalement des politiques climatiques**.

A ce titre, le Haut Conseil pour le Climat soulignait dans son rapport annuel 2021 que le premier défi de l'adaptation au dérèglement climatique est de sortir des réponses par réaction, sectorielle et au cas par cas pour passer à une logique systémique, proactive, préventive et anticipative. (Haut Conseil pour le Climat 2021, p.135).

Cette ambition renvoie bien au potentiel des plans Climat-Air-Energie et leur dimension de projet de territoire.

Le coût de l'inaction sera toujours supérieur au coût de la transition

Le Rapport Stern de 2006 ³⁰ a été le premier à évaluer l'impact économique des effets du changement climatique. Conclusion : **le coût de l'inaction est supérieur au coût de la prévention**. Un investissement de 1 % du PIB mondial par an dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre permettrait d'éviter une perte économique comprise entre 5 % et 20 % du PIB mondial par an.

Céline Guivarch, ingénieure en chef au CIRED (Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement) et auteure principale du 6^{ème} rapport du GIEC qui a été publié le 20/03/2023, indique que ce rapport examine les investissements actuels pour la transition à l'échelle mondiale, les compare avec les besoins d'investissement et avec le capital disponible. Le rapport montre que **le problème ne provient pas d'un manque de capital, mais plutôt d'une difficulté à orienter les investissements vers des solutions de réduction**.

La littérature indique qu'il faut un ensemble d'instruments politiques, coordonnés entre toutes les échelles de gouvernance, de l'échelle territoriale à l'échelle régionale, nationale, européenne et mondiale. **Il y a une véritable question de coordination** pour que tous les signaux soient alignés afin d'enclencher une transition aussi profonde que rapide pour se détacher des énergies fossiles (Young 2022).

³⁰ Rapport de l'économiste Nicholas Stern, ancien vice-président de la Banque mondiale.

6. SIGLES ET ACRONYMES

CIREN :	Centre international de recherche sur l'environnement et le développement
CLS :	Contrat Local de Santé
CLSM :	Conseil Local de Santé Mentale
CO ₂ e	CO 2 équivalent (voir glossaire)
DMLA :	Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age
DRIAS :	Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnements
EPL :	Etablissement Public Loire
GASPAR :	Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques naturels et technologiques
GES :	Gaz à Effet de Serre
GIEC :	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
HMUC :	Hydrologie Milieux Usage Climat, (est le nom d'une analyse)
IPBES :	<i>Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services /</i> Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques
UICN :	Union Internationale de Conservation de la Nature
NPNRU :	Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain
ORACLE :	Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique
PAPI :	<i>Programme d'actions de prévention des inondations</i>
PAT :	Projet Alimentaire Territorial
PPM :	Partie Par Million. C'est une unité qui permet d'exprimer une fraction massique. 1 ppm = 1 mg pour 1 Kg. La concentration actuelle de dioxyde de carbone (CO ₂) présent dans l'atmosphère terrestre est de 400 parties par millions (ppm). Cela signifie que dans 1000 litres d'air, il y a 1 gramme de CO ₂ .
PRSE :	Plan Régional Santé Environnement
RCP :	Representative Concentration Pathway // trajectoires représentatives de concentration des gaz à effet de serre
RICPEV :	Rivière de Contournement et de Pratiques en Eaux Vives
RNSA :	Réseau National de Surveillance Aérobiologique
SCOT :	Schéma de Cohérence Territoriale
TAAC :	Trajectoires d'Adaptation au Changement Climatique des Territoires
TRI :	Territoire à Risque Important d'Inondation (TRI)
TVB :	Trame Verte et Bleue

7. GLOSSAIRE

Albédo :

L'albédo est le pouvoir réfléchissant des rayons de lumière d'une surface. Le 6^{ème} rapport du GIEC identifie parmi les mesures simples d'adaptation au dérèglement climatique de travailler sur les surfaces à fort albédo.

Canicule :

Une canicule, c'est un épisode de températures élevées, de jour comme de nuit, sur une période prolongée. Dans le cadre de la vigilance météorologique, on tient en effet compte du caractère exceptionnel des températures nocturnes. Quand celles-ci sont élevées pendant plusieurs jours consécutifs, le risque de mortalité augmente chez les personnes fragiles (Météo France, Climat HD).

Cévenol (épisode) :

Un épisode cévenol correspond à un phénomène météorologique propre aux conditions climatiques et géographiques rencontrées sur les versants sud du Massif central, les Cévennes. Lorsque des masses d'air chaud et humide provenant de Méditerranée rencontrent de l'air froid sur le relief cévenol, des orages violents éclatent en déversant de fortes précipitations qui saturent rapidement les cours d'eau. En raison de la topographie accidentée, les épisodes cévenols engendrent fréquemment des crues torrentielles, c'est-à-dire un débordement soudain et brutal des cours d'eau, potentiellement très dangereux pour la sécurité des personnes et des biens qui se trouvent à proximité. De ce point de vue, la crue torrentielle se distingue de la crue de plaine qui monte beaucoup plus lentement. (Réseau canopé).

CO2e

Equivalent dioxyde de carbone est une mesure métrique utilisée pour comparer les émissions de divers gaz à effet de serre sur la base de leur potentiel de réchauffement global (PRG), en convertissant les quantités des divers gaz émis en la quantité équivalente de dioxyde de carbone ayant le même potentiel de réchauffement planétaire.

Par exemple, le PRG pour le méthane est 25 et pour l'oxyde nitreux 298. Cela signifie que leur pouvoir réchauffant, leur contribution au phénomène d'effet de serre est 25 et 298 fois plus important que du CO2.

Crue :

La crue est une forte augmentation, un accroissement du débit et de la hauteur d'eau en écoulement d'un fleuve, d'une rivière, d'un cours d'eau. Le mot s'utilise fréquemment quand le débordement du lit mineur du cours d'eau commence à provoquer des dommages. Ce débordement provoque une inondation de zones plus ou moins éloignées des rives, en délimitant ainsi une zone inondable. La crue est suivie par une décrue.

Espèce Exotique Envahissante :

Une espèce exotique envahissante est une espèce introduite par les humains, volontairement ou par accident, dans un territoire qui n'est pas son aire de répartition naturelle et dont l'implantation et la propagation menacent les écosystèmes, habitats ou espèces indigènes

(présentes naturellement sur le territoire), avec parfois des conséquences sur les activités économiques ou la santé humaine. (<https://naturefrance.fr/especes-exotiques-envahissantes>)

Forçage radiatif :

Le « forçage radiatif » correspond ici à une perturbation de la balance énergétique de la planète Terre, de l'équilibre entre la puissance radiative reçue (par les rayonnements solaires) et la puissance radiative émise par la Terre. Un forçage radiatif positif tend à réchauffer le système (plus d'énergie reçue qu'émise), alors qu'un forçage radiatif négatif va dans le sens d'un refroidissement (plus d'énergie perdue que reçue).

Ilot de chaleur urbain :

L'effet d' « îlot de chaleur urbain » (ICU) désigne une « sorte de dôme d'air plus chaud couvrant la ville » qui est la « manifestation climatique la plus concrète de la présence et des activités de la ville » (Cantat, 2004, p.75). La température en ville dépend de la température ambiante de la région, mais elle est augmentée à cause de la forme urbaine, l'architecture, les matériaux utilisés, l'absence de végétalisation (Reghezza, 2023). Ainsi, les immeubles bloquent la circulation de l'air, les matériaux de construction emmagasinent la chaleur, que la climatisation rejette dans la rue. Interviennent aussi la circulation automobile, l'industrie, etc. L'albédo est plus important la nuit, car alors que la périphérie se refroidit, constructions et voirie rejettent la chaleur stockée pendant la journée (*ibid.*) (source : glossaire de Géoconfluences, 2023)

Jour de gel :

Un jour de gel est une journée au cours de laquelle la température minimale quotidienne est inférieure ou égale à 0°C (<https://meteofrance.com/climathd>, consulté le 13/04/2022)

Jour anormalement chaud :

Journée avec une température maximale supérieure de plus de 5°C aux normales mensuelles.

Journée chaude :

Une journée chaude est une journée au cours de laquelle la température maximale quotidienne (observée entre J à 06h UTC et J+1 à 6h UTC) dépasse 25°C. (Météo France, Climat HD).

Journée estivale :

Une journée est considérée comme estivale si la température dépasse 25 °C. L'augmentation des températures de l'air est un des signes les plus visibles du changement climatique. L'évolution de cet indicateur est directement liée à celle de la température de l'air. (MTE, 2021)

Trame Verte et Bleue :

Réseau formé de continuités écologiques terrestres et aquatiques identifiées par les schémas régionaux de cohérence écologique ainsi que par les documents de planification de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs groupements. La Trame verte et bleue contribue à l'amélioration de l'état de conservation des habitats naturels et des espèces et au bon état

écologique des masses d'eau. Elle s'applique à l'ensemble du territoire national à l'exception du milieu marin (www.trameverteetbleue.fr).

SAGE, Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux :

Le schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) est un outil de planification, institué par la loi sur l'eau de 1992, visant la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Déclinaison du SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de gestion des eaux) à une échelle plus locale, il vise à concilier la satisfaction et le développement des différents usages (eau potable, industrie, agriculture, ...) et la protection des milieux aquatiques, en tenant compte des spécificités d'un territoire. Délimité selon des critères naturels, il concerne un bassin versant hydrographique ou une nappe. Il repose sur une démarche volontaire de concertation avec les acteurs locaux.

Sécheresse Agricole :

Une sécheresse agricole peut-être définie comme un déficit en eau du sol. L'indice d'humidité des sols représente pour une plante le ratio entre le contenu en eau disponible dans le sol un jour donnée et sa valeur optimale pour la plante. Le calcul de l'indice prend en compte le contenu intégrée en eau du sol, le seuil au-dessous duquel une plante ne peut plus capter l'eau du sol, et le seuil au-dessous duquel l'eau dans le sol ne s'écoule plus par gravité verticalement (Météo France, Climat HD).

Sécheresse hydrologique :

Elle correspond à un déficit de débit des cours d'eau, des niveaux bas des nappes ou des retenues, sur une période ou une année pendant laquelle les débits sont très inférieurs à la moyenne.

Sécheresse météorologique :

Elle correspond à un déficit prolongé de précipitations.

Vague de chaleur :

Les vagues de chaleur correspondent à des températures anormalement élevées, observées pendant plusieurs jours consécutifs.

Mais il n'existe pas de définition universelle du phénomène : les niveaux de température et la durée de l'épisode qui permettent de caractériser une vague de chaleur varient selon les régions du monde et les domaines considérés (caractérisation d'un point de vue climatologique, activité de recherche, dispositif de vigilance météorologique). (<https://meteofrance.com/climathd>, consulté, le 12/04/2022)

Dans l'Hexagone, Météo-France la définit comme **une élévation continue des températures pendant au moins trois jours**. Plus techniquement, cela arrive lorsque l'indicateur thermique national, qui est une moyenne des températures quotidiennes de trente stations métropolitaines représentatives du climat français, remplit deux conditions : rester au moins trois jours au-dessus de 23,4 °C ; atteindre au moins une fois 25,3 °C.

La vague de chaleur prend fin si l'indice thermique national descend sous 22,4 °C un jour ou sous 23,4 °C deux jours consécutifs. (Le Monde, Gary Dagorn, 16/06/2022)

8. BIBLIOGRAPHIE

- ADEME. 2014. « Carbone organique des sols. L'énergie de l'agro-écologie, une solution pour le climat. » ADEME. Angers. <https://side.developpement-durable.gouv.fr/PAE/doc/SYRACUSE/353812/carbone-organique-des-sols-l-energie-de-l-agro-ecologie-une-solution-pour-le-climat>.
- . 2019. « Diagnostiquer l'impact du changement climatique sur un territoire. Guide méthodologique ». ADEME.
- Agence Régionale de la Biodiversité. 2022. « Le climat régional change, la nature source de solutions ?! » <https://www.biodiversite-centrevaldeloire.fr/sites/default/files/content/ressources/pdf/2022-04/Livret%20ARB%20n%C2%B02%20-%20MAJ%20AVRIL%202022%20WEB.pdf>.
- ANRU. 2022. « Le NPNRU, laboratoire de la ville résiliente ». *En villes. Le magazine de l'ANRU*, novembre 2022.
- ATU. 2020a. « Atlas de la métropole nature. Pour végétaliser et désimpermeabiliser la ville ». Tours: Agence d'Urbanisme de Tours.
- . 2020b. « Repères. Votre territoire en dynamiques pour construire vos projets. Tours Métropole Val de Loire ». Tours: ATU.
- . 2022. « Atelier n°1 : La préservation et la valorisation des espaces naturels agricoles et des paysages ». Compte-rendu des ateliers du PLUm. Tours: ATU.
- Bréda, Nathalie, Roland Huc, André Granier, et Erwin Dreyer. 2006. « Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences ». *Annals of Forest Science* 63 (6): 625-44. <https://doi.org/10.1051/forest:2006042>.
- BVA Opinion. 2017. « Etude d'opinion sur la perception des quartiers et de la politique de la ville dans la Métropole de Tours. Note de synthèse ».
- CEREMA. 2018a. *Changement climatique - Les réseaux de transport aussi sont vulnérables !* Le P'tit essentiel. Bron. <https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/centre-ressources/changement-climatique-les-reseaux-transport-sont-vulnerables>.
- . 2018b. « Plans locaux d'urbanisme. Des arguments pour agir en faveur du climat, de l'air et de l'énergie ». CEREMA. <https://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/stockage.pdf>.
- Chambre régionale d'agriculture CVL. 2021. « Diagnostic territorial d'adaptation au changement climatique. Région Centre-Val de Loire. Varenne agricole de l'eau et de l'adaptation au changement climatique. »
- Courrier International. 2018. « Plus de 140 millions déplacés climatiques attendus en 2050 ». Courrier international. 20 mars 2018. <https://www.courrierinternational.com/grand-format/plus-de-140-millions-deplacés-climatiques-attendus-en-2050>.
- DREAL Centre-Val de Loire. 2019. « Rendement en blé tendre ». 30 juillet 2019. <https://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/rendement-en-ble-tendre-a3456.html>.
- DREAL CVL. 2019. « Les chiffres clés du changement climatique en région Centre-Val de Loire ».
- Etablissement Public Loire. 2015. « Actu' Climat ». https://www.eptb-loire.fr/wp-content/uploads/2015/12/ACTU_climat_2015_WEB.pdf.
- EPL – Etablissement Public Loire, 2017, « Changement climatique sur le bassin de la Loire et ses affluents », Exposition de 8 panneaux, Orléans, du 15/09 au 15/10/2017. Disponible sur : <http://www.eptb-loire.fr/visite-expo-changement-climatique/index.html>, consulté le 15/04/2022

- European Environment Agency. 2015. « Air quality in Europe ». 5. Luxembourg: European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2015/download>.
- Failloux, Anna-Bella. 2019. « Le réchauffement augmente les dangers du moustique tigre ». Réseau Action Climat. 8 mars 2019. <https://reseauactionclimat.org/rechauffement-moustique-tigre/>.
- Gobiet, Andreas, Christoph Schmid, Claudia Kettner, Daniela Kletzan-Slamanig, Erwin Schmid, Ina Meyer, Martin Schönhart, Olivia Koland, Thomas Loibnegger, et Thomas Trink. 2010. « Adequacy of Mitigation and Adaptation - Options for a Case Study Region in Austria - The Case for Agriculture and Forestry ».
- Haut Conseil pour le Climat. 2021. « Renforcer l'atténuation, engager l'adaptation ». Rapport annuel. Haut Conseil pour le Climat.
- Hermans, Thomas, et Nathanaël Lemaire. 2022. « Les châteaux de la Loire face à la sécheresse : sans eau, Chenonceau peut-il s'effondrer ? » *France 3 Centre-Val de Loire*, 21 août 2022. <https://france3-regions.francetvinfo.fr/centre-val-de-loire/indre-loire/les-chateaux-de-la-loire-face-a-la-secheresse-sans-eau-chenonceau-peut-il-s-effondrer-2599252.html>.
- Hickman, Caroline, Elizabeth Marks, Panu Pihkala, Susan Clayton, R Eric Lewandowski, Elouise E Mayall, Britt Wray, Catriona Mellor, et Lise van Susteren. 2021. « Climate Anxiety in Children and Young People and Their Beliefs about Government Responses to Climate Change: A Global Survey ». *The Lancet Planetary Health* 5 (12): e863-73. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00278-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00278-3).
- Inserm. 2017. Allergies. Un dérèglement du système immunitaire de plus en plus fréquents. <https://www.inserm.fr/dossier/allergies/>, consulté le 15/03/2023.
- Jonas, Hans. 2017. *Une éthique pour la nature*. Traduit par Sylvie Courtine-Denamy. *La Nouvelle République*. 2022. « L'Hexagone asséché et étouffé », 4 août 2022, sect. environnement.
- Ménard, Raphaël. 2022. « « L'albédo est une notion essentielle pour renforcer à peu de frais notre adaptation au réchauffement climatique » ». *Le Monde.fr*, 10 juillet 2022, Le Monde édition, sect. Tribune. https://www.lemonde.fr/idees/article/2022/07/10/l-albedo-est-une-notion-essentielle-pour-renforcer-a-peu-de-frais-notre-adaptation-au-rechauffement-climatique_6134162_3232.html.
- Mengus Ch et Oumraou P., 2010, Quand la Loire sort de son lit, réseau canopé. Disponible sur : <https://www.reseau-canope.fr/risquesetsavoirs/quand-la-loire-sort-de-son-lit.html>, consulté le 13/04/2022
- Moisselin, Jean-Marc, Michel Schneider, et Claire Canellas. 2002. « Les changements climatiques en France au XX^e siècle. Etude des longues séries homogénéisées de données de température et de précipitations. » *La Météorologie* 8 (38): 45. <https://doi.org/10.4267/2042/36233>.
- Mollier, Pascale. 2020. « Qu'est-ce que la sécheresse ? » INRAE Institutionnel. 15 juillet 2020. <https://www.inrae.fr/actualites/quest-ce-que-secheresse>.
- ONERC. 2018. « Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique ». Rapport au Premier ministre et au parlement. ONERC.
- ORACLE. 2019. « Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Centre Val-de-Loire ». https://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/oracle_version_intermediaire.pdf.
- ORB Centre Val de Loire. 2022. « État des lieux de la biodiversité en Centre-Val de Loire, 2022 ». Orléans. <https://www.calameo.com/read/0070744890f2913b904f4>.
- Pellerin, Sylvain, et Laure Barrière. 2020. « Stocker du carbone dans les sols français. Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? » INRAe. <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/4pM-Synth%C3%A8se-Novembre2020.pdf>.
- Quenault, Béatrice. 2015. « La vulnérabilité, un concept central de l'analyse des risques urbains en lien avec le changement climatique ». *Les Annales de la recherche urbaine* 110 (1): 138-51. <https://doi.org/10.3406/aru.2015.3175>.

- Quintin, Béatrice. 2022. « SNCF : mais pourquoi dès qu'il fait chaud tous les trains sont en retard? » *La Voix du Nord*, 13 juillet 2022. <https://www.lavoixdunord.fr/1205382/article/2022-07-13/chaleur-et-canicule-soyez-prevenus-la-sncf-risque-de-ralentir-les-trains>.
- Raybaud, Alice. 2022. « Les professionnels de santé dépassés par la vague de détresse psychologique qui touche les jeunes adultes ». *Le Monde.fr*, 14 juin 2022, sect. Santé mentale. https://www.lemonde.fr/campus/article/2022/06/14/face-a-toujours-plus-de-jeunes-adultes-en-detresse-psychologique-un-manque-criant-de-praticiens_6130189_4401467.html.
- RTE France. 2022. « Devra-t-on adapter le réseau de transport d'électricité au changement climatique ? » 2022. <https://www.rte-france.com/wiki-energie/devra-adapter-reseau-transport-electricite-changement-climatique>.
- San, Louis. 2022. « Allergies aux pollens : pourquoi le réchauffement climatique a un impact sur leur gravité et leur durée ». *France info*, 12 mai 2022. https://www.francetvinfo.fr/monde/environnement/crise-climatique/allergies-aux-pollens-pourquoi-le-rechauffement-climatique-a-un-impact-sur-leur-gravite-et-leur-duree_5129362.html.
- Santé Publique France. 2019. « Pollution atmosphérique : quels sont les risques ? » 2019. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/articles/pollution-atmospherique-quels-sont-les-risques>.
- Sédillot, Béatrice, Manuel Baude, Aurore Colin, Jérôme Duvernoy, et Alexis Foussard. 2021. « DATALAB. Chiffres clés du climat. France, Europe, Monde. » Paris: MTE, CGDD. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat/pdf/document.pdf>.
- STRESS. 2019. « Les ouvrages d'art et le changement climatique ». *Le bulletin du STRRES*, 2019.
- Syndicat mixte de l'Agglomération Tourangelle. 2023. « Journée Adaptation au Changement climatique et urbanisme favorable à la Santé ». <http://www.atu37.org/blog/download/2490/>.
- TMVL. 2022. « Conférence Consultative des acteurs économiques ». Mars 21.
- Tourbe, Caroline, réal. 2019. « L'invasion du moustique tigre est-elle le fruit du changement climatique ? » *France Inter*. <https://www.radiofrance.fr/franceinter/podcasts/la-chronique-detox-de-caroline-tourbe/l-invasion-du-moustique-tigre-est-elle-le-fruit-du-changement-climatique-5917636>.
- Tours, éd. 2013. *Tours: mémoires d'une ville [exposition, Tours, Hôtel de ville, 19 janvier-30 mars 2013]*. Saint-Avertin: A. Sutton.
- Union Internationale de Conservation de la Nature. 2018. « Les Solutions fondées sur la Nature pour lutter contre les changements climatiques et réduire les risques naturels en France ». Paris: UICN. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2018/06/brochure-sfn-mai2018-web-ok.pdf>.
- Vailles, Charlotte. 2021. « D'où viennent les cinq nouveaux scénarios du GIEC ? » I4CE. 14 septembre 2021. <https://www.i4ce.org/dou-viennent-les-cinq-nouveaux-scenarios-du-giec-climat/>.
- Ville au Carré. 2022. « Le Cycle « Et si les quartiers populaires entraient en transition ? » ». Villes au carré. 25 février 2022. <https://www.villesaucarre.org/le-cycle-et-si-les-quartiers-populaires-entrent-en-transition/>.
- Willis, Charles G., Brad R. Ruhfel, Richard B. Primack, Abraham J. Miller-Rushing, Jonathan B. Losos, et Charles C. Davis. 2010. « Favorable Climate Change Response Explains Non-Native Species' Success in Thoreau's Woods ». *PLOS ONE* 5 (1): e8878. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008878>.
- WWF. 2016. « Rapport Planète Vivante 2016. Risque et résilience dans l'Anthropocène ». https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2017-07/161027_rapport_planete_vivante.pdf.
- Young, Fabien. 2022. « GIEC : quel sera le coût du réchauffement climatique ? » *Polytechnique Insights*, 8 juin 2022. <https://www.polytechnique-insights.com/tribunes/geopolitique/giec-quel-sera-le-cout-du-rechauffement-climatique/>.

PLAN CLIMAT

AIR • ÉNERGIE

TOURS MÉTROPOLE VAL DE LOIRE

60 avenue Marcel Dassault
CS 30651 - 37206 Tours Cedex 3
www.tours-metropole.fr

Rédaction : Direction de la Transition Écologique
Conception et réalisation graphique : Le Cercle Digital

Date : Mars 2024