

Schéma Directeur Régional Avitaillement en Energie verte et Décarbonée pour Véhicules à Motorisation Alternative

Avril 2021



1 — Préambule

L’urgence climatique, pour laquelle la France vise la neutralité carbone des transports d’ici 2050, a fait émerger de nouvelles manières d’aborder la transition énergétique dans ce domaine. C’est la première fois qu’une réflexion à l’échelle de toute la Région Centre Val de Loire porte sur le devenir de toutes les motorisations alternatives sans les opposer mais en complémentarités. Le travail de concertation, réunissant des experts, des porteurs de projets d’infrastructures et des usagers a été particulièrement riches d’enseignement et, nous l’espérons, sera suivi par d’autres initiatives aussi inspirantes.

A de multiples reprises, les 4 autres leviers de la décarbonation des transports ont été évoqués, mais ce schéma directeur d’avitaillement se concentre sur les leviers de l’efficacité énergétique des véhicules et de l’intensité carbone de l’énergie.



Figure 2 : Les 5 leviers de décarbonation des transports

Table des matières

- 1 — Préambule 2
- TOME III – Perspectives de déploiement territorialisé 3
- 2 — Introduction 4
- 3 — Infrastructures de recharge électrique 4
 - 3.1 Hypothèses 4
 - 3.2 Résultats 6
- 4 — Stations Bio GNV 11
 - 4.1 Hypothèses 11
 - 4.2 Résultats 12
- 5 — Stations Hydrogène 17
 - 5.1 Hypothèses 17
 - 5.2 Résultats 18
- 6 — Analyse des zones protégées ou à risques 23

TOME III – Perspectives de déploiement territorialisé

2 — Introduction

Dans le cadre du Schéma Directeur d'avitaillement en énergie verte et décarbonée pour les véhicules à motorisation alternative en Centre-Val de Loire, une modélisation a été réalisée pour estimer le besoin en infrastructures de recharge électriques, BioGNV et Hydrogène, aux différents horizons envisagés, et de manière localisée sur le territoire de la Région.



3 — Infrastructures de recharge électrique

3.1 Hypothèses

→ Dimensionnement du besoin en infrastructure

Le modèle vise à estimer un besoin en bornes de recharges normales, rapides et très rapides aux horizons 2025, 2030 et 2040.

Les cibles identifiées sont les suivantes :

- Véhicules Légers, avec une distinction pour le fait de se situer dans une future ZFE (Tours, Orléans),
- Véhicules Légers hybrides rechargeables,
- Véhicules Utilitaires Légers, avec une distinction pour le fait de se situer dans une future ZFE (Tours, Orléans),
- Poids Lourds

Pour chacune de ces cibles, le parc de base utilisé est le parc 2021 des données d'entrées. Ensuite, les parcs électriques projetés aux différents horizons sont calculés, en retenant :

- Pour les véhicules déjà électriques en 2021, les effectifs 2021,
- Pour les véhicules gazole, essence ou hybrides en 2021, les effectifs 2021 multipliés par un taux de conversion

Les taux de conversion retenus, basés sur les parts de marchés observées, validées en Atelier de concertation du schéma directeur mais aussi sur le scénario Avec Mesures Existantes (AME) de la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) sont les suivants :

	Taux de conversion à l'électrique		
	2025	2030	2040
VL	2%	7%	15%
VL en ZFE	4%	30%	30%
VL Hybrides Rechargeables	4%	9%	20%
VUL	2,5%	9,3%	19%
VUL en ZFE	4%	21%	21%
PL	0,1%	0,4%	4%

Figure 1 : Taux de conversion à l'électrique

A ces effectifs s'ajoutent encore, pour les PL, le parc issu des projections de conversion des flottes respectives des AOM, AOT et services de collecte des déchets aux différents horizons.

Ces effectifs sont ensuite convertis en besoin en nombre de charges par type de point de charge ouvert au public. Pour cela, deux aspects sont pris en compte :

- La répartition de chaque type de véhicule vers chaque type de borne, qui évolue avec le temps :

VL	Normal	Rapide	Très Rapide
2025	80%	15%	5%
2030	60%	33%	7%
2040	50%	40%	10%

VUL	Normal	Rapide
2025	80%	20%
2030	50%	50%
2040	20%	80%

PL	Rapide	Très Rapide
2025	41%	59%
2030	41%	59%
2040	41%	59%

Figure 2 : Répartition des classes de véhicules entre les types de points de charge électriques

- La part des recharges effectuées sur des IRVE ouvertes au public, sachant que la plupart des possesseurs de véhicules électriques (particuliers ou professionnels) pourront recharger leurs véhicules à leur domicile ou au travail :

	VL	VUL	PL
2025	10%	10%	5%
2030	12%	12%	10%
2040	15%	15%	12%

Figure 3 : Taux de recharge électrique sur le réseau public

Enfin, ce besoin en nombre de charges est converti en besoin en nombre de points de charge électriques en le divisant par une fréquence journalière estimée d'utilisation de chaque borne :

- 1,5 charges par jour pour les points de charge normaux,

- 3 charges par jour pour les points de charge rapides,
- 5 charges par jour pour les points de charge très rapides

Par ailleurs, indépendamment de ce calcul, un certain nombre de points de charge très rapides sur réseau autoroutier a été ajouté manuellement au résultat de modélisation dans les communes concernées.

→ Estimation du besoin énergétique

La mise en place de ces infrastructures nécessite un apport complémentaire d'électricité sur le réseau. Notre objectif est d'identifier la part d'énergie renouvelable locale nécessaire pour subvenir aux besoins de cette mobilité.

La première étape consiste en une conversion des véhicules en besoin en électricité pour les bornes sur le domaine public, en plus de la part de recharge effectuée sur des IRVE ouvertes au public indiquées précédemment, les hypothèses suivantes ont été considérées :

	Conso kWh / 100km	km journalier	fréquence circulation	kWh/j lissé sur l'année 2025	kWh/j lissé sur l'année 2030	kWh/j lissé sur l'année 2040
VE	17	100	5 jours par semaine, 50 semaines par an	116	140	175
VUL	22	150	5 jours par semaine, 50 semaines par an	226	271	339
PL	150	150	5 jours par semaine, toute l'année	801	1603	1923
VHR	17	25	5 jours par semaine, 50 semaines par an	35	44	58

Les BOM et les Bus sont des flottes captives réalisant 100% de leur recharge sur le domaine privé.

→ **Projections de la disponibilité en électricité renouvelable**

La disponibilité en énergie renouvelable est estimée à partir des projections du SRADDET, du Syndicat des Energies renouvelables et du S3REnR. Différents documents de planification indiquent que la bioénergie et l’hydroélectricité ne verront pas d’augmentation de leur capacité dans les prochaines décennies. Des ambitions très fortes sur le développement des parcs solaires sont exprimées au SRADDET, et le SER prévoit un large développement de l’éolien sur la région d’ici 2030.

Le schéma directeur d’avitaillement est une initiative à l’échelle de la Région. Aussi, un véhicule basé dans un département aura l’occasion de se recharger dans un autre département au cours de ses déplacements, notamment en raison de l’autonomie des véhicules électriques. Il a donc été considéré que le gisement électrique à l’échelle régional était le plus approprié pour cette étude.

En mutualisant ces différentes sources d’informations, il a été réalisé la projection de développement de l’électricité renouvelable suivante à l’échelle régionale :

2025	2030	2040
4707 GWh	5300 GWh	9900 GWh

3.2 Résultats

En considérant ces hypothèses, les projections du nombre de véhicules par type sont les suivantes :

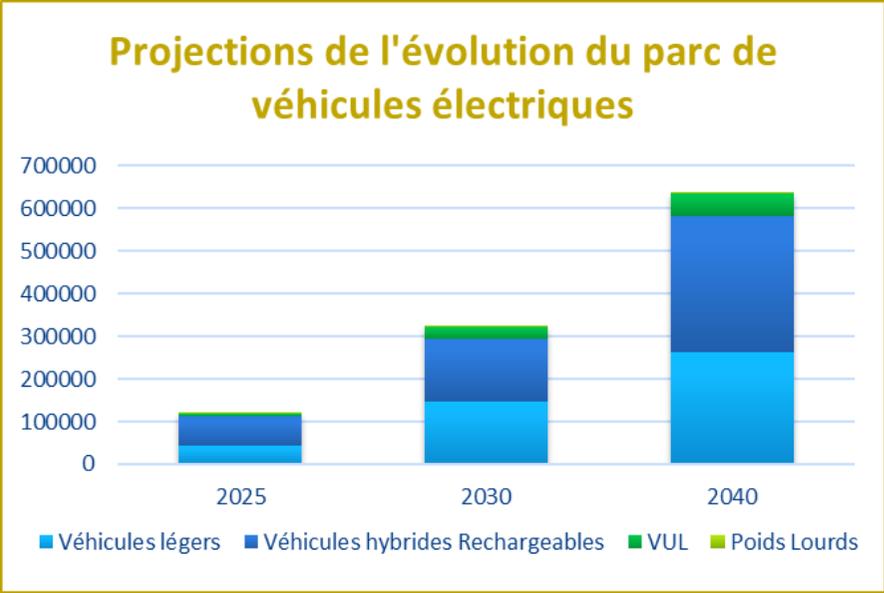
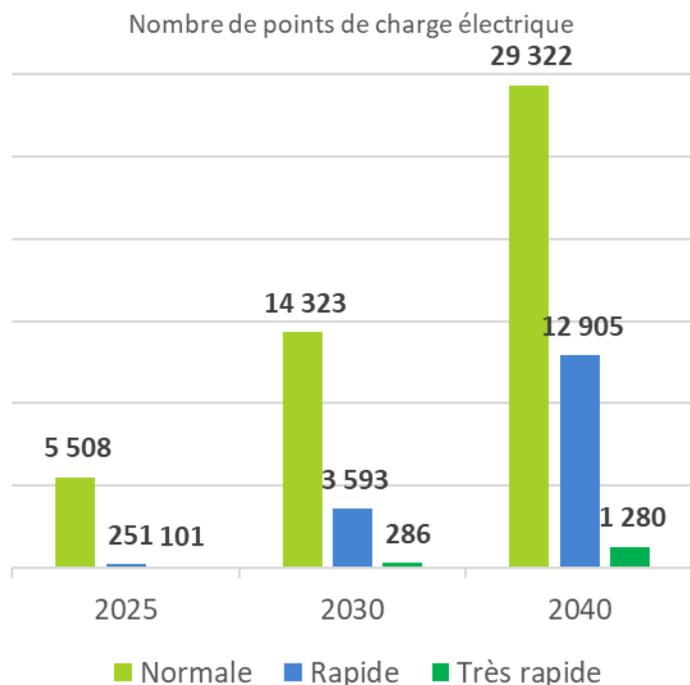


Figure 4 - Projections du nombre de véhicules électriques

Les projections du nombre de point de charge aux horizons d'étude sont les suivants :



Les besoins en électricité pour alimenter ces véhicules sur les bornes de recharge publiques sont bien inférieurs aux perspectives de développement des énergies renouvelables à l'échelle régionale.

2025		2030		2040	
Besoins elec	Energie dispo	Besoins elec	Energie dispo	Besoins elec	Energie dispo
9,5 GWh	4 707 GWh	35 GWh	5300 GWh	85 GWh	9900 GWh

Soit en % de la production totale régionale

0,20%	0,66%	0,85%
-------	-------	-------

Les cartes suivantes montrent la répartition sur le territoire de ces projections aux 3 horizons d'études.

Schéma Directeur Régional d'Avitaillement en Energie Verte et Décarbonée pour les Véhicules à Motorisations Alternatives
TOME III – Prospectives de déploiement territorialisé

A horizon 2025, le besoin en point de charge sera d'environ 5 860 points de charge électrique représentant 20 véhicules par point de charge.

Des territoires comme le Loiret présentent une forte évolution de leur maillage.

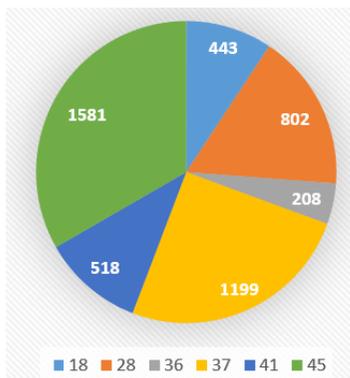


Figure 5 - Répartition des points de charge à déployer par département

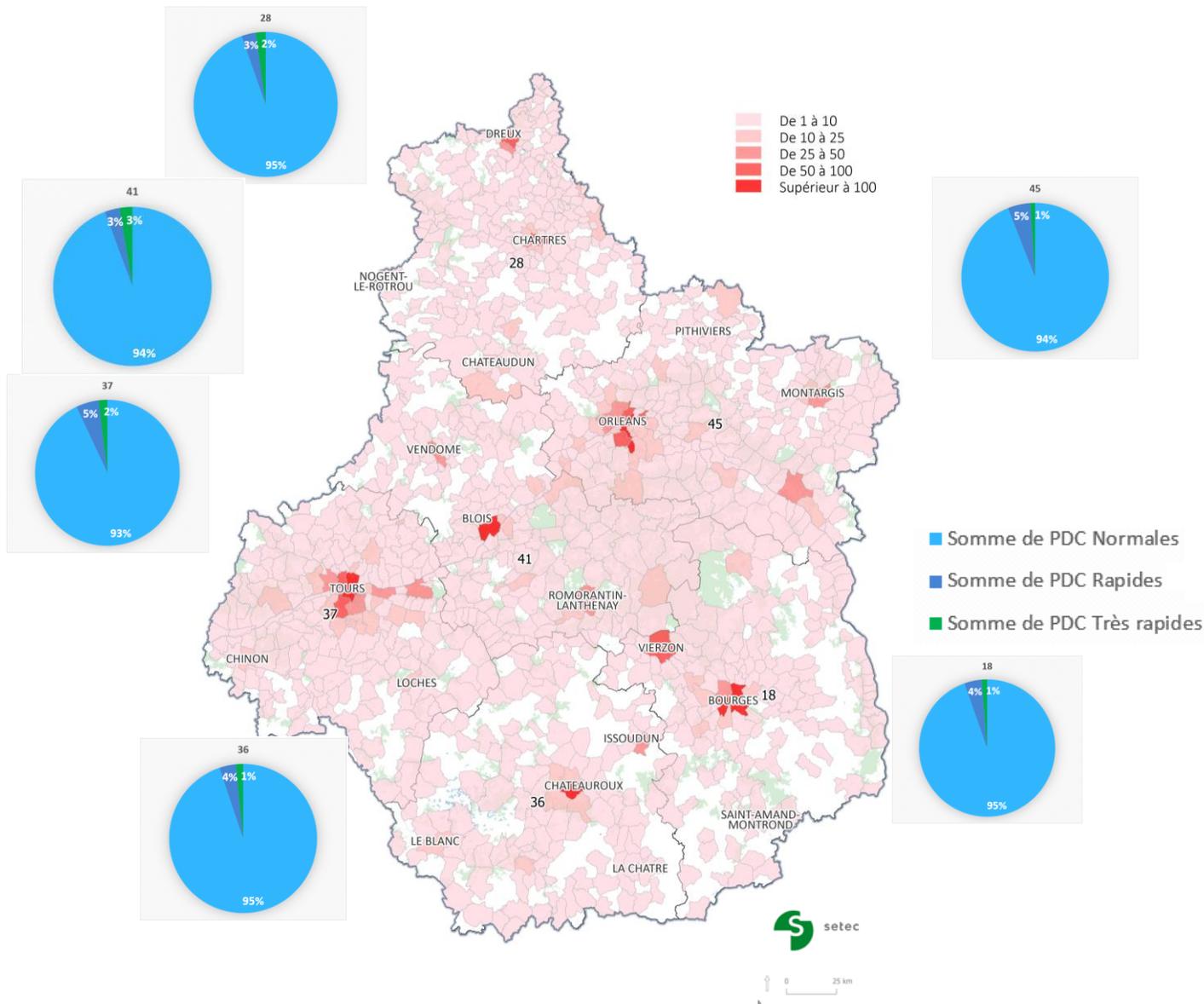


Schéma Directeur Régional d'Avitaillement en Energie Verte et Décarbonée pour les Véhicules à Motorisations Alternatives
TOME III – Prospectives de déploiement territorialisé

A horizon 2030, la répartition des 18 202 points de charge, permettant d'atteindre un ratio de 17 véhicules par points de charge est la suivante :

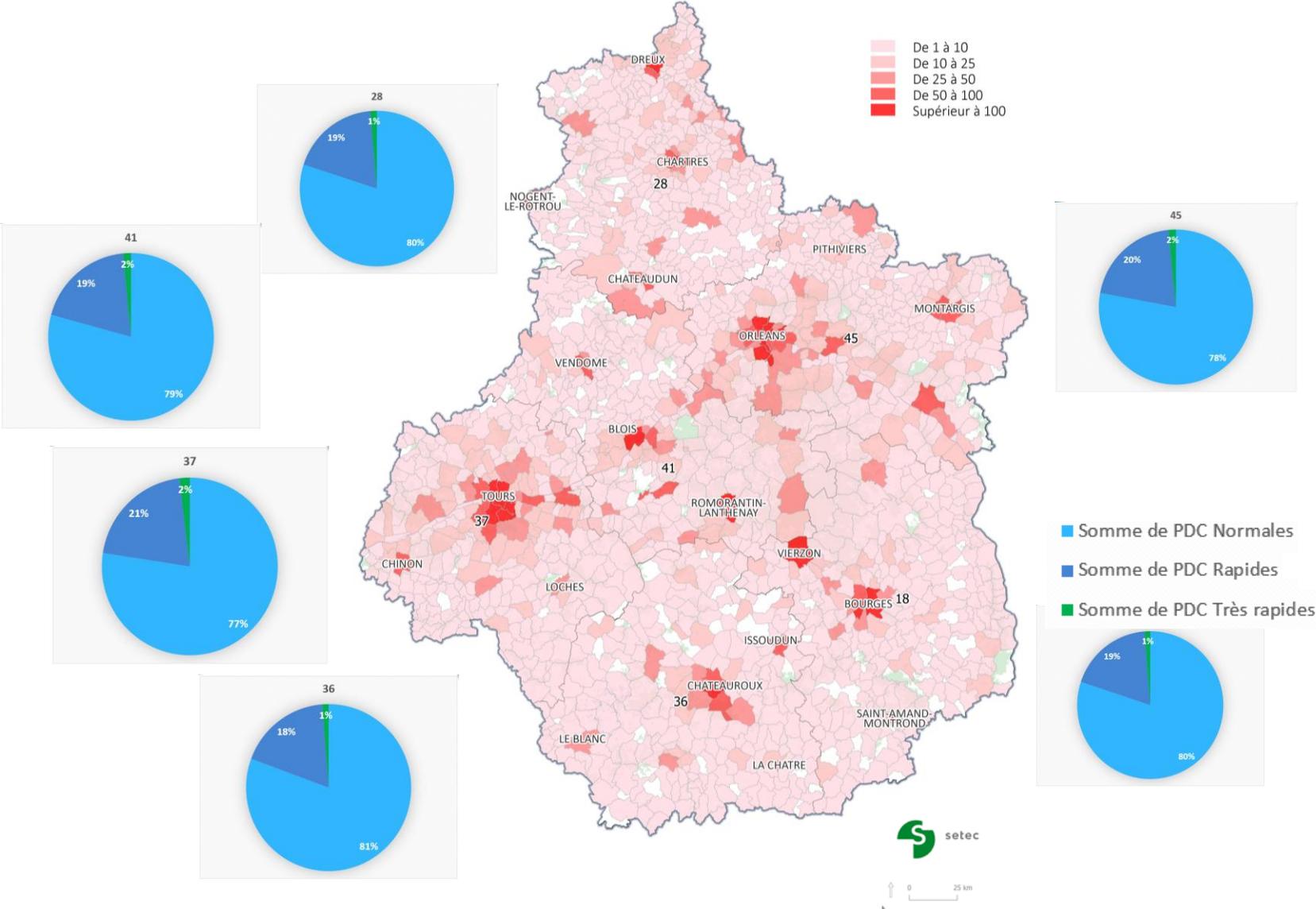
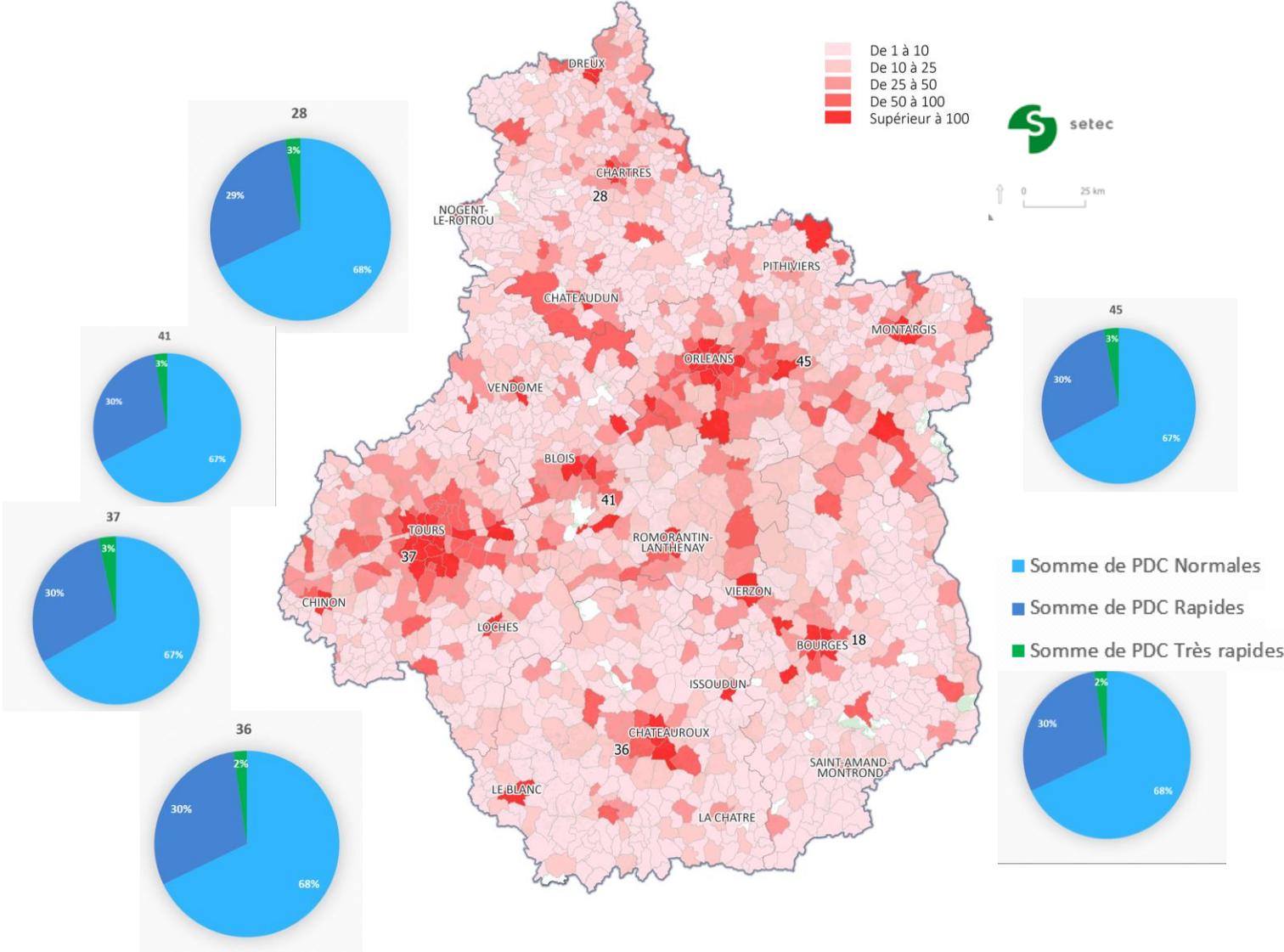


Schéma Directeur Régional d'Avitaillement en Energie Verte et Décarbonée pour les Véhicules à Motorisations Alternatives
TOME III – Perspectives de déploiement territorialisé

A horizon 2040, la répartition des 43 507 points de charge, permettant d'atteindre un ratio de 14 véhicules par points de charge est la suivante :



4 — Stations Bio GNV

4.1 Hypothèses

→ Dimensionnement du besoin en infrastructure

La méthodologie pour les pistes GNV suit celle des points de charge électriques, avec quelques adaptations. Les horizons considérés sont 2025, 2030 et 2040.

Les cibles identifiées sont :

- Les Véhicules Légers,
- Les Véhicules Utilitaires Légers,
- Les Poids Lourds,
- Les Bennes à Ordures Ménagères (BOM)
- Les bus, cars et assimilés

Les parcs VL, VUL et PL aux différents horizons ont été calculés de la même façon que pour l’électrique, mais avec les taux de conversion suivants, basés sur le scénario Avec Mesures Existantes (AME) de la Programmation Pluriannuelle de l’Energie (PPE) et sur les discussions avec l’atelier de concertation du schéma directeur :

	Taux de conversion au GNV		
	2025	2030	2040
VL	1%	2%	2%
VUL	5%	10%	10%
PL	2%	3,5%	14%

Figure 6 : Taux de conversion au GNV

Pour les BOM et les véhicules de transport en commun, les parcs GNV aux différents horizons sont directement obtenus par les hypothèses de conversion vers le GNV des flottes des AOM et AOT consultées.

Ces parcs sont ensuite convertis en une unité appelée PL équivalent ou PLeq, visant à pondérer chaque classe de véhicule en fonction de sa consommation de GNV pour obtenir un potentiel de demande unique. Les taux de conversion sont les suivants :

- Un VL vaut 0,1 PLeq
- Un VUL vaut 0,66 PLeq
- Un PL vaut 1,36 PLeq
- Une BOM vaut 1 PLeq
- Un autobus, autocar et assimilés valent 1 PLeq

La valeur de 1,36 pour les PL vers PLeq s’explique par le fait que les PL domiciliés dans la Région Centre-Val de Loire ont un PTAC moyen supérieur à la valeur de 19t qui est utilisée avec le concept de PLeq.

Enfin, ce besoin en nombre de charges est converti en besoin en nombre de pistes GNV en le divisant par une fréquence journalière estimée de 25 PLeq, commune par commune.

Lorsque ce calcul ne conduit pas, pour une commune, à un besoin d’au moins une piste GNV, mais que la commune accueille des sociétés de transport évoquée au point **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** pour un total d’au moins 25 licences, alors une piste GNV est ajoutée au besoin pour cette commune.

→ Estimation du besoin énergétique

L’accroissement du nombre de véhicules GNV fait croître le besoin en méthane. Notre objectif est d’identifier la part d’énergie renouvelable locale nécessaire pour subvenir aux besoins de cette mobilité.

La première étape consiste en une conversion des véhicules en besoin en méthane, les hypothèses suivantes ont été considérées :

	Conso kg/100km	km journalier	fréquence circulation	kg/j lissé sur l'année
VL	3	100	5 jours par semaine, 50 semaines par an	205
VUL	5	150	5 jours par semaine, 50 semaines par an	514
PL	32	150	5 jours par semaine, toute l'année	3419
BOM	63	100	4 jours par semaine, 52 semaines par an	3590
Bus	40	150	6 jours par semaine, toute l'année	5129

→ Projection de la disponibilité en gaz renouvelable

La disponibilité en gaz renouvelable est estimée à partir de l'étude nationale de Solagro pour l'ADEME, GRDF et sur les perspectives de développement de la méthanisation à horizon 2050. L'hypothèse d'un développement linéaire entre l'état actuel et 2050 a été prise. Il en résulte les perspectives de développement de la production de biométhane suivantes, aux différentes échéances considérées dans le schéma directeur d'avitaillement

2025	2030	2040
278 137 395 kg	417 206 093 kg	637 418 784 kg

4.2 Résultats

En considérant ces hypothèses, les projections du nombre de véhicules par type sont les suivantes :

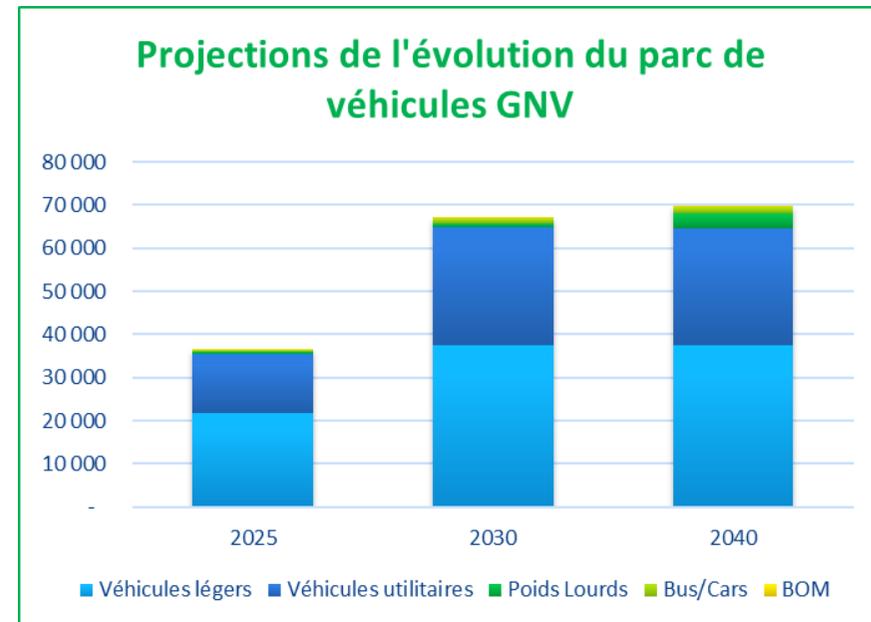


Figure 7 - Projections du nombre de véhicules GNV

Les projections du besoin en nouvelles pistes d'avitaillement en GNV aux horizons d'étude sont les suivants :

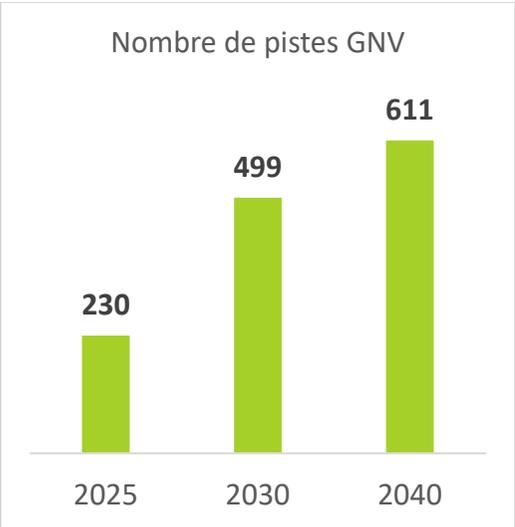


Figure 8 - Projections du nombre de pistes GNV

Les besoins en biogaz pour alimenter ces véhicules sur les installations d’avitaillement en GNV (GNCC) sont bien inférieures aux prospectives de développement du biogaz à l’échelle régionale.

2025		2030		2040	
Besoins GNV (T)	Energie dispo (T)	Besoins GNV (T)	Energie dispo (T)	Besoins GNV (T)	Energie dispo (T)
14 141	278 137	30 704	417 206	40 088	637 419
Soit en % de la production totale régionale					
	5%		7%		6%

Les cartes suivantes montrent la répartition sur le territoire de ces projections aux 3 horizons d’études.

Schéma Directeur Régional d'Avitaillement en Energie Verte et Décarbonée pour les Véhicules à Motorisations Alternatives
TOME III – Prospectives de déploiement territorialisé

A horizon 2025, le besoin sera de 236 pistes avec une forte demande au niveau des villes de Tours, Bourges et Orléans

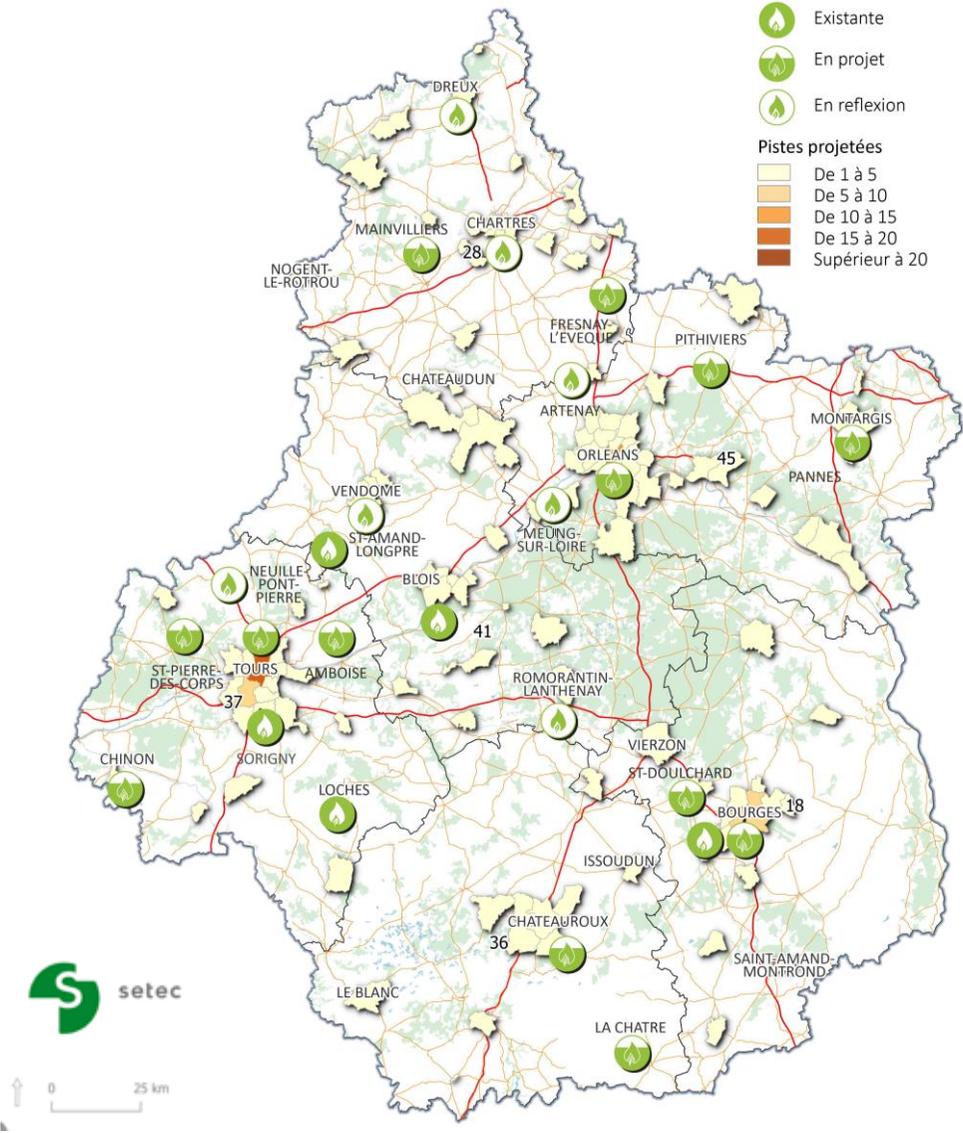


Schéma Directeur Régional d'Avitaillement en Energie Verte et Décarbonée pour les Véhicules à Motorisations Alternatives
TOME III – Prospectives de déploiement territorialisé

A horizon 2030, la répartition des 506 pistes d'avitaillement GNV, permettant d'atteindre un ratio de 47 véhicules équivalents poids lourds par piste est la suivante :

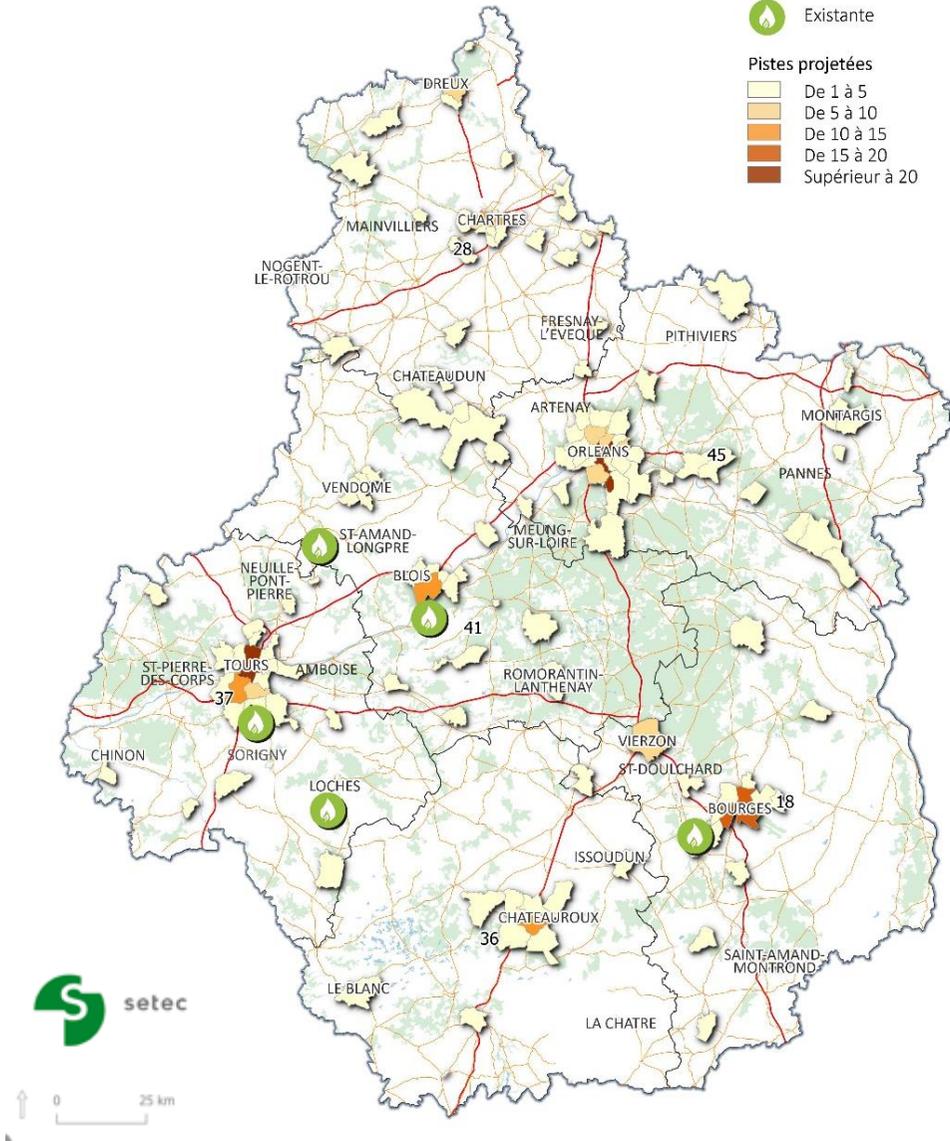
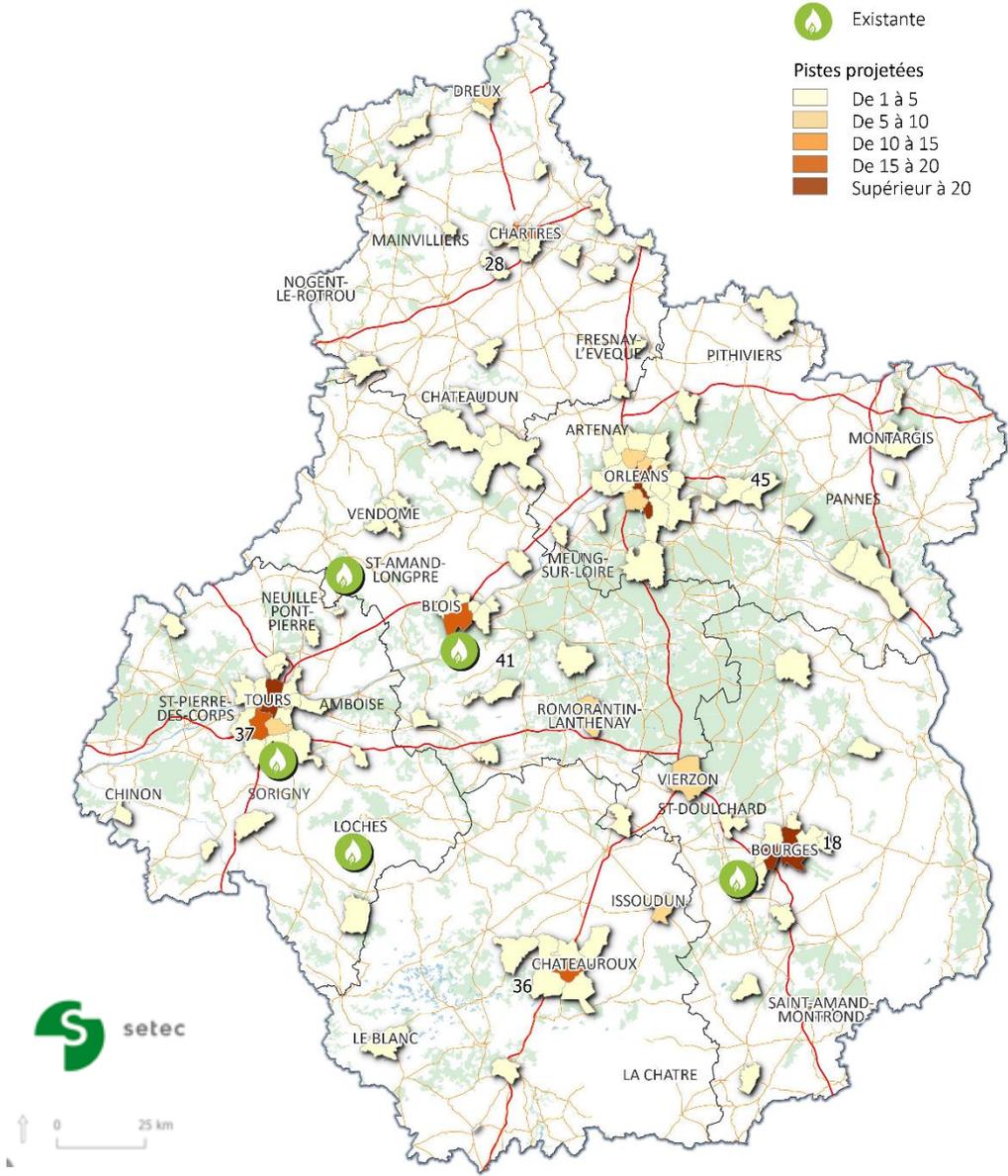


Schéma Directeur Régional d'Avitaillement en Energie Verte et Décarbonée pour les Véhicules à Motorisations Alternatives
TOME III – Prospectives de déploiement territorialisé

A horizon 2040, la répartition des 618 pistes GNV, permettant d'atteindre un ratio de 44 véhicules équivalents poids lourds par piste est la suivante :



5 — Stations Hydrogène

5.1 Hypothèses

→ Dimensionnement du besoin en infrastructure

La méthodologie pour le calcul du besoin en pistes d'avitaillement en hydrogène combine les méthodologies des deux autres énergies, reprenant l'approche par poids lourds équivalents des pistes GNV et la différenciation entre deux types de pistes (ici 350 bars et 700 bars) des infrastructures de charge électrique.

L'hydrogène est à un stade d'usage pour la mobilité moins avancé que l'électrique ou le GNV, les horizons d'étude ont été adaptés à 2030, 2040 et 2050.

Les cibles identifiées sont :

- Les Véhicules Légers,
- Les Véhicules Utilitaires Légers,
- Les Poids Lourds,
- Les bus, cars et assimilés et es Bennes à Ordures Ménagères (BOM)

Les parcs VL, VUL et PL aux différents horizons ont été calculés de la même façon que pour l'électrique, mais avec les taux de conversion suivants, basés sur le scénario Avec Mesures Existantes (AME) de la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) et sur les discussions avec l'atelier de concertation du schéma directeur :

	Taux de conversion H2		
	2030	2040	2050
VL	1%	1,5%	2%
VUL	9,3%	10%	10%
PL	1%	1%	2%

Figure 9 : Taux de conversion H2

Pour les BOM et les véhicules de transport en commun, les parcs H2 aux différents horizons sont directement obtenus par les hypothèses de conversion vers le H2 des flottes des AOM et AOT consultées.

Ces parcs sont ensuite répartis entre les différents types de pistes, en suivant les hypothèses suivantes :

- Pour les VL et les VUL, utilisation exclusive de pistes 700 bars
- Pour les PL, BOM et véhicules de transport en commun, évolution temporelle de la répartition :

PL	350 bars	700 bars
2030	90%	10%
2040	80%	20%
2050	60%	40%

Figure 10 : Répartition de l'utilisation des différents types de pistes H2 par les PL et assimilés

Ces parcs sont ensuite convertis en une unité appelée PL équivalent ou PLeq, visant à pondérer chaque classe de véhicule en fonction de sa consommation de H2 pour obtenir un potentiel de demande unique. Les taux de conversions sont les suivants :

- Un VL vaut 0,1 PLeq
- Un VUL vaut 0,66 PLeq
- Un PL vaut 1,36 PLeq

- Une BOM vaut 1 PLeq
- Un autobus, autocar et assimilés valent 1PLeq

La valeur de 1,36 pour les PL vers PLeq s'explique par le fait que les PL domiciliés dans la Région Centre-Val de Loire ont un PTAC moyen supérieur à la valeur de 19t qui est utilisée avec le concept de PLeq.

Enfin, ce besoin en nombre de charges est converti en besoin en nombre de pistes Hydrogène en le divisant par une fréquence journalière estimée de 30 PLeq/piste pour les pistes 700 bars et 10 PLeq/piste pour les pistes 350 bars, commune par commune.

→ **Estimation du besoin énergétique**

L'accroissement du nombre de véhicules hydrogène fait croître le besoin en énergie permettant la création de cet hydrogène. Notre objectif est d'identifier la part d'énergie renouvelable locale nécessaire pour subvenir aux besoins de cette mobilité.

La première étape consiste en une conversion des véhicules en besoin en hydrogène, les hypothèses suivantes ont été considérées :

	Conso kg/100km	km journalier	fréquence circulation	kg/j lissé sur l'année
VL	1	100	5 jours par semaine, 50 semaines par an	68
VUL	1	150	5 jours par semaine, 50 semaines par an	103
PL	10	150	5 jours par semaine, toute l'année	1068
BOM	12	100	4 jours par semaine, 52 semaines par an	684
Bus	10	150	6 jours par semaine, toute l'année	1282

→ **Prospective de capacité de production d'hydrogène renouvelable**

Il a été considéré la production d'hydrogène renouvelable uniquement par le biais de l'électrolyse, sur la base de 55kWh d'électricité nécessaires pour la production de 1kg d'H2.

Les consommations d'H2 estimées ont ensuite été converties en kWh pour permettre la comparaison avec les capacités de production d'électricité renouvelable et donc déterminer le poids qui représenterait la production d'hydrogène renouvelable sur la production d'électricité renouvelable.

5.2 Résultats

En considérant ces hypothèses, les projections du nombre de véhicules par type sont les suivantes :

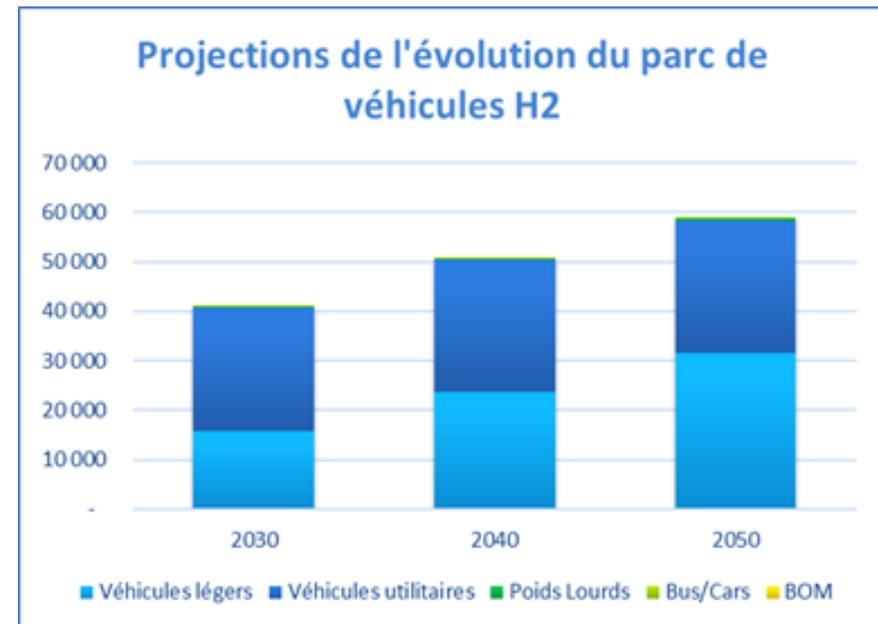
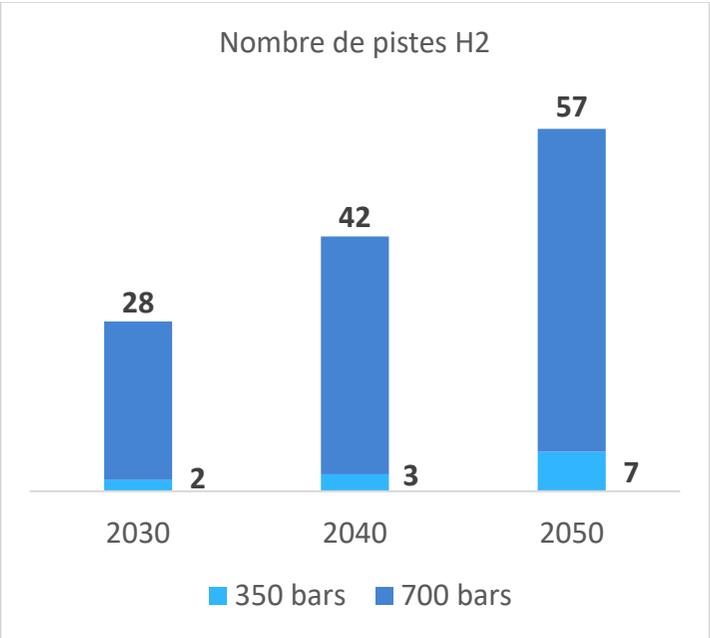


Figure 11 - Projections du nombre de véhicules Hydrogène

Les projections du besoin en nouvelles pistes d'avitaillement en Hydrogène aux horizons d'étude sont les suivants :



Les cartes suivantes montrent la répartition sur le territoire de ces projections aux 3 horizons d'études.

Figure 12 - Projections du nombre de pistes Hydrogène

Les besoins en hydrogène en été convertis en besoin en électricité et comparés à production d'électricité renouvelable aux différents horizons.

2030		2040		2050	
Besoins elec	Energie dispo	Besoins elec	Energie dispo	Besoins elec	Energie dispo
215 GWh	5 300 GWh	257 GWh	9 900 GWh	300 GWh	11 303 GWh
Soit en % de la production d'électricité renouvelable régionale					
	4,0 5%		2,59%		2,65%

Schéma Directeur Régional d'Avitaillement en Energie Verte et Décarbonée pour les Véhicules à Motorisations Alternatives
TOME III – Perspectives de déploiement territorialisé

A horizon 2030, le besoin sera de 30 pistes dont 2 pistes nouvelles en 350 bars et 26 nouvelles en 700 bars. Les réflexions référencées permettent de répondre à une partie du besoin mais les secteurs de Chartres-Dreux, Vierzon-Romorantin ou Blois ne semblent pas couverts.

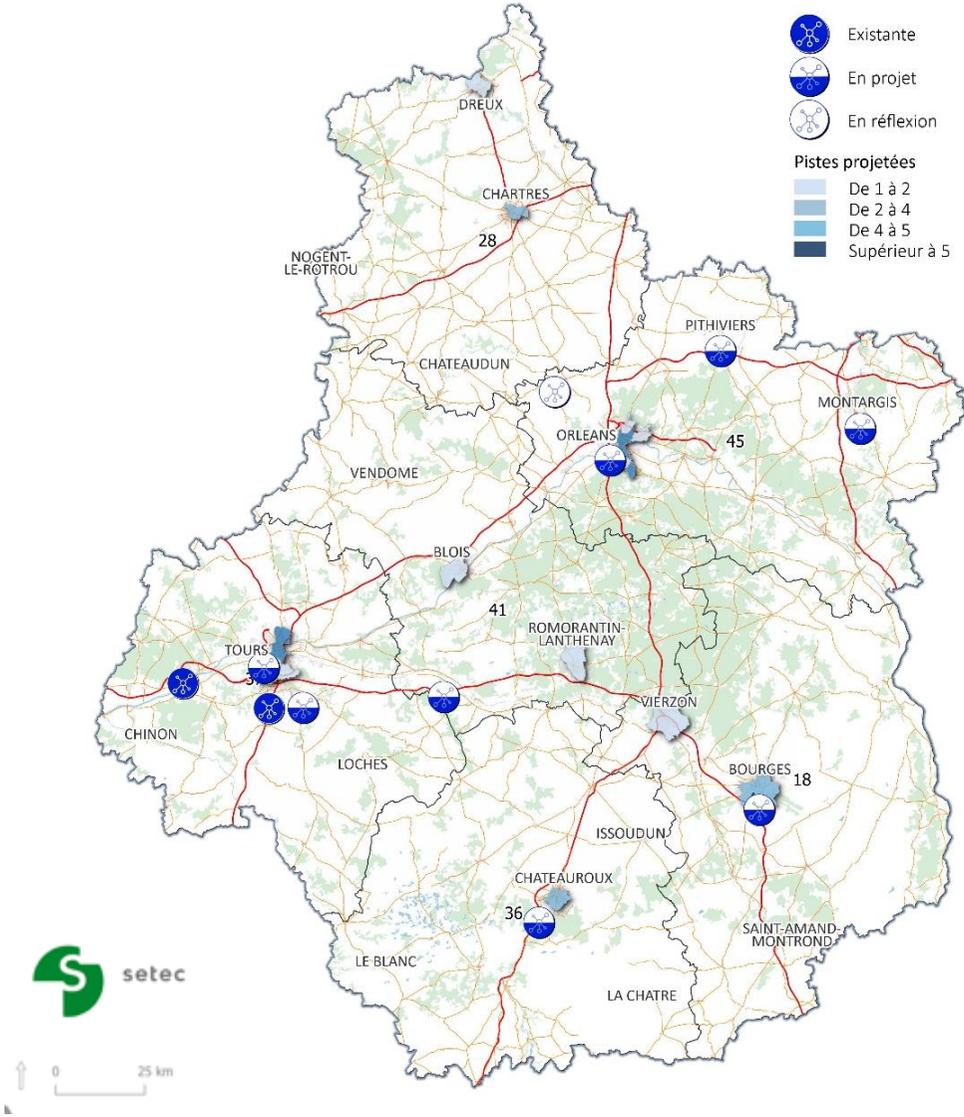


Schéma Directeur Régional d'Avitaillement en Energie Verte et Décarbonée pour les Véhicules à Motorisations Alternatives
TOME III – Perspectives de déploiement territorialisé

A horizon 2040, la répartition des 45 pistes d'avitaillement Hydrogène, permettant d'atteindre un ratio de 147 véhicules équivalents poids lourds par piste est la suivante :

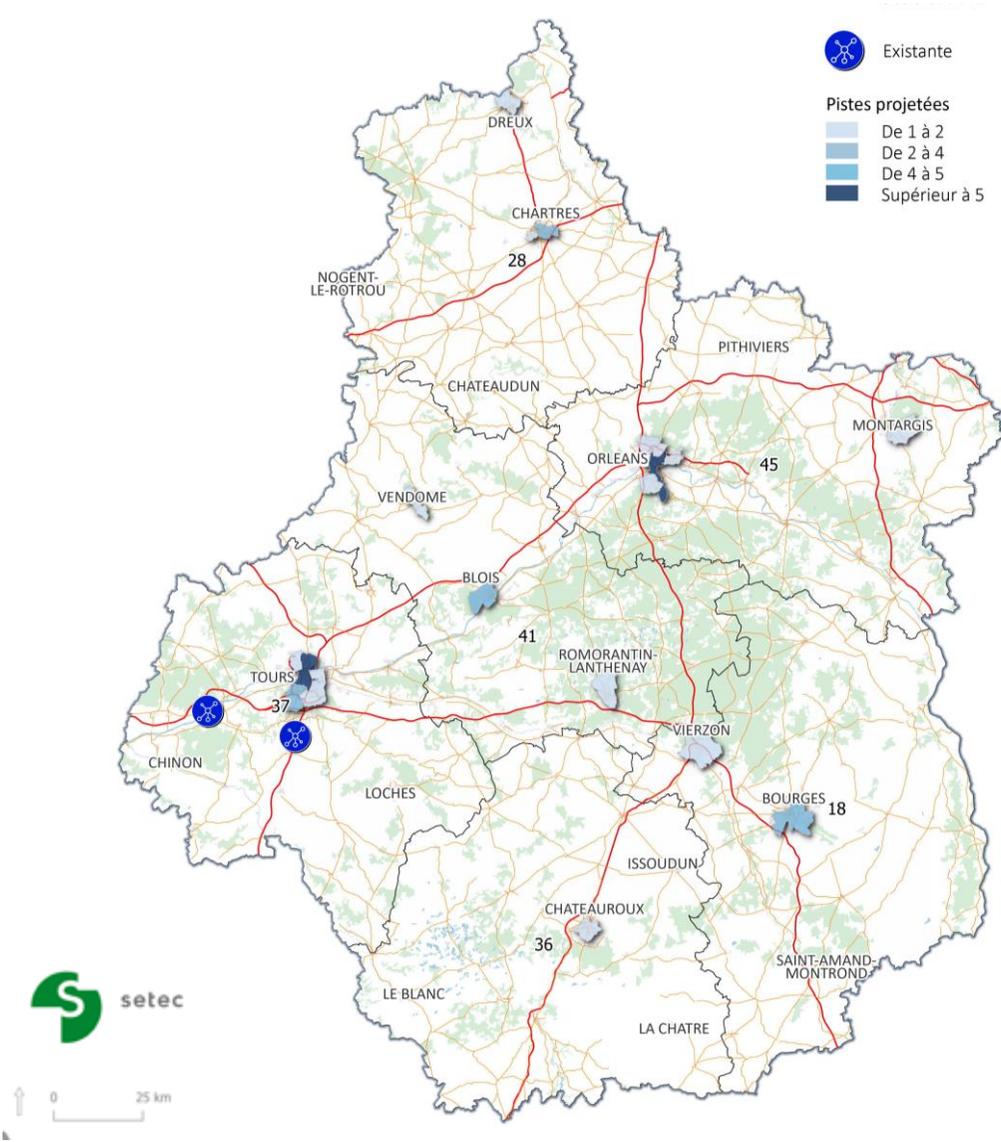
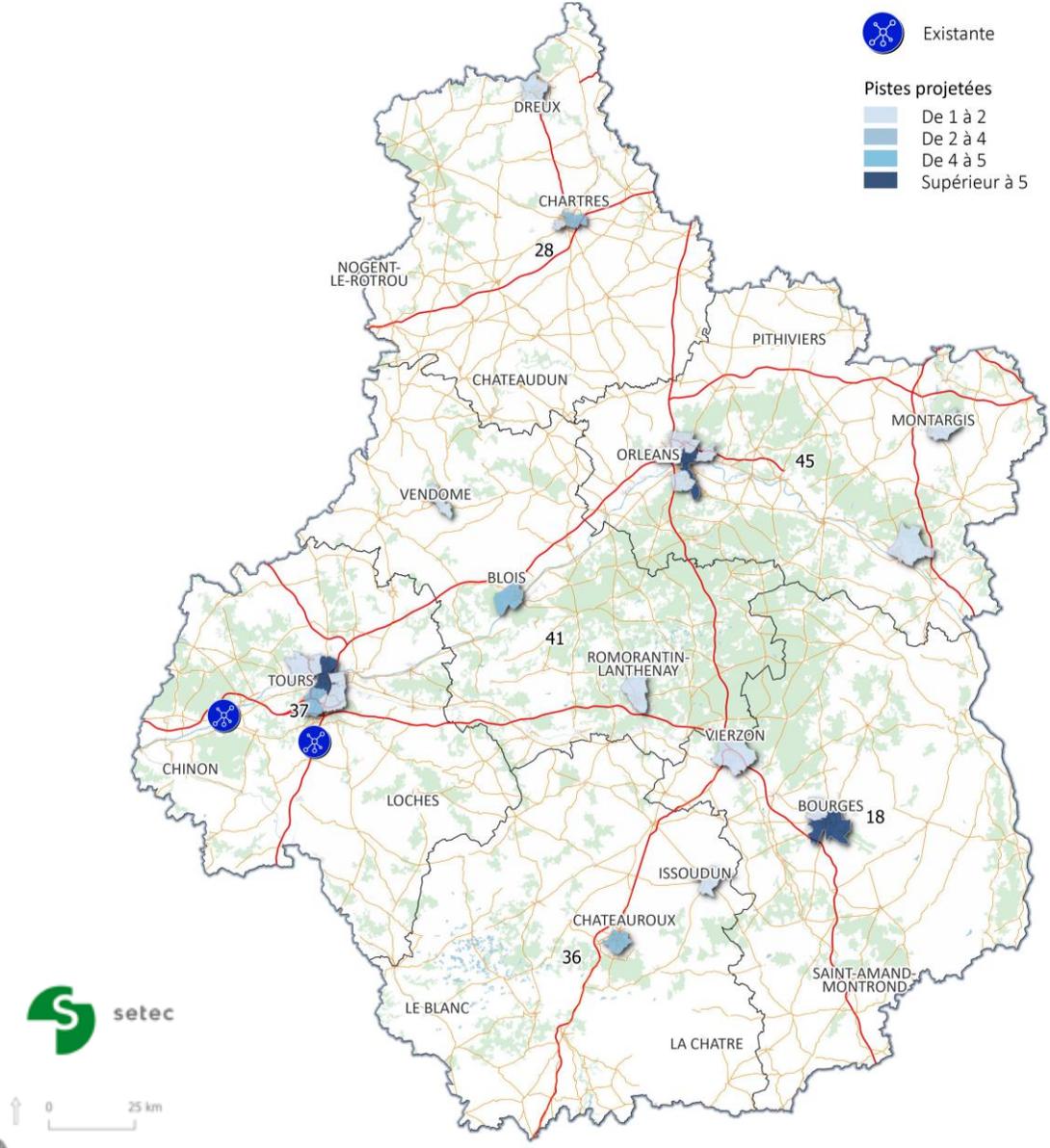


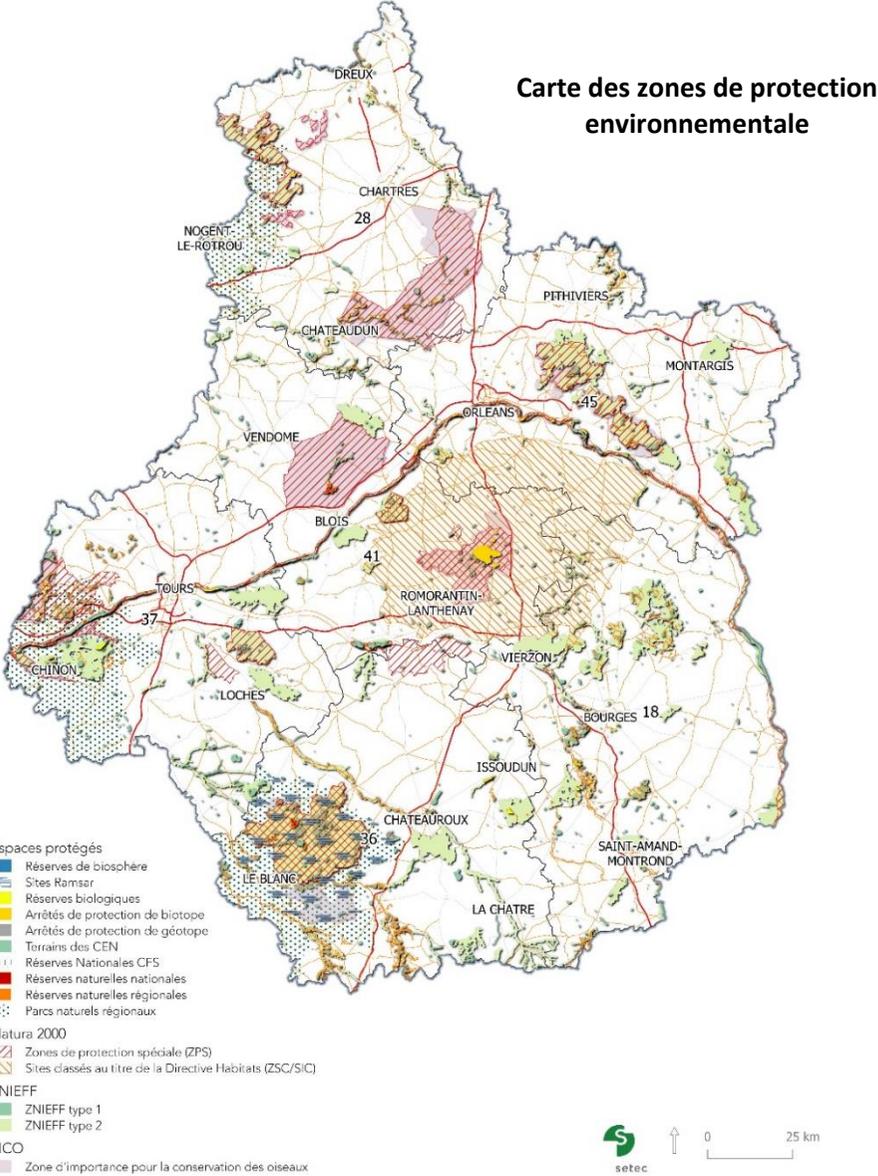
Schéma Directeur Régional d'Avitaillement en Energie Verte et Décarbonée pour les Véhicules à Motorisations Alternatives
TOME III – Perspectives de déploiement territorialisé

A horizon 2050, la répartition des 64 pistes Hydrogène, permettant d'atteindre un ratio de 124 véhicules équivalents poids lourds par piste est la suivante :

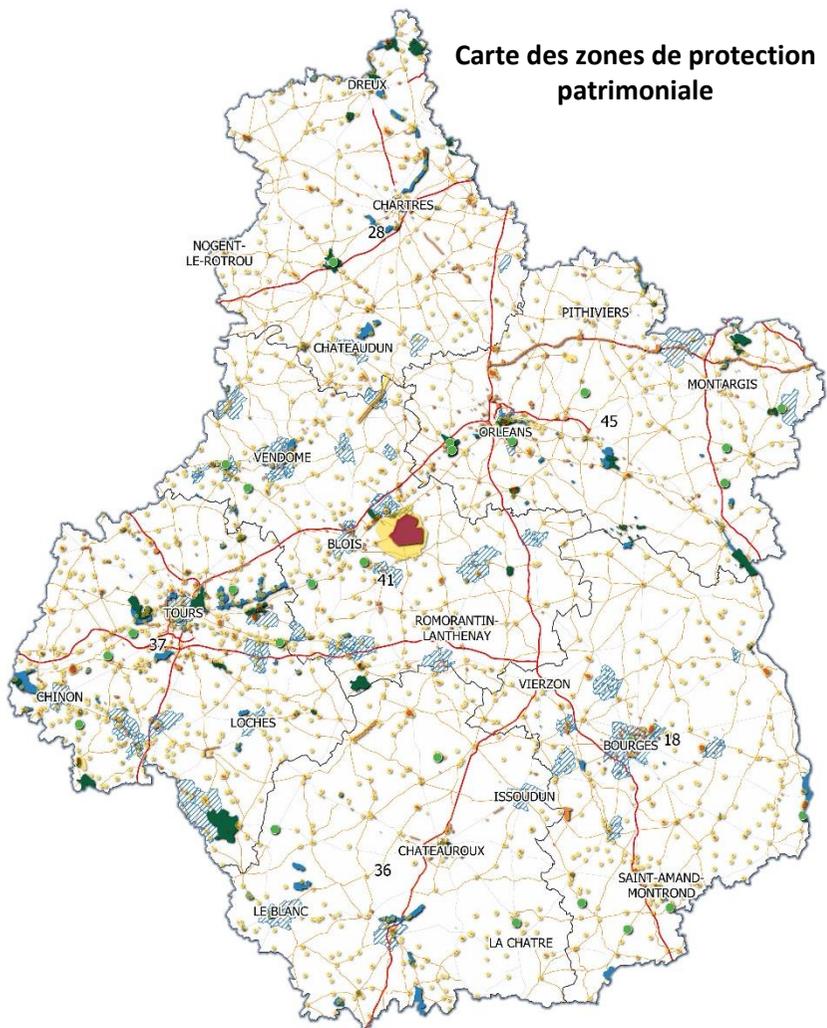


6 — Analyse des zones protégées ou à risques

La Région Centre Val de Loire abrite 3 parcs naturels et est recouverte à 23% par des forêts et boisement, plus de 5% des zones humides française, concentre un patrimoine architectural historique important. Pour permettre une réalisation de projet avec un minimum de contre-indications, les zones protégées ou à risque sont identifiées ci-dessous.



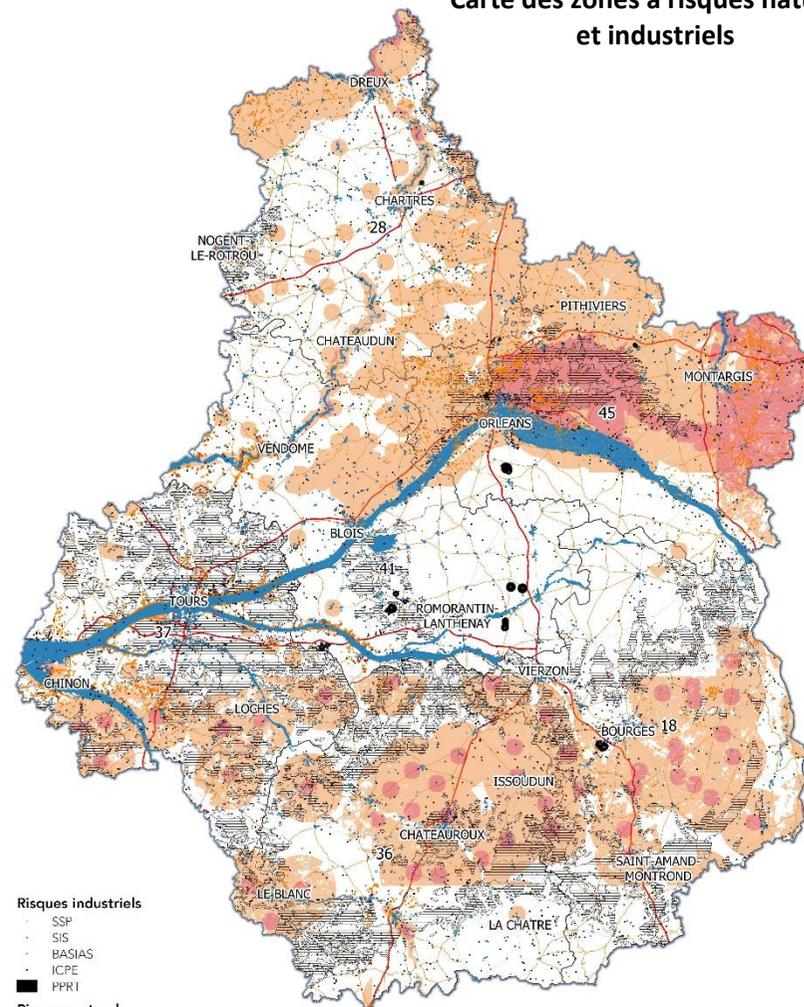
Carte des zones de protection patrimoniale



- Jardins remarquables
- Immeubles classés ou inscrits
- Protection au titre des abords de monuments historiques AC1
- Sites patrimoniaux remarquables AC4
- Sites classés ou inscrits
- Carte archéologique nationale - Opérations de fouilles
- ▨ Zones de présomption de prescriptions archéologiques



Carte des zones à risques naturels et industriels



- Risques industriels**
 - SSP
 - SIS
 - BASIAS
 - ICPE
 - PPR I
- Risques naturels**
 - Cavité souterraine
 - Glissement de terrain
 - PPRN
- Retrait - gonflement des argiles
 - ▨ Risque fort
- Inondations par remontée de nappes
 - Risque fort
 - Risque moyen



