

Antenne EST

1 Rue Claude Chappe

CS 25198

57075 METZ CEDEX 3

Tél : +33 (0)3 87 17 36 60

Fax : +33 (0)3 87 17 36 89

**Etude des aléas miniers sur les concessions
de fer de Mazenay et de Change,
Côte-d'Or (21) et Saône-et-Loire (71)
Communes de Change, Créot,
Dezize-lès-Maranges, Dracy-lès-Couches,
Epertully, Saint-Gervais-sur-Couches,
Saint-Maurice-lès-Couches,
Saint-Sernin-du-Plain (71) et Nolay (21)**

RAPPORT E2017/084DE – 17BOU22030

Date : 30/08/2017

**Etude des aléas miniers sur les concessions
de fer de Mazenay et de Change,
Côte-d'Or (21) et Saône-et-Loire (71)
Communes de Change, Créot,
Dezize-lès-Maranges, Dracy-lès-Couches,
Epertully, Saint-Gervais-sur-Couches,
Saint-Maurice-lès-Couches,
Saint-Sernin-du-Plain (71) et Nolay (21)**

RAPPORT E2017/084DE – 17BOU22030

Diffusion :

Pôle Après-mine EST
GEODERIS

HANOCQ Pascale
BENNANI Mustapha
HADADOU Rafik
MATOT Benoît

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	B. MATOT	R. HADADOU	M. BENNANI
Visa			

SOMMAIRE

1	OBJET ET CONTEXTE	3
2	DEFINITIONS ET METHODOLOGIE	4
2.1	Définition de l'aléa et du risque	4
2.2	Méthodologie mise en œuvre	5
2.2.1	La phase informative	5
2.2.2	La phase d'évaluation des aléas	5
3	RECHERCHES ET INVESTIGATIONS SUR SITE	5
3.1	Documents d'archives consultés	5
3.2	Personnes et organismes rencontrés	6
3.3	Visites de site	6
4	PHASE INFORMATIVE	7
4.1	Situation géographique	7
4.2	Contextes géologique et structural	8
4.2.1	Description du gisement	11
4.3	Contextes hydrogéologique et hydrologique	11
4.4	Historique de l'activité minière	12
4.5	Situation des travaux	13
4.5.1	Mines de Mazonay	13
4.5.2	Mines de Change	14
4.6	Méthodes d'exploitation	15
4.6.1	Les galeries et piliers défilés (ou traçage/dépilage)	16
4.6.2	Les grandes tailles	20
4.6.3	Cas particulier du secteur de Fougères	21
4.7	Configurations de travaux « homogènes »	21
4.7.1	Travaux uniquement « tracés » (TVX_1)	22
4.7.2	Travaux tracés et défilés partiellement (TVX_2)	22
4.7.3	Travaux tracés et défilés entièrement (TVX_3)	23
4.7.4	Travaux antérieurs à 1870 (TVX_4)	25
4.7.5	Travaux exploités par grandes tailles (TVX_5)	26
4.7.6	Travaux du secteur des Fougères (TVX_6)	27
4.7.7	Principales galeries d'infrastructure (TVX_7)	27
4.8	Profondeur des travaux	29
4.9	Hydrogéologie minière, ennoyage des travaux et exhaures	30
4.10	Etat actuel des sites	33
4.10.1	Les ouvrages débouchant au jour (ODJ) et les tranchées	33
4.10.1.1	Caractéristiques des ouvrages débouchant au jour	34
4.10.1.2	Informations sur les traitements des ODJ	35
4.10.2	Les dépôts de surface	36
4.10.3	Désordres observés en surface	36
4.10.4	Aérage, gaz de mine et feux souterrains	37
4.10.5	Indices miniers	38
4.10.6	Autres ouvrages et infrastructures miniers	39
4.11	Cartographie	39
4.11.1	Méthode de dénomination	40
4.11.2	Géoréférencement des plans miniers et incertitude de localisation	40
4.11.3	Qualité des plans retrouvés	42
4.11.4	Cartographie des travaux miniers	42
4.11.4.1	Définition des incertitudes de positionnement	42
4.11.4.2	Cartographie et incertitudes des travaux de Mazonay et Change	43
4.11.4.3	Zones potentiellement affectées par des travaux miniers	44
4.11.4.4	Autres éléments cartographiés	44

5	PHASE D'EVALUATION DES ALEAS	45
5.1	Identification des aléas retenus	45
5.1.1	Effondrement localisé	45
5.1.2	Affaissement	45
5.2	Identification des aléas écartés	46
5.2.1	Effondrement généralisé	46
5.2.2	Echauffement et feux souterrains	47
5.2.3	Instabilités de pentes	47
5.2.4	Tassement	48
5.2.5	Eroulement rocheux	49
5.3	Aléas non étudiés	49
5.3.1	Gaz de mine	49
5.3.2	Environnement	49
5.4	Evaluation de l'aléa effondrement localisé	49
5.4.1	Effondrement localisé lié aux puits	49
5.4.1.1	Evaluation de l'intensité de l'aléa effondrement lié aux puits	50
5.4.1.2	Evaluation de la prédisposition	51
5.4.1.3	Evaluation de l'aléa	52
5.4.2	Effondrement localisé lié aux zones de travaux souterrains	53
5.4.2.1	Description phénoménologique	53
5.4.2.2	Configurations de travaux concernés / non concernés	55
5.4.2.3	Prédisposition aux effondrements localisés liés aux zones de travaux souterrains	56
5.4.2.4	Intensité des effondrements localisés liés aux zones de travaux souterrains	58
5.4.2.5	Niveaux d'aléa effondrement localisé lié aux zones de travaux souterrains	58
5.5	Evaluation de l'aléa affaissement	59
5.5.1	Description phénoménologique	59
5.5.1.1	Cas théorique et générique	59
5.5.1.2	Cas de Mazenay et Change	60
5.5.2	Configurations de travaux concernés / non concernés	61
5.5.3	Prédisposition aux affaissements	62
5.5.3.1	Affaissements liés aux zones d'exploitation totale par tailles	62
5.5.3.2	Affaissements accidentels liés à la rupture de piliers abandonnés	63
5.5.4	Intensité des affaissements	66
5.5.5	Niveau de l'aléa affaissement	68
5.6	Cartographie des aléas	69
5.6.1	Effondrement localisé lié aux puits	69
5.6.2	Effondrement localisé lié aux zones de travaux souterrains	71
5.6.3	Affaissement	72
6	SYNTHESE ET CONCLUSION	73
6.1	Synthèse globale des aléas	73
6.2	Synthèse des aléas par commune	74
7	LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX	75
7.1	Liste des figures	75
7.2	Liste des tableaux	76
8	SIGLES UTILISES	77
9	BIBLIOGRAPHIE	78
10	LISTE DES ANNEXES	79

Mots clés : étude des aléas miniers, mouvements de terrain, puits, galerie, fer, Change, Créot, Nolay, Saint-Sernin-du-Plain, Epertully, Saint-Gervais-sur-Couches, Saint-Maurice-lès-Couches, Côte-d'Or, Saône-et-Loire, Bourgogne

1 OBJET ET CONTEXTE

Dans le cadre de son programme technique 2016, GEODERIS a réalisé l'étude des aléas miniers des exploitations du fer sur les concessions de Change et de Mazenay. Cette étude consiste à évaluer et cartographier les aléas de type « mouvements de terrain » liés aux anciennes exploitations minières de ce secteur.

Les concessions de fer de Change et Mazenay, situées dans les départements de la Côte-d'Or et de la Saône-et-Loire, concernent les communes de Change, Créot, Dezize-lès-Maranges, Dracy-lès-Couches, Epertully, Paris-l'Hôpital, Nolay, Saint-Gervais-sur-Couches, Saint-Maurice-lès-Couches et Saint-Sernin-du-Plain.

La Figure 1 représente la zone d'étude avec les communes et titres miniers concernés.

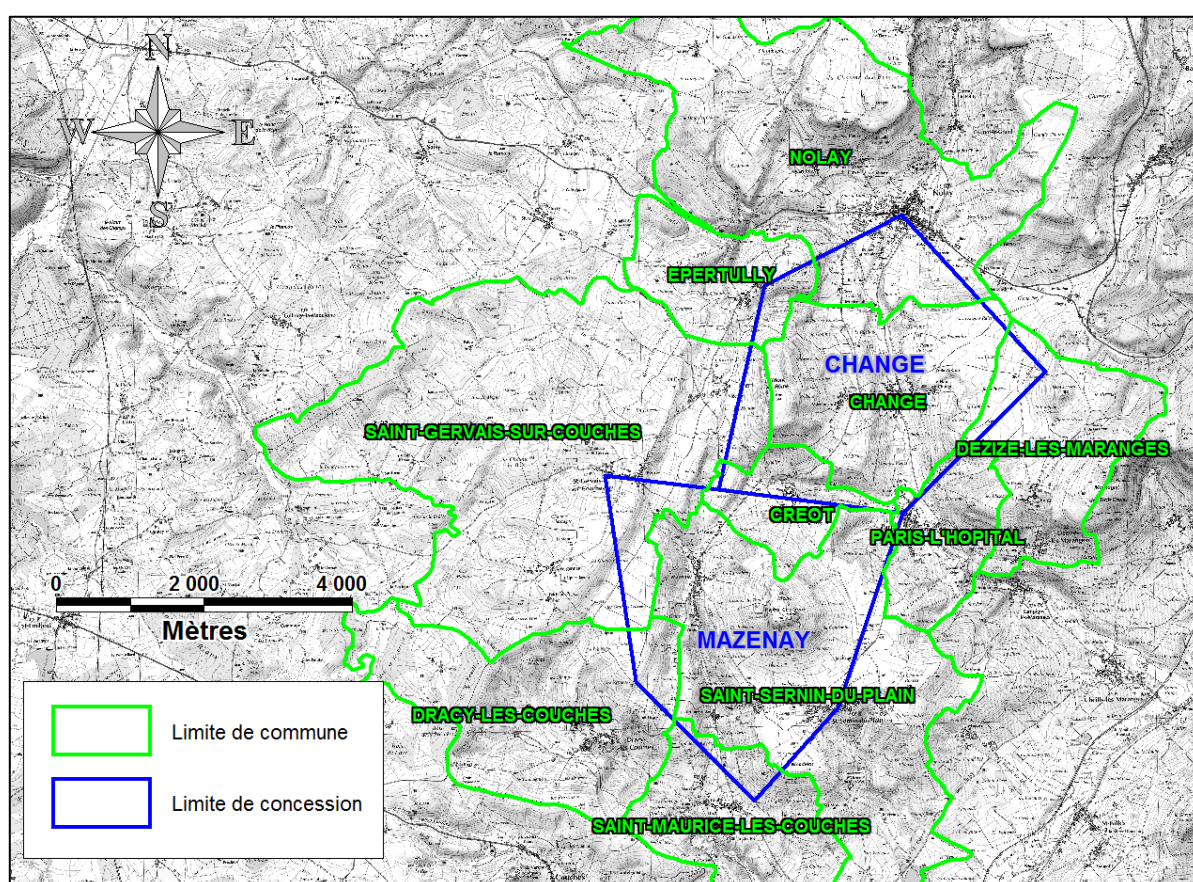


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude

Le présent rapport porte sur les titres miniers suivants :

- la concession de Mazenay, pour l'exploitation de fer (titre minier n° 71SM0020 de la BDSTM¹) ;
- la concession de Change, pour l'exploitation de fer (titre minier n° 71SM0007 de la BDSTM).

Les travaux miniers sont situés sur les communes de Change, Créot, Nolay et Saint-Sernin-du-Plain. Les premiers travaux dans ce secteur ont commencé en 1852 jusqu'en 1911 (Mazenay) et 1914 (Change). L'exploitation a concerné une couche de calcaire à oolites

¹ Base de Données des Sites et Titres Miniers.

ferrugineuses d'âge hettangien, d'une épaisseur variant entre 0,5 m et 1,4 m sur la concession de Mazenay et entre 0,4 m et 2,35 m sur la concession de Change. La couche est affectée par un léger pendage vers l'ouest. Le gisement est découpé par quelques grandes failles qui ménagent entre elles des panneaux très réguliers.

Dans le secteur minier de Mazenay et Change, 79 ouvrages miniers ont été identifiés, dont 52 entrées de galeries et 27 puits. Ils sont décrits et illustrés (photos, plans si disponibles) dans ce rapport.

L'étude détaillée dans ce rapport, menée en collaboration avec l'INERIS (rapport DRS-16-156568-10904A [1], largement repris), consiste en la réalisation de la phase informative (recherches de plans, archives et inspections de terrain) et de la phase d'évaluation des aléas « mouvements de terrain ».

2 DEFINITIONS ET METHODOLOGIE

2.1 Définition de l'aléa et du risque

Les travaux ont été menés selon des phases d'analyse inspirées du guide méthodologique d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers [2] et du guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers [3].

L'aléa correspond à la probabilité qu'un phénomène donné se produise, au cours d'une période de référence, en atteignant une intensité qualifiable ou quantifiable. La caractérisation d'un aléa repose donc sur le croisement de l'intensité prévisible du phénomène avec sa probabilité d'occurrence (prédisposition).

Prédisposition	Très peu sensible	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Intensité				
Très limitée				
Limitée				
Modérée				
Elevée				

Figure 2 : Principe d'évaluation de l'aléa

L'intensité du phénomène caractérise l'ampleur des désordres attendus en surface en cas de déclenchement d'un événement redouté.

La prédisposition d'un site à la manifestation d'un phénomène est évaluée en fonction de paramètres caractérisant l'environnement du secteur considéré et les caractéristiques de l'exploitation minière, autant de facteurs exprimant la sensibilité d'un site.

L'aléa est hiérarchisé. On utilise les termes aléa fort, aléa moyen et aléa faible. Cette hiérarchisation peut signifier :

- que les zones concernées par l'aléa fort sont davantage prédisposées à la manifestation d'un phénomène en surface que les zones d'aléa moyen ou d'aléa faible ;

- que les phénomènes susceptibles de se produire dans les zones d'aléa fort sont d'une intensité plus élevée que dans les zones d'aléa moyen ou d'aléa faible.

Une zone de risque est définie comme la partie de la zone d'aléa sur laquelle se trouve un enjeu en surface (habitation, infrastructure, etc.).

2.2 Méthodologie mise en œuvre

L'étude se présente en deux phases : une phase informative suivie d'une phase d'évaluation des aléas.

2.2.1 La phase informative

La phase informative présente la synthèse des données minières, l'examen des plans miniers disponibles, le repositionnement des travaux dans leur environnement et les éléments utiles et nécessaires à l'évaluation des aléas résiduels (géologie, hydrogéologie, indices de désordres, etc.). Les résultats de cette phase sont représentés sur deux cartes informatives positionnant les différents éléments sur fond cartographique, dans le cas présent, le SCAN 25 de l'IGN année 2012 à l'échelle 1/15000 et la BD ORTHO de 2007 pour les zooms au 1/2500 (Annexe 6).

Dans le cadre de cette opération, nous avons réalisé :

- une consultation des archives d'exploitation ou de tout document susceptible de fournir des informations utiles à la caractérisation du contexte des travaux miniers étudiés (géologie, hydrogéologie, méthodes d'exploitation, etc.) ;
- une campagne d'investigation sur site (repérage des travaux miniers, recherche d'anciens désordres, enquête auprès des populations, etc.).

2.2.2 La phase d'évaluation des aléas

Sur la base des données acquises lors de la phase informative, les différents phénomènes de type mouvements de terrain potentiellement envisageables compte tenu de la nature des travaux sont étudiés et évalués à la lumière des paramètres spécifiques au site. Enfin, l'enveloppe des zones affectées par les différents aléas est reportée sur fond cartographique, dans le cas présent, le SCAN 25 de l'IGN, année 2012, et la BD ORTHO de l'IGN, année 2007 (Annexe 7).

3 RECHERCHES ET INVESTIGATIONS SUR SITE

3.1 Documents d'archives consultés

Afin de rassembler le maximum d'informations, des recherches d'archives ont été effectuées par l'INERIS auprès des organismes suivants [1] :

- **les Archives Nationales** à Pierrefitte-sur-Seine, octobre 2015 ;
- **les Archives Départementales** de la Côte-d'Or à Dijon, novembre 2015 ;
- **les Archives Départementales** de la Saône-et-Loire à Mâcon, novembre 2015 ;
- **l'Académie François Bourdon²** au Creusot, novembre 2015.

² Organisme privé qui détient certaines archives minières locales, et notamment celles ayant appartenu à la société Schneider.

Par ailleurs, d'autres organismes susceptibles de posséder des archives ont été contactés :

- **le Service Géologique Régional de Bourgogne**, novembre 2015 ;
- **les Archives du BRGM/DPSM** à Orléans, novembre 2015 ;
- **les Archives de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL)** Bourgogne³, novembre 2015 ;
- **les Archives du Monde du Travail** à Roubaix (par consultation de l'inventaire informatique), novembre 2015.

Les bases de données géoréférencées des sites gouvernementaux <http://www.geoportail.gouv.fr> (ex : cadastres, photos anciennes, etc.) et <http://www.georisques.gouv.fr> ont été passées en revue, tout comme le site <http://www.infoterre.brgm.fr> (ex : données BSS, BD cavités).

Les documents concernant les deux concessions étudiées sont constitués essentiellement de rapports des Ingénieurs des mines, des procès-verbaux (PV) de visite et d'accidents, des redevances et des documents cartographiques du service des Mines.

L'inventaire des plans les plus pertinents est présenté dans le tableau en Annexe 2 et un extrait de chacun de ces plans est exposé dans cette même annexe.

3.2 Personnes et organismes rencontrés

Dans le cadre d'une recherche approfondie d'archives sur le secteur minier de Mazenay et Change, Monsieur MOREL, spéléologue au Creusot, a été rencontré. Ces échanges ont apporté des informations précieuses comme : des plans de mines, l'historique minier, l'état et l'accessibilité des travaux, l'hydrogéologie, etc.

3.3 Visites de site

La première enquête sur le terrain (surface) a eu lieu les 3 et 4 décembre 2015, après la consultation des archives et l'élaboration d'une « pré-carte » informative. Une seconde enquête a été faite les 16 et 17 mars 2016 avec Mme LE GOFF (GEODERIS). Les recherches en surface ont été menées à partir :

- des premiers calages des éléments cartographiques provenant des documents d'archives consultés ;
- des témoignages de riverains et de personnes ayant une bonne connaissance des vestiges miniers.

L'étude de terrain a eu pour objet :

- d'identifier et de lever au dGPS les principaux ouvrages et indices miniers ;
- d'identifier et de positionner au dGPS les principaux dépôts associés aux ouvrages miniers ;
- d'inventorier les différents désordres identifiables en surface.

La campagne d'investigations a pour finalité :

- caler les plans miniers à partir des ouvrages débouchant au jour et de points topographiques remarquables ;
- donner des valeurs d'incertitude sur le positionnement des contours des exploitations par rapport à la surface.

³ Les archives de la DREAL Bourgogne ont été versées aux Archives Départementales de la Côte-d'Or.

Le 19 octobre 2016, une inspection souterraine d'une partie de la mine de Mazenay a été réalisée. Deux géotechniciens de l'INERIS (MM. GOUILLON et POULARD) ont effectué cette inspection préparée en concertation avec M. MOREL (spéléologue) et M. MATOT (GEODERIS). Cette inspection a permis d'affiner la connaissance :

- sur la ou les méthodes d'exploitation employées ;
- sur l'état des travaux aujourd'hui ;
- sur la qualité des documents cartographiques d'archives utilisés.

Les différents éléments observés lors de ces inspections, en surface et en souterrain, ne sont pas regroupés en un paragraphe dédié, ils sont détaillés dans divers paragraphes en face des éléments d'archives qu'ils valident (ou infirment).

À l'issue de la phase informative, une carte a été réalisée afin de présenter une synthèse d'ensemble des informations collectées (Annexe 6).

4 PHASE INFORMATIVE

4.1 Situation géographique

Le secteur d'étude se situe à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Chalon-sur-Saône. L'ensemble des deux concessions étudiées couvre une zone d'environ 4 km de large (d'est en ouest) et de 8 km de long (du nord au sud). L'emprise des terrains concédés couvre quasi-entièrement les communes de Créot et de Change et partiellement les communes de Saint-Sernin-du-Plain, Saint-Maurice-lès-Couches, Dracy-lès-Couches, Saint-Gervais-sur-Couches, Epertully, Paris-l'Hôpital, Dezize-lès-Maranges et Nolay (Figure 1).

Remarque :

La commune de Nolay, située au nord, se situe sur le département de la Côte-d'Or, alors que toutes les autres communes appartiennent au département de la Saône-et-Loire.

Le secteur étudié présente un relief vallonné, nettement marqué par la présence, au centre du secteur, des monts de Rème et de Rome Château (Figure 3). De manière synthétique et d'ouest en est, on retrouve :

- à l'ouest, sur une ligne allant d'Epertully à Dracy-lès-Couches, un versant d'une centaine de mètres de dénivelé, orienté du nord-nord-est vers le sud-sud-ouest, qui débouche sur un plateau à l'ouest ;
- au centre nord, le Mont de Rème (514 m NGF) qui couvre la moitié « est » de la concession de Change ;
- au centre sud, le Mont de Rome Château (546 m NGF) qui couvre les deux tiers de la concession de Mazenay ;
- à l'est, la vallée de la Cosanne qui est orientée du nord vers le sud, de Nolay à Paris-l'Hôpital, et du nord-ouest vers le sud-est plus en aval. Cette vallée coupe en deux la concession de Change et passe à l'est de la concession de Mazenay.

Concernant l'occupation des sols, la région est peu urbanisée et essentiellement couverte de terrains agricoles (vignes, pâturages, cultures et zones boisées).

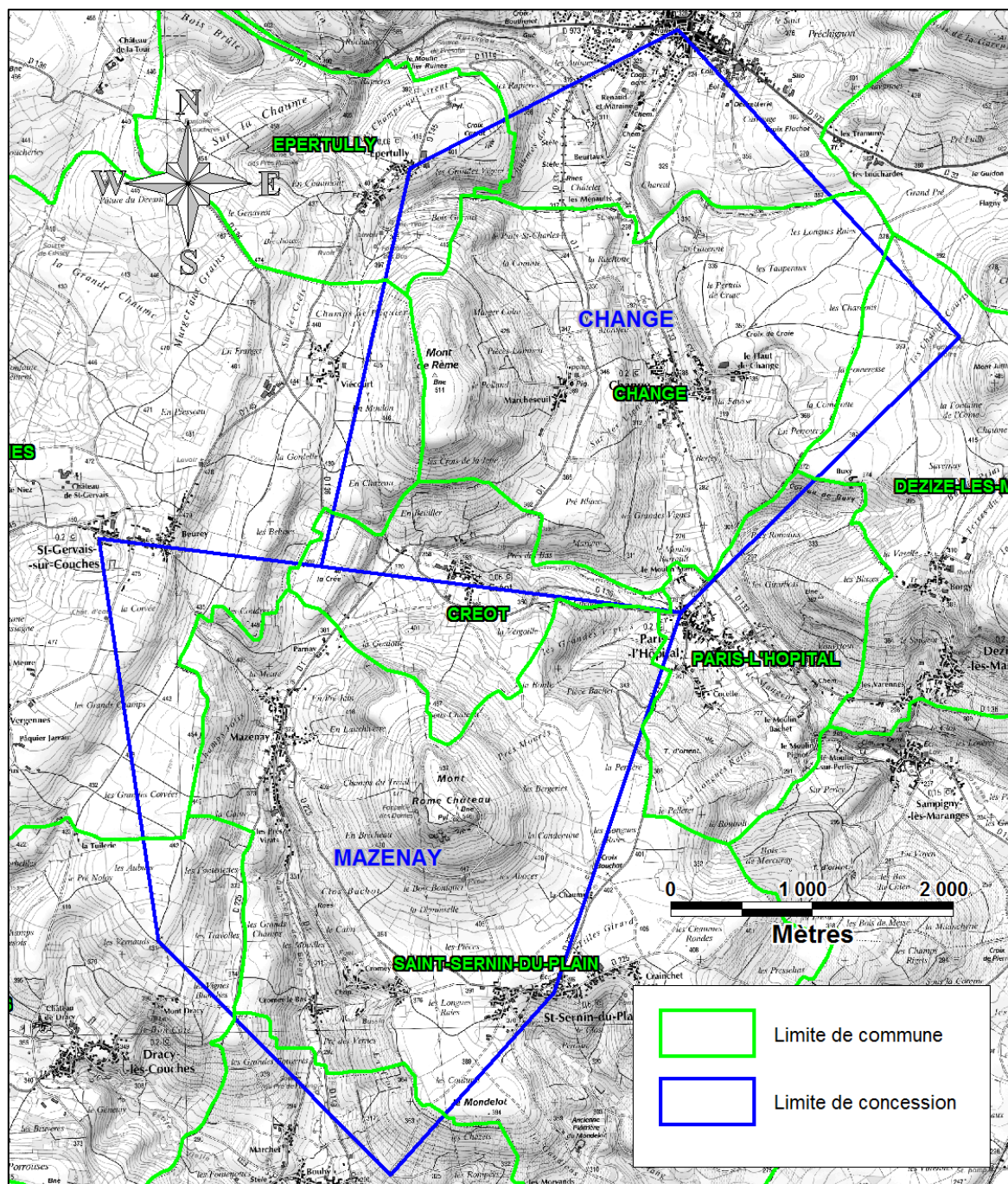


Figure 3 : Aperçu du relief sur l'emprise des terrains concédés

4.2 Contextes géologique et structural

Du point de vue structural, la zone étudiée borde immédiatement à l'est le plateau d'Autully (grande surface structurale de grès triasique). À l'opposé de ce plateau, la zone étudiée présente un relief plus accidenté lié à la présence de grandes failles principales orientées NNE-SSO et de failles secondaires globalement orientées NE-SO (Figure 4).

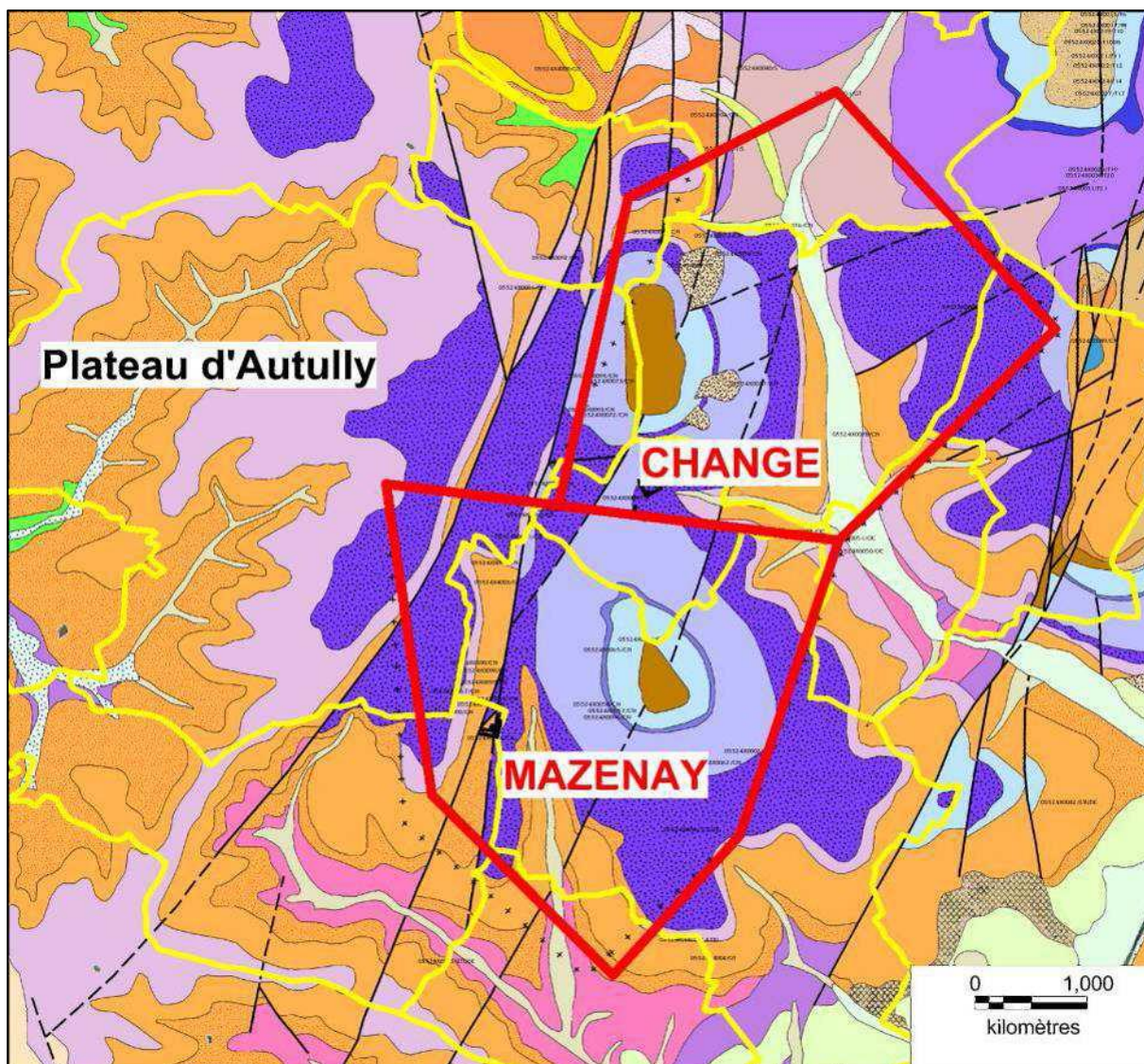


Figure 4 : Extrait de la carte géologique sur le secteur étudié (www.geoportail.fr)

Du point de vue lithologique, des formations sédimentaires affleurent sur la quasi-totalité du secteur étudié. Ces formations reposent sur un socle granitique qui n'affleure que très localement à l'extrême sud, au niveau du bourg de Saint-Maurice-lès-Couches.

La coupe stratigraphique des couches sédimentaires s'étend du Trias au Jurassique moyen (Bajocien). Le pendage des couches est subhorizontal. Le Tableau 1 ci-dessous présente succinctement, de bas en haut, les caractéristiques de ces formations.

Etage stratigraphique	Lithologie	Epaisseur (m)	Observations
Bajocien inf. et moy. (j1a)	Calcaires à entroques	40	Formation affleurant aux sommets des monts de Rème et de Rome Château
Toarcien (l7-8)	Marnes et argiles de teintes sombres	50/60	Domaine des prairies et cultures. À noter la lacune importante qui suit, du Toarcien au Bajocien
Domérien (l6a-l6b)	Marnes gris bleutées à noires avec un banc calcaire de 3 à 10 m d'épaisseur au sommet	60/80	Le banc calcaire au sommet forme un ressaut topographique assez net
Sinemurien (l3-5)	Calcaires à Gryphées	20/25	Forme des petites falaises caractéristiques. Présence avérée de réseaux karstiques
Hettangien (l2)	Calcaires lumachelliques alternant avec des argiles	2/5	Renferme la couche de minerai de fer oolithique (proche du sommet)
Rhétien (t10)	Alternance grès/argiles/calcaires	10/15	
Trias (tA)	Argiles bariolées dolomitiques	10/15	
	Banc de dolomie très compacte	2	
	Argiles bariolées (dites du Mont-Bouzu)	30/40	Formation gypsifère ayant donné lieu à des exploitations (carrières souterraines de gypse)
Trias (tG)	Grès	25/30	
Paléozoïque	Granite	-	Affleure à l'extrême sud Des terrains concédés, au niveau du bourg de Saint-Maurice-lès-Couches

Tableau 1 : Coupe lithostratigraphique des terrains affleurant sur le secteur étudié (d'après la carte géologique n°552 « Le Creusot », BRGM)

Le calcaire à Gryphées, au toit des exploitations de fer, se présente généralement en bancs massifs et compacts (observations faites sur les affleurements, Figure 5).



Figure 5 : Vue des calcaires à Gryphées
(à gauche : aux Menaults, commune de Change, et à droite : au hameau de Mazenay)

La couche de terrain de subsurface est mal documentée ; à certains endroits, les calcaires à Gryphées sont affleurants. Une gamme d'épaisseur 0-5 m sera retenue forfaitairement.

4.2.1 Description du gisement

Le gisement exploité est stratiforme. Le minerai correspond à une oolithe ferrugineuse. Ces minéralisations (hématite et limonite) se situent dans une gangue calcaire au sommet de l'Hettangien (Tableau 1). La teneur en fer de cette couche varie de 24 à 28%.

La même couche a été exploitée sur les concessions de Change et de Mazenay. Cette formation, à l'origine continue, a été recoupée par l'érosion et n'apparaît aujourd'hui que sous forme d'îlots sous les monts de Rème et de Rome Château⁴ et de manière beaucoup moins marquée sur les versants à l'ouest et à l'est de ces deux monts.

La couche de minerai est subhorizontale. Sa puissance est généralement faible (0,3 m) aux affleurements mais elle s'épaissit sensiblement sous les monts de Rème (concession de Change) et de Rome Château (concession de Mazenay) où elle atteint respectivement 2,35 m et 1,4 m d'épaisseur (Figure 6).

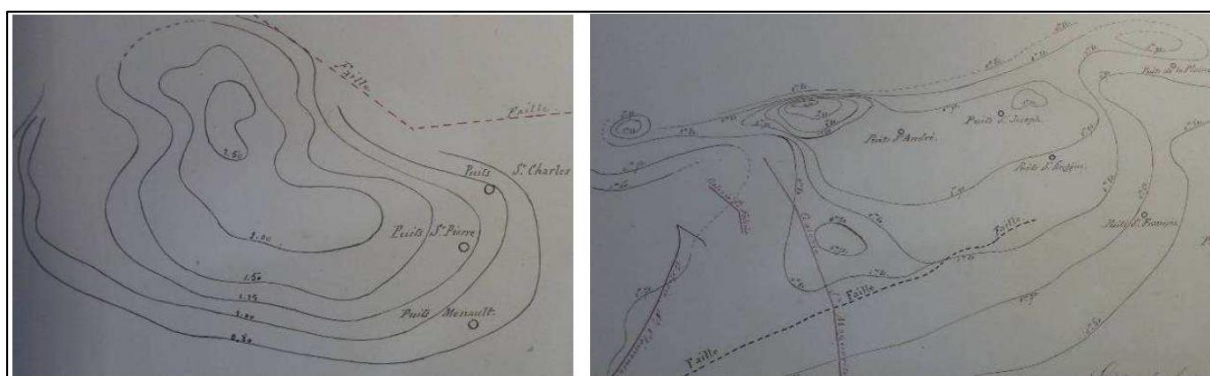


Figure 6 : Aperçu des variations d'épaisseur du gîte exploité sur Change (à droite) et sur Mazenay (à gauche) d'après les plans de 1881 (Archives Nationales)

Les grandes failles orientées NNE-SSO limitent l'extension de cette couche. Des affleurements de minerai ont été recherchés et retrouvés sur les versants à l'ouest et à l'est des monts de Rème et de Rome Château, mais la trop faible puissance de la couche a empêché le développement d'une véritable exploitation dans ces secteurs. Les failles secondaires qui recoupent le gîte peuvent engendrer des rejets parfois plurimétriques.

Au toit de la couche exploitée, on retrouve directement les calcaires à Gryphées du Sinémurien et la série sédimentaire décrite dans le Tableau 1. Le mur comprend plusieurs bancs de calcaires avec parfois des intercalations marneuses.

4.3 Contextes hydrogéologique et hydrologique

Trois cours d'eau permanents s'écoulant vers le sud sont présents sur le secteur :

- à l'est du Mont de Rème, la rivière Cosanne dont la source se trouve dans le cirque du bout du monde, à 4 km au nord de Nolay ;
- au nord du Mont de Rème, le ruisseau de la Bruyère qui se jette dans la Cosanne au hameau « Les Menaults » au sud de Nolay ;

⁴ Cette même couche apparaît plus au sud, sur la commune de Couches-lès-Mines et a fait l'objet d'une exploitation. Ces travaux dépendent de la concession de Chalencey (hors cadre de l'étude).

- à l'ouest du Mont de Rome Château, le ruisseau de Bouhy dont la source se trouve au hameau de Mazenay (commune de Saint-Sernin-du-Plain).

Plusieurs petits cours d'eau, non permanents et transversaux, sont également présents et alimentent temporairement la Cosanne et le Bouhy. L'ensemble du secteur étudié appartient au bassin versant de la Dheune, affluent de la Saône.

D'un point de vue hydrogéologique, le secteur renferme des réseaux karstiques notables. D'après la BSS⁵, une trentaine de points correspondant à des gouffres (orifices de cavités karstiques débouchant en surface) sont référencés. Ces réseaux karstiques se développent dans la formation des calcaires à Gryphées du Sinémurien (situés au toit de la couche de minerai de fer, Tableau 1).

Plusieurs orifices karstiques ont été observés lors des phases terrain. L'un d'eux est fermé par une porte métallique (indice 1, Figure 5) et sert d'accès à la galerie Sainte-Marguerite G27 qui dessert ensuite la majorité des travaux de la mine de Mazenay. Derrière la salle des fêtes du hameau de Mazenay, plusieurs boyaux sont aussi visibles (indice 3) et semblent empruntés occasionnellement (spéléologie).

Dans les archives minières, il est également fait mention à plusieurs reprises de « *grottes* » ou « *rivières souterraines* » situées le plus souvent au-dessus des travaux et ayant parfois pour mur la couche de minerai de fer. La principale grotte est présente au-dessus des travaux de Change et relie vers le sud les travaux de Mazenay. Cette grotte a été cartographiée par l'exploitant minier car elle permettait d'effectuer des sondages de reconnaissance dans la couche de minerai sous-jacente. En 1892, le percement d'une autre grotte, par les travaux miniers de Mazenay (limite « est »), a engendré une inondation des travaux et a eu des répercussions sur les sources d'eau alimentant le village du Créot. La jonction entre les travaux miniers et la cavité a été maçonnée et des prescriptions ont été prises par la suite afin que des jonctions travaux/karst n'aient plus lieu (investison de 10 m de large de part et d'autre des cavités karstiques).

Les inspections de ces grottes, réalisées du temps de la mine et plus récemment par des spéléologues, révèlent des cavités aux formes et aux dimensions très variables. Les dimensions maximales observées et relatées donnent des hauteurs et largeurs atteignant 6 à 8 m. À l'opposé, certains passages sont beaucoup plus étroits (largeur et hauteur inférieures à 2 m).

Remarque :

Plusieurs habitants de Mazenay ont relaté des effondrements localisés (deux au total) dont l'origine serait « une rivière souterraine ».

4.4 Historique de l'activité minière

D'après certaines sources, les premières extractions de fer auraient été réalisées par les gaulois dans les environs de Mazenay. Par la suite et jusqu'au XIX^{ème} siècle, des travaux rudimentaires et sporadiques ont probablement eu lieu sur certains affleurements, mais aucune archive ne relate ces derniers.

À partir du XIX^{ème} siècle, les concessions de Change et Mazenay présentent sensiblement la même histoire. L'activité minière sur ces concessions va de pair avec l'activité sidérurgique régionale. Les deux concessions ont été exploitées par la société Schneider pour approvisionner en fer les hauts fourneaux du Creusot (appartenant également à la société Schneider).

⁵ Banque de données Sol Sous-Sol du BRGM : www.infoterre.fr.

Les exploitations débutent entre les années 1845 et 1855. À cette période, il s'agit surtout d'explorations ou d'exploitations artisanales contraintes par des difficultés techniques comme l'épuisement des eaux notamment.

Entre 1860 et 1876, les mines de Change et Mazenay connaissent une grande extension. Des progrès techniques (pompes, trains, méthodes d'exploitation, etc.) font leur apparition et contribuent fortement à ce développement. Cette activité minière reste essentiellement liée à l'essor des hauts fourneaux du Creusot et à la demande en fer.

Les exploitations se maintiennent jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle malgré des crises passagères de l'industrie métallurgique qui affectent immédiatement l'activité minière (1876-1880, 1884-1887). Dans ce contexte, malgré la proximité du Creusot, le minerai de fer de Change et Mazenay ne peut plus concurrencer le minerai provenant d'autres régions françaises (Lorraine, Algérie). La mise en œuvre d'une nouvelle méthode d'exploitation (grandes tailles) permet cependant d'abaisser le coût d'extraction du minerai et de poursuivre l'exploitation.

Au début du XX^{ème} siècle, tous les travaux rencontrent un amincissement de la couche de minerai de fer. Lorsque cette dernière atteint 0,5 à 0,7 m d'épaisseur, l'exploitation n'est plus possible et les chantiers sont abandonnés. Des reprises d'anciens quartiers uniquement tracés sont réalisées mais l'abandon des travaux, faute de nouveau gisement, apparaît inéluctable. La mine de Mazenay est arrêtée en 1911 et celle de Change en 1914.

Au total, les mines de Change et Mazenay auraient extrait respectivement près de 3 et 4 millions de tonnes de minerai.

4.5 Situation des travaux

4.5.1 Mines de Mazenay

Les premiers travaux connus sont réalisés entre 1844 et 1848, sur le versant ouest de la vallée du Bouhy, en face du hameau de Cromey-le-Bas. Il s'agit d'exploitations artisanales menées depuis les affleurements et par des petits puits. Un point particulier sur le secteur dit de « Fougères » est fait dans le chapitre 4.6.3. Faute de moyens d'épuisement des eaux, les travaux sont abandonnés dès qu'ils s'approfondissent sous le plateau. Environ 60 000 tonnes de minerai auraient été extraites de ce secteur. La zone de travaux fait environ 350 m le long de l'affleurement et s'enfonce sur environ 100 m sous le plateau.

Au moment de l'institution (1853), des travaux plus ordonnés se développent, sur les versants ouest et est de la vallée du Bouhy (à l'ouest, secteur de la galerie Marie, et à l'est, secteur des galeries Sainte-Marguerite à Sainte-Clémence⁶). Ces travaux se situent au niveau du hameau de Mazenay (partie sud). L'exploitation est menée à partir de nombreuses galeries partant des affleurements de la couche de minerai et elle progresse d'environ 200 m sous les coteaux.

Vers 1870 et jusqu'à l'abandon de la mine, les travaux s'étendent vers l'est (sous le Mont de Rome Château) et surtout vers le nord où ils atteignent quasiment le village du Créot. Mis à part le secteur de Parnay, exploité par un travers-bancs débouchant au jour, la partie nord (entre Créot et Mazenay) est exploitée à partir de puits dont les trois principaux sont les puits Saint-Eugène, Saint-François et Saint-Joseph. Les parties les plus à l'est et au sud sont exploitées à partir de longues galeries (Sainte-Marguerite, Sainte-Félicie et Sainte-Clémence) qui traversent des zones déjà exploitées avant de desservir les chantiers en

⁶ Le nom de ce secteur a été créé à partir des galeries encadrant au nord et au sud la zone concernée. Les galeries Sainte-Marguerite et Sainte-Clémence sont postérieures à l'exploitation de cette zone ; elles desservaient des travaux plus lointains.

cours. Notons qu'à cette période, le quartier des puits Saint-Laurent et Saint-André exploite la couche de minerai sous la moitié nord du hameau de Mazenay.

Au total, une grande zone de travaux continue s'étend, au nord et à l'est du hameau de Mazenay, sur près de 2800 m du nord au sud et sur 300 à 1200 m d'est en ouest.

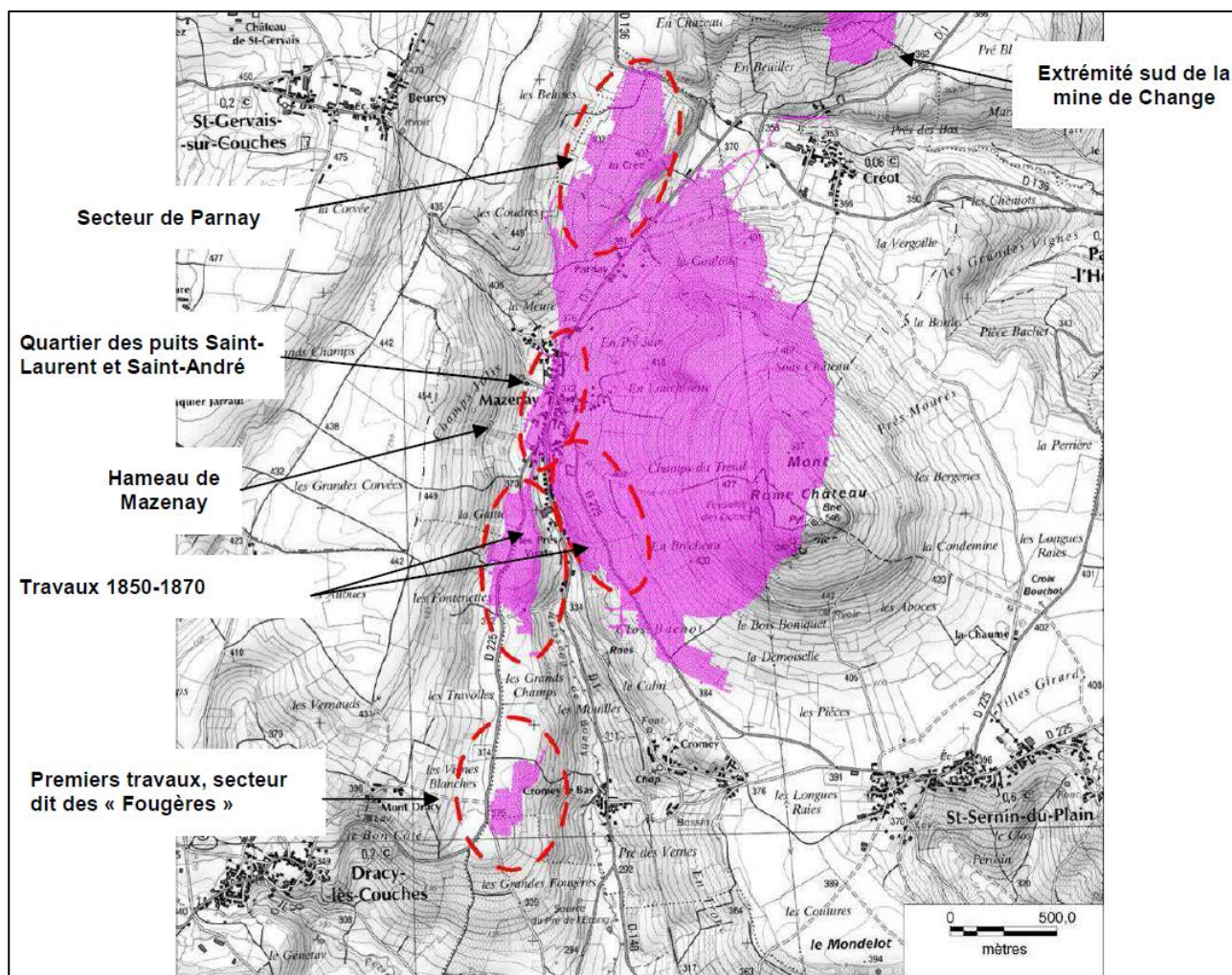


Figure 7 : Vue en plan de l'emprise des travaux de la mine de Mazenay (IGN)

4.5.2 Mines de Change

Les premiers travaux connus sont réalisés entre 1850 et 1860. Ils se situent au lieu-dit « Les Menaults », sur la rive droite de la rivière Cosanne. À cet endroit, la couche de minerai affleure au pied du coteau. Ce secteur se divise en deux champs d'exploitation séparés par un petit vallon perpendiculaire à la vallée de la Cosanne (thalweg faisant office de limite entre les départements de la Saône-et-Loire et de la Côte-d'Or). Le champ « nord » a été exploité par trois galeries partant de l'affleurement. Il se développe sur une cinquantaine de mètres (sous le plateau) et sur 200 m en direction de la couche. Le champ « sud » est plus important, il a été exploité par une dizaine de galeries partant des affleurements. Son développement atteint presque 200 m sous le coteau et environ 350 m en direction de la couche.

Sur le versant « est » de la vallée de la Cosanne, en face du secteur précédemment décrit, une petite exploitation a eu lieu, *a priori* à la même époque. Ces travaux ont été réalisés à partir de deux galeries partant d'un affleurement (très limité de ce côté de la vallée). La zone de travaux mesure une centaine de mètres en direction de la couche et s'enfonce d'à peine 100 m sous le coteau.

Le gisement, aux environs des Menaults (seule zone d’affleurement du minerai connue sur la concession de Change), est rapidement épuisé. L’exploitation se déplace alors vers l’ouest et s’opère dorénavant via les puits des Menaults et Saint-Pierre respectivement foncés en 1861 et en 1863.

À partir de 1866 et jusqu’à l’abandon des travaux sur la concession, toute l’exploitation se fait par le biais du puits Saint-Charles. Ce dernier, implanté encore plus à l’ouest que les deux précédents, permet d’exploiter des champs lointains sous le Mont de Rème et presque jusqu’au village du Créot.

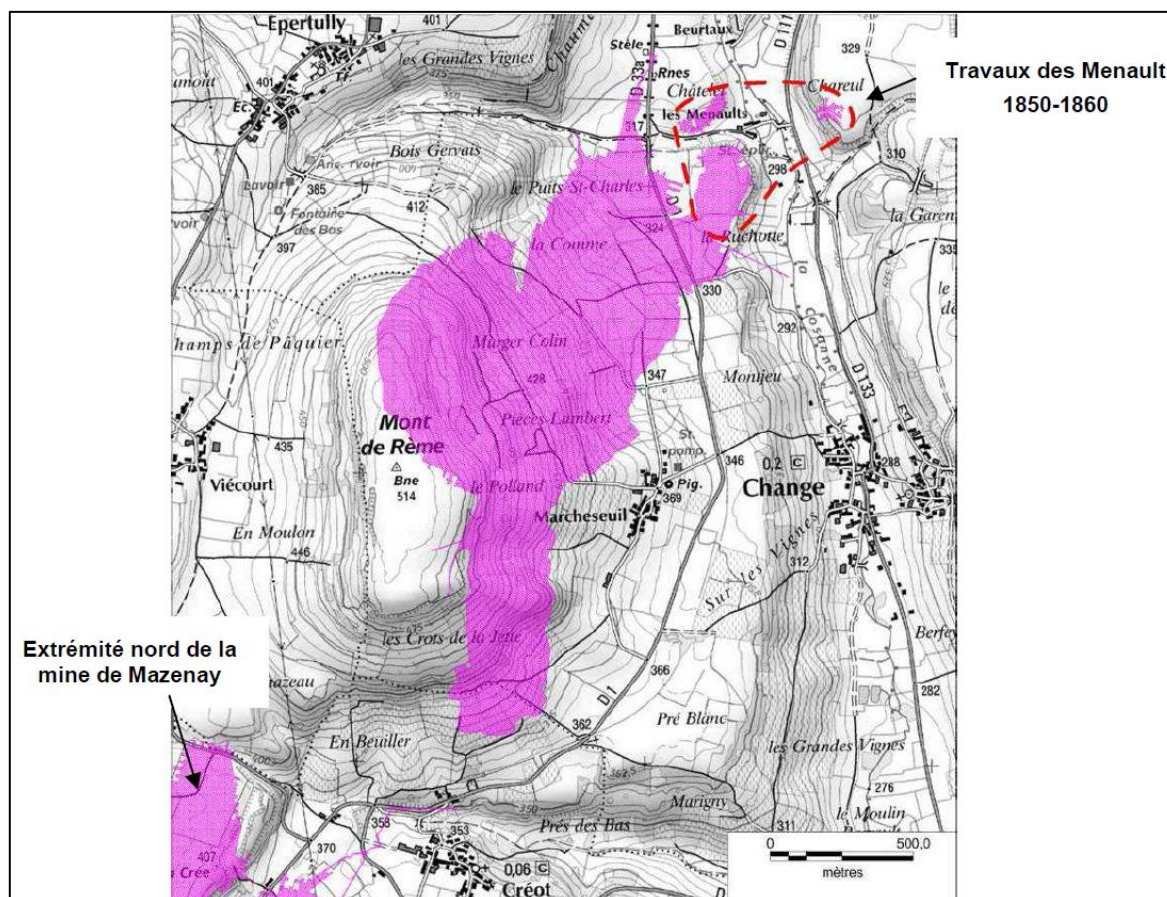


Figure 8 : Vue en plan de l’emprise des travaux de la mine de Change (IGN)

4.6 Méthodes d’exploitation

Sur les mines de Mazenay et Change, la principale méthode d’exploitation mise en œuvre est celle dite des « galeries et piliers dépilés » (ou traçage/dépilage). Cette méthode est utilisée dès 1850 et elle le sera jusqu’à l’arrêt définitif des mines au début du XX^{ème} siècle.

À partir de 1892 et jusqu’à l’arrêt des travaux, une nouvelle méthode par « grandes tailles » est systématiquement adoptée (sur les mines de Mazenay et de Change) dans les zones vierges de travaux où la puissance de la couche est inférieure à 0,8 m. Sur cette période, de nombreux chantiers de dépilage sont encore réalisés dans les zones où les traçages ont déjà été réalisés.

Les méthodes d’exploitation sont décrites précisément par la suite. La plupart des informations provient de procès-verbaux de visite du service des mines. Concernant la méthode des « galeries et piliers dépilés », d’importants enseignements ont aussi été tirés

de l'inspection⁷ de la mine de Mazenay faite en octobre 2016 et des récits d'explorations de spéléologues.

4.6.1 Les galeries et piliers dépilés (ou traçage/dépilage)

Rappel sur le principe du « traçage/dépilage »

La première phase dite « traçage » consistait à découper la couche de minerai en piliers ou panneaux et une seconde phase dite « dépilage » consistait à exploiter la totalité de ces piliers ou panneaux en se rabattant vers la galerie d'extraction.

Méthode d'abattage du minerai

L'abattage de la couche se faisait par « havage » (saignée) au milieu de la couche puis par l'emploi d'explosif pour disloquer le restant de la couche. À partir de 1870, le « havage » est remplacé par des trous de mine réalisés avec des perforateurs mécaniques.

Les traçages

Le traçage consistait à creuser dans la couche de minerai une galerie centrale de 1 à 2 m de large et d'au moins 1,2 m de hauteur. Cette galerie était ensuite élargie de 2 à 5 m de chaque côté et uniquement sur l'épaisseur de la couche de minerai.

Au début (1850-1860), des larges galeries (de 5 à 8 m) découpèrent des petits piliers (5 à 8 m de côté). Progressivement, en s'éloignant des affleurements, les piliers ont été agrandis pour arriver à des panneaux de 15, 20 puis 40 m de côté. Ces grandes dimensions étaient principalement utilisées à partir de 1870 et jusqu'à l'arrêt des travaux. Les zones tracées forment un quadrillage carré ou rectangulaire de panneaux⁸ de 15 à 40 m de côté séparés par des cavités de 5 à 10 m de largeur et de 0,5 à 2,35 m de hauteur.

La phase de dépilage n'était pas systématiquement entreprise à la suite des traçages. Les traçages permettaient de reconnaître le gisement et de créer une réserve de minerai tout en conservant une production. Certains quartiers sont restés à l'état de traçage, ils n'ont pas été dépilés pour diverses raisons (zones instables, abandon des travaux, gestion difficile de l'épuisement, etc.).

⁷ Inspection de la mine de Mazenay le 19/10/2016. Cette inspection s'est exclusivement déroulée dans des zones exploitées par « galeries et piliers dépilés » et n'a pas atteint les zones exploitées par « grandes tailles ». En conséquence, elle ne fournit des enseignements que sur des secteurs exploités par « galeries et piliers dépilés ».

⁸ Seuls les travaux avec des panneaux supérieurs à 10 x 10 m sont concernés. Les travaux anciens qui ont exploité des panneaux plus petits ont tous été dépilés et sont remblayés ou effondrés.

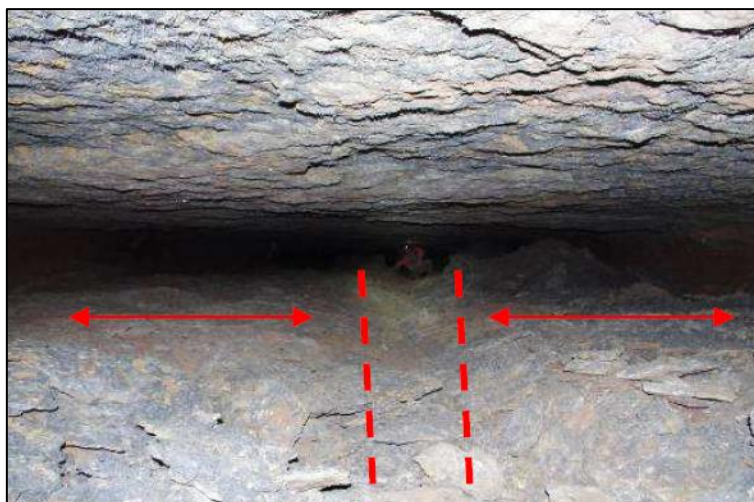


Figure 9 : Photographie d'un traçage (partie centrale + élargissement)

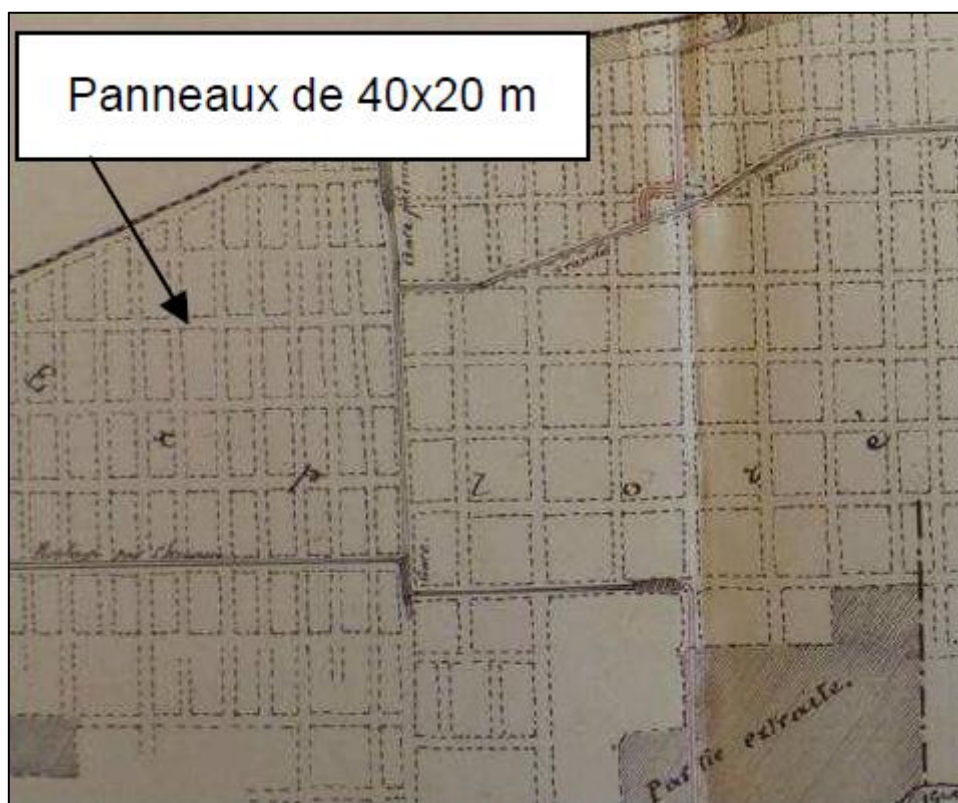


Figure 10 : Vue en plan des traçages sur la mine de Mazenay (1884)

Les dépilages

Sur les vieux travaux (<1860/70), le dépilage des petits panneaux (inférieurs à 10 x 10 m de côté) se faisait probablement par simple havage au milieu de la couche. Par la suite, les panneaux de plus grandes dimensions ont été attaqués, soit par tailles, soit par des recoupes en croix (Figure 11).

À la vue des plans d'exploitation, le taux de dépilage est très variable et parfois incertain. Certaines zones n'ont jamais été dépilées, d'autres l'ont été partiellement, et d'autres l'ont été totalement (Figure 11).

Lorsque le dépilage était partiel, des piliers résiduels de 5 à 15 m de côté sont restés en place. Ces travaux sont comparables à des exploitations partielles (type chambres et piliers) et ils sont aujourd'hui tels qu'ils étaient à leur abandon (ouverts et non effondrés).

Lorsque le dépilage est total sur plusieurs centaines de mètres carré, le foudroyage (éboulement) du toit est forcément survenu. Les PV de visite du service des mines relatent régulièrement la solidité du toit. Le PV de 1892 à Change dit : « *Le toit de très bonne qualité résiste longtemps pour permettre l'enlèvement complets des piliers. Le foudroyage s'effectue avec une régularité suffisante* ». Aucun accident relatif au foudroyage n'a été recensé.

Lors de l'inspection de la mine de Mazenay, une zone effondrée et des travaux vides ont été observés dans un secteur dit « dépilé » sur le plan de 1914. Sur un plan de la mine de Change, des annotations récentes de spéléologues localisent plusieurs « éboulements » (Figure 11) dans des secteurs dépilés. Ces zones effondrées « connues » restent ponctuelles et très localisées.

Au final, des doutes existent sur l'intégralité du dépilage des zones dites « dépilées » et l'état « effondré » des travaux ne peut être attribué avec certitude à ces zones.

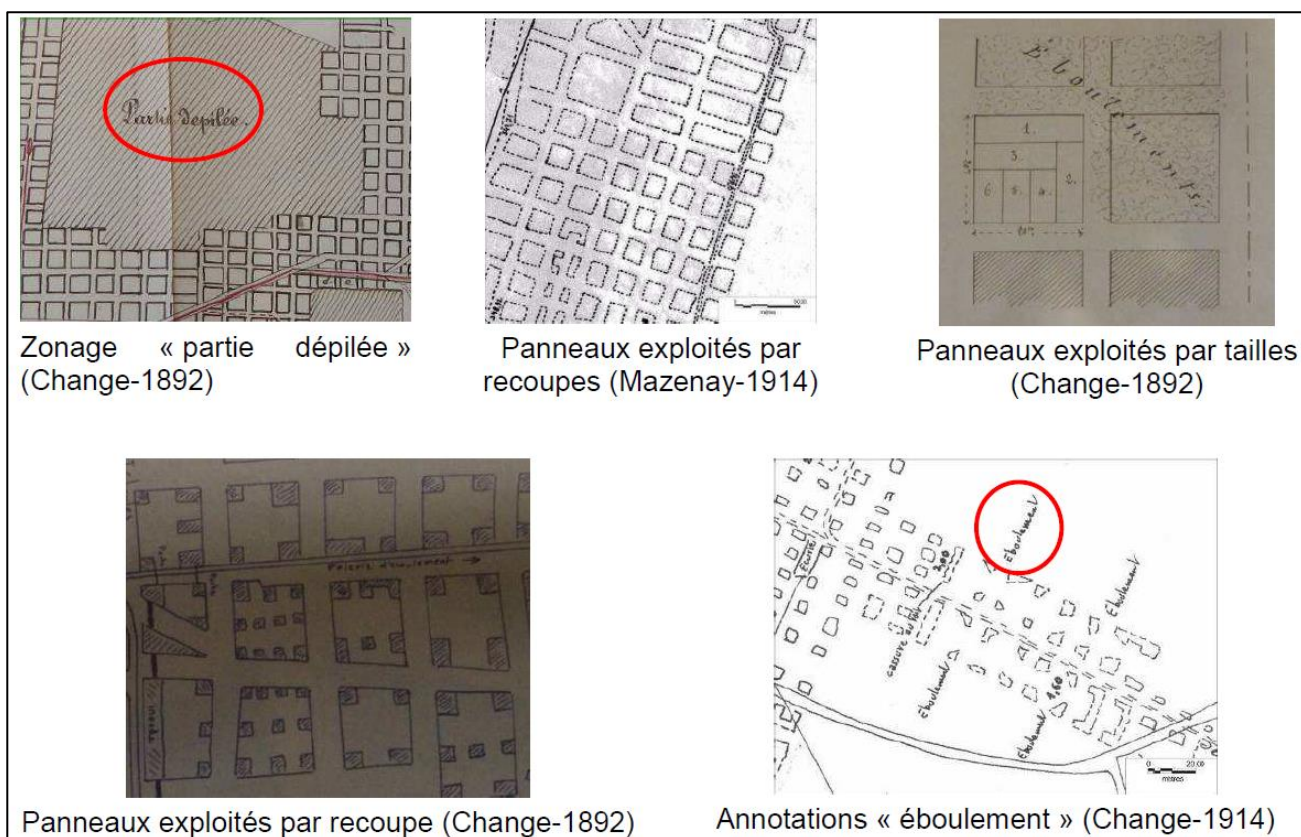


Figure 11 : Extraits de plans illustrant les méthodes d'exploitation

Les ouvrages de soutien (murs et piliers « fabriqués »)

La partie centrale des galeries de traçage (1 à 2 m de large) entaillait souvent le mur ou le toit de la couche pour obtenir une hauteur minimale de 1,2 m. Le matériau stérile extrait (calcaire) servait au montage d'ouvrages de soutien.

Des « murs » sont présents très régulièrement, ils séparent la partie centrale des galeries de traçage des zones dépilées ou à dépiler. Leur largeur varie de 0,5 à 1 m. Le long des principales galeries d'infrastructure, les murs sont systématiquement maçonnés (pierre et mortier). Sur les galeries secondaires, les murs ne sont pas maçonnés, les pierres ont été

empilées à la main. Sur certaines galeries, les murs ne sont pas présents ou le sont de manière discontinue.

Des piliers dits « fabriqués » sont aussi présents. Ils correspondent à des empilements manuels de pierre calcaire, sans mortier. Ces ouvrages ont des dimensions très variables : les plus petits font 1,5 x 1,5 m de côté, d'autres font jusqu'à 4 m de côté et peuvent être allongés. Ces ouvrages sont situés dans des zones où le toit présente de grandes portées (ou lorsque le toit présentait localement des signes d'instabilités). Leur hauteur est égale à l'épaisseur de la couche de minerai (0,5 à 2,35 m⁹). Leur nombre ou leur densité est variable en fonction de la configuration des travaux. Les piliers « fabriqués » observés lors de l'inspection de la mine de Mazenay ne présentaient pas de signes de surcharge ; *a priori* ils ne reprennent peu ou pas de charge au toit.

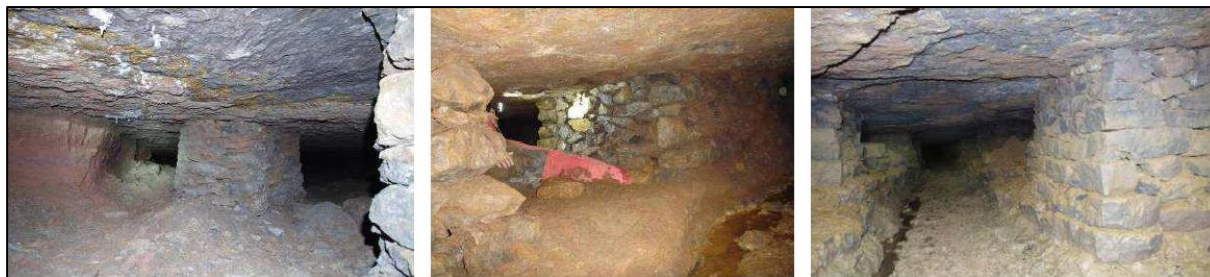


Figure 12 : Photographies de piliers « fabriqués » (inspection d'octobre 2016)



Figure 13 : Photographies de galeries centrales murées

Le remblayage

Le remblayage est très rarement mentionné dans les PV de visite. Lors de l'inspection de la mine de Mazenay le 19 octobre 2016, des zones de travaux (ouverture d'à peine 1 m) remplies de pierre calcaire ont été observées, notamment dans les secteurs de vieux travaux (<1870). Ces bourrages ou entassements étaient imparfaits et contigus ou circonscrits par des murs non maçonnés (méthode ressemblant aux exploitations par hagues et bourrages utilisée en carrière).

Le remblayage des vides résiduels n'a pas été mené systématiquement et rigoureusement. Le manque de pierres stériles, consommées par les murs et piliers fabriqués, peut en être la cause.

Dans les zones de faible ouverture (<1 m), le remblayage (même imparfait) couplé à de nombreux ouvrages de soutien assure un important taux de remplissage des vides. À l'inverse, dans les zones (non observées) où l'ouverture des travaux a pu atteindre 1,5 à 2,35 m, le taux de remblayage est probablement plus faible.

Notons aussi que dans certains secteurs, des sols recouverts de chutes de plaquettes du toit ont été observés. Ce phénomène peut être lié à la nature passagère du toit qui par ailleurs a

⁹ Piliers observés uniquement dans des zones où l'épaisseur de la couche était de 0,5 à 1 m.

été vu comme une « dalle » solide. Il peut être aussi causé par la proximité de l'eau, la zone concernée étant très humide et soumise à des battements de nappe.



Figure 14 : Photographies d'une zone remblayée (à droite) et des chutes de plaquettes (à gauche)

Ouverture des travaux

L'ouverture des travaux est égale à l'épaisseur de la couche de minerai, soit 0,5 à 1,4 m sur la mine de Mazenay et 0,5 à 2,35 m sur la mine de Change. La partie centrale des galeries de traçage conservait une hauteur minimale de 1,2 m et les principales galeries d'infrastructure avaient jusqu'à 2,2 m de hauteur.

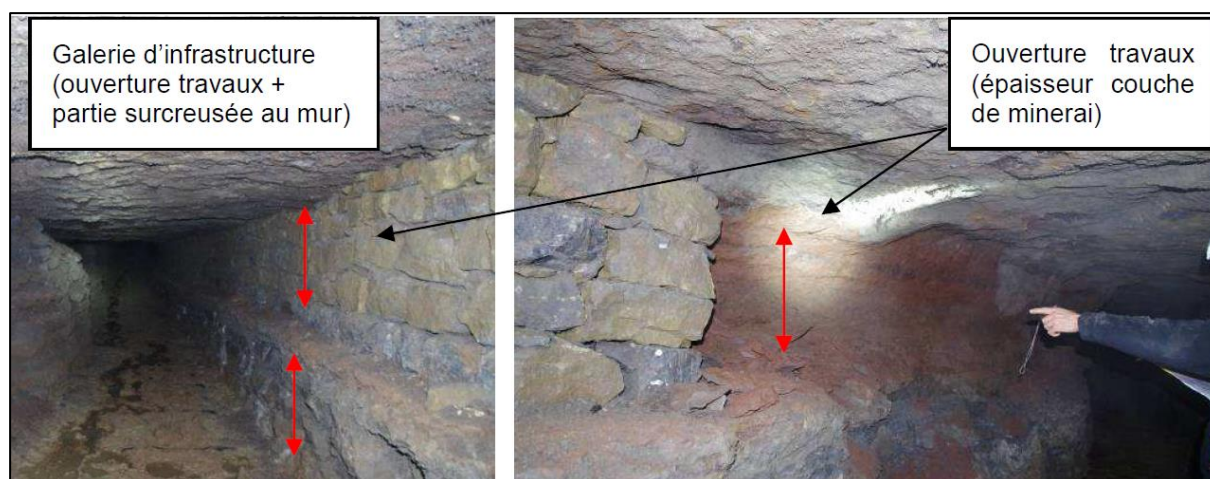


Figure 15 : Photographies de l'ouverture des travaux miniers

4.6.2 Les grandes tailles

Cette méthode est apparue à partir de 1882. Elle est systématiquement adoptée (sur les mines de Mazenay et de Change) dans les zones vierges de travaux où la puissance de la couche est inférieure à 0,8 m.

La mise en place de la méthode par tailles est précédée du creusement de galeries d'exploration à l'avancement. Une fois la zone reconnue, la couche de minerai est abattue (à l'explosif) par tailles¹⁰ desservies par une série de voies secondaires distantes de 10 m les unes des autres (Figure 16). Etant donné l'épaisseur de la couche, le mur est entaillé pour obtenir des voies de 1,1 m de hauteur. Des fronts de taille continus de 50 à 500 m de longueur ont ainsi été mis en place.

¹⁰ Le plus souvent en taille montante avec des gradins de 6 m (6 m correspondant à l'avancement moyen d'un chantier par mois).

L'état de ces travaux est très probablement « effondré ». Par contre, il est possible que des vides résiduels, correspondant aux galeries techniques, soient encore présents.

De plus, aucun suivi des affaissements en surface ne semble avoir été effectué (aucun document ne le mentionne), si bien que des doutes sur le foudroyage réel des terrains subsistent.

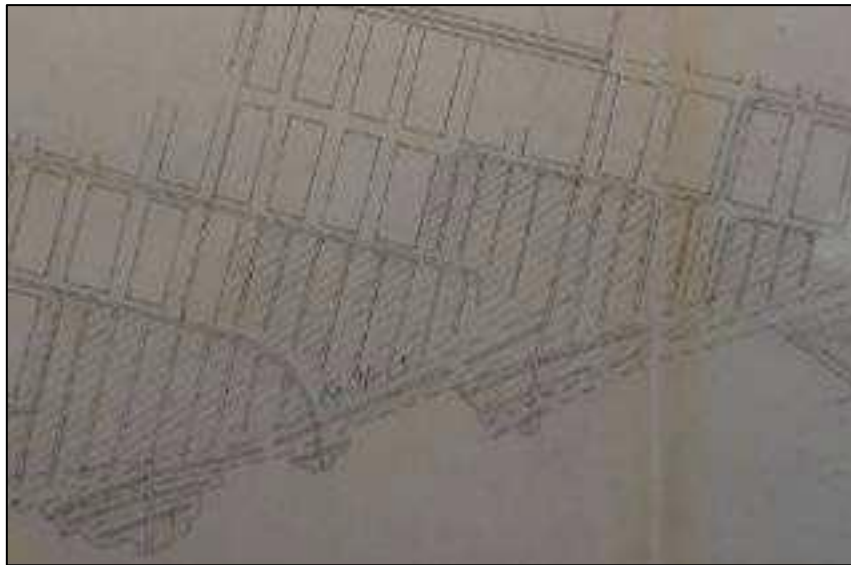


Figure 16 : Aperçu en plan de la méthode des « grandes tailles » (mine de Mazenay, 1883)

Remarque :

Aucun secteur de grandes tailles n'a pu être approché lors de l'inspection de la mine de Mazenay en octobre 2016.

4.6.3 Cas particulier du secteur de Fougères

Ce secteur a été exploité avant l'institution de la concession de Mazenay. Seuls des PV de visite (service des Mines) datant de 1847 et 1848 décrivent succinctement ces exploitations :

- en 1847, « 6 puits sont en exploitation, 7 sont en fonçages. La profondeur des puits est de 7 m » ;
- en 1848, « ...la couche est attaquée par des lignes de puits distants de 20 m // ...17 puits en activité //...puits boisés... ».

Aucune trace de ces travaux n'a été retrouvée lors des phases terrain réalisées. Sans plus d'informations, il sera considéré sur ce secteur une méthode de type puits et galeries rayonnantes.

4.7 Configurations de travaux « homogènes »

Etant donné la mise en œuvre de plusieurs méthodes d'exploitation et les importantes variations relatives aux travaux exploités par galeries et piliers défilés, l'état des travaux souterrains des mines de Change et Mazenay est considéré comme hétérogène. À partir des observations faites en souterrain et des informations fournies par les plans d'exploitation, sept configurations de travaux « homogènes » ont été définies et délimitées cartographiquement.

4.7.1 Travaux uniquement « tracés » (TVX_1)

Il s'agit des zones de travaux figurant sur les plans de Change et Mazenay avec des panneaux présentant des dimensions supérieures à 20 x 20 m. Cette configuration représente environ 8% (20 ha) de la surface totale des travaux de Mazenay et environ 9% (10 ha) de la surface totale des travaux de Change.

Des piliers fabriqués sont parfois présents dans des zones de grandes portées. Le long des galeries principales, les parois ou les passages vides sont régulièrement murés par des ouvrages maçonnés ou non.

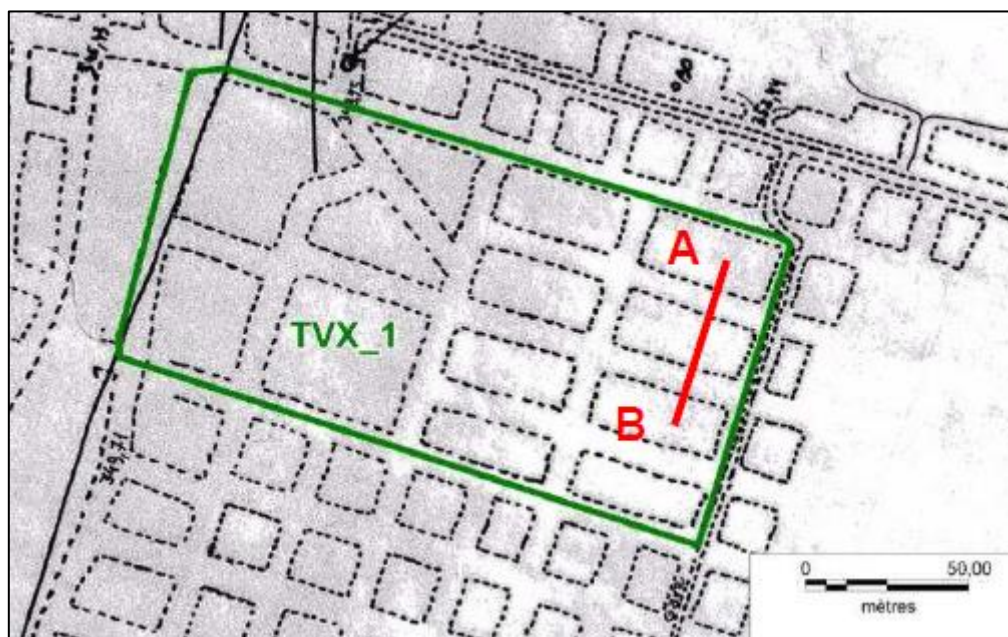


Figure 17 : Vue en plan d'une zone de travaux TVX_1 (extrait plan Mazenay 1914)

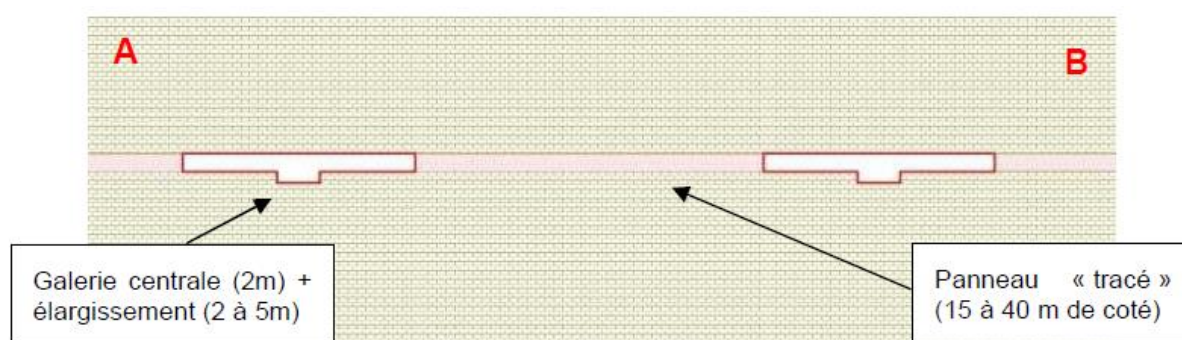


Figure 18 : Coupe schématique de travaux TVX_1 (voir trait de coupe sur la figure précédente)

Il s'agit d'exploitation partielle. Le taux de défrètement varie entre 40% et 50%. Les plus grandes salles « vides » se situent aux intersections, elles présentent des portées pouvant atteindre une quinzaine de mètres.

4.7.2 Travaux tracés et dépilés partiellement (TVX_2)

Il s'agit des zones de travaux figurant sur les plans de Change et Mazenay avec des panneaux présentant des dimensions inférieures à 20 x 20 m. Cette configuration représente environ 25% (65 ha) de la surface totale des travaux de Mazenay et environ 14% (16 ha) de la surface totale des travaux de Change.

Des piliers fabriqués sont parfois présents dans des zones de grandes portées. Le long des galeries principales, les parois ou les passages vides sont régulièrement murés par des ouvrages maçonnés ou non.

Il s'agit d'exploitation partielle. Le taux de défruitement varie grandement, entre 60% et 85%. Les plus grandes salles « vides » se situent aux intersections, elles présentent des portées pouvant atteindre une quinzaine de mètres.

Remarque :

Sur le plan de Mazenay, des zones ne laissant figurer aucun panneau (donc *a priori* exploité entièrement - TVX_3) ont été explorées par des spéléologues. Etant donné leur accessibilité, le dépilage sur ces zones n'est *a priori* pas total. En conséquence, ces zones sont considérées comme dépilées partiellement (TVX_2). Notons aussi que lors de l'inspection de la mine de Mazenay, une zone effondrée a été aperçue dans un secteur partiellement dépilé.

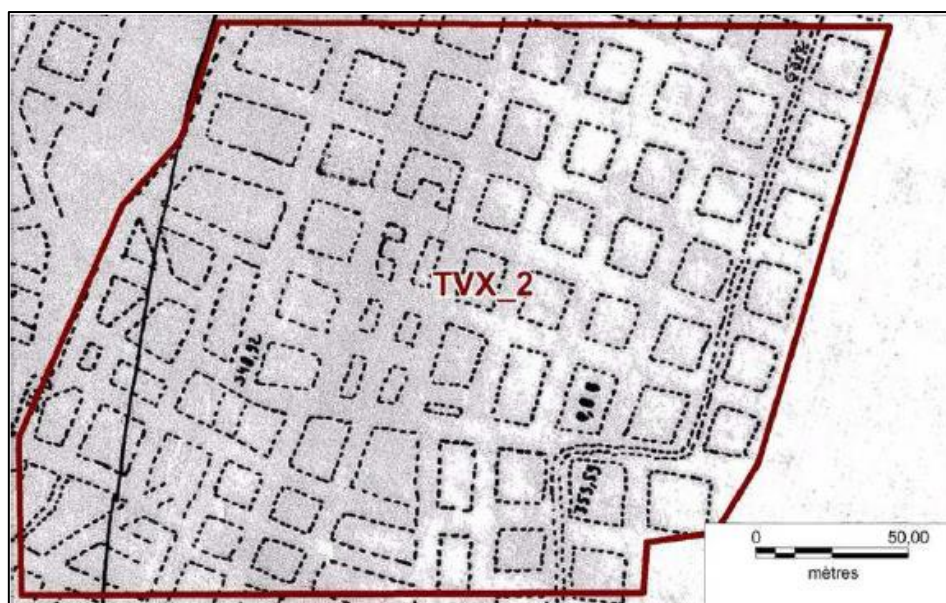


Figure 19 : Vue en plan d'une zone de travaux TVX_2 (extrait plan Mazenay 1914)

4.7.3 Travaux tracés et dépilés entièrement (TVX_3)

Il s'agit des zones de travaux figurant sur les plans de Change et Mazenay sans aucun figuré (zone « blanche » sans dessins de panneaux) et avec la mention « Partie dépilée » (Figure 20). Cette configuration représente environ 40% (100 ha sur Mazenay et 50 ha sur Change) de la surface totale des travaux de Mazenay et Change.

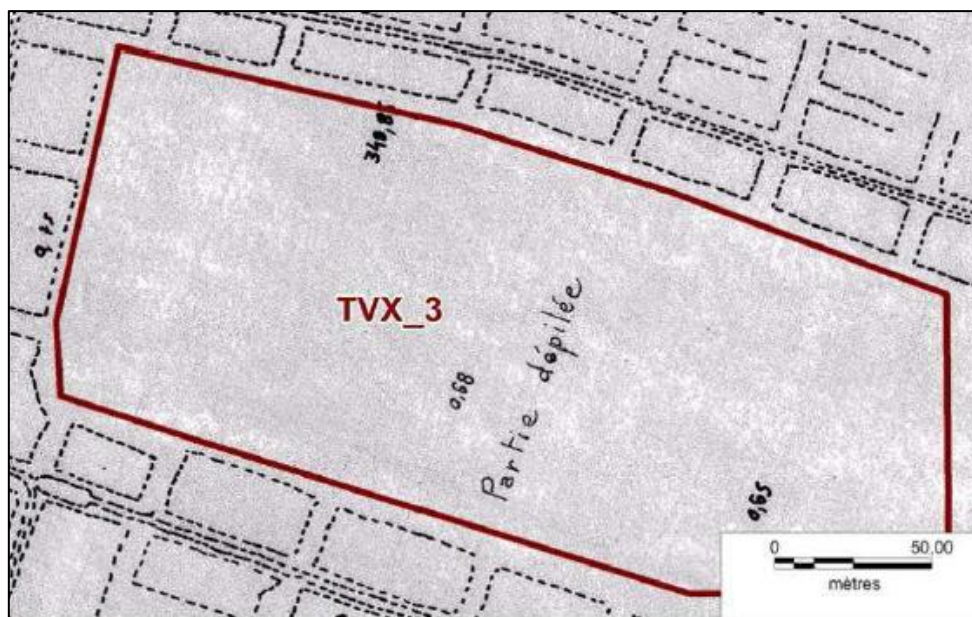


Figure 20 : Vue en plan d'une zone de travaux TVX_3 (extrait plan Mazenay 1914)

À première vue, ces secteurs correspondent à des exploitations totales et ils sont effondrés. Néanmoins, il a été observé sur ces secteurs des zones de travaux non effondrées plus ou moins étendues. Ces observations ont été établies par des spéléologues et une de ces zones a été observée lors de l'inspection de la mine de Mazenay.

La zone observée par nos soins (surface d'environ 200 m²) a été totalement exploitée et présente de nombreux petits piliers fabriqués disposés de manière éparse mais avec une certaine densité (espacement d'environ 5 m). La dimension des piliers fabriqués varie de 1,5 x 1,5 m à 1,5 x 4 m de côté. Notons aussi la présence de murs le long de la galerie desservant la zone. En limite de cette zone « vide », un éboulement a été relevé¹¹.

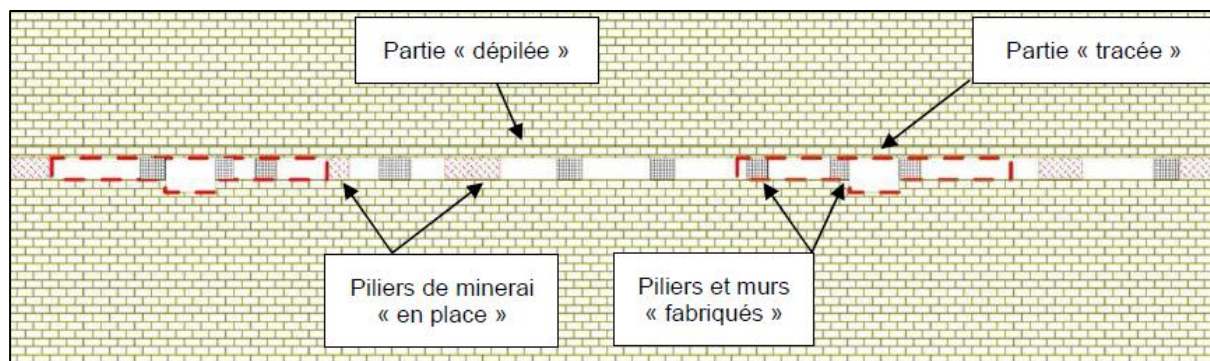


Figure 21 : Coupe schématique de travaux entièrement dépilés (TVX_3) non effondrés, d'après les observations faites sur la mine de Mazenay

Les travaux entièrement dépilés (TVX_3) correspondent *a priori* en grande partie à des zones effondrées. Cependant, la présence de zones de travaux plus ou moins étendues non effondrées, avec un taux de défrètement très important (supérieur ou égal à 85%) est possible. Il est aussi possible que d'anciennes galeries de dessertes confortées soient encore en place.

Notons enfin que les documents d'archives consultés n'ont jamais mis en évidence la présence de vides résiduels étendus.

¹¹ Les extensions de l'éboulement et de la zone « vide » n'ont pu être déterminées à cause du temps imparti à l'inspection et de la faible vitesse de progression dans des zones de moins d'1 m d'ouverture.

4.7.4 Travaux antérieurs à 1870 (TVX_4)

Hormis le cas particulier du secteur des Fougères (TVX_7), les travaux souterrains entrepris avant 1870 ont globalement été menés par la méthode des galeries et piliers dépilés. Ces travaux sont bien délimités sur les plans de Mazenay et Change, ils ont débuté à partir des affleurements et se sont approfondis sur 100 à 200 m sous les coteaux.

Ces zones de travaux figurent sur les plans de Change et Mazenay, soit avec des galeries parallèles partant des affleurements et espacées de 30 à 40 m, soit avec des galeries et piliers aux formes et dimensions très irrégulières (Figure 22). Cette configuration représente environ 7% (18 ha) de la surface totale des travaux de Mazenay et à peine 4% (4 ha) de la surface totale des travaux de Change.

D'après les documents d'archives, les travaux ont été menés de la manière suivante :

- les premières dizaines de mètres depuis l'affleurement ont été exploitées par une succession de galeries type « traçage » contiguës (une galerie principale est percée tous les 10 m et elle est élargie sur 3 à 5 m de chaque côté) ;
- plus en profondeur, la couche de minerai est d'abord explorée par des traçages, puis les piliers laissés sont ensuite entièrement exploités. Le dimensionnement de ces travaux est bien plus faible que ceux exécutés par la suite, des galeries de 5 à 8 m de large (traçage) découpent des piliers de 5 à 8 m de côté ;
- sur Change, les deux petits quartiers isolés au nord de la principale zone de travaux montrent une exploitation par galeries et piliers assez désordonnée (Figure 22, à droite).

Pour tous ces travaux, les documents d'archives relatent l'exécution systématique de murs d'un mètre de large le long des galeries centrales afin d'assurer la tenue du toit.

À plusieurs reprises, l'édification de ces murs est décrite comme une forme de remblayage. Plus rarement, des documents relatent la mise en place de remblais sous forme de « butes » (bourrage, amoncellement ?). Notons aussi que la survenue d'éboulement (foudroyage du toit contrôlé ou non) est rarement relatée.

Lors de l'inspection de la mine de Mazenay, une zone de travaux antérieurs à 1870 a pu être observée. Les observations sont conformes aux descriptions faites ci-dessus, seuls des murs ou piliers fabriqués (non maçonnés) ont été observés. Les galeries font 1 à 1,5 m de large et à peine 1,2 m de hauteur. L'épaisseur de la couche étant inférieure à 1 m, les galeries centrales ont été surcreusées au toit. L'allure des travaux est globalement très irrégulière (galeries non linéaires, murs et piliers fabriqués de formes et dimensions variables). La présence de remblais « bourrés » derrière les murs n'a pu être observée, cependant, la vue de ces travaux montre une certaine ressemblance avec la méthode type « hagues et bourrages » utilisée en carrières souterraines.

Les travaux antérieurs à 1870 (TVX_4) correspondent à des exploitations totales en partie « remblayées » et/ou confortées par des ouvrages de soutènement. Les vides résiduels correspondent aux galeries centrales des traçages.

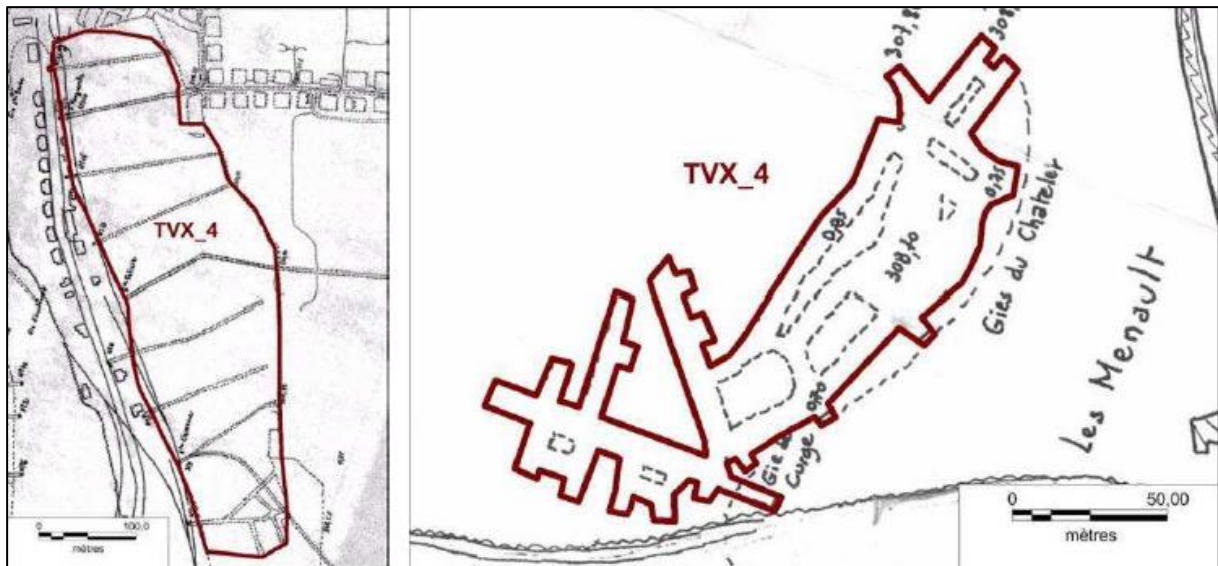


Figure 22 : Vues en plan de zones de travaux TVX_4
(à gauche : extrait plan Mazenay 1914, et à droite : extrait plan Change 1914)

4.7.5 Travaux exploités par grandes tailles (TVX_5)

Les zones de travaux exploitées par grandes tailles figurent sur les plans d'archives, soit par la représentation des voies secondaires espacées d'une dizaine de mètres, soit par la mention manuscrite « grandes tailles ». Ces zonages ne sont pas parfaits et parfois très localisés, la limite avec les travaux exploités par traçage/dépilage est aussi approximative. Au final, plusieurs plans d'archive datant de 1892 à 1914 ont été utilisés pour cartographier ces travaux. Cette configuration représente environ 14% (35 ha) de la surface totale des travaux de Mazenay et environ 30% (34 ha) de la surface totale des travaux de Change.

La description de la méthode est faite au paragraphe 4.6.2. Ces travaux n'ont pas pu être approchés lors de l'inspection de la mine de Mazenay. D'après des récits de spéléologues, ces zones sont « *entièrement effondrées* ».

Il s'agit d'exploitation totale. Ces travaux sont probablement entièrement effondrés mais :

- la présence de galeries techniques encore ouvertes ne peut être écartée ;
- des doutes subsistent sur le foudroyage intégral de ces zones (absence de documents de suivi des affaissements ou des foudroyages).

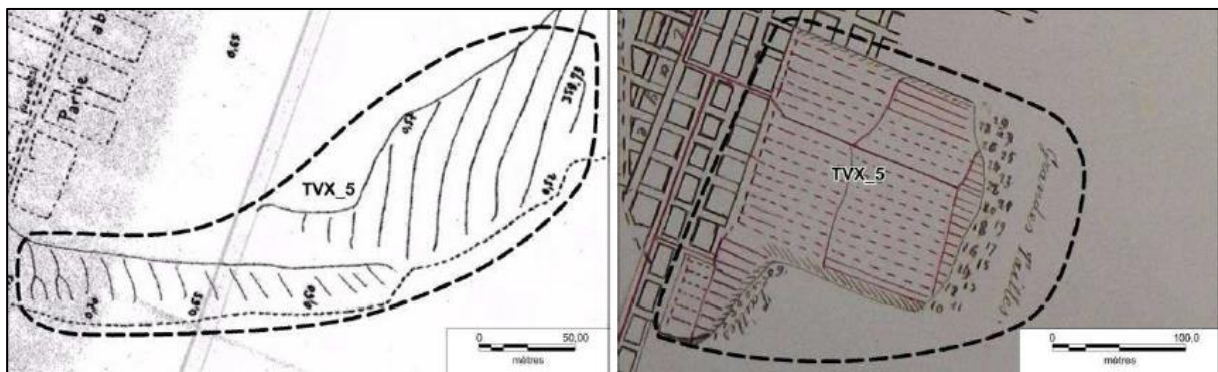


Figure 23 : Vues en plan de zones de travaux TVX_5
(à gauche : extrait plan Mazenay 1914, et à droite : extrait plan Change 1892)

4.7.6 Travaux du secteur des Fougères (TVX_6)

Sur le plan de 1914 (Figure 24), les travaux sont cartographiés sous la forme d'une enveloppe globale avec deux puits reliés par une galerie au nord de l'enveloppe. Sur un plan de 1890, seule une enveloppe de travaux est représentée (Figure 24). Ces travaux couvrent une surface d'à peine 4 ha, soit 1,5% de la surface totale des travaux de Mazenay.

La mention « dépilé » figurant sur le plan de 1890 semble représenter des travaux tracés et dépilés entièrement (TVX_3). Cette méthode est contradictoire avec les descriptions de travaux retrouvées dans des PV de visite du service des mines. Seules ces dernières informations ont été retenues. En conséquence, ces travaux, décrits au paragraphe 4.6.3, ont la particularité d'avoir utilisé une méthode d'exploitation par puits et galeries. Ainsi, la zone devait être quadrillée de puits au fond desquels des galeries rayonnantes d'extension limitée ont été creusées.

L'épaisseur de la couche de minerai dans cette zone est de 0,7 m, il est probable que les galeries aient conservé une hauteur minimale de 1,2 m en sur-creusant au mur ou au toit de la couche.

Il s'agit donc d'une exploitation partielle et la présence de vides résiduels, peu étendus, est possible. Seuls deux puits sont cartographiés, mais étant donné la méthode d'exploitation, plusieurs dizaines (non localisés) ont été foncées sur ce secteur.

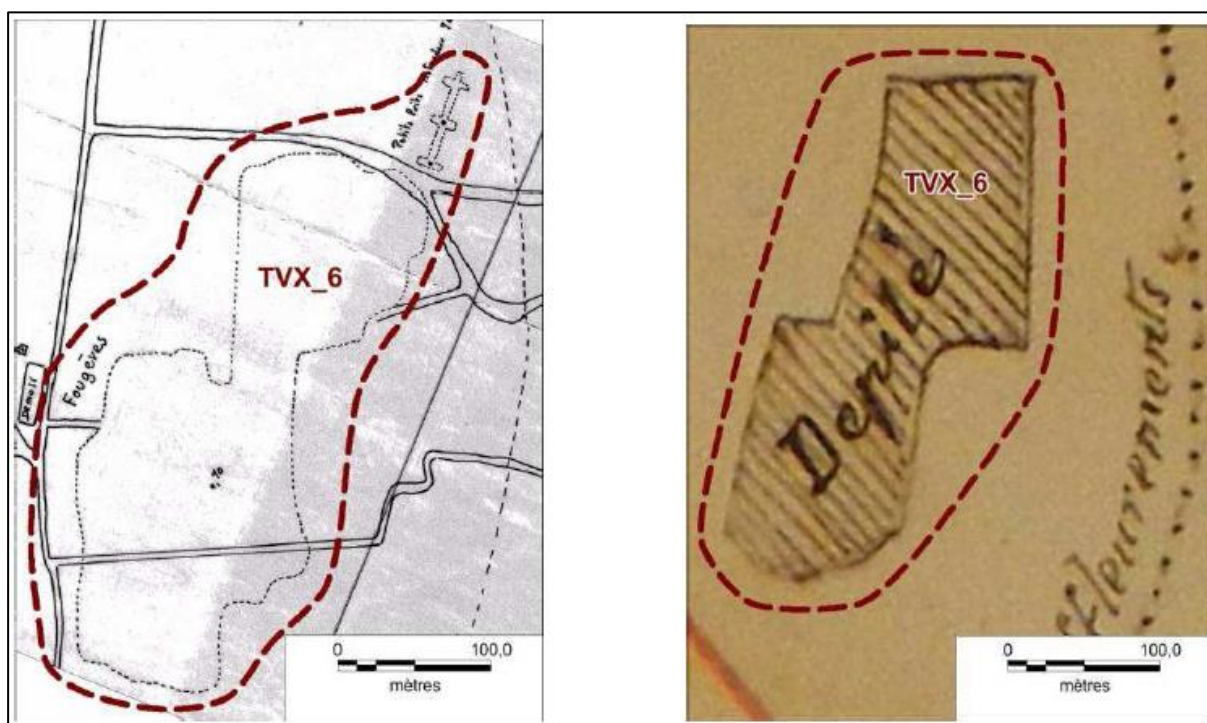


Figure 24 : Vues en plan de zones de travaux TVX_6
(à gauche : extrait plan Mazenay 1914, et à droite : extrait plan Mazenay 1890)

4.7.7 Principales galeries d'infrastructure (TVX_7)

Il s'agit des principales galeries utilisées lors de l'exploitation. Elles reliaient les différentes zones de travaux à la surface et servaient aux déplacements des mineurs tout comme à l'évacuation du minerai. Ces galeries ont pu être aménagées pour permettre la circulation de chevaux et plus tard, une locomotive à vapeur a même été employée sur la mine de Mazenay. Ces galeries figurent sur les plans de 1914, elles représentent environ 2% (5 ha

sur Mazenay et 2,5 ha sur Change) de la surface totale des travaux de Mazenay et de Change.

La plupart de ces galeries a été parcourue par des spéléologues. Lors de l'inspection de la mine de Mazenay, près d'1 km de ces galeries a été emprunté.

Ces galeries font 2 à 3 m de largeur et 1,5 à 2,2 m de hauteur. Pour atteindre cette hauteur, elles étaient le plus souvent surcreusées au mur de la couche de minerai, parfois au toit, et parfois au mur et au toit. Très régulièrement, les parements sont constitués de solides murs maçonnés faisant 0,5 à 1 m de largeur. Quelques passages sont non murés mais de solides piliers fabriqués sont alors présents (photographies Figure 12 et Figure 13). Des soutènements métalliques ont aussi été observés très localement (galerie Sainte-Marguerite).

Ces galeries présentent une rigole surcreusée au sol faisant office de drain. Ces galeries forment ainsi un réseau de drainage permettant l'écoulement des eaux vers les points d'exhaures.

Ces ouvrages sont globalement apparus en bon état. Etant donné les ouvrages de soutènement, ces galeries sont probablement encore en bon état. D'après les spéléologues, seules quelques portions de galeries sont très dégradées au passage de failles décrochantes.

Remarque :

Par nature, les rares galeries isolées recensées seront retenues en TVX_7.

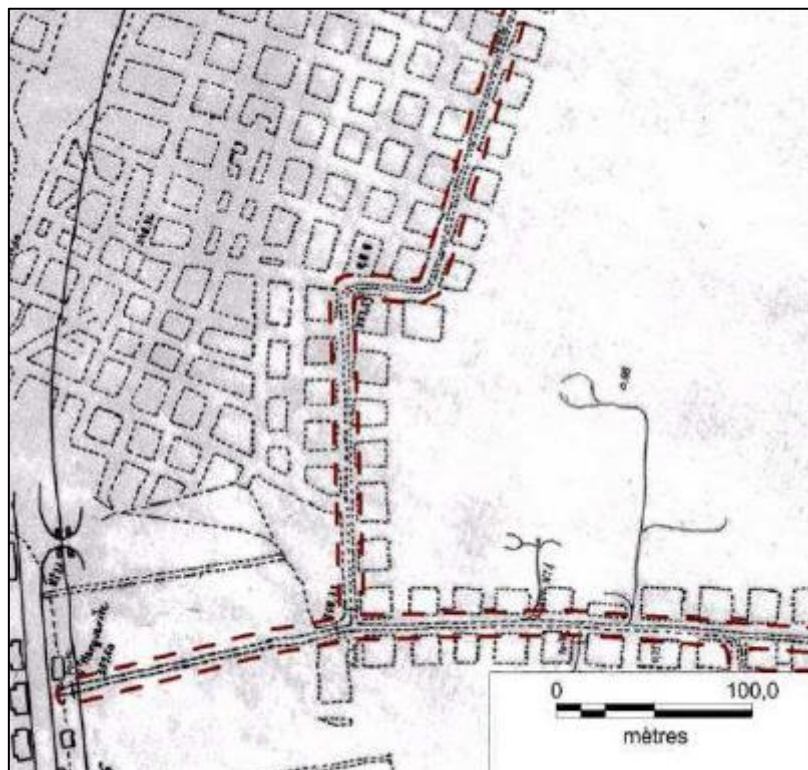


Figure 25 : Vue en plan de galeries principales d'infrastructure (extrait plan Mazenay 1914)

4.8 Profondeur des travaux

Bien que le gisement soit stratiforme et subhorizontal¹², plusieurs failles avec des rejets plurimétriques le recoupent. Le gisement de Mazenay apparaît plus affecté par ces rejets que celui de Change. Les cotes des exploitations peuvent présenter, en conséquence, des variations plurimétriques subites.

L'épaisseur des terrains de recouvrement a pu être déterminée après croisement des cotes des travaux souterrains (présentes sur les plans 1 et 2 de 1914) avec celles de la surface (IGN).

Sur la concession de Change, la cote des affleurements aux Menaults varie entre 305 et 315 m NGF, et la cote des travaux souterrains varie entre 295 m et 325 m NGF. Le croisement avec les cotes de surface conduit à des épaisseurs des terrains de recouvrement de 10 à 200 m.

Les deux-tiers de la surface totale des travaux se trouvent à plus de 50 m de profondeur (sous le mont de Rème). Environ 15% des travaux sont à moins de 30 m de profondeur. L'alignement des puits Saint-Charles et Saint-Pierre (profondeurs respectives de 38 m et 32 m) symbolise approximativement leur limite (au nord de cet alignement, les travaux sont à moins de 30 m). Des bandes de travaux très limitées (le long des affleurements) peuvent se situer à moins de 10 m de profondeur (voir remarque).

Sur la concession de Mazenay, les principaux affleurements, présents au sud du hameau de Mazenay, se situent entre 355 m NGF et 360 m NGF. La cote des travaux souterrains varie entre 335 m NGF et 390 m NGF. Ces fortes variations sont liées à d'importants rejets de faille. Le secteur de Parnay se trouve entre les cotes 380 m NGF et 390 m NGF. À l'inverse, le quartier du puits Saint-Laurent, situé sous le hameau de Mazenay, se situe entre 335 m NGF et 345 m NGF. La principale zone de travaux, située sous le Mont de Rome Château, se trouve entre 350 m NGF et 370 m NGF.

Le croisement avec les cotes de surface montre des épaisseurs de terrains de recouvrement variant d'à peine 10 m à 185 m. Environ la moitié des travaux souterrains se situe à plus de 50 m de profondeur (sous le Mont de Rome Château) et près d'un tiers des travaux est à moins de 30 m de profondeur. Quelques zones sont à moins de 10 m de profondeur (voir remarque), elles se situent à proximité immédiate des affleurements du hameau de Mazenay, au niveau du lieu-dit « La Créée » et sur une partie des travaux du secteur des Fougères. Notons que la majeure partie du hameau de Mazenay est sous minée par des travaux situés entre 10 et 30 m de profondeur.

Remarque :

Des différences d'altitude allant de 5 à 10 m ont été constatées pour une même position, selon qu'elle ait été mesurée au dGPS, déterminée à partir du SCAN 25 ou lue sur les plans de 1914. Les incertitudes de position (x, y) et d'altitudes (z) du support cartographique de la surface (IGN) et celles des plans de 1914 engendrent une imprécision sur la mesure de l'épaisseur du recouvrement. Cette imprécision est estimée à 5 m. Le zonage des travaux inférieurs à 10 m de profondeur est en conséquence approximatif et indicatif.

¹² Des légers pendages sont présents (<10° et souvent dirigés vers l'ouest).

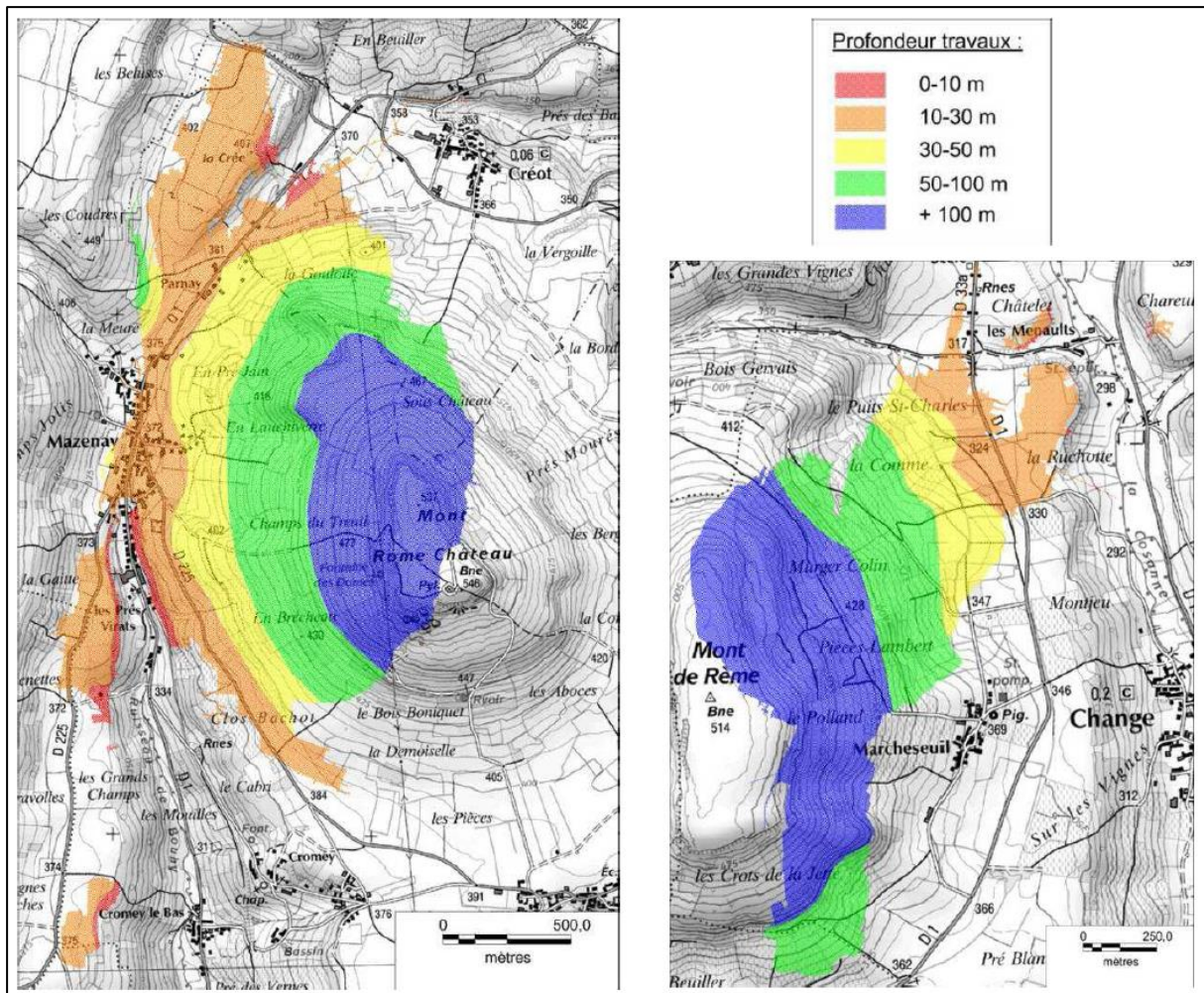


Figure 26 : Profondeur des travaux sur les mines de Change et Mazenay

4.9 Hydrogéologie minière, ennoyage des travaux et exhaures

Lors des exploitations de Change et Mazenay, des contraintes liées à l'épuisement des eaux étaient présentes, surtout pour les travaux antérieurs à 1870. Plus tard, l'utilisation de pompes de relevage, couplée à un réseau d'écoulement des eaux efficace (rigoles le long des principales galeries techniques) permettait de s'affranchir des problèmes d'eau. Toutes ces eaux étaient redirigées vers des galeries d'exhaures. Après l'arrêt des pompes, il est probable que des zones de travaux « basses » se soient entièrement ennoyées. *A priori*, ces zones sont localisées et la majeure partie des travaux de Mazenay et Change est encore drainée gravitairement et donc hors d'eau. Même hors d'eau, les travaux miniers sont soumis à des circulations d'eau permanentes ou non. Ces dernières proviennent des importants réseaux karstiques existants dans les formations sus-jacentes. Sur Mazenay, comme sur Change, plusieurs déversements subits d'eaux issues de karsts sont rapportés. Ces événements avaient lieu lors d'importants épisodes pluvieux.

Toutes les résurgences d'eau retrouvées lors des phases terrain figurent sur la carte informative.

Sur la concession de Mazenay, plusieurs exhaures sont présentes et drainent (ou drainaient) différentes zones de travaux plus ou moins étendues. De manière synthétique, il s'agit de :

- la galerie d'écoulement du Créot (330 m NGF, G22 sur la carte informative, Figure 27). L'orifice présente un écoulement de plusieurs litres par minute. Cette galerie draine la principale zone de travaux (sous le Mont de Rome Château) ;
- la galerie inférieure de Parnay (380 m NGF, G23 sur la carte informative). Elle draine le secteur de Parnay. L'orifice est ouvert et présente un léger écoulement d'eau ;
- au niveau du hameau de Mazenay :
 - le puits Saint-Laurent (P23 sur la carte informative) servait exclusivement au relevage des eaux minières ;
 - une dizaine de mètres en aval de la galerie Sainte-Barbe (G26 sur la carte informative), une importante résurgence d'eau (source du ruisseau de Bouhy) est présente (indice 18). Même si cette résurgence n'est pas en communication directe avec les travaux miniers, elle doit drainer en partie les travaux en amont ;
 - une galerie d'écoulement (G40 sur la carte informative) figure sur le plan de 1914 et n'est plus visible (sous un hangar récent). Cet ouvrage débouchait *a priori* dans le ruisseau de la Bouhy (355-360 m NGF) et devait drainer une partie des vieux travaux du versant ouest de la vallée ;
- au sud du hameau de Mazenay, sur le versant ouest de la vallée, la galerie Sainte-Marie (G47 sur la carte informative) faisait office de galerie d'écoulement. Elle n'a pas été retrouvée mais des petites résurgences d'eau, situées quelques mètres en aval des vieux travaux, ont été observées (indice 7, 350 m NGF).



Figure 27 : Vue de la galerie d'écoulement du Créot (cliché INERIS)

L'inspection de la mine de Mazenay a aussi permis de relever :

- une zone de travaux, située sous le hameau de Mazenay (entre les puits Saint-André et Saint-Laurent (P22 et P23 sur la carte informative)), est soumise à un important battement de nappe (Figure 28). D'après les spéléologues, le quartier du puits Saint-Laurent est constamment ennoyé et la zone soumise au battement de nappe est entièrement sous eau durant l'hiver. Ces observations sont logiques étant donné l'arrêt du pompage au puits Saint-Laurent ;

- des écoulements d'eau dans les rigoles présentes au sol des principales galeries d'infrastructure. Cette observation atteste le drainage encore effectif des eaux de la mine.



Figure 28 : Aperçu de la zone soumise à un battement de nappe
(cliché INERIS - inspection octobre 2016)

Sur la concession de Change, la majorité des travaux est drainée par la galerie d'écoulement débouchant dans la Cosanne à la cote 295 m NGF (G18 sur la carte informative, Figure 29). Un écoulement de plusieurs litres par minute est visible. Une exhaure est également présente à l'orifice de la galerie des Menaults (G8 sur la carte informative, cote 300-305 m NGF), cette dernière draine *a priori* uniquement les vieux travaux.



Figure 29 : Vue de la principale galerie d'écoulement G18 de Change (cliché INERIS)

4.10 Etat actuel des sites

4.10.1 Les ouvrages débouchant au jour (ODJ) et les tranchées

Au total, 79 ouvrages débouchant en surface ont été répertoriés : 52 entrées de galeries et 27 puits. La répartition des ouvrages (retrouvés ou non) sur les concessions et hors concession est détaillée dans le Tableau 2 suivant.

Concessions	Vus sur le terrain	Non retrouvés	Total
Change	8 (3 entrées de galeries et 5 puits)	26 (19 entrées de galeries et 7 puits)	34 (22 entrées de galeries et 12 puits)
Mazenay	12 (9 entrées de galeries et 3 puits)	32 (21 entrées de galeries et 11 puits)	44 (30 entrées de galeries et 14 puits)
Hors concession	0	1 (1 puits)	1 (1 puits)
Total	20 (12 entrées de galeries et 8 puits)	59 (40 entrées de galeries et 19 puits)	79 (52 entrées de galeries et 27 puits)

Tableau 2 : Répartition des ODJ par concession

Au total, 12 entrées de galeries et 8 puits ont été retrouvés sur le terrain. Les photographies des ouvrages retrouvés sur le terrain sont proposées en Annexe 3. De manière synthétique, l'état observé de ces ouvrages est décrit dans le Tableau 3 suivant.

Numéro ODJ	Nom usuel	Commentaire
P3	Puits de la Ruchotte	Puits ouvert et vide à ras du sol, non signalé. Profondeur de 22 m
P4	Puits des Menaults	Légère dépression (et végétation différente) dans un champ
P5	Puits Saint-Pierre	Tassement des remblais d'un mètre (vue du cuvelage et d'une galerie technique)
P6	Puits Saint-Charles	Tas de pierre au droit du puits
G8	Galerie des Menaults	Tranchée d'accès et résurgence visible
G18	Galerie d'écoulement	Orifice sortant dans la rivière Cosanne visible (Figure 29)
G23	Galerie de Parnay inférieure	Entrée fermée par une grille, résurgence visible
P16	Descenderie n°3	Tas de pierres au droit de l'orifice (puits)
P21	Descenderie n°2	Végétation différente dans la pâture, a débouqué plusieurs fois (puits)
P23	Puits Saint-Laurent	Ouvert et maçonné, faible section (impénétrable)
G26	Galerie Sainte-Barbe	Entrée fermée par une grille, éboulée au bout de 11 m
G27	Galerie Sainte-Marguerite	Entrée murée en bordure de route
G31	Galerie Sainte-Félicie	Entrée ouverte et pénétrable au pied d'un front de 10 m
G34 et G35	Galerie Sainte-Clémence *2	Entrée principale murée avec passage (pénétrable)
G22	Galerie d'écoulement Créot	Entrée ouverte et pénétrable, maçonnée et résurgence visible
P7	Puits de recherche	Dépression à l'emplacement du puits
G32	Galerie 8	Petite porte fermée à clé en bord de route
G45	Galerie 6	Entrée éboulée avec fontis 4-5 m en amont
G44	Galerie 2	Dépression à l'emplacement de l'entrée

Tableau 3 : Etat des ouvrages retrouvés sur le terrain

Les données d'archives et les observations de terrain ont permis de renseigner un tableau (Annexe 4) avec les paramètres suivants :

- localisation de l'ouvrage : commune, secteur minier, nom de l'ouvrage ;

- accessibilité et pénétrabilité de l'ouvrage ;
- rôle de l'ouvrage si cette information est connue : recherche, exploitation, etc. ;
- dimensions de l'ODJ et dimensions du corps de l'ouvrage ;
- état d'envoyage ;
- incertitude sur le positionnement.

Remarques :

- tous les ouvrages recensés sur les plans d'archives ont été cartographiés et la majorité a été recherchée sur le terrain. Les entrées de galeries G20, G21, G29, G37, G38 et G39 et les puits P2, P24, P25, P26 et P27 sont cartographiés mais n'ont pas été recherchés sur le terrain. Les incertitudes de position des ouvrages cartographiés s'échelonnent entre 5 m (ouvrage observé et levé au dGPS) et 50 m ;
- des puits et entrées de galeries, non localisés, ont été exécutés au droit des secteurs de vieux travaux. Ces ouvrages sont relatés dans des documents d'archives mais ils ne figurent pas sur les plans retrouvés. En conséquence, leur localisation n'a pas été possible ;
- deux accès aux travaux souterrains ont été aménagés par les spéléologues, ils ont été définis en indices et non en ODJ minier (voir paragraphe 4.10.5 suivant).

4.10.1.1 Caractéristiques des ouvrages débouchant au jour

Les informations sur les caractéristiques des ouvrages débouchant au jour proviennent de documents d'archives écrits ou d'indications mentionnées sur les plans de travaux. Les observations faites lors des phases terrain ont aussi fourni des données, tout comme les échanges avec des spéléologues ou des riverains du hameau de Mazenay. De manière synthétique, il en ressort que :

Concernant les puits

- 6 puits ont été foncés dans le but de reconnaître la couche de minerai. Il s'agit de 6 ouvrages borgnes (hors zones de travaux). Seul un de ces puits a été retrouvé (dépression, P7 sur la carte informative, 12 m de profondeur). Ces ouvrages ont probablement un faible diamètre (<2 m) et ils ont dû être revêtus provisoirement en bois. Leur profondeur est estimée inférieure à 30 m ;
- 6 puits n'ont *a priori* servi qu'à l'aérage des travaux. Leur profondeur varie entre 20 m et 25 m. Seul un de ces puits a été retrouvé (ouvert, cuvelage briques, 50 cm de diamètre, 22 m de profondeur, P3 sur la carte informative). *A priori*, tous les puits d'aérage ont un faible diamètre (<2 m) et un cuvelage maçonné ;
- 12 autres puits débouchent dans les travaux et ont *a priori* servi à l'extraction du minerai et/ou à la descente des mineurs¹³. Mis à part les deux puits du secteur des Fougères (vieux travaux) qui font 8 m de profondeur, ces puits font entre 24 m et 38 m de profondeur. Leur diamètre est estimé entre 3 à 5 m et ils sont très probablement revêtus en pierres ou en briques maçonnées ;
- le puits Saint-Laurent (retrouvé, P23 sur la carte informative) n'a servi qu'au pompage des eaux de la mine de Mazenay. Il est ouvert, maçonné en pierre, présente une très faible section (diamètre de 10 cm) le rendant impénétrable. Il mesure 26 m de profondeur.

¹³ Les trois ouvrages nommés « descenderies 1, 2 et 3 » sont en réalité des puits (nommés respectivement P19, P21 et P16). Leur nom viendrait de leur rôle de puits d'accès aux travaux pour les mineurs.

Remarque :

Les deux puits de Travol (P26 et P27 sur la carte informative, non retrouvés), situés au droit de vieux travaux de Mazenay, présentent des informations incohérentes. Leur profondeur est de 8,6 m d'après le plan de 1914, alors qu'à cet endroit, la couche de minerai est estimée aux alentours de 15-20 m de profondeur (profondeur travaux retenue).

Concernant les entrées de galeries

Sur les 52 entrées de galerie localisées, 46 entrées donnent directement accès à des zones exploitées, 3 correspondent au débouché de galeries d'exhaure et 3 sont des ouvrages de recherche sans travaux connus. Mises à part les galeries d'exhaure, toutes les entrées ont été creusées directement à l'affleurement de la couche de minerai.

Les ouvrages percés avant 1870 (non retrouvés) avaient de faible section ($L/I < 2$ m). Etant donné la méthode d'exploitation à cette époque, ces entrées étaient probablement renforcées par des murs (pierres ou moellons non maçonnés) de part en part.

Les ouvrages creusés après 1870 correspondaient aux débouchés de grandes voies de roulage desservant des chantiers éloignés. Mis à part la galerie Sainte-Marguerite¹⁴, (équipée de rails et d'une locomotive) dont la section visible en bord de route est de 3 x 2,5 m, les autres entrées retrouvées ne présentent pas de dimensions supérieures à 2 x 2 m. Ces entrées sont *a priori* toutes confortées par de solides murs maçonnés. Certaines étaient même renforcées au toit par des voûtes maçonnées (observées sur les premiers mètres des galeries Sainte-Clémence (G34), Sainte-Barbe (G26) et de Parnay (G23)) ou par des soutènements métalliques (observés au toit de la galerie Sainte-Marguerite (G27)).

4.10.1.2 Informations sur les traitements des ODJ

Peu d'informations sur le traitement des ouvrages à la fermeture des mines ont été retrouvées.

Plusieurs rapports du service des Mines, réalisés au moment de la cessation de l'activité minière (entre 1910 et 1915), prescrivaient de remblayer des puits et de murer les entrées de galeries. Aucun rapport constatant les travaux effectués sur ces ouvrages n'a été retrouvé.

Les ouvrages retrouvés lors de la phase terrain ont mis en évidence (Tableau 3) :

- un puits avec un tassement d'1 m de diamètre ;
- deux puits recouverts de tas de pierre ;
- deux puits ayant débourré ;
- trois entrées de galeries murées¹⁵ ;
- deux entrées de galeries effondrées ;
- deux puits vides et cinq entrées ouvertes.

Remarques :

- les entrées datant des plus anciennes exploitations ne sont plus visibles aujourd'hui. Ces dernières se situaient directement à l'affleurement de la couche de minerai et au pied de fronts rocheux d'une dizaine de mètres de hauteur. Des tranchées d'accès étaient probablement nécessaires pour mettre à jour ces affleurements (tranchée encore visible sur la galerie des Menaults). Ces zones, au pied des fronts, ont subi un important talutage de sorte qu'aujourd'hui, ces entrées se situent probablement plusieurs mètres en dessous du niveau du sol bordant les fronts rocheux. L'action de

¹⁴ Galerie empruntée lors de l'inspection de la mine de Mazenay.

¹⁵ La galerie Sainte-Clémence est fermée par deux murs espacés de 2 m ; ces derniers ont été percés pour le passage d'homme.

talutage a pu être volontaire (obstruction des entrées en supprimant les tranchées ou en poussant des déblais contre les fronts) et/ou naturelle au fil du temps ;

- à partir des explorations spéléologiques, bon nombre d'ouvrages débouchant au jour a été observé depuis l'intérieur des travaux. Sur Mazenay et Change, la plupart des puits a ainsi été observée avec des murs maçonnés circonscrivant la base des ouvrages et avec des remblais à l'intérieur. Ces murs sont en bon état, sauf celui du puits Saint-André (P22 sur la carte informative) qui est éboulé¹⁶, un cône de remblais est alors visible.

4.10.2 Les dépôts de surface

Aucun dépôt minier n'a été observé lors de la phase terrain. Aucun dépôt minier n'est mentionné dans les documents d'archive. Le tri entre le minerai et les blocs stériles provenant du mur ou du toit de la couche était réalisé au fond par les mineurs, les parties stériles (peu importantes avec le mode d'abattage employé) étant utilisées pour confectionner les ouvrages de soutien (murs, piliers) ou pour remblayer partiellement les vides.

4.10.3 Désordres observés en surface

La phase terrain et la consultation des archives a permis de répertorier cinq désordres d'origine minière avérée :

- désordre 1 (noté D1 sur la carte informative): les déboussages (3 fois) du même puits « Descenderie n°2 » (P21) à la sortie nord du hameau de Mazenay. Ces événements ont été relatés par un riverain et par le propriétaire de la parcelle concernée (pâturage). Lors du dernier déboussage (il y a 10-15 ans), le trou formé mesurait 3 à 4 m de diamètre et 2 à 3 m de profondeur. Le cuvelage rond et maçonné (en briques) était visible. À chaque fois, le trou a été comblé par un agriculteur ;
- désordre 2 (noté D2 sur la carte informative) : le tassement d'environ 1 m des remblais du puits Saint-Pierre (P5) ;
- désordre 3 (noté D3 sur la carte informative) : une dépression ample au droit de la galerie d'écoulement de Change G18, à 35 m de son orifice. Désordre correspondant probablement à un ancien effondrement localisé dont les pentes se sont adoucies (ou remblayées). À cet endroit, la galerie passe à moins de 5 m de profondeur ;
- désordre 4 (noté D4 sur la carte informative) : effondrement localisé de 3 m de diamètre et 1,5 m de profondeur situé au droit d'une galerie se trouvant à moins de 3 m de profondeur (l'orifice de l'entrée éboulée de la galerie G45 se situe à 5 m en aval du désordre) ;
- désordre 5 (noté D5 sur la carte informative) : en 1941, un propriétaire relate « l'affaissement » d'un ancien puits de mine remblayé au lieu-dit La Comme et en bordure de la route D33a. Seul le puits des Menaults (P4) correspond à cette situation. Le courrier du propriétaire décrit un trou de 5 à 6 m de profondeur et de 3 m de diamètre. Ce désordre a par la suite été comblé. Lors de la visite du site, une légère dépression couverte de ronce positionne le puits dans une pâture (position confirmée par l'agriculteur exploitant le terrain).

Le Tableau 4 présente l'ensemble des désordres relevés dans cette étude ainsi que leurs caractéristiques connues. Les photos des désordres sont situées en Annexe 3.

¹⁶ Le puits Saint-André se situe dans la zone de battement de nappe. Ce phénomène peut avoir participé à la dégradation du mur maçonné.

Nom	Type	Commune	Source	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Remarque
D1	effondrement localisé	Saint-Sernin-du-Plain	GPS	4	3	3	Débouillage (trois fois) au droit de la descenderie n°2 (P21). Débouillages relatés par un riverain et le propriétaire de la parcelle. Le cuvelage rond et maçonné (en briques) était visible. Le trou a à chaque fois été comblé par l'agriculteur
D2	tassement	Change	GPS	4	4	1	Tassement des remblais au droit du puits Saint-Pierre P5
D3	effondrement localisé	Change	GPS	5	5	0,5	Effondrement au droit de la galerie d'écoulement G18, à 35 m en amont de son orifice.
D4	effondrement localisé	Saint-Sernin-du-Plain	GPS	3	3	1,5	Effondrement de 3 m de diamètre et 1,5 m de profondeur à 5 m en amont de l'entrée de galerie G45
D5	effondrement localisé	Change	GPS	3	3	6	Débouillage au droit du puits des Menaults P4. Débouillage qui a été comblé. Il reste visible une légère dépression couverte de ronces

Tableau 4 : Recensement des désordres sur le secteur de Mazenay

Des inondations soudaines ou « *coups d'eau* » ont également été rapportées par les spéléologues. Elles se seraient manifestées au niveau des entrées de galerie d'exhaure, et notamment celle du Créot dans les années 1980¹⁷, après que celles-ci aient subi des travaux (murs ou barrages) par les propriétaires. Aucun écrit d'archive n'a été retrouvé à ce sujet.

Plusieurs mouvements de terrain survenus dans la région sont relatés dans les archives. L'origine non minière de ces désordres a, à chaque fois, été démontrée par le service des mines. De manière synthétique, il s'agit :

- d'effondrements localisés liés à des cavités karstiques présentes en nombre dans la formation des calcaires à Gryphées (sus-jacente à la couche de minerai fer) ;
- d'effondrements localisés liés à des carrières souterraines de gypse (formation du Trias située en dessous de la couche de minerai) ;
- d'un effondrement localisé lié à une fuite de conduite d'eau potable ;
- de glissements de terrain superficiels apparus en 1879 et 1897 sur les pentes du Mont de Rème. En 1897, une étude du service des mines est réalisée pour évaluer les liens possibles avec les travaux de la mine de Change sous-jacents. Cette étude attribue ces phénomènes à la nature marneuse des terrains affleurants, à la pente du versant (25 à 30%), aux fortes pluies et à l'exécution de tranchées en surface (travaux non miniers).

4.10.4 Aérage, gaz de mine et feux souterrains

Aucun feu souterrain n'a été répertorié dans les archives des mines de Mazenay et Change. Aucun dégagement de gaz type CH₄, H₂S n'est relaté, par contre, la présence de « *gaz carbonique* » (CO ou CO₂) a été mentionnée une fois sur la mine de Change lorsque des chantiers en cours ont recoupé des vieux travaux.

De plus, ces mines ont connu des problèmes d'aérage à cause de l'éloignement des zones de travaux par rapport aux ouvrages débouchant au jour (mauvaise ventilation).

Cela a été particulièrement le cas sur la mine de Change où seuls quelques ouvrages, regroupés au nord, reliaient les travaux à la surface. Durant l'été 1881, sur la mine de Change, « *un feu est fait au puits Chatelet pour forcer un retour d'air et accentuer le tirage*

¹⁷ « *à la suite de la rupture du barrage, une importante vidange s'est faite et a occasionné une crue du ruisseau présent entre Créot et Paris-l'Hôpital* », spéléologues.

aux autres ouvrages débouchant au jour ». Quelques années plus tard, un ventilateur sera installé pour améliorer la ventilation des travaux. Sur la mine de Mazenay, le positionnement des entrées et des puits couvre davantage la grande zone de travaux. Des circuits d'air se sont ainsi créés naturellement et l'aérage n'a jamais été une contrainte pour l'exploitation.

4.10.5 Indices miniers

Les indices miniers correspondent à des observations faites lors des phases terrain et levées au dGPS. La moitié des indices correspond à des traces topographiques observées à proximité de l'emplacement d'ouvrages débouchant au jour (issu du calage d'un plan de mine). Leurs caractéristiques ne permettent pas de les définir de manière certaine comme étant le puits ou l'entrée de galerie des travaux concernés.

L'ouvrage minier reste à la position issue du calage de plan (ouvrage « localisé ») et l'indice demeure à sa position distincte levée au dGPS.

D'autres indices correspondent à des observations potentiellement en lien avec les travaux miniers ou l'activité minière en général (résurgences, karst, ruines de bâtiments minier).

Les accès aux travaux souterrains de Change et Mazenay aménagés par les spéléologues ont été répertoriés comme indices. En effet, il ne s'agit pas *sensu stricto* d'ODJ de nature minière (Figure 30) :

- sur la mine de Mazenay, l'accès¹⁸ (indice 1) correspond à un vide karstique débouchant au toit de la galerie Sainte-Marguerite (G27). En surface, l'accès est fermé à clé par une porte métallique ;
- sur la mine de Change, un passage subvertical (indice 17) a été creusé depuis la surface pour déboucher au toit de la galerie des Menaults (G8). Cet accès est situé une dizaine de mètres en amont de l'orifice muré de la galerie. L'accès est ouvert et pénétrable.



Figure 30 : Vues d'accès « spéléos »
(à gauche : la Mine de Mazenay (indice 1), et à droite : la Mine de Change (indice 17))

Tous les indices miniers répertoriés figurent sur les cartes informatives. Le Tableau 5 présente synthétiquement leurs caractéristiques.

¹⁸ Accès emprunté pour l'inspection en octobre 2016.

Id	Observations	Id	Observations
1	Accès spéléos, Mine de Mazenay	10	Dépression en pied de talus peut-être en lien avec le puits Planor P17
2	Cavité karstique	11	Terrain chahuté peut-être en lien avec l'entrée de la galerie G43
3	Cavité karstique	12	Cavité karstique
4	Halo de végétation suspect et traces d'une ancienne plateforme peut-être en lien avec le puits Saint-François P15	13	Dépression en pied de talus peut-être en lien avec l'entrée de galerie Sainte-Marie G47
5	Ruine du bâtiment d'exploitation du puits Saint-Pierre P5	14	Petite niche en partie enterrée peut-être en lien avec l'entrée de galerie G48
6	Ruine du bâtiment d'exploitation du puits Saint-Charles P6	15	Dépression et grattages peut-être en lien avec les entrées de galeries G3 ou G5
7	Résurgence	16	Dépression et grattages peut-être en lien avec les entrées de galeries G3 ou G4
8	Ruine du bâtiment d'exploitation du puits Saint-Eugène P18	17	Accès spéléos, Mine de Change
9	Tranchée d'accès à la galerie supérieure de Parnay G24	18	Résurgence

Tableau 5 : Caractéristiques des indices miniers répertoriés

4.10.6 Autres ouvrages et infrastructures miniers

Exploitations à ciel ouvert

Aucune exploitation à ciel ouvert n'est mentionnée dans les documents d'archives ou n'a été observée lors de la phase terrain. La présence d'au moins 10 m de calcaires à Gryphées au-dessus de la couche de minerai (lorsqu'elle affleure) explique cela.

Infrastructures

Globalement, les exploitations minières ont laissé peu de traces dans le paysage. Les principaux vestiges de l'activité minière correspondent aux ouvrages en terre qui supportaient l'ancienne voie ferrée reliant les mines de Mazenay et Change au Creusot. Quelques bâtiments de la mine sont encore présents au hameau de Mazenay (notamment celui renfermant le puits Saint-Laurent). Sur Change, seules des ruines des bâtiments d'exploitation proches des puits Saint-Charles et Saint-Pierre ont été observées.

4.11 Cartographie

La cartographie informative (Annexe 6) est établie à l'échelle de 1/15000 (avec des zooms au 1/2500) et présente les éléments suivants :

- le SCAN 25 et la BD ORTHO de l'IGN ;
- les travaux souterrains (galeries) : la couleur du graphisme est fonction de leur profondeur ;
- les emprises de travaux avérés et supposés ;
- les ouvrages débouchant en surface (puits, galeries) observés lors de la visite de site et/ou mentionnés dans les archives ;
- les désordres observés lors de la visite de site ou répertoriés dans les archives ;
- les limites de communes ;
- les limites de concessions.

4.11.1 Méthode de dénomination

Les ouvrages/indices miniers ont été nommés de la manière suivante :

- **Pn** pour les puits (**n** étant un numéro séquentiel arbitrairement choisi) ;
- **Gn**, numérotation de même principe pour les entrées de galerie et les descenderies ;
- **Dn**, numérotation de même principe pour les désordres ;
- **n**, numérotation de même principe pour les indices miniers.

4.11.2 Géoréférencement des plans miniers et incertitude de localisation

Les plans et schémas miniers sur le secteur de Mazenay sont au nombre de 7 (Tableau 6). Cinq plans ont pu être géoréférencés et reportés sur fond cartographique.

Ces plans sont disponibles en Annexe 2.

N° du plan en annexe 2	Titre	Concession	Descriptif	Echelle	Date	Lieu d'archivage	Référence archives	Fichier géoréférencé	Incertitude de calage (m)
1	Plan général de l'exploitation	Mazenay	Plan détaillé de l'ensemble des travaux. Principal plan utilisé pour la cartographie des travaux miniers de Mazenay	1/2500	15/07/1914	Archives Nationales (Pierrefitte)	F14-18572	Oui	10 à 30 m (voir paragraphe 4.1.1.4.2)
2	Plan général de l'exploitation. Mis à jour après l'arrêt de l'exploitation	Change	Plan détaillé de l'ensemble des travaux. Principal plan utilisé pour la cartographie des travaux miniers de Change	1/2500	15/07/1914	Archives Nationales (Pierrefitte)	F14-18572	Oui	
3	Plan d'ensemble des travaux des mines de Mazenay et de Change	Change et Mazenay	Plan complet des travaux en 1890	1/20000	1890	Archives Nationales (Pierrefitte)	F14-8343	Oui	
4	Plan des mines de fer de Change et Mazenay	Change et Mazenay	Plan indiquant les variations de l'épaisseur du gîte	1/20000	1890	Archives Nationales (Pierrefitte)	F14-8343	Oui	
5	Exploitation de Change. Puits Saint-Charles	Change et Mazenay	Plan complet des travaux réalisés à partir du puits Saint-Charles en 1892	1/5000	1892	Archives Nationales (Pierrefitte)	F14-8343	Oui	
6	Plan de la grotte trouvée aux avancements Est et des travaux en exploitation dans la région	Mazenay	Position du karst par rapport aux travaux (non situé, pas de puits)	1/1000	Non daté	Archives Départementales 71	S902bis	Non	-
7	Plan de demande en concession	Change	Position des vieux travaux	1/10000	12/07/1849	Archives Départementales 71	SM24014	Non	-

Tableau 6 : Liste des documents et des plans

4.11.3 Qualité des plans retrouvés

Au total, les consultations d'archive ont permis de compiler une cinquantaine de plans et quelques coupes portant sur les exploitations de Change et Mazenay.

Deux plans ont été jugés indispensables à la réalisation de l'étude, ils ont été scannés et géoréférencés (il s'agit des plans n°1 et 2 du Tableau 6). Il s'agit de plans détaillés de travaux miniers (1/2500) couvrant respectivement l'ensemble des concessions de Change et Mazenay. Ils ont été mis à jour après l'arrêt définitif des travaux et établis dans le cadre de la demande en renonciation des deux concessions (plans datés du 15 juillet 1914).

Ces plans apportent les informations suivantes :

- l'emprise des travaux souterrains ;
- les principales galeries d'infrastructure ;
- le type de travaux réalisés (tracage, dépilage partiel/total, etc.) ;
- les affleurements de la couche de minerai ;
- l'épaisseur de la couche de minerai ;
- une cotation assez précise des travaux souterrains ;
- la position des ouvrages débouchant en surface ;
- des éléments de surface (routes, bâtiments, etc.).

D'autres plans, moins pertinents que les deux précédents, ont été utilisés (plans 3 à 7 du Tableau 6). Il s'agit de plans à l'échelle des concessions réduits au format A4 ou A3 (échelle de 1/20000 ou plus) et insérés dans les PV de visite du service des Mines (Archives Nationales).

Remarque :

Les deux plans de 1914 ont été retrouvés aux Archives Nationales. Ces documents n'ont pu être sortis des archives pour être scannés. Ils ont alors été photographiés.

Etant donné leurs grandes dimensions (+/- A0) et leur conditionnement « pliés au format A4 », les clichés des plans présentent des déformations non négligeables. En conséquence, ces photographies n'ont pas été géoréférencées.

En mars 2016, des copies papier des plans de 1914 ont été mises à notre disposition par des spéléologues. Ces documents ont pu être scannés. Etant donnée la qualité supérieure des numérisations par rapport aux photographies, l'ensemble des travaux miniers présentés sur les cartes informatives provient du géoréférencement de ces copies.

4.11.4 Cartographie des travaux miniers

4.11.4.1 Définition des incertitudes de positionnement

L'incertitude finale (ou globale) sur la localisation des travaux miniers résulte de la prise en compte des incertitudes suivantes (généralement il s'agit de sommer ces incertitudes) :

- l'incertitude *intrinsèque au plan d'archives* : elle est liée à l'imprécision du contour ou à la représentation des zones de travaux qui composent le plan. La répartition des ouvrages sur les travaux est notamment un paramètre important (cas des travaux de la mine de Change). D'autres paramètres, comme l'échelle, la date de l'établissement ou la qualité du dessin peuvent également entrer en jeu dans l'appréciation de l'incertitude ;

- l'incertitude *liée à la reproduction du plan*, qui est fonction du moyen de reproduction employé pour l'étude. Par exemple, photographier un plan engendrera une incertitude plus grande que de le scanner ;
- l'incertitude *liée au géoréférencement du plan*, c'est-à-dire à l'opération de calage du plan par rapport au support cartographique. L'incertitude des points de repère communs au plan et au support a notamment une grande importance. La répartition et le nombre de points de calage conditionnent aussi fortement cette incertitude, tout comme pour l'incertitude intrinsèque du plan, des points de calages alignés et non répartis uniformément sur le plan engendrent une incertitude plus importante sur les secteurs éloignés des points de calage ;
- enfin l'incertitude *liée à la précision même du support cartographique* (SCAN 25, BD ORTHO, etc.). Ainsi l'incertitude correspondant à la BD ORTHO de l'IGN est estimée à 3 m.

4.11.4.2 Cartographie et incertitudes des travaux de Mazenay et Change

Le tracé des enveloppes des travaux a, exclusivement, été digitalisé à partir des copies des plans de 1914. L'analyse des différentes incertitudes est présentée dans le Tableau 7.

Type d'incertitude	Commentaires
Intrinsèque	La taille (+/- A0) et l'échelle (1/2500) des plans assurent une représentation précise des travaux. Du fait qu'il s'agit de copies (faites à la main sur calque), la qualité du dessin est un peu dégradée par rapport aux originaux, mais la qualité de ces plans reste très bonne et l'incertitude intrinsèque est en conséquence faible.
Reproduction	Les plans de 1914 ont été scannés. L'incertitude de reproduction du plan de Change est minime, par contre, celle du plan de Mazenay est plus importante. Cette différence est due à la taille considérable du plan de Mazenay et à une déformation survenue durant la numérisation. Pour pallier cette déformation, le plan a été découpé en 4 parties (du nord au sud) et chacune de ces parties a été géoréférencée indépendamment. Au final, l'incertitude de reproduction du plan de Mazenay reste faible et acceptable.
Géoréférencement	Les éléments de surface (route, bâtiments, etc.) et les ouvrages débouchant au jour retrouvés figurant sur les plans ont fournis un nombre important de points de calage (répartis de manière homogène). L'incertitude de géoréférencement est minime.
Support cartographique	Incertainitude estimée forfaitairement à 3 m.

Tableau 7 : Analyse des incertitudes présentes sur la cartographie des travaux miniers

Sur l'ensemble des travaux, l'incertitude globale la plus appliquée est de 10 m. Localement, cette marge est ramenée à 5 m à proximité d'éléments vus et levés au DGPS (ouvrages débouchant au jour et affleurements). À l'inverse, les zones de travaux les plus éloignées de ces éléments ont une incertitude globale pouvant atteindre 30 m.

Remarque :

La représentation des vieux travaux (<1870) est moins détaillée que celle des travaux postérieurs. Tous les ouvrages débouchant au jour n'ont pas été reportés, par contre, il semble que l'emprise globale de ces travaux ait bien été conservée. Localement, la position des affleurements (et donc des premiers travaux) a été revue à partir d'observations faites

sur le terrain. L'enveloppe des travaux diverge alors quelques peu par rapport au dessin des travaux figurant sur les plans de 1914.

4.11.4.3 Zones potentiellement affectées par des travaux miniers

Quelques zones, potentiellement affectées par des travaux miniers, ont été cartographiées sur les concessions de Change et Mazenay. Ces zones correspondent à d'anciens travaux de recherche ou aux premiers travaux d'exploitation le long d'affleurements (dont aucun plan ni tracé précis n'a été retrouvé). Des orifices d'entrées de galerie figurent sur des plans d'archive mais aucune emprise de travaux n'apparaît. Ces entrées ne sont connectées à aucune zone de travaux retrouvée par ailleurs.

De manière forfaitaire, une enveloppe de travaux a été cartographiée avec un développement de 50 m à partir de l'orifice de l'ouvrage et en amont de la ligne d'affleurement connue. Sur la principale mine de Change, cette zone comble l'espace situé entre la limite des travaux figurant sur le plan de 1914 et la ligne d'affleurement.

Quelques puits de recherches ont également été répertoriés. Ces recherches sont dites infructueuses. En conséquence, les puits sont considérés « borgnes » et aucune zone potentiellement affectée par des travaux miniers ne leur est affectée.

À l'inverse des zones de travaux « avérées », les zones de travaux potentiellement affectées par des travaux miniers intègrent les différentes incertitudes possibles.

4.11.4.4 Autres éléments cartographiés

Les ouvrages débouchant au jour

L'analyse informative a révélé l'existence de 79 ouvrages débouchant au jour sur le périmètre étudié (voir paragraphe 4.10.1). 20 de ces ouvrages ont été matérialisés lors des phases terrain de décembre 2015 et d'avril 2016.

Les incertitudes « finales » de positionnement de ces ODJ sont :

- de l'ordre de 5 m pour les ouvrages levés au dGPS (tenant compte de l'incertitude du levé et de celle du fond BD ORTHO) ;
- entre 5 et 30 m pour les autres ouvrages cartographiés (valeurs dépendant de l'incertitude globale de la zone du plan sur lesquels sont reportés ces ouvrages).

Les désordres

Les 5 désordres recensés (voir paragraphe 4.10.3) ont été matérialisés et levés au dGPS lors de la phase terrain de décembre 2015. L'incertitude de localisation est de l'ordre de 5 m.

Les indices miniers

Tous les indices relevés sont issus d'observations faites lors de la phase terrain et donc levés au dGPS. L'incertitude de localisation est de l'ordre de 5 m.

Les affleurements

Les affleurements de la couche de minerai de fer figurant sur la carte informative proviennent essentiellement des plans de 1914. Etant donné la structure tabulaire des couches, le tracé a parfois été corrigé pour être cohérent avec la topographie de surface (lignes de niveau

SCAN 25, IGN). Localement, des observations faites sur le terrain et levées au dGPS ont aussi conduit à repositionner, plus précisément, les affleurements.

L'incertitude de localisation des affleurements varie entre 5 m et 10 m à proximité des travaux miniers avérés. L'incertitude atteint 20 m lorsque l'affleurement a été repositionné à partir du fond SCAN 25, il s'agit d'affleurements non connectés à des travaux miniers avérés, mais ayant uniquement fait l'objet de recherches.

5 PHASE D'EVALUATION DES ALEAS

5.1 Identification des aléas retenus

5.1.1 Effondrement localisé

Le phénomène redouté ici correspond à la rupture des terrains au toit d'un ouvrage souterrain pouvant générer en surface un effondrement localisé d'extension variable selon la méthode d'exploitation.

Dans le cas présent, quelques effondrements localisés ont été recensés sur site ou dans les archives. Les conditions de mise en sécurité de la plupart des puits et des entrées de galeries relatifs aux travaux miniers étudiés ne sont pas connues en détails.

Les méthodes d'exploitation souterraines mises en œuvre laissent supposer l'existence de vides résiduels au sein des travaux miniers (chambres et piliers abandonnés, galeries d'infrastructure ou isolées, etc.).

De plus, les zones de travaux souterrains comportent systématiquement des secteurs exploités à faible profondeur (entre les affleurements et 50 m de profondeur notamment).

Sur la base de ces éléments, le phénomène d'effondrement localisé ne peut pas être écarté. Une analyse plus fine des mécanismes potentiels doit être entreprise en distinguant notamment :

- l'effondrement localisé relatif aux galeries ou descenderies isolées (par éboulement de toit ou d'une voûte de galerie) ;
- l'effondrement localisé consécutif au débouillage d'un puits ou à la rupture de sa tête ;
- l'effondrement localisé relatif aux zones d'exploitation (par rupture locale de pilier(s) isolé(s), du toit des chambres exploitées).

Remarque :

Pour affiner cette analyse, les configurations de travaux définies en phase informative seront valorisées (TVX_1 à 7).

5.1.2 Affaissement

L'affaissement se manifeste communément par un réajustement des terrains de surface induit par la rupture d'édifices miniers souterrains profonds. Les désordres en surface, généralement lents et progressifs, prennent la forme d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette, sans rupture cassante importante. Ces phénomènes sont limités dans le temps (quelques années) lorsqu'ils sont volontairement provoqués par une méthode d'exploitation totale. En revanche, les désordres peuvent se produire plusieurs années, voire longtemps après la fermeture des mines, lorsque l'exploitation est partielle et non dimensionnée pour une stabilité à long terme.

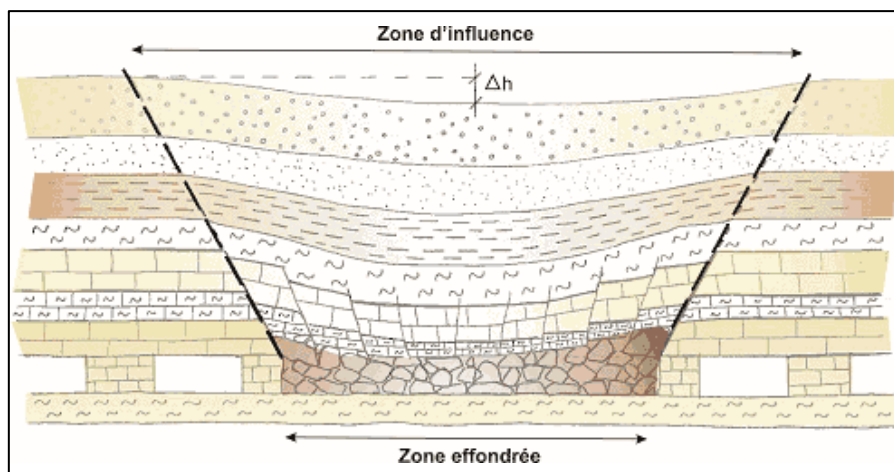


Figure 31 : Principe schématique de formation d'une cuvette d'affaissement (BD cavité - BRGM)

Des zones de travaux exploitées par la méthode des chambres et piliers abandonnés ont été identifiées au sein des travaux miniers souterrains de Change et de Mazenay. Sur ces mêmes mines, des exploitations par taille ont été également mises en œuvre mais aucun suivi ni même mention d'affaissements dans les PV de visite des Ingénieurs des mines n'a été retrouvée dans les archives.

L'aléa affaissement (qu'il soit consécutif au dépilage total par taille ou accidentel par rupture des piliers abandonnés) doit donc être analysé plus en détails. Il faut noter dès à présent que le caractère compétent des calcaires à Gryphées du recouvrement doit être pris en compte dans l'analyse des affaissements potentiels (répercussion en surface probablement peu souple).

5.2 Identification des aléas écartés

5.2.1 Effondrement généralisé

Un effondrement généralisé correspond à la rupture de tout ou partie d'une exploitation partielle souterraine conduisant à un abaissement brutal de la surface qui se traduit par une rupture franche des terrains. On parle d'effondrement en masse ou généralisé lorsqu'il concerne une zone étendue en surface (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres d'extension).

Les deux principaux critères de réalisation d'effondrements généralisés sont :

- l'existence d'une zone de chambres et piliers abandonnés et sous-dimensionnés présentant une certaine homogénéité dimensionnelle (longueur, largeur et forme des piliers) ;
- l'existence, dans le recouvrement des travaux, d'un banc suffisamment résistant capable de :
 - supporter, au moins temporairement, les contraintes et la mise en charge générées par les piliers sous-dimensionnés ;
 - puis de se rompre brutalement et soudainement.

Dans ces contextes, les piliers sous-dimensionnés ne remplissent plus réellement leur rôle de porteur, le poids du recouvrement est repris par le ou les bancs compétents du toit. Des points de traction et de cisaillement apparaissent dans un plan proche de la verticale reliant les bords du chantier à la surface. Les zones de cisaillement se développent simultanément

au droit des bords du chantier, dans certaines configurations, les limites de résistances du toit peuvent être dépassées.

Le toit descend de manière homogène et uniforme en écrasant littéralement la zone de piliers (Figure 32). La zone affectée en surface est bien délimitée à l'aplomb direct de la zone de travaux souterrains. La profondeur de l'effondrement en surface est généralement voisine de l'ouverture des travaux souterrains.

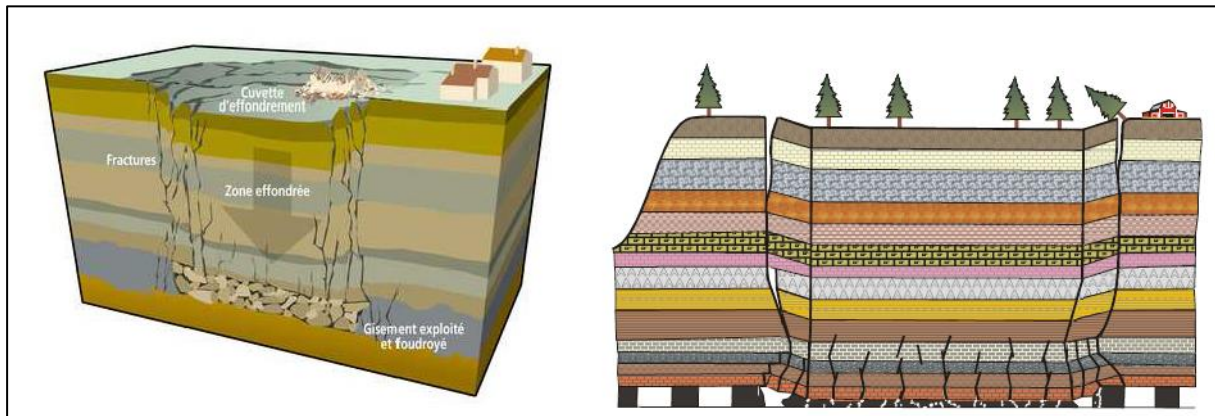


Figure 32 : Principe schématique du mécanisme de l'effondrement généralisé

Dans le cas des travaux souterrains de la présente étude, des zones ont été exploitées par chambres et piliers abandonnés avec des taux de défrètement localement importants.

Néanmoins, ces secteurs présentent une forte hétérogénéité de schémas d'exploitation en termes de formes et de tailles de piliers (examen des plans et visites souterraines). De plus, de nombreuses failles sont reportées sur les plans d'exploitation et dans les terrains de recouvrement, ce qui déstabilise et fragilise les bancs de calcaires à Gryphées en les rendant relativement moins aptes à supporter une mise en charge. Enfin, la surface topographique est marquée (buttes et monts notables), ce qui modifie le tenseur des contraintes régnant dans le massif et donc dans les ouvrages miniers souterrains (en termes de valeurs maximales et d'orientation).

Compte tenu de ces éléments, une rupture synchrone d'une vaste zone de piliers et des terrains de recouvrement ne peut certainement pas survenir.

Dans ces conditions, tout effondrement brutal au droit des exploitations souterraines recensées ici peut être écarté.

L'aléa effondrement généralisé est donc écarté sur le secteur minier de Mazenay et de Change.

5.2.2 Echauffement et feux souterrains

Aucun phénomène de cette nature n'est recensé sur le site. Aucune configuration ou contexte propice à de tels phénomènes n'est présent.

L'aléa échauffement / feux souterrains est écarté.

5.2.3 Instabilités de pentes

Les instabilités de pentes regroupent plusieurs phénomènes :

- les glissements de terrain, qui concernent principalement les matériaux meubles. L'intensité dépend généralement des quantités de matériaux déplacés mais aussi de

la profondeur de la surface de glissement. On parlera ainsi de glissement pelliculaire pour les événements ne concernant que la partie la plus superficielle du sol. À l'opposé, on parlera de glissements profonds pour les événements pouvant affecter profondément (quelquefois plusieurs dizaines de mètres) le versant ou le talus sur lequel ils se produisent. Dans la majorité des cas, la présence d'une nappe dans le talus est un phénomène particulièrement aggravant ;

- les coulées boueuses, qui sont des glissements superficiels pour lesquels, du fait de leur quasi liquidité, les matériaux peuvent se propager sur de très grandes distances ;
- les éboulements et chutes de blocs, qui concernent plus spécifiquement les falaises ou talus rocheux.

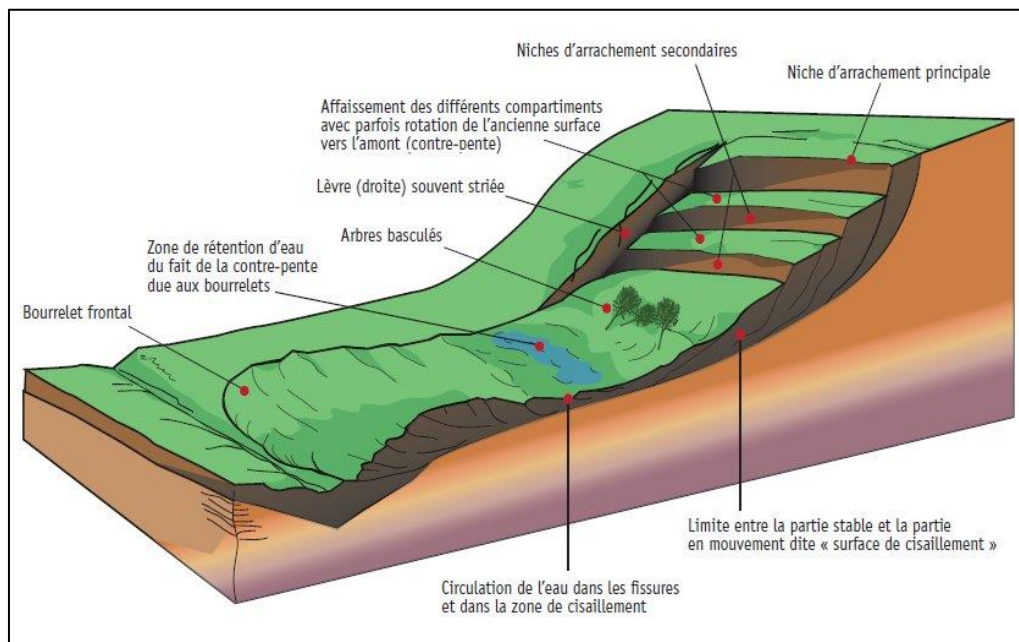


Figure 33 : Schéma de principe du phénomène de glissement profond (MEDD)

Le secteur minier de Mazenay et Change ne présentant aucun dépôt, cet aléa instabilité de pente ne peut pas être retenu.

L'aléa instabilité de pente est donc écarté.

5.2.4 Tassement

Le phénomène de tassement se manifeste par la réduction de volume d'une couche de matériaux du fait notamment d'une diminution de son indice des vides.

Sous l'action de perturbations extérieures (applications de surcharge en surface, mouvements de nappes au sein des terrains concernés, sollicitations vibratoires, etc.) ou sous l'effet de leur propre poids, les terrains qui présentent un indice de vides important peuvent être amenés à se tasser. Le secteur minier de Mazenay et Change ne présentant aucun dépôt, cet aléa tassement ne peut pas être retenu.

L'aléa tassement est donc écarté.

5.2.5 Ecoulement rocheux

Les écoulements rocheux sont des phénomènes d'instabilité communément observés lorsque des travaux ont été réalisés à ciel ouvert (fronts rocheux instables).

Cet aléa est écarté par absence de travaux miniers à ciel ouvert.

5.3 Aléas non étudiés

5.3.1 Gaz de mine

Les archives exploitées ne font état d'aucun événement lié à la présence de gaz pendant la phase d'exploitation. De plus, aucune émission de gaz de mine n'a jamais été indiquée en surface. L'aléa « gaz de mine » est donc écarté du secteur minier de Mazenay et Change.

5.3.2 Environnement

L'aléa « environnement » n'est pas abordé dans le cadre de cette étude.

5.4 Evaluation de l'aléa effondrement localisé

5.4.1 Effondrement localisé lié aux puits

La formation d'un effondrement localisé à l'aplomb de la tête d'un puits résulte de deux phénomènes :

- le phénomène de remobilisation des remblais au sein de la colonne du puits ;
- la rupture de la tête de l'ouvrage (vide ou après remobilisation du remblai) : le revêtement du puits rompt, entraînant la formation d'un cône d'effondrement dont les dimensions dépendent des caractéristiques géologiques et mécaniques locales des terrains.

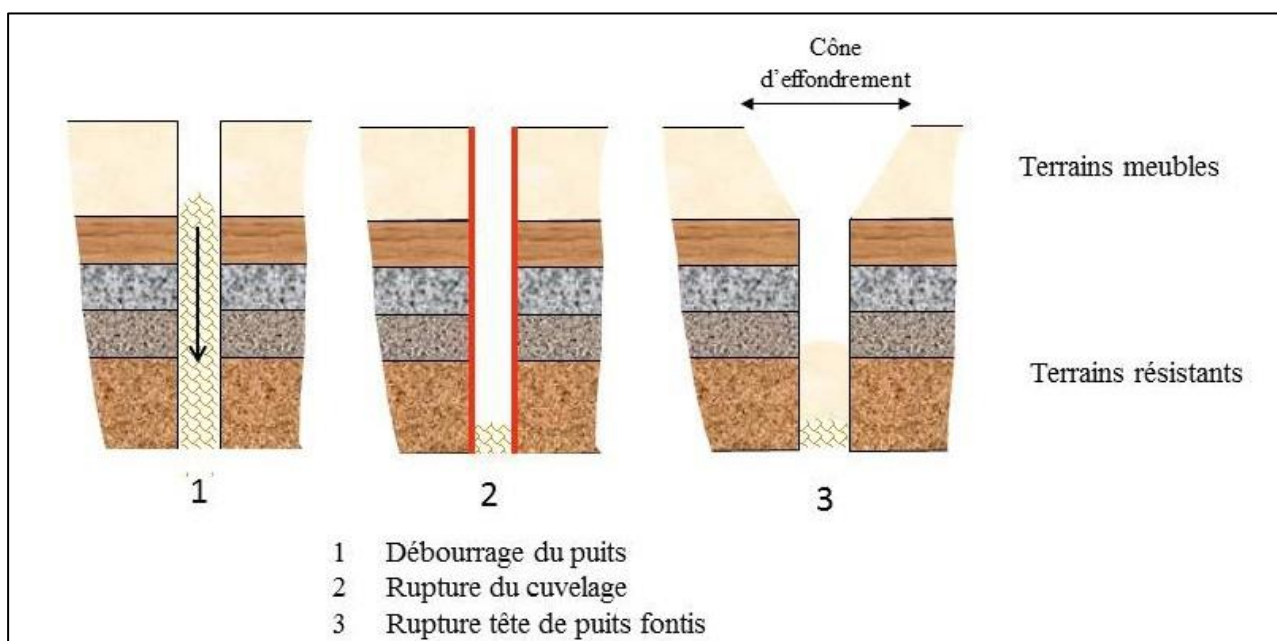


Figure 34 : Schéma de principe du phénomène d'effondrement localisé en tête de puits

27 puits ont été inventoriés lors de la phase informative, dont la profondeur connue varie de 8 m (pour les puits P24 et P25) à 38 m (pour le puits P6). Compte tenu des données collectées sur les puits du secteur minier de Mazenay et Change, trois catégories de puits peuvent être définies vis-à-vis de l'aléa (basée principalement sur le rôle du puits) :

- les puits de recherche (8 puits : P2, P7 à P11, P26 et P27) ;
- les puits d'exploitation (12 puits : P4 à P6, P15, P16, P18 à P22, P24 et P25) ;
- les puits annexes, aérage ou exhaure (7 puits : P1, P3, P12 à P14, P17 et P23).

Ces puits sont généralement creusés au rocher et leur profondeur varie de 10 à 100 m. Ces puits sont difficilement observables en surface.

Le traitement des puits après l'abandon des travaux miniers n'est pas connu précisément. Il est néanmoins possible de supposer avec un bon degré de confiance que ces ouvrages ont été remblayés (observations souterraines des spéléologues en attestant, préconisations théoriques du Service des Mines à la fermeture).

Des désordres de type débouillage/tassement des remblais ont été répertoriés au niveau des puits P4 (désordre D5), puits P5 (désordre D2) et du puits P21 (désordre D1).

5.4.1.1 Evaluation de l'intensité de l'aléa effondrement lié aux puits

L'intensité d'un effondrement de puits est principalement tributaire de la géométrie, du volume de l'ouvrage et de la nature des terrains de surface (jusqu'à atteindre la stabilisation par comblement de la colonne). D'une manière générale, le débouillage de remblai est d'intensité plus importante si le puits possède un grand diamètre. D'autre part, l'extension latérale de l'effondrement augmente si l'épaisseur des terrains meubles est importante.

Les 27 puits dénombrés sur la zone d'étude sont considérés comme étant des ouvrages de dimension réduite.

Le rayon du cône d'effondrement en surface correspond au rayon du puits auquel s'ajoute l'épaisseur des terrains de recouvrements prise égale à 2 m (angle par rapport à l'horizontale du cône d'effondrement au sein des matériaux non cohésifs de surface est retenu égal à 45°).

Concernant les puits de recherche, il s'agit de puits borgne dont le diamètre théorique de l'ordre de 2 m peut être retenu. Le diamètre en surface des effondrements potentiels ainsi calculé est de 7 m. Ce diamètre attendu correspond à une intensité modérée.

Concernant les puits d'exploitation, il s'agit d'ouvrages dont les diamètres sont de l'ordre de 3 à 5 m maximum (seuls les puits P5 et P21 présentent des diamètres dont les valeurs sont connues). En prenant des terrains peu cohésifs de surface de l'ordre de 2 m, les diamètres en surface des effondrements potentiels ainsi calculés sont de 7 à 9 m. Ces diamètres attendus correspondent à une intensité modérée.

Concernant les puits annexes, d'aérage et d'exhaure, sur les 7 puits recensés, seul le puits P3 (Puits de la Ruchotte) est ouvert et présente un diamètre de 0,5 m. On peut retenir de façon raisonnable un diamètre théorique pour les 6 autres puits de l'ordre de 2 m. Les diamètres d'effondrement attendus en surface correspondent à une intensité modérée.

L'intensité de l'aléa effondrement localisé lié au puits est donc qualifiée de modérée pour l'ensemble des puits.

5.4.1.2 Evaluation de la prédisposition

Evaluation de la prédisposition au vide

Pour évaluer la prédisposition d'apparition du phénomène d'effondrement localisé relatif aux puits, il convient de prendre en compte :

- le nombre de désordres : sur l'ensemble des 27 puits présents sur le secteur, trois ont présenté des désordres (il s'agit à chaque fois de puits d'exploitation) :
 - le puits P4 (Puits des Menaults), qui a présenté un effondrement localisé de type débouillage en 1941. Le diamètre était de l'ordre de 3 m pour une profondeur de 6 m ;
 - le puits P5 (Puits Saint-Pierre), qui a présenté un tassement au niveau de ses remblais (diamètre de 4 m sur une profondeur de l'ordre de 1 m) ;
 - le puits P21 (Descenderie n°2), qui a présenté plusieurs débouillages, de 1 à 3 m de profondeur ;
- le traitement de l'ouvrage : un traitement pérenne de l'ouvrage permet d'assurer la stabilité de sa tête et d'écarter l'aléa. L'absence de documents d'archives détaillant les modes de mise en sécurité des puits après leur fermeture ne permet pas toujours d'obtenir cette information. À la fin des travaux, les remblais déversés dans les colonnes de ces puits auraient été bloqués en pied par des maçonneries (observations de spéléologues). Tous les puits du secteur d'étude ont été remblayés, à l'exception du puits P3 (Puits de la Ruchotte) et du puits P23 (Puits Saint-Laurent) ;
- la remontée des eaux ou le battement de la nappe : sur l'ensemble du secteur, le niveau d'eau est inconnu mais très certainement stabilisé et revenu à l'équilibre hydrogéologique naturel ;
- la profondeur de l'ouvrage et le nombre de recettes ou galeries qui lui sont reliées. Pour les puits de recherche, la profondeur est limitée (inférieure à 30 m). Pour les puits d'exploitation, la profondeur est également limitée (inférieure à 38 m). Compte tenu de la configuration du gîte et de l'exploitation en plateure, ces puits n'ont qu'un seul niveau de recette. Pour les puits annexes, d'aérage et d'exhaure, la profondeur est également limitée (inférieure à 26 m) et seul un niveau de recette peut être retenu.

Ces évaluations conduisent à considérer une prédisposition au vide peu sensible pour l'ensemble de ces puits, conformément au logigramme donné en Annexe 5.

Evaluation de la prédisposition à la rupture de la tête de puits

La nature du revêtement de l'ouvrage au niveau des terrains meubles de surface influe sur l'occurrence de l'effondrement de la tête d'ouvrage. Ceci est particulièrement vrai pour les puits remblayés. Elle n'est cependant pas toujours disponible. La prédisposition à la rupture de la tête d'ouvrage sera évaluée comme suit :

- égale à la prédisposition au vide dans la colonne de l'ouvrage diminuée d'un rang dans le cas où le revêtement de la tête de l'ouvrage est en briques ou maçonnerie en bon état ;
- peu sensible dans le cas d'un revêtement en béton.

Dans tous les autres cas, la prédisposition à l'effondrement de la tête d'ouvrage sera identique à la prédisposition au vide dans la colonne de l'ouvrage.

La prédisposition à l'effondrement de la tête d'ouvrage des vingt-sept puits de l'étude est donc identique à la prédisposition au vide.

5.4.1.3 Evaluation de l'aléa

Le croisement de la prédisposition et de l'intensité permet de définir l'aléa :

Intensité	Prédisposition		
	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Limitée	Faible	Faible	Moyen
Modérée	Faible	Moyen	Fort
Elevée	Moyen	Fort	Fort

Tableau 8 : Evaluation de l'aléa effondrement localisé lié à un puits

L'ensemble des hypothèses retenues ainsi que les résultats du croisement de l'intensité et de la prédisposition sont résumés dans le Tableau 9 suivant :

Commune	Concession	Ouvrage	Diamètre (m)	Profondeur du puits (m)	Nombre de niveaux recoupés	Prédisposition finale retenue	Diamètre d'effondrement retenu (m)	Niveau de l'intensité	Niveau de l'aléa
Nolay	Change	P1	3 à 5 (hyp)	25,5	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Nolay	Change	P2	2 (hyp)	< 30 (hyp)	0	Peu sensible	6	Modérée	Faible
Change	Change	P3	0,5	22,2	1	Peu sensible	4,5	Modérée	Faible
Change	Change	P4	3 à 5 (hyp)	25	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Change	Change	P5	4	32,4	1	Peu sensible	8	Modérée	Faible
Change	Change	P6	3 à 5 (hyp)	38	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Change	Change	P7	2 (hyp)	12	0	Peu sensible	6	Modérée	Faible
Change	Change	P8	2 (hyp)	< 30 (hyp)	0	Peu sensible	6	Modérée	Faible
Saint-Gervais-sur-Couches	Change	P9	2 (hyp)	< 30 (hyp)	0	Peu sensible	6	Modérée	Faible
	Hors-titre	P10	2 (hyp)	< 30 (hyp)	0	Peu sensible	6	Modérée	Faible
Créot	Change	P11	2 (hyp)	< 30 (hyp)	0	Peu sensible	6	Modérée	Faible
Créot	Change	P12	3 à 5 (hyp)	22,35	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Créot	Change	P13	3 à 5 (hyp)	22,4	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Créot	Mazenay	P14	3 à 5 (hyp)	20	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Créot	Mazenay	P15	3 à 5 (hyp)	31,2	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Créot	Mazenay	P16	3 à 5 (hyp)	31,2	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P17	3 à 5 (hyp)	25	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P18	3 à 5 (hyp)	36,4	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P19	3 à 5 (hyp)	< 30 (hyp)	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P20	3 à 5 (hyp)	25,6	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible

Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P21	3	24,1	1	Peu sensible	7	Modérée	Faible
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P22	3 à 5 (hyp)	29	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P23	0,1	26,4	1	Peu sensible	4	Modérée	Faible
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P24	3 à 5 (hyp)	8	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P25	3 à 5 (hyp)	8	1	Peu sensible	7 à 9	Modérée	Faible
Dracy-lès-Couches	Mazenay	P26	2 (hyp)	8,6	0	Peu sensible	6	Modérée	Faible
Dracy-lès-Couches	Mazenay	P27	2 (hyp)	8,6	0	Peu sensible	6	Modérée	Faible

Tableau 9 : Evaluation de l'aléa effondrement localisé pour les puits

5.4.2 Effondrement localisé lié aux zones de travaux souterrains

5.4.2.1 Description phénoménologique

Un effondrement localisé se caractérise par l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont l'extension horizontale varie de quelques mètres à une dizaine de mètres. L'effondrement localisé lié aux galeries peu profondes est causé principalement par l'éboulement de leur toit. Le terme de fontis s'utilise également pour ce type de phénomène.

Dans le présent cas, deux mécanismes distincts peuvent être à l'origine d'effondrements localisés potentiels.

5.4.2.1.1 Mécanisme 1 : rupture du toit d'une galerie suivie d'une remontée jusqu'à la surface de type fontis

L'origine de ce phénomène est la rupture du toit d'une cavité à faible profondeur. Sous certaines conditions, le fontis peut se propager alors vers la surface au sein :

- d'un « cylindre » vertical au droit de la cavité concernée, dans le cas de terrains de recouvrement de type sols ou terrains altérés, avant de s'évaser en cône en surface (Figure 35) ;
- d'une voute « semi-circulaire », dans le cas de terrains de recouvrement rocheux lités ou en bancs (Figure 36).

Ces désordres s'observent généralement :

- au toit de galeries isolées et/ou d'infrastructure à faible profondeur ;
- au toit d'une chambre vide (chambres et piliers abandonnés notamment).

Remarque :

Ce type de phénomène peut concerner les gisements pentés comme les gisements tabulaires.

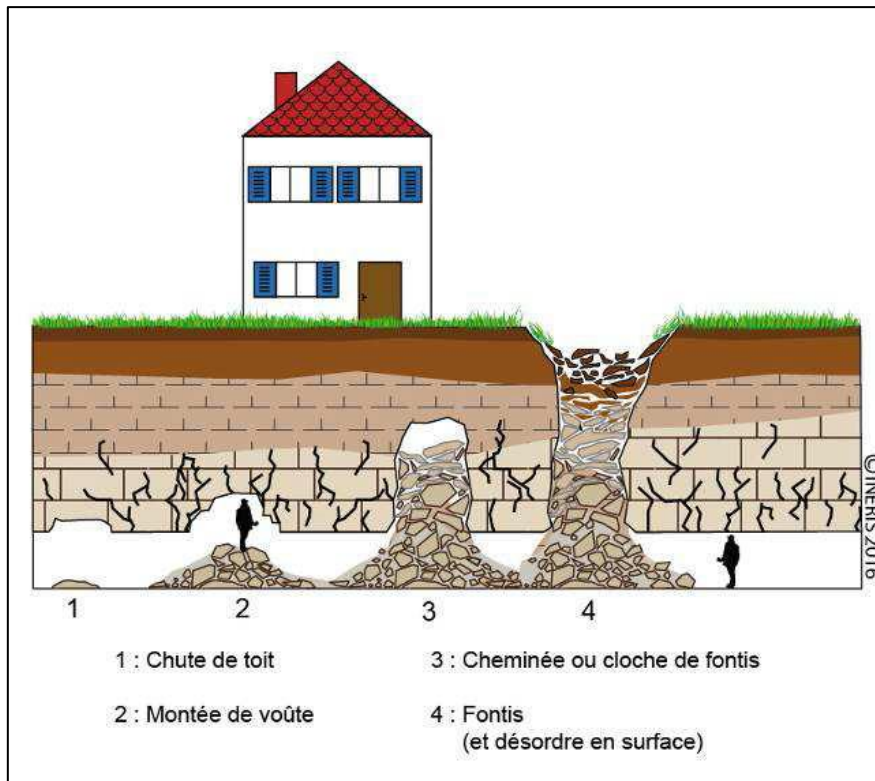


Figure 35 : Représentation schématique d'un effondrement localisé au droit d'une cavité minière à faible profondeur

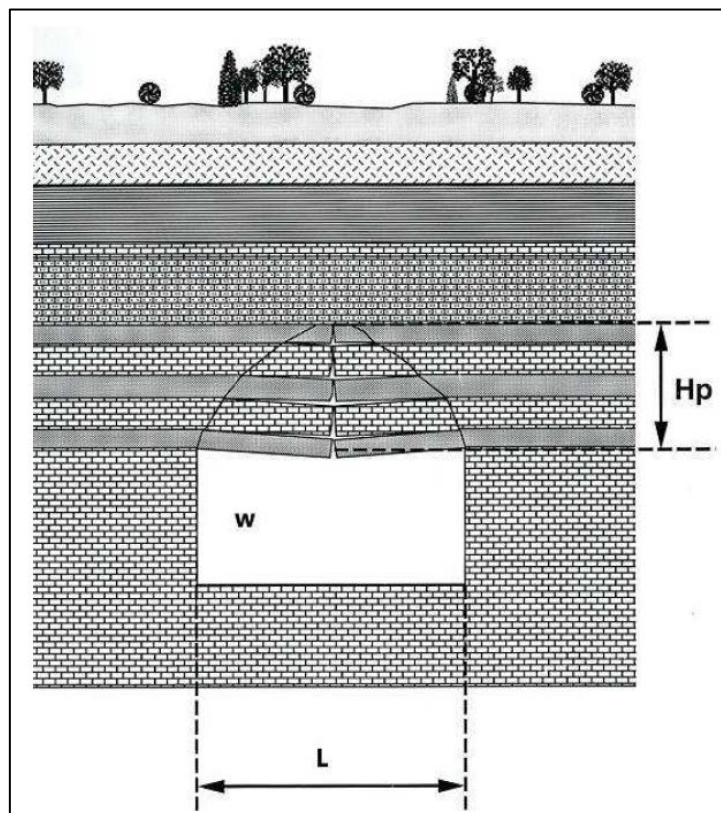


Figure 36 : Modèle de hauteur de remontée de voûte d'éboulement en milieu stratifié [9]

L'évaluation de la prédisposition de ce type de phénomène dépend classiquement :

- de la nature et la résistance mécanique de terrains des veines de minerai, du toit et du recouvrement ;
- du volume de vides disponibles au sein des cavités souterraines par rapport à la profondeur ;
- de la présence de phénomènes analogues sur le site ou dans des configurations (géologie, conditions d'exploitation, etc.) identiques.

Ce phénomène peut être bloqué par :

- l'existence de bancs compétents et résistants dans le recouvrement capables de résister à la perte d'appui générée par la remontée de fontis ;
- le phénomène d'autocomblement par foisonnement des éboulis au sein des vides souterrains résiduels.

5.4.2.1.2 Mécanisme 2 : rupture isolée d'un pilier

L'origine de ce phénomène est la rupture d'un pilier au sein d'une zone de chambres et piliers abandonnés. Dans certains cas, un pilier peut se trouver fragilisé et/ou surchargé, il ne peut alors plus supporter le poids des terrains de recouvrement et se rompt. La portée du toit de la chambre ainsi créée est alors très importante.

De ce fait, les premiers bancs de toit se rompent à leur tour (flexion) et un phénomène de propagation comparable au précédent peut alors s'initier.

L'évaluation de la prédisposition de ce type de phénomène dépend classiquement :

- du dimensionnement des piliers au regard de la profondeur d'exploitation et de la résistance des roches qui le constitue (en tenant compte de la présence de failles ou d'autres faiblesses naturelles) ;
- du vieillissement du matériau constitutif des piliers ;
- de la nature et la résistance mécanique de terrains du toit et du recouvrement ;
- du volume de vides disponibles au sein des chambres souterraines par rapport à la profondeur ;
- de la présence de phénomènes analogues sur le site ou dans des configurations (géologie, conditions d'exploitation, etc.) identiques.

Comme précédemment, ce phénomène peut être bloqué par :

- l'existence de bancs compétents et résistants dans le recouvrement ;
- le phénomène d'autocomblement.

5.4.2.2 Configurations de travaux concernés / non concernés

Les configurations de travaux définies aux paragraphes 4.7 et suivants ont été triées selon leur potentialité de réalisation d'effondrements localisés (Tableau 10).

Config	Nom de la configuration	Description synthétique	Soumis aux effondrements localisés	
			Mécanisme 1	Mécanisme 2
TVX_1	Travaux uniquement « tracés »	Chambres et piliers abandonnés. Le taux de défruitement varie entre 40 et 50%. Largeur galerie : 3 à 8 à 10 m Portée aux intersections : 4,5 à 15 m	oui	oui
TVX_2	Travaux tracés et dépilés partiellement	Chambres et piliers abandonnés. Le taux de défruitement varie entre 60 et 85%. Largeur galerie : 3 à 8 à 10 m Portée aux intersections : 4,5 à 15 m	oui	oui
TVX_3	Travaux tracés et dépilés entièrement	Zones « blanches » associées à des chambres et piliers abandonnés (85-90% de taux de défruitement). Largeur galerie : 3 à 8 à 10 m Portée aux intersections : 4,5 à 15 m	oui	oui
TVX_4	Travaux antérieurs à 1870	Il s'agit de traçages/dépilages, organisés autour de galeries centrales rectilignes et piliers longs ou bandes. Largeur galerie : 5 à 8 m Portée aux intersections : sans objet	oui	non
TVX_5	Travaux exploités par grandes tailles	Il s'agit soit : - de zones foudroyées et éboulées intégralement (70-80% de certitude) ; - de zones maintenues ouvertes par des piliers abandonnés (20-30% de certitude). Largeur galerie : 2 à 3 m (cf. TVX_7) Portée aux intersections : 4,5 m	oui	oui
TVX_6	Travaux du secteur des Fougères	Il s'agit de zones peu étendues de puits et galeries rayonnantes. Largeur galerie : 2 à 3 m (cf. TVX_7) Portée aux intersections : sans objet	oui	non
TVX_7	Principales galeries d'infrastructure	Il s'agit des principales galeries utilisées lors de l'exploitation qui ont souvent été boisées et entretenues. Largeur galerie : 2 à 3 m Portée aux intersections : sans objet	oui	non
TVX_POT	Zones potentiellement affectées par les travaux miniers	On peut supposer dans ces zones soit des travaux de type TVX_4 soit des galeries de recherche. Largeur galerie : 2 m (cf. minimum de TVX_7) Portée aux intersections : sans objet	oui	non

Tableau 10 : Prise en compte de l'aléa effondrement localisé en fonction de la configuration des travaux miniers

5.4.2.3 Prédisposition aux effondrements localisés liés aux zones de travaux souterrains

Compte tenu de la nature des terrains de recouvrement, l'approche classique de remontée de fontis cylindrique ne peut pas s'appliquer au cas du gisement calcaire du site de Mazenay et de Change. En effet, dans le cas de recouvrement à dominante de roches calcaires, stratifiées et plus ou moins fracturées, comme celles des massifs de Mazenay et de Change, le phénomène de cloche a une certaine probabilité de se bloquer sur un horizon compétent au sein du recouvrement.

De plus, la remontée de voûte ne sera certainement pas cylindrique mais vraisemblablement plus conique ou semi circulaire en suivant les discontinuités recoupées et les ruptures successives des bancs en flexion.

Différentes formules empiriques ont été compilées pour approcher la hauteur de remontée de voûte H_p^{19} dans ce cas (voir Tableau 11). Ces formules sont généralement basées sur des données non disponibles ici (essais géomécaniques), c'est pourquoi l'approche principalement retenue est celle valorisant les dimensions de la chambre (largeur L et ouverture w).

Modèles	Conditions d'applications	H_p (en m), Formules empiriques
Terzaghi, [6], [8]	Cavités quelconque	$H_p = k \times (L + w)$, Avec $k = 0,25$ à $0,5$ pour des roches dures ou stratifiées
Protodyakonov, [6], [7]	Galeries profondes et roches résistantes	$H_p = L' / 0,02 \times R_{labo}$ R_{labo} , la résistance en compression issue des essais
Protodyakonov, [6], [7]	Galeries profondes et terrains cohérents	$H_p = L' / 2 (\tan(\phi_m) + C_m / R_{cm})$, où $L' = 2^{1/2} \times L$ ϕ_m , angle de frottement de la roche à l'échelle du massif C_m , cohésion de la roche à l'échelle du massif R_{cm} , résistance en compression à l'échelle du massif
Airey-Wilson, [6], [9]	Terrains de recouvrement stratifiés	$H_p = L' / 2 \times \tan(\phi_m)$, où $L' = 2^{1/2} \times L$ ϕ_m , angle de frottement de la roche à l'échelle du massif

Tableau 11 : Formules empiriques d'évaluation des épaisseurs pesantes H_p de toit au-dessus d'une galerie

Plusieurs calculs ont été réalisés dans le but d'estimer les valeurs de H_p dans toutes les configurations retenues (Tableau 12).

Dans le cas du mécanisme 2, pour tenir compte de la rupture d'un pilier isolé, une cavité d'une largeur de 2,5 fois la portée aux intersections a été considérée. Les valeurs obtenues sont du même ordre de grandeur et il ne semble pas pertinent de différencier la gamme finalement retenue. Aussi, dans toutes les configurations, la valeur de 15 m sera retenue comme représentative de toutes les estimations de H_p .

Deux niveaux de prédisposition ont ainsi été définis sur les gammes de profondeur [0-15 m] et [15-20 m] afin de tenir compte d'une épaisseur de terrains déconsolidés de subsurface de 0 à 5 m (Tableau 13).

De plus, toutes les entrées de galeries donnant accès aux travaux (toutes configurations retenues) seront surclassées d'un niveau de prédisposition pour tenir compte des fontis observés sur ces parties de travaux.

¹⁹ En théorie, H_p représente la hauteur de terrains déconsolidés au-dessus d'une cavité souterraine. Cette hauteur a été retenue comme une approximation correcte de la hauteur de remontée d'un effondrement localisé dans cette configuration de recouvrement lité ou en bancs.

Config	Largeur galerie, m	Portée aux intersections, m	Ouverture, m	Remontée effondrement, Hp = 0,5 x (L+w)			
				Mécanisme 1		Mécanisme 2	
				Hpmini, m	Hpmaxi, m	Hpmini, m	Hpmaxi, m
TVX_1	3	4,5	0,6	1,8	7,8	4,8	15,3
	8	15	2	2,5	8,5	5,5	16
	10						
TVX_2	3	4,5	0,6	1,8	7,8	4,8	15,3
	8	15	2	2,5	8,5	5,5	16
	10						
TVX_3	3	4,5	0,7	1,85	7,85	4,85	15,35
	8	15	2	2,5	8,5	5,5	16
	10						
TVX_4	3	s.o	0,6	1,8	4,3	s.o	
	8		2	2,5	5		
TVX_5	2	4,5	0,7	1,35	2,6	4,85	4,85
	3						
TVX_6	2	s.o	0,7	1,35	1,85	s.o	
	3		1,2	1,6	2,1		
TVX_7	2	s.o	1,5	1,75	2,25	s.o	
	3		2,2	2,1	2,6		
TVX_POT	2	s.o	1,5	1,75	1,75	s.o	

Tableau 12 : Calculs des épaisseurs pesantes H_p de toit au-dessus d'une galerie

Config	Prédisposition	
	Zones de travaux	Entrées en galeries
TVX_1, TVX_2, TVX_3, TVX_4, TVX_5, TVX_6, TVX_7, TVX_POT	Prof 0-15 m : Peu sensible à sensible	Prof 0-15 m : Sensible
	Prof 15-20 m : Peu sensible	Prof 15-20 m : Sensible

Tableau 13 : Prédisposition aux effondrements localisés sur travaux

5.4.2.4 Intensité des effondrements localisés liés aux zones de travaux souterrains

Comme pour les effondrements localisés sur les puits, ce sont les fontis observés sur des zones de travaux qui vont fixer le rayon R_s des effondrements potentiels et donc leur niveau d'intensité : R_s^{20} de l'ordre de 2 m et une intensité modérée. Notons que les largeurs de cavités concernées devraient permettre d'atteindre la limite haute de cette gamme, soit un diamètre de l'ordre de 10 m.

5.4.2.5 Niveaux d'aléa effondrement localisé lié aux zones de travaux souterrains

Ces niveaux d'aléa sont définis par croisement des niveaux de prédisposition et d'intensité des travaux aux effondrements localisés (Tableau 14). Les travaux de configuration

²⁰ Le rayon de sécurité (R_s) du cône d'effondrement se caractérise en surface par la distance entre l'axe de la galerie et la limite de la zone pouvant être affectée par l'instabilité.

TVX_POT, de par leur nature de zones potentiellement affectées par des travaux miniers, ne peut être définie qu'en aléa faible.

Configuration	Type travaux	Profondeur	Prédisposition	Intensité	Niveau aléa
TVX_1, TVX_2, TVX_3, TVX_4, TVX_5, TVX_6, TVX_7	Zones de travaux	0-15 m	Peu sensible à sensible	Modérée	Moyen
		15-20	Peu sensible		Faible
		Sup à 20 m	Nulle		-
	Entrées en galeries	0-15 m	Sensible		Moyen
		15-20	Sensible		Moyen
		Sup à 20 m	Nulle		-
TVX_POT	-	0-20	Peu sensible		Faible
		Sup à 20 m	Nulle		-

Tableau 14 : Synthèse des niveaux de l'aléa effondrement localisé sur travaux

5.5 Evaluation de l'aléa affaissement

5.5.1 Description phénoménologique

5.5.1.1 Cas théorique et générique

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par l'éboulement de cavités souterraines laissées vides après l'exploitation. Il existe deux familles d'affaissement minier :

1. L'affaissement minier est provoqué et fait partie de la méthode d'exploitation totale mise en œuvre, du type taille ou dépilage intégral du gisement suivi du foudroyage naturel des terrains au droit du chantier. La cloche de foudroyage (terrains éboulés) déstabilise les couches de sols du recouvrement, qui à partir d'une certaine épaisseur, ne s'éboulent plus mais viennent s'appuyer, de manière souple, sur les terrains éboulés. Ces affaissements de la surface se limitent généralement à quelques années après l'arrêt des exploitations (typiquement 5-6 ans, jamais plus de 10 ans), y compris pour les tassements résiduels ;
2. L'affaissement minier est accidentel. Dans ce cas, il s'agit des conséquences d'une rupture successive, mais non simultanée, de plusieurs piliers d'une zone spécifique de travaux miniers (fragilisés, sous-dimensionnés, etc.). Une cloche de foudroyage est alors initiée dans le recouvrement et les étapes suivantes sont identiques à celles décrites précédemment. Ce type de manifestation concerne bien souvent des exploitations profondes, en plateure ou pentées, présentant des ratios largeur/profondeur importants et des vides résiduels importants.

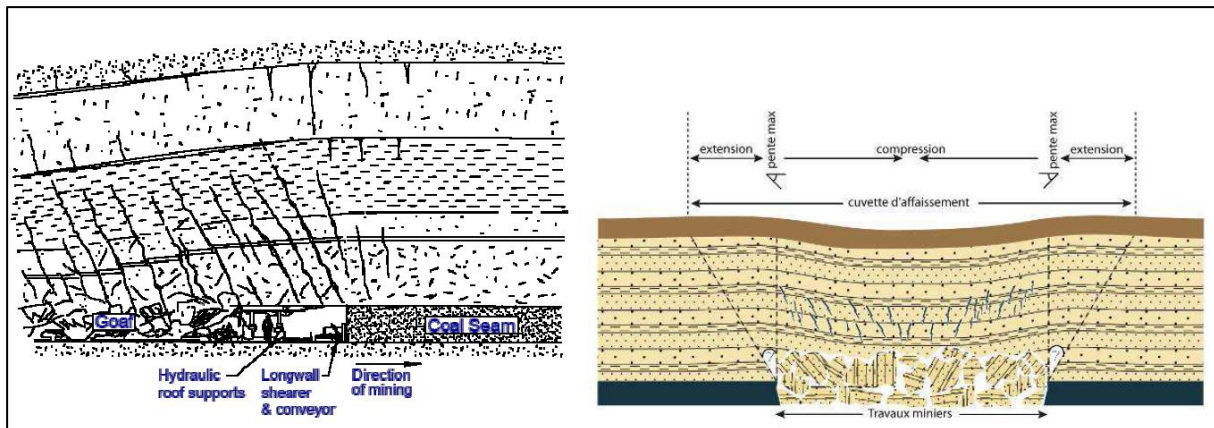


Figure 37 : Représentations des deux types d'affaissement
(à gauche : celui lié à une exploitation totale, et à droite : celui d'origine accidentelle)

Dans un cas comme dans l'autre, les mouvements en surface du sol sont souvent lents progressifs et souples ; ils prennent la forme en surface d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette souple, sans rupture cassante importante (des fractures ouvertes sont possibles dans la zone en extension, située sur la bordure de l'affaissement).

L'amplitude maximale de l'affaissement est directement proportionnelle à l'ouverture des travaux souterrains. Le coefficient de proportionnalité dépend notamment de la profondeur des travaux, de la méthode d'exploitation (défruitement) et de traitement des vides (foudroyage ou remblayage). Dans la majorité des cas, les amplitudes maximales observées sont d'ordre décimétrique à métrique.

Dans des terrains stratifiés en plateure, l'affaissement maximal A_m est classiquement exprimé sous la forme :

$$A_m = k \times W \times q$$

où A_m est l'affaissement maximal attendu, k est le coefficient (inférieur à 1) relatif à l'effet de profondeur, W l'ouverture exploitée et q un coefficient qui dépend du mode de traitement des vides créés par l'exploitation (foudroyage, remblayage, voire piliers abandonnés, etc.).

En s'appuyant sur le retour d'expérience de plusieurs bassins miniers européens, la littérature spécialisée affecte classiquement au coefficient de traitement de l'arrière taille q , les valeurs suivantes en fonction de la méthode d'exploitation :

- $q \cong 0,9$ pour le foudroyage ;
- $q \cong 0,8$ pour le remblayage manuel ;
- $q \cong 0,5$ pour le remblayage pneumatique ;
- $q \cong 0,2$ à $0,3$ pour le remblayage hydraulique ;
- $q \cong$ taux de défruitement pour les zones de chambres et piliers instables.

À faible profondeur (inférieure à 100 ou 200 m), le poids du recouvrement étant insuffisant pour que le tassement des terrains éboulés soit complet, l'ordre de grandeur de k est de 0,5. Il tend vers 1 pour des profondeurs moyennes à grandes, environ 500 m et jusqu'à 1000 m selon les propriétés du recouvrement et les bassins houillers.

5.5.1.2 Cas de Mazenay et Change

La spécificité du cas de Mazenay et de Change tient à la présence sur la quasi intégralité du recouvrement des bancs calcaires à Gryphées, durs et compétents, sur des extensions latérales métriques à décamétriques et sur 15 à 25 m d'épaisseur.

La nature de ces bancs ne permettra pas la mobilisation d'une cuvette d'affaissement souple communément attendue au droit de ces phénomènes. Même si le phénomène d'effondrement généralisé est improbable (du fait de l'hétérogénéité des piliers notamment), ces calcaires vont conférer un caractère peu ductile et probablement dynamique aux conséquences en surface des affaissements initiés par une potentielle rupture successive de piliers suivie de déséquilibres locaux des dalles calcaires sus-jacentes [5].

En outre, les données géologiques locales révèlent que les marnes surplombant les calcaires à Gryphées (et qui auraient pu « assouplir » ces répercussions en surface) ne sont pas présentes partout et relativement peu étendues par rapport à la zone sous-minée et à la superficie couverte par les calcaires à Gryphées.

Le désordre attendu présentera probablement une forme de cuvette mais avec des bords et un fond en forme de « marches d'escalier » dont la hauteur et la profondeur seront proportionnelles à l'ouverture et à la profondeur des travaux (« marches » plus marquées que des crevasses extradoss classiques d'affaissements miniers, Figure 38).

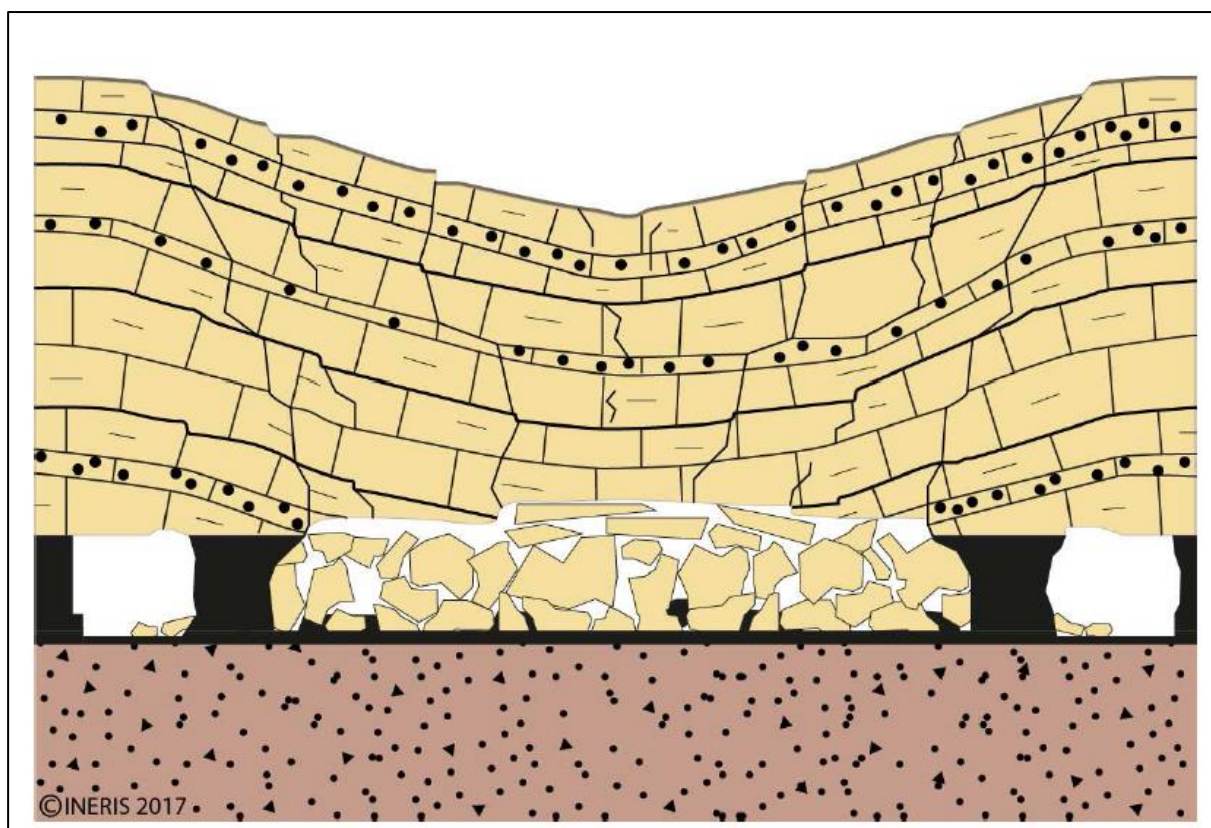


Figure 38 : Représentation schématique d'un affaissement aux conséquences en surface peu souples

5.5.2 Configurations de travaux concernés / non concernés

Les configurations de travaux définies aux paragraphes 4.7 et suivants ont été triées selon leur potentialité de réalisation d'un affaissement (Tableau 15).

Config	Nom de la configuration	Description synthétique	Soumis aux affaissements
TVX_1	Travaux uniquement « tracés »	Il s'agit d'exploitation partielle assimilable à des chambres et piliers abandonnés avec généralement des piliers de minerai en place. Le taux de défruitement varie entre 40 et 50%. Les plus grandes salles « vides » se situent aux intersections, elles présentent des portées pouvant atteindre une quinzaine de mètres.	oui
TVX_2	Travaux tracés et dépilés partiellement	Il s'agit d'exploitation partielle de type chambres et piliers abandonnés (avec piliers en place ou fabriqués-maçonnes). Le taux de défruitement varie entre 60 et 85% (en ne comptant que les piliers de minerai). Les plus grandes salles « vides » se situent aux intersections, elles présentent des portées pouvant atteindre une quinzaine de mètres.	oui
TVX_3	Travaux tracés et dépilés entièrement	Il s'agit de zones de travaux figurant sur les plans sans aucun figuré (zone « blanche » sans dessins de panneaux). MAIS ces zones ont été définies en chambres et piliers abandonnés (avec piliers majoritairement maçonnes), suite aux inspections souterraines. Le taux de défruitement est de l'ordre de 85-90% (en ne comptant que les piliers de minerai)	oui
TVX_4	Travaux antérieurs à 1870	Il s'agit de traçages/dépilages, organisés autour de galeries centrales rectilignes et piliers longs ou bandes. Les piliers longs sont systématiquement frétés de remblais.	non (absence de piliers)
TVX_5	Travaux exploités par grandes tailles	Il s'agit soit : • De zones foudroyées et éboulées intégralement (70-80% de certitude) ; • De zones maintenues ouvertes par des piliers abandonnés (20-30% de certitude). Dans ce cas, le taux de défruitement final n'est pas connu. Ces exploitations se sont terminées en 1914 au plus tard.	oui
TVX_6	Travaux du secteur des Fougères	Il s'agit de zones peu étendues de puits et galeries rayonnantes.	non
TVX_7	Principales galeries d'infrastructure	Il s'agit des principales galeries utilisées lors de l'exploitation qui ont souvent été boisées et entretenues.	non
TVX_POT	Zones potentiellement affectées par les travaux miniers	On peut supposer dans ces zones soit des travaux de type TVX_4 soit des galeries de recherche.	non, trop d'incertitudes entachent la nature réelle de ces travaux pour y retenir un phénomène d'affaissement

Tableau 15 : Prise en compte de l'aléa affaissement sur les différentes configurations de travaux retenues

5.5.3 Prédisposition aux affaissements

5.5.3.1 Affaissements liés aux zones d'exploitation totale par tailles

Ce phénomène ne concerne que les zones de configuration TVX_5.

La date de fin d'exploitation (1914) permet d'écarter tout phénomène d'affaissement, de reprise d'affaissement et tassements résiduels sur ces zones. Cette conclusion est valable dans l'hypothèse d'un foudroyage complet et de qualité.

Dans le cas présent, aucun élément concret ne permet d'attester de cette qualité. La présence locale de piliers abandonnés, de toits « mal éboulés », de foudroyage incomplet ne peuvent pas être totalement exclus (même si leur probabilité d'existence est vraisemblablement faible compte tenu des descriptions des zones par les spéléologues).

Nous proposons de définir ces zones (indépendamment de tout autre critère de profondeur, d'ouverture, etc.) comme peu sensibles à des phénomènes d'affaissements très limités, définis dans le bassin ferrifère lorrain (BFL), comme des mouvements résiduels. Ces phénomènes sont à la limite des deux types d'affaissements retenus : ceux liés à la méthode totale ou ceux liés à une rupture accidentelle.

5.5.3.2 Affaissements accidentels liés à la rupture de piliers abandonnés

Ce phénomène concerne les zones de configuration TVX_1, 2, 3 et 5 (cas des TVX_5 examiné ci-avant).

Dans le cas d'exploitation en plateure, les principaux facteurs de prédisposition d'une zone de travaux aux affaissements sont [1] :

- des piliers en limite de rupture au regard :
 - des contraintes fonction notamment du taux de défrètement, de la profondeur des travaux et des conditions d'exploitation des secteurs adjacents à la zone considérée ;
 - des caractéristiques des piliers (résistance des matériaux qui les constituent, taille, forme, régularité, qualité de la superposition en cas d'exploitations superposées proches, etc.) ;
- une configuration d'exploitation caractérisée par des piliers de faible élancement constitués de minerai présentant un comportement plus plastique que fragile ;
- un ratio largeur exploitée sur épaisseur de recouvrement suffisant (pour observer des mouvements en surface) ;
- une profondeur d'exploitation importante dont la valeur dépend du contexte.

Rupture des piliers

Le minerai de fer de Mazenay et de Change a souvent été comparé et assimilé à la minette de Lorraine (calcaire oolithique ferrugineux). Cette remarque concerne les qualités du minerai en vue de son utilisation en sidérurgie mais elle sera étendue aux considérations et aux évaluations des risques et aléas miniers du BFL.

Ainsi, la valeur ultime de résistance en compression simple du minerai sera prise égale à 7,5 MPa ($R_{Cultime}$), comme en Lorraine.

La contrainte Q_n dans les piliers a été estimée par le modèle de l'aire tributaire²¹, où un pilier est supposé être capable de supporter le poids des terrains qui le recouvrent directement, Figure 39.

²¹ Approche sécuritaire dans la plupart des cas car elle majore les contraintes réelles dans les piliers en supposant que le recouvrement est entièrement pesant.

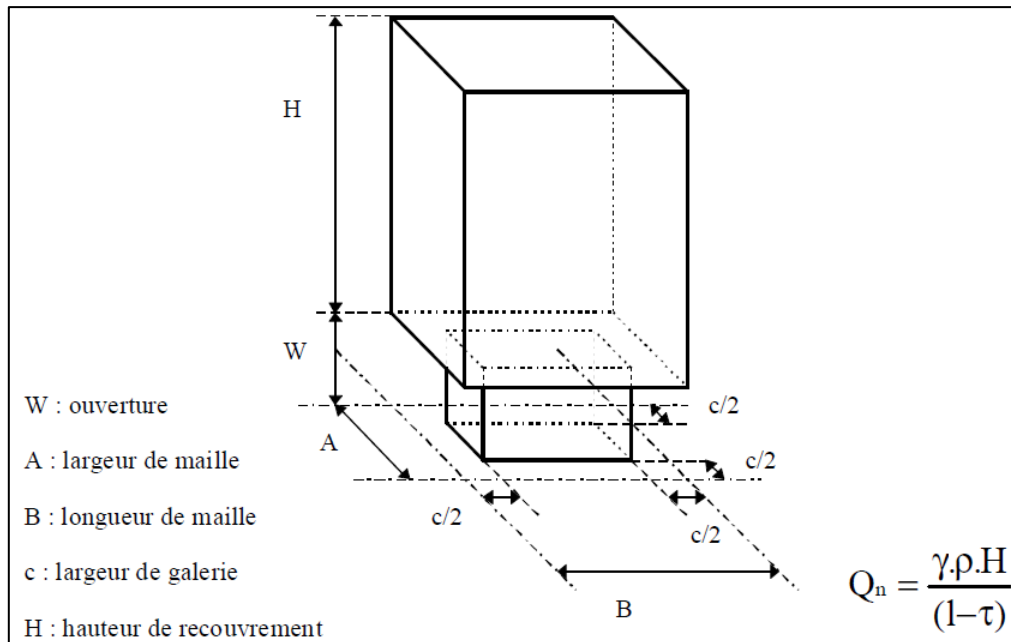


Figure 39 : Evaluation de la contrainte dans un pilier Q_n par le principe de l'aire tributaire

La comparaison de $R_{c_{ultime}}$ et de Q_n permet de définir les profondeurs maximales des secteurs de piliers stables à long terme. Compte tenu de l'estimation sécuritaire de Q_n , la profondeur limite a été estimée sur la base d'un coefficient de sécurité de 1 relatif aux calculs sur les plus forts taux de défrèvement attendus par configuration (Figure 40).

N.B. : pour les travaux TVX_5, aucun calcul n'a été réalisé (absence de certitude sur l'existence de piliers et aucune donnée de taux de défrèvement), ils seront définis « par défaut » comme instables et très peu sensibles à la rupture.

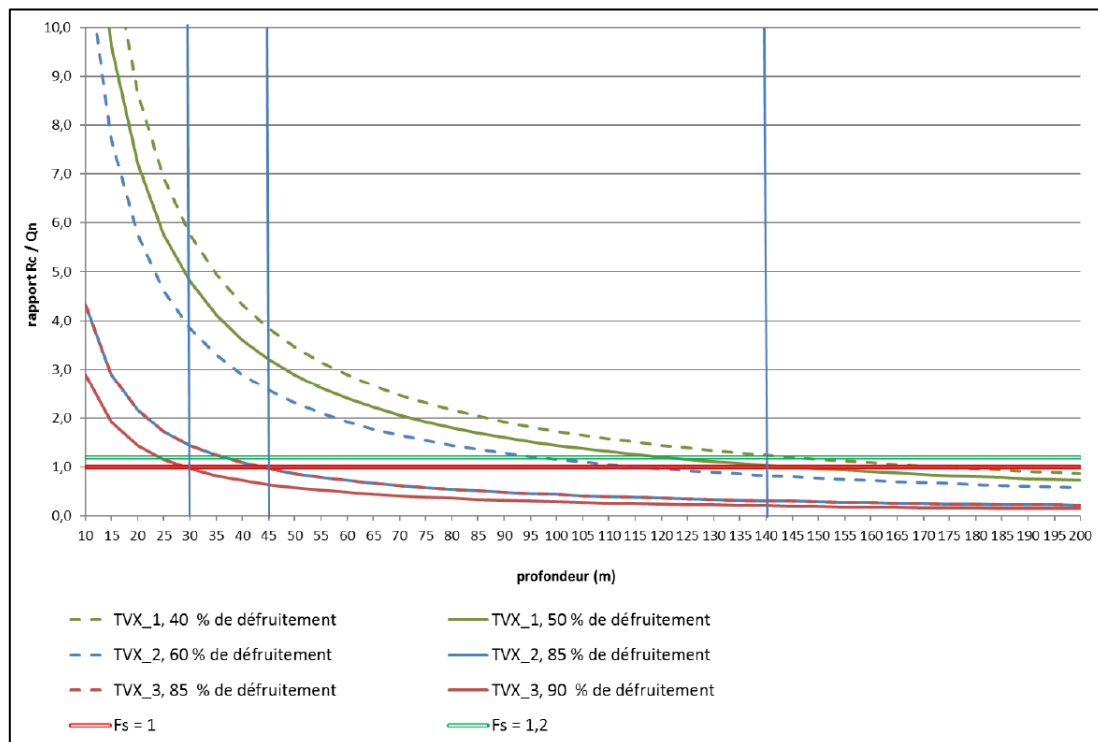


Figure 40 : Variations du rapport R_c/Q_n en fonction de la profondeur et des taux de défrèvement estimés pour chaque configuration

Config	Nom de la configuration	Taux de défrètement	Profondeur	Stabilité des piliers
TVX_1	Travaux uniquement « tracés »	40 et 50%	0-140 m	Probablement stable
			Sup 140 m	Probablement instable
TVX_2	Travaux tracés et dépilés partiellement	60 et 85%	0-45 m	Probablement stable
			Sup 45 m	Probablement instable
TVX_3	Travaux tracés et dépilés entièrement	85-90%	0-30 m	Probablement stable
			Sup 30 m	Probablement instable
TVX_5	Travaux exploités par grandes tailles	Inconnu si non foudroyé correctement	Toute profondeur	Supposé, par défaut, instable

Tableau 16 : Gamme de profondeur de rupture potentielle des piliers

Ouverture exploitée / élancement des piliers

Tout autre critère pris égal par ailleurs, plus l'ouverture des travaux est importante et plus les piliers sont élancés, plus forte est la sensibilité des piliers à la rupture.

Le critère d'élancement introduit la notion de largeur représentative des piliers, donnée qui n'est pas renseignable à l'échelle de toutes les zones de travaux étudiées ici. L'ouverture est connue et identifiée sur la totalité des secteurs. Une approche forfaitaire a été retenue sur la base de ce dernier critère (Tableau 17) :

- piliers peu sensibles à la rupture dans les zones de piliers instables, d'un mètre d'ouverture maximale (soit un élancement de 0,2 pour des piliers de 5 m de côté) ;
- piliers sensibles à la rupture, pour toute ouverture de travaux de plus d'un mètre.

Ratio largeur exploitée sur épaisseur de recouvrement (pour mémoire)

À une profondeur donnée, il existe une largeur de cavité éboulée, qualifiée de « critique », pour laquelle un point de la surface et un seul subit l'affaissement maximal A_m . Au-delà de cette largeur critique, la cuvette présente un fond plat, constitué par tous les points dont l'affaissement vaut A_m , et la largeur de la cuvette grandit comme la largeur de la cavité (largeur surcritique).

En deçà de la largeur critique, l'affaissement de surface est incomplet (largeur sous critique) et peut même être inexistant si la cavité est très étroite par rapport à la profondeur.

D'une manière générale, plus le rapport L_{max}/H est élevé, plus la configuration est défavorable vis-à-vis de la stabilité des terrains de surface.

En poursuivant la comparaison avec le BFL, dans le cas d'exploitations simples en monocouche, il a été établi que :

- aucun affaissement n'est perceptible en surface tant que $L_{max}/H < 0,4$ (où L_{max} est la largeur maximale de la zone de travaux prise entre bords fermes et H la profondeur minimale représentative de la zone considérée) ;
- pour $0,4 < L_{max}/H < 1$, les affaissements mesurés en surface sont systématiquement inférieurs à A_m ;
- dès que $L_{max}/H > 1$, au moins un point en surface subit un affaissement d'une valeur maximale A_m .

Ainsi, une prédisposition nulle aux affaissements en surface doit être attribuée aux secteurs où $L_{max}/H < 0,4$.

Dans le cas étudié ici, les valeurs $L_{\max}/H$ sont systématiquement supérieures à 1 et ce paramètre n'entre donc pas en ligne de compte (cette remarque vaut également pour le calcul des intensités des affaissements).

Config	Profondeur	Ouverture travaux	Stabilité des piliers	$L_{\max}/H$	Prédisposition
TVX_1	0 – 140 m	Toute ouverture	Probablement stable	Toute valeur de $L_{\max}/H$	Nulle
	> 140 m	< 1 m	Probablement instable mais peu sensible à la rupture	< 0,4 non représenté	-
				> 0,4	Peu sensible
		> 1 m	Probablement instable et sensible à la rupture	< 0,4 non représenté	-
TVX_2	0 – 45 m	Toute ouverture	Probablement stable	Toute valeur de $L_{\max}/H$	Nulle
	> 45 m	< 1 m	Probablement instable mais peu sensible à la rupture	< 0,4 non représenté	-
				> 0,4	Peu sensible
		> 1 m	Probablement instable et sensible à la rupture	< 0,4 non représenté	-
TVX_3	0 – 30 m	Toute ouverture	Probablement stable	Toute valeur de $L_{\max}/H$	Nulle
	> 30 m	< 1 m	Probablement instable mais peu sensible à la rupture	< 0,4 non représenté	-
				> 0,4	Peu sensible
		> 1 m	Probablement instable et sensible à la rupture	< 0,4 non représenté	-
TVX_5	Toute profondeur	Toute ouverture	Supposé, par défaut, instable et très peu sensible	Toute valeur de $L_{\max}/H$	Très peu sensible

Tableau 17 : Prédisposition des affaissements miniers en surface au droit des exploitations partielles

5.5.4 Intensité des affaissements

L'effet de mise en pente est généralement retenu comme paramètre principal permettant de définir l'intensité des affaissements « classiques » [2].

Classe d'intensité	P_m , Mise en pente (en %)
Très limitée	$P < 1 \%$
Limitée	$1 \% < P < 3 \%$
Modérée	$3 \% < P < 6 \%$
Élevée	$P > 6 \%$

Tableau 18 : Valeurs-seuils de mise en pente définissant les classes d'intensité des affaissements [2]

Les mises en pente horizontales maximales sont calculées avec la formule empirique suivante :

$$P_m = \beta \times A_m/H$$

avec A_m , l'amplitude maximale d'affaissement, H , la profondeur minimale représentative d'exploitation et β , un coefficient de calcul des mises en pente.

En Lorraine, les valeurs pour β sont comprises entre 3 (panneau instable bordé de dépilages) et 5 (panneau instable en zone vierge). La valeur représentative de 3,5 sera retenue ici.

N.B. : l'affaissement attendu étant fonction du ratio L_{max}/H , les mises en pente attendues le sont également. Toutefois, dans le cas présent, ce ratio étant systématiquement supérieur à 1, il n'a pas été pris en compte dans les présents calculs d'intensité.

Affaissements accidentels liés à la rupture de piliers abandonnés

Dans ce cas, les valeurs P_m ont été calculées en considérant :

$$A_m = k \times W \times \tau,$$

où W est l'ouverture des travaux, τ est le taux de défruitement de la zone et k compris entre 0,25 et 0,5, (voir formule donnée au paragraphe 5.5.1.1 avec des profondeurs maximales de l'ordre de 30 à 140 m, d'où des valeurs de $k \ll 1$).

Les valeurs extrêmes des mises en pente attendues sont présentées au Tableau 19. Les niveaux d'intensité correspondants sont également précisés.

Affaissements liés aux zones d'exploitation totales par tailles

Dans ces secteurs, seuls des mouvements résiduels sont redoutés qui, par nature, ont une intensité très limitée (voir paragraphe 5.5.3.1).

Config	Nom de la configuration	Taux de défruits	Ouverture W, m	A _m , m	H _{min} , m	P _m , %	Intensité
TVX_1	Travaux uniquement « tracés »	40%	0,6	0,06 à 0,12	140	0,2 à 0,3 %	Très limitée
					165	0,2 à 0,3 %	Très limitée
		40%	2	0,2 à 0,4	140	0,5 à 1 %	Très limitée
					165	0,5 à 0,9 %	Très limitée
		50%	0,6	0,8 à 0,15	140	0,2 à 0,4 %	Très limitée
					165	0,2 à 0,4 %	Très limitée
		50%	2	0,25 à 0,5	140	0,7 à 1,3 %	Limitée
					165	0,6 à 1,1 %	Très limitée
TVX_2	Travaux tracés et dépilés partiellement	60%	0,6	0,9 à 0,18	45	0,7 à 1,4 %	Limitée
					200	0,2 à 0,4 %	Très limitée
		60%	2	0,3 à 0,6	45	2,4 à 4,7 %	Modérée
					200	0,6 à 1,1 %	Très limitée
		85%	0,6	0,13 à 0,25	45	1 à 2 %	Limitée
					200	0,3 à 0,5 %	Très limitée
		85%	2	0,43 à 0,85	45	3,4 à 6,7 %	Modérée
					200	0,8 à 1,5 %	Limitée
TVX_3	Travaux tracés et dépilés « entièrement »	85%	0,7	0,15 à 0,3	30	1,8 à 3,5 %	Limitée
					75	0,7 à 1,4 %	Très limitée
		85%	2	0,43 à 0,85	30	5 à 10 %	Élevée
					75	2 à 4 %	Modérée
		90%	0,7	0,31	30	1,9 à 3,7 %	Modérée
					75	0,8 à 1,5 %	Limitée
		90%	2	0,9	30	5,3 à 10,5 %	Élevée
					75	2,1 à 4,2 %	Modérée
TVX_5	Travaux exploités par grandes tailles	-	0,7	mm à cm (mouvement résiduel)	tte profondeur	s.o	Très limitée

Tableau 19 : Gammes d'intensité des affaissements potentiels

5.5.5 Niveau de l'aléa affaissement

Les niveaux d'aléa relatif aux affaissements sont obtenus par croisement des intensités potentiellement attendues et des prédispositions selon la classification suivante.

Tous les niveaux d'intensité et de prédisposition sont représentés dans l'étude, ce qui ne permet pas l'édition d'un tableau d'aléa simple.

Remarque :

Le procédé détaillé ci-avant a été appliqué à toutes les zones de travaux définies sur le site de Mazenay et de Change, zone par zone (28 zones de configuration TVX_1, 2, 3 et 5).

		Prédisposition			
		Nulle	Très peu sensible	Peu sensible	Sensible
Intensité	Très limitée	Nul (piliers stables)	Faible (mouvement résiduel) [3]	Faible [2]	Faible [1]
	Limitée		Faible [0]	Faible [5]	Faible [1]
	Modérée		Faible [0]	Faible [6]	Moyen [9]
	Élevée		Faible [0]	Moyen [0]	Fort [1]

Tableau 20 : Matrice des niveaux d'aléa affaissement [nombre de zones]

5.6 Cartographie des aléas

Les marges d'incertitude (précision des levés au GPS, des travaux de calage, des reports cartographiques) et les marges d'influence liées à l'extension des aléas (telles que définies dans les paragraphes suivants) sont intégrées aux zonages figurés sur les cartes d'aléas proposées.

5.6.1 Effondrement localisé lié aux puits

Pour ces ouvrages, la zone d'aléa est circulaire. Le rayon de la zone d'aléa est défini à partir du centre de l'ouvrage de la façon suivante :

- rayon du puits matérialisé ou localisé ;
- marge d'influence qui correspond, en fonction de la profondeur des ouvrages et du volume des vides disponible, à l'extension latérale du cône d'effondrement en surface. D'une manière générale, il est considéré l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface (2 m) ;
- incertitudes :
 - incertitude de localisation issue de celle du plan sur lequel se trouve cet ouvrage (ouvrage localisé) ou de localisation GPS (ouvrage matérialisé) ;
 - incertitude liée au support cartographique (BD ORTHO) prise égale à 3 m.

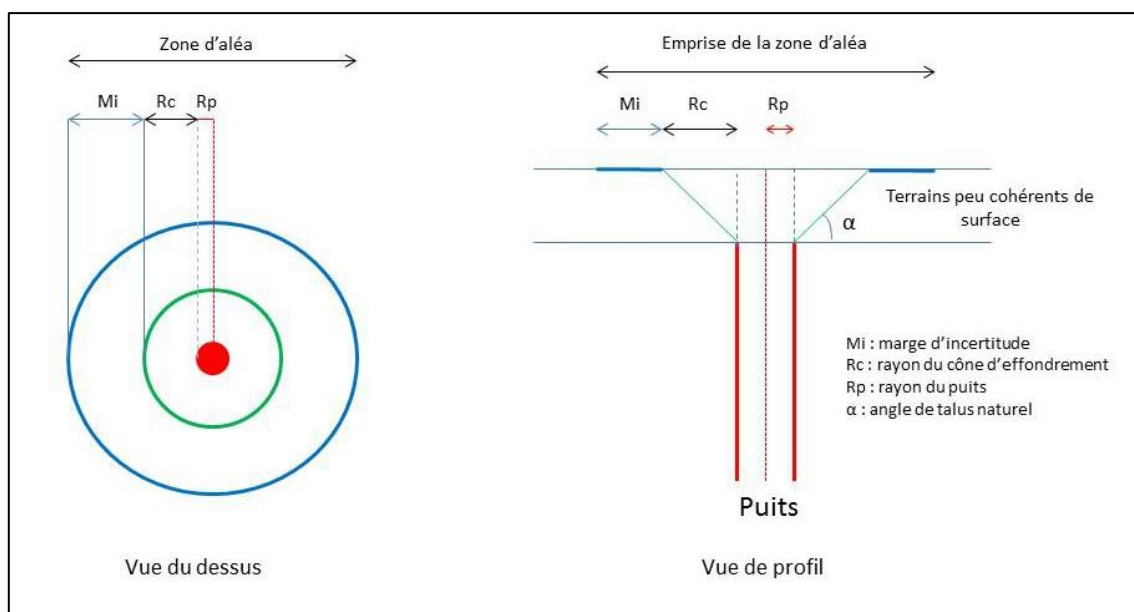


Figure 41 : Cartographie de l'aléa lié au puits

Le Tableau 21 de synthèse suivant présente l'ensemble des valeurs retenues pour les puits de l'étude, ainsi que le rayon de l'aléa tel qu'il est dessiné sur la carte finale des aléas :

Commune	Concession	Ouvrage	Prédisposition finale retenue	Niveau de l'intensité	Niveau de l'aléa	Rayon du cône d'effondrement (rayon du puits + rayon d'influence)	Incertitude de positionnement	Incertitude de report cartographique	Rayon final de l'aléa
Nolay	Change	P1	peu sensible	modérée	faible	4,5	10	3	17,5
Nolay	Change	P2	peu sensible	modérée	faible	3	20	3	26
Change	Change	P3	peu sensible	modérée	faible	2,5	5	3	10,5
Change	Change	P4	peu sensible	modérée	faible	4,5	5	3	12,5
Change	Change	P5	peu sensible	modérée	faible	4	5	3	12
Change	Change	P6	peu sensible	modérée	faible	4,5	5	3	12,5
Change	Change	P7	peu sensible	modérée	faible	3	5	3	11
Change	Change	P8	peu sensible	modérée	faible	3	30	3	36
Saint-Gervais-sur-Couches	Change	P9	peu sensible	modérée	faible	3	20	3	26
	Hors-titre	P10	peu sensible	modérée	faible	3	20	3	26
Créot	Change	P11	peu sensible	modérée	faible	3	15	3	21
Créot	Change	P12	peu sensible	modérée	faible	4,5	5	3	12,5
Créot	Change	P13	peu sensible	modérée	faible	4,5	8	3	15,5
Créot	Mazenay	P14	peu sensible	modérée	faible	4,5	30	3	37,5
Créot	Mazenay	P15	peu sensible	modérée	faible	4,5	10	3	17,5
Créot	Mazenay	P16	peu sensible	modérée	faible	4,5	5	3	12,5
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P17	peu sensible	modérée	faible	4,5	20	3	27,5
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P18	peu sensible	modérée	faible	4,5	10	3	17,5
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P19	peu sensible	modérée	faible	4,5	10	3	17,5
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P20	peu sensible	modérée	faible	4,5	15	3	22,5
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P21	peu sensible	modérée	faible	3,5	5	3	11,5
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P22	peu sensible	modérée	faible	4,5	15	3	22,5
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P23	peu sensible	modérée	faible	2	5	3	10
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P24	peu sensible	modérée	faible	4,5	10	3	17,5
Saint-Sernin-du-Plain	Mazenay	P25	peu sensible	modérée	faible	4,5	10	3	17,5

Dracy-lès-Couches	Mazenay	P26	peu sensible	modérée	faible	3	30	3	36
Dracy-lès-Couches	Mazenay	P27	peu sensible	modérée	faible	3	30	3	36

Tableau 21 : Cartographie de l'aléa puits

5.6.2 Effondrement localisé lié aux zones de travaux souterrains

Pour les galeries, l'extension de la zone d'aléa est définie à partir de la localisation et de l'extension de ces ouvrages en fonction de la profondeur-seuil. La marge retenue pour cartographier l'aléa se décompose comme suit :

- emprise de l'ouvrage ;
- marge d'influence qui correspond à l'extension latérale maximale d'un fontis en surface. La valeur de cette marge, prise en aval et de part et d'autre de la galerie, est ici prise égale à 2 m, qui correspond à l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface ;
- incertitudes :
 - incertitude de localisation issue de celle du plan sur lequel se trouve cet ouvrage ou de localisation GPS ;
 - incertitude liée au support cartographique (BD ORTHO) prise égale à 3 m.

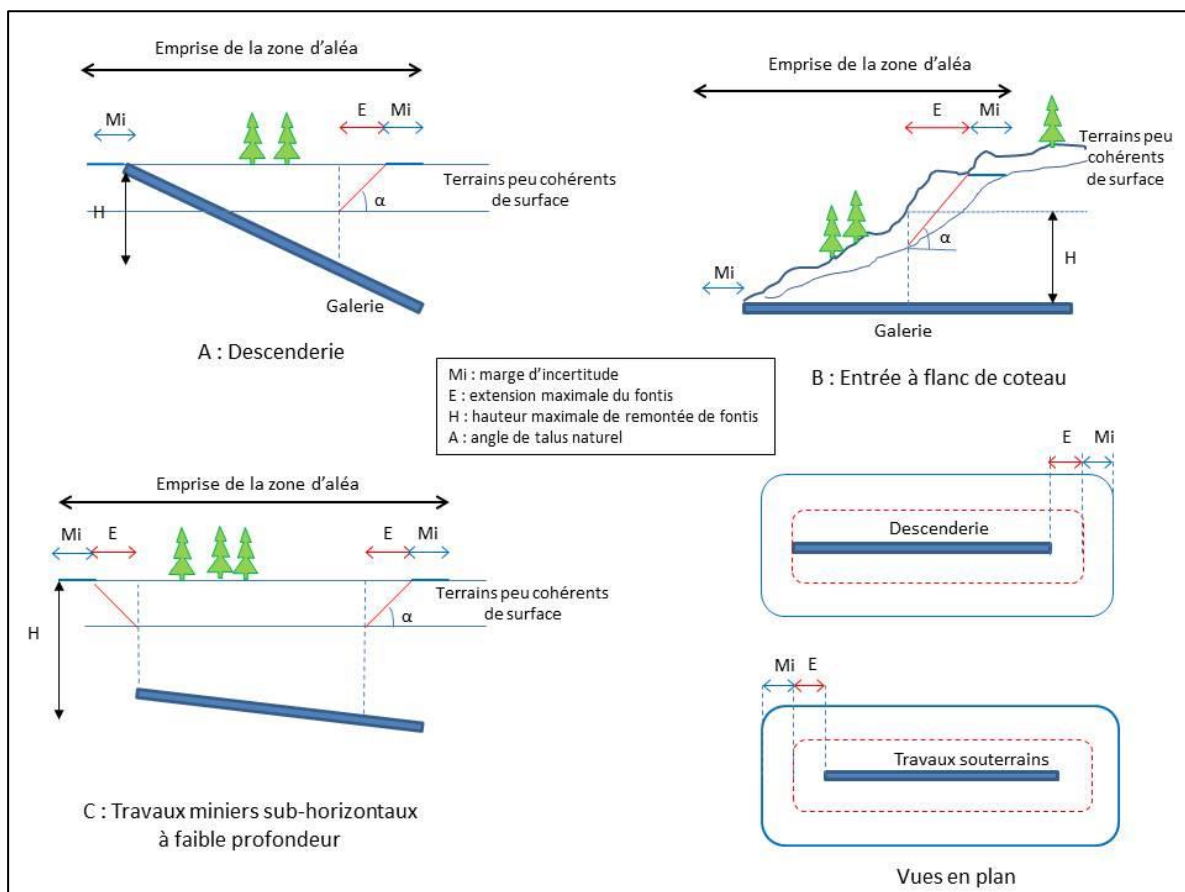


Figure 42 : Cartographie de l'aléa lié aux galeries

Concernant les zones potentiellement affectées par des travaux miniers, compte tenu des incertitudes et des approximations des tracés des enveloppes de ces zones potentiellement affectées par des travaux miniers (voir paragraphe 4.11.4.3), la zone d'aléa effondrement

localisé correspond exactement aux limites de l'enveloppe de la zone potentiellement affectée par des travaux miniers (aucune marge supplémentaire n'est intégrée).

5.6.3 Affaissement

Les limites matérialisant en surface la zone possiblement influencée par l'affaissement sont déterminées à partir d'un angle dit « angle d'influence », pris sur la verticale, qui relie l'extrémité du panneau, au fond, aux points de surface où des affaissements, déformations ou pentes sont considérés comme imperceptibles ou nulles (Figure 43).

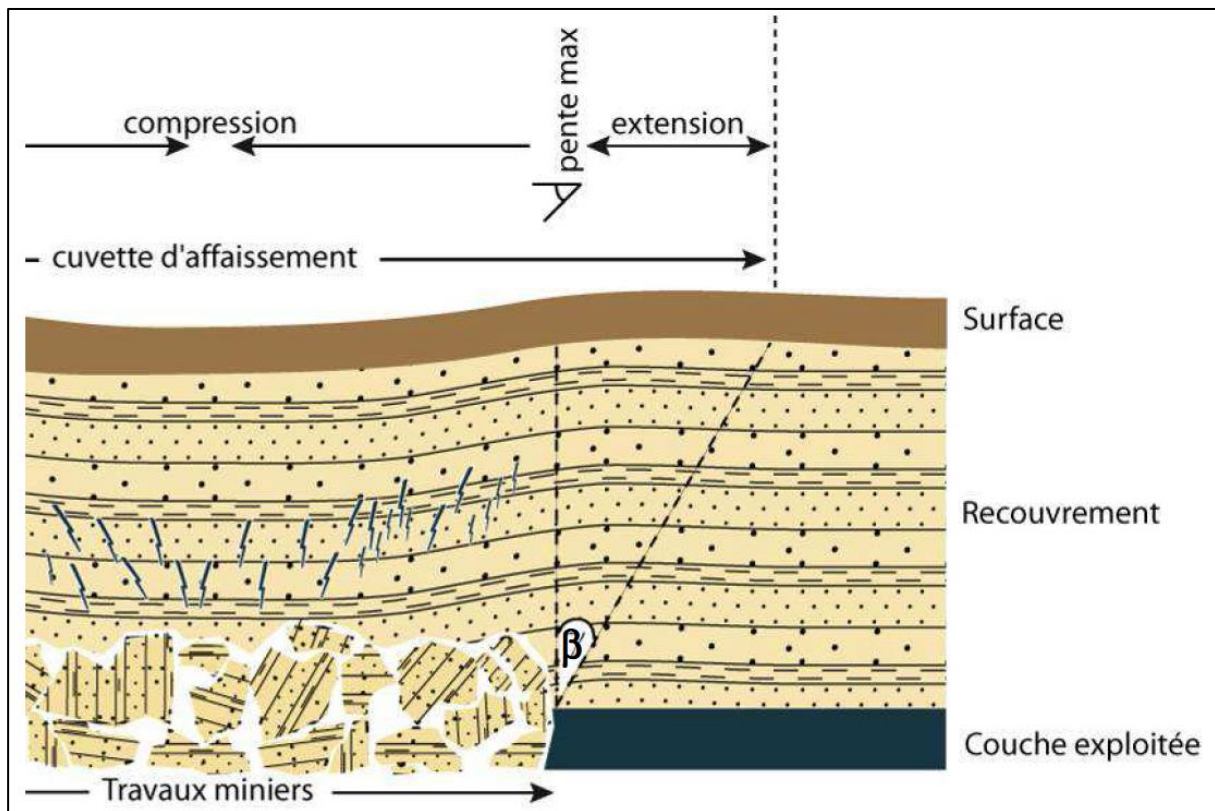


Figure 43 : Définition de l'angle d'influence β de l'aléa affaissement

Le choix des valeurs de l'angle d'influence joue donc directement sur l'importance de la zone affectée et doit être pris avec précaution.

Pour évaluer l'aire de la cuvette d'affaissement en surface, on considère le plus souvent dans une couche située en plateure (pendage subhorizontal), un angle d'influence (β) de l'ordre de 10° à 35°.

Dans le cas des mines du site de Mazenay et de Change, aucune information ni descriptif sur un suivi d'affaissement n'a été retrouvé dans les archives. L'évaluation de l'angle d'influence est donc définie à partir des retours d'expérience acquis sur différents bassins similaires.

Dans le bassin ferrifère lorrain, trois valeurs d'angles d'influence ont été définies en fonction de la nature de la zone jouxtant le secteur affaissable évalué :

- 10° pour une zone vierge ;
- 20° pour une zone exploitée ;
- 35° pour une zone défilée.

Ces valeurs sont issues de l'analyse de plusieurs milliers de zones affaissées en Lorraine. La base de données de Mazenay et de Change ne permet pas une telle analyse.

Ainsi, une seule valeur d'angle influence sera retenue. Dans ce contexte, 20° semble être une solution intermédiaire adaptée aux configurations étudiées.

Le tracé de la zone d'aléa affaissement lié à une zone de travaux comprend les deux marges classiques d'incertitude globale et d'extension latérale. Ces marges sont définies à partir du tracé des travaux issus du calage des plans miniers :

- l'incertitude de localisation des travaux comprise ici entre 5 m et 30 m ;
- les 3 mètres liés à l'incertitude du support cartographique (BD ORTHO) ;
- E, marge d'influence définie par l'équation suivante, $E = H_{rep} \times \tan(\beta)$.

Comme détaillé précédemment, la valeur retenue pour l'angle d'influence est de 20°. H_{rep} est une profondeur « représentative » de la zone, en général la profondeur moyenne a été retenue (exception faite des bords de zones peu profondes où la profondeur minimale a été retenue).

6 SYNTHÈSE ET CONCLUSION

6.1 Synthèse globale des aléas

L'analyse des données obtenues à l'issue de la phase informative a permis d'identifier et d'évaluer plusieurs aléas liés aux anciens travaux miniers du secteur de Mazenay et Change. Ils sont synthétisés dans le Tableau 22 suivant :

Type d'aléa	Type	Niveau d'aléa		
		Fort	Moyen	Faible
Effondrement localisé	Puits	-	-	P1 à P27
	Entrées et corps de galeries (TVX_7) de 0 à 20 m de profondeur	-	tous ces travaux miniers	-
	Zones de travaux de configuration TVX_1, TVX_2, TVX_3, TVX_4, TVX_5, TVX_6 de 0 à 15 m de profondeur	-	tous ces travaux miniers	-
	Zones de travaux de configuration TVX_1, TVX_2, TVX_3, TVX_4, TVX_5, TVX_6 de 15 à 20 m de profondeur	-	-	tous ces travaux miniers
	Zones potentiellement affectées par des travaux miniers souterrains (TVX_POT) de 0 à 20 m de profondeur	-	-	toutes les zones potentiellement affectées par des travaux miniers souterrains
Affaissement	Zones de travaux de configuration TVX_1, TVX_2, TVX_3, TVX_4, TVX_5	oui	oui	oui

Tableau 22 : Synthèse des aléas miniers

6.2 Synthèse des aléas par commune

Le Tableau 23 récapitule pour chaque aléa les communes concernées par cet aléa, ainsi que le niveau d'aléa et l'enjeu de surface.

Commune	Niveau d'aléa	Enjeu
Affaissement		
Change	Faible	Route communale et une maison
	Moyen	Aucun enjeu concerné
	Fort	Aucun enjeu concerné
Créot	Faible	Aucun enjeu concerné
Epertully	Moyen	Aucun enjeu concerné
Saint-Gervais-sur-Couches	Faible	Aucun enjeu concerné
	Moyen	Aucun enjeu concerné
Saint-Sernin-du-Plain	Faible	Route communale et cinq maisons
Effondrement localisé lié aux travaux souterrains peu profonds		
Change	Faible	Route communale
Créot	Faible	Route communale
	Moyen	Route communale Deux maisons d'habitation
Dracy-lès-Couches	Faible	Route communale
	Moyen	Route communale
Nolay	Faible	Route communale
	Moyen	Aucun enjeu concerné
Saint-Gervais-sur-Couches	Faible	Route communale
	Moyen	Route communale
Saint-Maurice-lès-Couches	Faible	Route communale
	Moyen	Aucun enjeu concerné
Saint-Sernin-du-Plain	Faible	Une dizaine de maisons
	Moyen	Une quinzaine de maisons
Effondrement localisé lié aux puits		
Change	Faible	Aucun enjeu concerné
Créot	Faible	Route communale (puits P13 et P12)
Dracy-lès-Couches	Faible	Aucun enjeu concerné
Nolay	Faible	Route communale (puits P1)
Saint-Gervais-sur-Couches	Faible	Aucun enjeu concerné
Saint-Sernin-du-Plain	Faible	Route communale (puits P20)

Tableau 23 : Synthèse des aléas retenus par commune

7 LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

7.1 Liste des figures

Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude	3
Figure 2 : Principe d'évaluation de l'aléa	4
Figure 3 : Aperçu du relief sur l'emprise des terrains concédés	8
Figure 4 : Extrait de la carte géologique sur le secteur étudié (www.geoportail.fr)	9
Figure 5 : Vue des calcaires à Gryphées (à gauche : aux Menaults, commune de Change, et à droite : au hameau de Mazenay)	10
Figure 6 : Aperçu des variations d'épaisseur du gîte exploité sur Change (à droite) et sur Mazenay (à gauche) d'après les plans de 1881 (Archives Nationales)	11
Figure 7 : Vue en plan de l'emprise des travaux de la mine de Mazenay (IGN)	14
Figure 8 : Vue en plan de l'emprise des travaux de la mine de Change (IGN)	15
Figure 9 : Photographie d'un traçage (partie centrale + élargissement)	17
Figure 10 : Vue en plan des traçages sur la mine de Mazenay (1884)	17
Figure 11 : Extraits de plans illustrant les méthodes d'exploitation	18
Figure 12 : Photographies de piliers « fabriqués » (inspection d'octobre 2016)	19
Figure 13 : Photographies de galeries centrales murées	19
Figure 14 : Photographies d'une zone remblayée (à droite) et des chutes de plaquettes (à gauche)	20
Figure 15 : Photographies de l'ouverture des travaux miniers	20
Figure 16 : Aperçu en plan de la méthode des « grandes tailles » (mine de Mazenay, 1883)	21
Figure 17 : Vue en plan d'une zone de travaux TVX_1 (extrait plan Mazenay 1914)	22
Figure 18 : Coupe schématique de travaux TVX_1 (voir trait de coupe sur la figure précédente)	22
Figure 19 : Vue en plan d'une zone de travaux TVX_2 (extrait plan Mazenay 1914)	23
Figure 20 : Vue en plan d'une zone de travaux TVX_3 (extrait plan Mazenay 1914)	24
Figure 21 : Coupe schématique de travaux entièrement dépilés (TVX_3) non effondrés, d'après les observations faites sur la mine de Mazenay	24
Figure 22 : Vues en plan de zones de travaux TVX_4 (à gauche : extrait plan Mazenay 1914, et à droite : extrait plan Change 1914)	26
Figure 23 : Vues en plan de zones de travaux TVX_5 (à gauche : extrait plan Mazenay 1914, et à droite : extrait plan Change 1892)	26
Figure 24 : Vues en plan de zones de travaux TVX_6 (à gauche : extrait plan Mazenay 1914, et à droite : extrait plan Mazenay 1890)	27
Figure 25 : Vue en plan de galeries principales d'infrastructure (extrait plan Mazenay 1914)	28
Figure 26 : Profondeur des travaux sur les mines de Change et Mazenay	30
Figure 27 : Vue de la galerie d'écoulement du Créot (cliché INERIS)	31
Figure 28 : Aperçu de la zone soumise à un battement de nappe (cliché INERIS - inspection octobre 2016)	32
Figure 29 : Vue de la principale galerie d'écoulement G18 de Change (cliché INERIS)	32
Figure 30 : Vues d'accès « spéléos » (à gauche : la Mine de Mazenay (indice 1), et à droite : la Mine de Change (indice 17))	38
Figure 31 : Principe schématique de formation d'une cuvette d'affaissement (BD cavité - BRGM)	46
Figure 32 : Principe schématique du mécanisme de l'effondrement généralisé	47
Figure 33 : Schéma de principe du phénomène de glissement profond (MEDD)	48
Figure 34 : Schéma de principe du phénomène d'effondrement localisé en tête de puits	49
Figure 35 : Représentation schématique d'un effondrement localisé au droit d'une cavité minière à faible profondeur	54
Figure 36 : Modèle de hauteur de remontée de voûte d'éboulement en milieu stratifié [9]	54
Figure 37 : Représentations des deux types d'affaissement (à gauche : celui lié à une exploitation totale, et à droite : celui d'origine accidentelle)	60
Figure 38 : Représentation schématique d'un affaissement aux conséquences en surface peu souples	61
Figure 39 : Evaluation de la contrainte dans un pilier Qn par le principe de l'aire tributaire	64
Figure 40 : Variations du rapport Rc/Qn en fonction de la profondeur et des taux de défrèvement estimés pour chaque configuration	64
Figure 41 : Cartographie de l'aléa lié au puits	70
Figure 42 : Cartographie de l'aléa lié aux galeries	71
Figure 43 : Définition de l'angle d'influence β de l'aléa affaissement	72

7.2 Liste des tableaux

Tableau 1 : Coupe lithostratigraphique des terrains affleurant sur le secteur étudié (d'après la carte géologique n°552 « Le Creusot », BRGM) -----	10
Tableau 2 : Répartition des ODJ par concession -----	33
Tableau 3 : Etat des ouvrages retrouvés sur le terrain -----	33
Tableau 4 : Recensement des désordres sur le secteur de Mazenay -----	37
Tableau 5 : Caractéristiques des indices miniers répertoriés -----	39
Tableau 6 : Liste des documents et des plans -----	41
Tableau 7 : Analyse des incertitudes présentes sur la cartographie des travaux miniers -----	43
Tableau 8 : Evaluation de l'aléa effondrement localisé lié à un puits -----	52
Tableau 9 : Evaluation de l'aléa effondrement localisé pour les puits -----	53
Tableau 10 : Prise en compte de l'aléa effondrement localisé en fonction de la configuration des travaux miniers -----	56
Tableau 11 : Formules empiriques d'évaluation des épaisseurs pesantes H_p de toit au-dessus d'une galerie -----	57
Tableau 12 : Calculs des épaisseurs pesantes H_p de toit au-dessus d'une galerie -----	58
Tableau 13 : Prédisposition aux effondrements localisés sur travaux -----	58
Tableau 14 : Synthèse des niveaux de l'aléa effondrement localisé sur travaux -----	59
Tableau 15 : Prise en compte de l'aléa affaissement sur les différentes configurations de travaux retenues -----	62
Tableau 16 : Gamme de profondeur de rupture potentielle des piliers -----	65
Tableau 17 : Prédisposition des affaissements miniers en surface au droit des exploitations partielles -----	66
Tableau 18 : Valeurs-seuils de mise en pente définissant les classes d'intensité des affaissements [2] -----	66
Tableau 19 : Gammes d'intensité des affaissements potentiels -----	68
Tableau 20 : Matrice des niveaux d'aléa affaissement [nombre de zones] -----	69
Tableau 21 : Cartographie de l'aléa puits -----	71
Tableau 22 : Synthèse des aléas miniers -----	73
Tableau 23 : Synthèse des aléas retenus par commune -----	74

8 SIGLES UTILISES

AD : Archives Départementales

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

MCO : Mine à Ciel Ouvert

ODJ : Ouvrages Débouchant au Jour

BD ORTHO : Base de Données Orthophotographie numérique

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

GPS : Global Positioning System (géolocalisation)

DGPS : Differential Global Positioning System (géolocalisation différentielle)

DRAC : Direction Régionale des Affaires Culturelles

IGN : Institut Géographique National

IRM : Inventaire des Risques Miniers

NGF : Nivellement Général de la France

ODJ : Ouvrages Débouchant au Jour

9 BIBLIOGRAPHIE

- [1] Rapport d'étude INERIS référencé DRS-16-156568-10904A. Concessions pour fer de Mazenay et Change (Saône-et-Loire). Phase informative et évaluation détaillée des aléas de type mouvement de terrain. 12/04/2017.
- [2] Rapport d'étude INERIS référencé DRS-06-51198/R01 du 4 mai 2006. L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers. Guide méthodologique. Volet relatif à l'évaluation de l'aléa. Les risques de mouvements de terrain, d'inondations et d'émissions des gaz de mine.
- [3] Rapport GEODERIS référencé N2012/010DE-12NAT2210. Guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers. Volet « effondrement localisé ».
- [4] Document GEODERIS référencé N2012/016DI-12NAT2210. Nouvelles consignes de cartographie de l'aléa effondrement localisé sur travaux avérés et travaux supposés.
- [5] Document INERIS référencé DRS-07-79371-17209A. Etude d'aléas préliminaire concernant les anciennes concessions de lignite du Bassin de Provence, détenues par Charbonnages de France. 21/12/2007.
- [6] PIGUET. La modélisation en mécanique des terrains et son application à l'exploitation minière. Thèse présentée devant l'Institut National Polytechnique de Lorraine pour obtenir le grade de Docteur ès Sciences. Institut National Polytechnique de Lorraine. 29/04/1983.
- [7] PROTODYAKONOV. Mechanical properties and drillability of rocks. In: Proc 5th Symp. on Rock Mech., Univ. Minnesota, pp. 103-118.
- [8] TERZAGHI et PECK. Mécanique des sols appliquée. DUNOD 1957.
- [9] WILSON. The stability of undergrounds workings in the soft rocks of the coal measures. Thèse. Université de Nottingham. Avril 1980.

10 LISTE DES ANNEXES

Annexe	Intitulé
1	Terminologie / glossaire
2	Plans miniers
3	Photographies
4	Inventaire et caractéristiques des ouvrages débouchant au jour
5	Evaluation de la prédisposition au vide pour les puits
6	Cartes informatives
7	Carte des aléas miniers par commune

Annexe 1

Terminologie / glossaire

Extrait du Guide Général des Plans de Prévention
des Risques naturels prévisibles (PPR), du guide PPRM
et de la circulaire du 6 janvier 2012 relative
à la prévention des risques miniers résiduels

Aérage

Ventilation des cavages par circulation libre ou forcée de l'air grâce à l'aération mise en œuvre.

Affaissement progressif

Type d'instabilité pouvant survenir au-dessus d'une exploitation par chambres et piliers ou par défilage. Il se traduit par la formation en surface d'une cuvette de quelques dizaines à quelques centaines de mètres de diamètre. Au centre de la cuvette les terrains descendent verticalement. Sur les bords, les terrains se mettent en pente avec un étirement sur les bords extérieurs (ouverture de fractures, fentes de tension) et un raccourcissement sur les bords intérieurs (apparition de bourrelets, fractures de compression, etc.).

Aléa

Phénomène naturel d'occurrence et d'intensité donnée. L'aléa correspond à la probabilité qu'un phénomène donné se produise, au cours d'une période de référence, en atteignant une intensité qualifiable ou quantifiable. La caractérisation d'un aléa repose donc sur le croisement de l'intensité prévisible du phénomène avec sa probabilité d'occurrence (prédisposition) (*extrait du guide PPRM*).

Banc

Niveau de roche de même grain, couleur, aspect, dureté, etc. (épaisseur allant du décimètre à plusieurs mètres).

BD ORTHO

Orthophotographie numérique (photographie numérique aérienne corrigée pour être superposable à une carte). La précision de ce support cartographique est estimée à 3 m.

BD TOPO

La BD TOPO, pour Base de Données TOPOgraphiques, est une base de données plutôt qu'une représentation graphique (cartographie) du territoire. Les voies de circulation sont notamment représentées par leur axe, ce qui amoindrit la lisibilité (la voirie est habituellement mise en évidence).

La base de données offre une description exhaustive des thèmes qui la composent avec une précision métrique. L'exactitude des données en plan est comprise entre 1,5 m et 5 m. La base comprend notamment les voies de circulation ferrées et routières, les bâtiments, l'altimétrie, l'hydrographie, etc.

Bure

Puits qui relie deux étages de la mine et qui ne débouche pas en surface.

Chambres et piliers

C'est une méthode d'exploitation minière qui consiste à réaliser un creusement entrecroisé délimitant de proche en proche, des massifs résiduels de plus en plus petit ; principe dont l'usage a consacré l'appellation de « méthode par chambres et piliers » correspondant respectivement aux tronçons de galeries et aux massifs résiduels. Elle laisse subsister des vides au fond.

Chantier

Désigne tout emplacement de la mine où s'effectue une opération d'exploitation.

Comblement

Remplissage d'une cavité au moyen de matériaux d'apport.

Concession

Périmètre dans lequel un industriel est autorisé à rechercher et exploiter une ressource naturelle relevant du code minier (charbon, minerai de fer, bauxite, potasse, sel, etc.).

Couche

Dépôt sédimentaire de nature homogène. Selon sa composition (présence de métaux, de charbon, etc.), elle peut être exploitée.

Découverte

Morts terrains ou stériles enlevés au-dessus de la masse exploitable pour ouvrir une exploitation à ciel ouvert.

Dépilage

Reprise d'exploitation d'un pilier de masse pour réduire sa section en vue d'un foudroyage ultérieur ou d'une reprise à ciel ouvert d'un ancien cavage. Ce terme est parfois utilisé pour désigner une exploitation totale. Dans le cas d'une exploitation filonienne, ce terme correspond à l'enlèvement du minerai.

Descenderie

Galerie inclinée servant d'accès au gisement ou reliant deux niveaux différents dans la mine.

Désordres

Expression des effets directs et indirects d'un phénomène naturel sur l'intégrité et le fonctionnement des milieux. Ils sont caractérisés par différents indicateurs : physiques : désordres hydrauliques (érosion de berges), géologiques, etc. ; socio-économiques : dysfonctionnements liés aux atteintes des services publics (eau potable, électricité, gaz, hôpitaux, etc.) ; humains : population isolée ...

Effondrement brutal

Dans certains cas, la ruine de l'édifice minier ne se fait pas progressivement mais on observe l'effondrement en bloc de l'ensemble des terrains compris entre le fond et la surface.

L'effondrement de la surface se produit alors de manière dynamique, en quelques secondes.

Une forte secousse sismique est ressentie. Les bords de la zone affectée sont plus abrupts que dans le cas de la cuvette d'affaissement, des crevasses ouvertes y apparaissent.

Pour qu'un effondrement brutal se produise, deux conditions au moins doivent être remplies :

- les travaux du fond doivent être très fragiles (fort taux de défruitement, piliers élancés) : ceci constitue le critère géométrique ;
- un banc épais et résistant doit exister dans le recouvrement. La rupture de ce banc qui protégeait les piliers du poids des terrains déclenche le processus d'effondrement. Ceci constitue le critère géologique.

Effondrement localisé

C'est l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont l'extension horizontale varie généralement de quelques mètres à quelques dizaines de mètres de diamètre.

Les dimensions de l'effondrement localisé dépendent de l'importance du vide et de la nature des terrains qui le séparent de la surface. Selon le mécanisme initiateur de l'effondrement localisé, on peut distinguer le fontis, l'effondrement de tête de puits, l'effondrement par rupture de piliers isolés, etc.

Encaissant

Désigne la roche dans laquelle le gisement s'est mis en place.

Ennoyage

Lorsque l'activité minière s'arrête définitivement dans les mines maintenues à sec par pompage, les travaux miniers sont progressivement noyés par les différentes arrivées d'eaux d'infiltrations qui étaient jusqu'alors pompées.

Eponte

Surface séparant le minerai du stérile. Par extension, terrains stériles au contact du minerai.

Etage

Correspond aux différents niveaux d'exploitation de la mine reliés aux puits.

Exhaure

Lors de l'exploitation minière, les eaux d'infiltrations sont évacuées par gravité ou collectées aux points les plus bas des travaux et rejetées à la surface. Ces rejets d'eaux s'appellent l'exhaure.

Faille

Cassure de terrain avec déplacement relatif des parties séparées. En pratique, ce terme désigne le plus souvent des accidents verticaux ou à pendage fort.

Fendue ou descenderie

Voie inclinée permettant l'accès au gisement depuis la surface.

Filon

Remplissage d'une fracture recoupant des roches de nature variée (roches encaissantes). Le matériel de ce remplissage peut avoir été déposé par des circulations de fluides hydrothermaux (filons hydrothermaux) ou être de nature magmatique ou sédimentaire. L'épaisseur d'un filon peut varier de quelques centimètres à quelques mètres.

Fontis

Effondrement localisé qui résulte de l'effondrement du toit d'une cavité souterraine peu profonde.

Foudroyage

Opération consistant à laisser s'affaisser les matériaux du toit, lors de l'enlèvement du soutènement

Front de masse ou front de taille

Limite de la masse exploitée constituée par de la roche crue.

Galeries de service (ou de subsurface)

Galeries techniques à faible profondeur (moins de 50 m) mettant en liaison un puits avec un autre accès pour remplir différents services : permettre au personnel de descendre au fond par des échelles ou à un niveau de recette non encombré par l'extraction, lier un compartiment de retour d'air à un foyer d'aérage extérieur, évacuer les eaux du fond vers des aqueducs de dimensions inférieures à elle ou inversement alimenter le fond en eau à partir de tels aqueducs, etc...

Géoréférencement, géolocalisation

Action d'attribuer à un lieu sur une carte ou dans une base de données une position dans un système de coordonnées (altitude, longitude, latitude).

Gisement

Désigne le lieu où sont concentrées des substances exploitables (minerai) en quantité suffisante pour être extraites. Le gisement comprend généralement des zones minéralisées et des zones stériles.

Intensité d'un phénomène

Expression d'un phénomène, évaluée ou mesurée par ses paramètres physiques.

L'intensité du phénomène caractérise l'ampleur des désordres attendus en surface en cas de déclenchement d'un événement redouté (par exemple le diamètre attendu d'un fontis).

Mur

Eponte située au-dessous du minerai.

Nivellement

Ensemble des opérations consistant à mesurer des différences de niveaux pour déterminer des altitudes.

Pendage

Angle du plan moyen du gisement avec l'horizontale.

Phénomène

Manifestation en surface résultant d'une instabilité effective. Dans le cadre des mouvements de terrain, il peut s'agir de l'affaissement, de l'effondrement localisé (fontis), de l'effondrement en masse ou généralisé, du tassement, du glissement, etc. Ne pas confondre avec risque.

Pilier

Volume de minerai non abattu et participant au soutènement du chantier.

Puissance

Epaisseur d'une couche de minerai ; distance perpendiculaire aux épontes (entre toit et mur).

Puits

Voie de pénétration dans le gisement, verticale, partant de la surface, comportant des accrochages, donnant accès à différents étages d'une mine et permettant de les desservir. Un puits assure normalement la totalité ou plusieurs des services suivant : extraction, circulation du personnel, transport du matériel, descente du remblai, aérage (entrée ou retour d'air), exhaure, etc.

Pour l'aérage des travaux, deux puits étaient foncés à proximité l'un de l'autre, l'un servait à l'entrée de l'air frais, l'autre au retour d'air. Pour renforcer l'aérage naturel, le puits de retour d'air était généralement raccordé à un ventilateur situé à la surface. Le puits d'entrée d'air était dévolu à l'extraction et au transport du personnel tandis que le puits de retour d'air servait à la descente du matériel.

Pour les études d'aléas miniers, il convient de distinguer :

- puits matérialisé : puits qui a effectivement été retrouvé en surface et dont les coordonnées ont pu être relevées au GPS ;
- puits localisé : puits qui n'a pas été retrouvé sur le terrain mais dont les coordonnées sont connues (archives ou exploitant) et comportant une incertitude de positionnement ;
- puits non localisé : puits répertorié dans les archives qui n'a pas été retrouvé sur le terrain et qui n'a aucune coordonnée connue ;
- puits d'exhaure ou d'épuisement : puits dont le rôle consistait à évacuer l'eau pompée dans la mine.

Prédisposition

Qualification d'un site à partir de l'évaluation et la pondération des paramètres favorables au déclenchement d'un mécanisme d'instabilité et à la survenance d'un phénomène pour une période de temps donnée.

Recette

Lieu où se trouvent les dispositifs assurant la manutention des produits et du matériel et la circulation du personnel aux abords du puits, à chaque niveau.

Recouvrement

Désigne les terrains présents au-dessus d'une exploitation souterraine

Remblayage

Action manuelle, pneumatique ou hydraulique de combler les vides laissés par l'exploitation par apport de matériaux

Risque minier

Notion technique, économique et sociale, définie par le croisement d'un aléa minier et d'enjeux humains, économiques ou environnementaux (*définition extraite de la circulaire du 6 janvier 2012 relative à la prévention des risques miniers résiduels*).

Sol

Désigne le plancher de la galerie dans les configurations de travaux pentés (exploitations filoniennes)

Stériles

Terrains inexploitable ou morts terrains dégagés pour permettre l'exploitation à ciel ouvert.

Taille

Chantier d'exploitation.

Taux de défrètement

Rapport surfacique de la part de minerai abattu sur celui en place initialement. Il s'exprime en pourcentage.

Titre Minier

Désigne tout droit ou titre, de recherche (de prospection) ou d'exploitation délivré conformément au code minier 15. Le titre minier est accordé pour un type d'élément donné ainsi que pour une période donnée et sur un périmètre donné.

Toit

Partie supérieure d'une galerie. Dans les exploitations pentées, il s'agit de l'éponte située au-dessous du minerai.

Traçage

Creusement d'une galerie dans un gisement minier, en vue de sa reconnaissance ou de son exploitation ultérieure.

Travers-banc

Galerie de mine principale dans le stérile pour rejoindre la veine (en recoupant les bancs).

Topographie

Techniques de la mesure puis de la représentation sur un plan ou une carte des formes et détails visibles sur le terrain, qu'ils soient naturels (notamment le relief) ou artificiels (comme les bâtiments, les routes, etc.).

Veine

Terme employé pour désigner la couche de charbon.

Verse

Tas de stériles provenant de l'exploitation et du traitement du minerai (synonyme de halde ou terril).

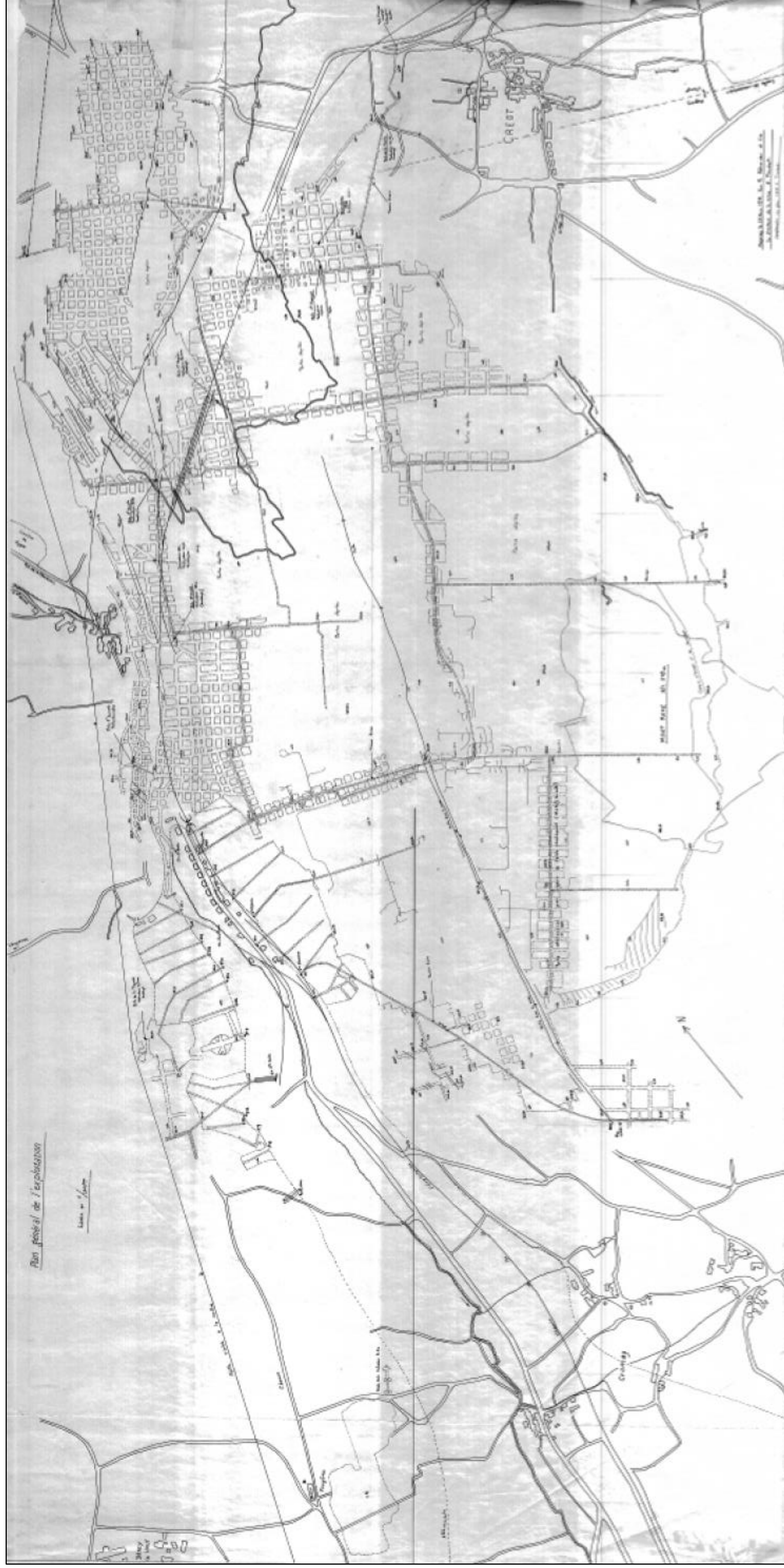
Voie

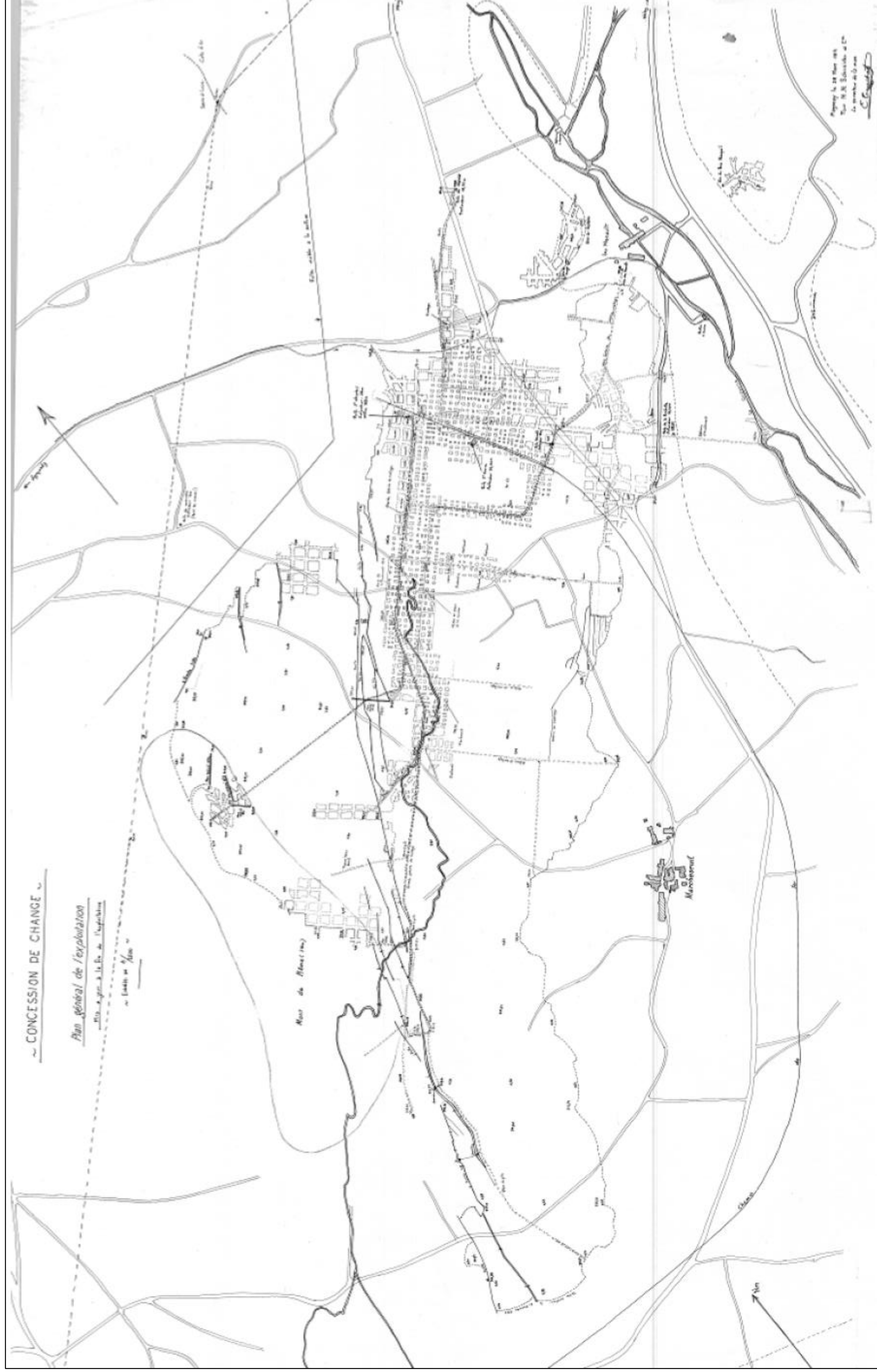
Terme désignant une galerie.

Annexe 2

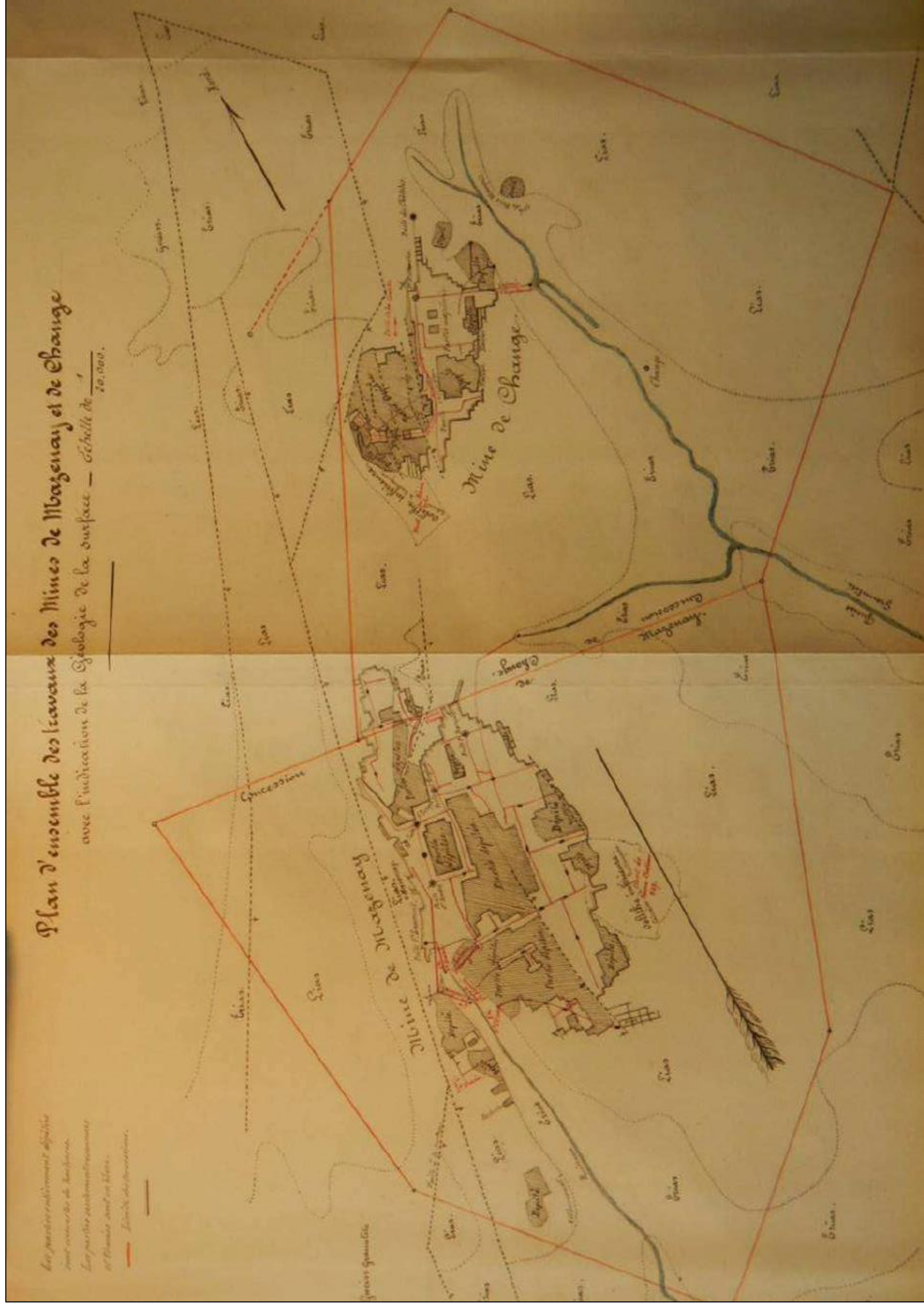
Plans miniers

Les caractéristiques de l'ensemble de ces plans
sont mentionnées au Tableau 6 du paragraphe 4.11.2

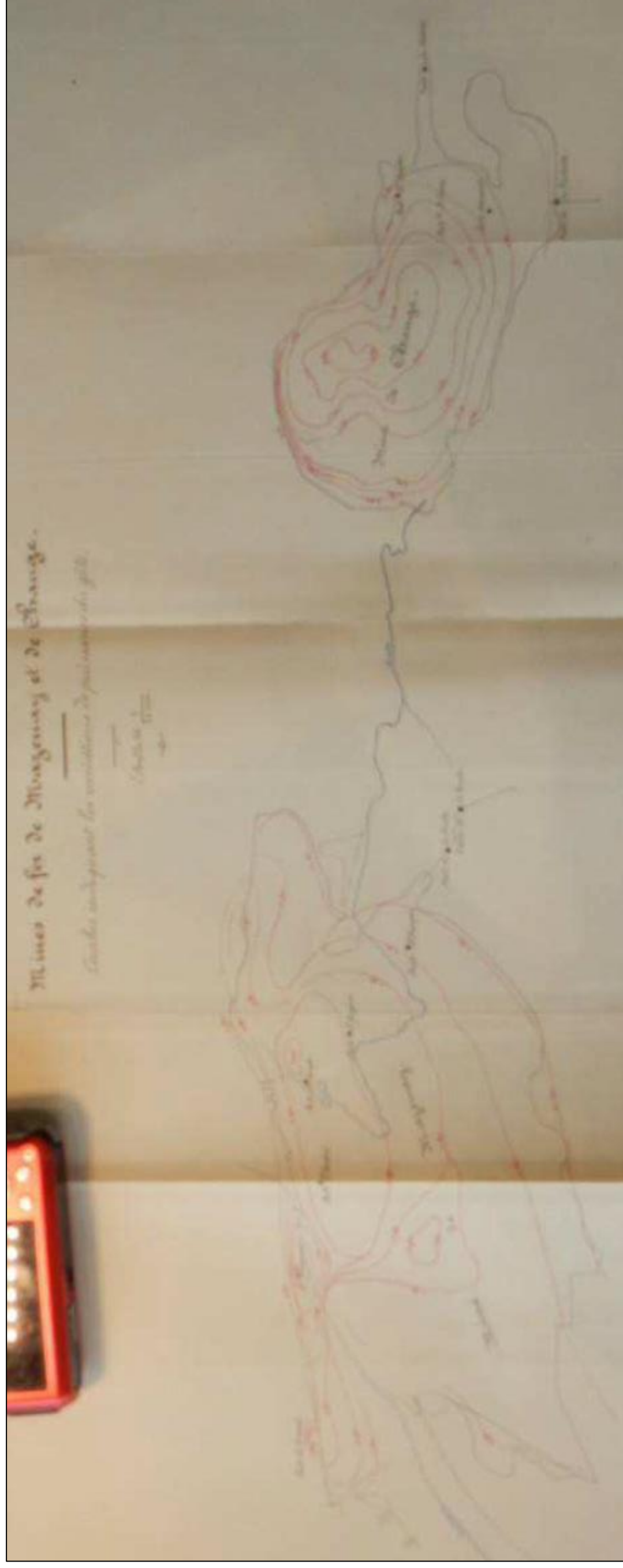




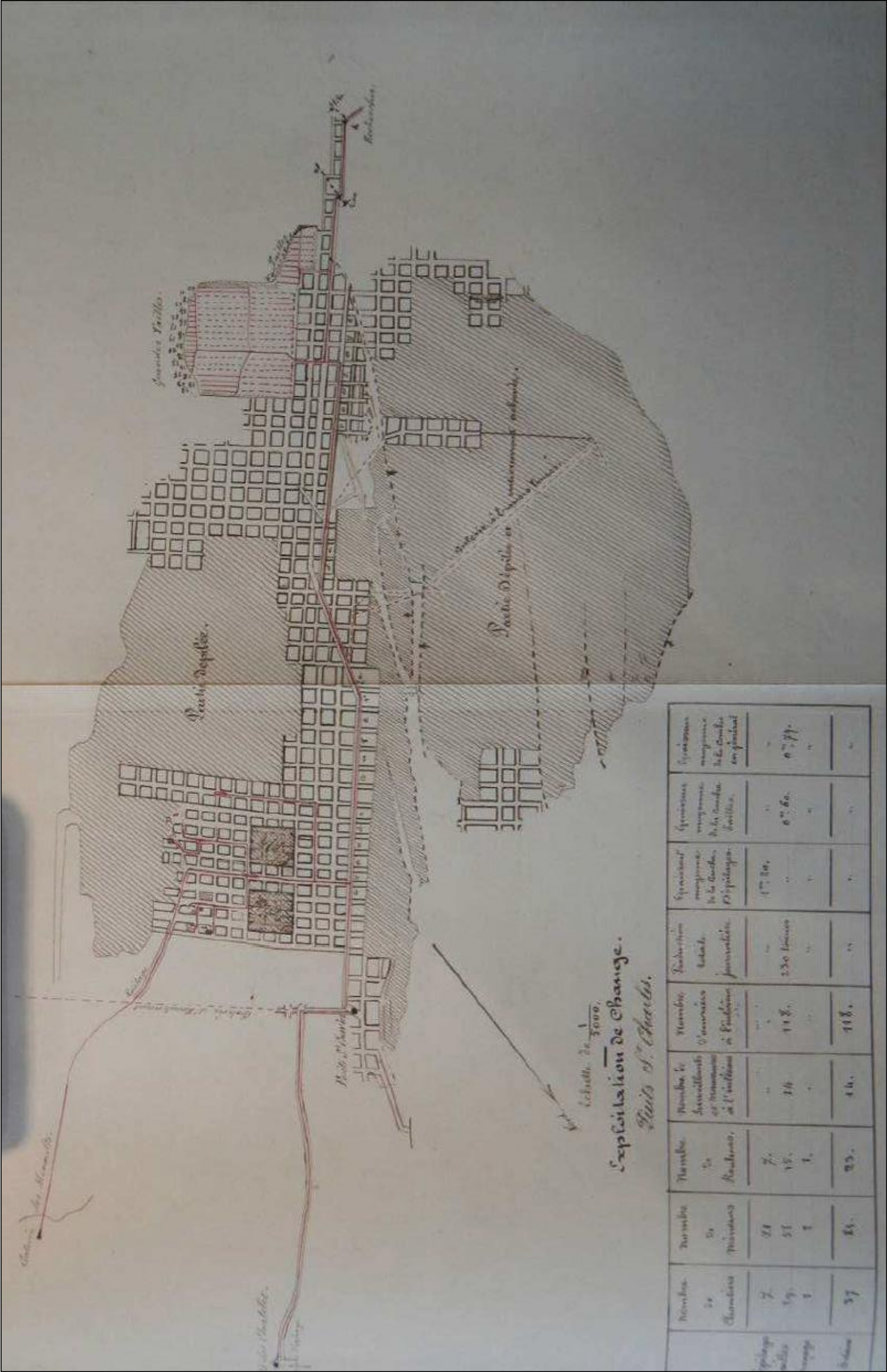
Plan 2 : Plan général de l'exploitation, concession de Change (15/07/1914, 1/2500)



Plan 3 : Plan d'ensemble des travaux des mines de Mazenay et de Change (1890, 1/20000)



Plan 4 : Plan indiquant les variations d'épaisseur du gîte sur les mines de Change et Mazingenay (1890, 1/20000)



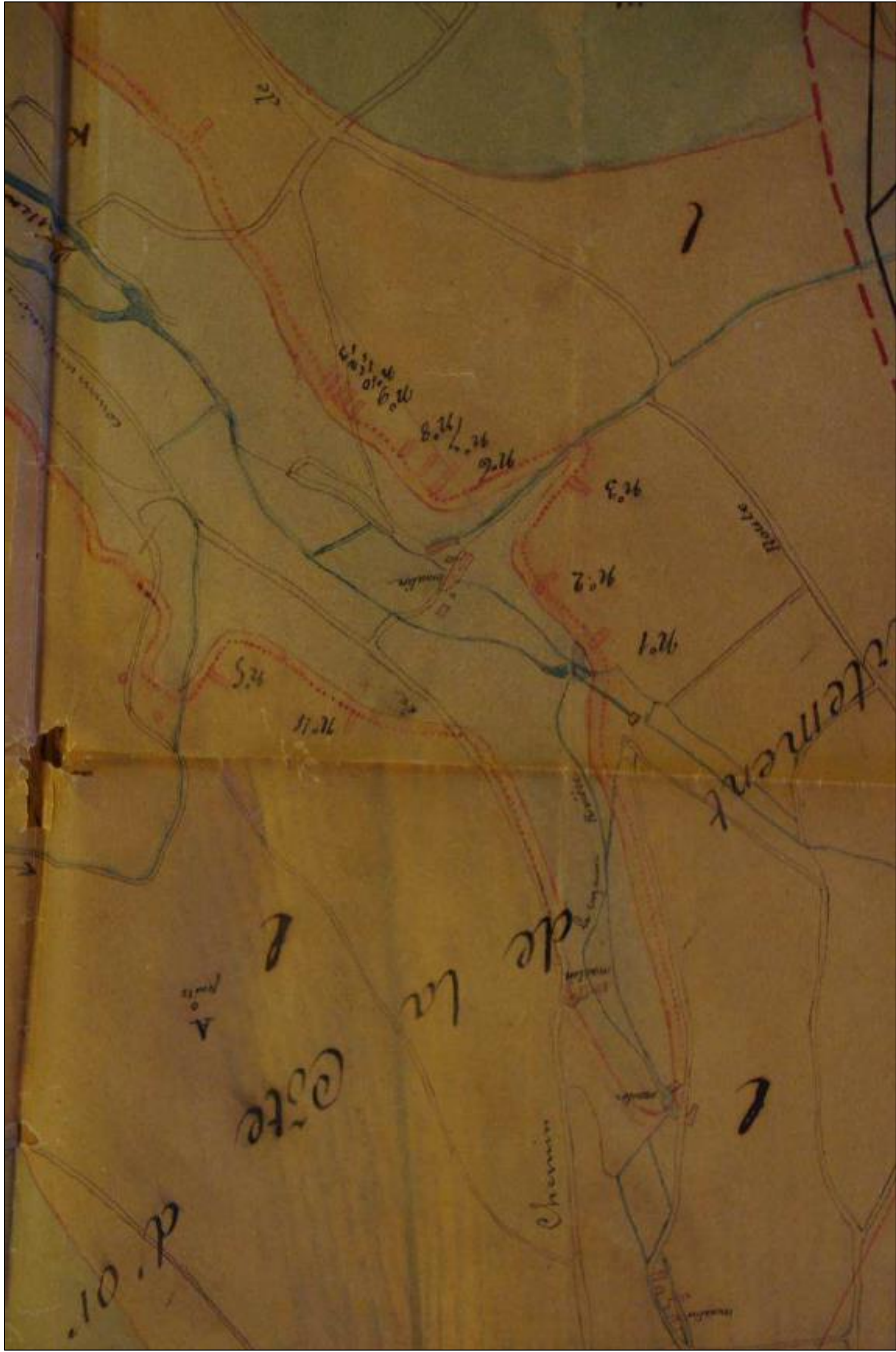
Plan 5 : Plan des travaux réalisés à partir du puits Saint-Charles (1892, 1/5000)

Paula St. Eugène.

Plan de la Grotte trouvée aux abords de l'Est, et des travaux en exploitation, dans la région :



Plan 6 : Plan de la grotte recoupée par les travaux du puits Saint-Eugène, mine de Mazenay (non daté, estimé 1898, 1/1000)



Plan 7 : Extrait du plan de demande en concession, concession de Change (12/07/1849, 1/10000)

Annexe 3
Photographies

Concession de Change



Photo 1 : Tranchée d'accès de la galerie des Menaults G8



Photo 2 : Exhaure de la galerie des Menaults G8



Photo 3 : Accès spéléologiques, mine de Change (17)



Photo 4 : Dépression puits de recherche P7



Photo 5 : Puits de la Ruchotte P3



Photo 6 : Puits des Menaults P4



Photo 7 : Puits Saint-Charles P6



Photo 8 : Puits Saint-Pierre P5

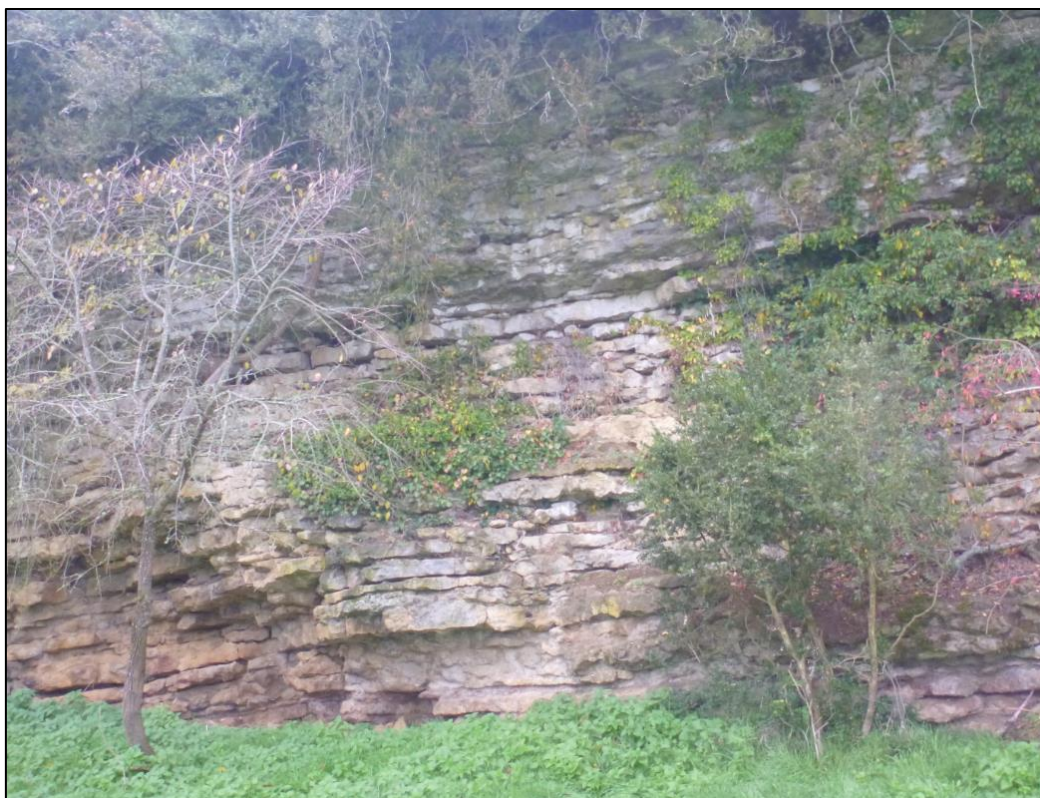


Photo 9 : Recouvrement, secteur des Menaults



Photo 10 : Galerie technique, puits Saint-Pierre P5



Photo 11 : Emplacement supposé du puits du Chatelet P1



Photo 12 : Galerie d'écoulement G18



Photo 13 : Dépression D3 sur la galerie d'écoulement G18

Concession de Mazenay



Photo 14 : Galerie inférieure Parnay G23



Photo 15 : Intérieur de la galerie inférieure Parnay G23



Photo 16 : Puits descenderie n°3 P16



Photo 17 : Galerie d'écoulement du Créot G22



Photo 18 : Galerie Sainte-Barbe G26



Photo 19 : Galerie Sainte-Clémence amont G34



Photo 20 : Galerie Sainte-Clémence amont G34 (côté travaux)



Photo 21 : Galerie Sainte-Clémence aval G35 (sous voie ferrée)



Photo 22 : Galerie Sainte-Marguerite G27

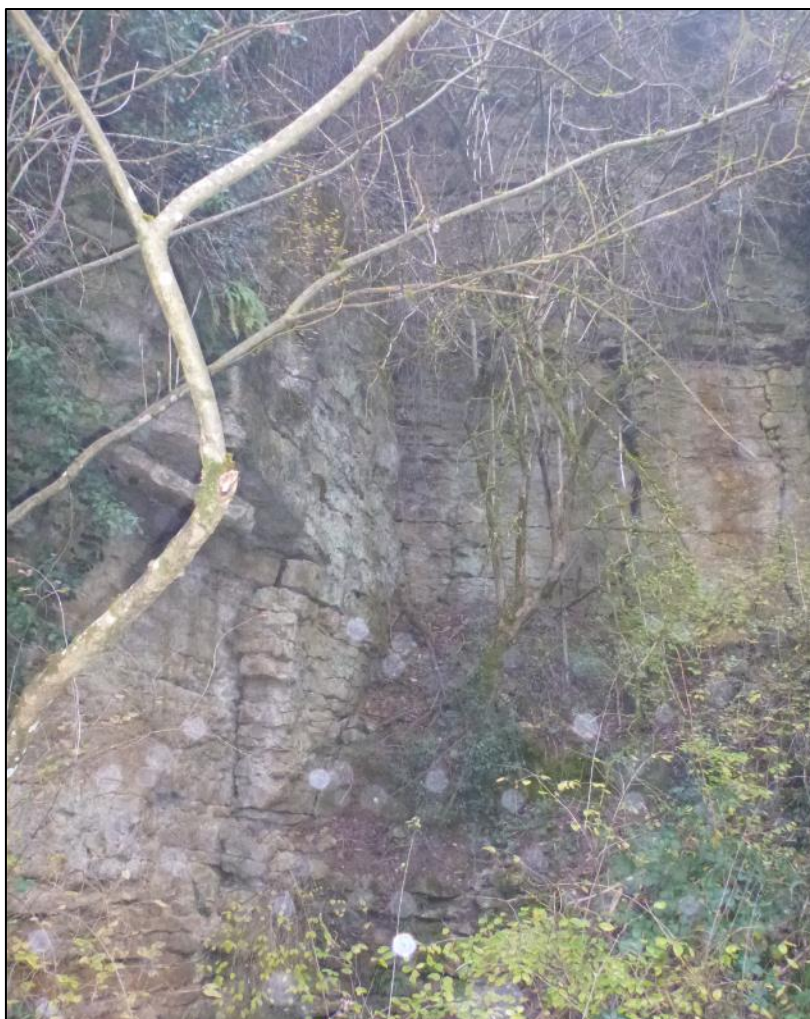


Photo 23 : Recouvrement galerie Sainte-Félicie G31



Photo 24 : Galerie Sainte-Félicie G31



Photo 25 : Intérieur galerie Sainte-Félicie G31



Photo 26 : Puits descenderie n°2 P21 et désordre D1



Photo 27 : Emplacement supposé du puits Saint-André P22



Photo 28 : Emplacement supposé du puits descenderie n°1 P19



Photo 29 : Emplacement supposé du puits Saint-Joseph P20



Photo 30 : Emplacement du puits Saint-Laurent P23



Photo 31 : Intérieur du puits Saint-Laurent P23



Photo 32 : Bâtiment renfermant le puits Saint-Laurent P23



Photo 33 : Accès spéléologues de la mine de Mazenay 1



Photo 34 : Désordre D4

Annexe 4

Inventaire et caractéristiques des ouvrages débouchant au jour

N°	Commune	Rôle ODJ	Nom secteur	Recherche	Date	Posi- tion	Incer- titude	Forme tête	Hauteur tête	Largeur tête	Etat tête	Etat corps	Hauteur corps	Largeur corps	Long. visible (terrain)	Longueur (archives)	Revêtement	Terrain	Niveau eau	Emergence	Péné- trabilité	Visi- bilité	Acces- sibilité	Commentaire
G1	Nolay	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	15	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Entrée de galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après le plan de 1849. Située au pied du front rocheux. L'affleurement n'est pas visible
G2	Nolay	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	20	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Entrée de galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après le plan de 1849. Située au pied du front rocheux. L'affleurement n'est pas visible
G3	Nolay	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie nommée galerie du Chatelet n°2, non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1914
G4	Nolay	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie nommée galerie du Chatelet n°1, non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1914
G5	Change	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie nommée galerie de Curge, non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1914
G6	Nolay	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	15	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie nommée galerie du bois Maupoli, non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1914
G7	Nolay	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	15	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Entrée de galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après le plan de 1849. Située au pied du front rocheux. L'affleurement n'est pas visible
G8	Change	Exploitation	CHANGE	Retrouvé		DGPS	5	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Oui	Non	Oui	Oui	Galerie des Menaulits vue sur le terrain. La tranchée d'accès avec une exhaure sont encore visibles mais l'entrée de la galerie est effondrée
G9	Change	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1914
G10	Change	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1914
G11	Change	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1914
G12	Change	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1849
G13	Change	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1849
G14	Change	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1849
G15	Change	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1849
G16	Change	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1849
G17	Change	Exploitation	CHANGE	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Talutée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après un plan de 1914
G18	Change	Exhaure	CHANGE	Retrouvé		DGPS	5	Rectangulaire	0,3	0,4	Ouverte	Ennoyé					Cuvelage pierre	Altéré	50 cm	Oui	Non	Oui	Oui	Galerie retrouvée et levée au DGPS
G19	Saint-Gervais-sur-Couches	Recherche	CHANGE	Non recherché		Plan	15	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	-	-	-	Galerie non recherchée sur le terrain, positionnée d'après le plan de 1849. Ouvrage non connu d'une personne connaissant bien le secteur
G20	Créot	Recherche	CHANGE	Non recherché		Plan	30	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	-	-	-	Galerie non recherchée sur le terrain, positionnée d'après le plan de 1851
G21	Créot	Recherche	CHANGE	Non recherché		Plan	30	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	-	-	-	Galerie non recherchée sur le terrain, positionnée d'après le plan de 1851
G22	Créot	Exhaure	CHANGE	Retrouvé		DGPS	5	Voûte	1,5	1	Ouverte	Vide	1,5	1	10		Mixte	Altéré	Inconnu	Oui	Oui	Oui	Oui	Galerie ouverte et accessible. Voûte maçonnée à l'entrée qui est dégradée

N°	Commune	Rôle ODJ	Nom secteur	Recherche	Date	Posi- tion	Incer- titude	Forme tête	Hauteur tête	Largeur tête	Etat tête	Etat corps	Hauteur corps	Largeur corps	Long. visible (terrain)	Longueur (archives)	Revêtement	Terrain	Niveau eau	Emergence	Péné- trabilité	Visi- bilité	Acces- sibilité	Commentaire
G23	Créot	Exploitation	MAZENAY	Retrouvé		DGPS	5	Voûte	2	1,8	Grille	Vide	2	1,8	20		Cuvelage pierre	Fracturé	Inconnu	Oui		Oui	Oui	Entrée de galerie ouverte, grille non efficace. Entrée galerie dite « galerie inférieure de Parnay ». Les travaux sont visités par les spéléologues via cette entrée. Présence d'une exhaure
G24	Créot	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Eboulée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie dite « galerie supérieure de Parnay 2 ». Tranchée d'accès visible. Entrée de galerie éboulée depuis très longtemps d'après le propriétaire. Positionnée d'après un plan non daté
G25	Créot	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Eboulée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie dite « galerie supérieure de Parnay 3 ». Petite tranchée d'accès visible. Entrée de galerie éboulée depuis très longtemps d'après le propriétaire. Positionnée d'après un plan non daté
G26	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Retrouvé		DGPS	5	Voûte	1,5	2	Grille	Vide	1,5	2	11		Cuvelage pierre	Altéré	Inconnu	Non	Oui	Oui	Oui	Galerie dite « galerie Sainte-Barbe », située dans un jardin d'une propriété. La grille n'est pas efficace. Galerie éboulée au bout de 11 m (légère dépression visible en surface)
G27	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Retrouvé		DGPS	5	Voûte	2,5	3	Murée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Oui	Oui	Galerie dite « galerie Sainte-Marguerite », dont l'entrée est murée depuis la Seconde Guerre Mondiale. D'après les spéléologues, il est possible d'arriver de l'autre côté de cette entrée de galerie par les travaux
G28	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	8	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie positionnée d'après le plan de 1914
G29	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	8	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Non	Galerie positionnée d'après le plan de 1914. La galerie déboucherait sous l'habitation (cave ?). L'habitant n'a pas pu être vu
G30	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Non	Galerie positionnée d'après le plan de 1914. La galerie déboucherait dans l'arrière-cour de la propriété ou sous le merlon de l'ancienne voie ferrée. Les habitants et les spéléologues ne connaissent pas cette entrée de galerie
G31	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Retrouvé		DGPS	5	Rectangulaire	1	1	Ouverte	Vide	1,5	1,5	10		Aucun	Fracturé	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Galerie dite « galerie Sainte-Félicie ». Entrée de galerie ouverte en pied d'un front de 10 m de haut
G32	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Retrouvé		DGPS	5	Inconnu			Grille	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Oui	Oui	Oui	Galerie visible par une petite porte fermée n bord de route au pied d'un mur
G33	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	8	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Non	Entrée de galerie non accessible (propriété privée), habitant non vu. La galerie déboucherait proche de la maison. Positionnée d'après un plan de 1914
G34	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Retrouvé		DGPS	5	Voûte	1,5	2	Ouverte	Vide	1,5	2	10		Cuvelage pierre	Altéré	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Galerie dite « galerie Sainte-Clémence amont », entrée ouverte et pénétrable
G35	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Retrouvé		-	10	Voûte	0,5	1,5	Ouverte	Vide	0,5	1,5	20		Cuvelage pierre	Meuble	Non	Non	Oui	Oui	Non	Galerie dite « galerie Sainte-Clémence aval », entrée située dans un jardin privé non accessible
G36	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain, positionnée d'après un plan de 1914. Aucune trace à l'emplacement supposé, rien à signaler d'après les riverains et les spéléologues
G37	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non recherché		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	-	-	Non	Galerie non recherchée sur le terrain du fait de la densité de la végétalisation. Entrée de galerie située au pied d'un talus. Positionnée d'après un plan de 1914

N°	Commune	Rôle ODJ	Nom secteur	Recherche	Date	Posi- tion	Incer- titude	Forme tête	Hauteur tête	Largeur tête	Etat tête	Eiat corps	Hauteur corps	Largeur corps	Long. visible (terrain)	Longueur (archives)	Revêtement	Terrain	Niveau eau	Emergence	Péné- trabilité	Visi- bilité	Acces- sibilité	Commentaire
G38	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non recherché		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	-	-	Non	Galerie non recherchée sur le terrain du fait de la densité de la végétalisation. Entrée de galerie située au pied d'un talus. Positionnée d'après un plan de 1914
G39	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non recherché		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	-	-	Non	Galerie non recherchée sur le terrain du fait de la densité de la végétalisation. Entrée de galerie située au pied d'un talus. Positionnée d'après un plan de 1914
G40	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Altéré	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après le plan de 1914. Cette galerie se situerait sous un hangar. Rien à signaler de la part des spéléologues et de la coopérative vinicole
G41	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après le plan de 1914. Située au pied d'un front, aucune trace visible
G42	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après le plan de 1914. Située au pied d'un front, aucune trace visible
G43	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après le plan de 1914. Située au pied d'un front, indice (légère dépression) situé à 10 m au sud-est
G44	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Retrouvé		DGPS	5	Inconnu			Eboulée	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Oui	Oui	Galerie retrouvée sur le terrain. Eboulée en tête
G45	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Retrouvé		DGPS	5	Inconnu			Eboulée	Effondré					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Oui	Oui	Galerie retrouvée sur le terrain et effondré en tête. Présence d'un fontis dans l'axe de la galerie, à 4-5 m en amont de l'entrée de la galerie
G46	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	15	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Se situe au niveau d'une parcelle boisée récemment coupée. Positionnée d'après le plan de 1914
G47	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	15	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie dite « galerie Sainte-Marie » non retrouvée sur le terrain (seul un indice sous forme de dépression a été vu à 20 m au nord-est). Positionnée d'après le plan de 1914
G48	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après le plan de 1914. Aucun habitant n'a pu être rencontré
G49	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Positionnée d'après le plan de 1914. Aucun habitant n'a pu être rencontré
G50	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Située dans un talus naturel boisé. Présence de ruines (murs en pierres). Indice de type « résurgence » 25 m à l'est. Positionnée d'après le plan de 1914
G51	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	20	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Située dans un talus naturel boisé. Présence de nombreuses ruines (murs en pierres). Positionnée d'après le plan de 1914
G52	Saint-Sernin- du-Plain	Exploitation	MAZENAY	Non retrouvé		Plan	20	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Galerie non retrouvée sur le terrain. Située dans un talus naturel boisé. Positionnée d'après le plan de 1914

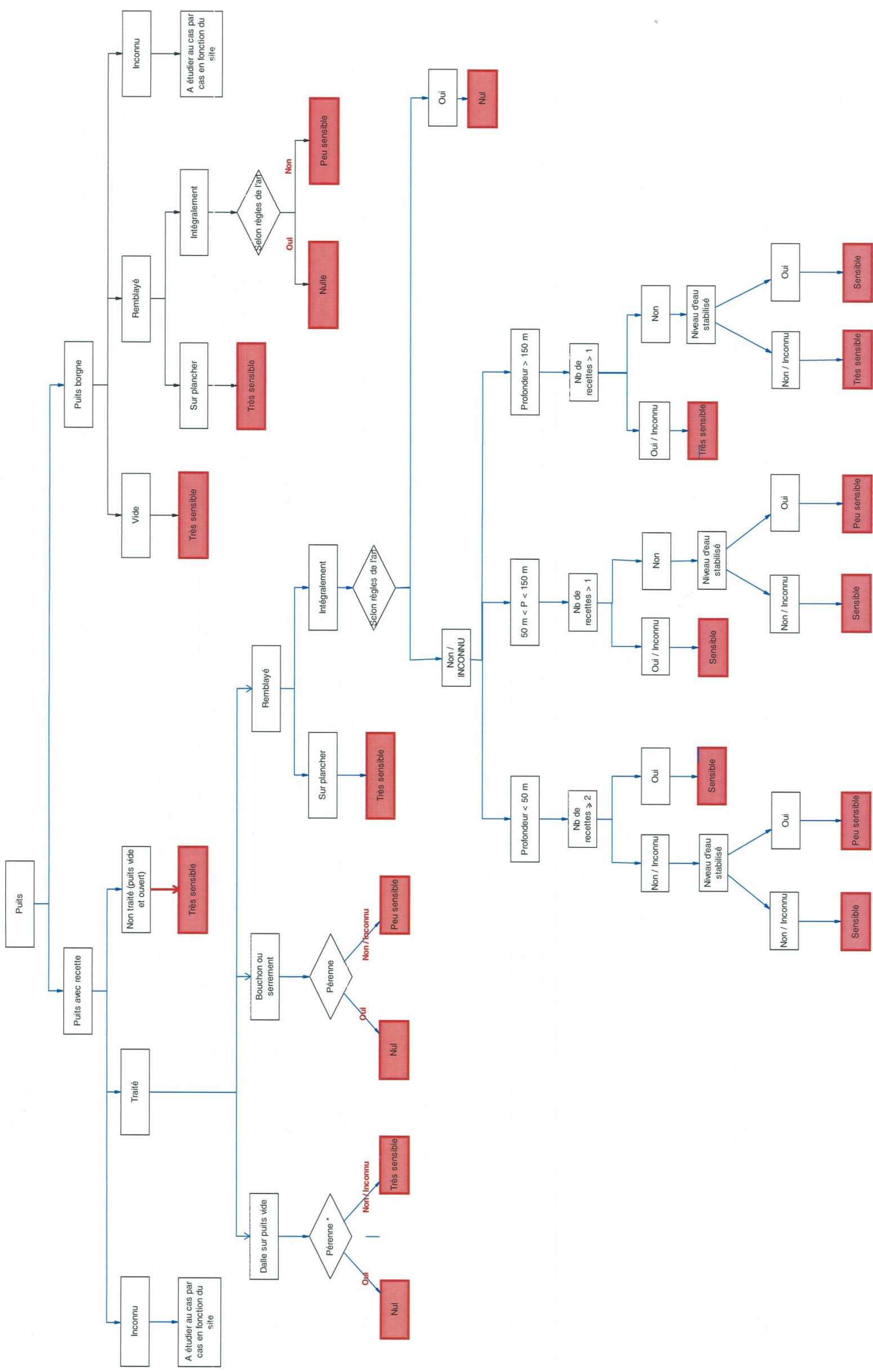
N°	Commune	Rôle ODJ	Nom secteur	Recherche	Date	Posi- tion	Incer- titude	Forme tête	Hauteur tête	Largeur tête	Etat tête	Etat corps	Hauteur corps	Largeur corps	Long. visible (terrain)	Longueur (archives)	Revêtement	Terrain	Niveau eau	Emergence	Péné- trabilité	Visi- bilité	Acces- sibilité	Commentaire
P1	Nolay	Aérage	Change	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu				25,5	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Puits d'aérage nommé Puits du Chatelet non retrouvé sur le terrain, positionné d'après le plan de 1914
P2	Nolay	Recherche	Change	Non recherché		Plan	20	Inconnu			Inconnu	Inconnu					Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Puits de recherche nommé Puits A, non recherché. Positionné d'après un plan de 1849. Située dans un champ cultivé. Foncé en 1845, recherche infructueuse. Puits considéré comme borgne
P3	Change	Aérage	Change	Retrouvé		GPS	5	Circulaire	0.5	0.5	Ouverte	Vide				22,2	Cuvelage pierre	Fracturé	Inconnu	Non	Oui	Oui	Oui	Puits de la Ruchotte retrouvé sur le terrain. Ouvert à ras le sol et dangereux, au pied d'une ancienne décharge
P4	Change	Exploitation	Change	Retrouvé		GPS	5	Inconnu			Dépression	Remblayé				25	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Oui	Oui	Puits des Menaults retrouvé sur le terrain, au milieu d'une parcelle en herbe, forme une légère dépression couverte de ronces. Ouvrage confirmé par l'agriculteur. A débourré en 1941
P5	Change	Exploitation	Change	Retrouvé		GPS	5	Circulaire	4	4	Ouverte	Remblayé				32,4	Cuvelage pierre	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Oui	Oui	Puits Saint-Pierre retrouvé, dont les remblais sont tassés (vue d'un mètre de cuvelage en pierres). Une galerie technique débouchant dans le puits est visible à 1 m de profondeur. D'après l'agriculteur, la tête du puits se remplit d'eau par temps de pluie
P6	Change	Exploitation	Change	Retrouvé		GPS	5	Inconnu			Tumulus	Remblayé				38	Cuvelage pierre	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Oui	Oui	Puits Saint-Charles retrouvé et levé au GPS. Position confirmée par un agriculteur. Tas de pierres de 2 m de hauteur
P7	Change	Recherche	Change	Retrouvé		GPS	5	Inconnu			Inconnu	Inconnu				12	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Oui	Oui	Puits de recherche (mentionné sur le plan de 1914), avec une dépression à l'emplacement du puits
P8	Change	Recherche	Change	Non retrouvé		Plan	30	Inconnu			Inconnu	Inconnu				-	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Puits de recherche nommé Puits B. Positionné d'après un plan de 1849. Aucune trace en surface. Foncé en 1845, recherche infructueuse. Puits considéré comme borgne
P9	Saint-Gervais-sur-Couches	Recherche	Change	Non retrouvé		Plan	20	Inconnu			Inconnu	Inconnu				-	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Puits de recherche non retrouvé sur le terrain. Positionné d'après un plan de 1851. Puits de recherche infructueux. Puits considéré comme borgne
P10	Saint-Gervais-sur-Couches	Recherche	Hors-titre	Non retrouvé		Plan	20	Inconnu			Inconnu	Inconnu				-	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Puits de recherche non retrouvé sur le terrain. Positionné d'après un plan de 1851. Puits de recherche infructueux. Puits considéré comme borgne. Situé sous une ancienne décharge
P11	Créot	Recherche	Change	Non retrouvé		Plan	15	Inconnu			Inconnu	Inconnu				-	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Puits de recherche nommé Puits C. Positionné d'après un plan de 1849. Aucune trace, se situe dans les vignes. Non connu d'après une personne connaissant le secteur depuis longtemps. Recherche infructueuse de ce puits, considéré comme borgne
P12	Créot	Aérage	Change	Non retrouvé		Plan	5	Inconnu			Remblayée	Remblayé				22,35	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Puits d'aérage nommé Puits de la Route. Puits non retrouvé positionné d'après le plan de 1914. Il s'agit d'un puits d'aérage sur une galerie d'écoulement
P13	Créot	Aérage	Change	Non retrouvé		Plan	8	Inconnu			Inconnu	Remblayé				22,4	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Puits d'aérage nommé Puits de la Ruelle. Puits non retrouvé positionné d'après le plan de 1914. Il s'agit d'un puits d'aérage sur une galerie d'écoulement
P14	Créot	Aérage	Mazenay	Non retrouvé		Plan	30	Inconnu			Inconnu	Inconnu				20	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Puits d'aérage nommé Puits de la Plaine non retrouvé mais positionné d'après le plan de 1881. Situé dans un champ cultivé

N°	Commune	Rôle ODJ	Nom secteur	Recherche	Date	Posi- tion	Incer- titude	Forme tête	Hauteur tête	Largeur tête	Etat tête	Etat corps	Hauteur corps	Largeur corps	Long. visible (terrain)	Longueur (archives)	Revêtement	Terrain	Niveau eau	Emergence	Péné- trabilité	Visi- bilité	Acces- sibilité	Commentaire
P15	Créot	Exploitation	Mazenay	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Remblayée	Remblayé				31,2	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Puits d'exploitation nommé Puits Saint-François non retrouvé positionné d'après le plan de 1914
P16	Créot	Exploitation	Mazenay	Retrouvé		GPS	5	Inconnu			Tumulus	Remblayé				31,2	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Oui	Oui	Puits d'exploitation (descenderie n°3). Tas de pierres à l'emplacement supposé. Vu il y a plus de 50 ans et puits remblayé selon le propriétaire
P17	Saint-Sernin-du-Plain	Aérage	Mazenay	Non retrouvé		Plan	20	Inconnu			Inconnu	Inconnu				25	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	Non	Non	Oui	Puits d'aérage nommé Puits Planor. Puits non retrouvé positionné d'après le plan de 1914. Indice vu en pied de talus (20 m au sud-ouest) et rapporté par les spéléologues
P18	Saint-Sernin-du-Plain	Exploitation	Mazenay	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Remblayée	Remblayé				36,4	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Puits nommé Puits Saint-Eugène. Puits non retrouvé positionné d'après le plan de 1914
P19	Saint-Sernin-du-Plain	Exploitation	Mazenay	Non retrouvé		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu				-	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Puits d'exploitation (descenderie n°1). Puits non retrouvé positionné d'après le plan de 1914. Situé dans une parcelle servant de décharge à matériaux
P20	Saint-Sernin-du-Plain	Exploitation	Mazenay	Non retrouvé		Plan	15	Inconnu			Remblayée	Remblayé				25,6	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Puits nommé Puits Saint-Joseph. Puits non retrouvé dans le champ, positionné d'après le plan de 1914
P21	Saint-Sernin-du-Plain	Exploitation	Mazenay	Retrouvé		GPS	5	Circulaire	3	3	Remblayée	Remblayé				24,1	Cuvelage pierre	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Oui	Oui	Puits d'exploitation (descenderie n°2), mentionné sur le plan de 1914. Plusieurs débourrages (de 1 à 3 m de profondeur), et à chaque fois remblayé. Léger indice (végétation différente) visible dans la pâture. Positionné par riverains et propriétaires
P22	Saint-Sernin-du-Plain	Exploitation	Mazenay	Non retrouvé		Plan	15	Inconnu			Remblayée	Remblayé				29	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Non	Oui	Puits nommé Puits Saint-André. Puits non retrouvé, positionné d'après le plan de 1914. D'après les riverains, il se situerait dans la parcelle boisée toute proche et ouvrage vu remblayé il y a plus de 50 ans
P23	Saint-Sernin-du-Plain	Exhaure	Mazenay	Retrouvé		GPS	5	Rectangulaire	0.1	0.1	Ouverte	Vide				26,4	Cuvelage pierre	Fracturé	Inconnu	Non	Non	Oui	Oui	Puits nommé Puits Saint-Laurent. Puits retrouvé, il s'agissait d'un puits de pompage et non d'accès (dimensions très réduites). Ouvrage maçonné en pierre ouvert et vide dans un ancien bâtiment de la mine
P24	Saint-Sernin-du-Plain	Exploitation	Mazenay	Non recherché		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu				8	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	-	-	-	Puits nommé Puits Fougères 2. Zone non inspectée (inspection terrain faite plus au sud). Puits positionné d'après le plan de 1914
P25	Saint-Sernin-du-Plain	Exploitation	Mazenay	Non recherché		Plan	10	Inconnu			Inconnu	Inconnu				8	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	-	-	-	Puits nommé Puits Fougères 1. Zone non inspectée (inspection terrain faite plus au sud). Puits positionné d'après le plan de 1914
P26	Dracy-lès-Couches	Inconnu	Mazenay	Non recherché		Plan	30	Inconnu			Inconnu	Inconnu				8,6	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	-	-	-	Puits nommé Traval 1. Puits positionné d'après le plan de 1914. La profondeur du puits est incohérente avec la profondeur de la couche supposée à 20 m
P27	Dracy-lès-Couches	Inconnu	Mazenay	Non recherché		Plan	30	Inconnu			Inconnu	Inconnu				8,5	Inconnu	Fracturé	Inconnu	Inconnu	-	-	-	Puits nommé Traval 2. Puits positionné d'après le plan de 1914. La profondeur du puits est incohérente avec la profondeur de la couche supposée à 20 m

Annexe 5

Evaluation de la prédisposition au vide pour les puits

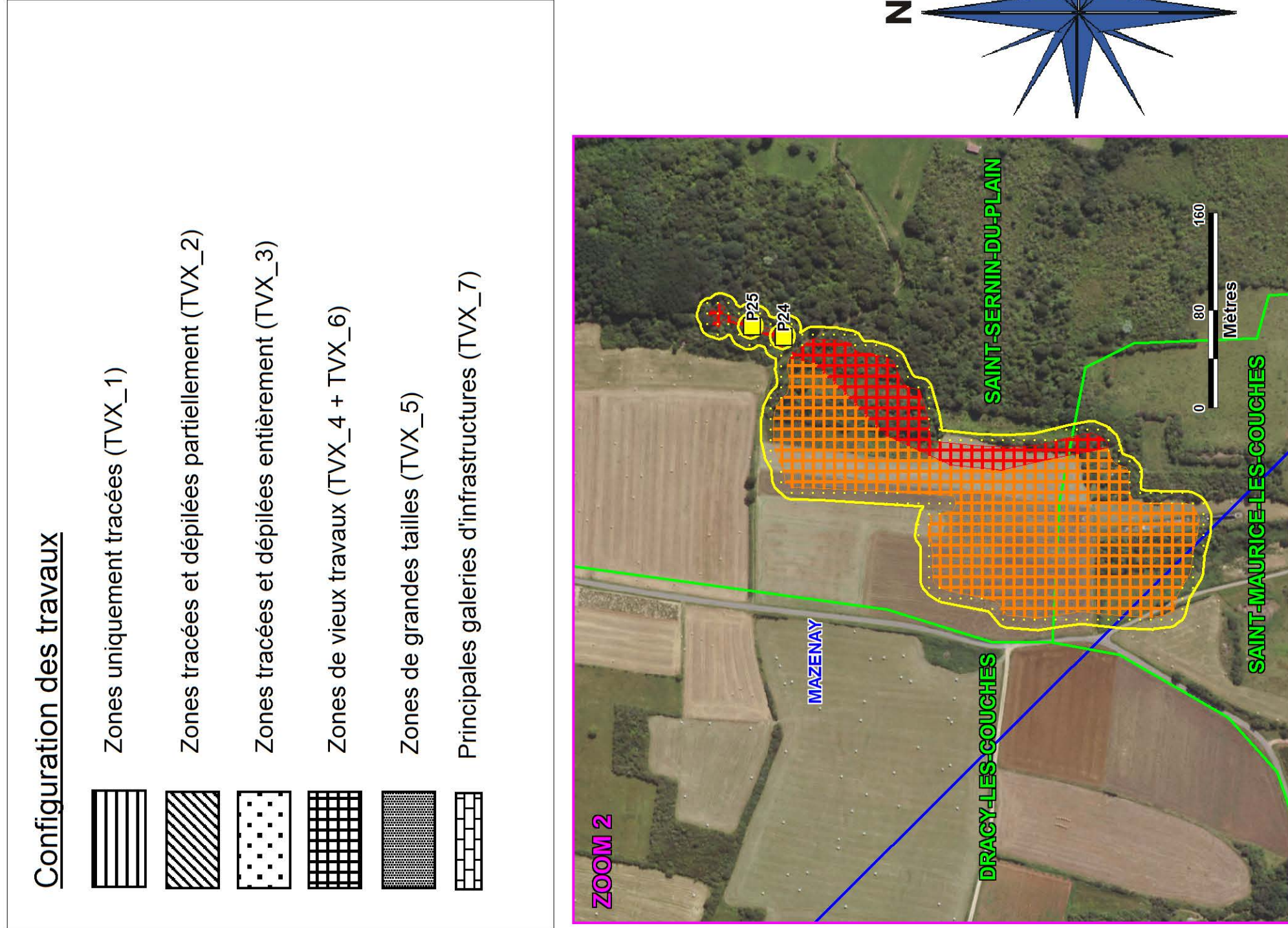
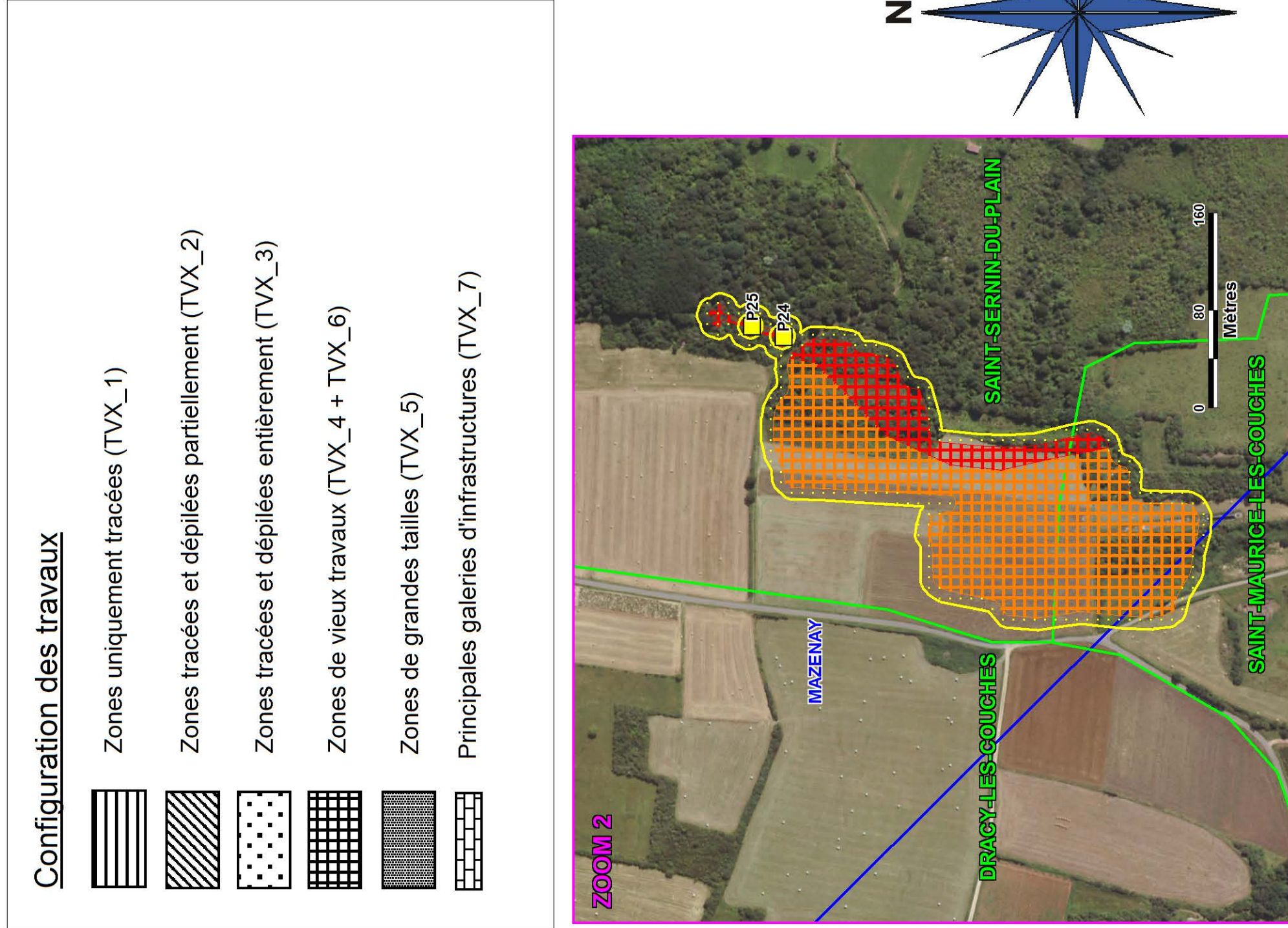
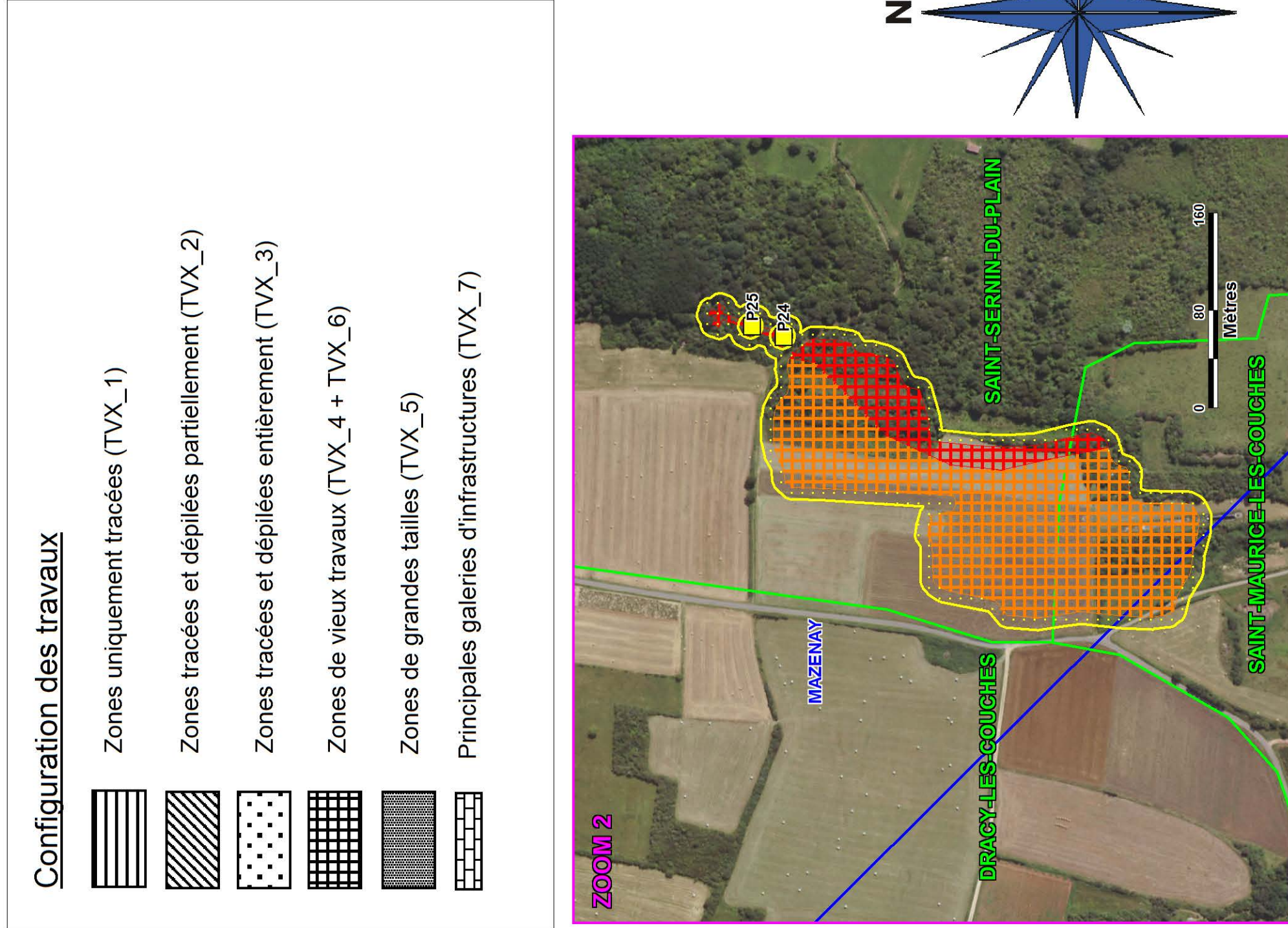
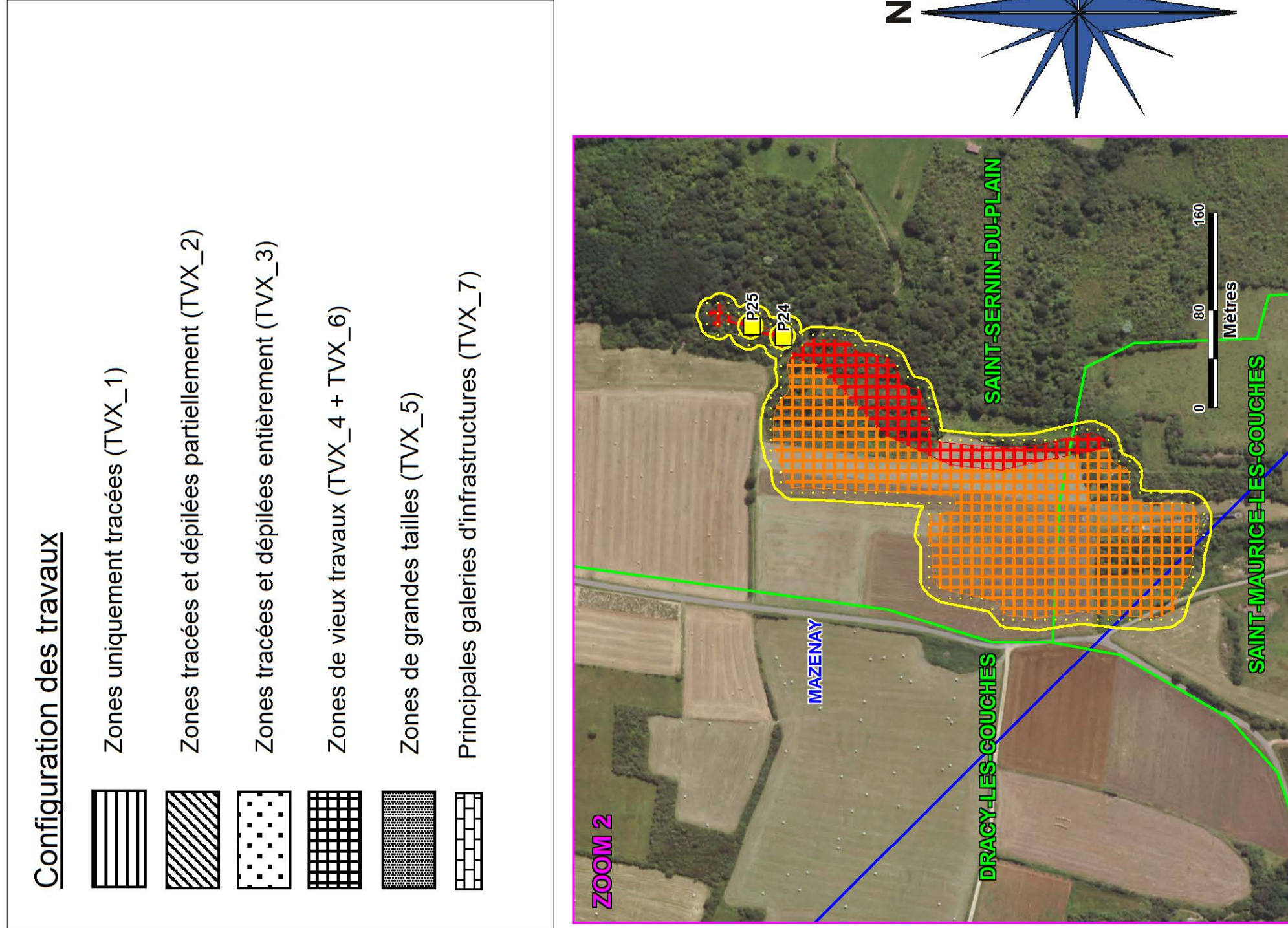
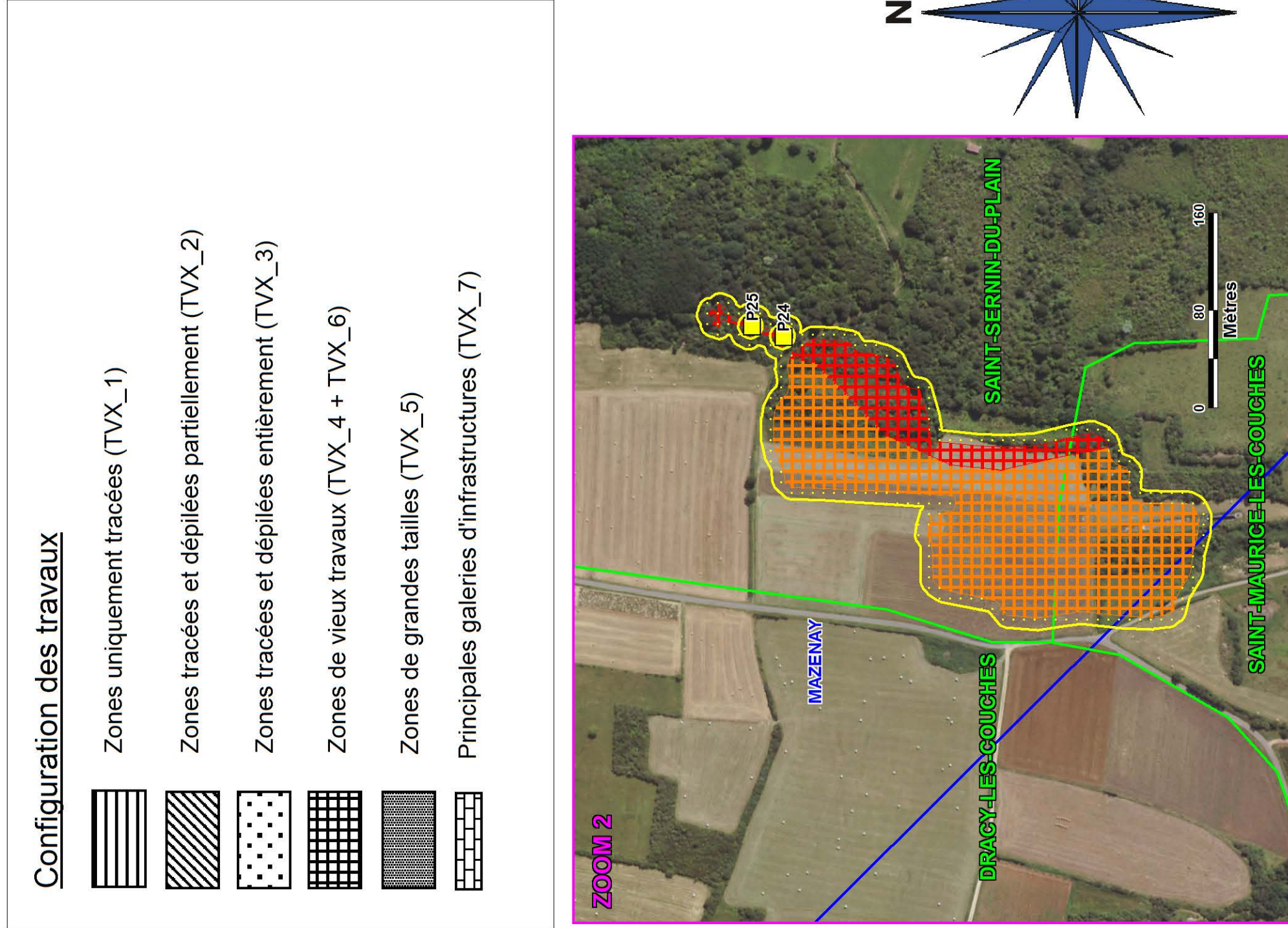
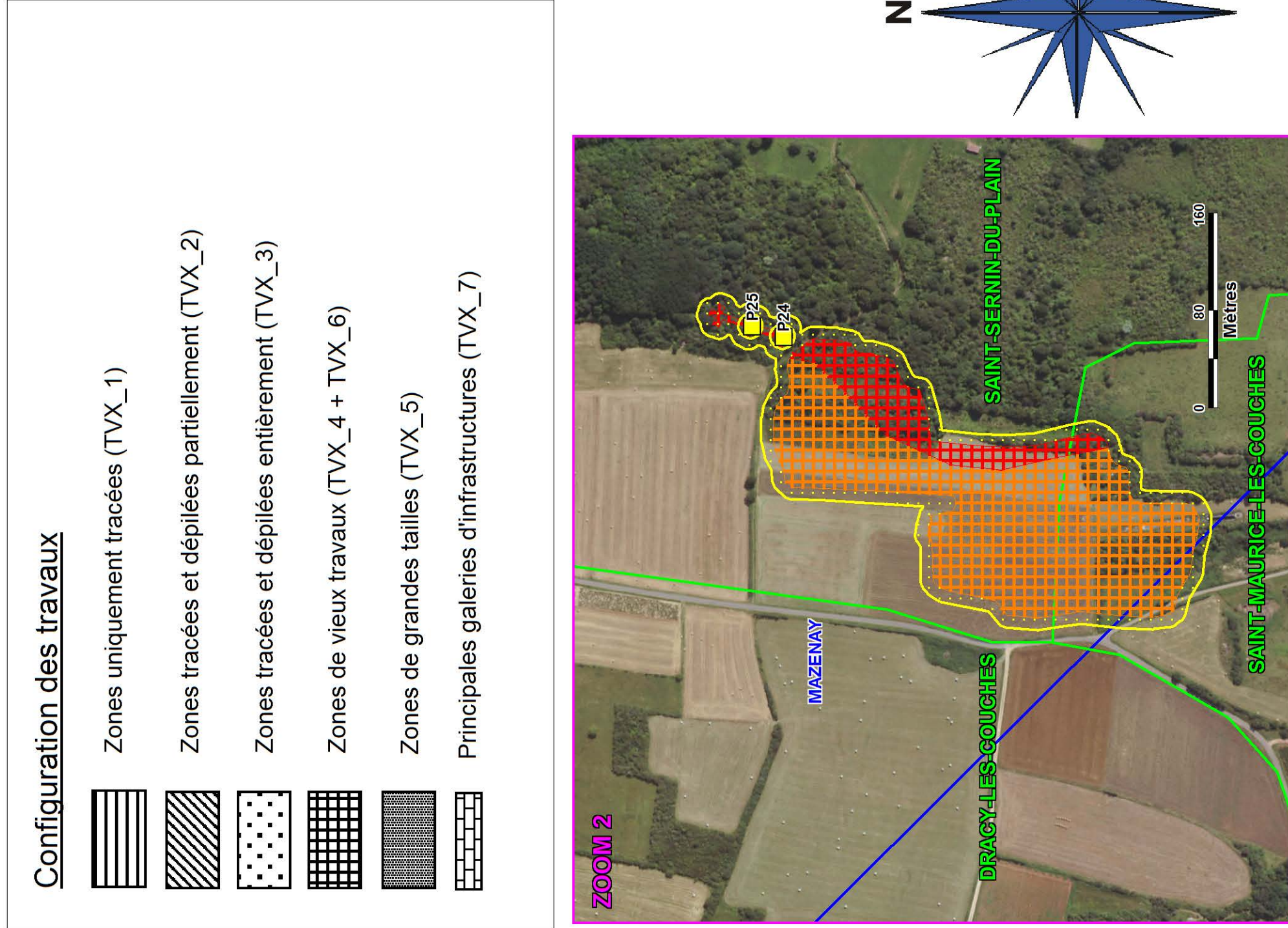
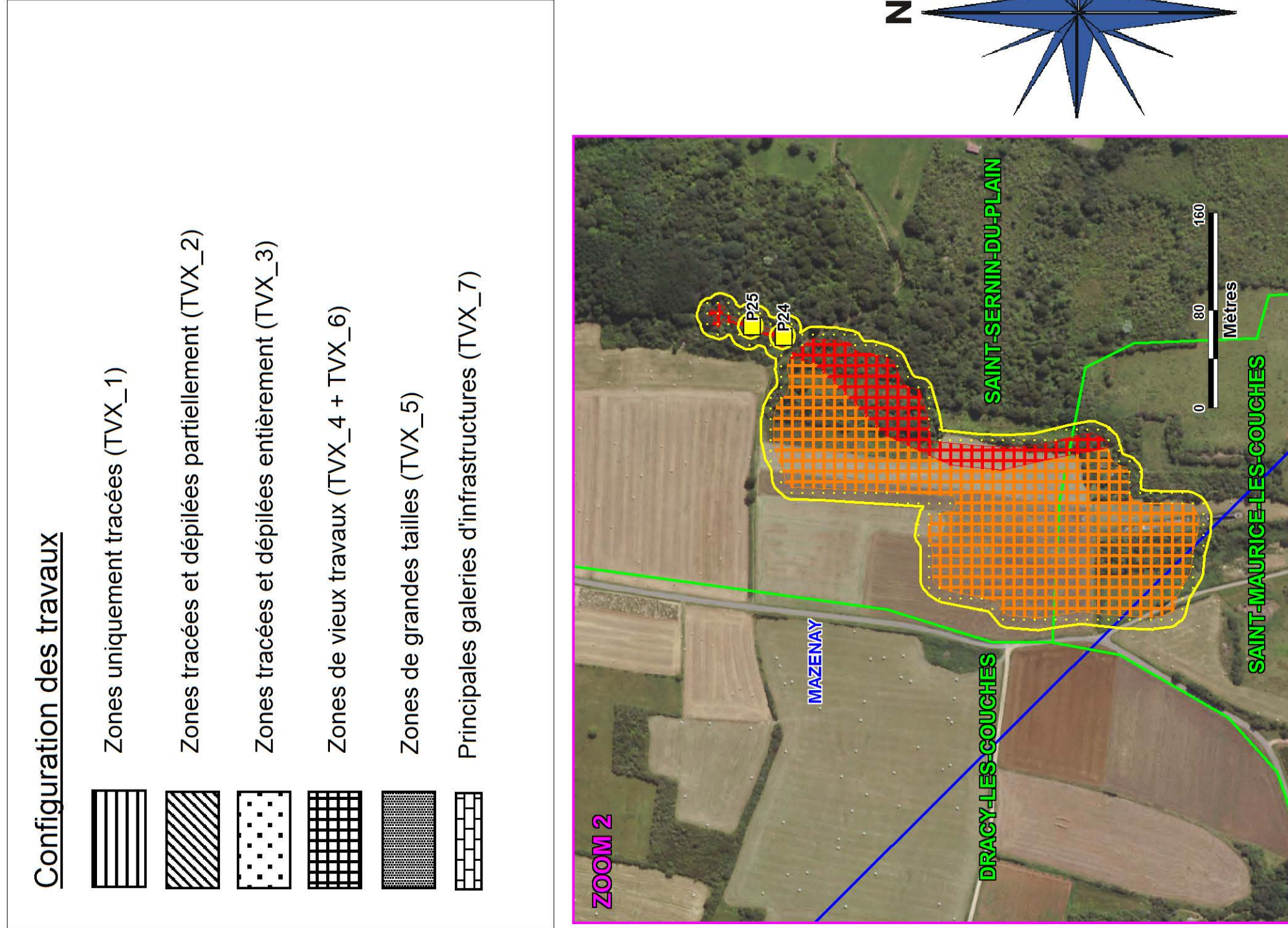
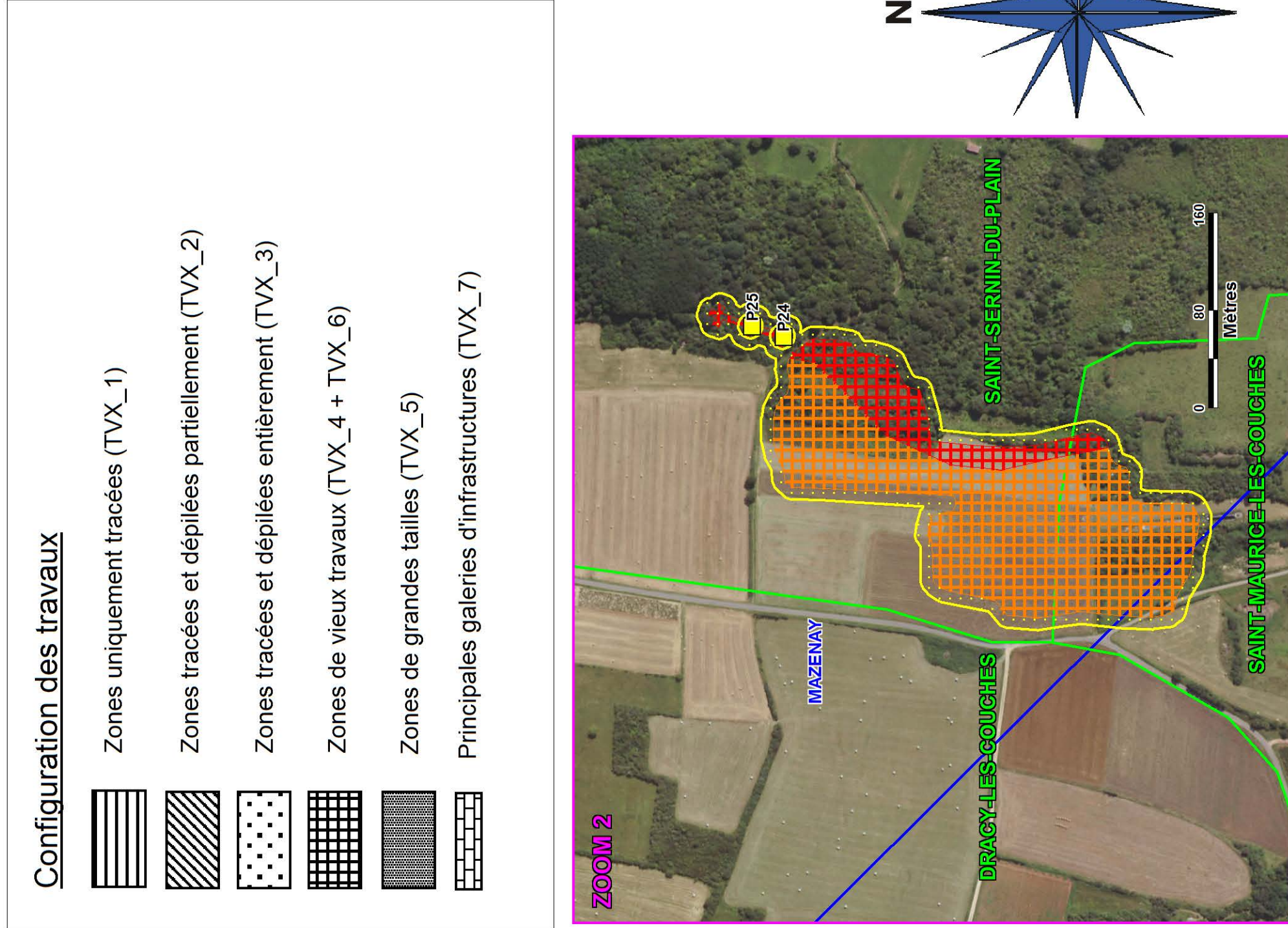
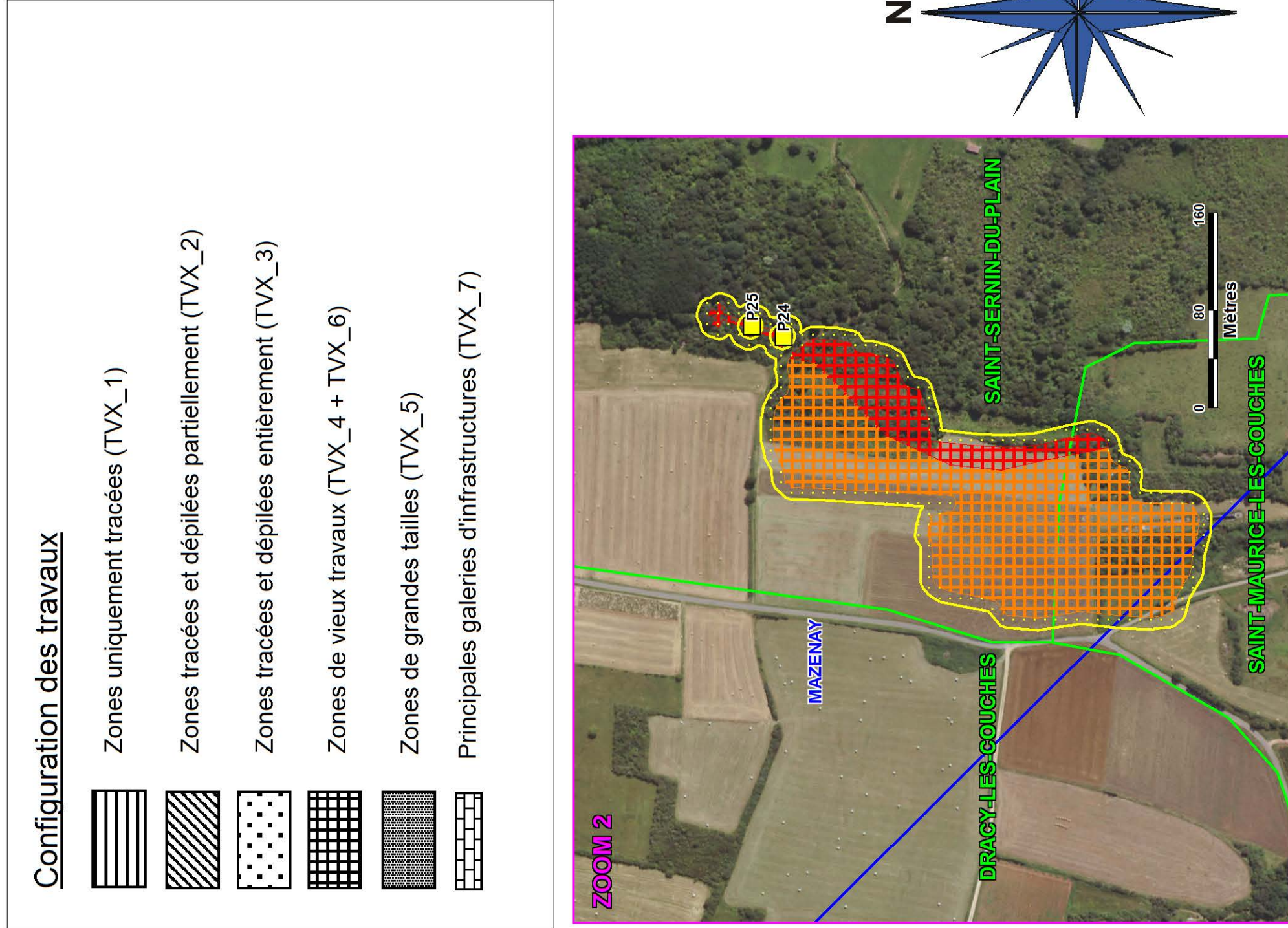
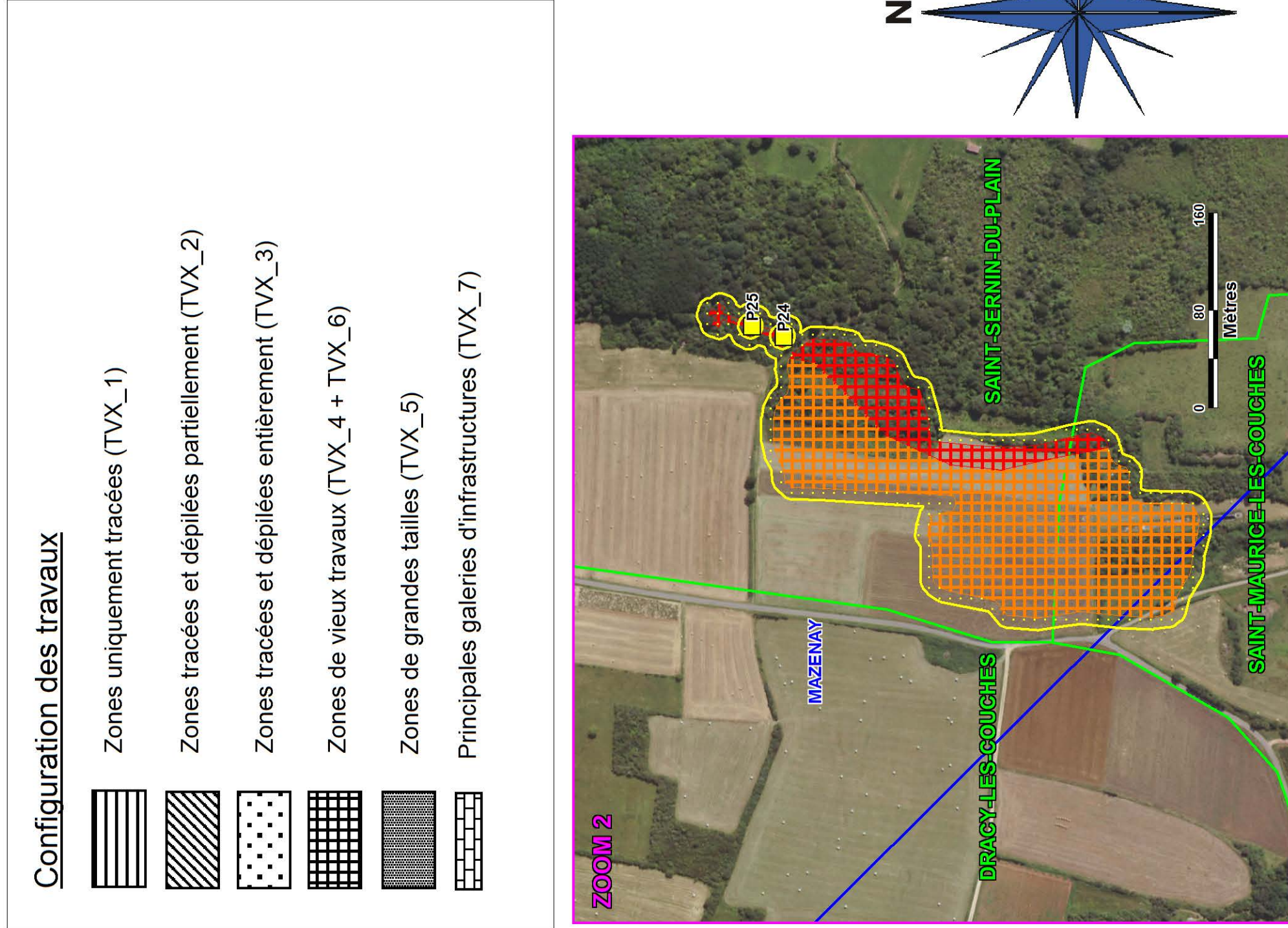
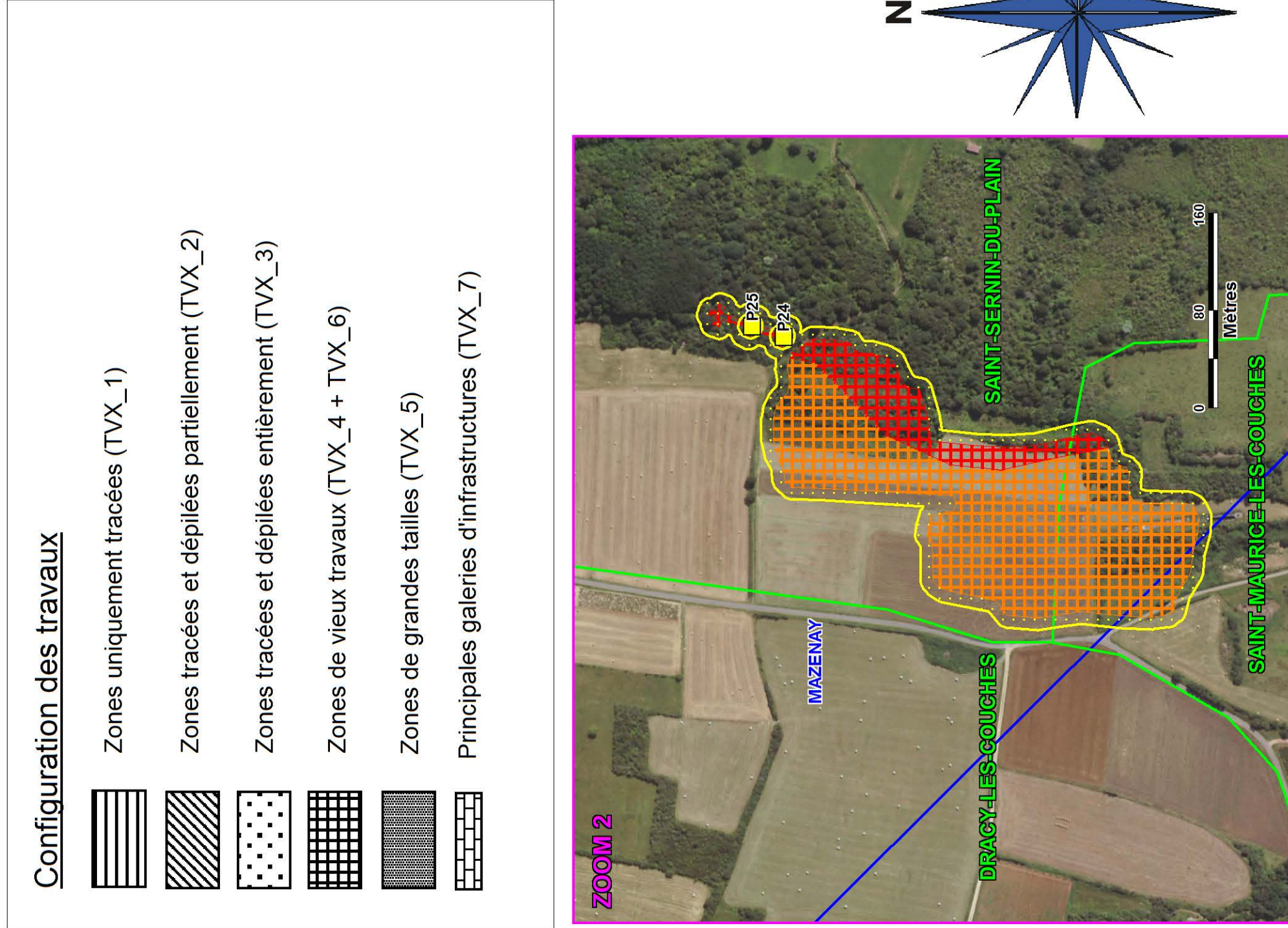
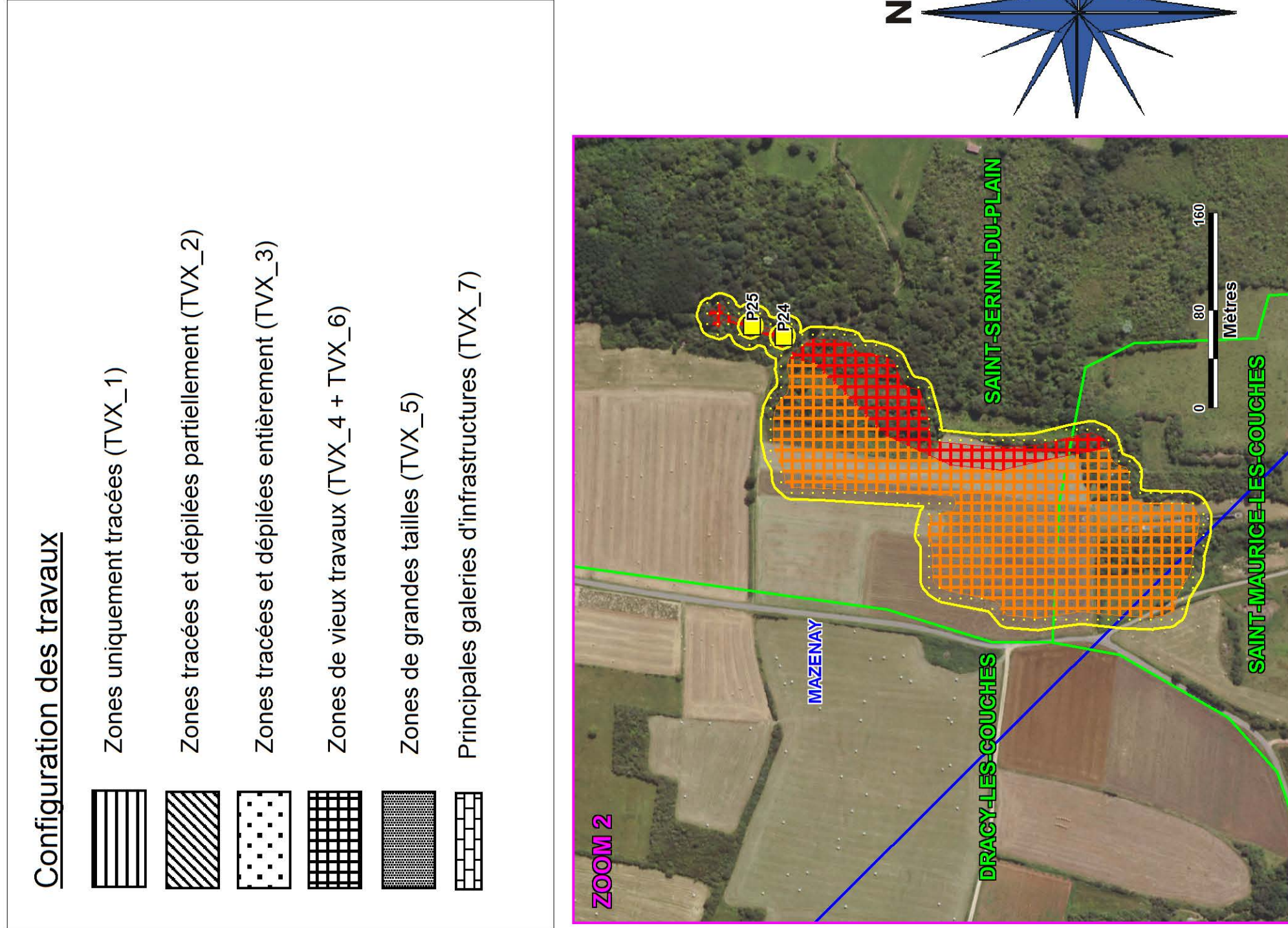
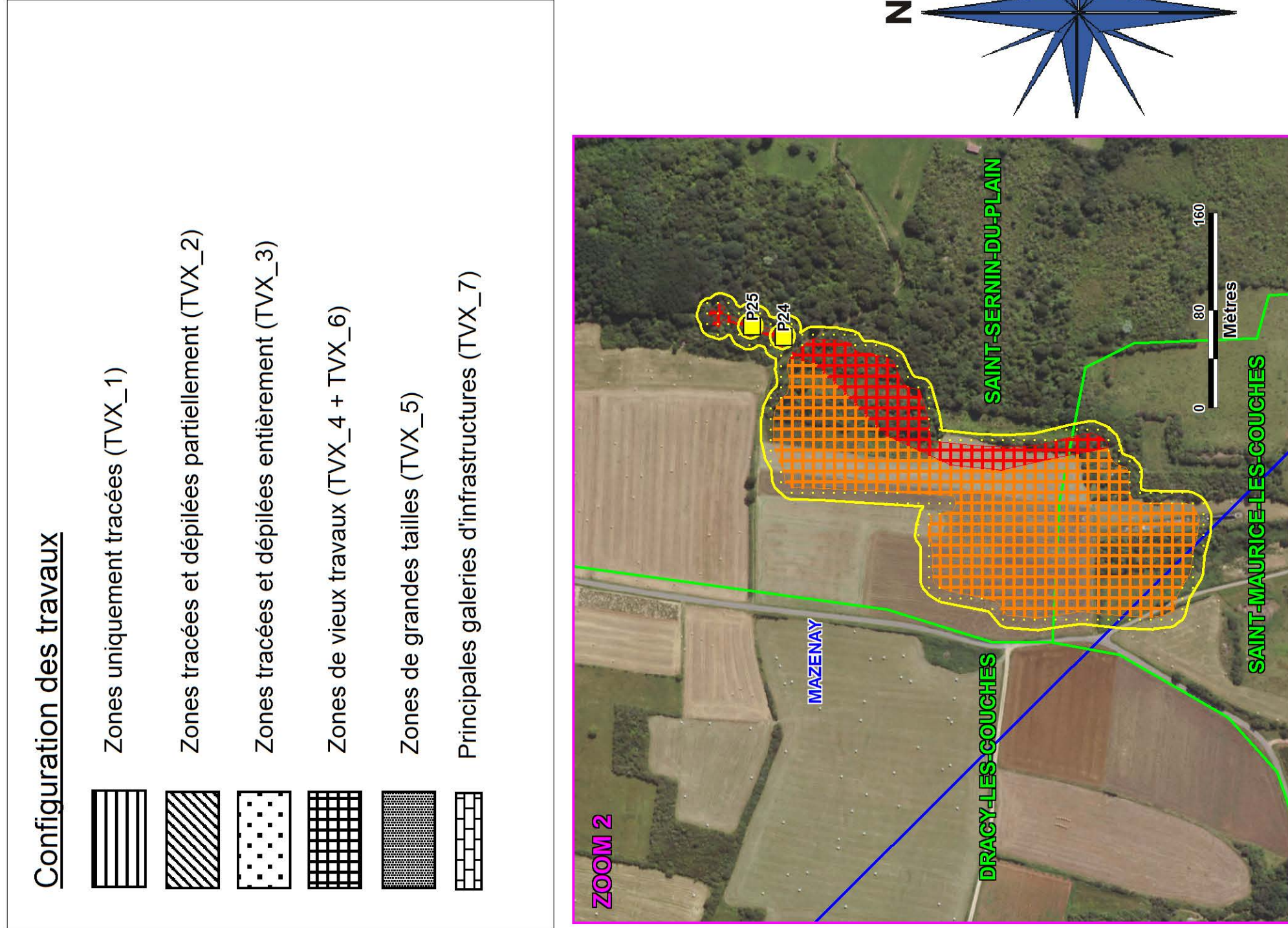
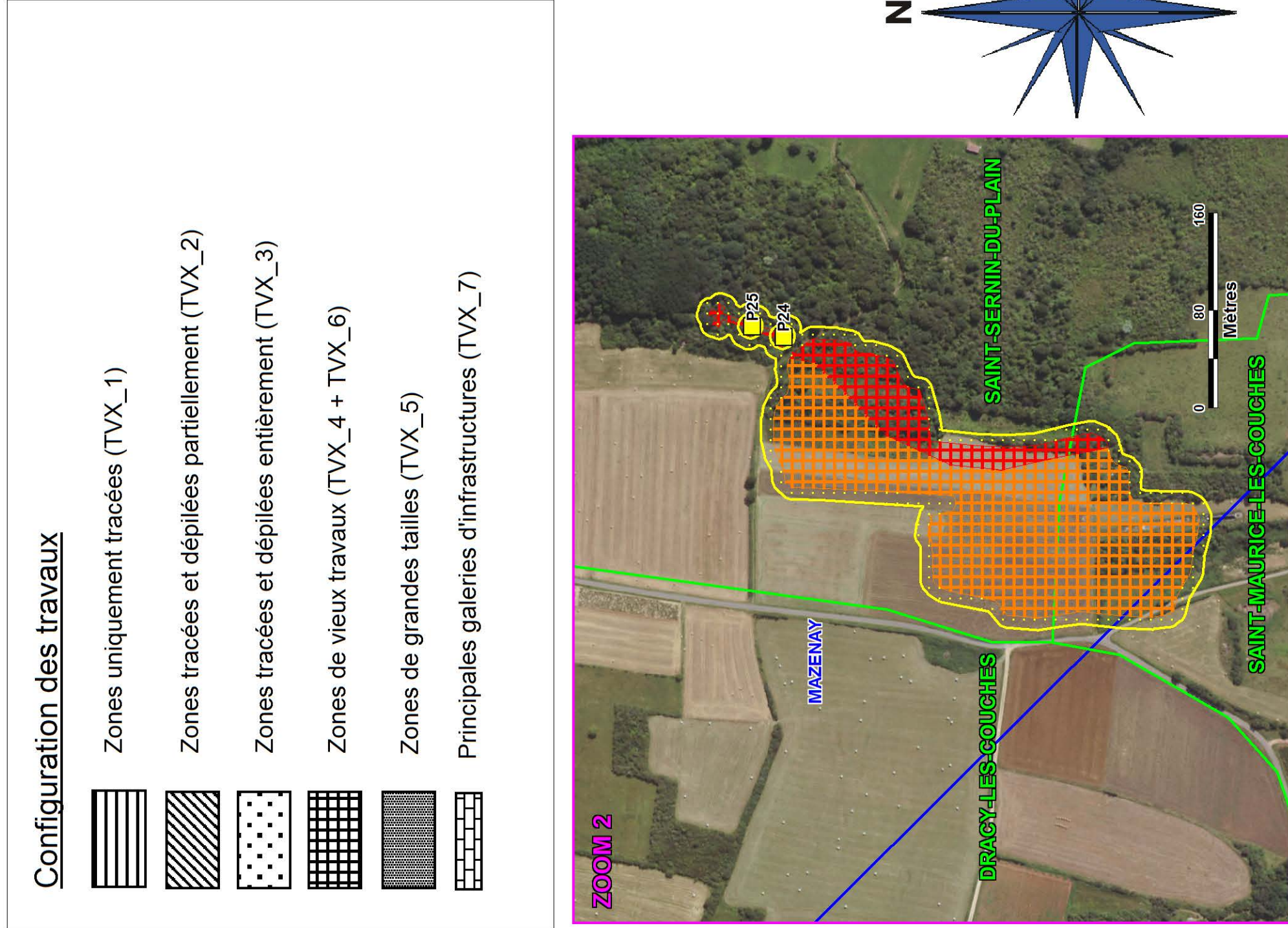
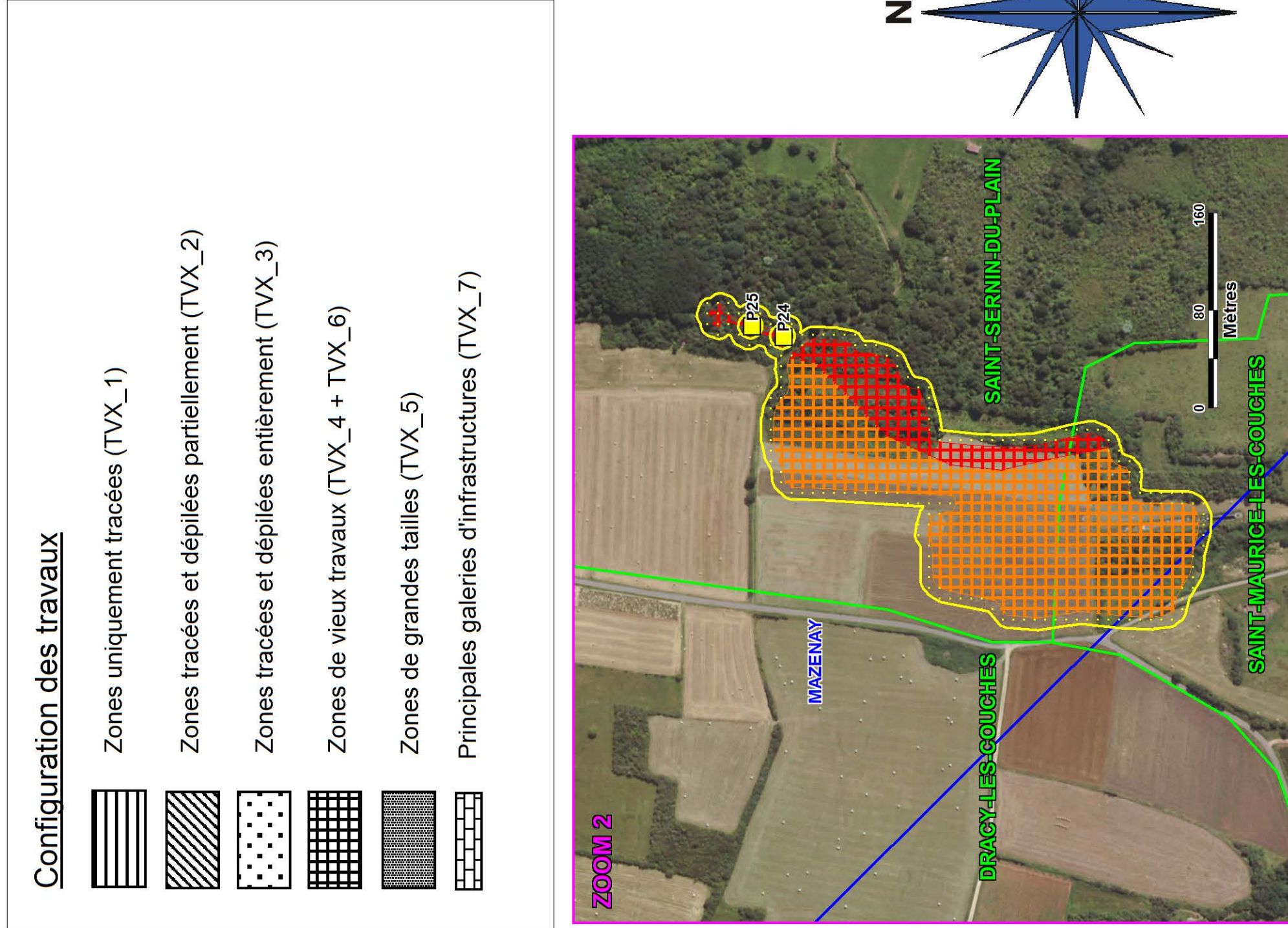
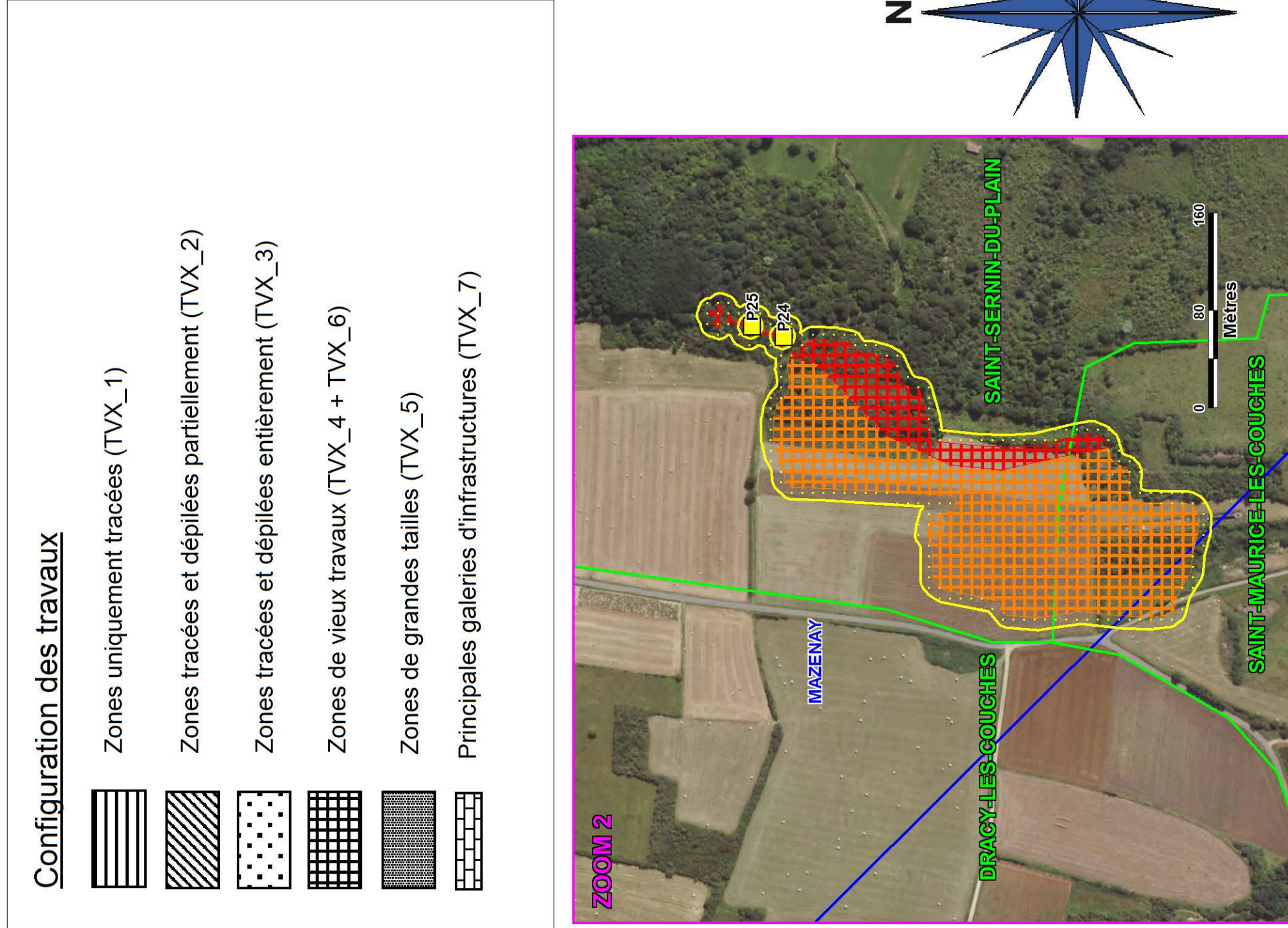
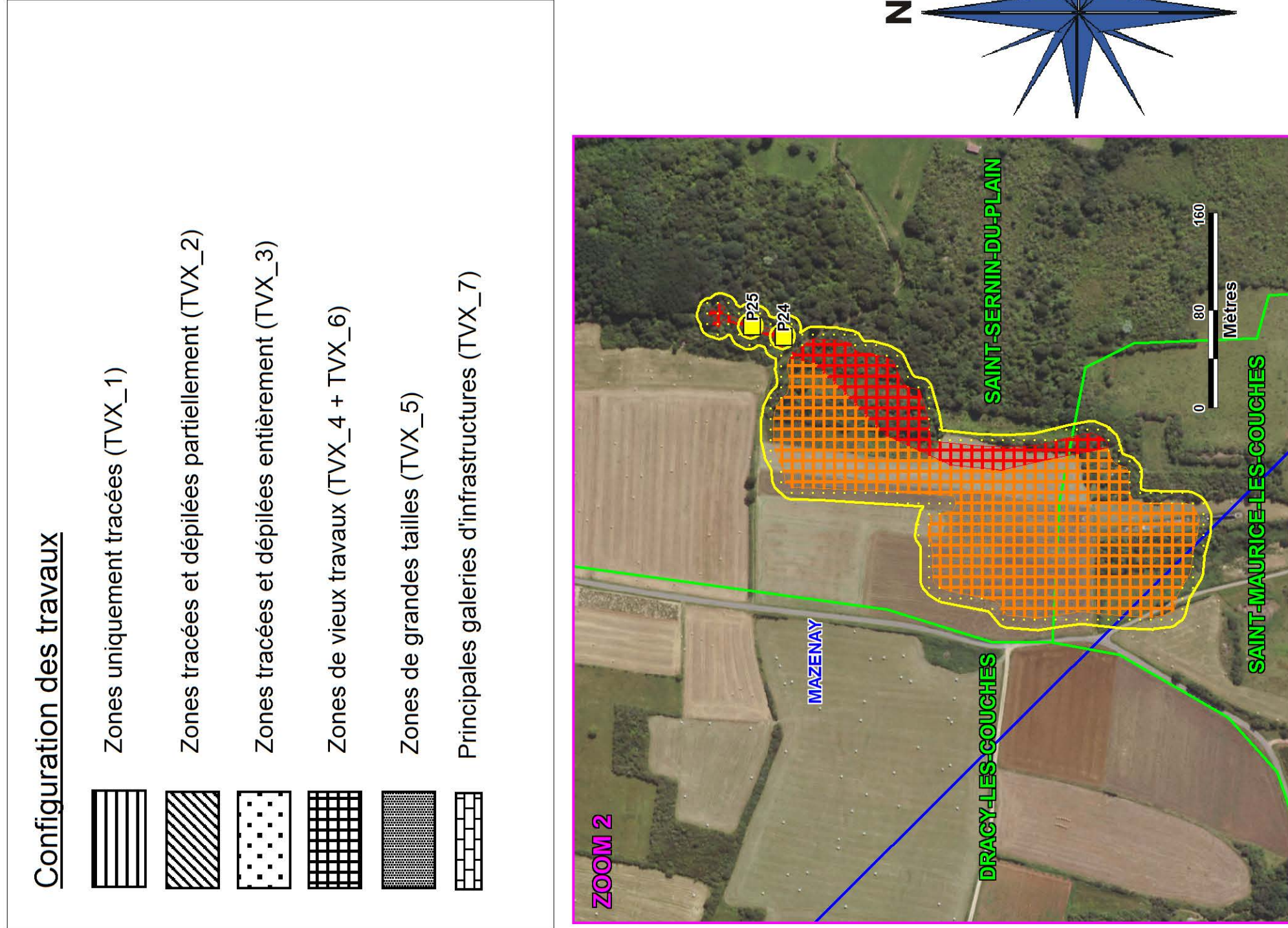
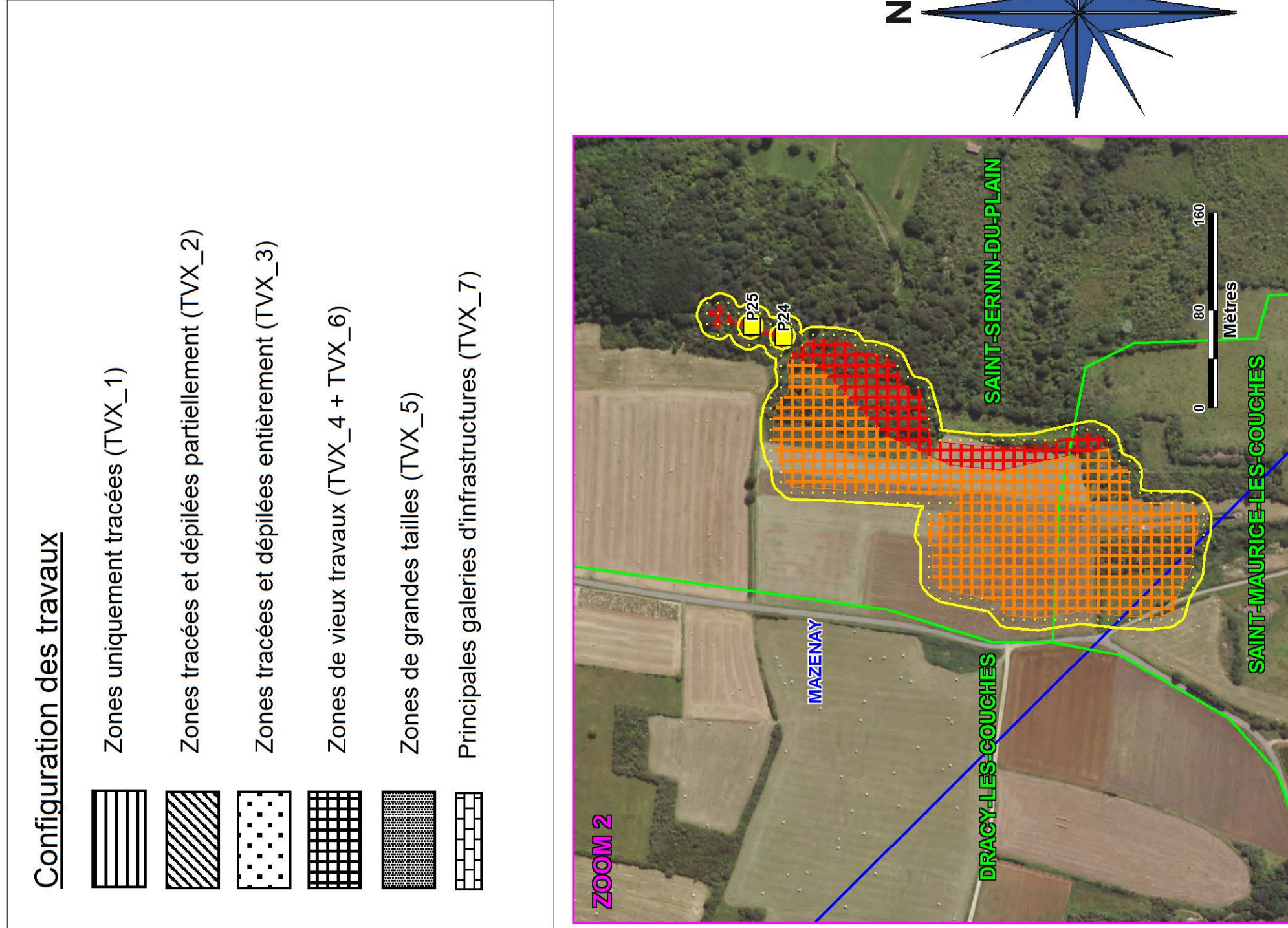
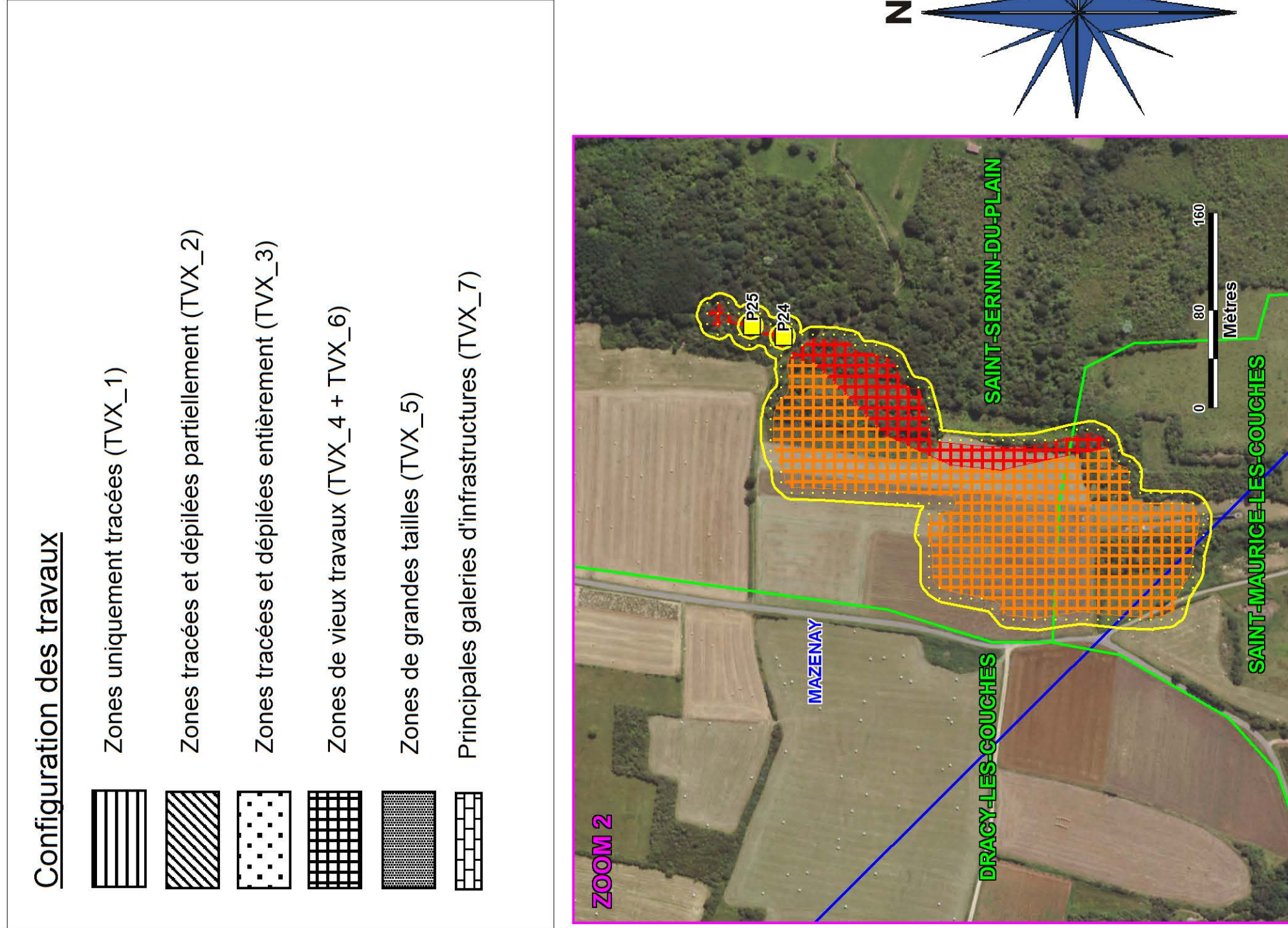
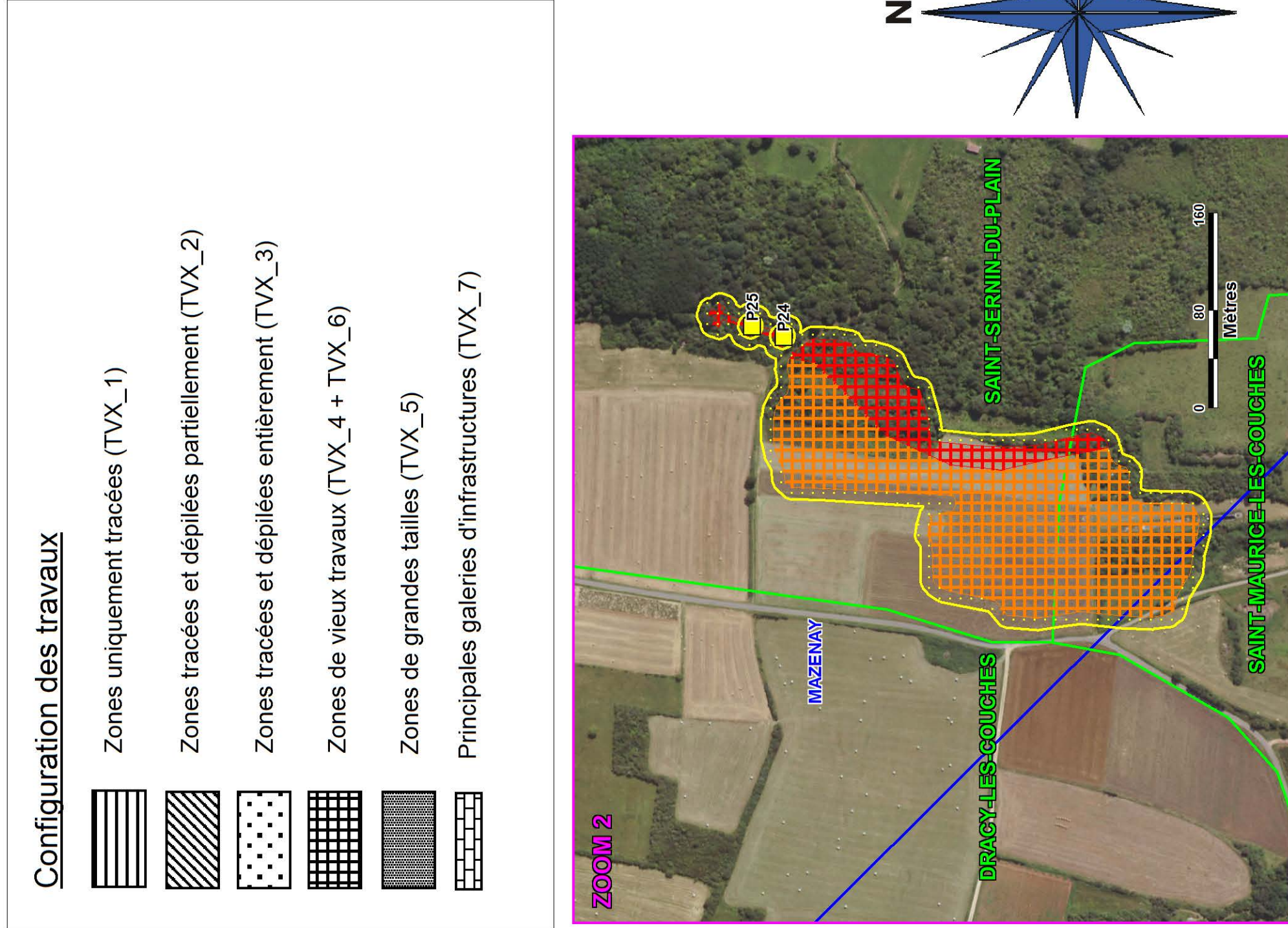
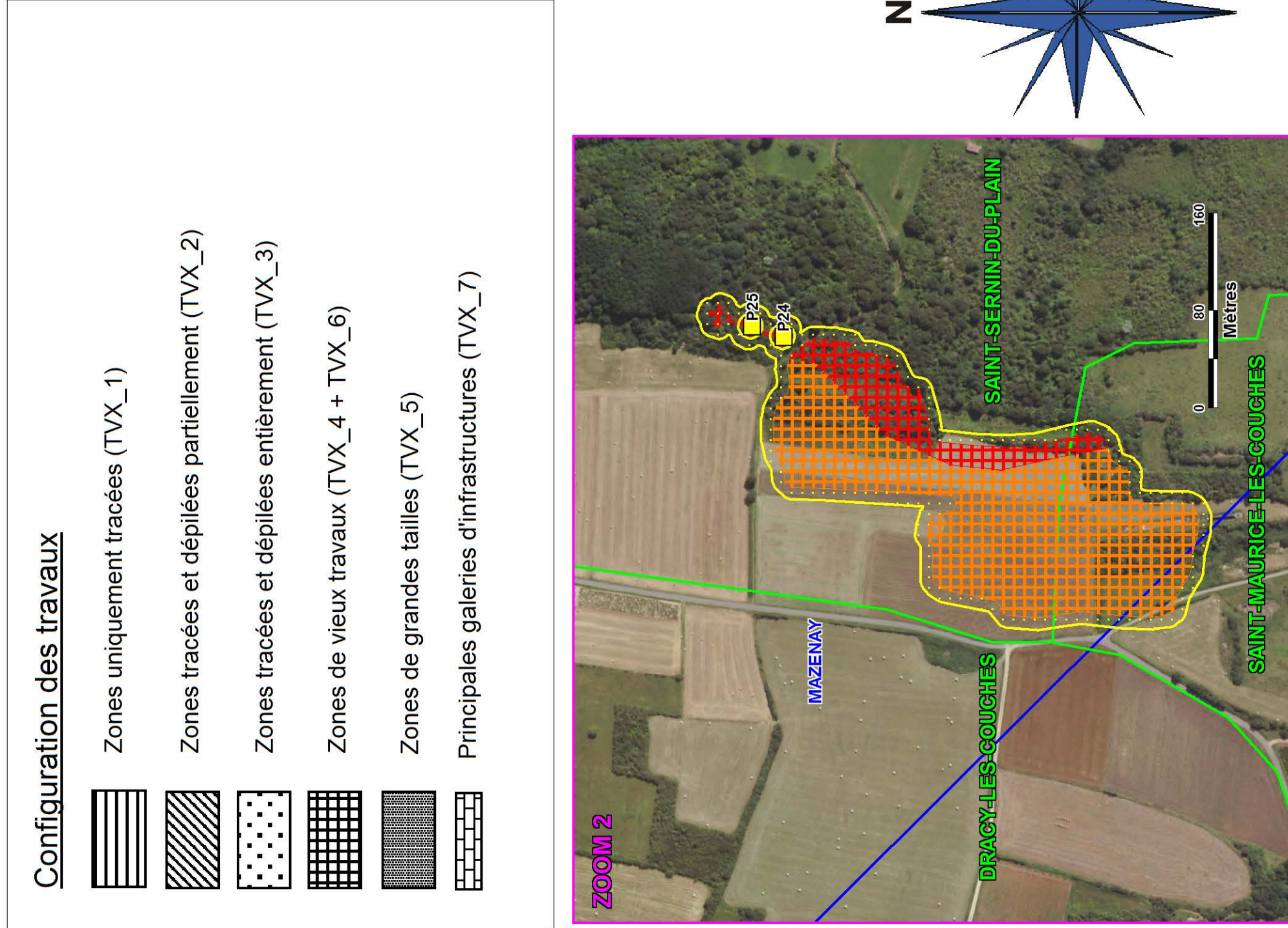
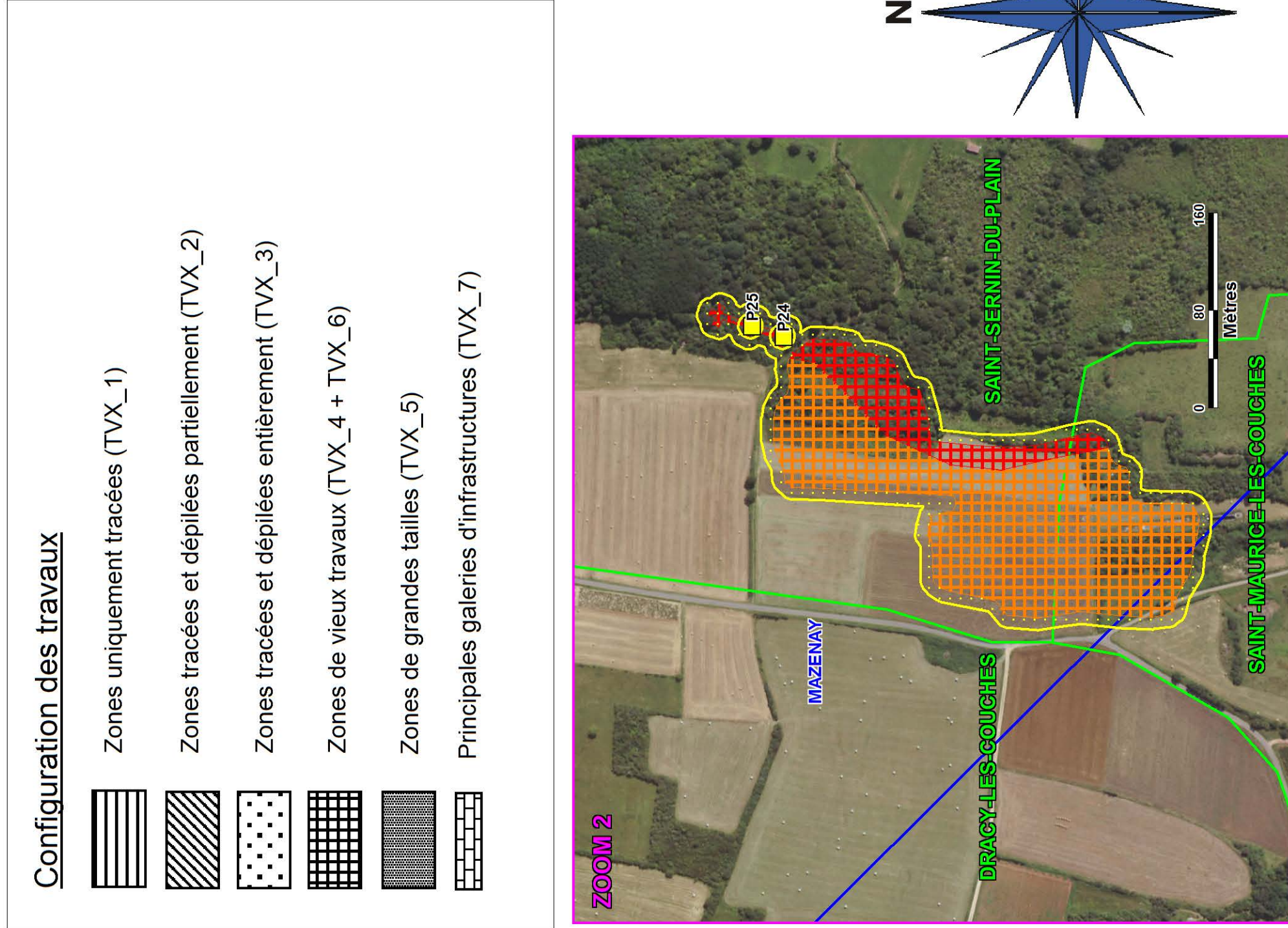
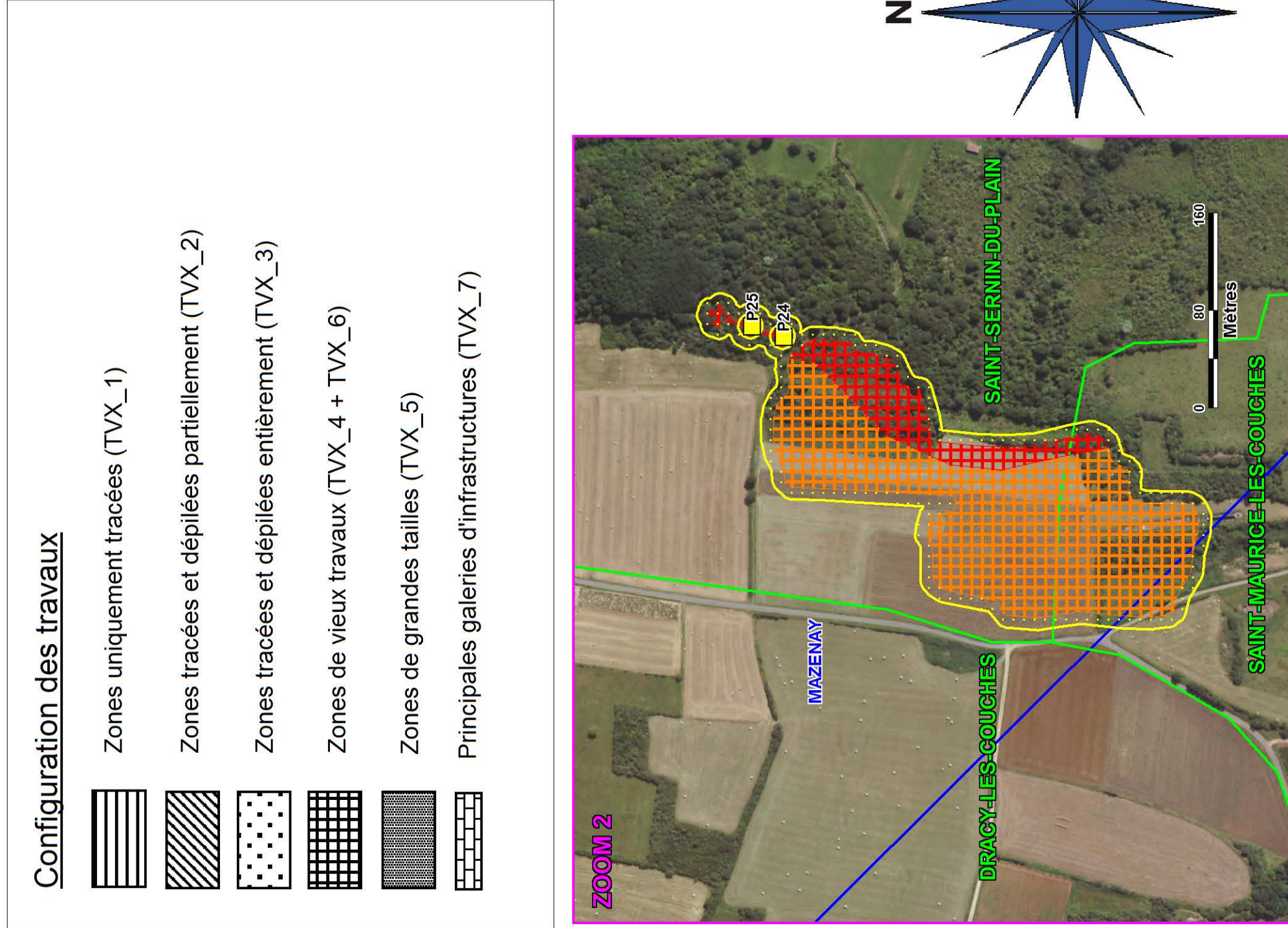
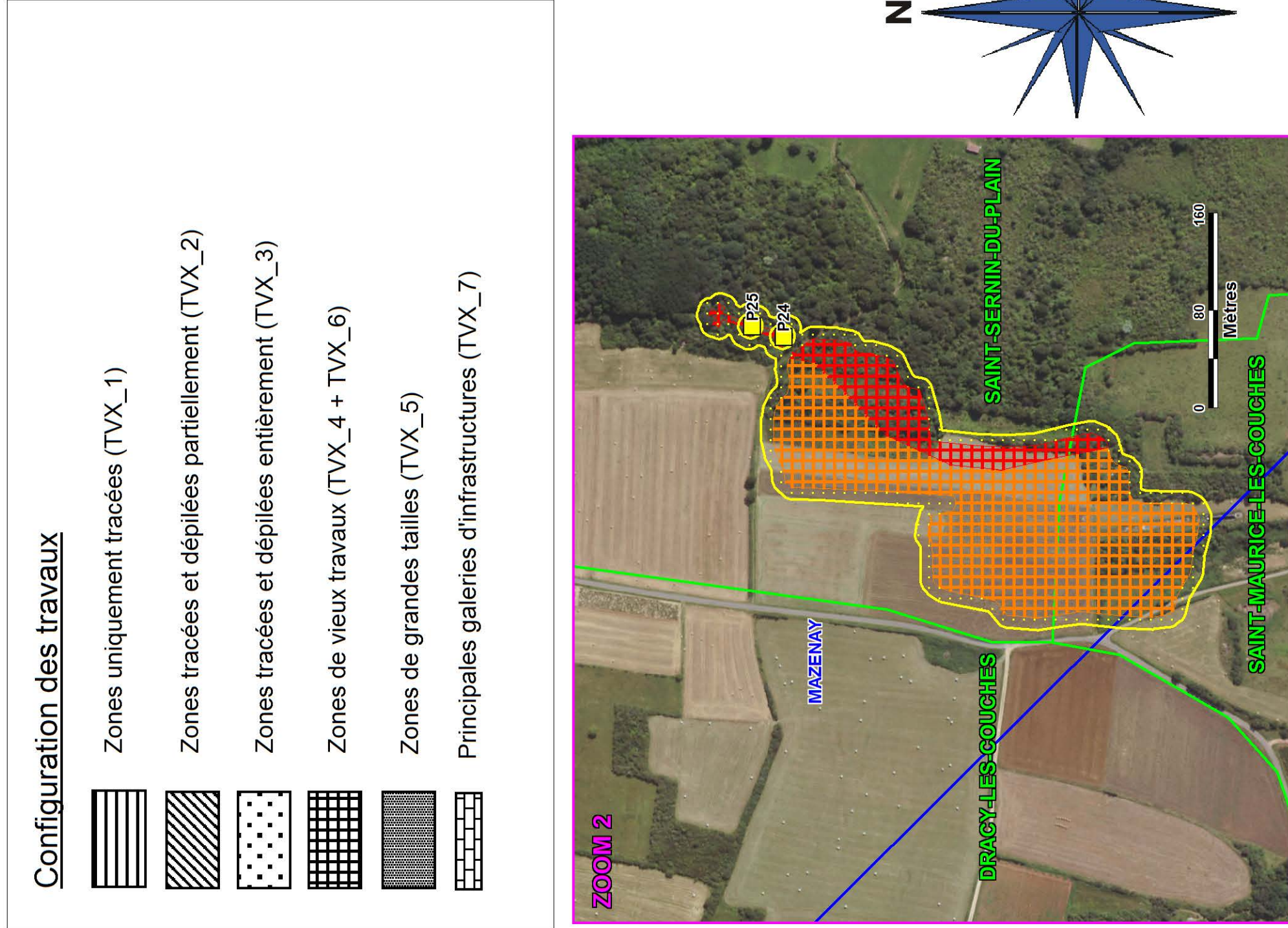
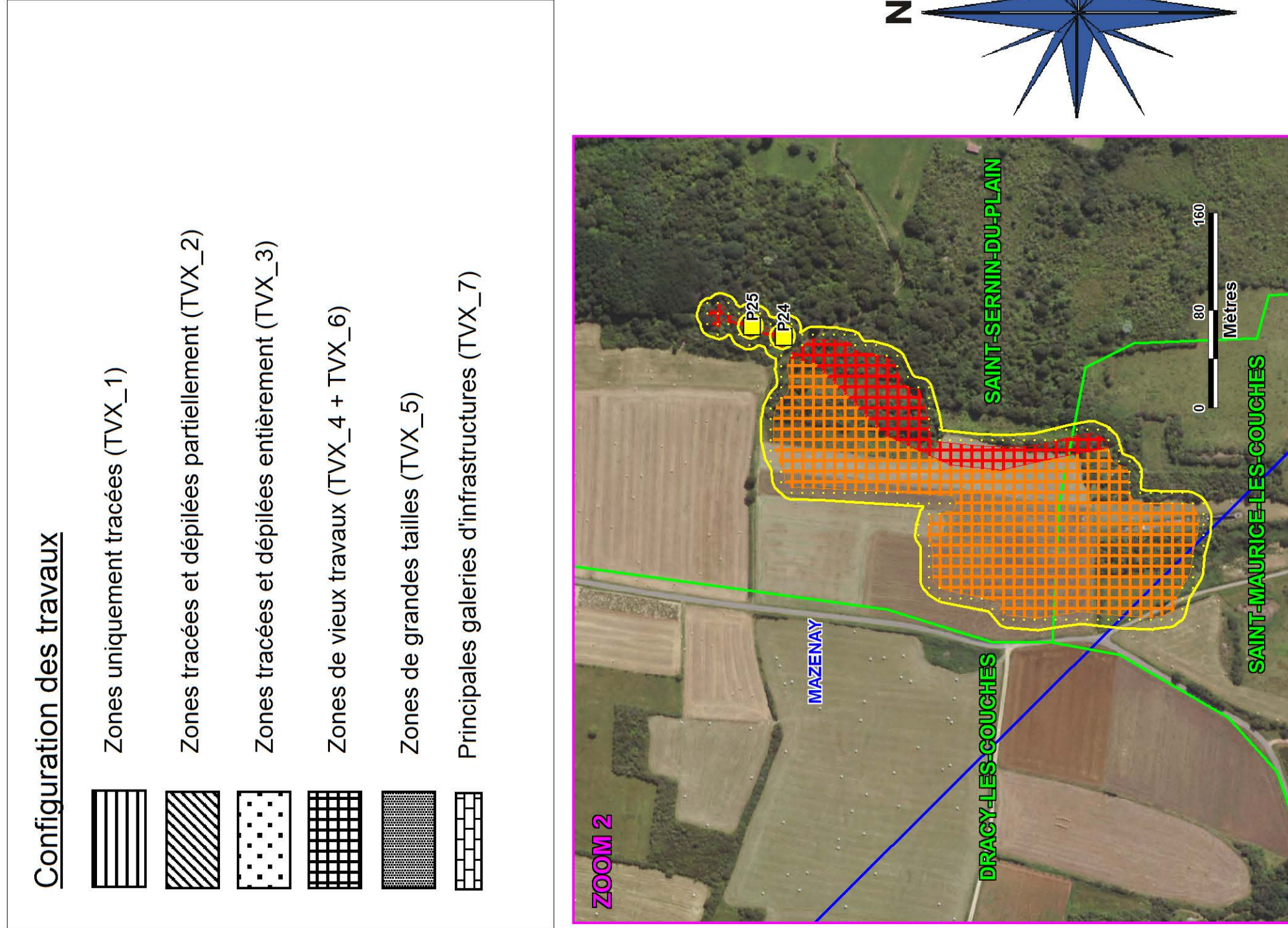
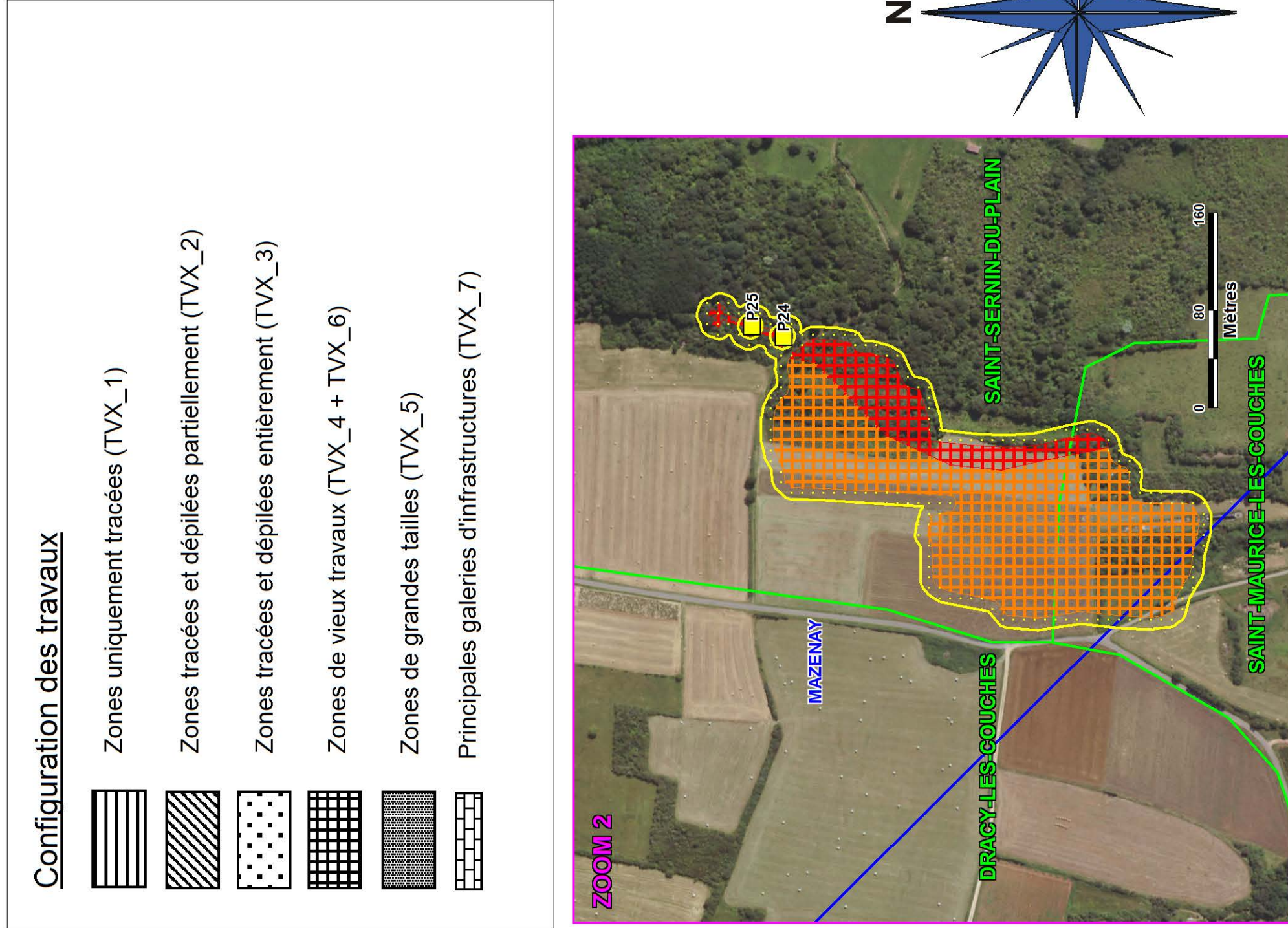
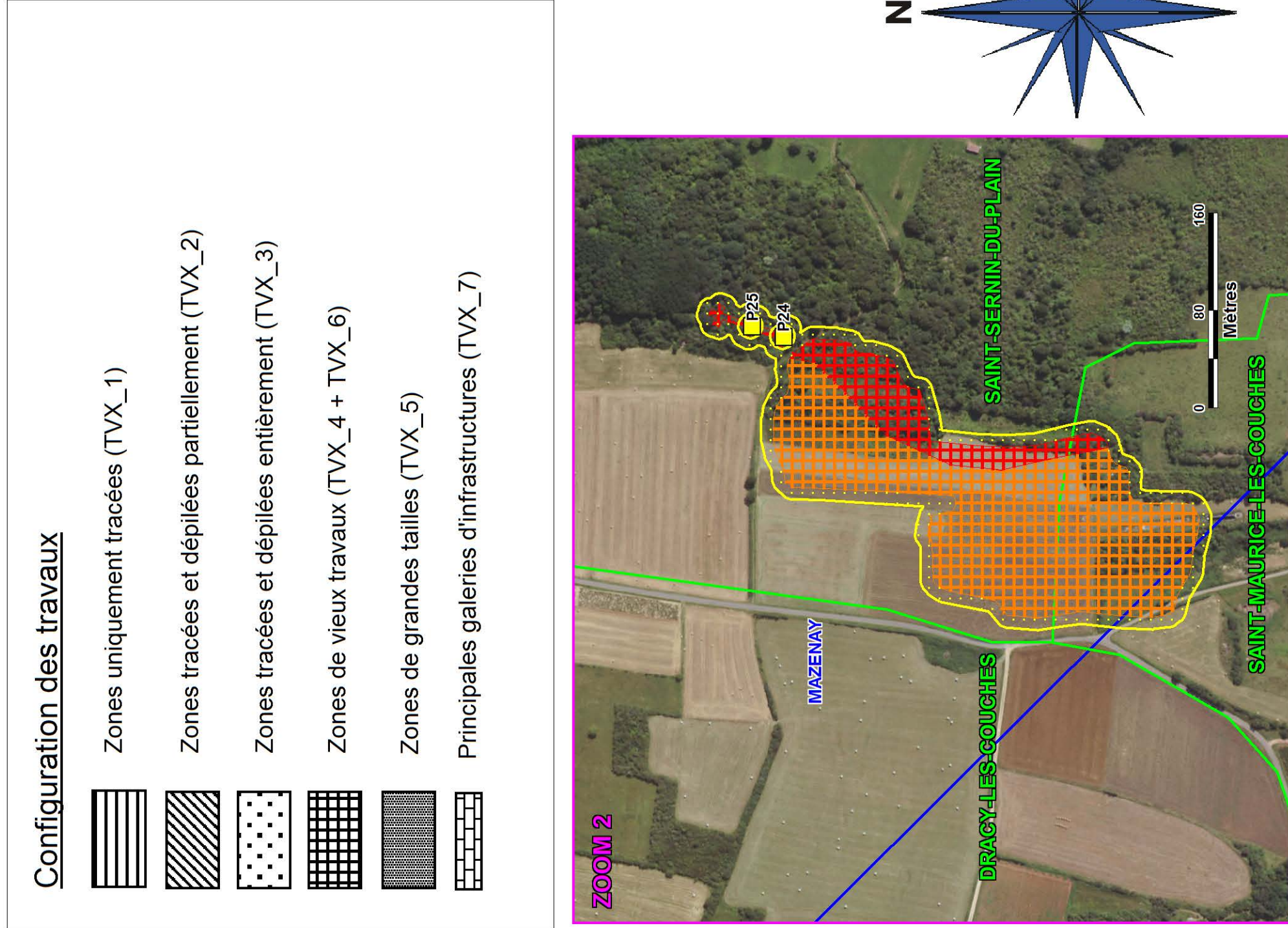
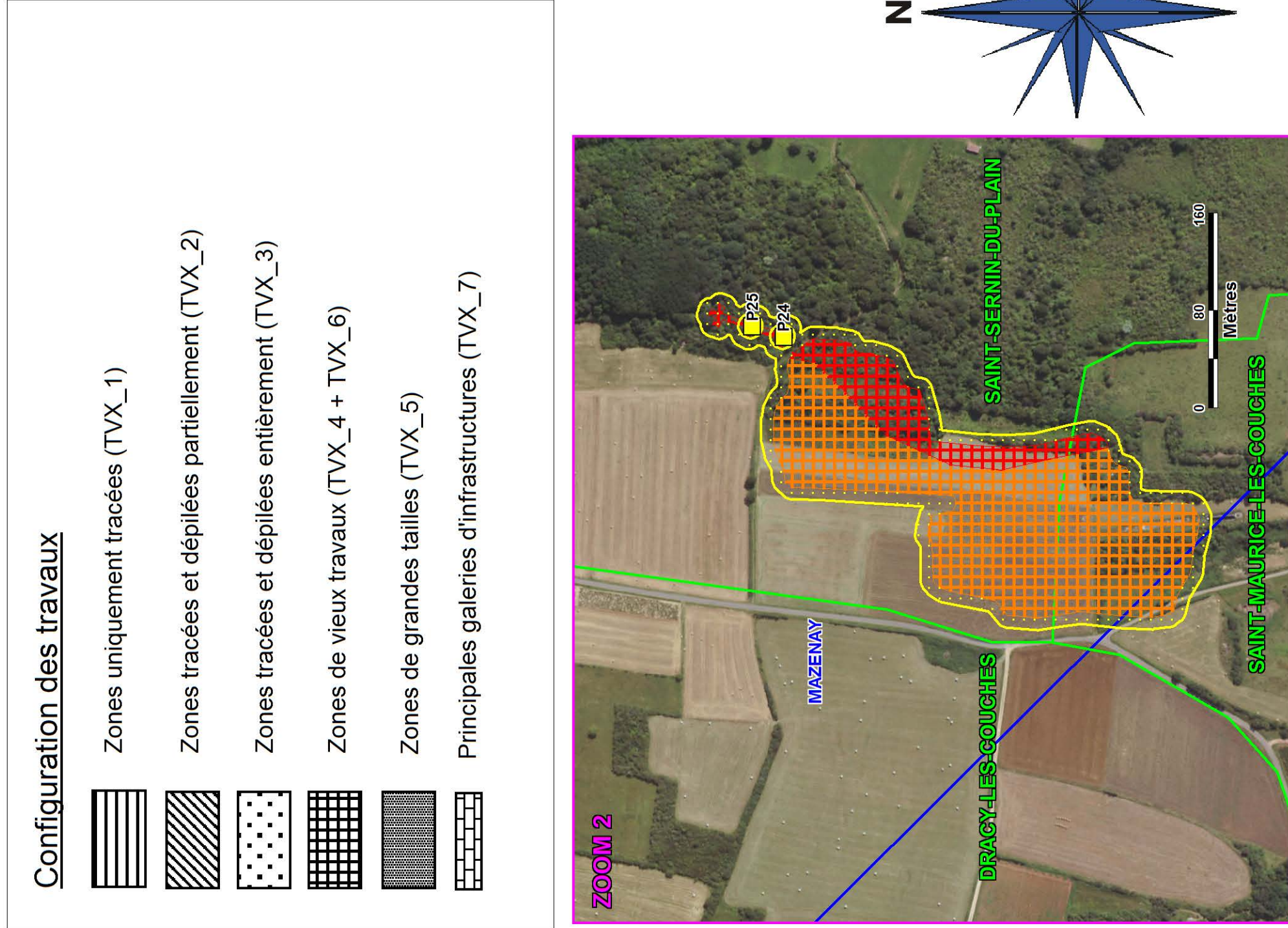
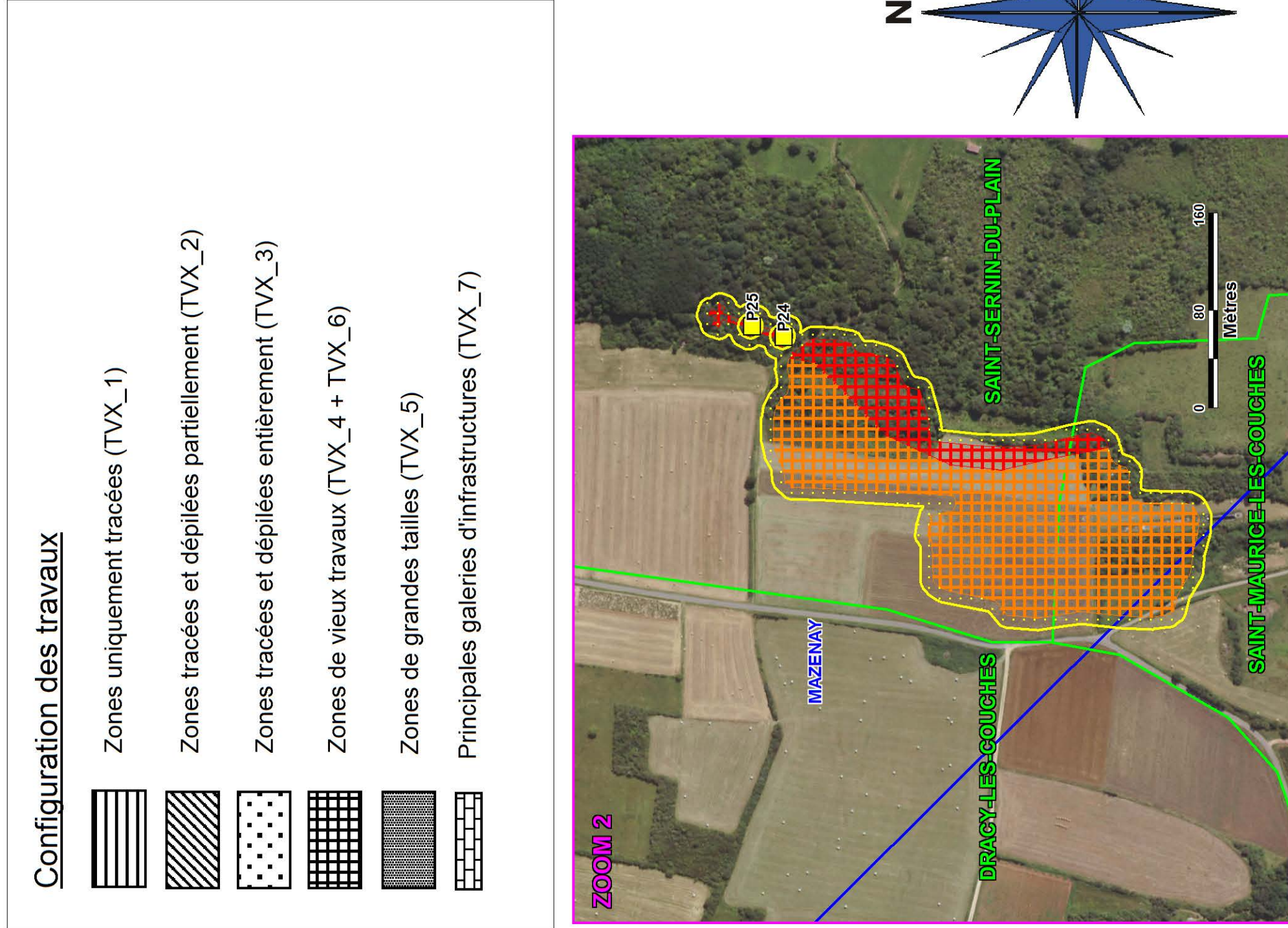
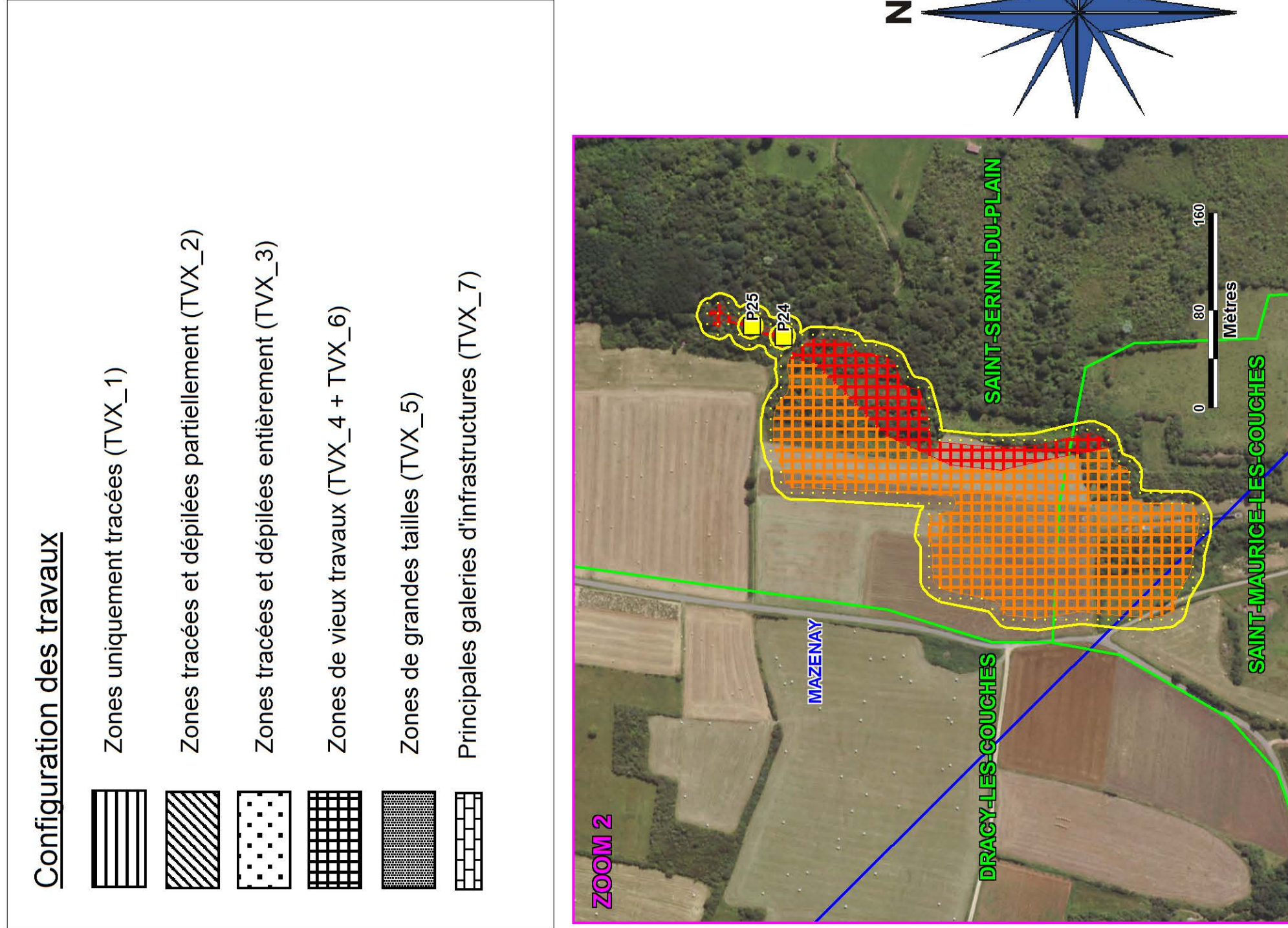
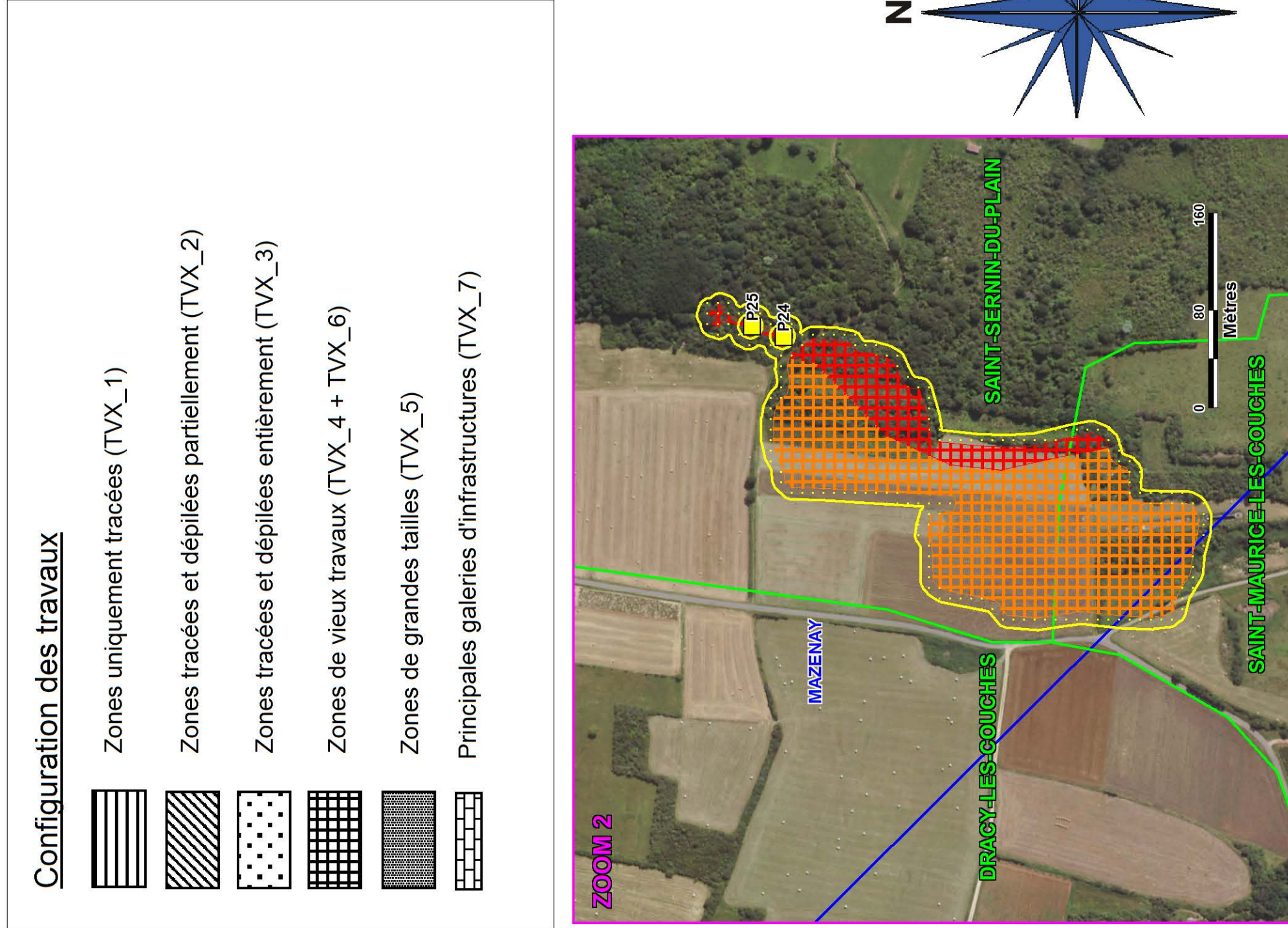
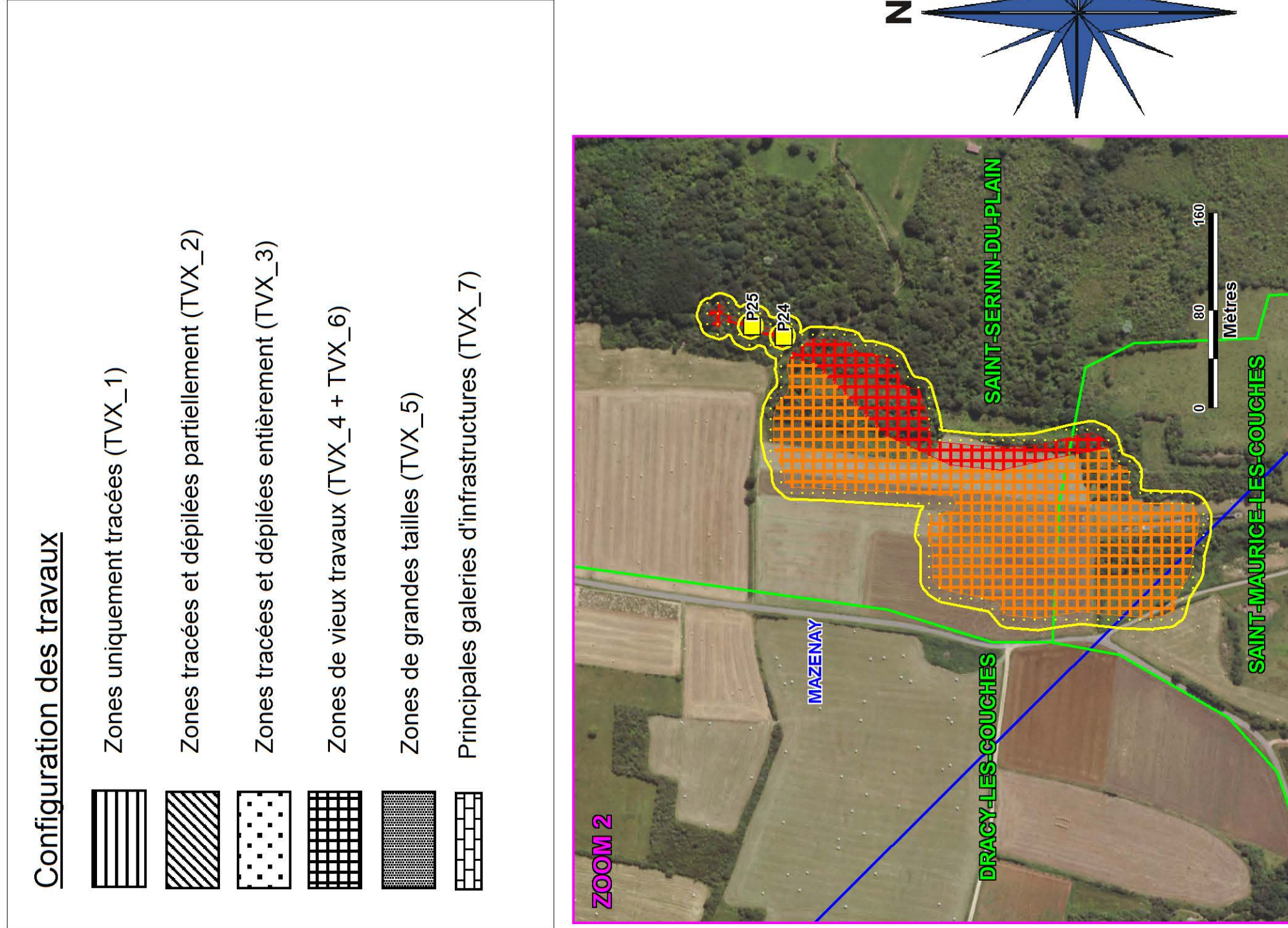
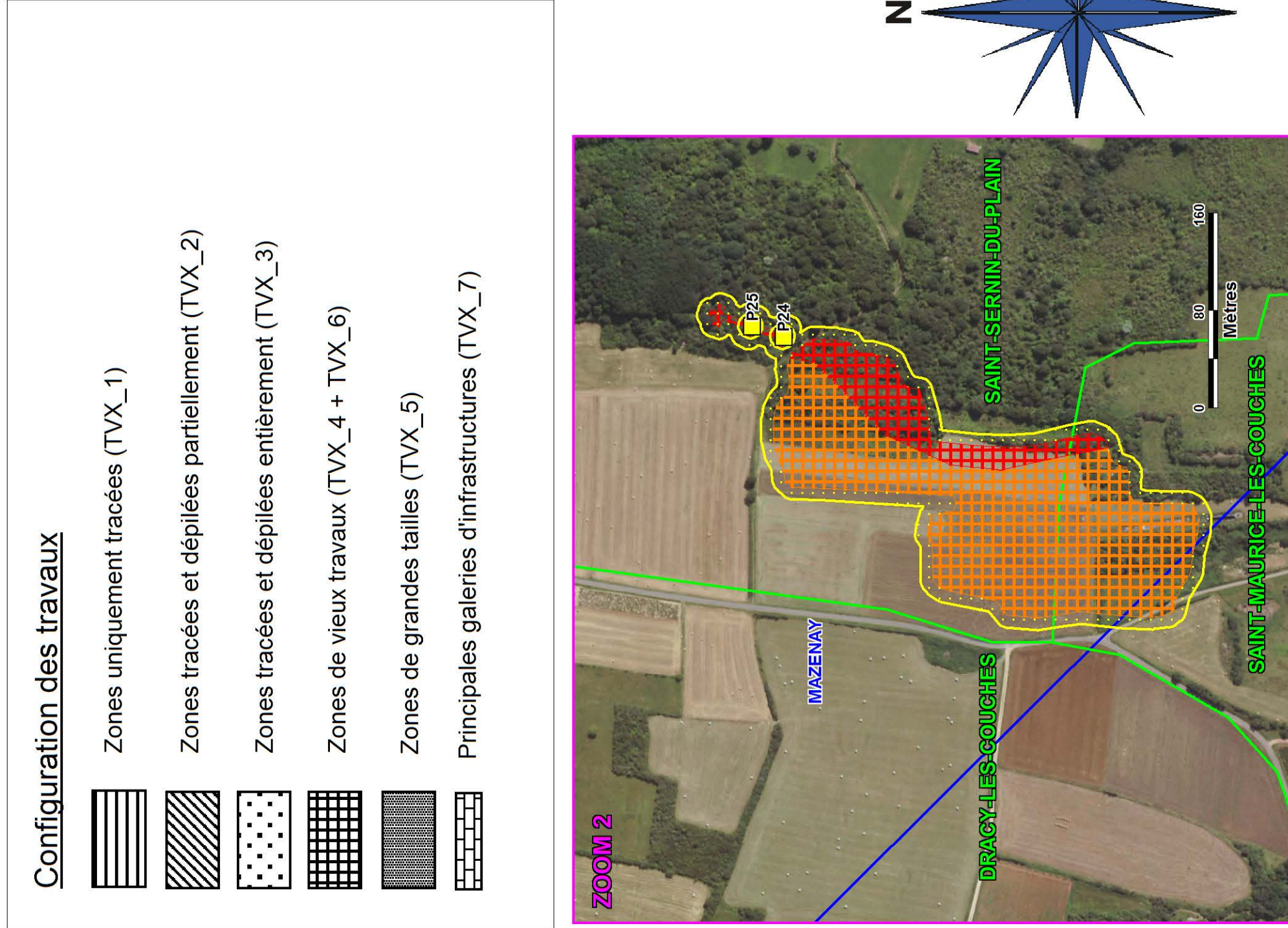
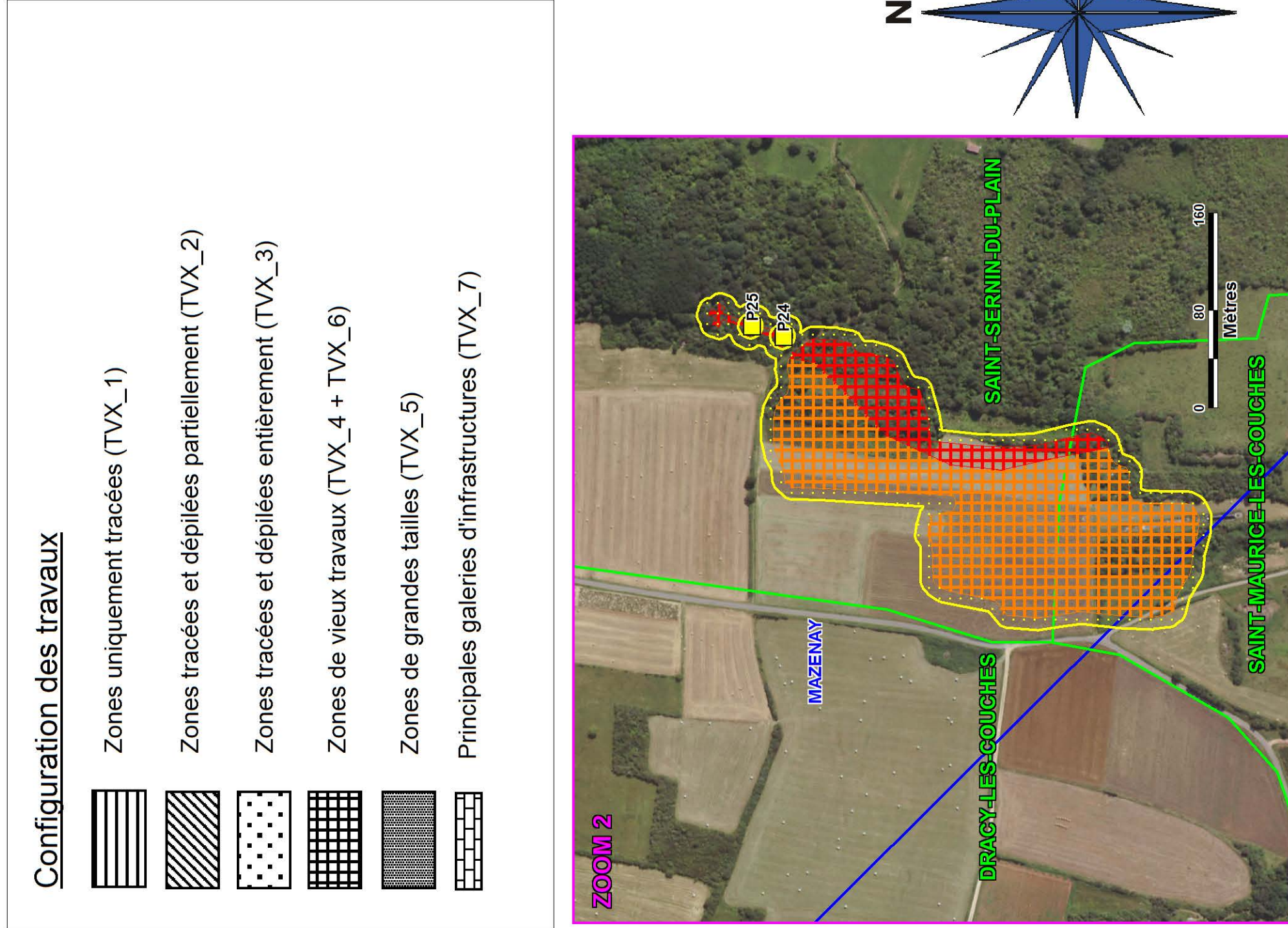
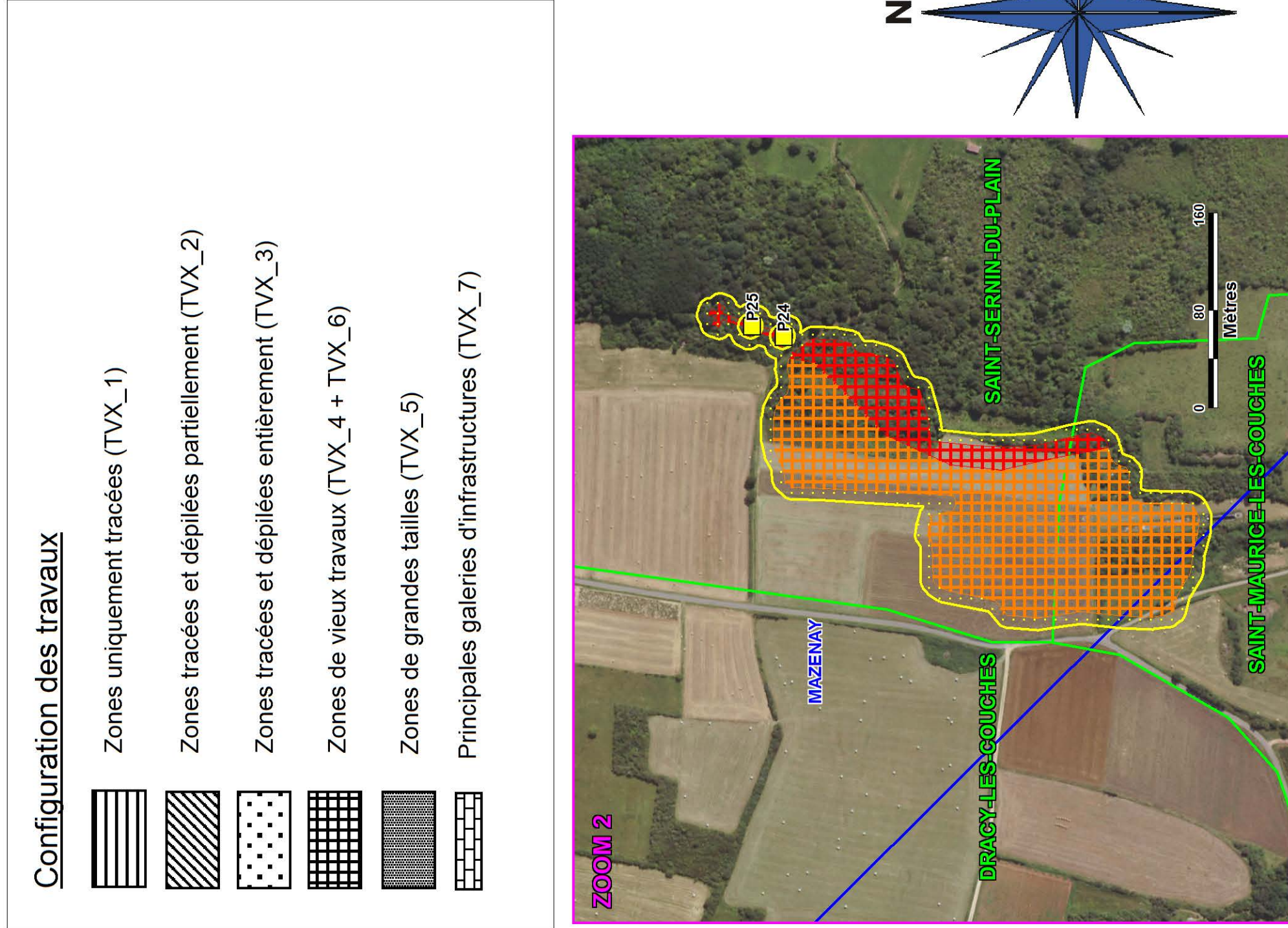
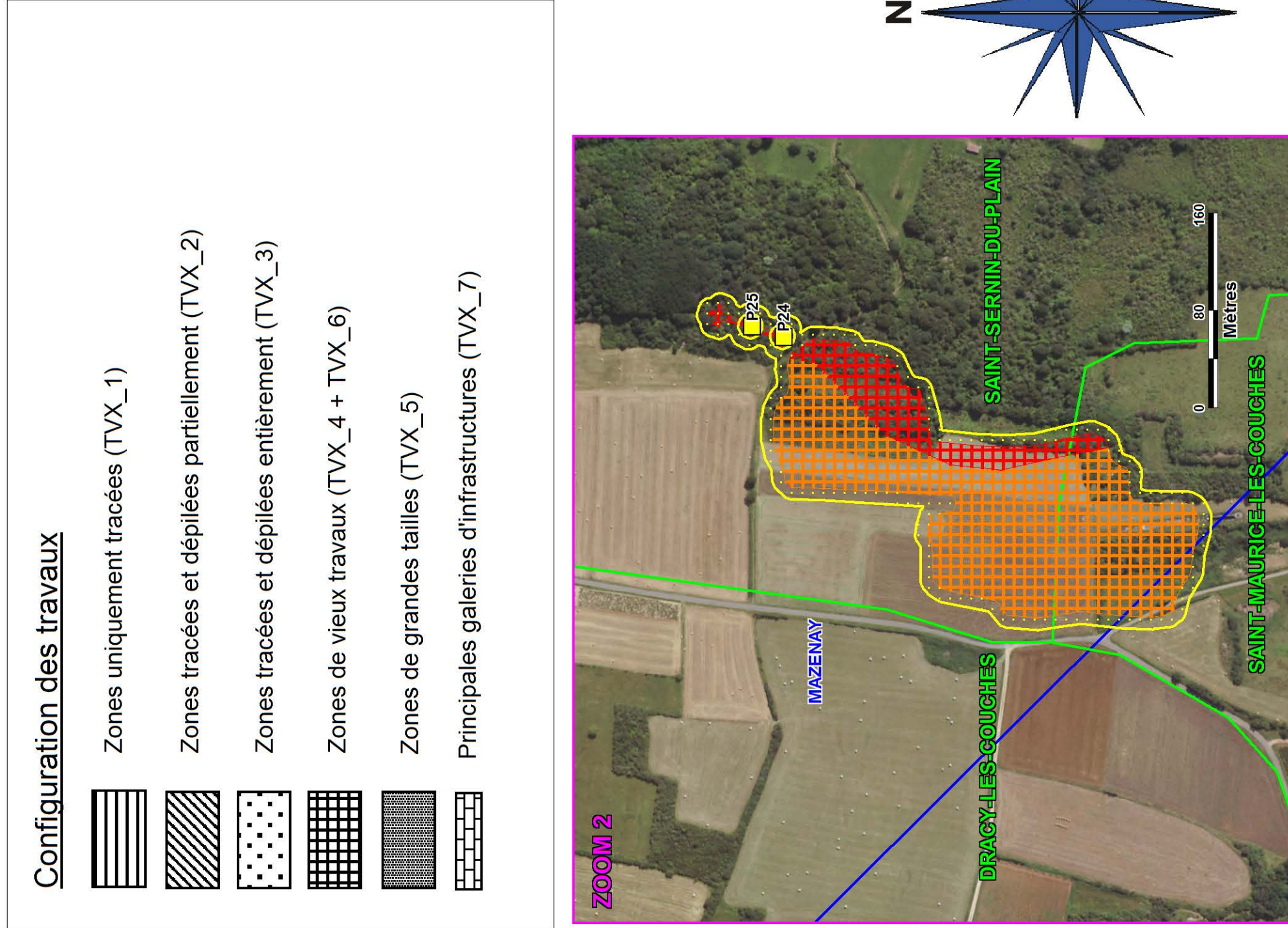
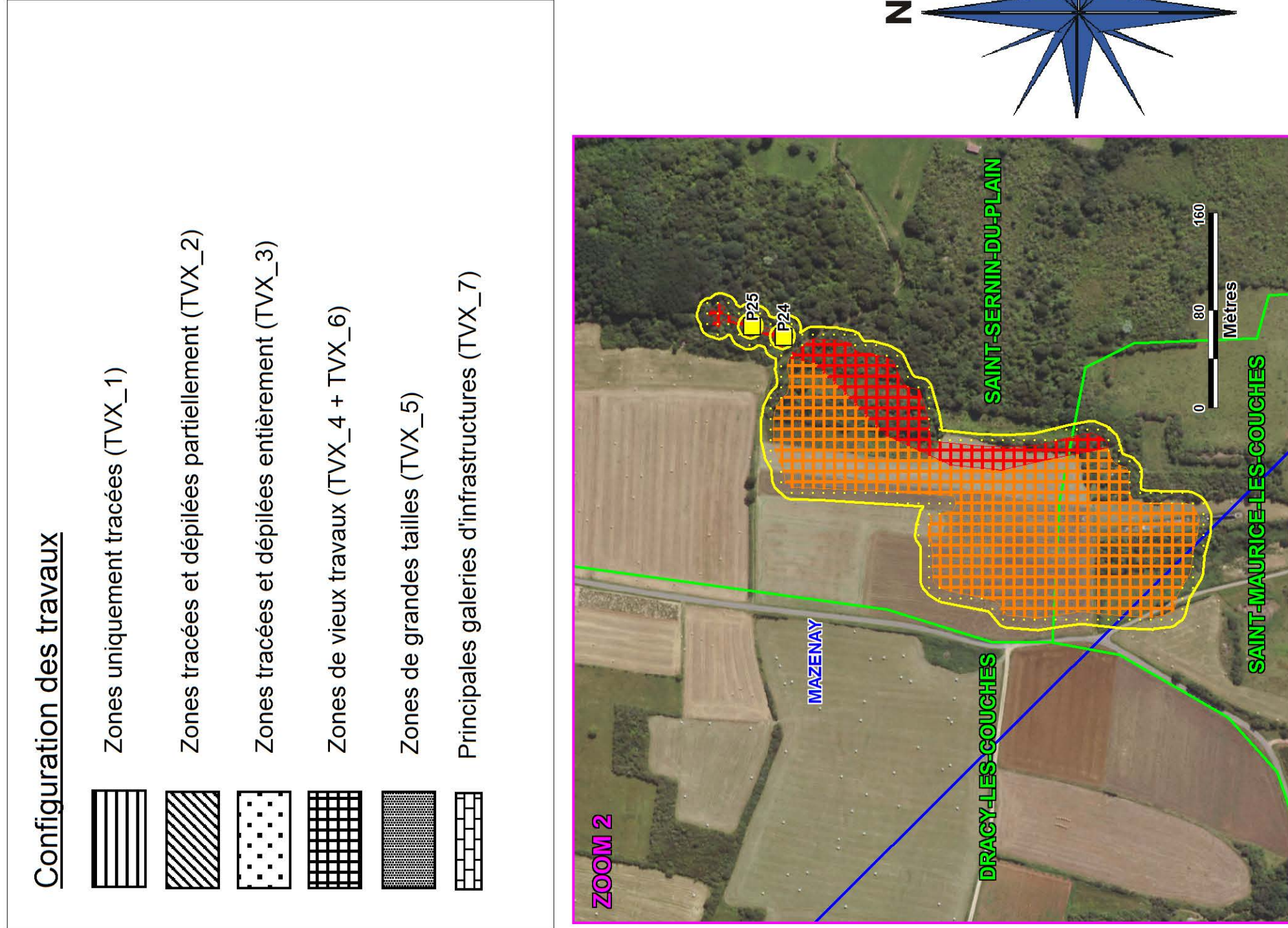
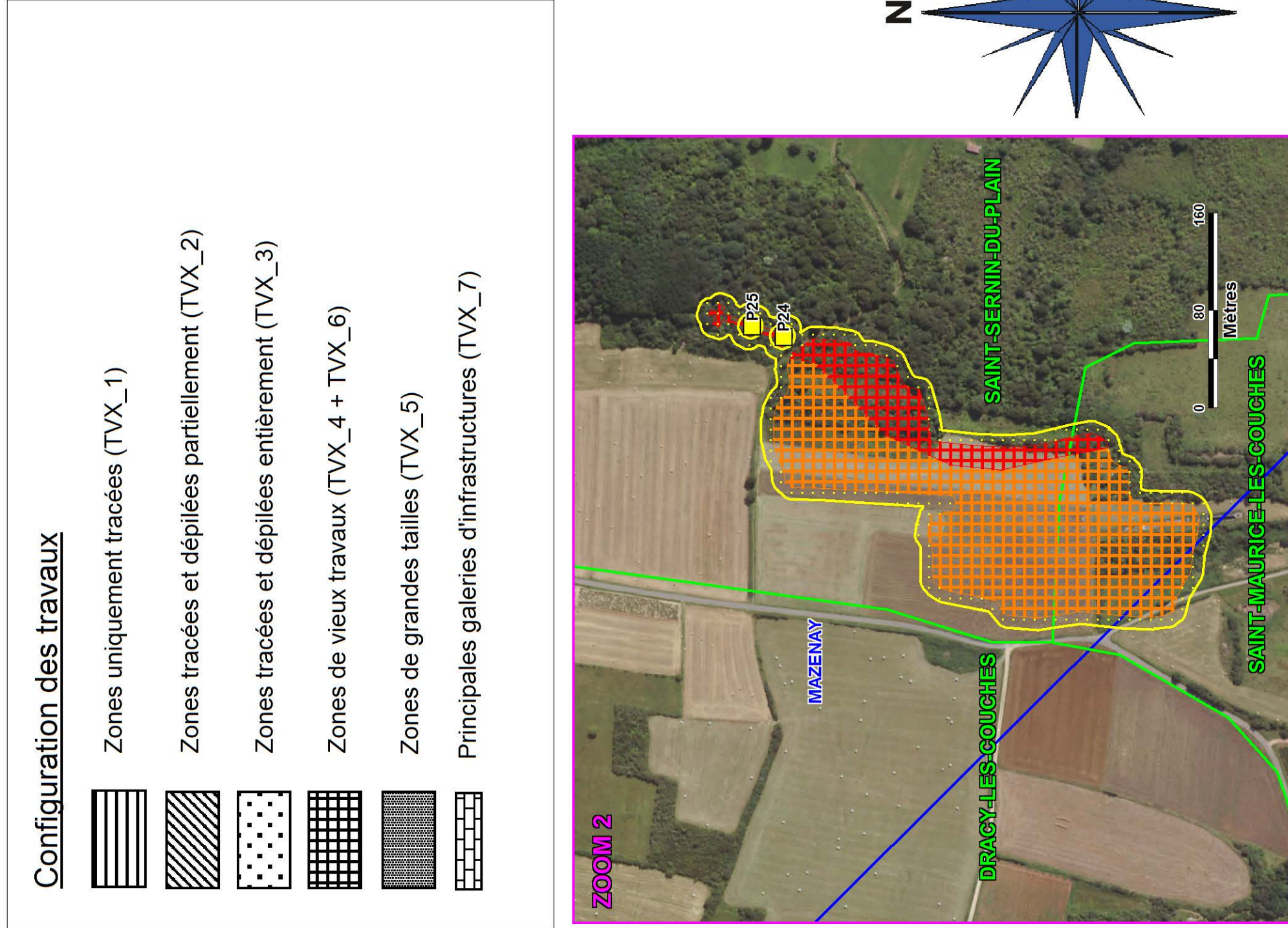
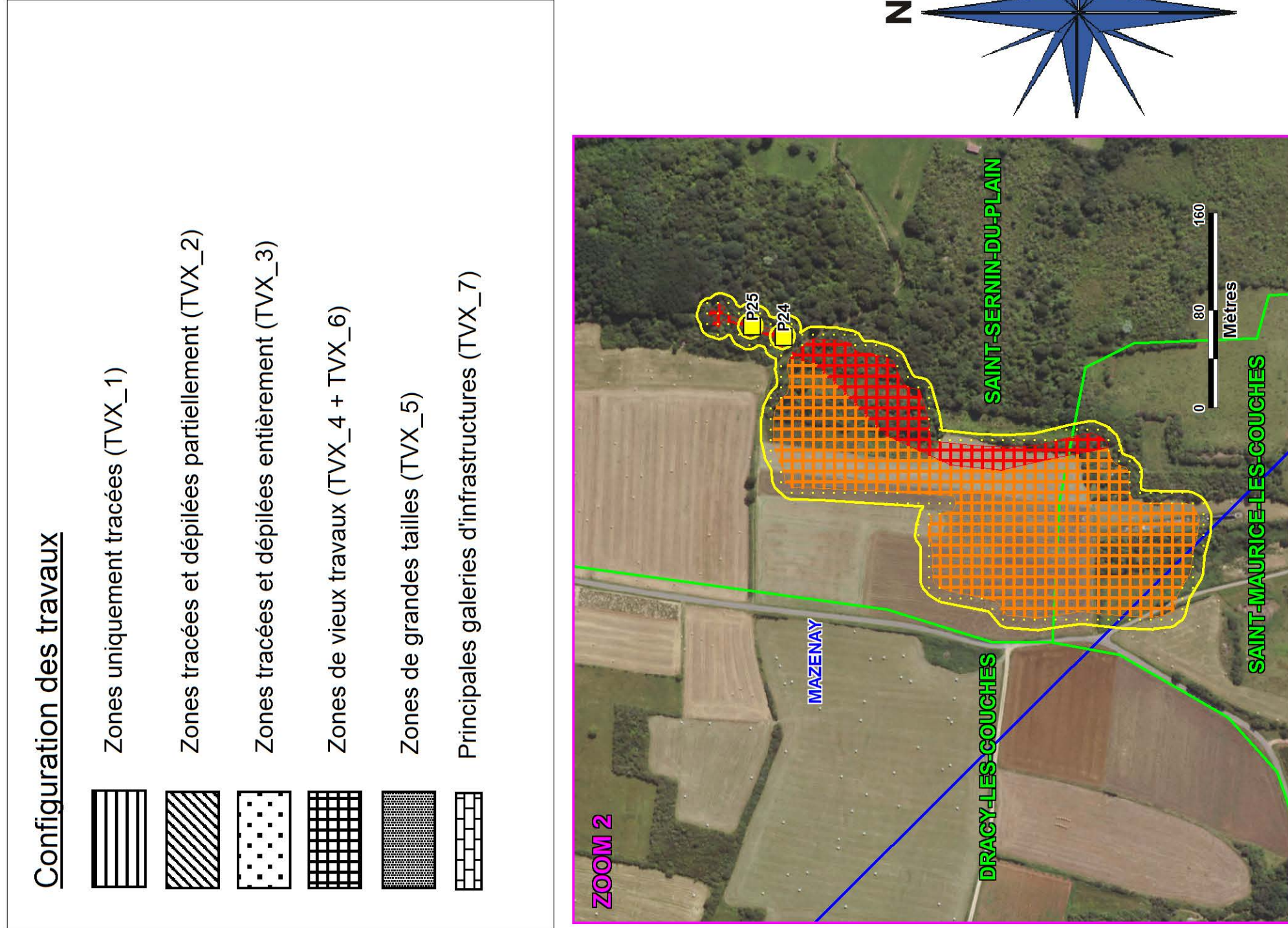
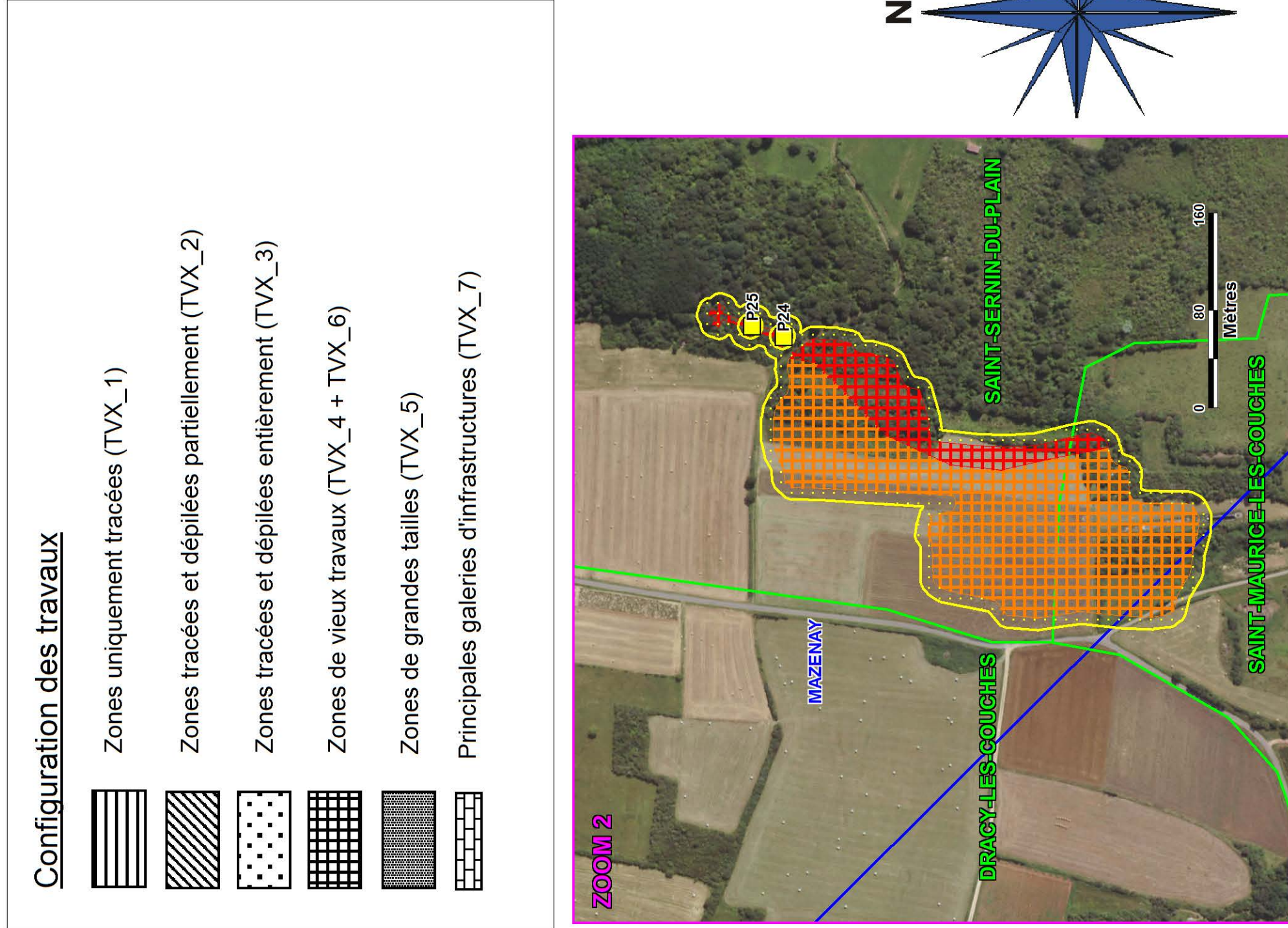
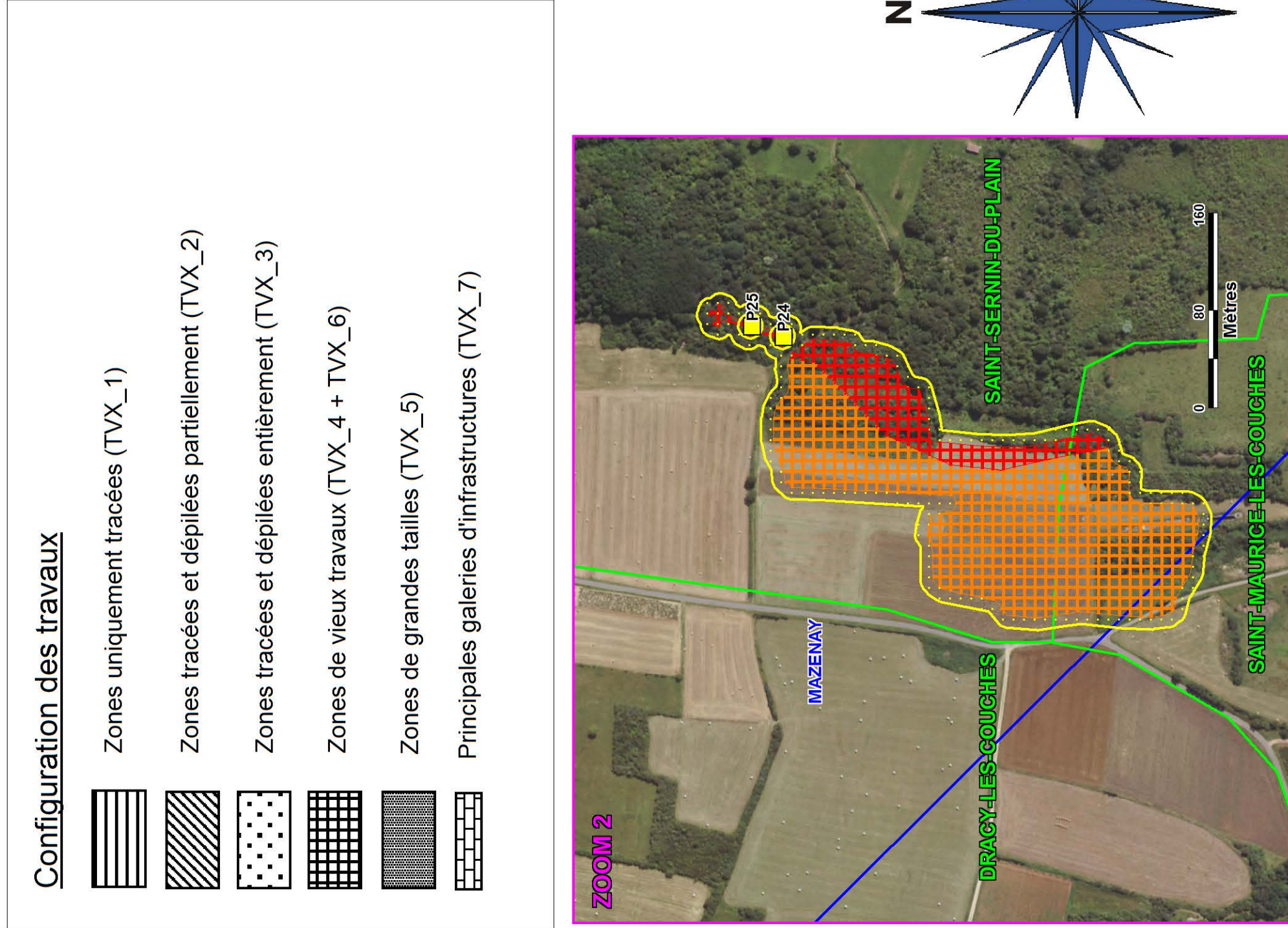
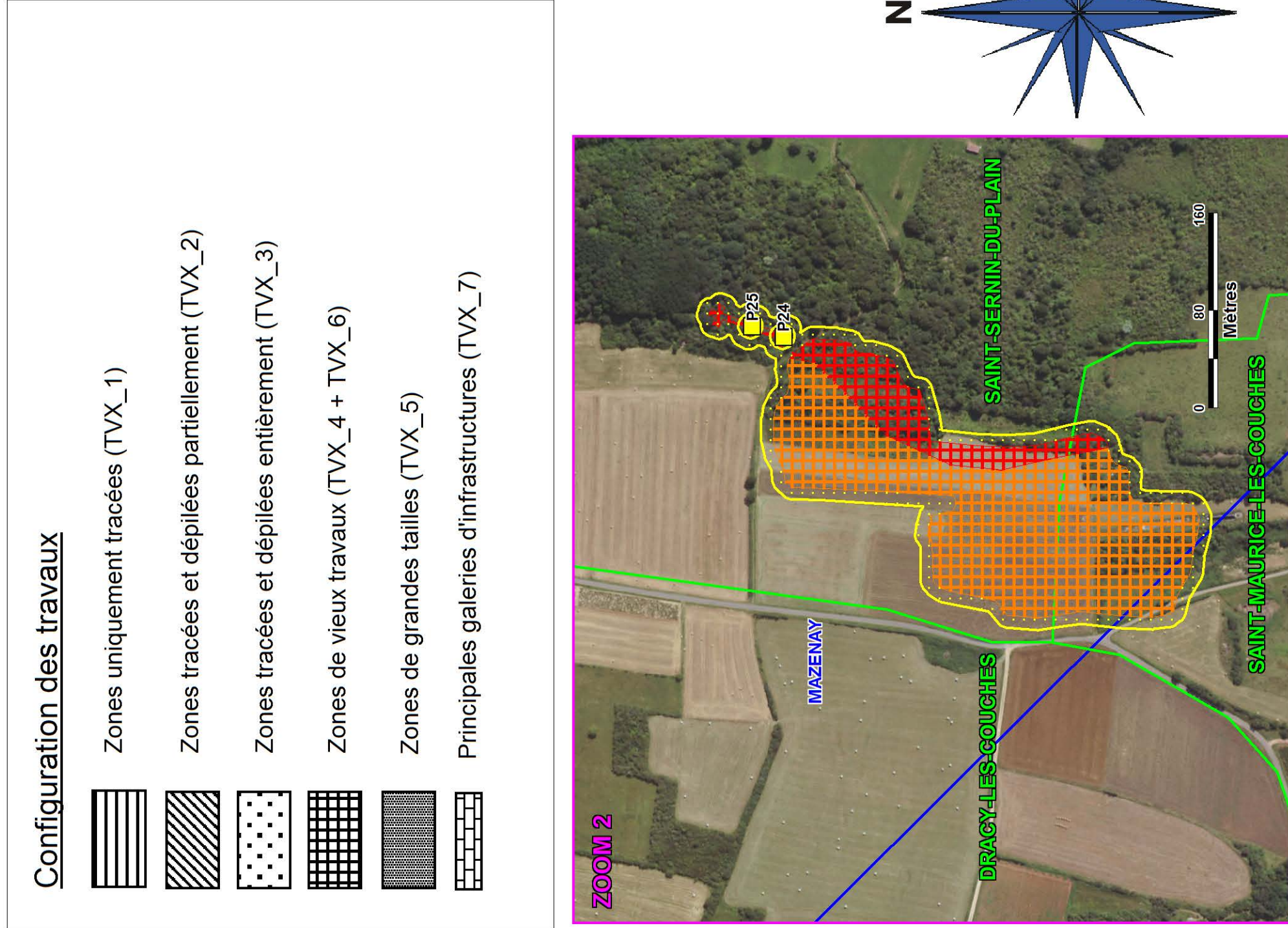
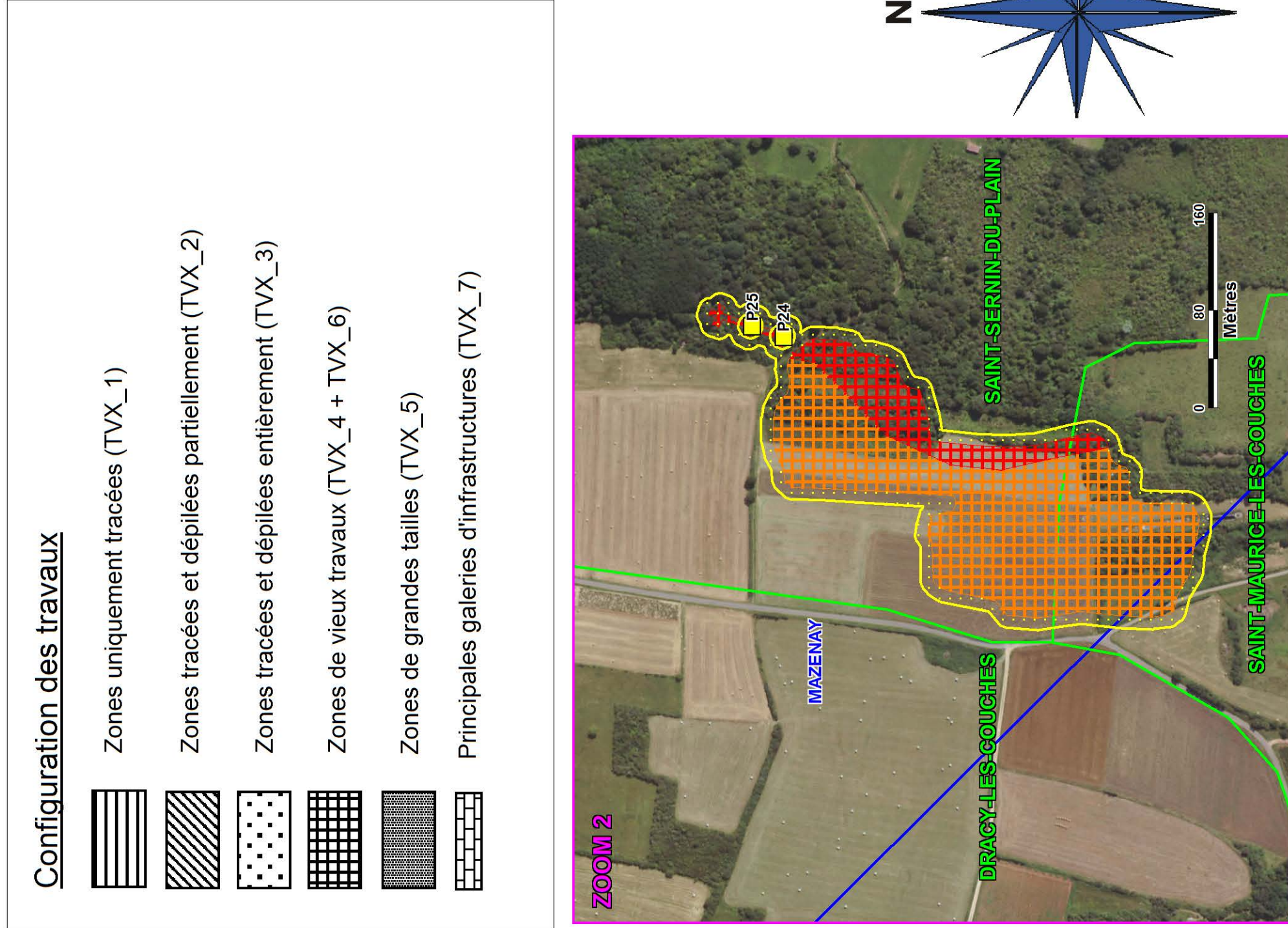
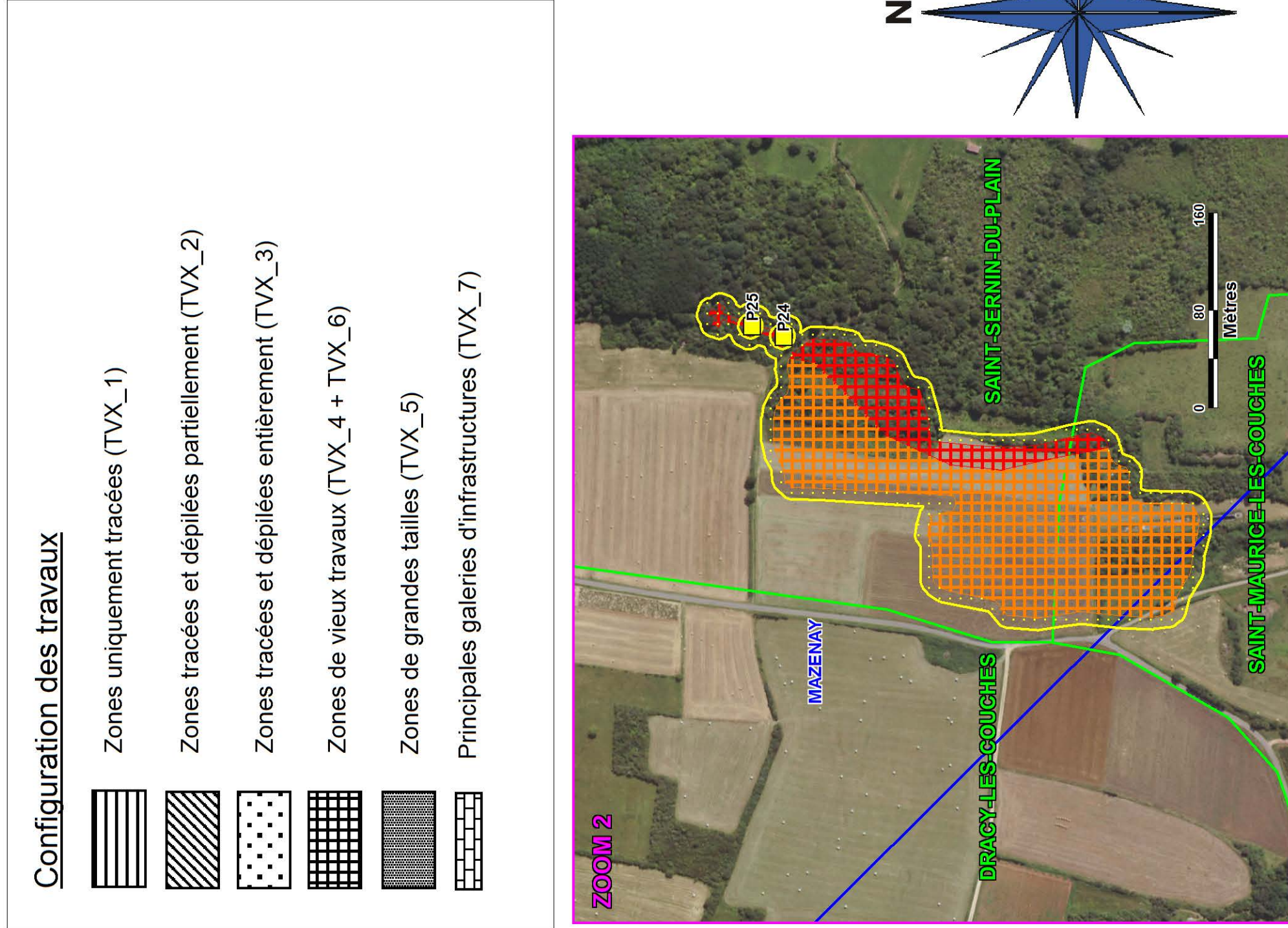
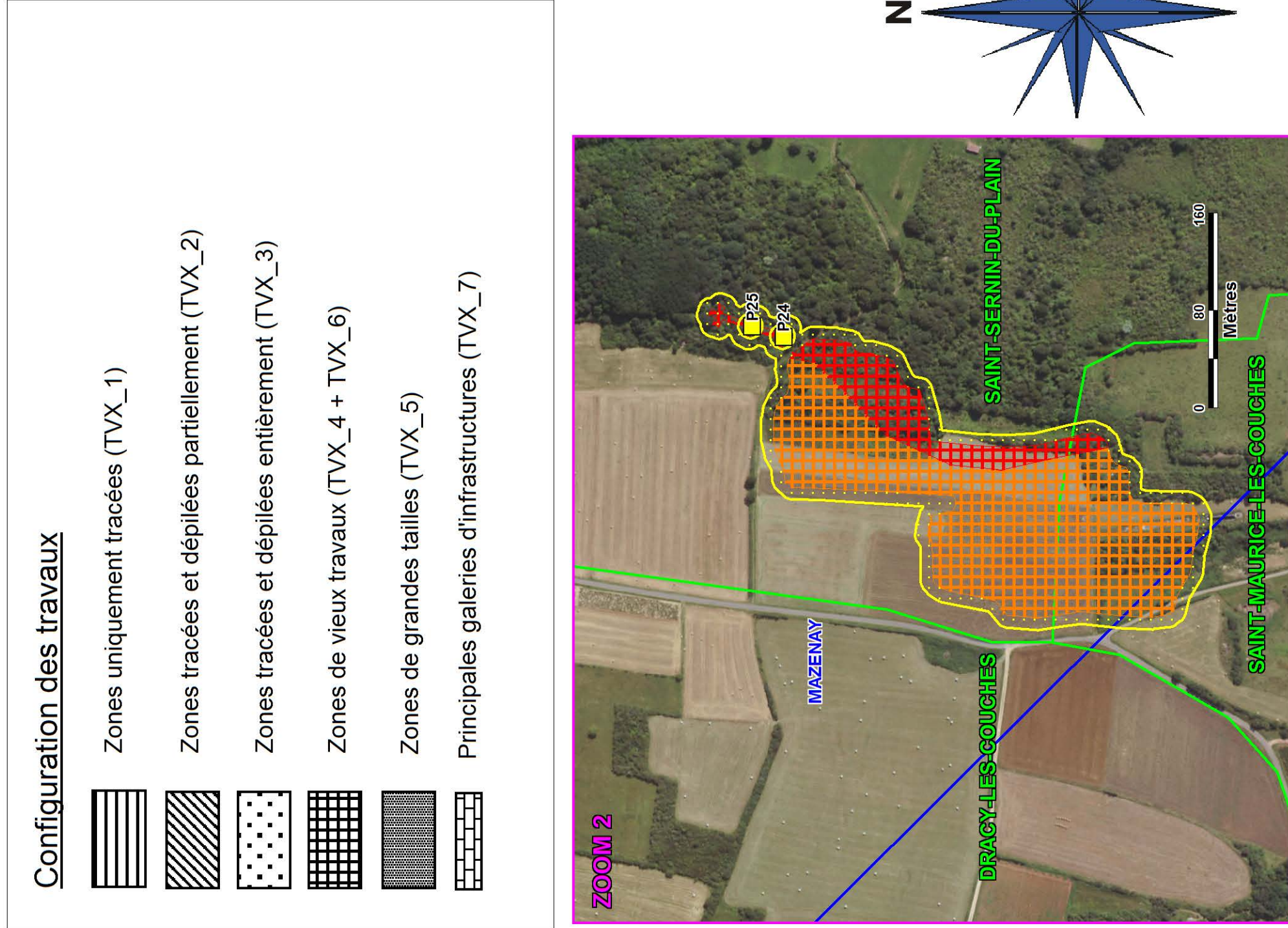
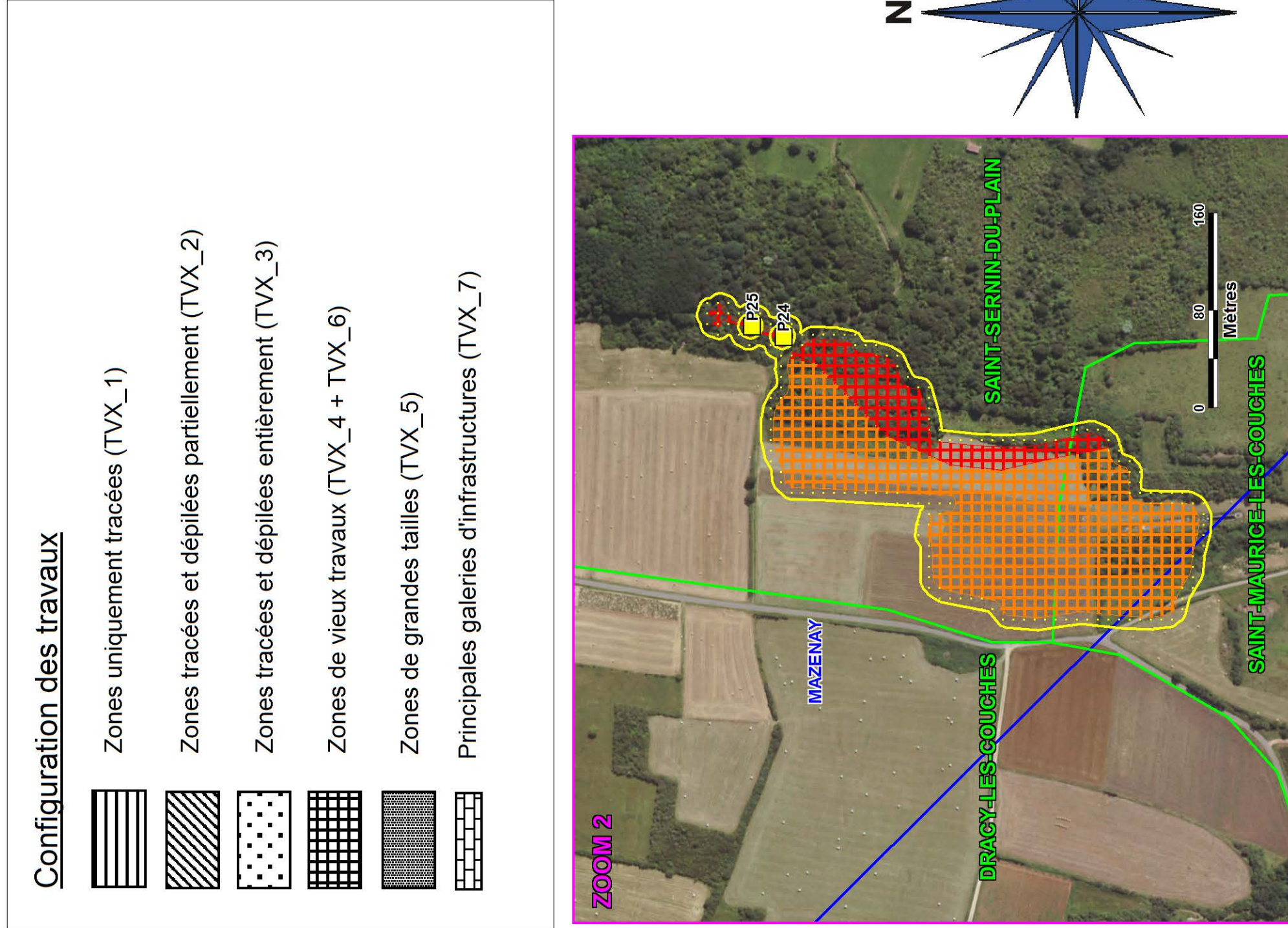
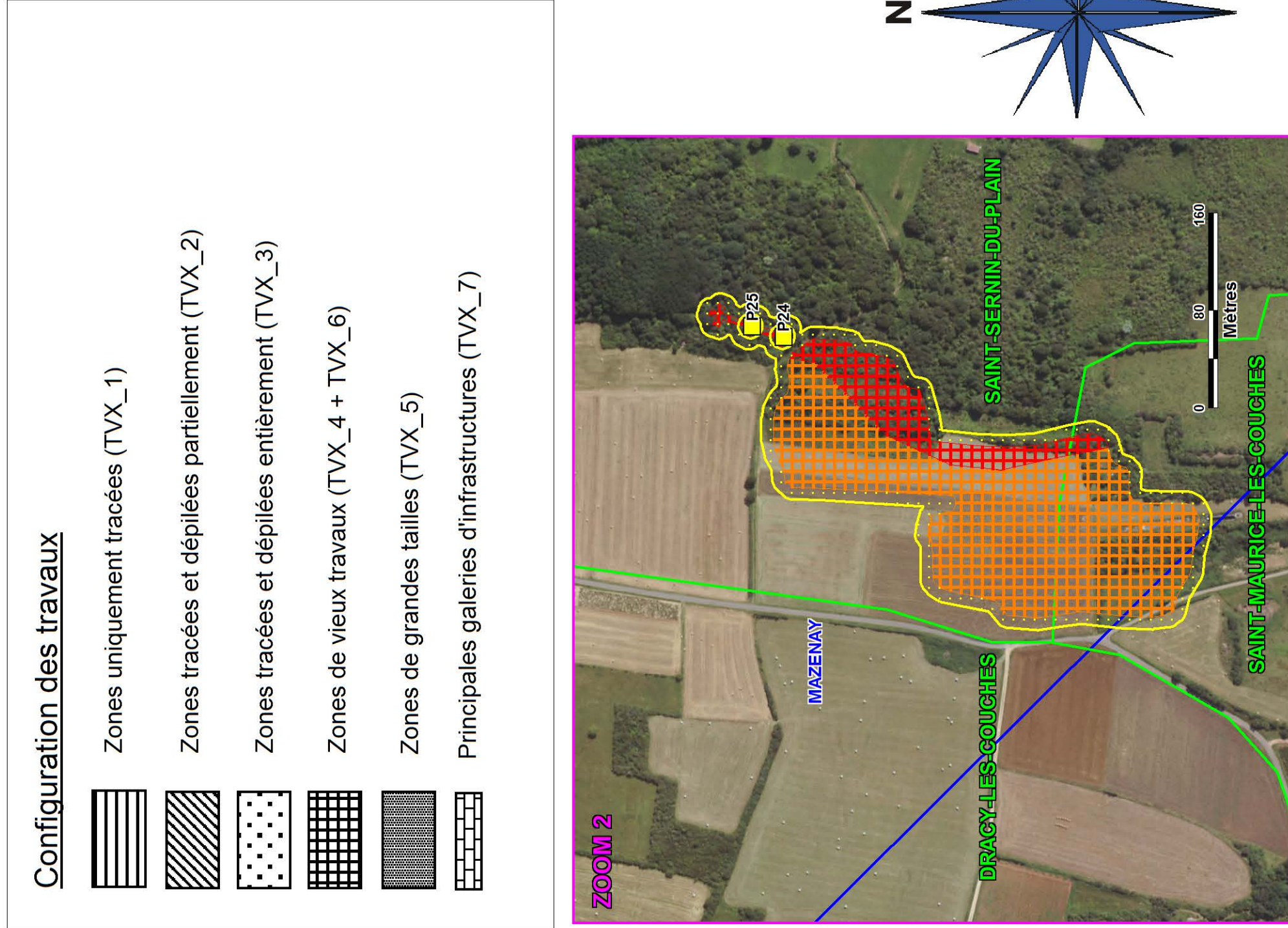
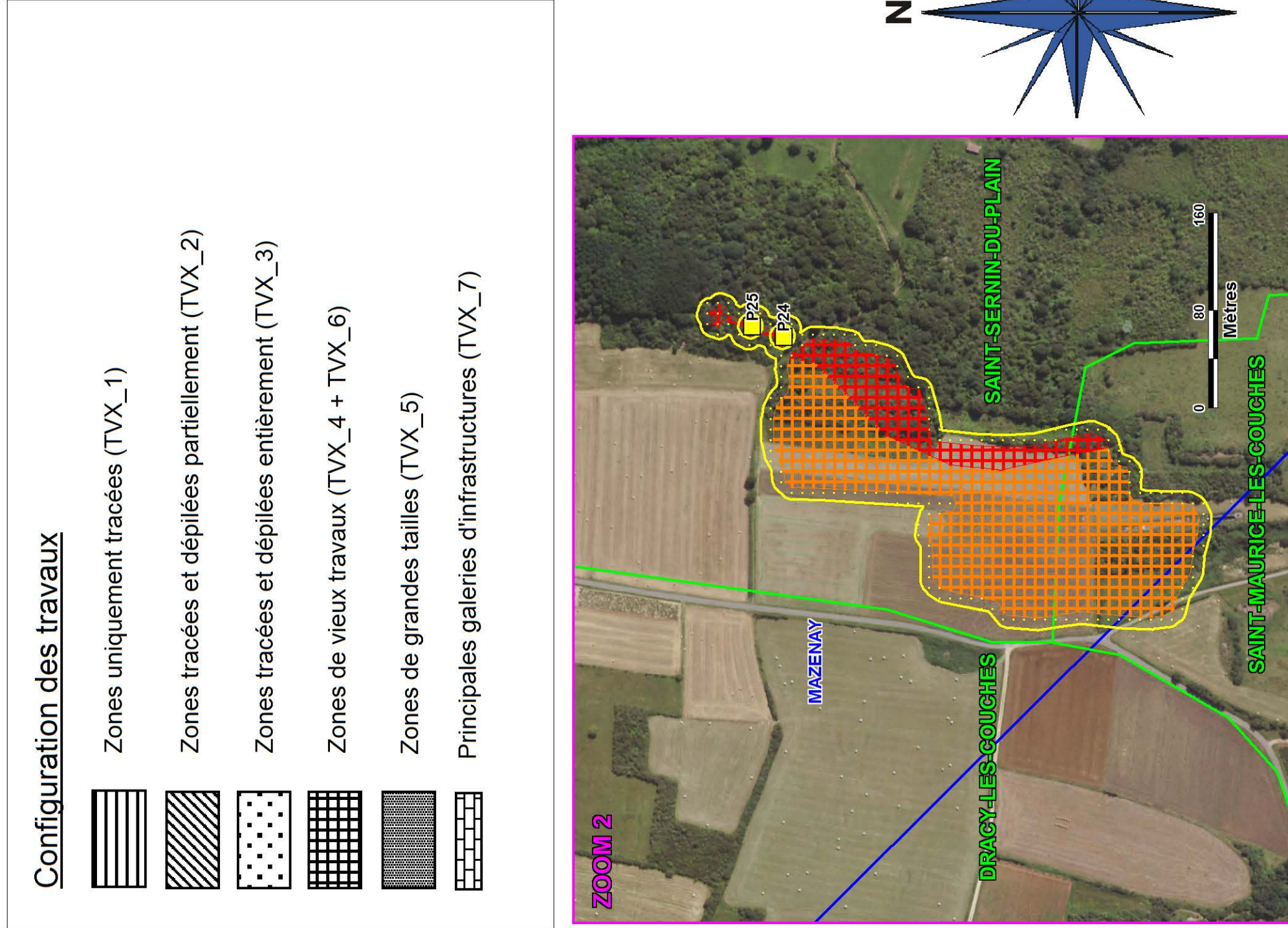
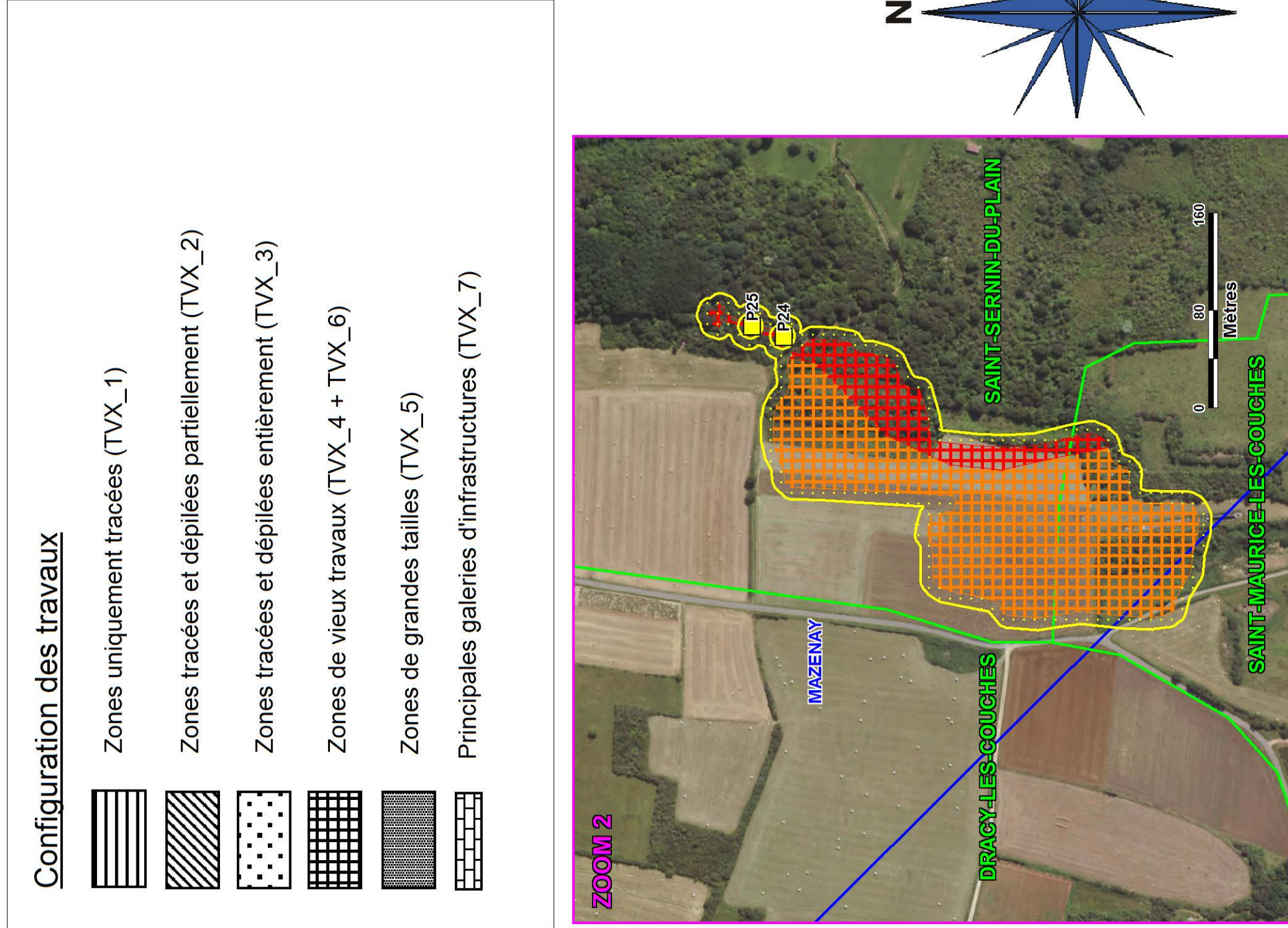
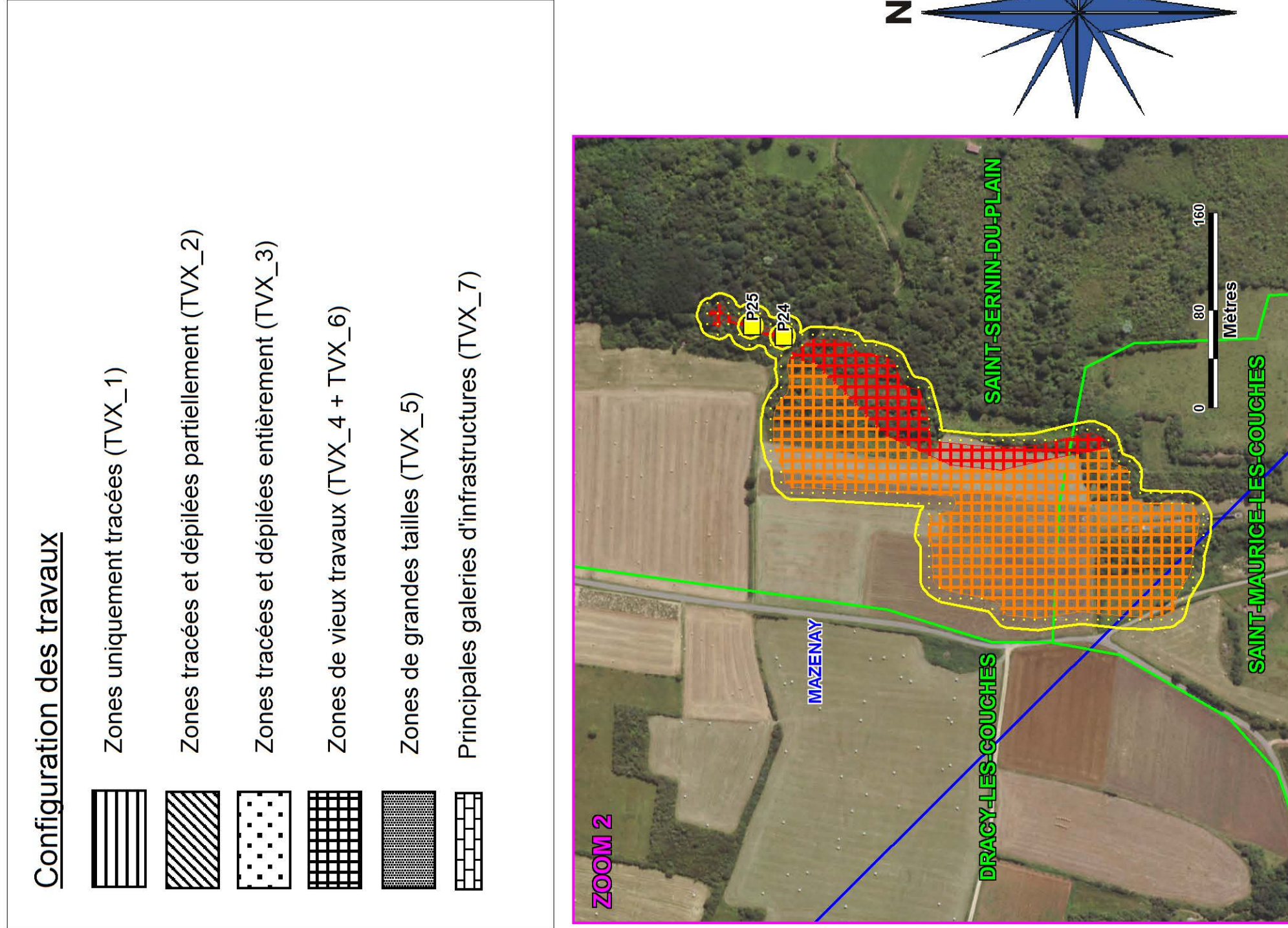
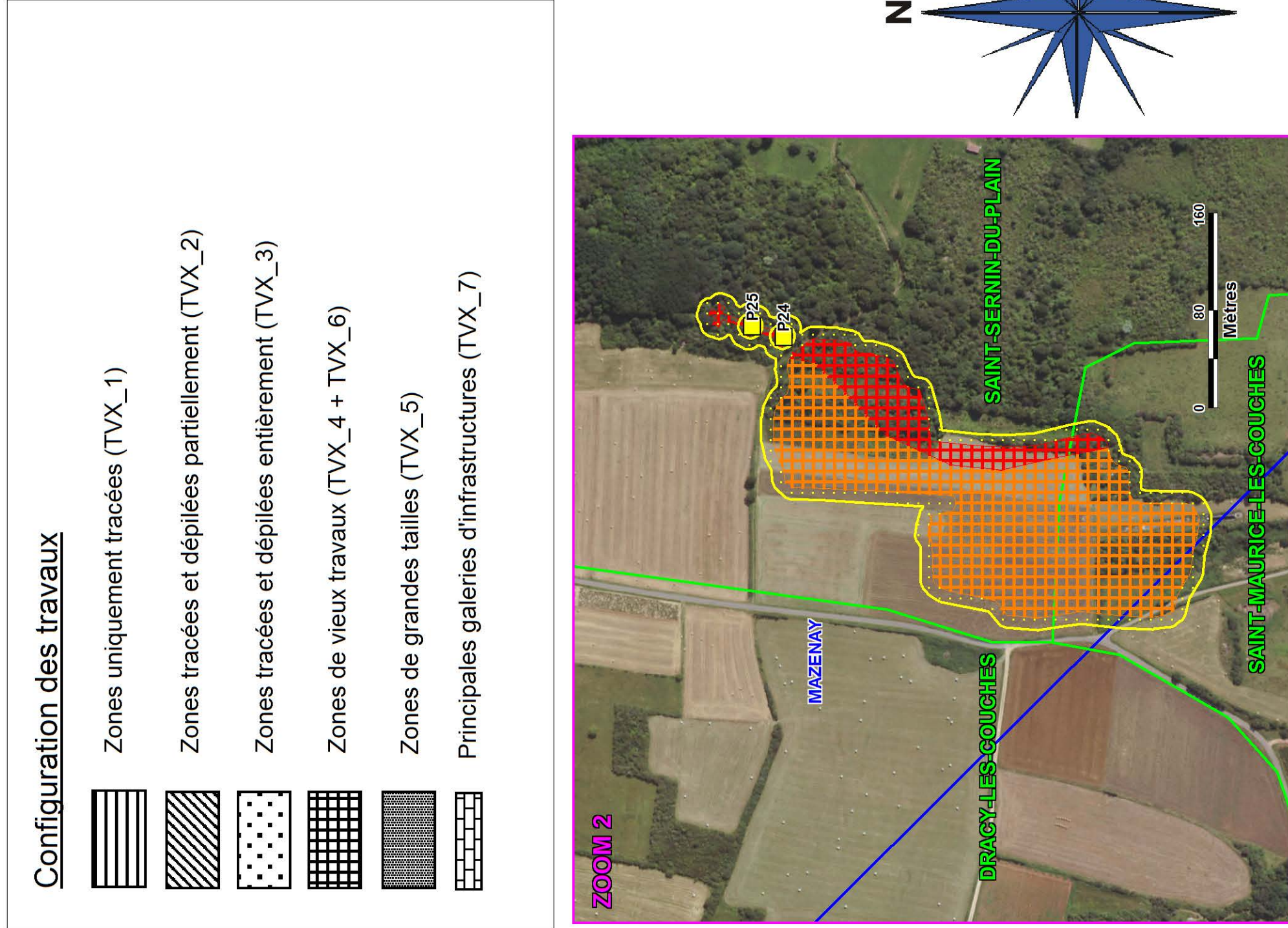
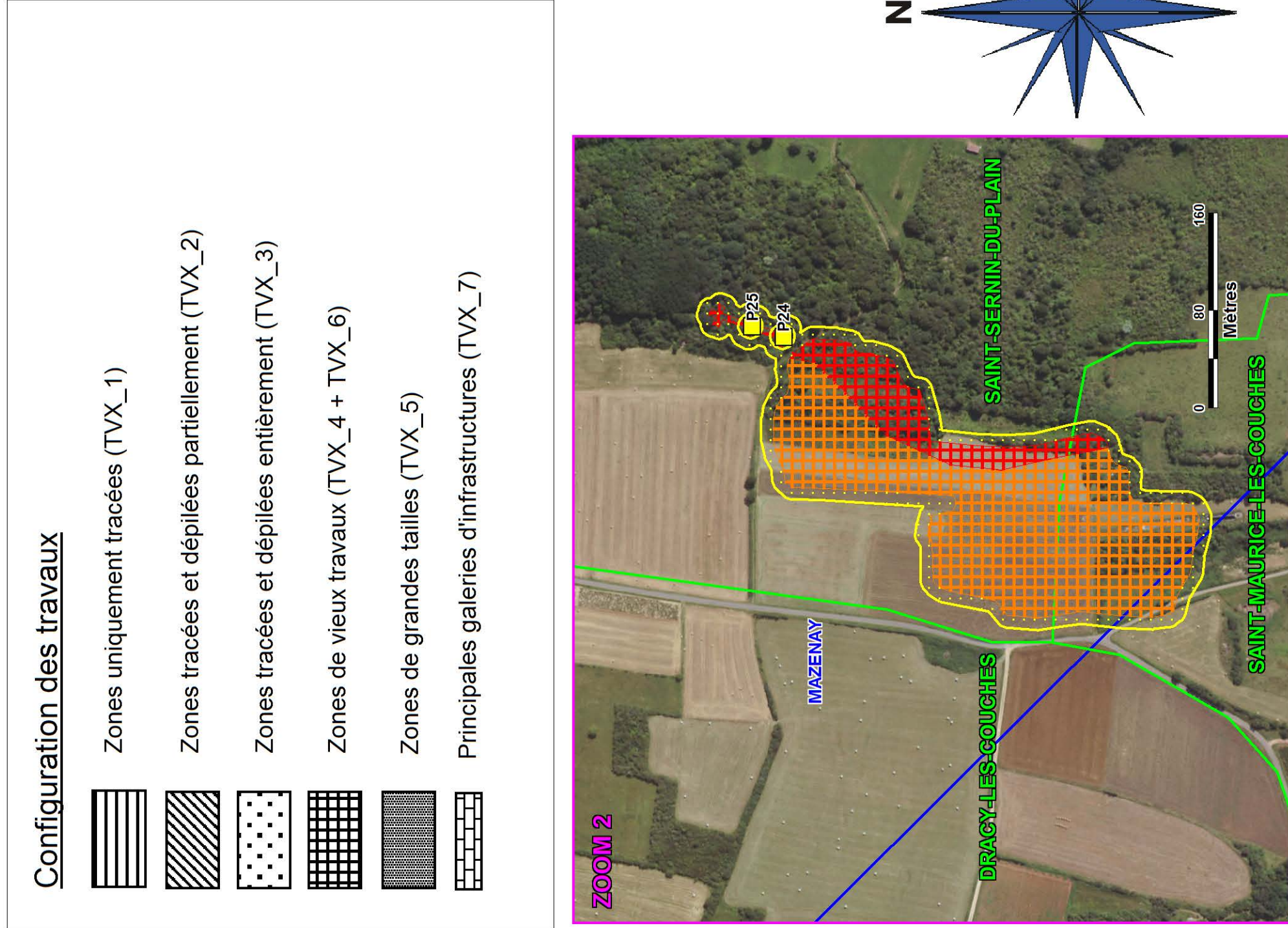
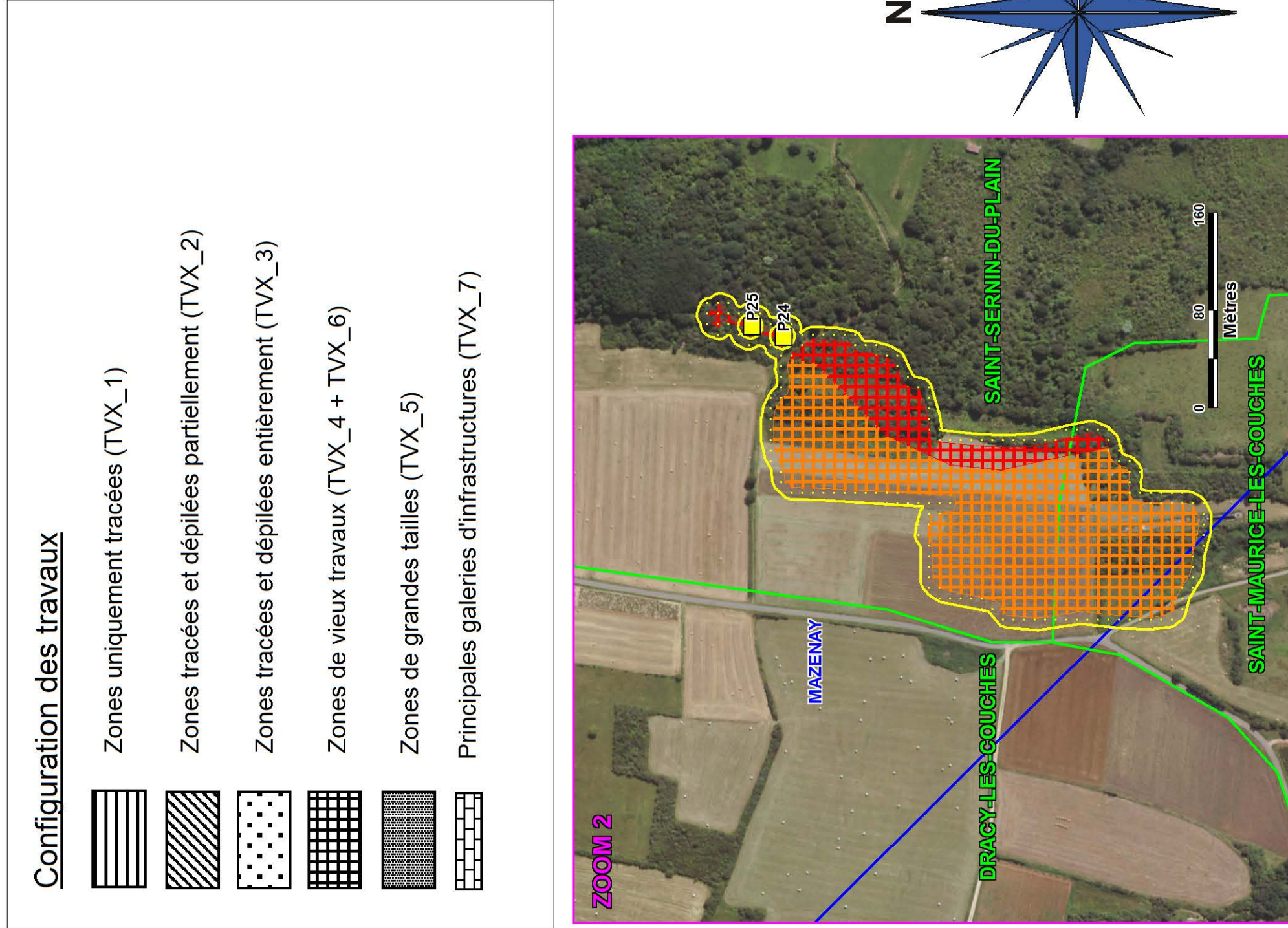
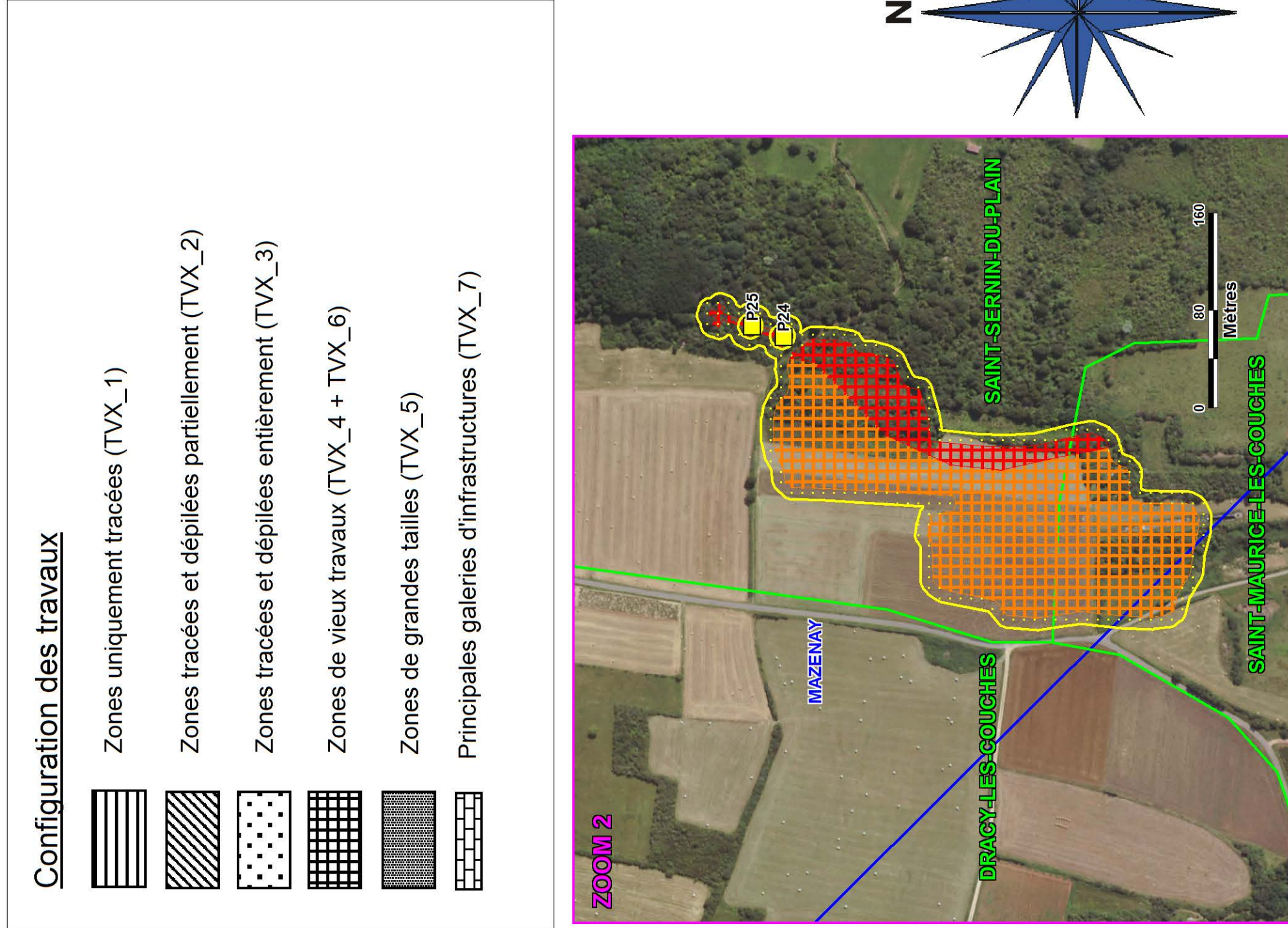
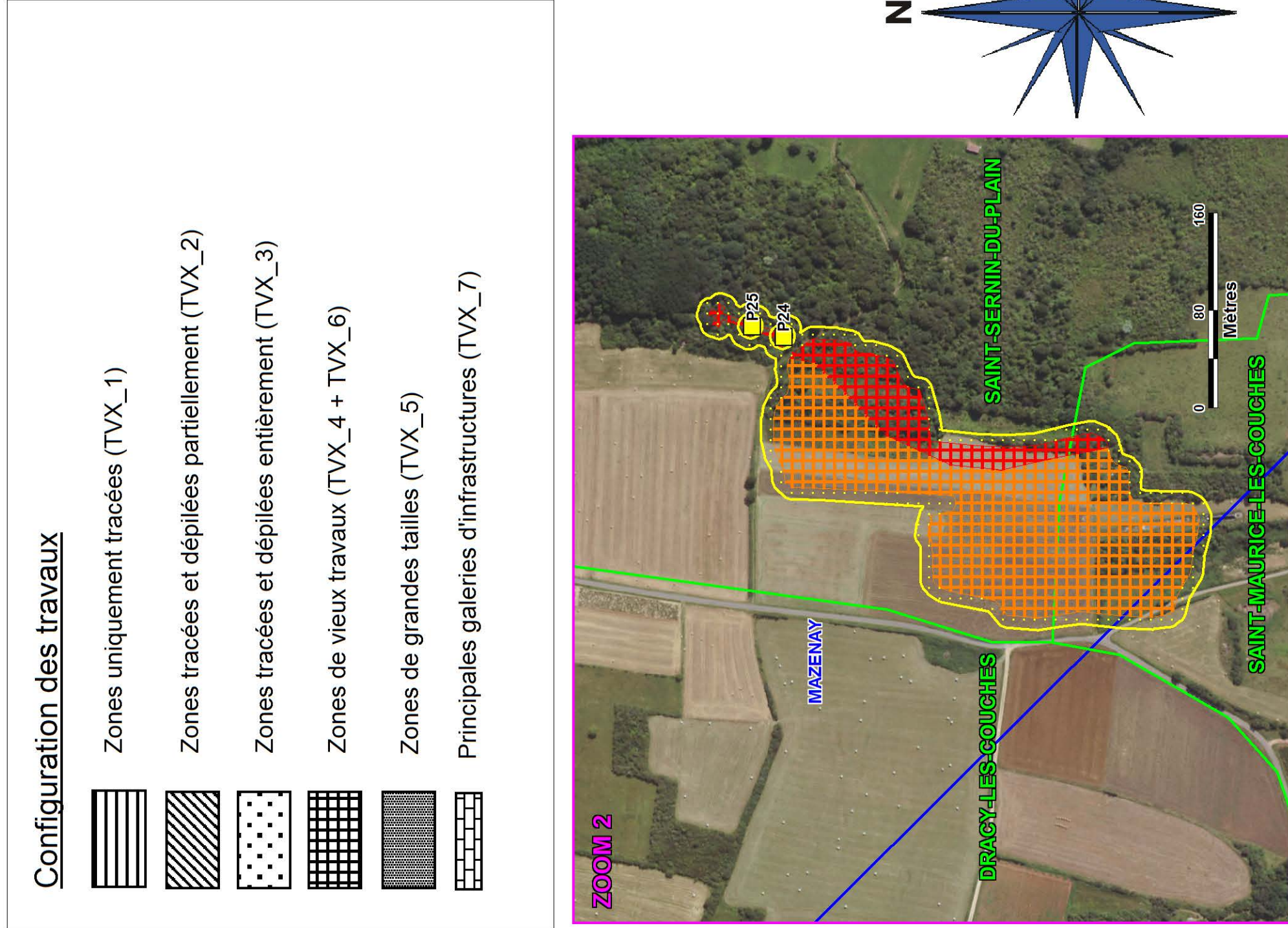
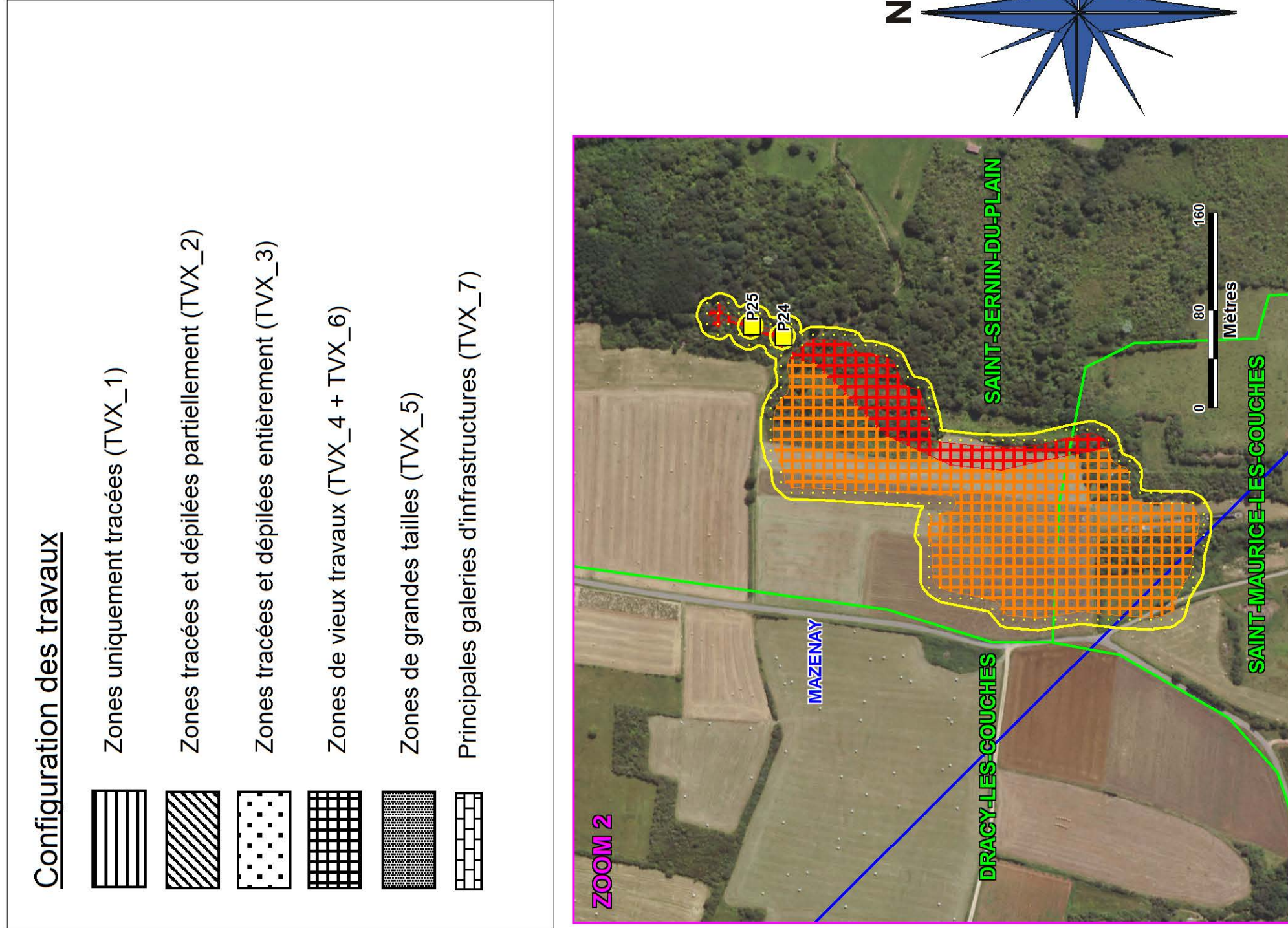
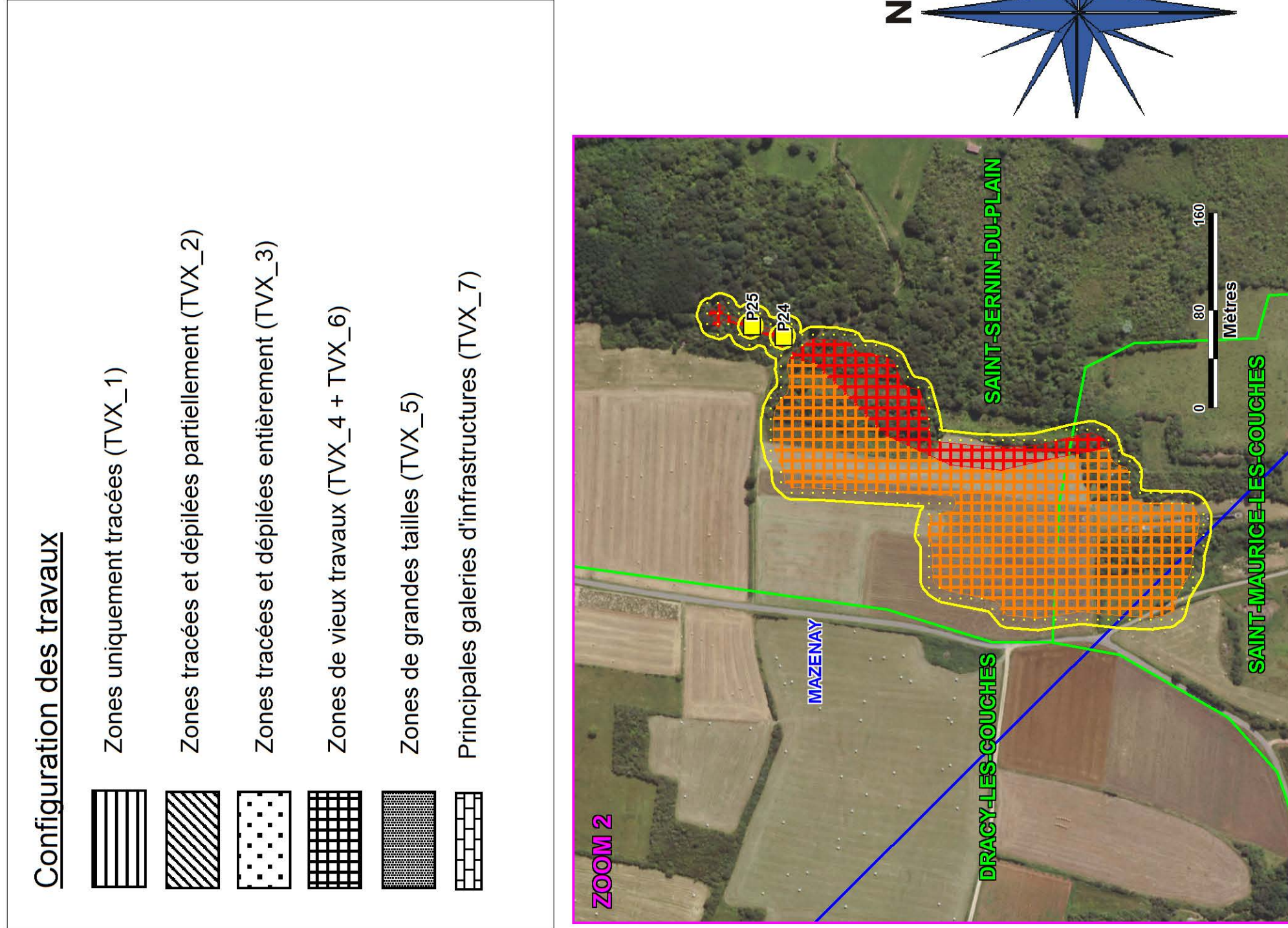
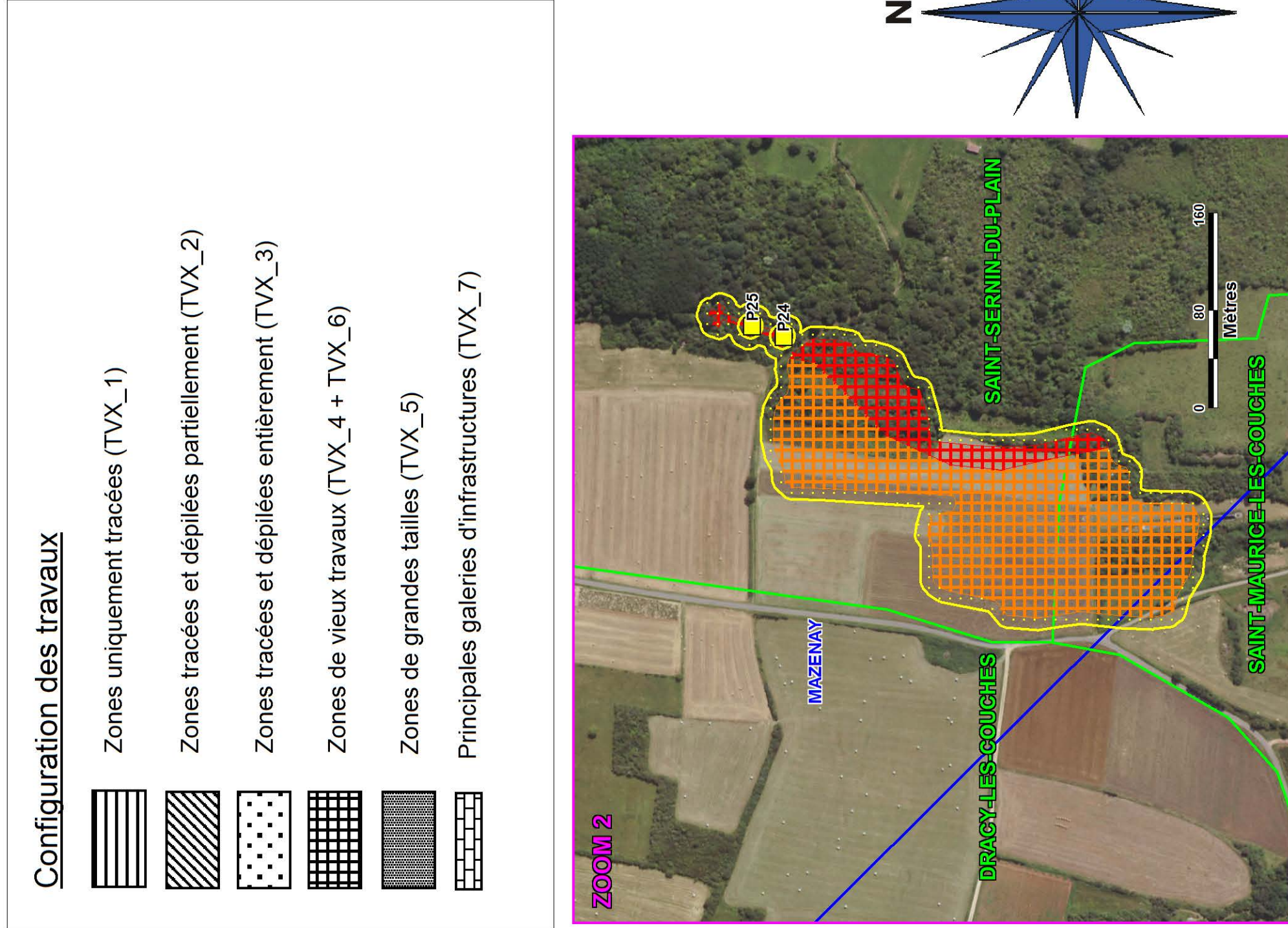
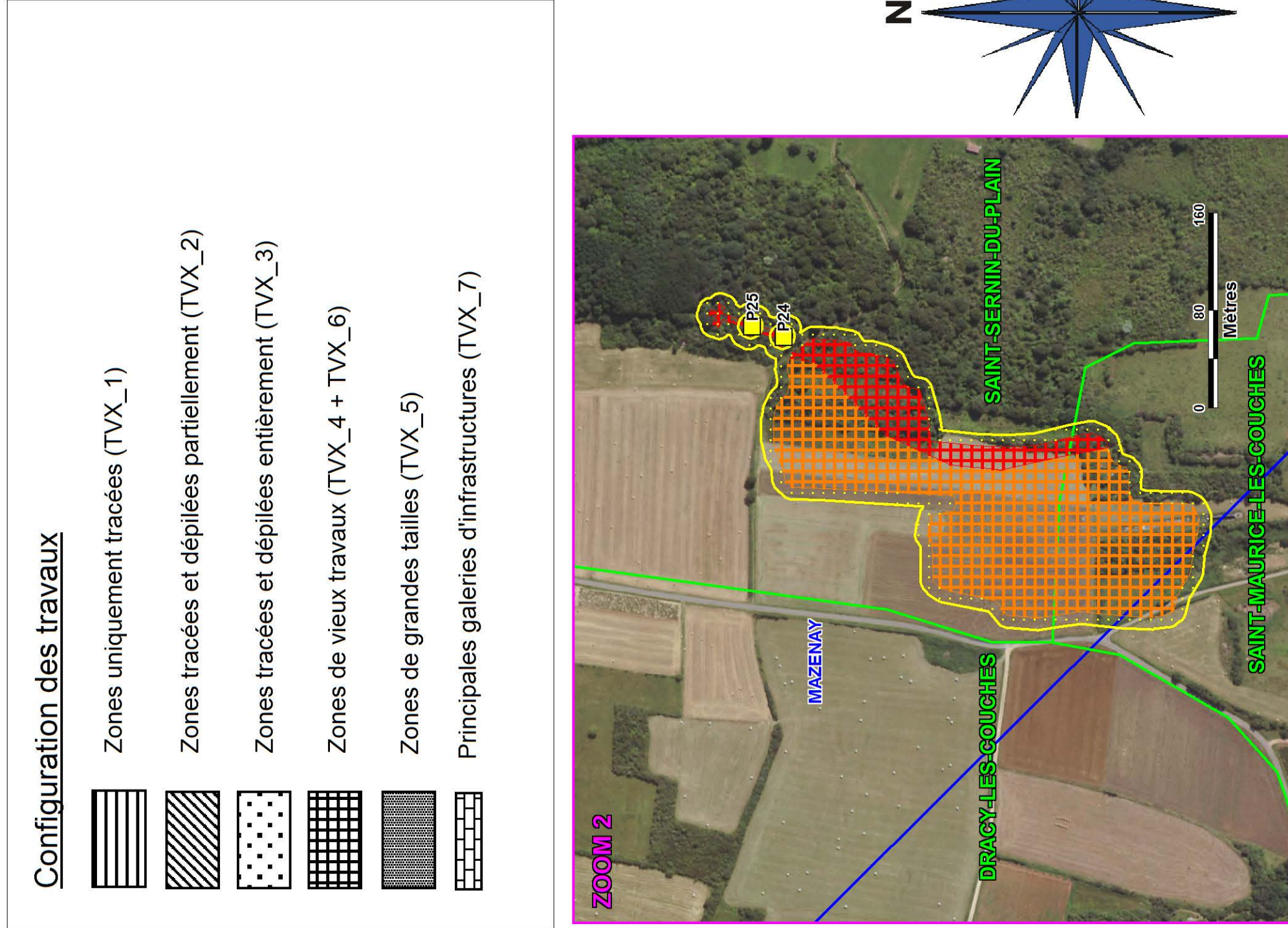
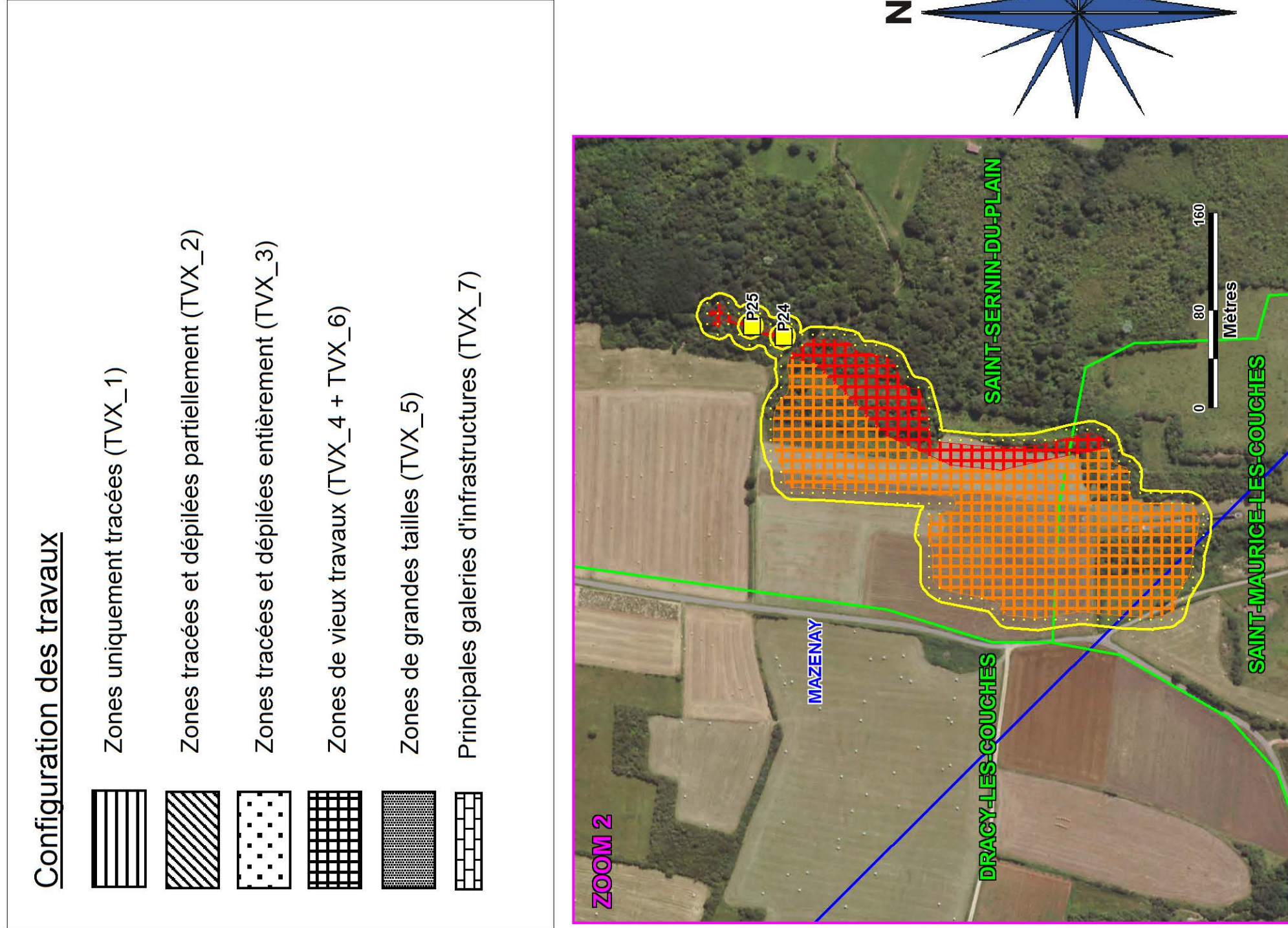
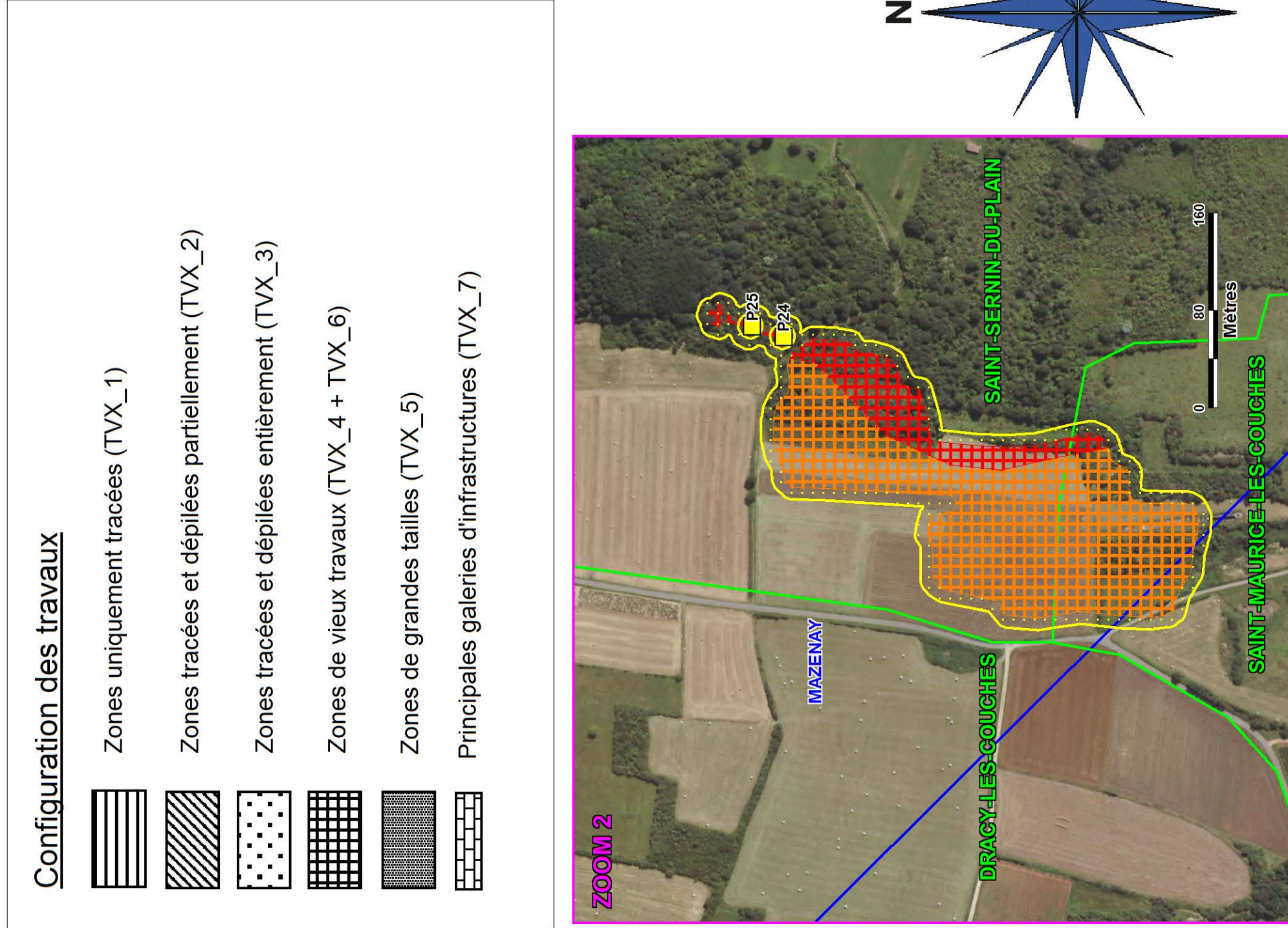
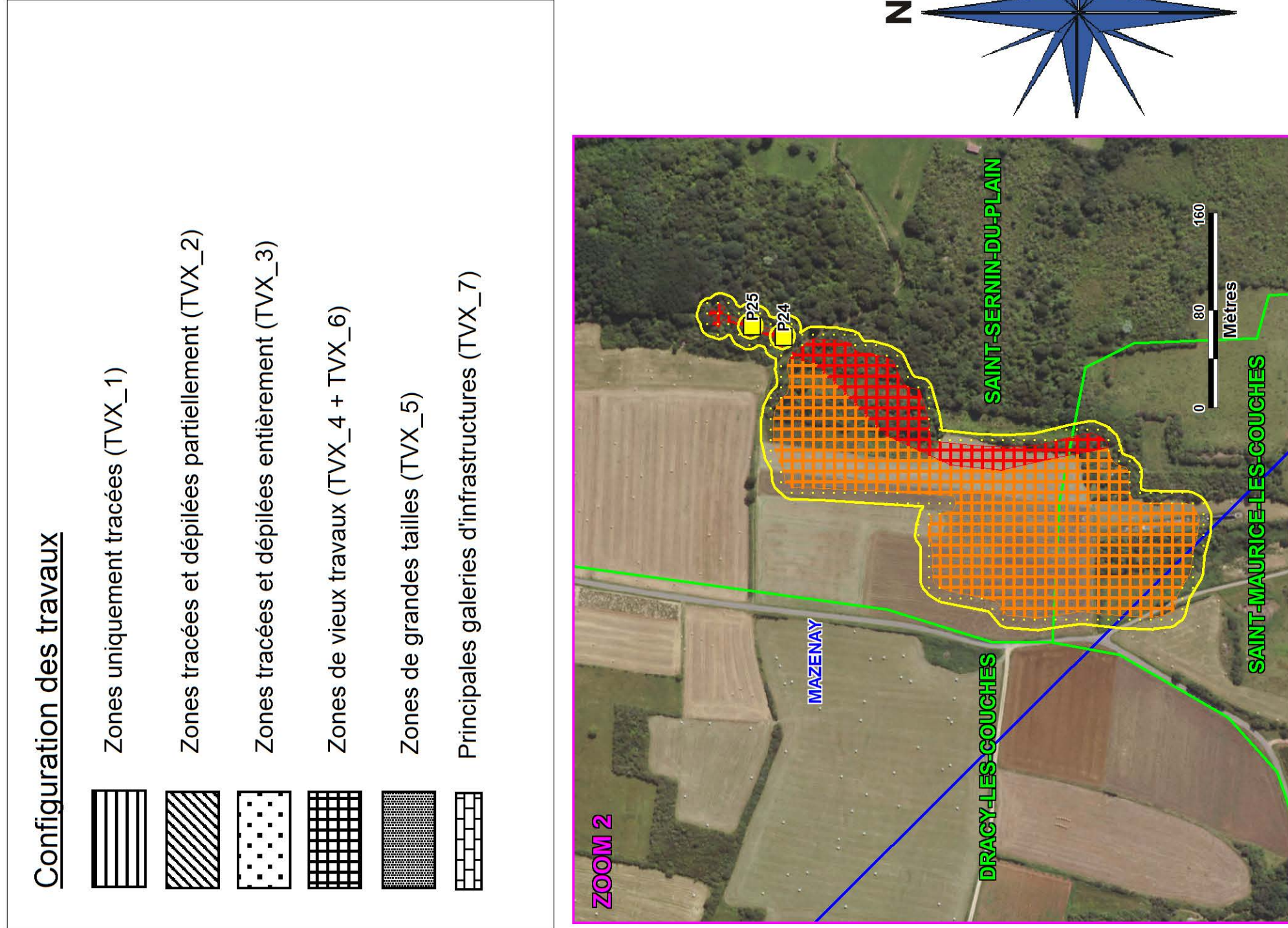
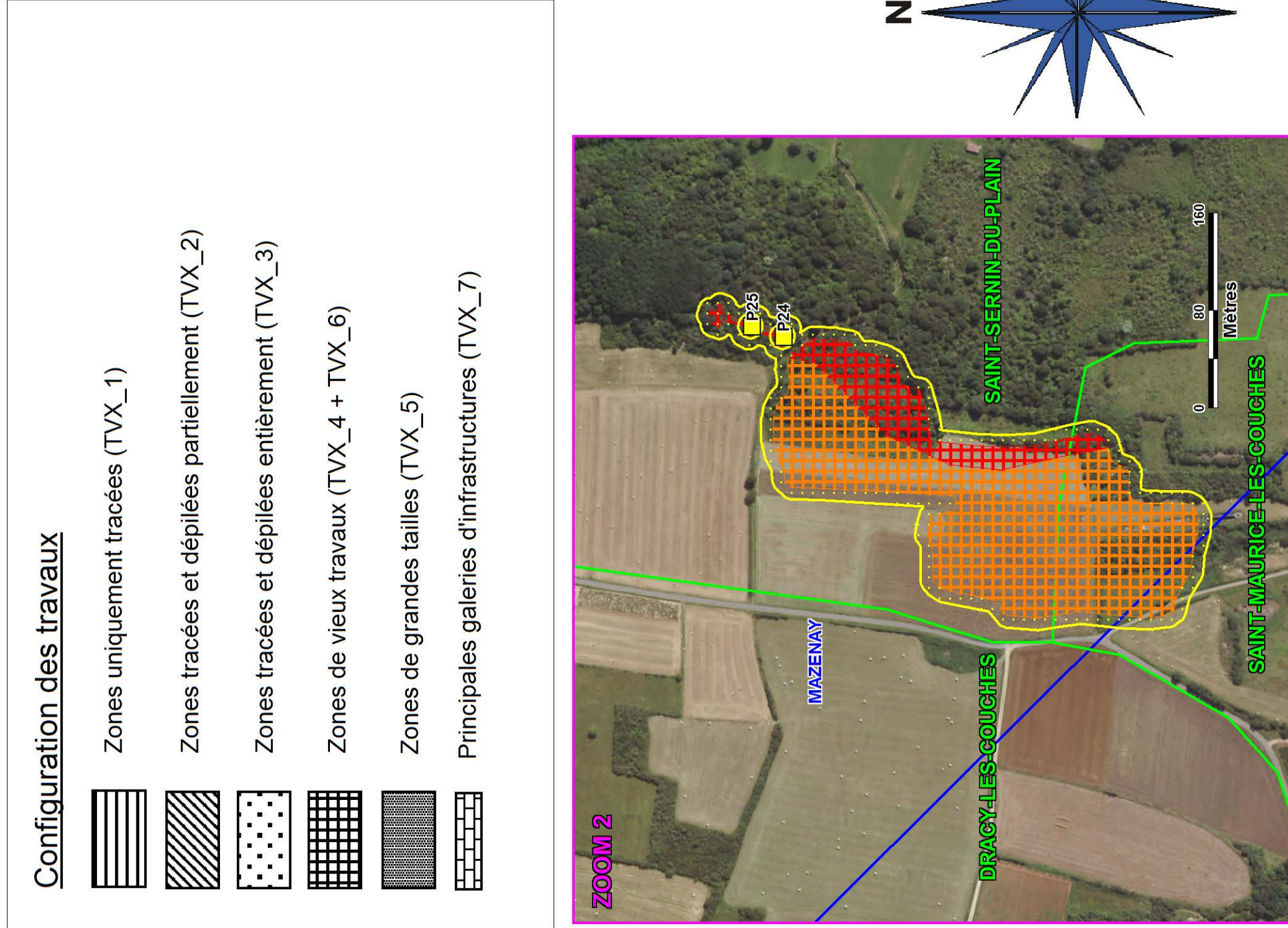
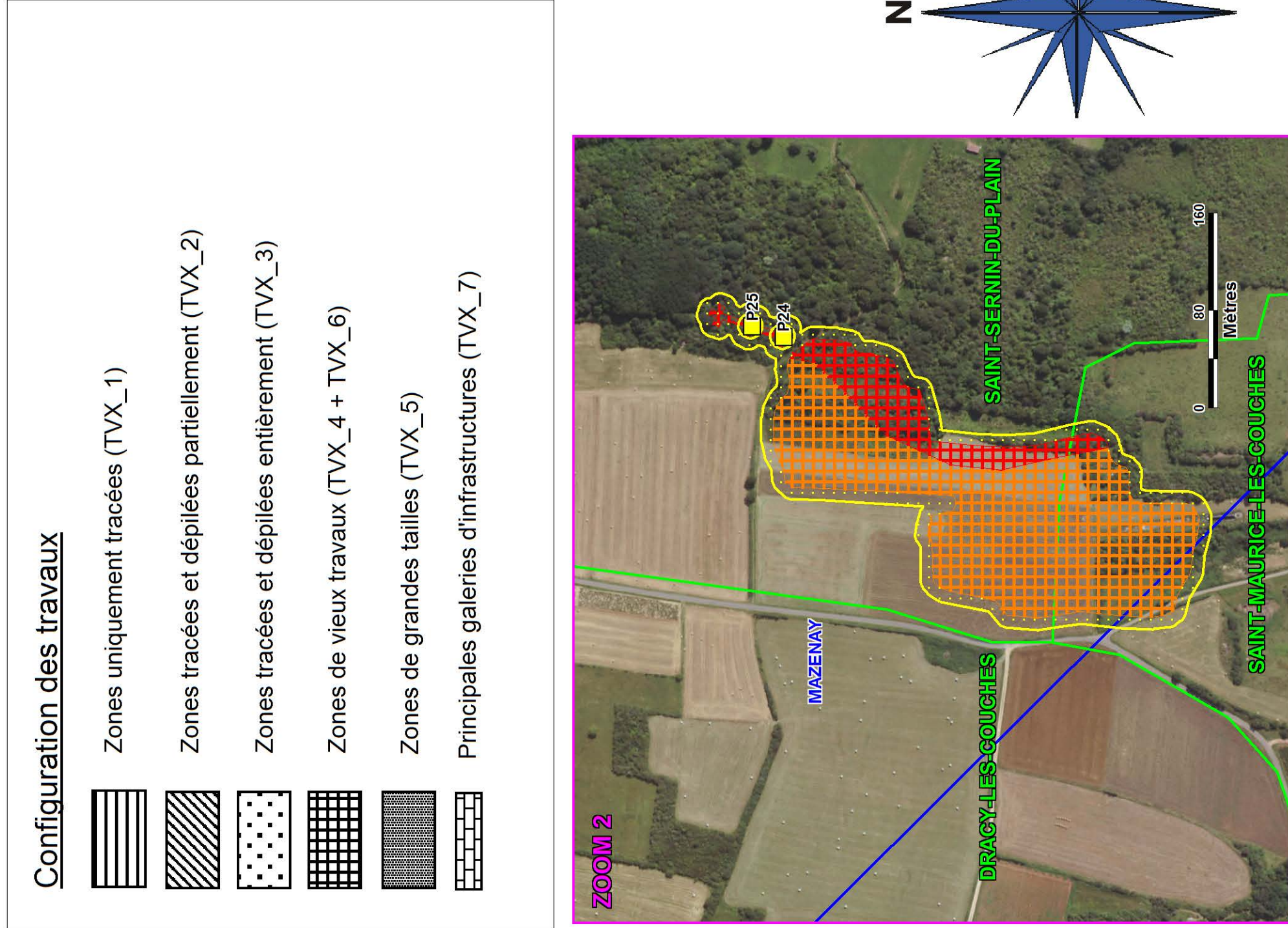
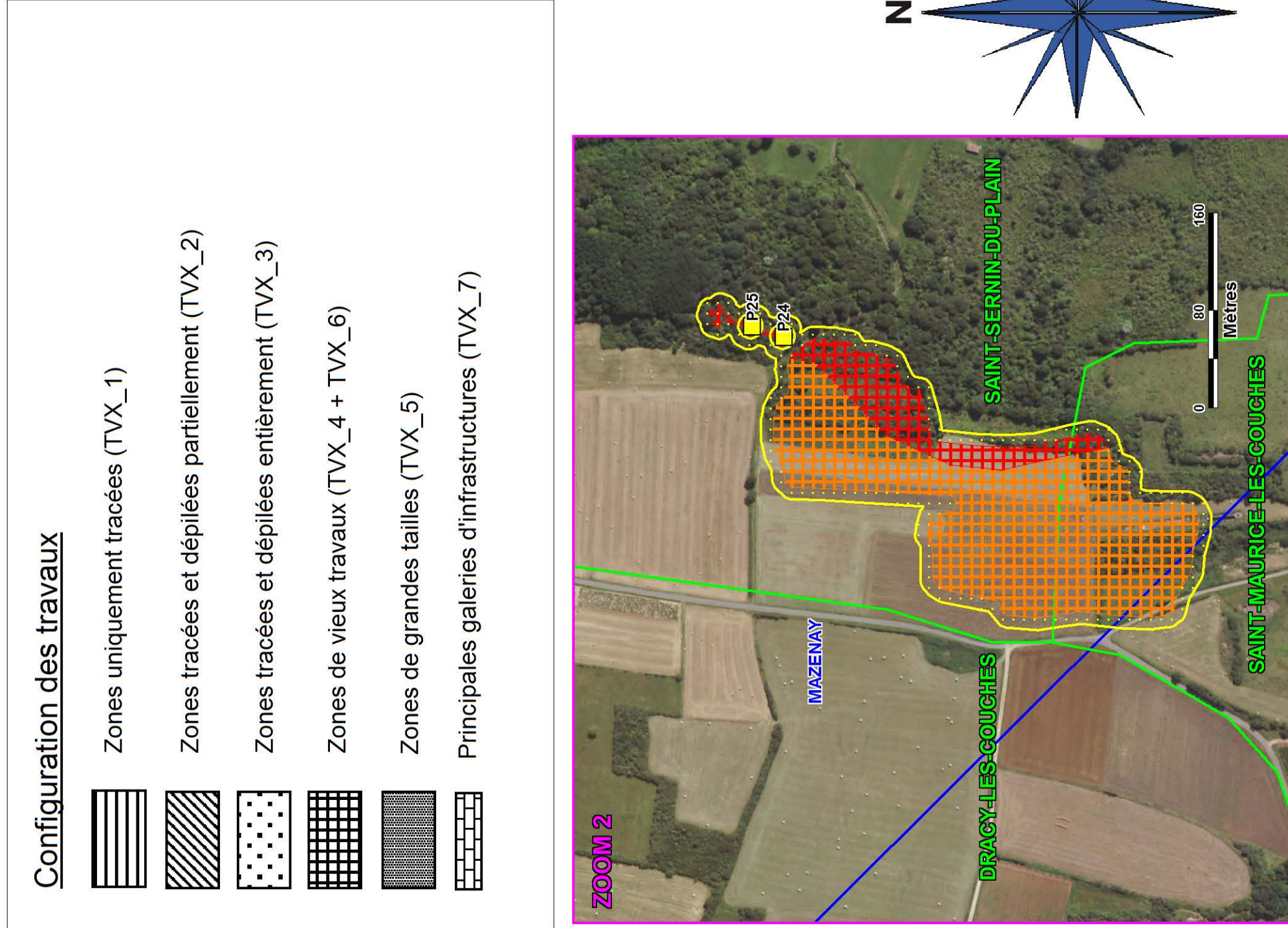
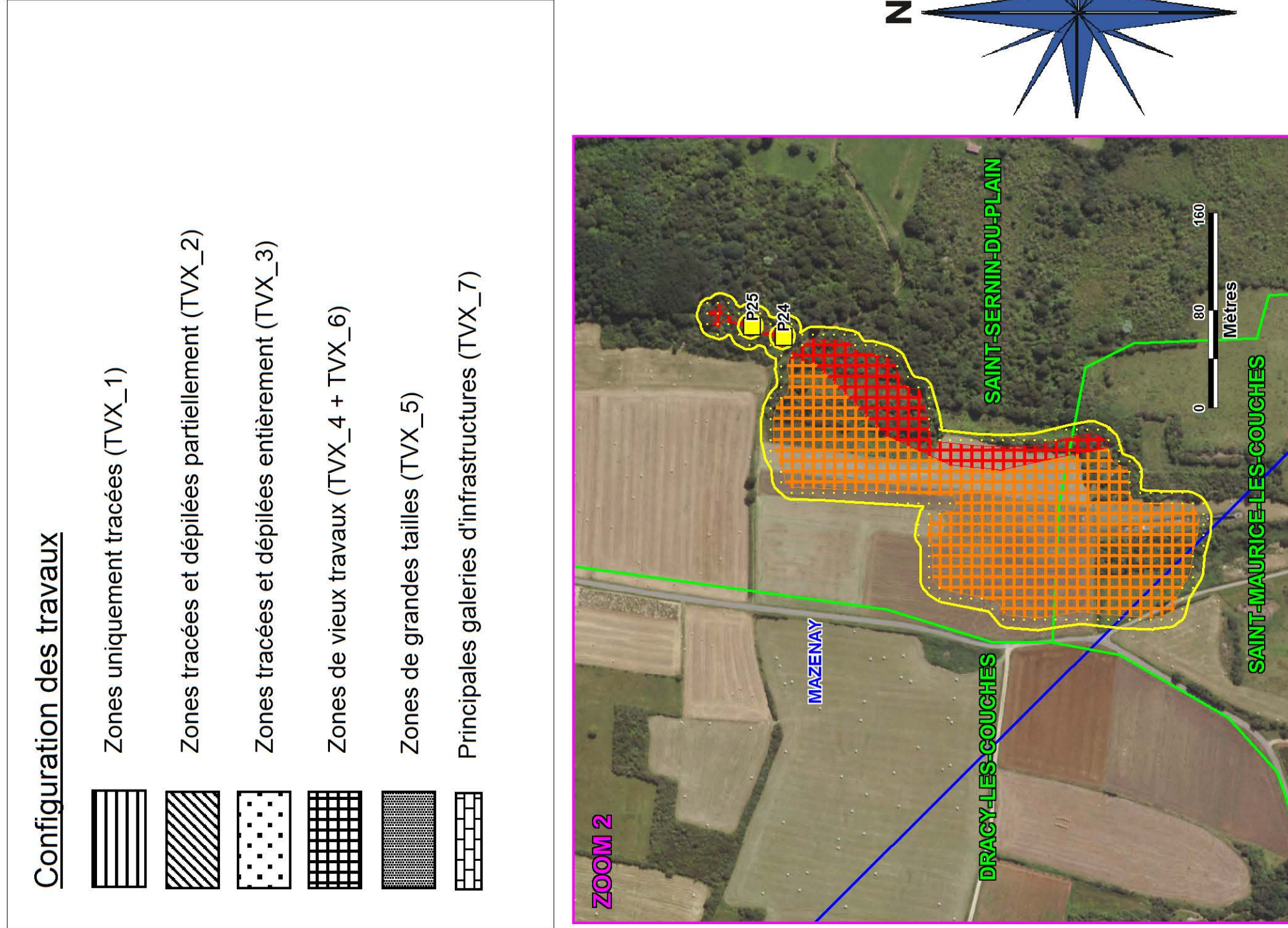
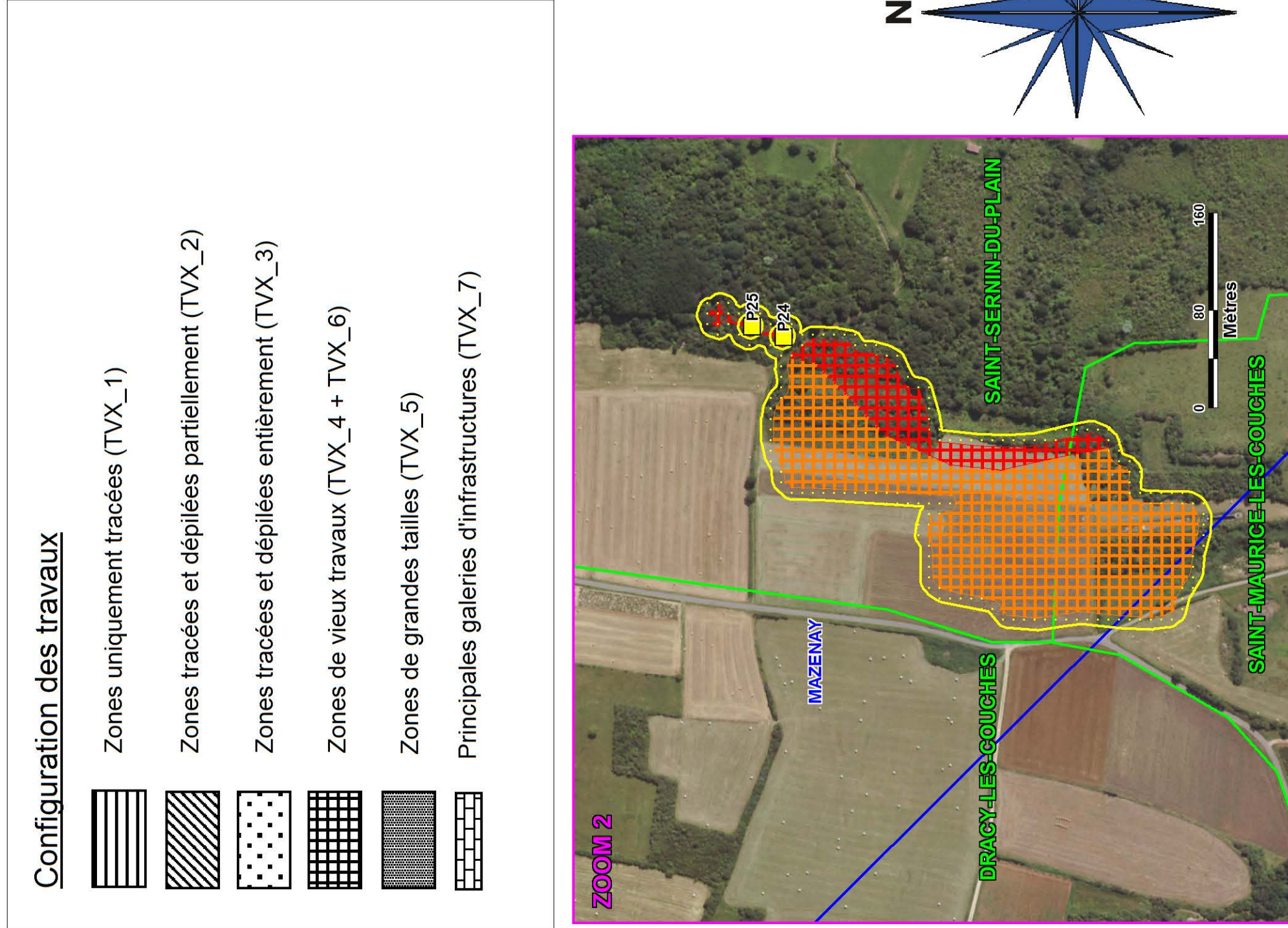
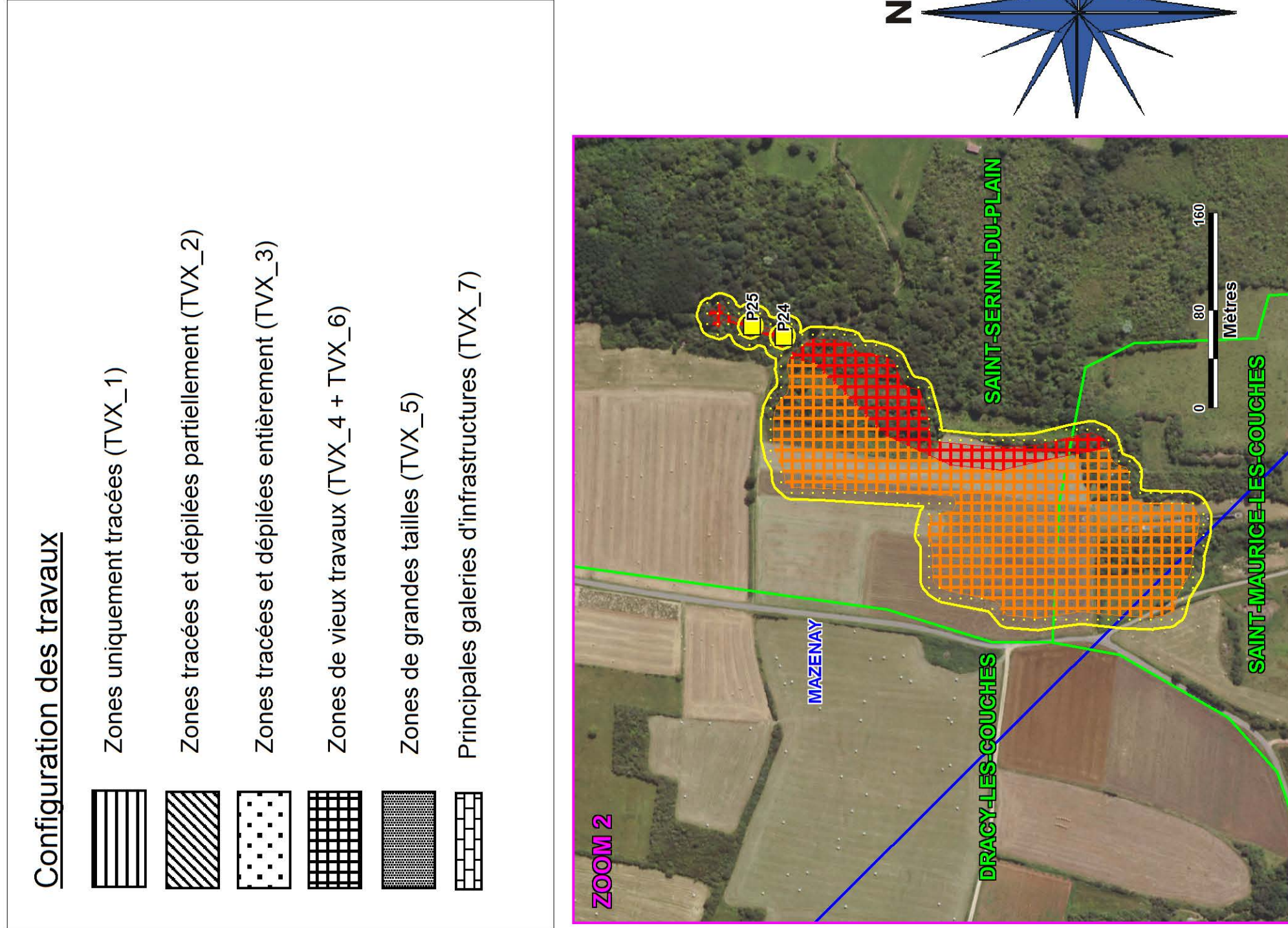
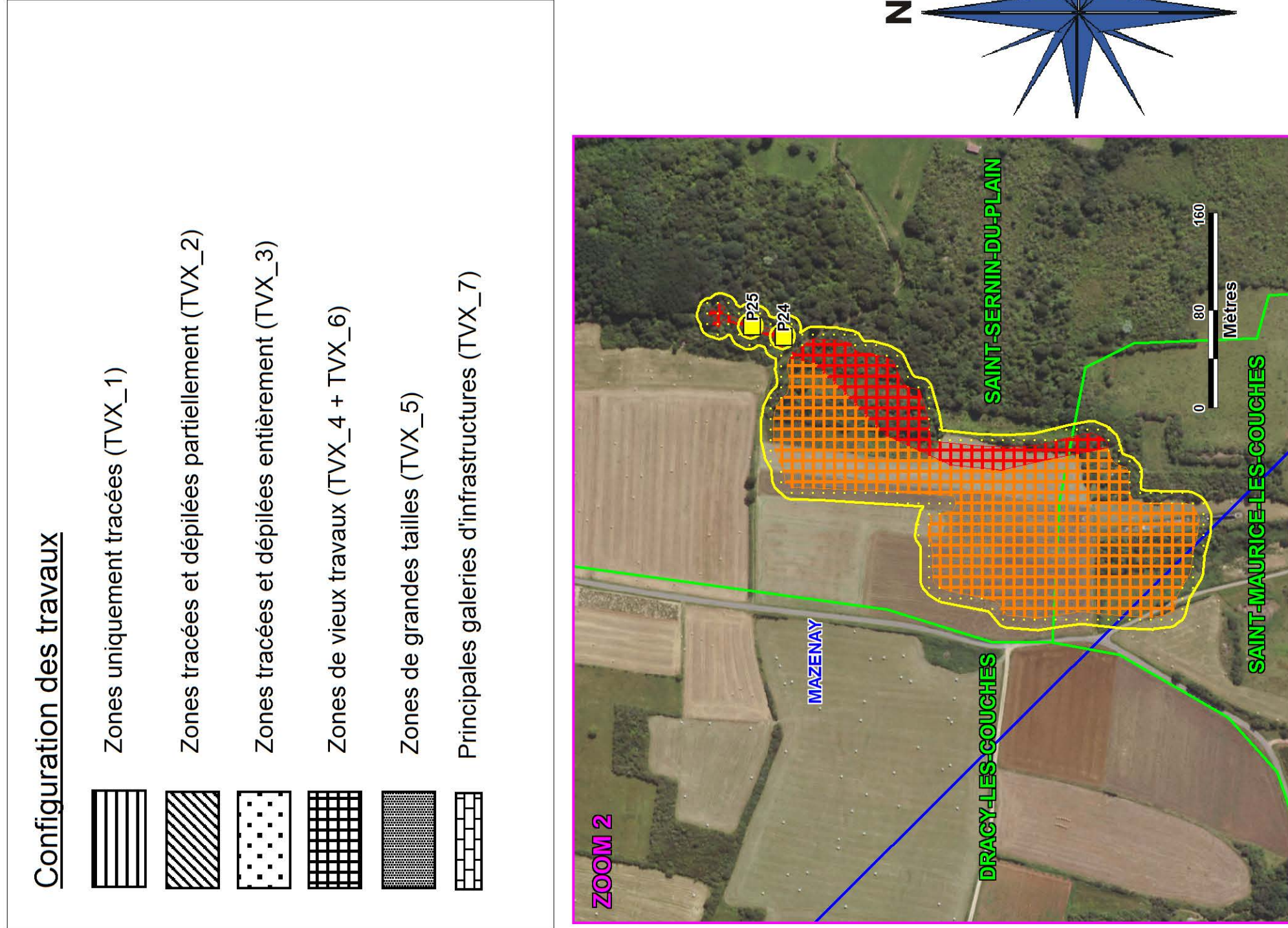
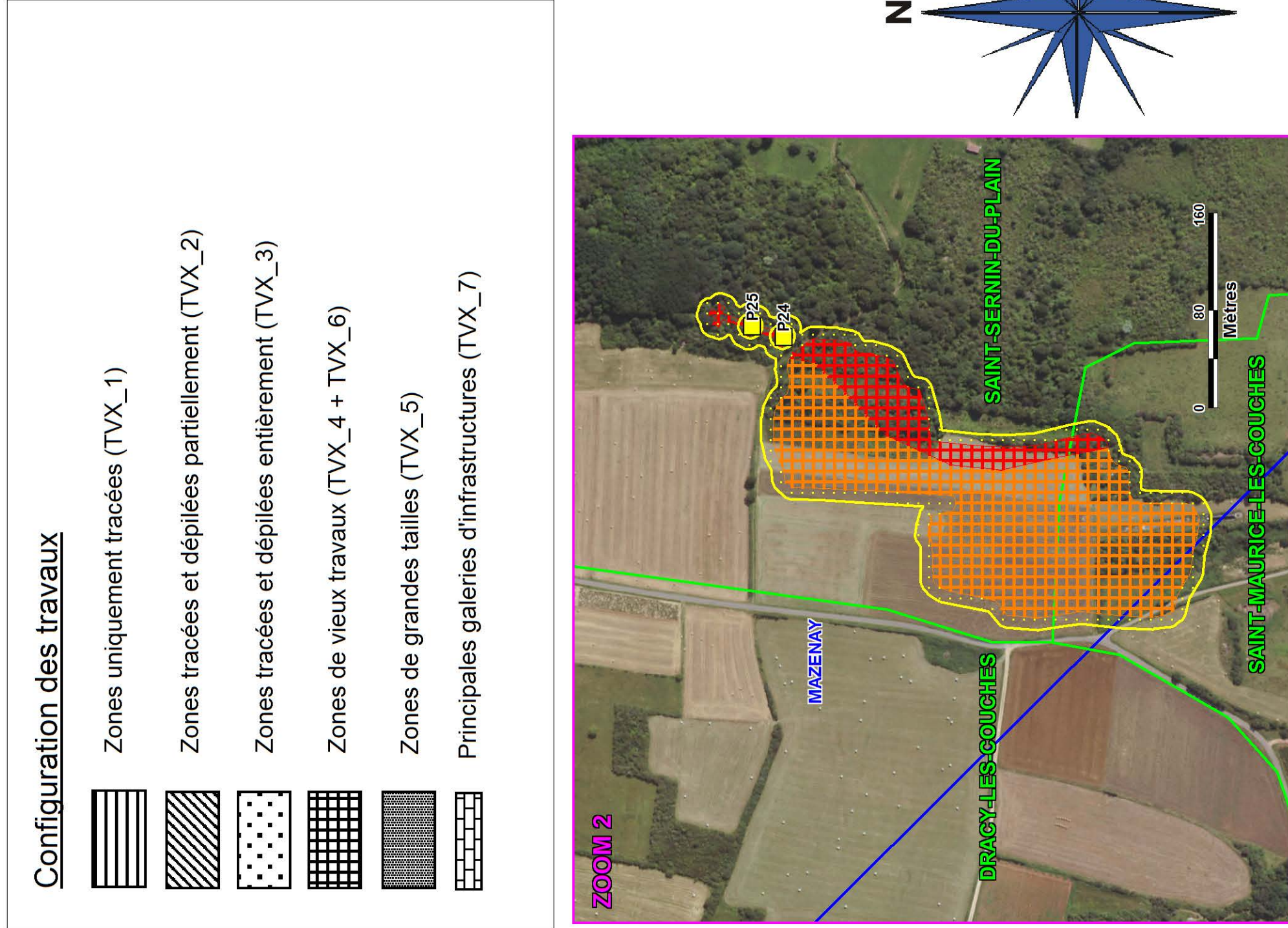
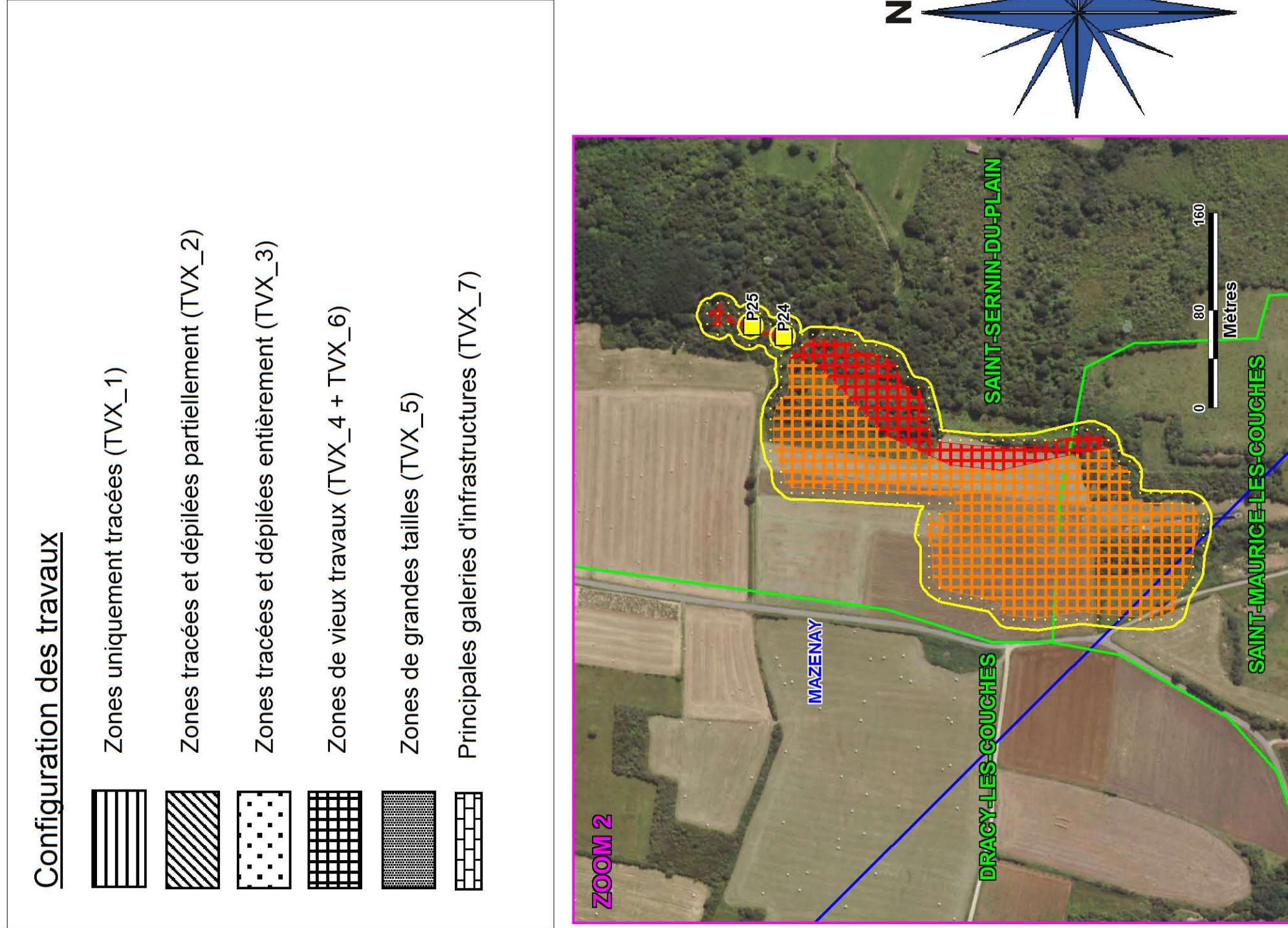
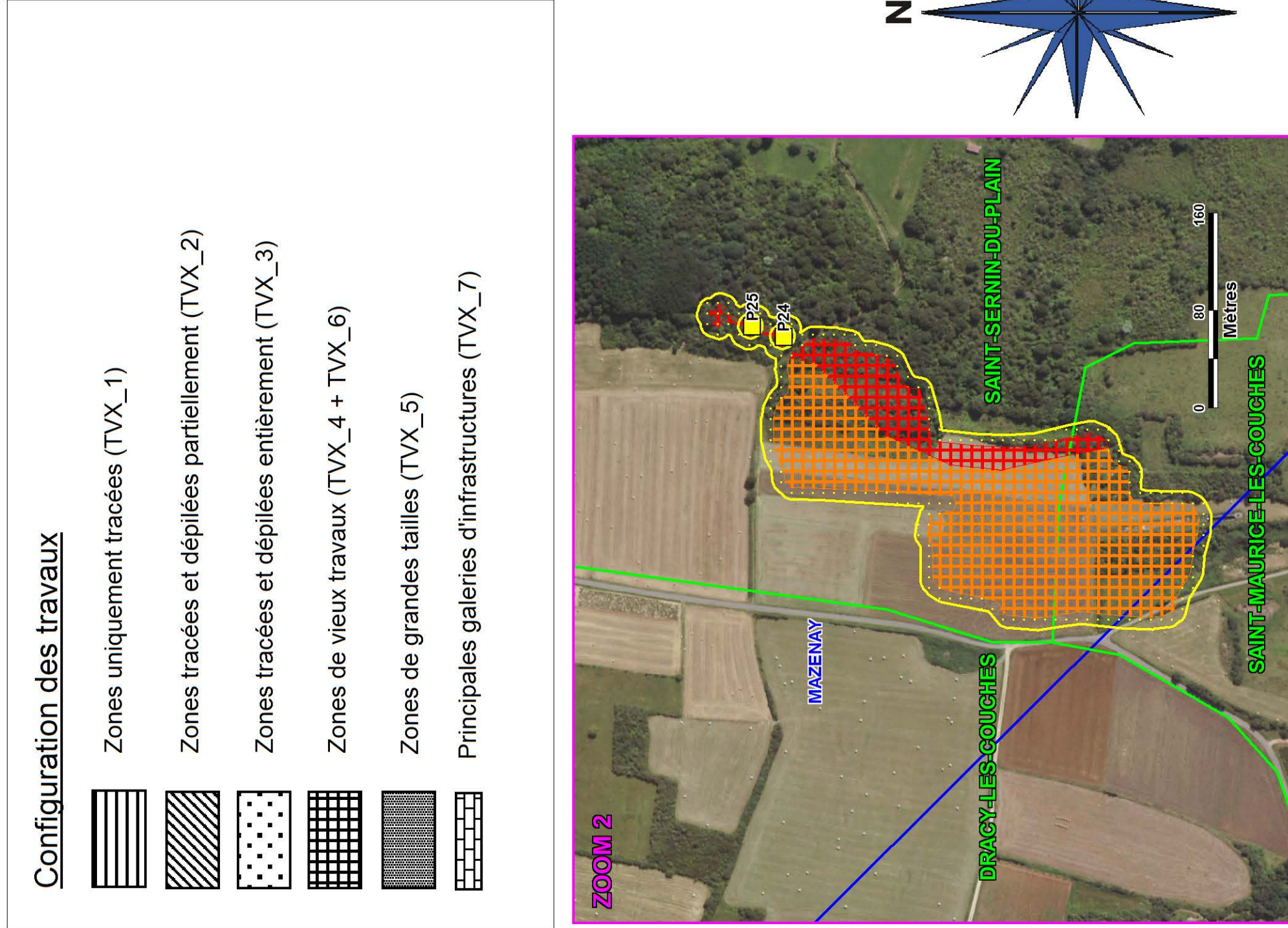
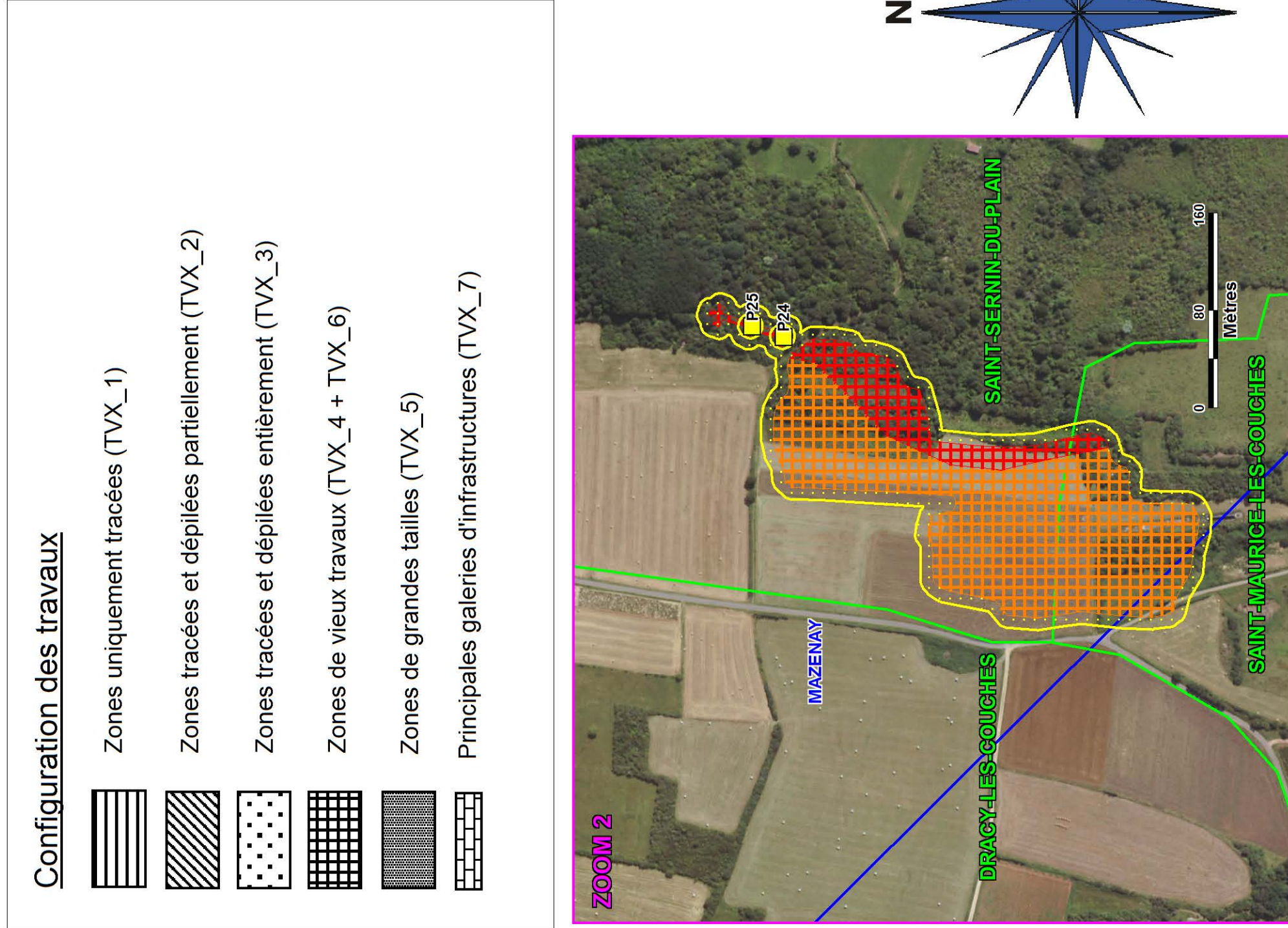
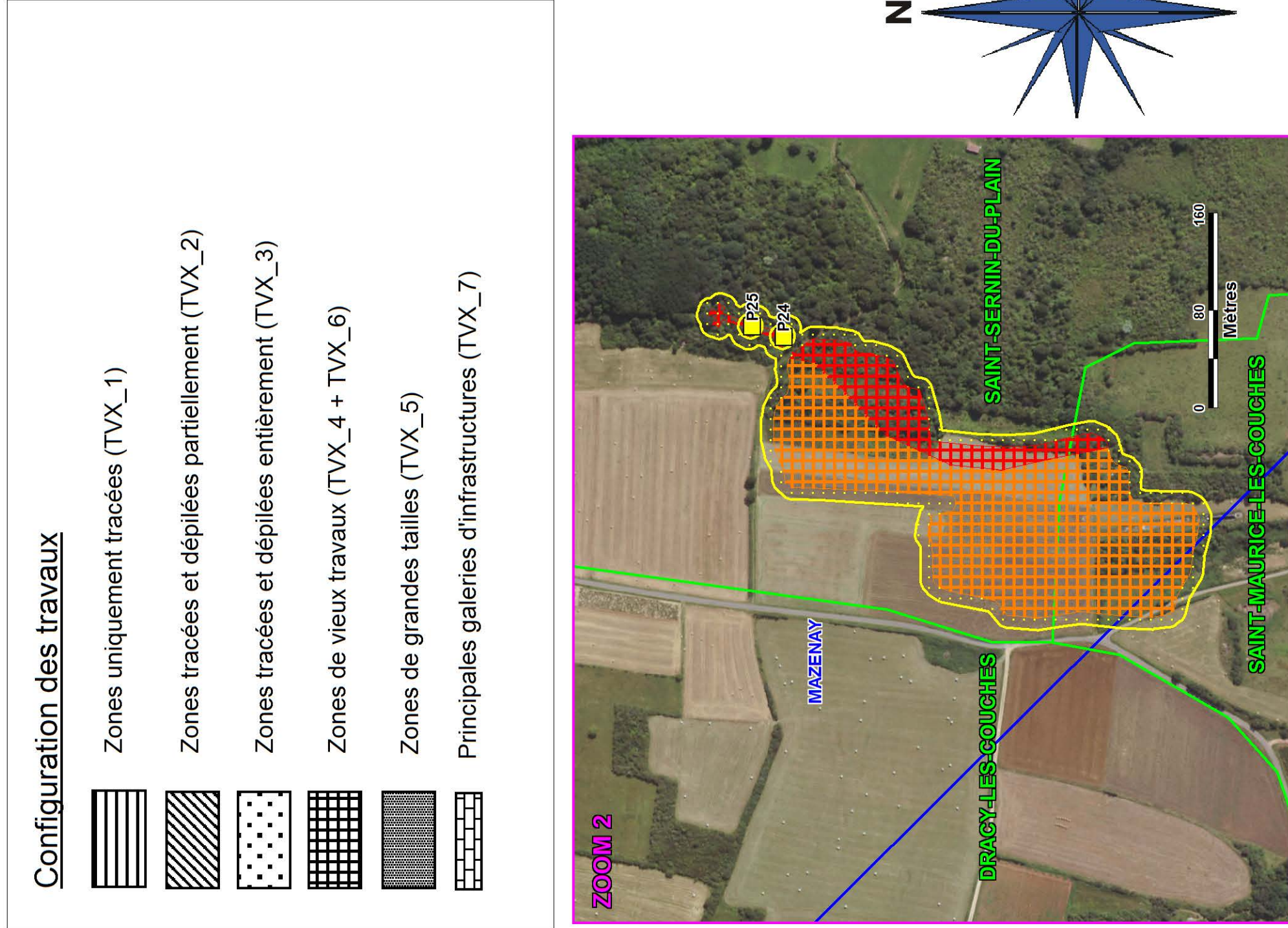
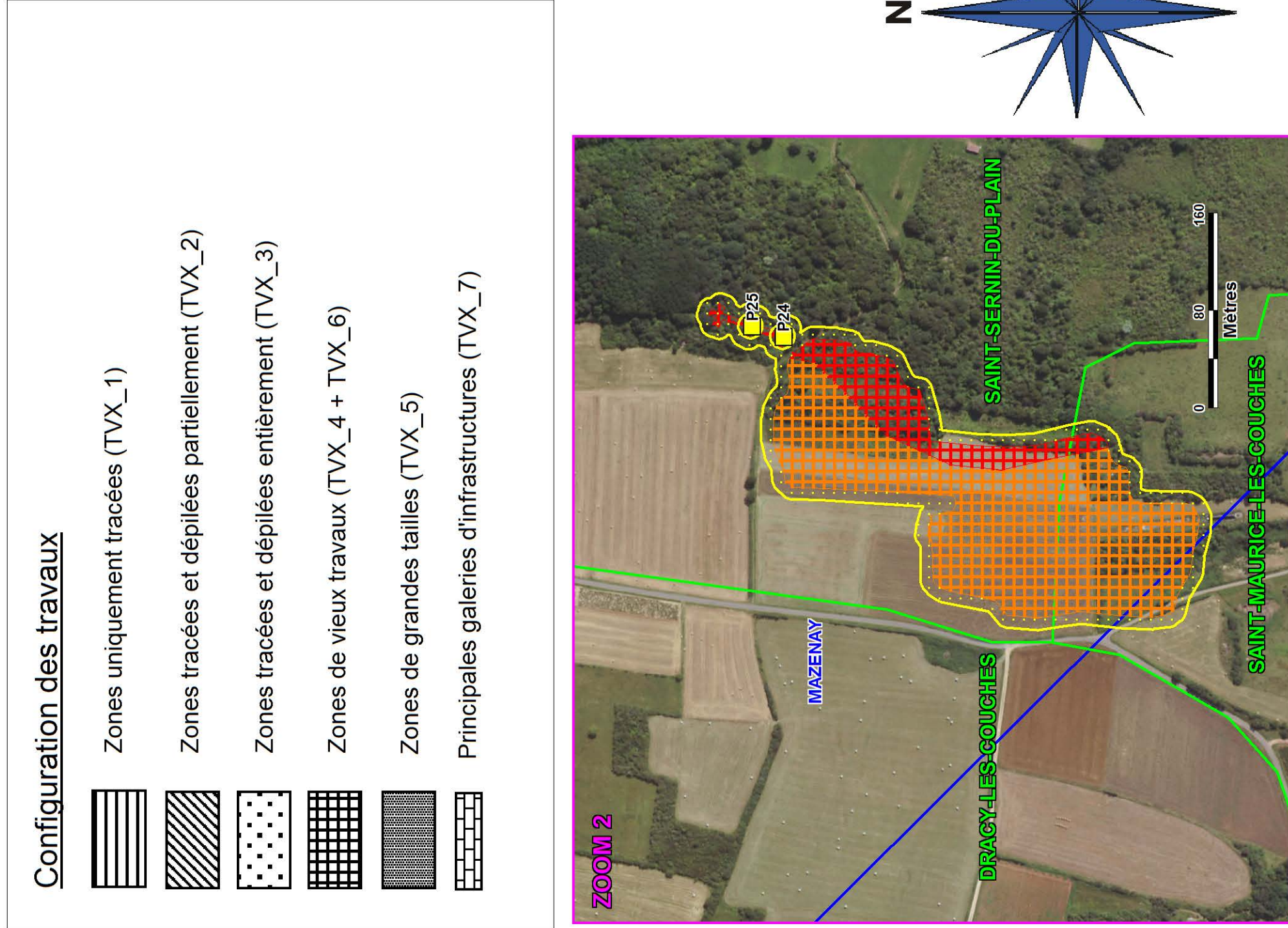
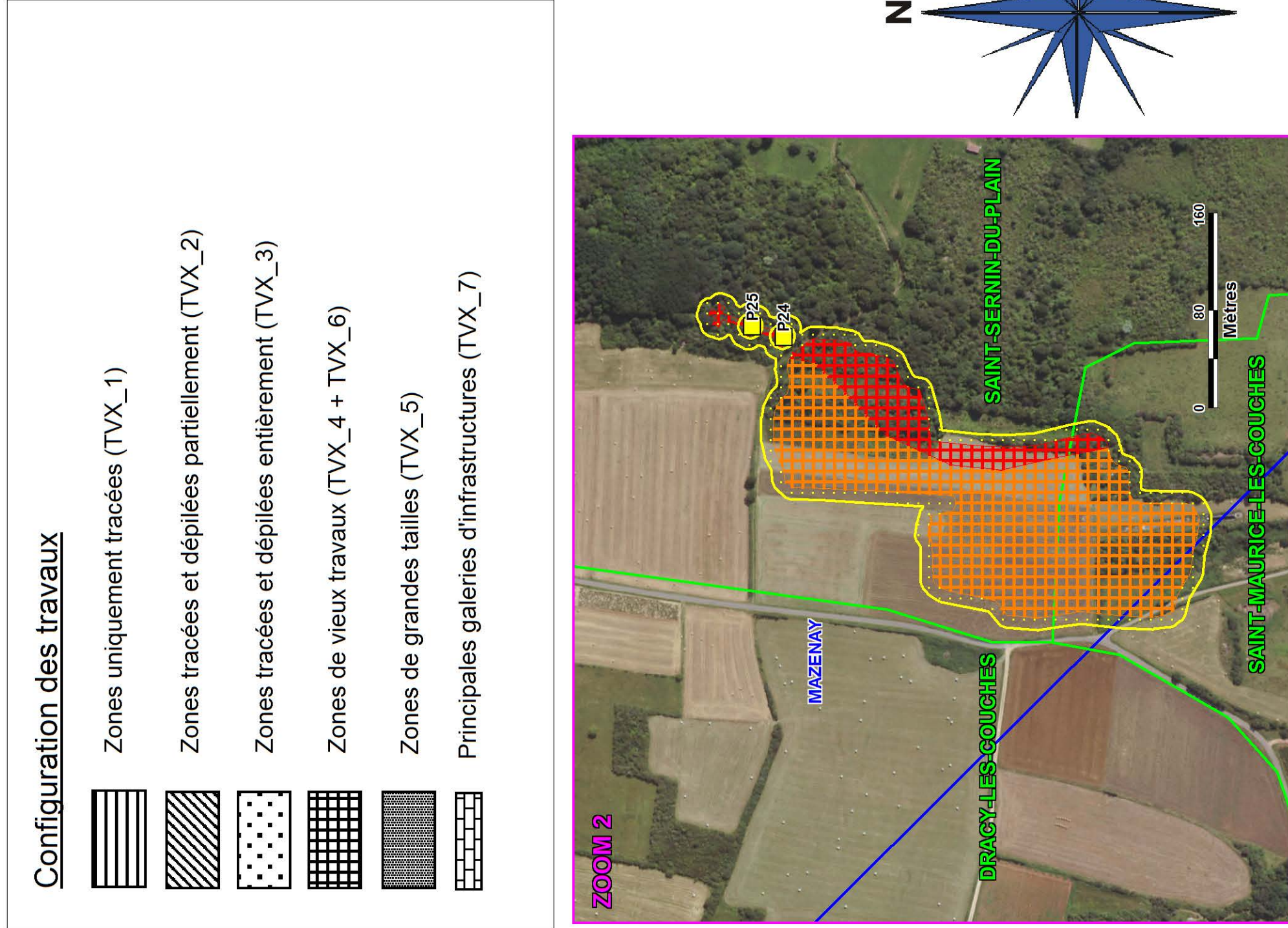
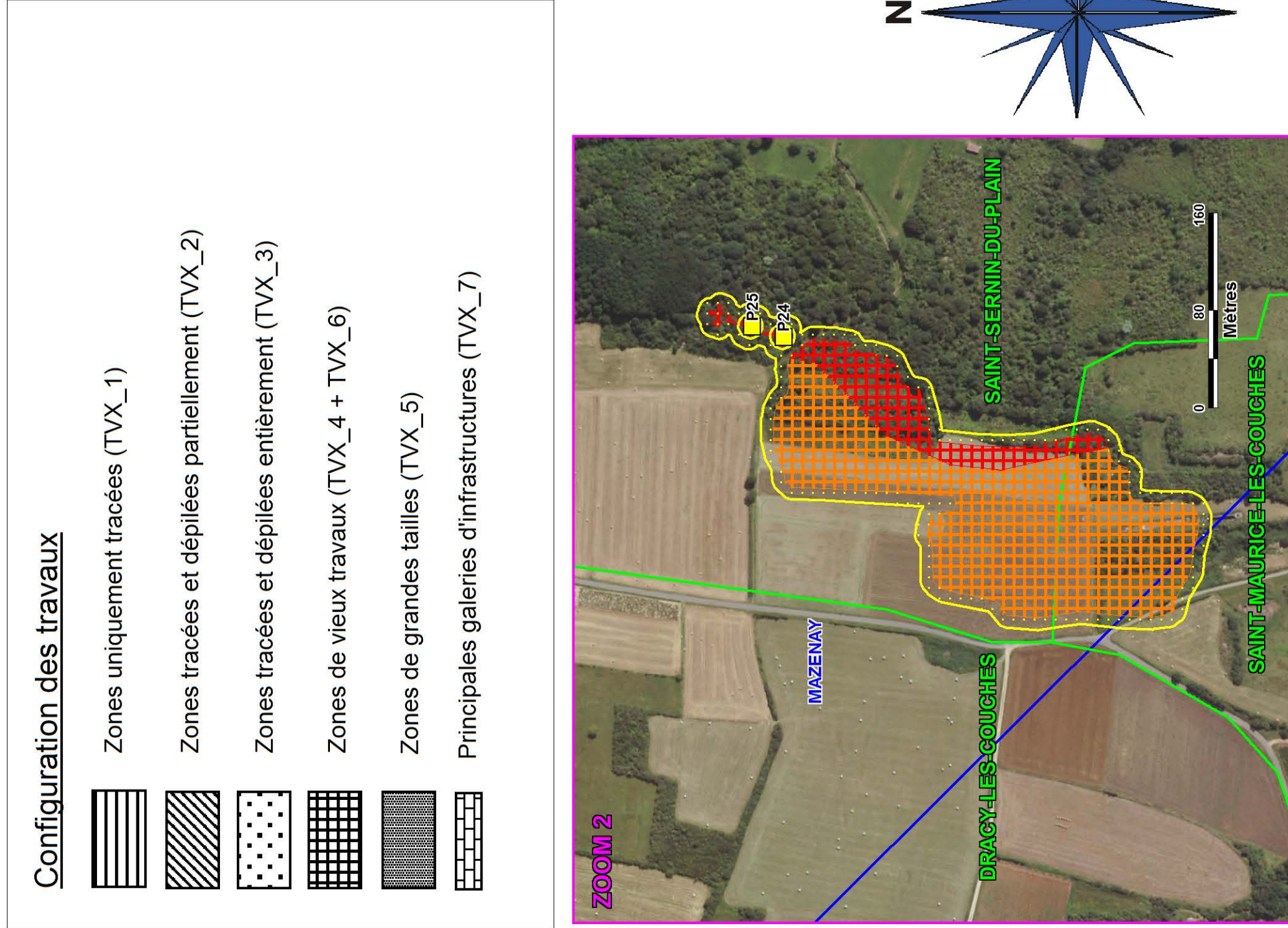
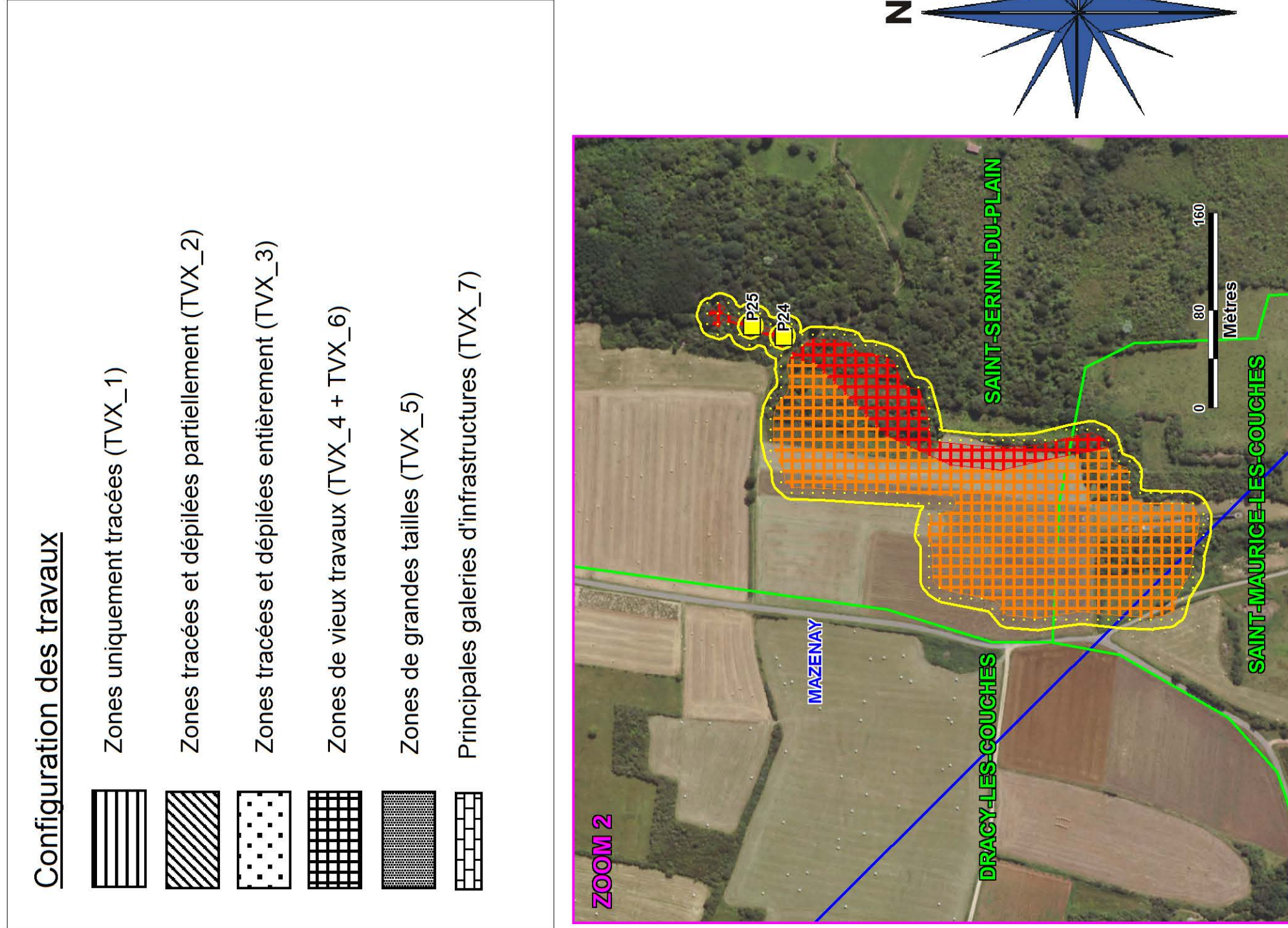
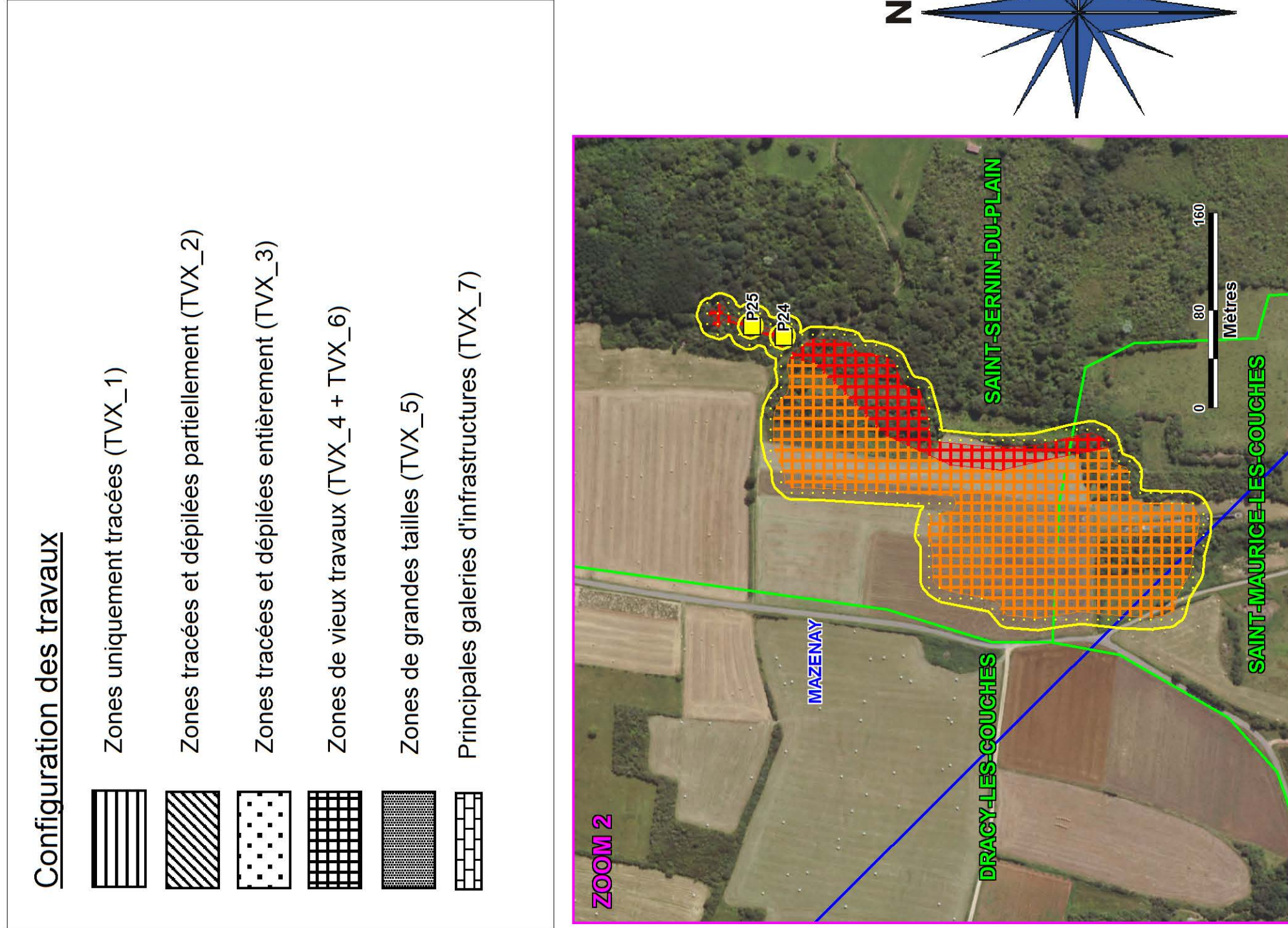
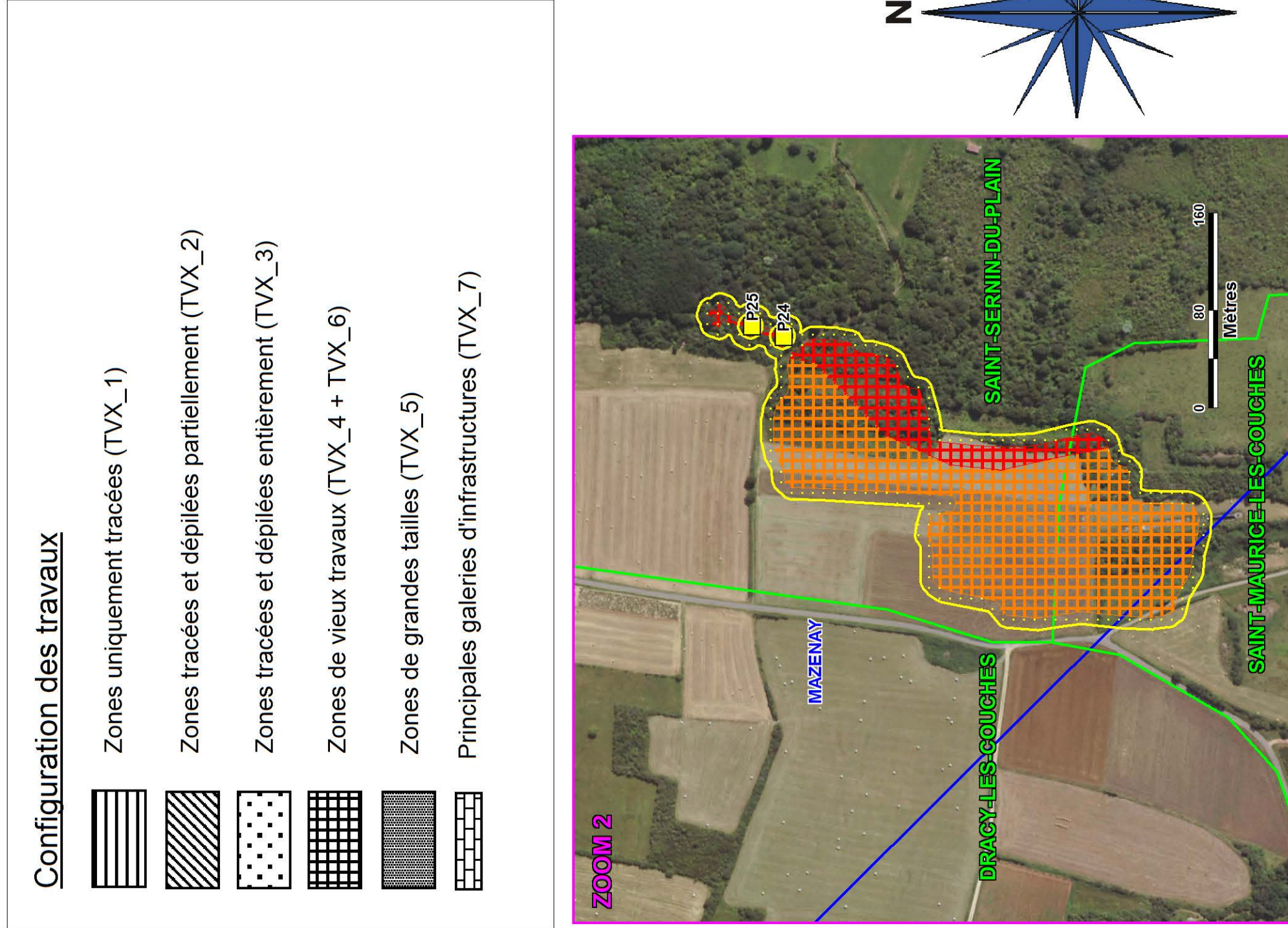
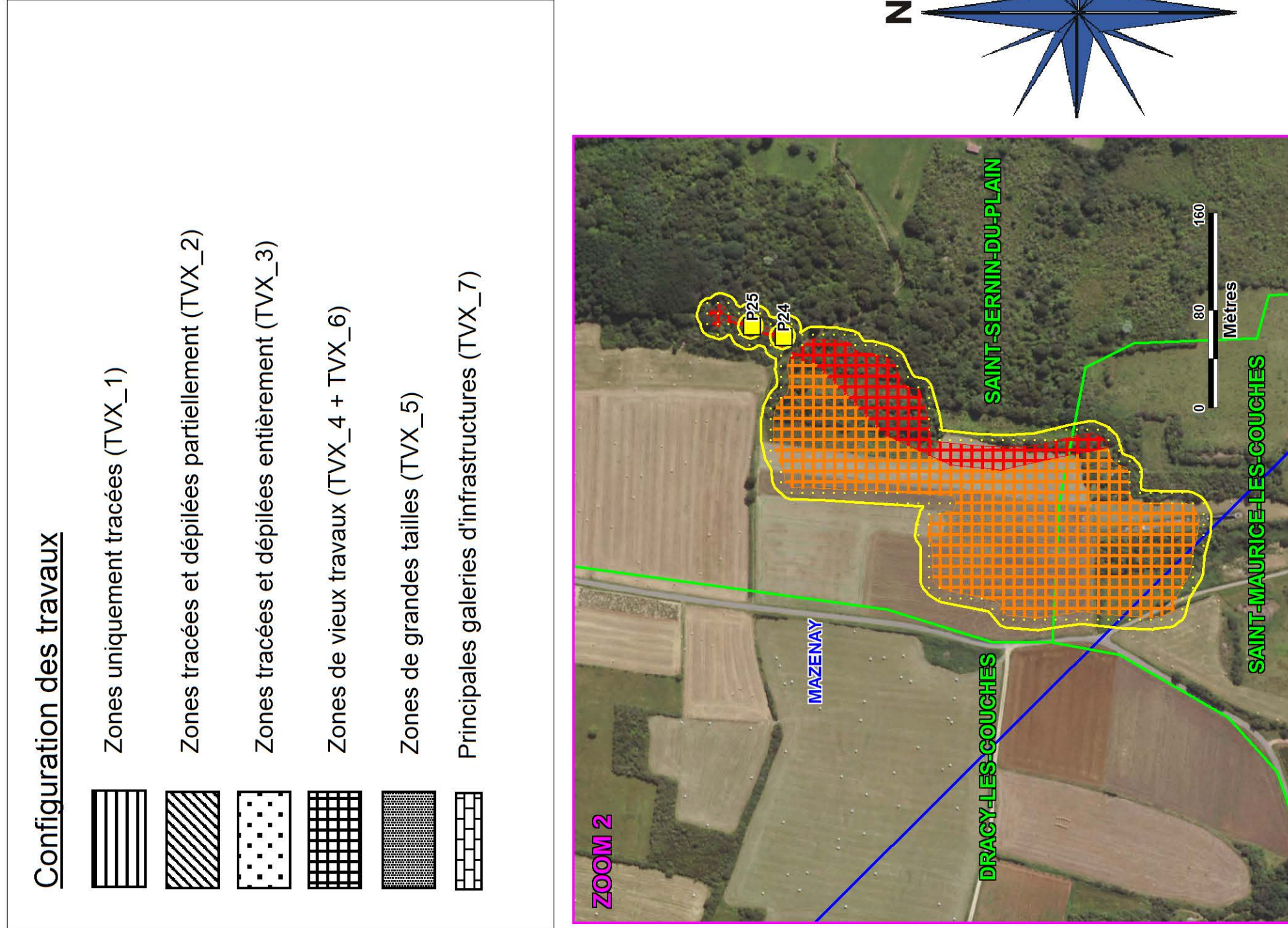
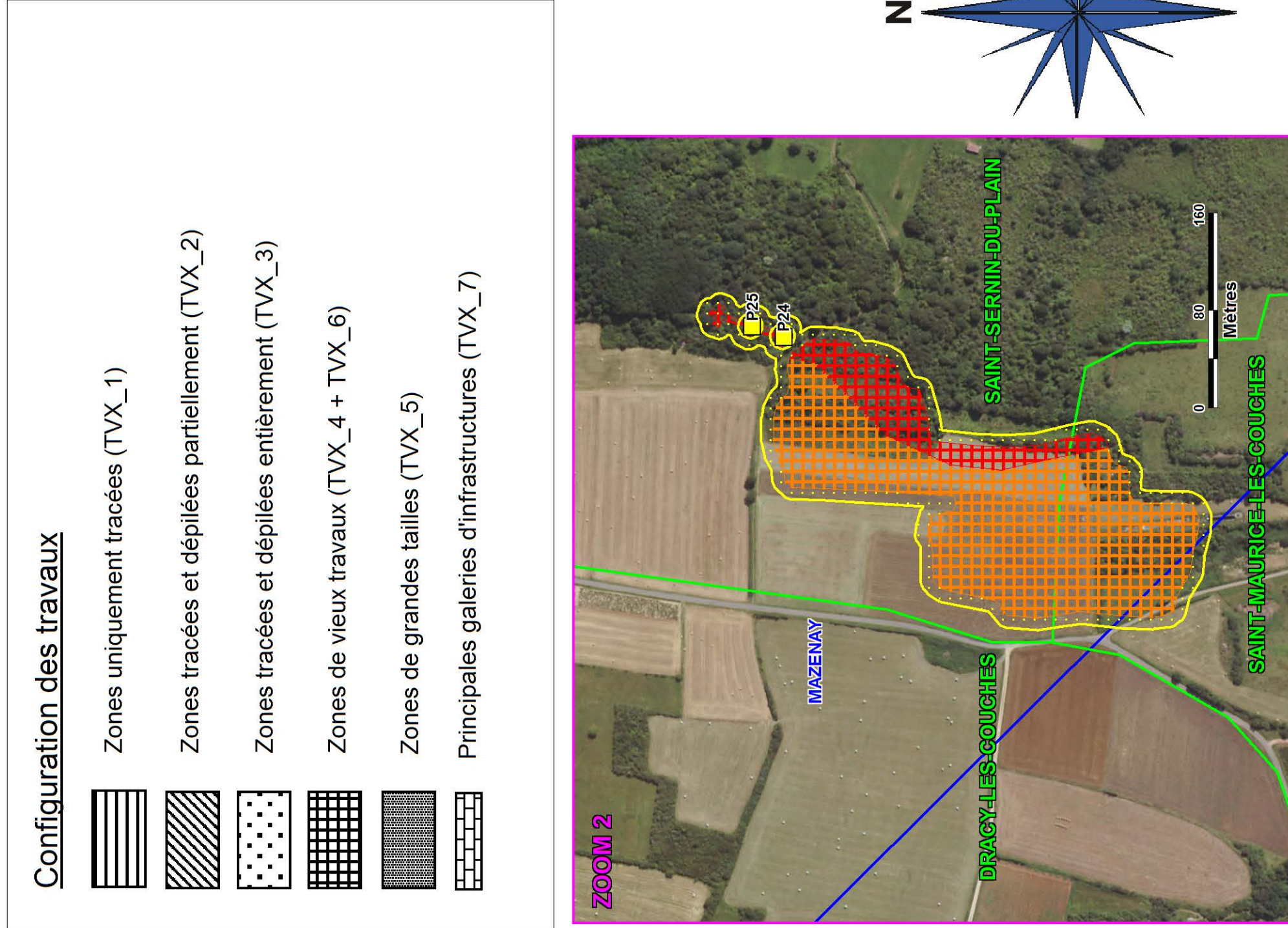
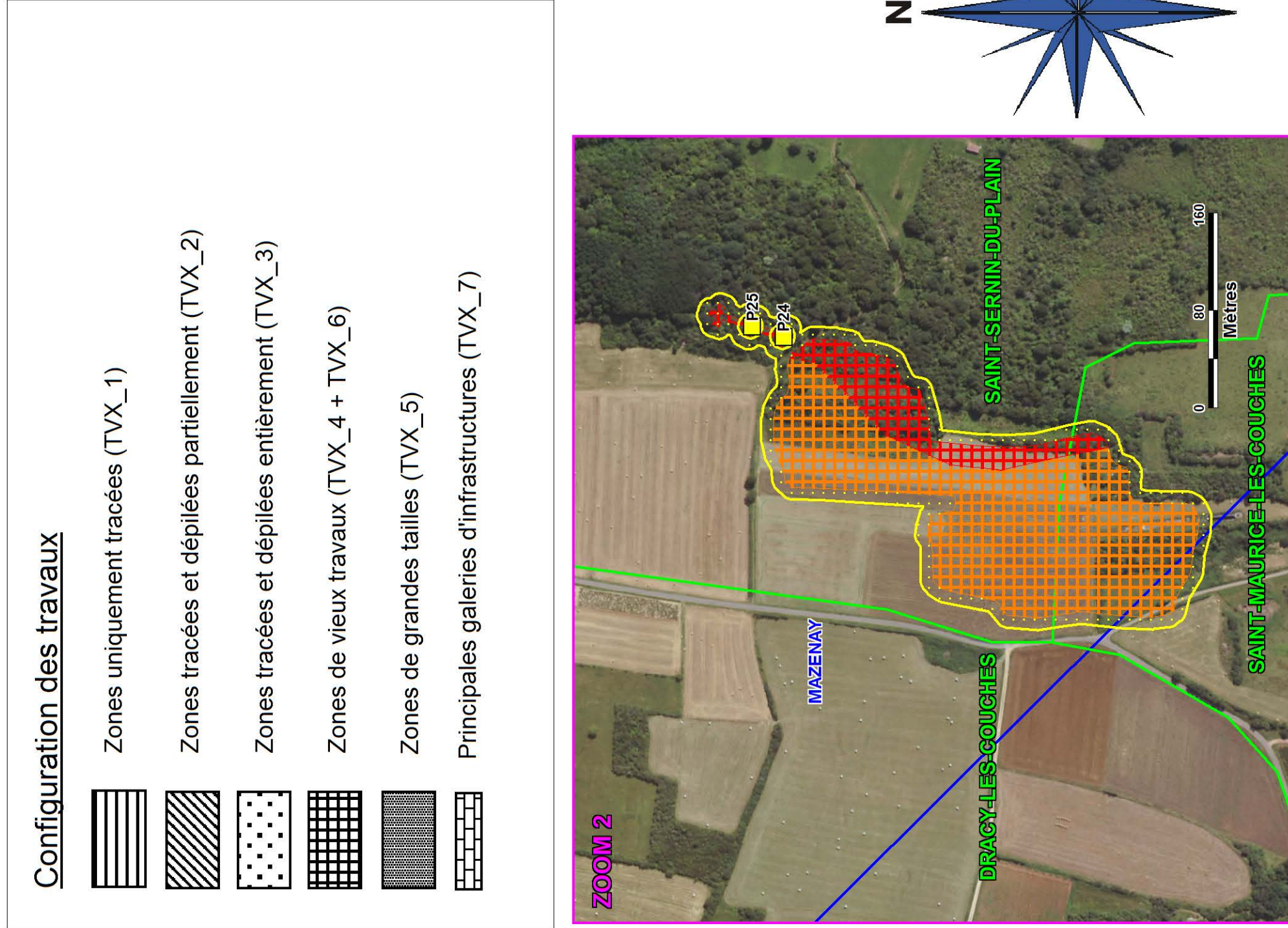
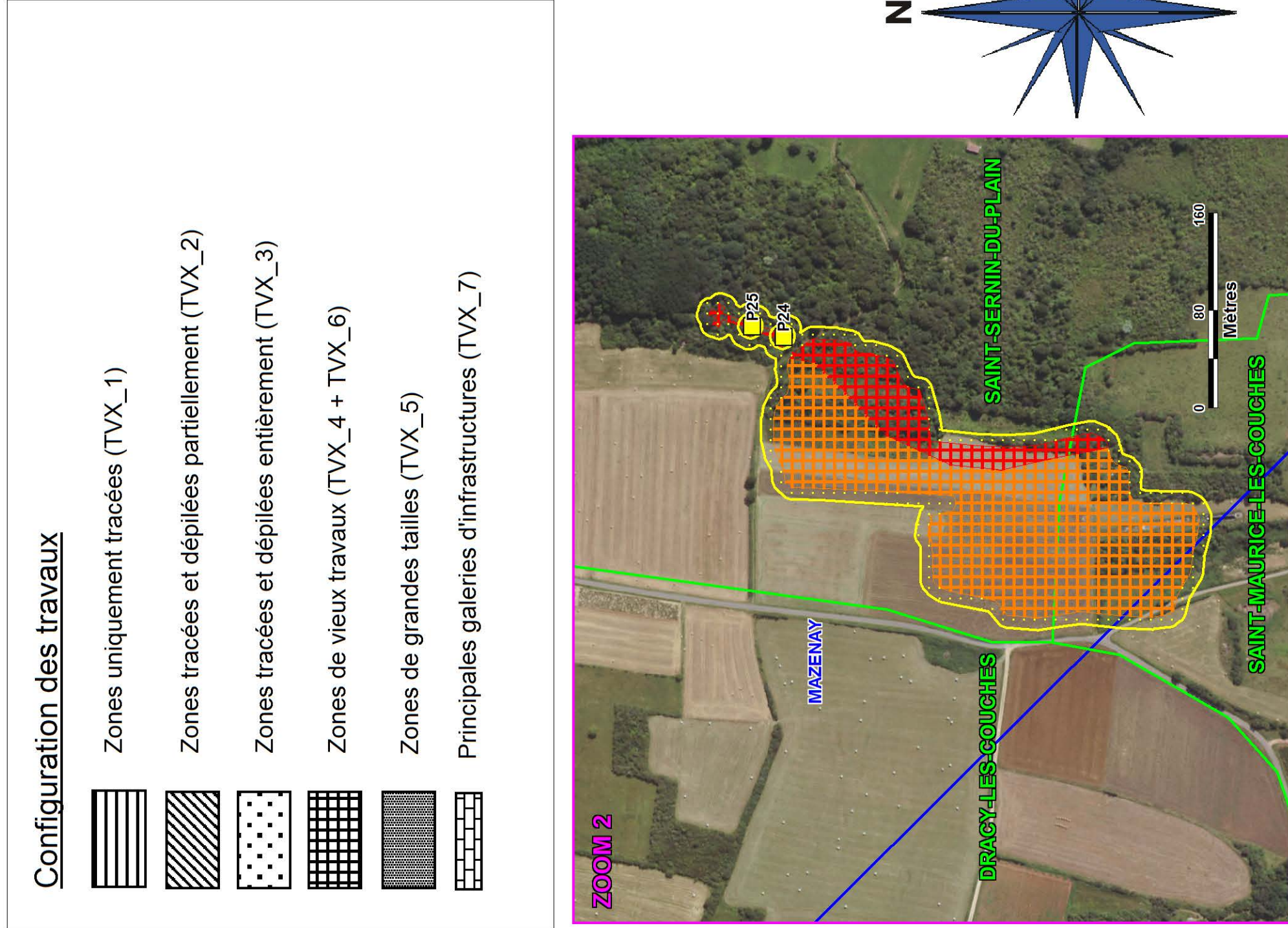
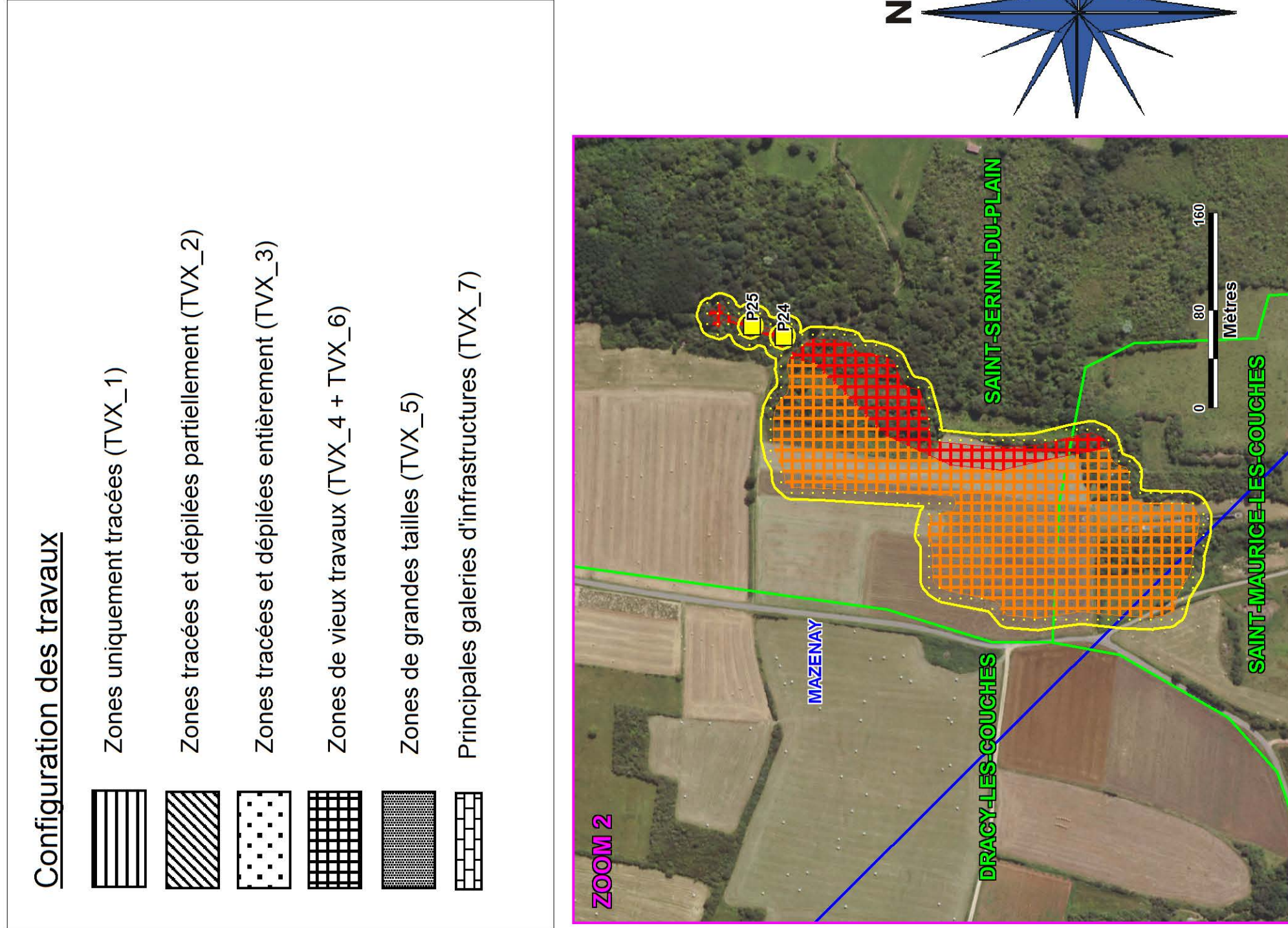
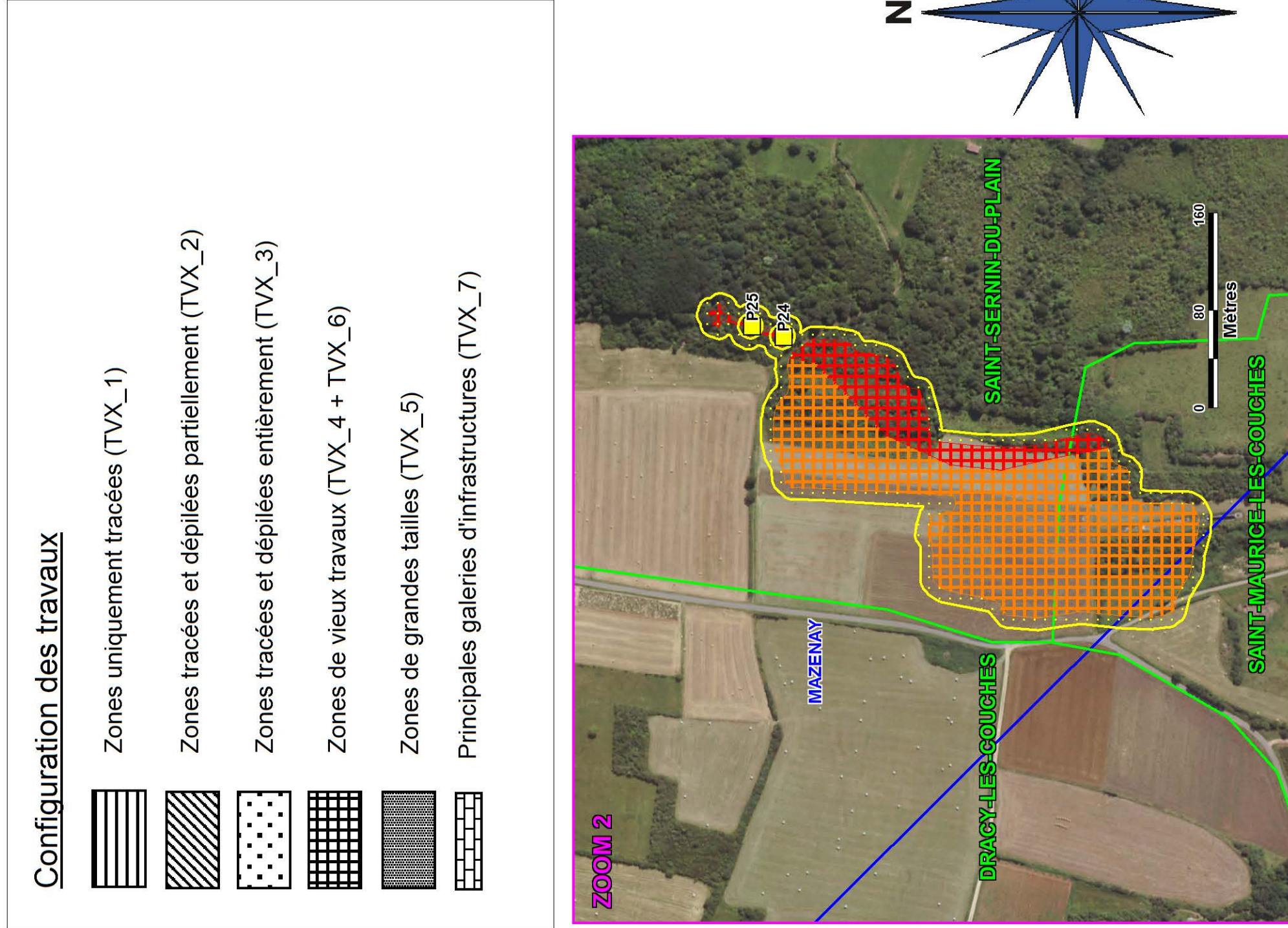
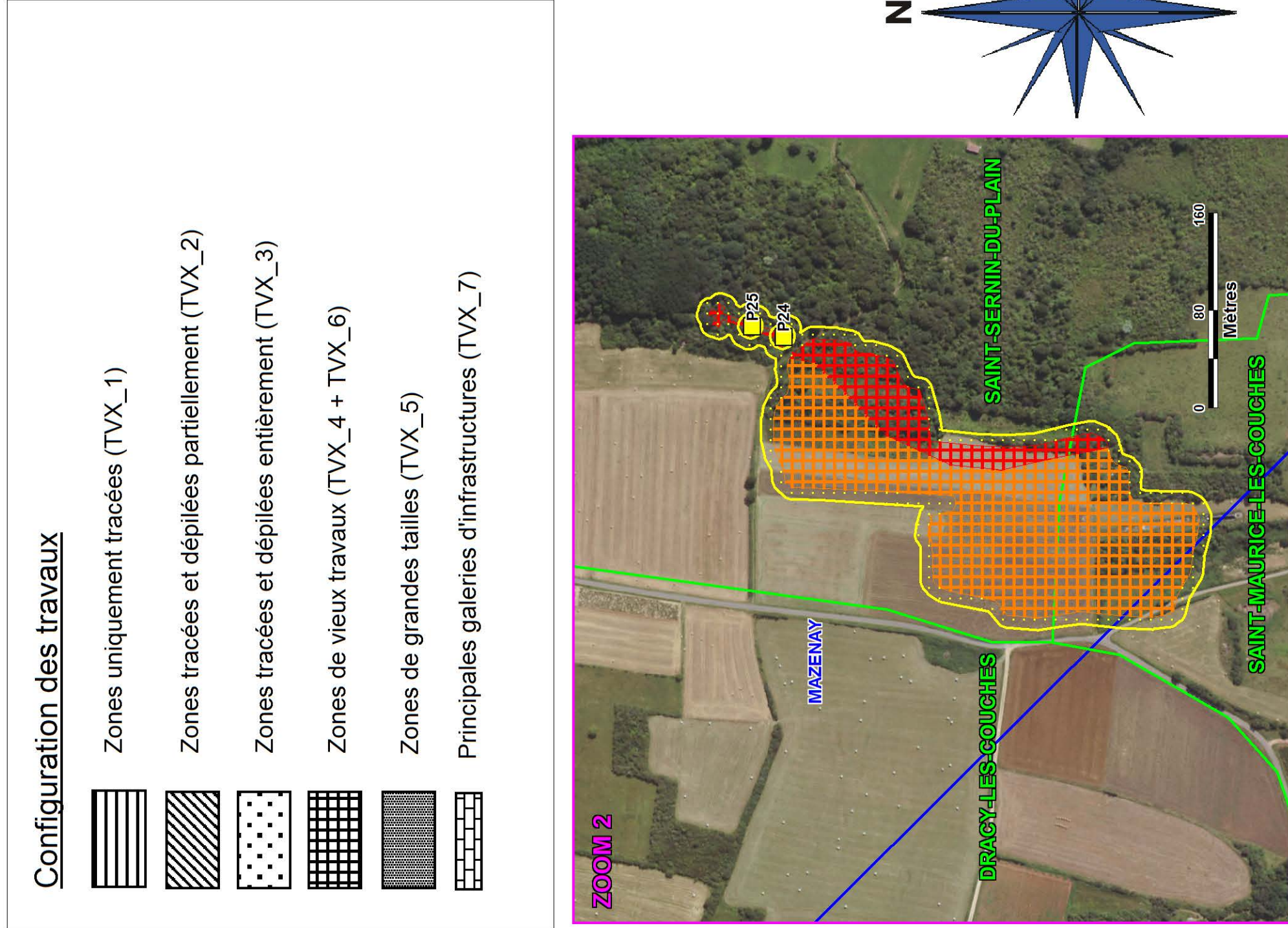
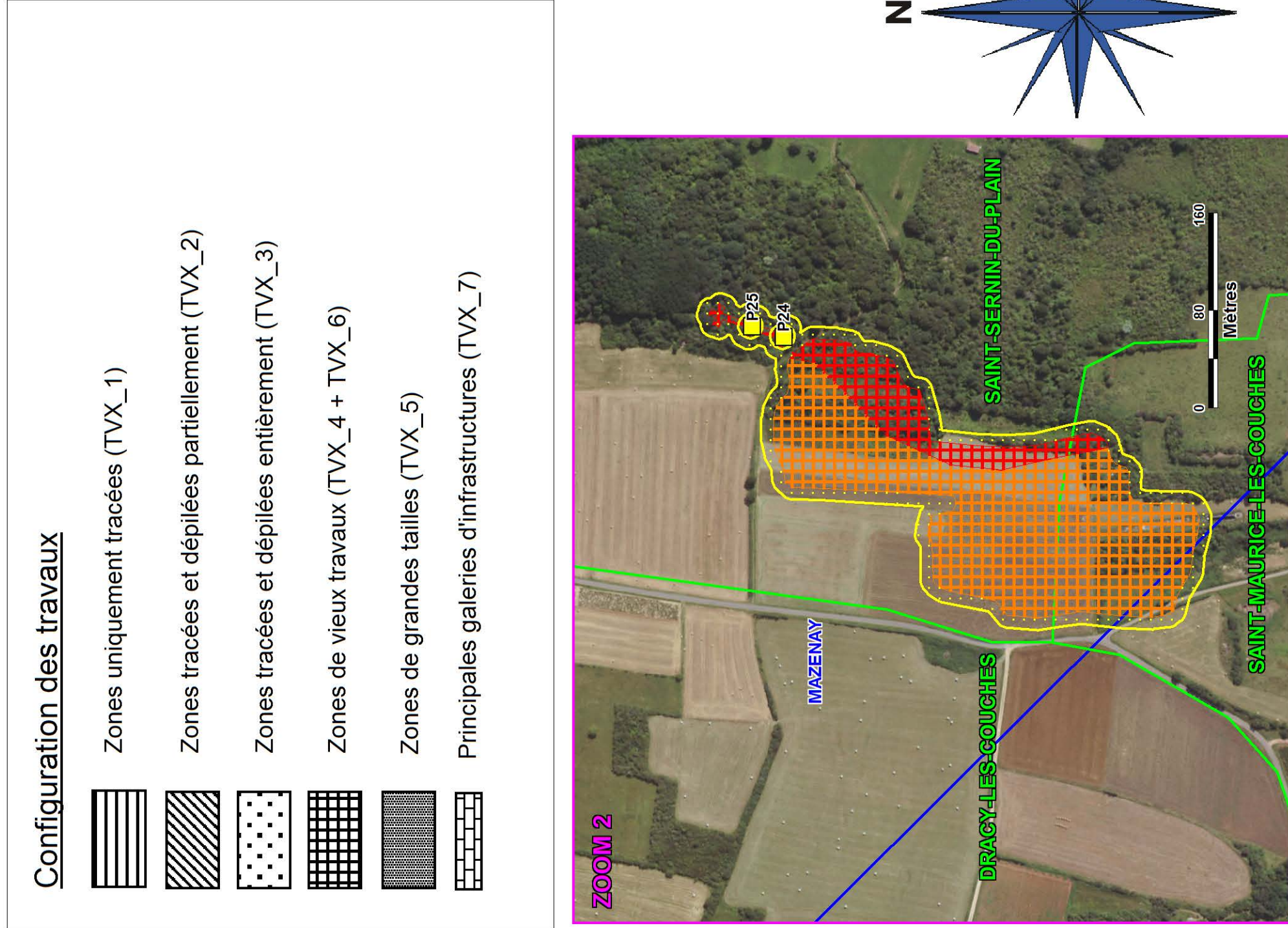
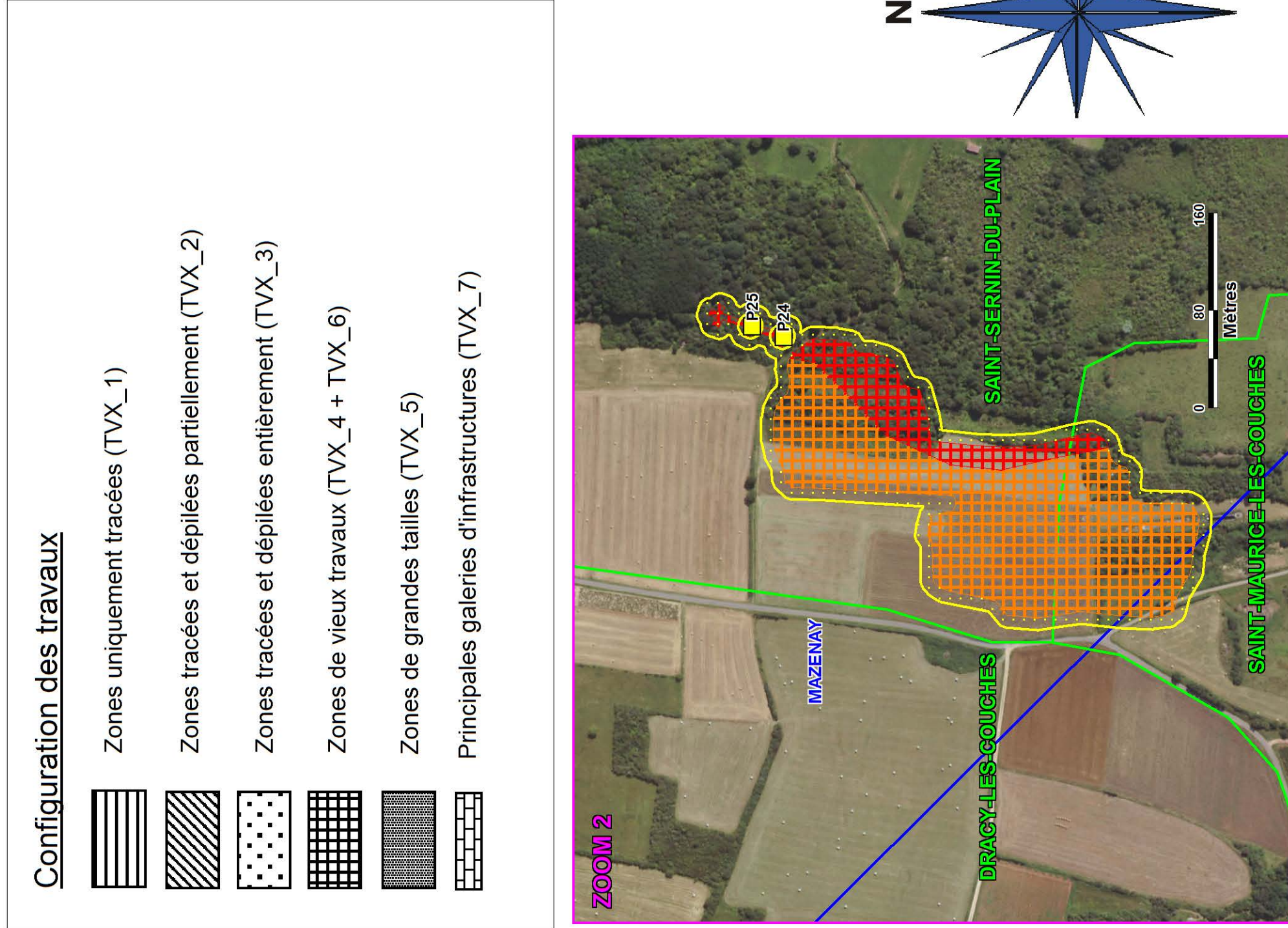
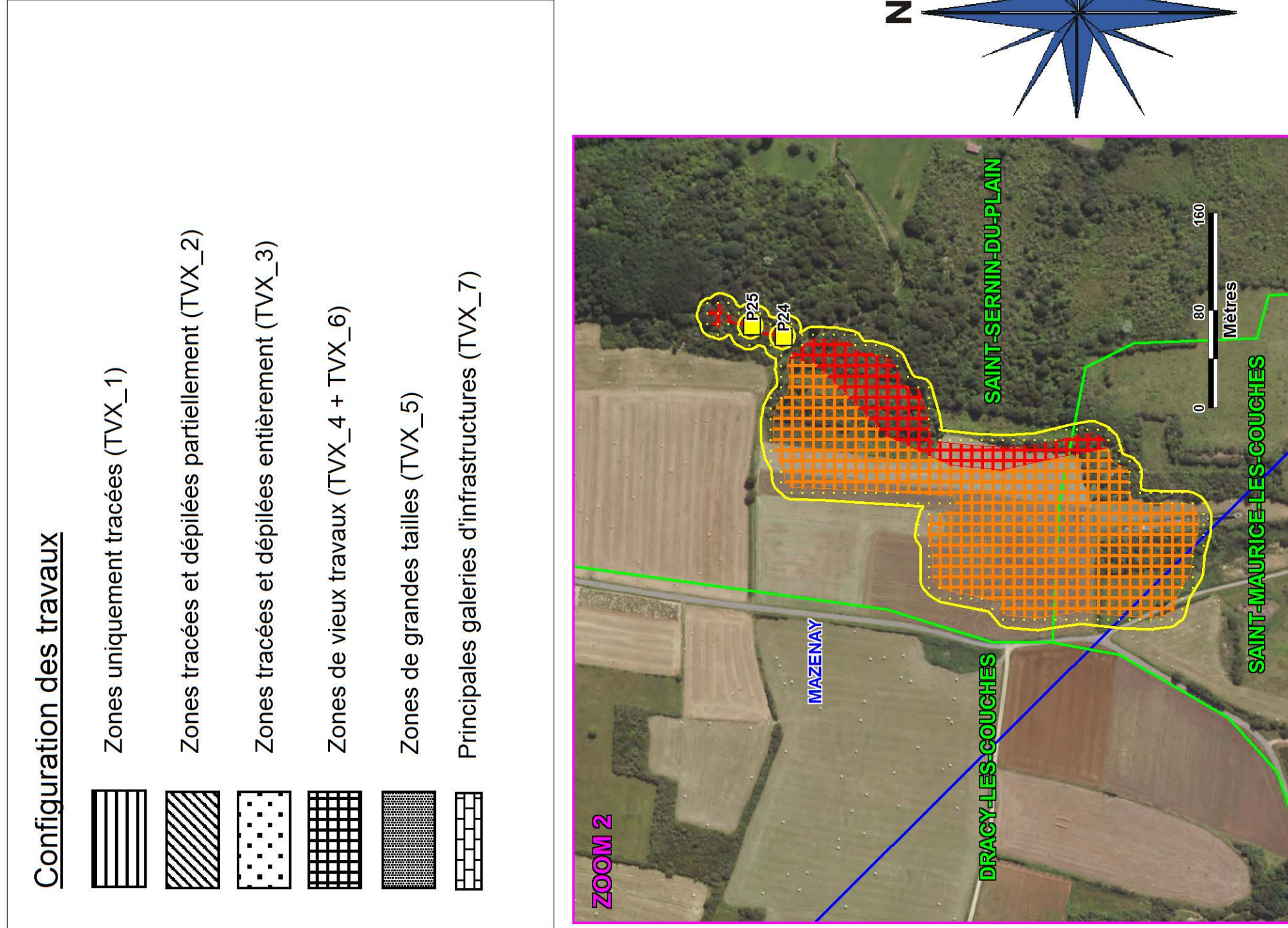
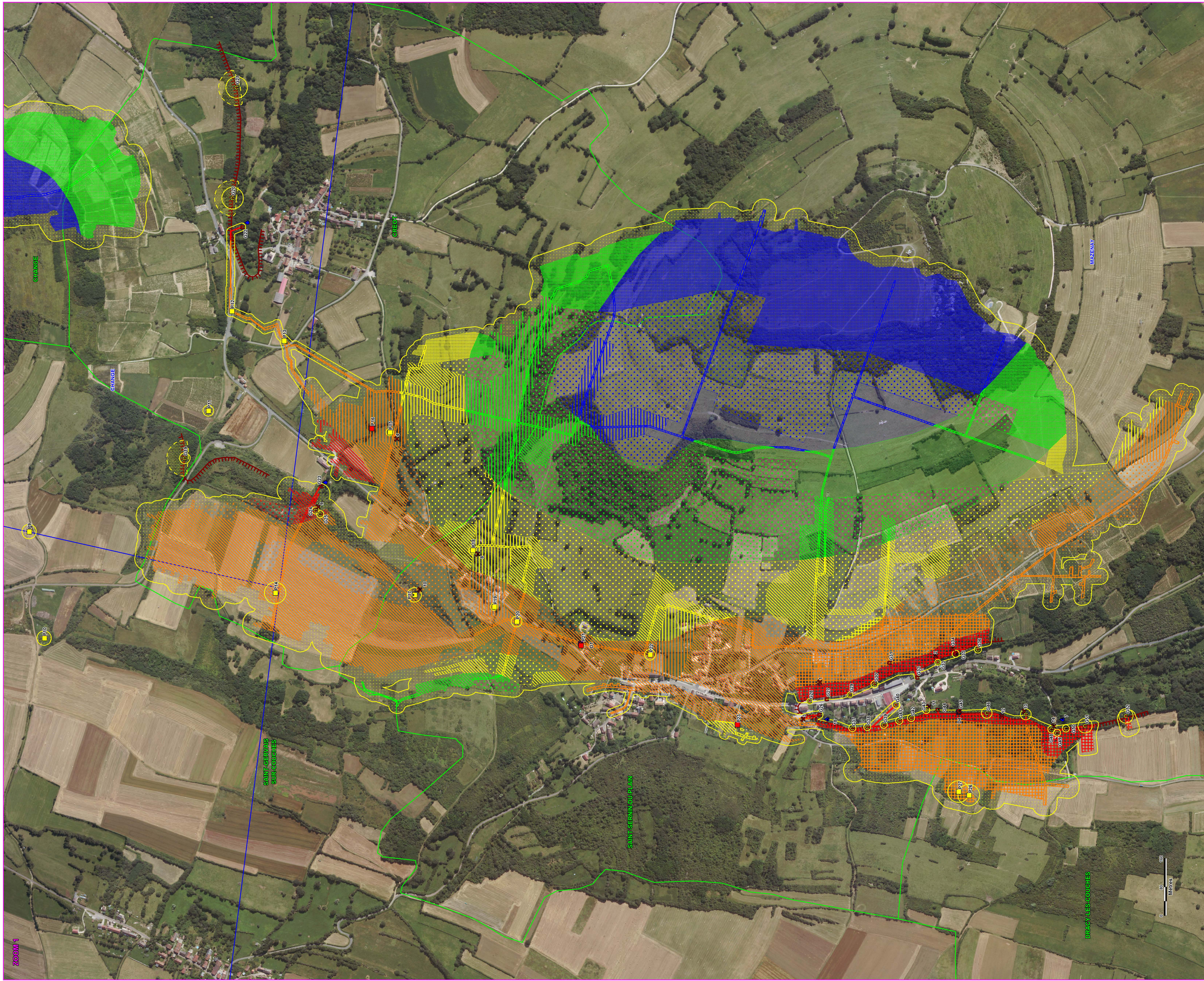
Organigramme issu du « Guide pratique pour l'homogénéisation
des études détaillées des aléas miniers »
Rapport GEODERIS N2012/010DE



Annexe 6

Cartes informatives

[hors texte]



Annexe 7

Cartes des aléas miniers par commune

[hors texte]

Commune de Change (71)

Carte de l'aléa "Effondrement localisé"

Annexe 7

Niveaux d'aléas

Fort

Moyen

Faible

Types d'instabilités

Effondrement localisé

Points Remarquables

Entrée de galerie matérialisée

Entrée de galerie localisée

Puits matérialisé

Puits localisé

Limites administratives

Limite de commune

Limite de concession

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000

Zooms : 1 / 2 500

Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/MEEDM

SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/MEEDM

GEODERIS

E2017/084DE - 17BOU22030

Août 2017

This figure is a topographic map of the Change area in the 71 department. It includes a north arrow and a scale bar from 0 to 750 meters. The map shows various geographical features, including the Mont de Rème (514m) and several localities like Change, le Haut, and le Moulin. Three specific areas are highlighted with pink boxes and labeled as ZOOM 1, ZOOM 2, and ZOOM 3. ZOOM 1 is located in the central part of the map, ZOOM 2 is in the northwest, and ZOOM 3 is in the northeast. The map also shows various roads, rivers, and other landmarks.

This figure is a zoomed-in aerial view of a specific area, labeled ZOOM 2. It shows a green line running through a field, with a red square labeled P7 and a blue square labeled CHANGE. A scale bar from 0 to 150 meters is included.

This figure is a zoomed-in aerial view of a specific area, labeled ZOOM 3. It shows a green circle with a yellow square labeled P8 and a blue square labeled CHANGE. A scale bar from 0 to 150 meters is included.

This figure is a zoomed-in aerial view of a large area, labeled ZOOM 1. It shows a large green area with several orange and red squares labeled P3, P4, P5, P6, P7, P8, and P9. A scale bar from 0 to 150 meters is included.

Commune de Creot (71)

Carte de l'aléa "Effondrement localisé"

Annexe 7

Niveaux d'aléas

Fort

Moyen

Faible

Types d'instabilités

Effondrement localisé

Points Remarquables

Entrée de galerie matérialisée

Entrée de galerie localisée

Puits matérialisé

Puits localisé

Limites administratives

Limite de commune

Limite de concession

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000

Zooms : 1 / 2 500

Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole /IGN/MEEDM

SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole /IGN/MEEDM

GEODERIS E2017/084DE - 17BOU22030

Août 2017

Commune de Dracy-les-Couches (71)

Carte de l'aléa "Effondrement localisé"

Annexe 7

Légende :

Niveaux d'aléas

- Fort
- Moyen
- Faible

Types d'instabilités

- Effondrement localisé

Points Remarquables

- Entrée de galerie matérialisée
- Entrée de galerie localisée
- Puits matérialisé
- Puits localisé

Limites administratives

- Limite de commune
- Limite de concession

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000
Zoom : 1 / 2 500

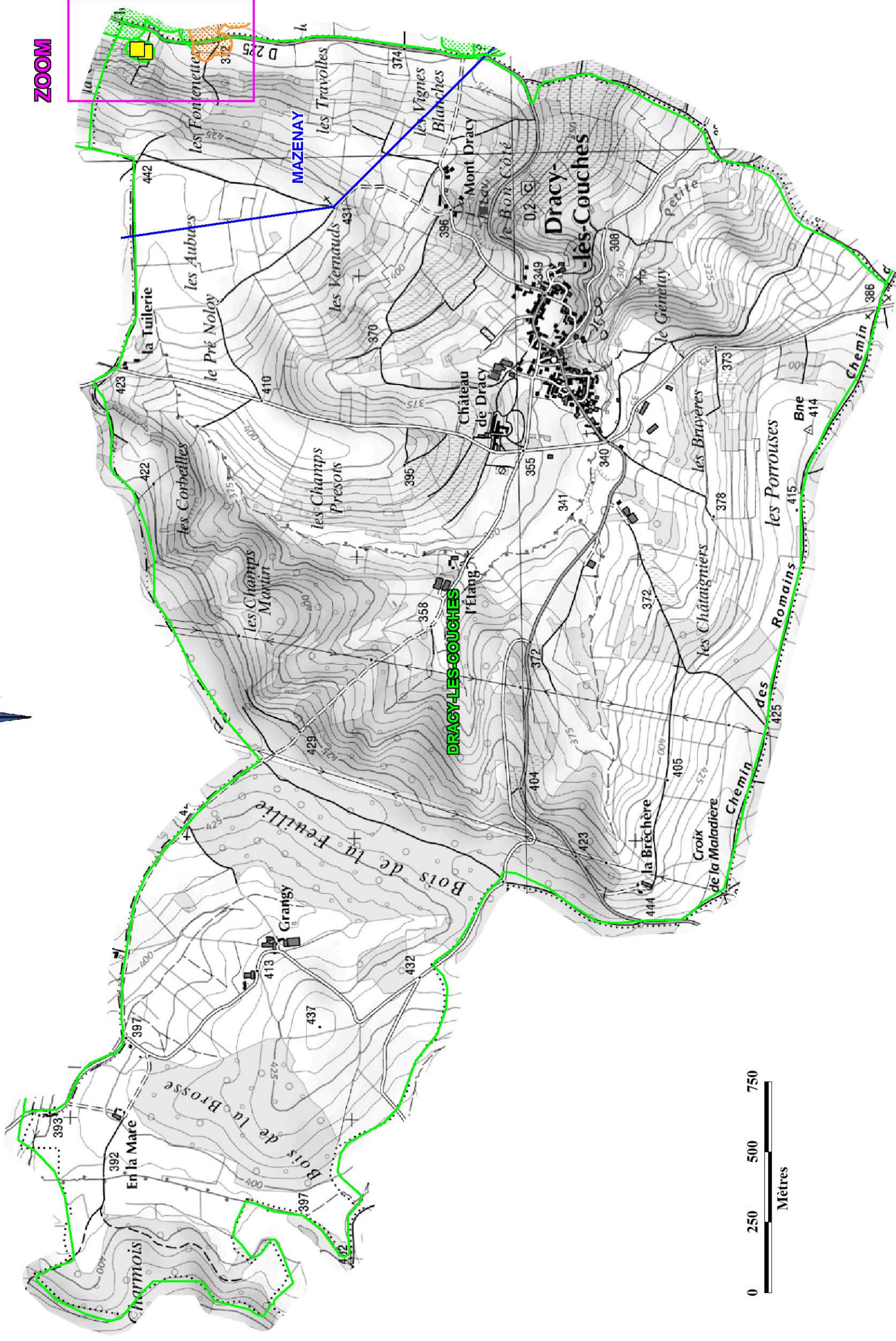
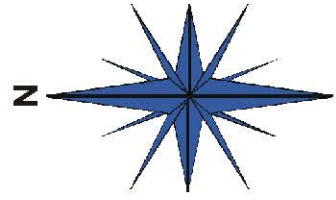


Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/MEEDM
SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/MEEDM

GEODERIS E2017/084DE - 17BOU22030

Août 2017



ZOOM



DRACY-LES-COUCHES

MAZENAY

Commune de Nolay (21)

Carte de l'aléa "Effondrement localisé"

Annexe 7

Légende :

Niveaux d'aléas

Fort

Moyen

Faible

Types d'instabilités

Effondrement localisé

Points Remarquables

Entrée de galerie matérialisée

Entrée de galerie localisée

Puits matérialisé

Puits localisé

Limites administratives

Limite de commune

Limite de concession

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000

Zoom : 1 / 2 500

Fonds cartographiques :

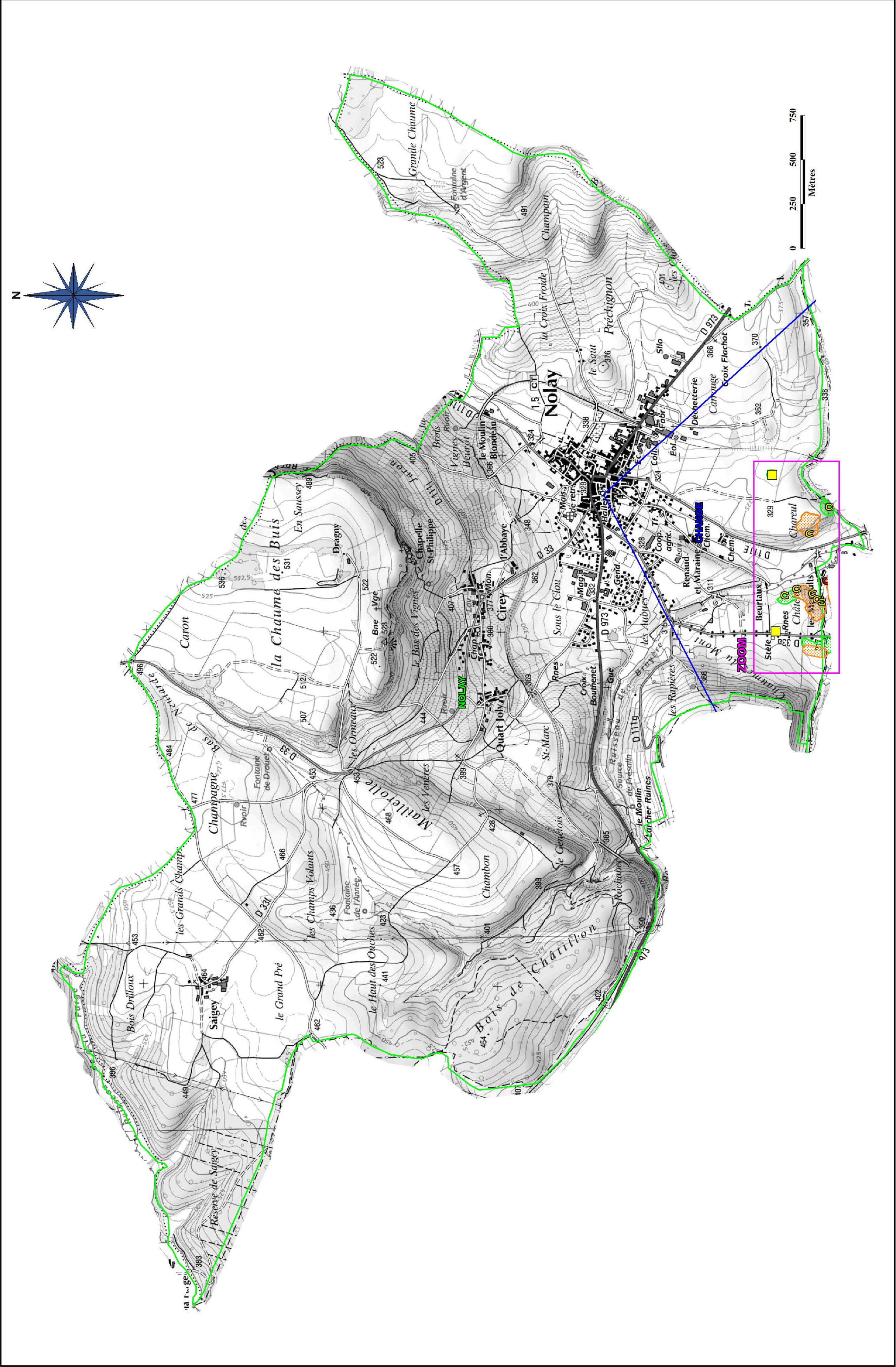
BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/MEEDM

SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/MEEDM

GEODERIS

GEODERIS E2017/084DE - 17BOU22030

Août 2017



Commune de Saint-Gervais-sur-Couches (71)

Carte de l'aléa "Effondrement localisé"

Annexe 7

Légende :

Niveaux d'aléas	Types d'instabilités
Fort	Effondrement localisé
Moyen	
Faible	

Points Remarquables	Limites administratives
Entrée de galerie matérialisée	Limite de commune
Entrée de galerie localisée	Limite de concession
Puits matérialisé	
Puits localisé	

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000
Zoom : 1 / 2 500

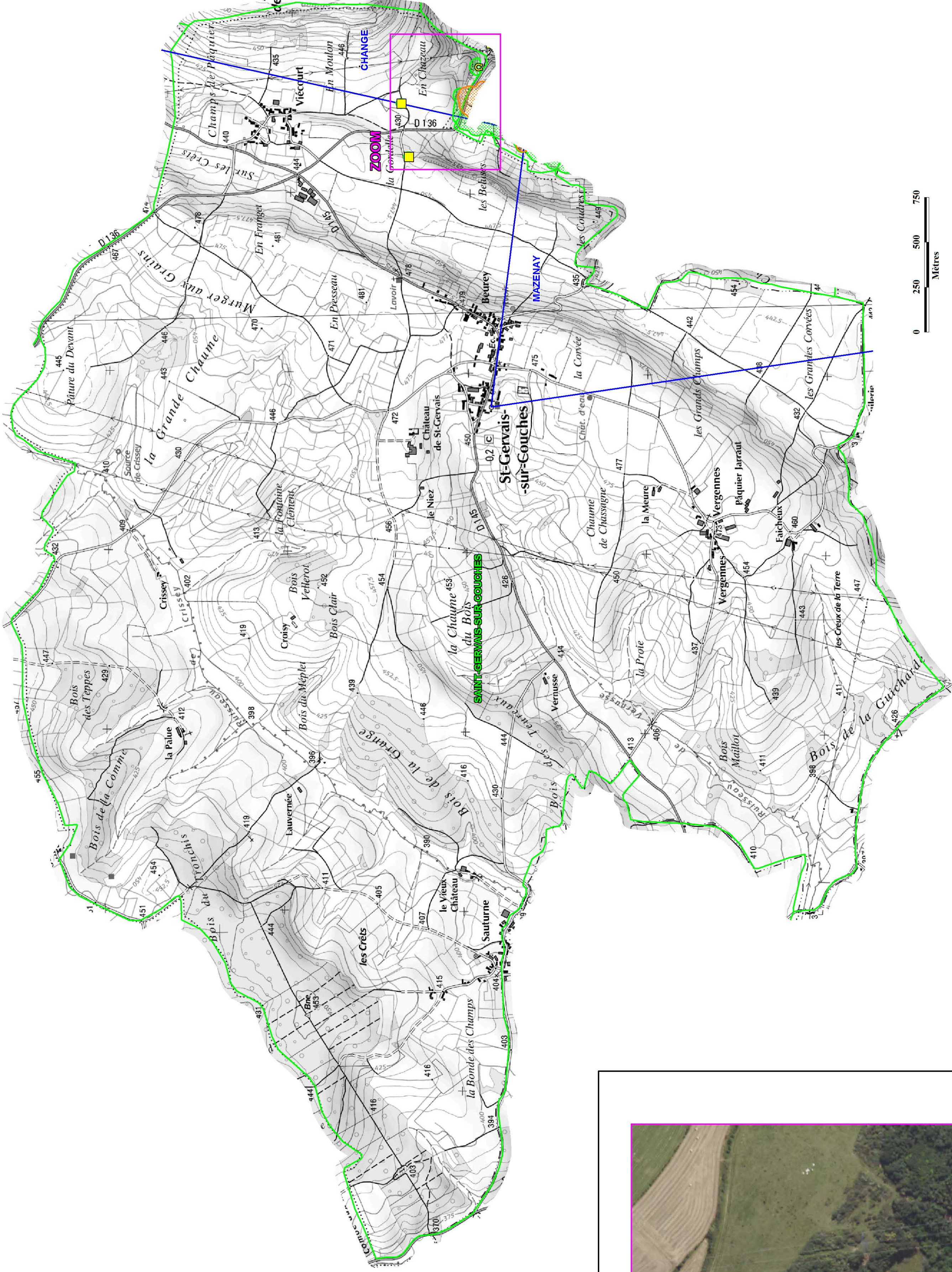
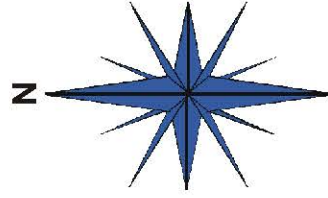
Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/NEEDM
SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/NEEDM



GEODERIS E2017/084DE - 17BOU22030

Août 2017



Commune de Saint-Maurice-les-Couches (71)

Carte de l'aléa "Effondrement localisé"

Annexe 7

Légende :

Niveaux d'aléas

Fort

Moyen

Faible

Types d'instabilités

Effondrement localisé

Points Remarquables

Entrée de galerie matérialisée

Entrée de galerie localisée

Puits matérialisé

Puits localisé

Limites administratives

Limite de commune

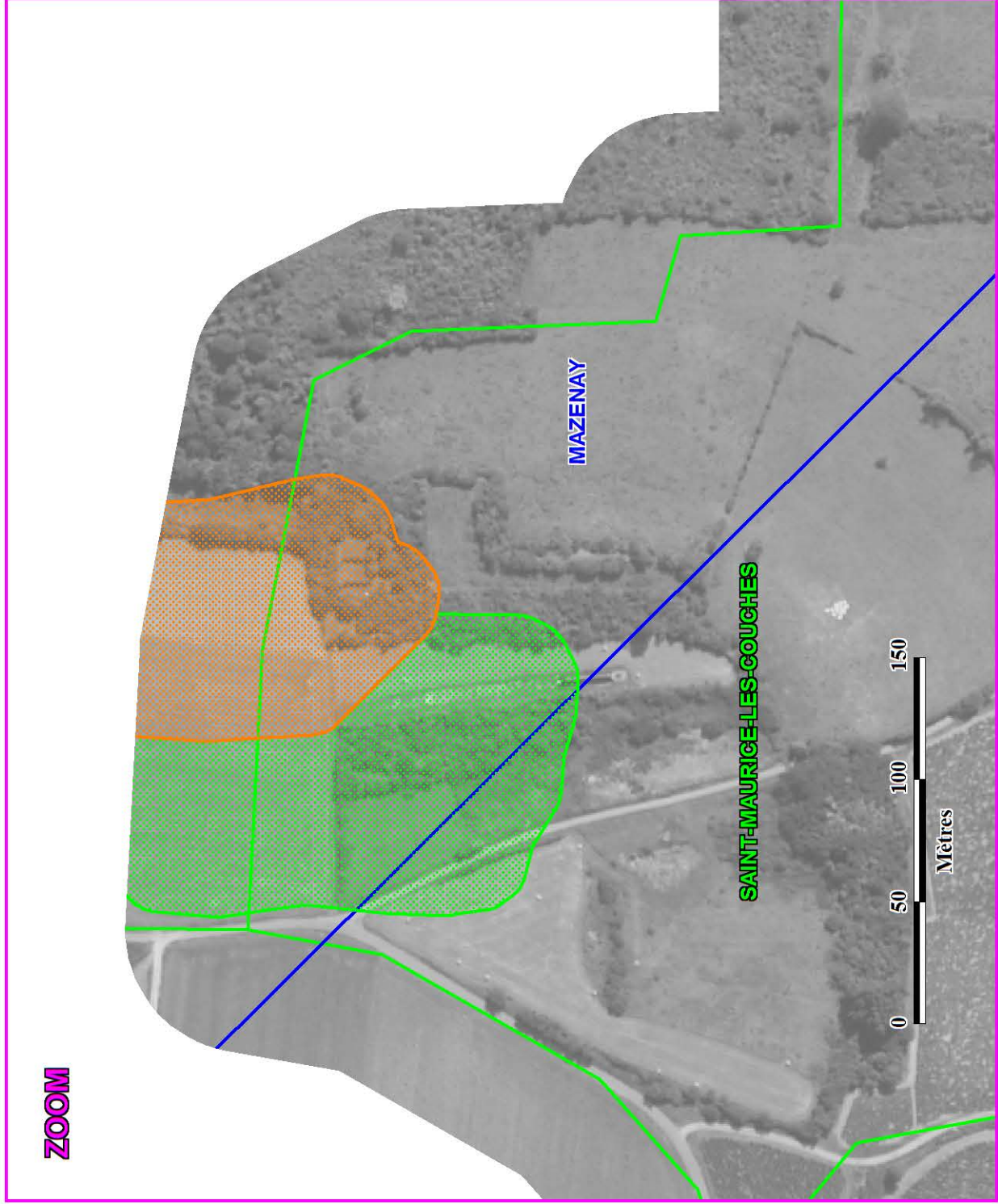
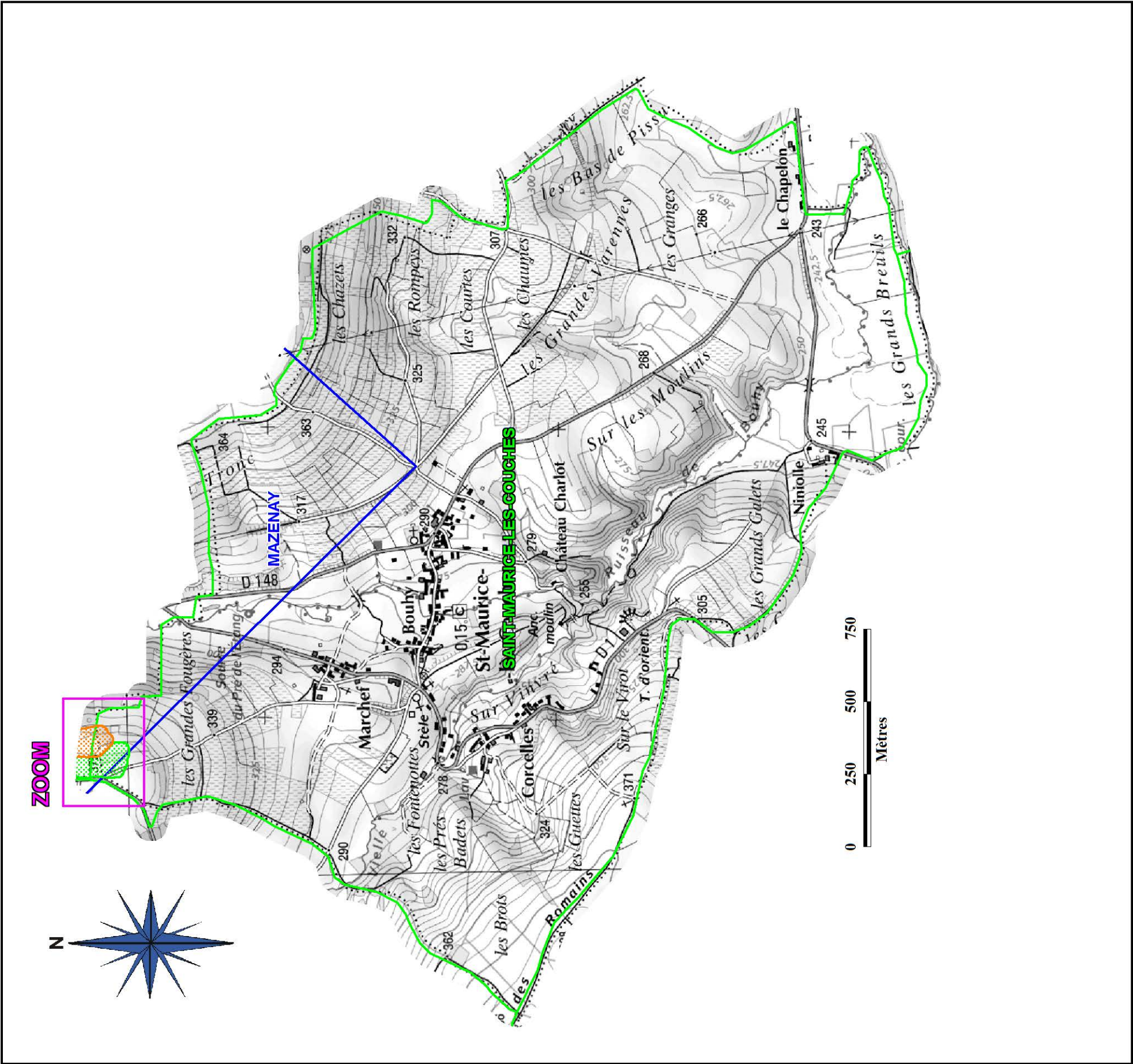
Limite de concession

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000
Zoom : 1 / 2 500

Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/MEEDM
SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/MEEDM



Commune de Saint-Sernin-du-Plain (71)

Carte de l'aléa "Effondrement localisé"

Annexe 7

Légende :

Niveaux d'aléas

Fort

Moyen

Faible

Types d'instabilités

Effondrement localisé

Points Remarquables

Entrée de galerie matérialisée

Entrée de galerie localisée

Puits matérialisé

Puits localisé

Limites administratives

Limite de commune

Limite de concession

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000

Zooms : 1 / 2 500

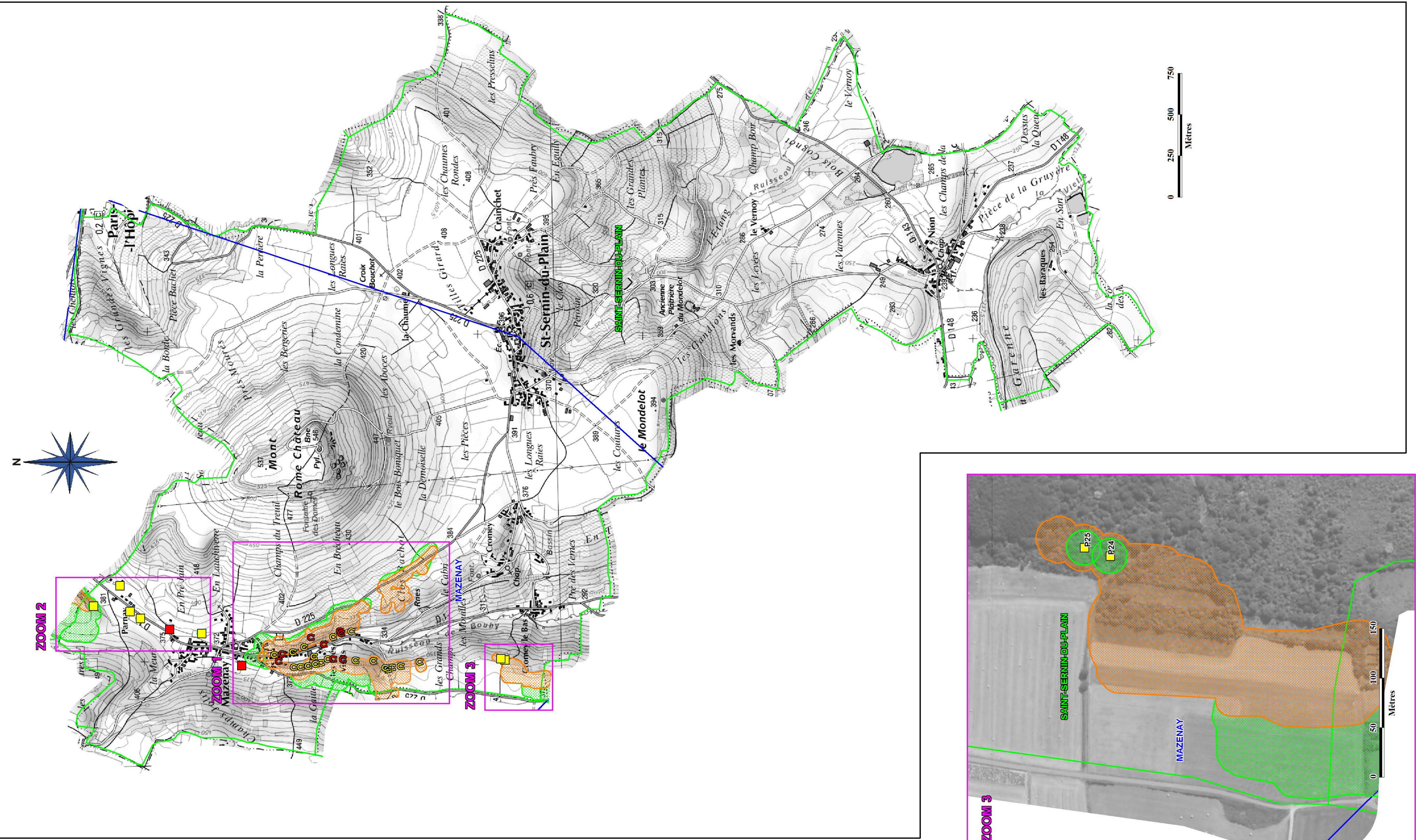
Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/MEDM

SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/MEDM

GEODERIS E2017/084DE - 17BOU22030

Août 2017



Annexe 7

Légende :

Niveaux d'aléas

	Fort
	Moy
	Faib

Types d'instabilités

 Affaissement

Points Remarquables

- Entrée de galerie matérialisée
- Entrée de galerie localisée
-  Puits matérialisé
-  Puits localisé

Limites administratives

 Limite de commune

 Limite de concession

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000
Zoom : 1 / 2 500

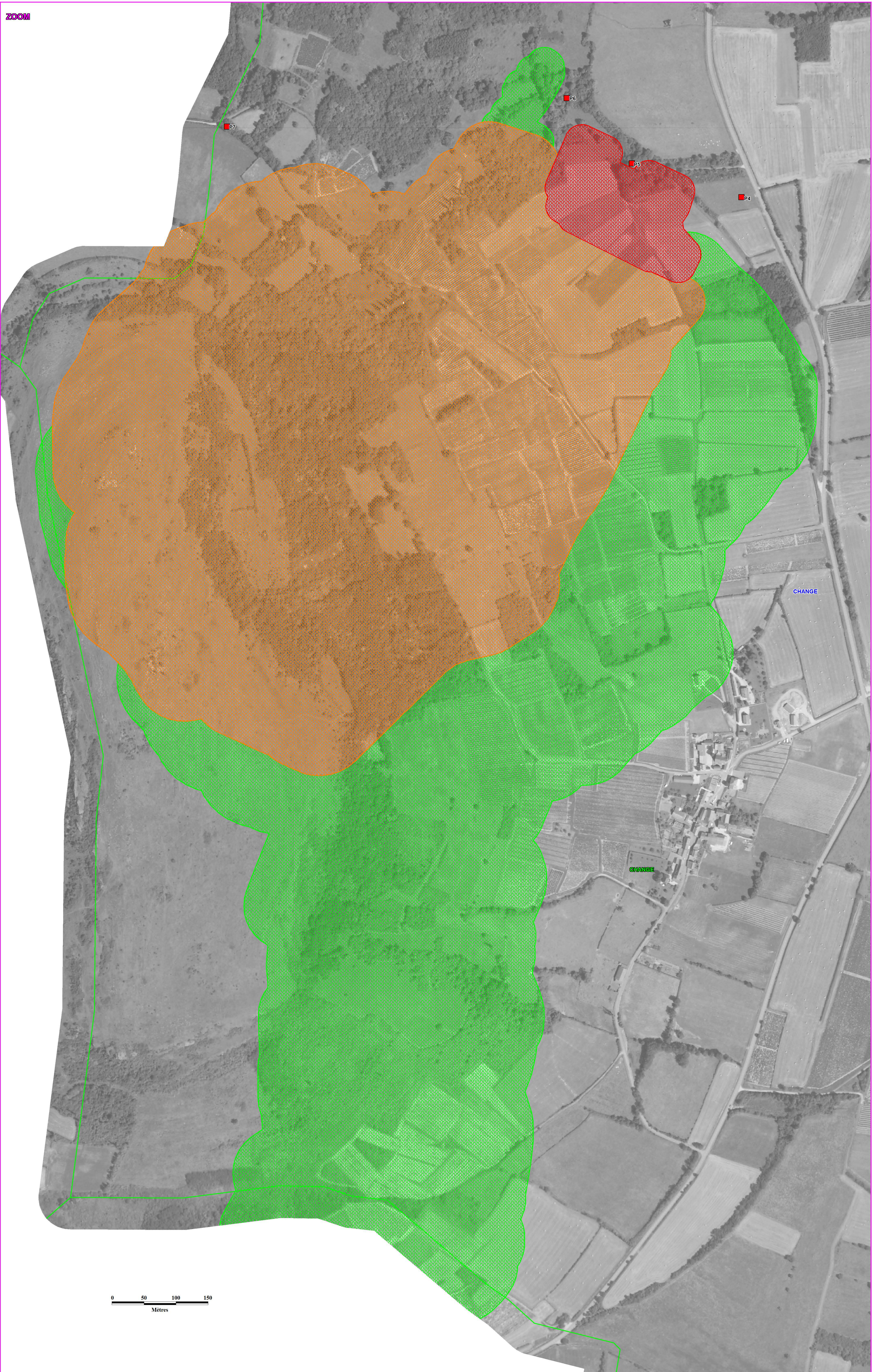
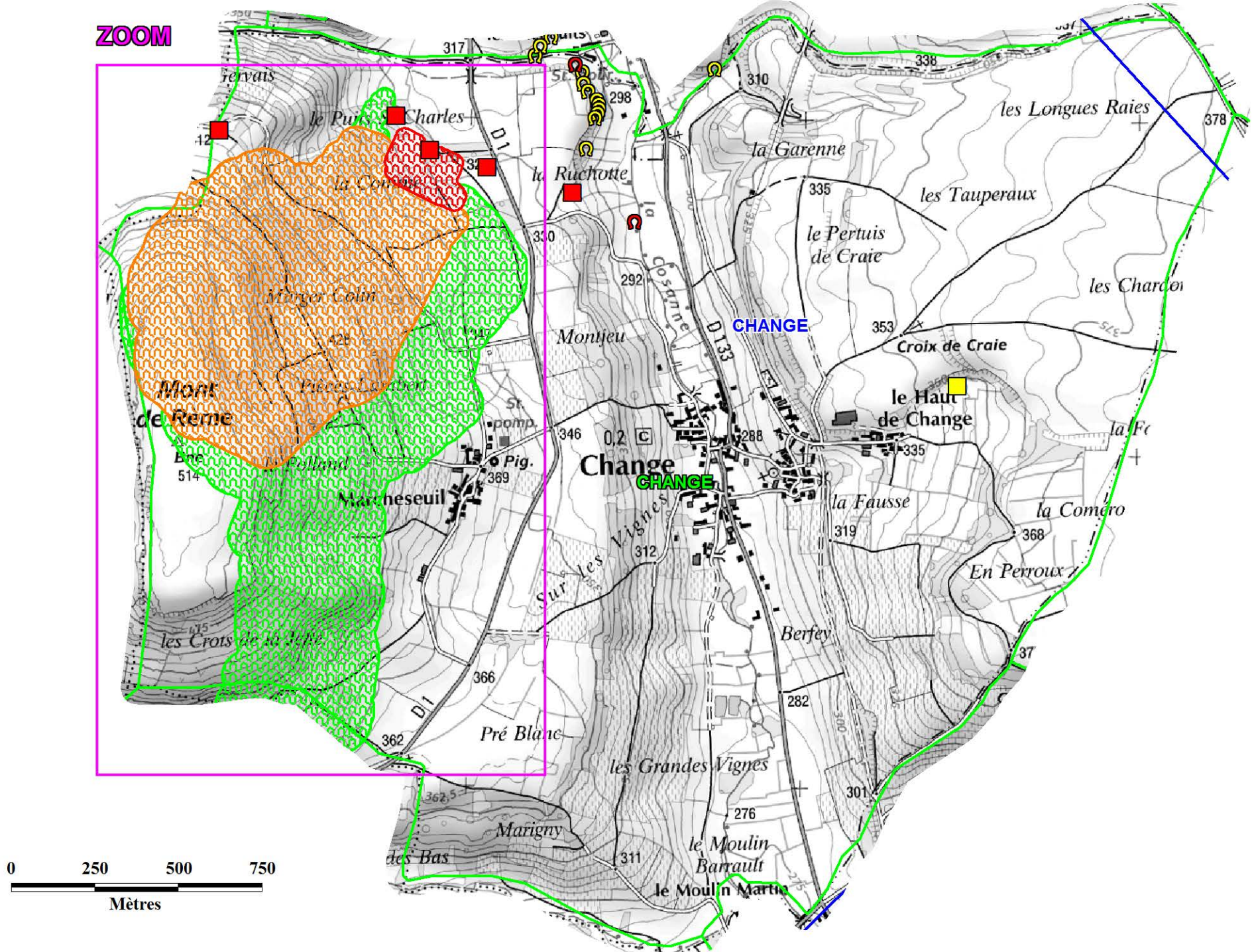
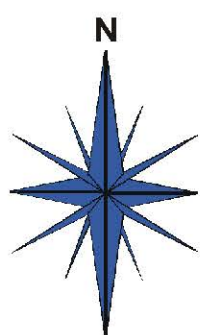
GEODERIS

Fonds cartographiques :

3D ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/MEEDM
SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/MEEDM

GEODERIS E2017/084DE - 17BOU22030

Août 2017



Commune de Creot (71)

Carte de l'aléa "Affaissement"

Annexe 7

Niveaux d'aléas

Fort

Moyen

Faible

Types d'instabilités

Affaissement

Points Remarquables

Entrée de galerie matérialisée

Entrée de galerie localisée

Puits matérialisé

Puits localisé

Limites administratives

Limite de commune

Limite de concession

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000

Zooms : 1 / 2 500

Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/MEEDM

SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/MEEDM

GEODERIS E2017/084DE - 17BOU22030

Août 2017

Commune de Epertully (71)

Carte de l'aléa "Affaissement"

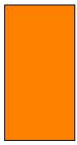
Annexe 7

Légende :

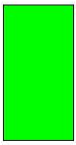
Niveaux d'aléas



Fort

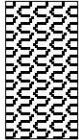


Moyen



Faible

Types d'instabilités



Affaissement

Points Remarquables



Entrée de galerie matérialisée



Entrée de galerie localisée

Puits matérialisé

Puits localisé

Limites administratives



Limite de commune



Limite de concession

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000

Zoom : 1 / 2 500



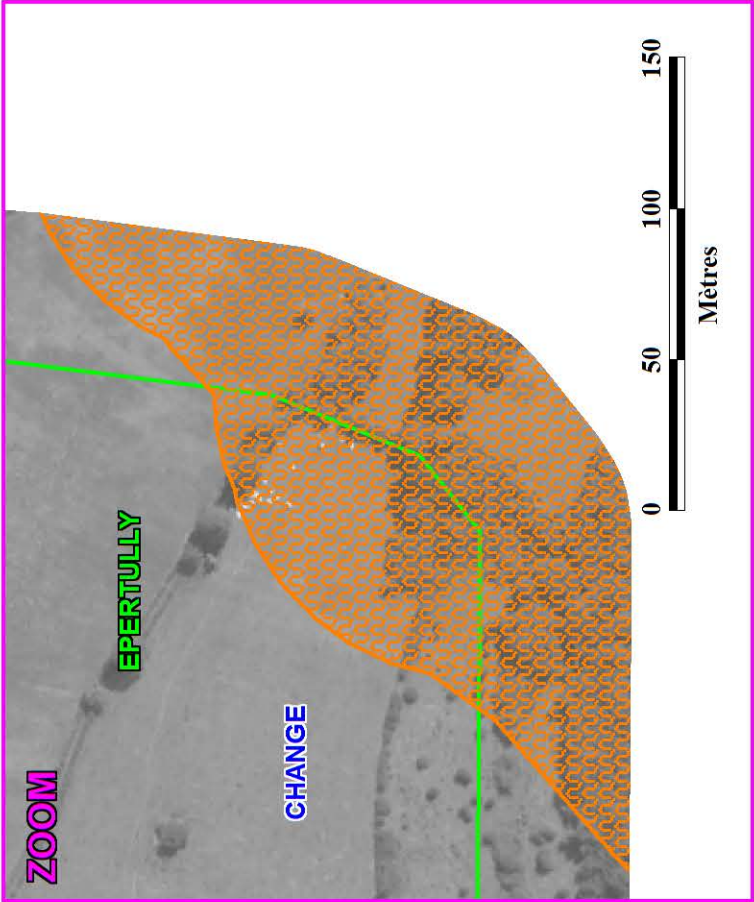
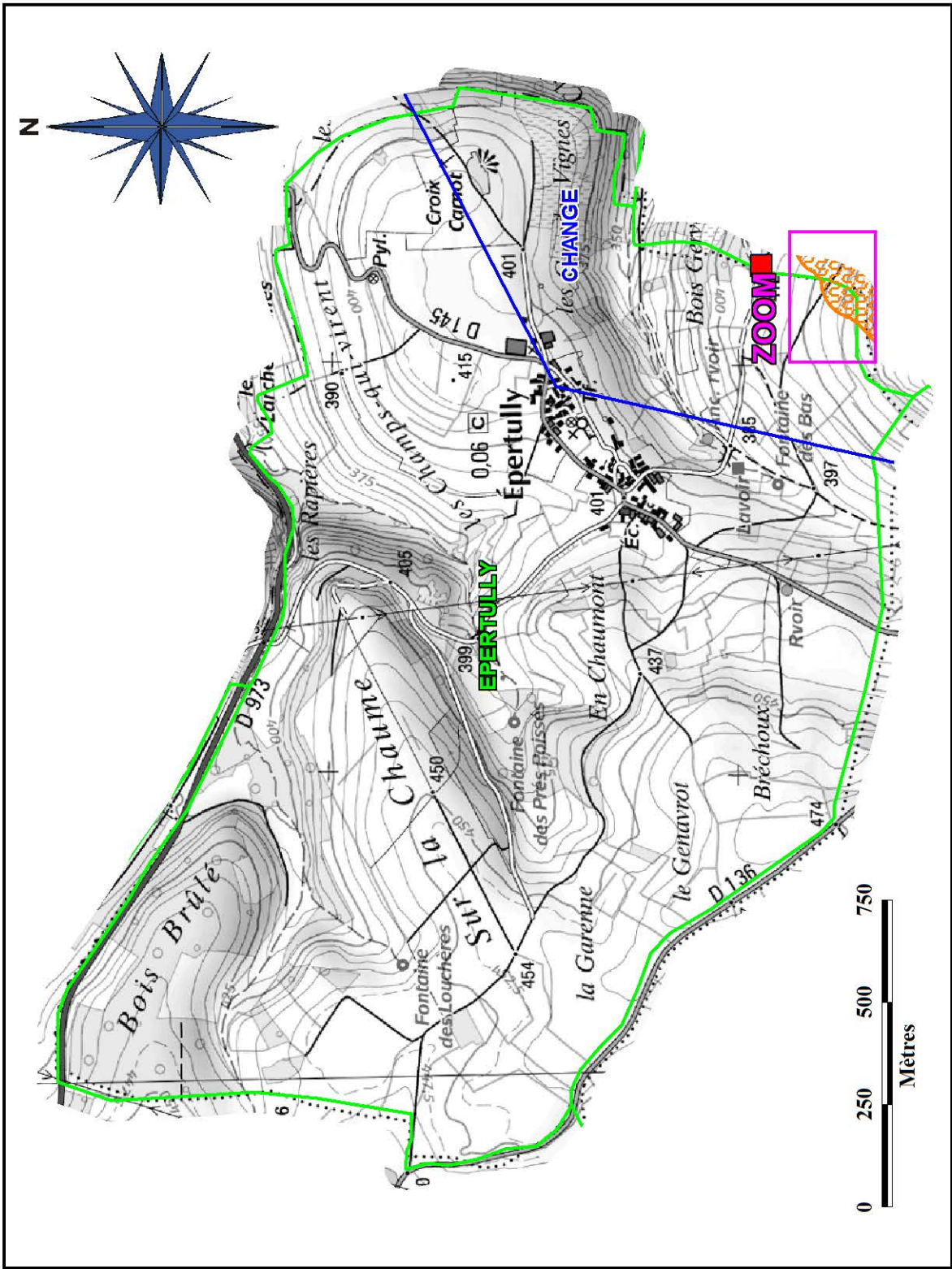
Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/MEEDM

SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/MEEDM

GEODERIS E2017/084DE - 17BOU22030

Août 2017



Commune de Saint-Gervais-sur-Couches (71)
Carte de l'aléa "Affaissement"

Annexe 7

Légende :

Niveaux d'aléas		Types d'instabilités	
	Fort		Affaissement
	Moyen		
	Faible		

Points Remarquables		Limites administratives	
	Entrée de galerie matérialisée		Limite de commune
	Entrée de galerie localisée		Limite de concession
	Puits matérialisé		
	Puits localisé		

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000
Zoom : 1 / 2 500

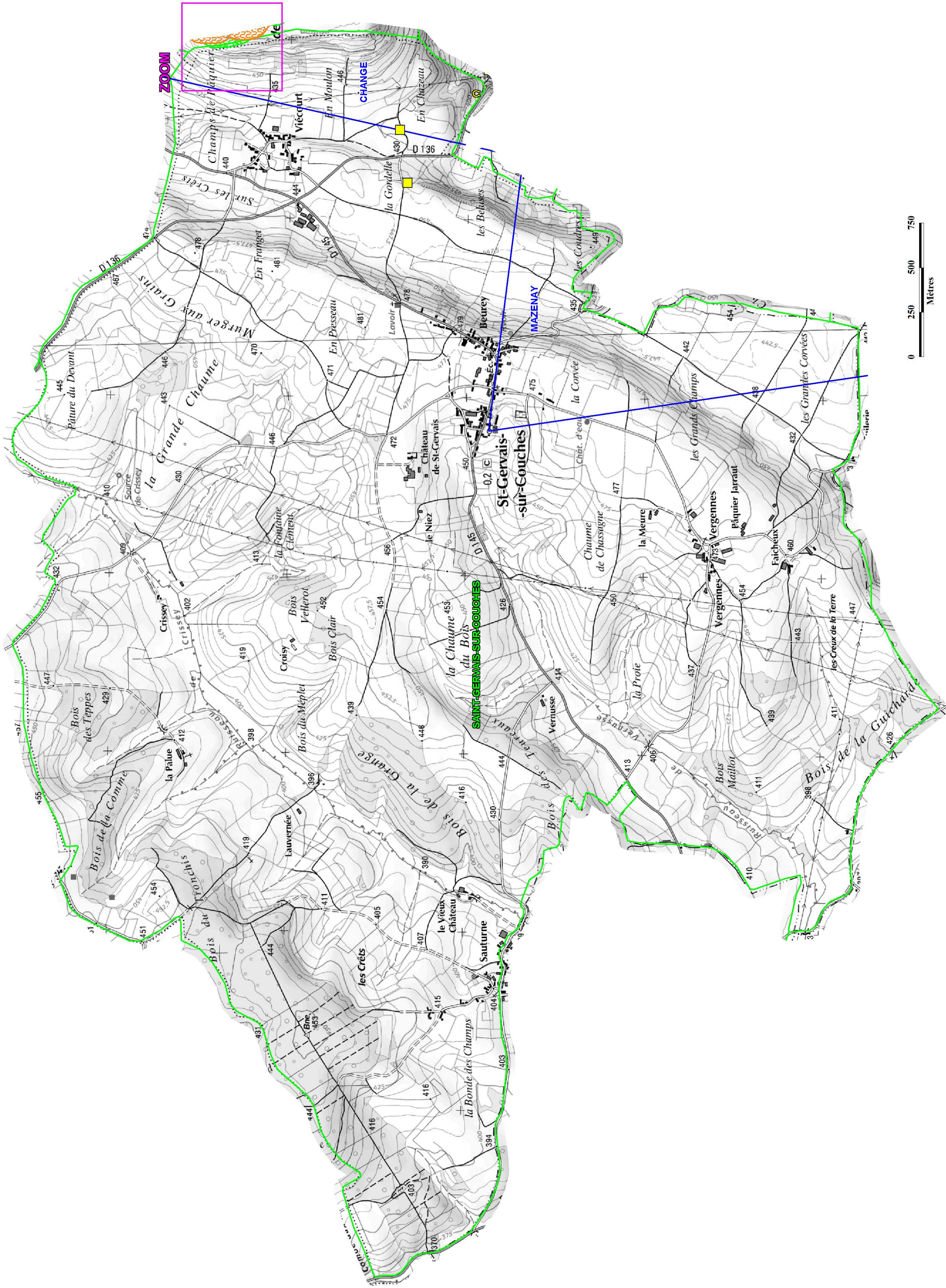
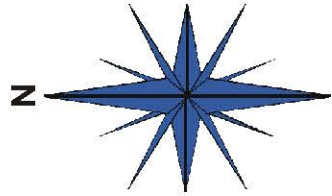
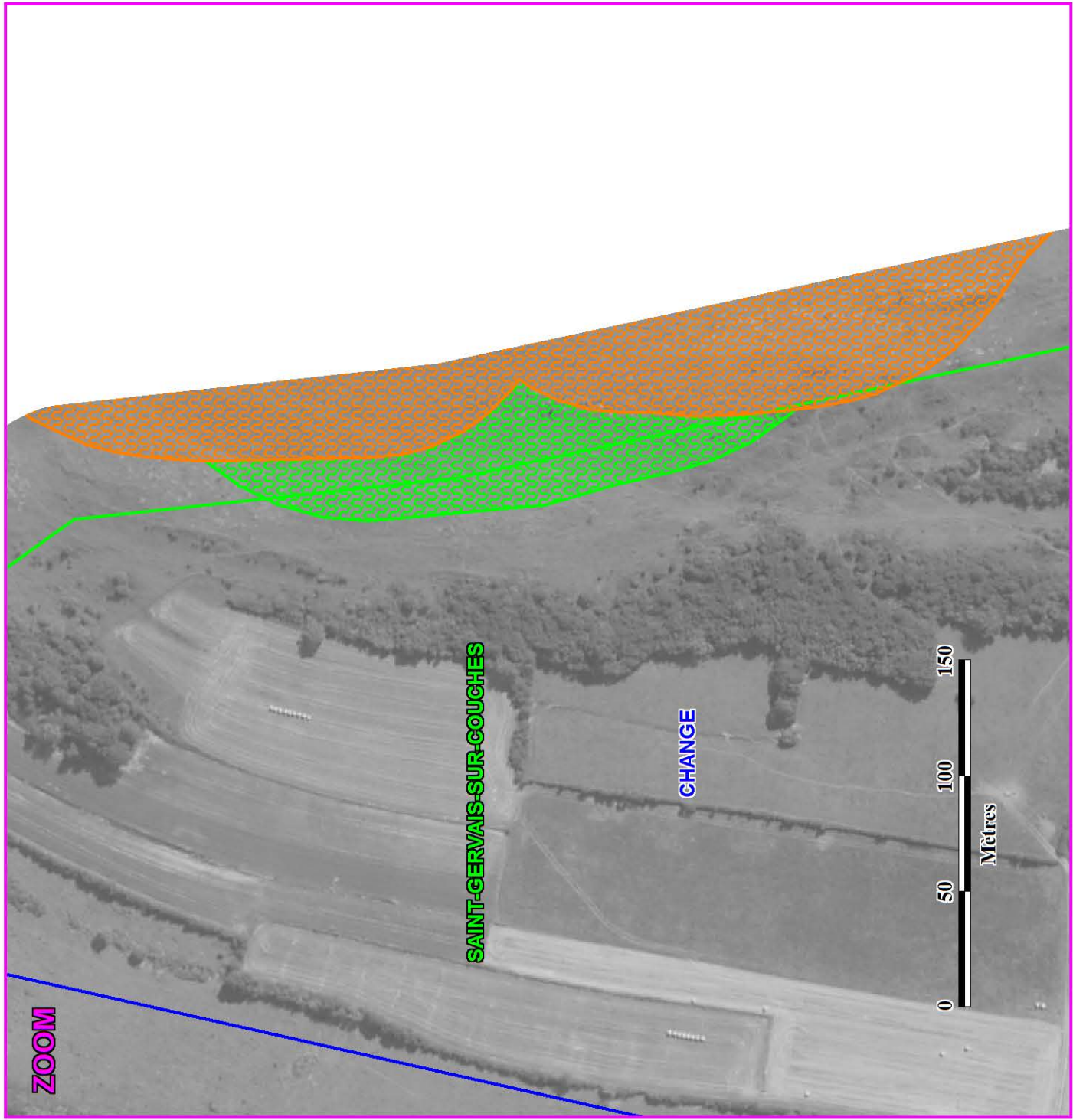


Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/MEEDM
SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/MEEDM

GEODERIS E2017/084DE - 17BOU22030

Août 2017



Commune de Saint-Sernin-du-Plain (71)

Carte de l'aléa "Affaissement"

Annexe 7

Légende :

Niveaux d'aléas

Fort

Moyen

Faible

Types d'instabilités

Affaissement

Points Remarquables

Entrée de galerie matérialisée

Entrée de galerie localisée

Puits matérialisé

Puits localisé

Limites administratives

Limite de commune

Limite de concession

Echelles

Carte de localisation : 1 / 15 000

Zoom : 1 / 2 500

Fonds cartographiques :

BD ORTHO (Lambert 93) de 2007 selon le protocole IGN/MEEDM

SCAN 25 (Lambert 93) de 2012 selon le protocole IGN/MEEDM

GEODERIS E2017084DE - 17501022030

Août 2017