

CARACTÉRISATION PHYSIOGRAPHIQUE, GÉOLOGIQUE ET PÉDOLOGIQUE DU VIGNOBLE DE BEAUNE



Étude réalisée entre février 2024 et novembre 2024 par Françoise Vannier (géologue) et Emmanuel Chevigny (géo-pédologue), avec la participation de Valentin Harang, société **adama**, pour l'ODG Beaune.

Ce rapport s'accompagne de 8 planches cartographiques à l'échelle 1/10 000 (où 1 centimètre sur la carte représente 100 mètres sur le terrain).

Étude co-financée par le Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne (BIVB).

Nous remercions particulièrement les domaines qui ont accepté le creusement d'une ou plusieurs fosses pédologiques dans leurs parcelles.



SARL au capital social de 5 000 € - APE 7112B
SIRET : 809 916 034 00014 – RCS Dijon 809 916 034
Siège social : 1 chemin de la rente neuve 21 160 Flavignerot
Tél. : +33 (0)3 80 35 31 51 – email : contact@adama-terroirs.fr

Sommaire

1.	Introduction	1
2.	La notion de terroir.....	3
3.	Le vignoble de Beaune	6
3.1.	Les appellations premiers crus.....	8
3.2.	L'appellation communale Beaune	9
3.3.	L'appellation communale Côte de Beaune.....	11
4.	Le paysage : la physiographie du vignoble	12
4.1.	Le secteur d'étude.....	12
4.2.	L'altitude	14
4.3.	Les pentes	17
4.4.	Les expositions	21
4.5.	Insolation directe théorique	23
4.6.	Un paysage typique de la Côte	26
5.	La géologie : connaissance du sous-sol.....	28
5.1.	État des lieux : la Bourgogne et son sous-sol argilo-calcaire	28
5.2.	L'histoire géologique : la lente création des terroirs	28
5.2.1.	L'histoire anté-Jurassique	31
5.2.2.	Le dépôt des sédiments	31
5.2.3.	La création du relief de la Côte.....	33
5.2.4.	Les formations superficielles	36
5.3.	Les roches constitutives du sous-sol de l'appellation	38
5.3.1.	Calcaires de Comblanchien.....	40
5.3.2.	Calcaires de Dijon-Corton et marnes à <i>Digonella divionensis</i>	41
5.3.3.	Calcaires de Ladoix.....	44
5.3.4.	Bancs repères : Oolithe Ferrugineuse <i>s.l.</i>	46
5.3.5.	Marnes et calcaires argileux.....	47
5.3.6.	Calcaires variés : blancs, ocre microcristallins, oolithiques, bioclastiques et graveleux, localement dolomitisés.....	49
5.3.7.	Calcaires bioclastiques, oolithiques, graveleux ou fins.....	57
5.3.8.	Marnes de Chevrey-Pommard	60
5.3.9.	Calcaires fins à lithographiques	61
5.3.10.	Dépôts de conglomérats et marneux de couleur rose saumon à rougeâtre.....	63
5.3.11.	Marnes de Bresse.....	68
5.3.12.	Alluvions anciennes.....	70
5.3.13.	Alluvions proximales anciennes (cônes de déjection)	71
5.3.14.	Colluvions cryoclastiques ou Grèzes Litées	72
5.3.15.	Colluvions de versant.....	75
5.3.16.	Colluvions de fond de vallon	75
5.4.	La cartographie géologique du vignoble de Beaune.....	78
5.4.1.	Les données disponibles	78
5.4.2.	Méthode d'acquisition	81
5.4.3.	Résultats.....	83
6.	La pédologie : connaissance du sol	97
6.1.	Quelques fondamentaux sur les sols viticoles	97
6.2.	Cartographie des sols : outils et méthodes.....	99
6.3.	Les sols du vignoble de Beaune.....	103
6.3.1.	Les données existantes.....	103
6.3.2.	Cartographie du secteur d'étude à l'échelle 1/10 000	106
6.3.3.	Les sols issus de l'altération de formations calcaires.....	110
6.3.4.	Les sols sur formations marneuses.....	120
6.3.5.	Les sols sur formations colluviales	127
6.3.6.	Les sols sur formations alluviales	141
6.4.	Le sol, une composante importante du terroir	155
6.4.1.	Les sols du vignoble de Beaune.....	155
6.4.2.	Niveaux d'AOP et diversité des sols.....	157
7.	Conclusions	160
	Bibliographie.....	162

Liste des abréviations

AFES : Association Française de l'Etude des Sols

BIVB : Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CA : Calcaire actif

CT : Calcaire total

EDS : Etat de Surface du Sol

HCl : Acide chlorhydrique

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

INAO : Institut National de l'Origine et de la qualité

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

IR : Interrang

LD : lieu-dit

MNT : Modèle Numérique de Terrain

MO : Matières Organiques

OIV : Office International de la Vigne et du Vin

RPF : Référentiel Pédologique Français

Rg : Rang

SIG : Système d'Information Géographique

UCS : Unité Cartographique de Sol

UTS : Unité Typologique de Sol

1. Introduction

Le vignoble étudié s'étend exclusivement sur la commune de Beaune (Figure 1), dans la partie septentrionale de la Côte de Beaune, entre les appellations Savigny-lès-Beaune et Chorey-les-Beaune au Nord, et Pommard au Sud. Une caractérisation détaillée du paysage, du sous-sol et des sols du secteur d'étude a été menée, afin de caractériser les spécificités naturelles du terroir à l'échelle des lieux-dits et des « climats » bourguignons. Ce travail a été réalisé à l'échelle 1/10 000, où un centimètre sur la carte représente cent mètres sur le terrain, pour avoir à la fois avec une vue d'ensemble de l'appellation et une bonne connaissance de chacun des « climats ».

Le paysage contribue largement à la différenciation des terroirs viticoles, et notamment à l'individualisation des « climats » bourguignons. La forme du relief, l'altitude, la pente, l'exposition, l'insolation, tous ces facteurs influencent directement et indirectement les caractéristiques naturelles du terroir. Ces paramètres vont également conditionner des variations climatiques locales. Il est donc nécessaire de bien connaître les spécificités du paysage viticole d'une appellation afin de mieux appréhender les subtiles nuances qui existent d'un « climat » à l'autre. Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) (RGEALTI® 5m, IGN) a servi de base pour l'étude du paysage, et quatre paramètres ont été étudiés : l'altitude, la pente, l'exposition et l'insolation directe théorique (calculée pour la période végétative de la vigne). Les résultats sont illustrés par des cartes indiquant les tendances à l'échelle du vignoble beaunois et des tableaux de valeurs spécifiant les particularités de chaque « climat ».

La connaissance précise du paysage est un point de départ fondamental pour envisager une bonne appréhension de la typicité de chaque « climat » ; elle ne suffit cependant pas à tout expliquer. Les composantes du sol et du sous-sol doivent nécessairement être prises en compte. Une étude détaillée du substrat géologique, à l'échelle de 1/10 000, contribue à une connaissance plus fine des terroirs viticoles, en révélant la mosaïque géologique du vignoble de Beaune. Chaque faciès identifié est décrit et localisé précisément, et replacé dans le contexte géologique régional. L'étude pédologique menée à cette même échelle a pour objectif d'identifier et de caractériser les variations des propriétés physiques et chimiques des sols. La spatialisation de l'information sous forme d'une carte des sols permet de cartographier les unités de sols présentant des caractéristiques agro-pédologiques particulières. Les résultats sont synthétisés sur une carte géologique et une carte pédologique, toujours à l'échelle de 1/10 000.

L'information géologique disponible à l'échelle 1/50 000 (carte du BRGM, Bureau de Recherches Géologiques et Minières) n'est pas toujours adaptée à la taille des éléments étudiés : les « climats ». C'est encore plus flagrant pour la carte pédologique à l'échelle 1/100 000 (carte éditée par INRAe (Institut National de la Recherche Agronomique) qui ne peut pas rendre compte de la diversité des sols à l'échelle des « climats ». Il est alors nécessaire de cartographier la zone du vignoble à une échelle plus précise, de 1/10 000, car la taille des « climats » est très inférieure à la précision de la carte, et d'élaborer un document dont l'échelle est adaptée aux problématiques viticoles. La cartographie des sols et des sous-sols fournit des informations à l'échelle des « climats », mais donne également des résultats plus généraux, sur la diversité de la zone étudiée.

La connaissance précise des paramètres du paysage et de la nature et de l'agencement du sous-sol et du sol est une aide indispensable à la transcription de ressentis ou d'observations sur le terrain bien connus des vigneron. Le vignoble beaunois peut donc être plus aisément caractérisé, à la fois dans son ensemble et pour chacun des différents secteurs.

Enfin, la présentation de ce rapport reflète une volonté d'éviter au maximum un « jargon » truffé de termes techniques, et de présenter le plus simplement possible les notions pour que le lecteur qui n'est pas spécialiste de géologie et de pédologie (= science du sol) puisse s'appropriier les résultats présentés.

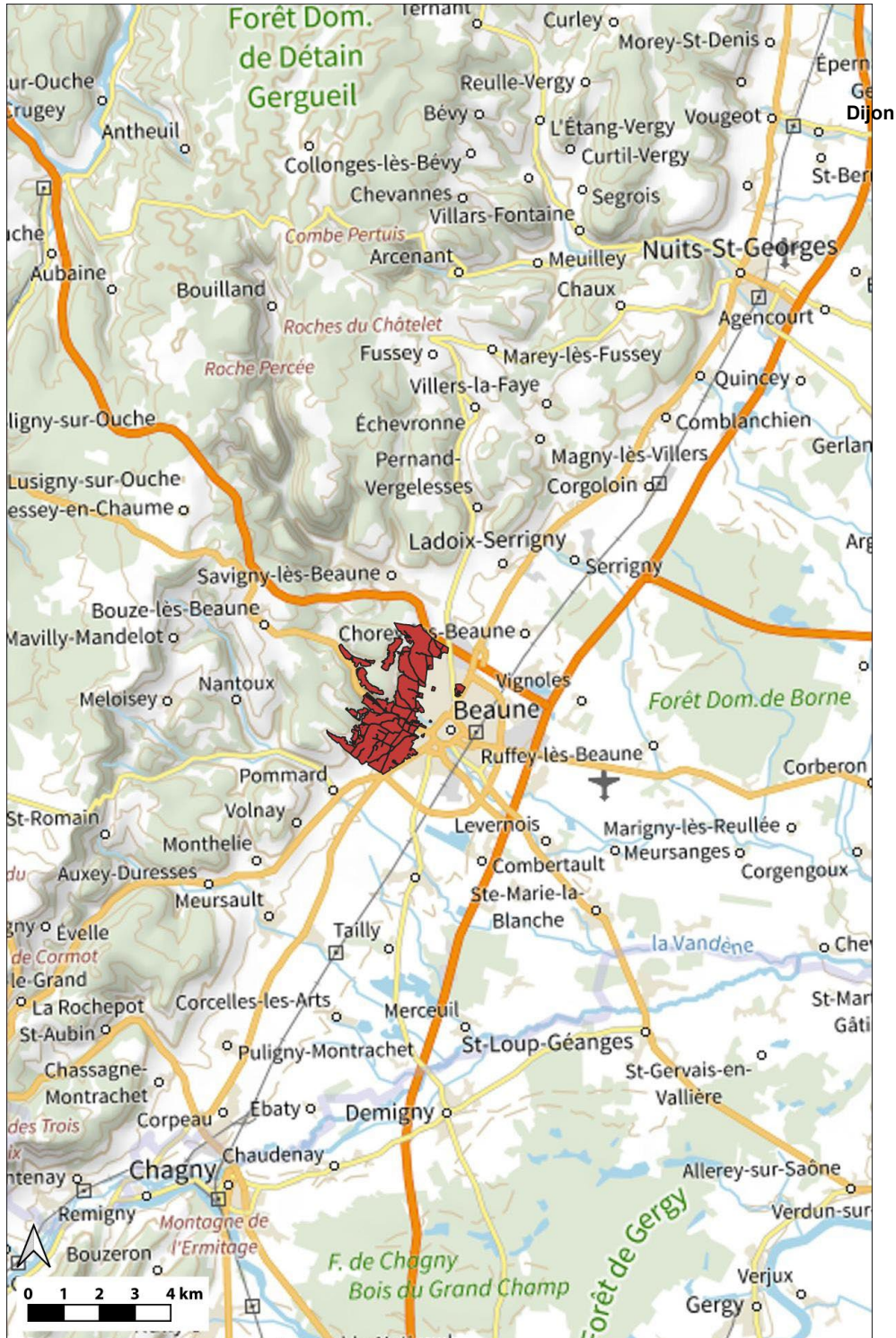


Figure 1 : Localisation de l'aire d'étude (en rouge)
(source : Plan IGN V2.0 - Géoplatfrom-raster)

2. La notion de terroir

Le terme terroir est si fréquemment utilisé depuis quelques années, si couramment associé à la production viticole, que nous sommes tous persuadés d'en maîtriser la signification, et qu'il est rare de se questionner sur son sens exact. Pourtant, il est simple de faire le test en demandant à plusieurs personnes la définition du mot « terroir ». Tous donneront immédiatement un lien avec le sol, la « terre ». Mais au-delà de ce squelette commun, chacun selon sa profession, sa sensibilité, son vécu, vous définira SA vision du terroir. Il est donc nécessaire de préciser ce qui sera dans ce rapport entendu par « terroir ».

Le terroir n'existe que par son expression au travers d'un produit. C'est ce produit qui valorise un lieu comme étant un terroir qualitatif. Toutefois le terroir ne se limite pas aux seules influences du lieu : le sol, le sous-sol, les caractéristiques du paysage (pente, altitude, exposition, conditions climatiques régionales et locales...). Au contraire du territoire (surface délimitée de terre sur laquelle vit un groupe humain), le terroir n'existe qu'au travers de l'action humaine. L'Homme et son environnement interagissent de manière complexe pour donner un produit typique.

Les terroirs ont une histoire, ils se sont élaborés au fil des temps géologiques et de l'histoire de leur occupation par l'homme, ont été révélés et hiérarchisés par les caractéristiques des produits qui en sont issus. Les terroirs actuels sont le résultat d'évènements successifs et liés entre eux. Pour comprendre, il faut essayer de caractériser chaque épisode de la lente et complexe mise en place du terroir.

L'expression du terroir est donc la conséquence d'effets directs et indirects d'une série de paramètres physiques et anthropiques qui sont plus ou moins interdépendants. C'est une notion transdisciplinaire. Il n'est pas réaliste de chercher à comprendre le terroir en ne considérant qu'un seul des nombreux paramètres impliqués dans le terroir. Contrairement à une idée trop répandue, la géologie n'explique donc pas à elle seule toute la diversité des terroirs en Bourgogne !

L'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) donne une définition du terroir en 1998 : « *Un terroir est un agrécosystème caractérisé, doté d'une capacité à donner des produits particuliers auxquels il confère une originalité et un caractère propre. [Il est] un système d'interactions complexes entre un ensemble d'actions et de techniques conduites par des hommes, une production agricole et un milieu physique à valoriser par un produit auquel il confère une originalité particulière.* » (Salette, 1998)

En 2006, la définition est précisée (INRA, INAO). Le terroir devient ainsi « *Un espace géographique délimité dans lequel une communauté humaine construit, au cours de son histoire, un savoir collectif de production fondé sur un système d'interactions entre un milieu physique et biologique, et un ensemble de facteurs humains. Les itinéraires techniques ainsi mis en jeu révèlent une originalité, confèrent une typicité et aboutissent à une réputation pour un bien originaire de cet espace géographique.* »

L'OIV (Office International de la Vigne et du Vin) a donné en 2010 une définition du terroir vitivinicole adoptée par tous les états membres, qui fait donc foi à ce jour (Figure 2) (OIV, 2010).

RESOLUTION OIV/VITI 333/2010

DEFINITION DU « TERROIR » VITIVINICOLE

L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE,

Considérant les travaux de la Commission I « Viticulture » et du groupe d'experts « Environnement viticole et évolution climatique », après avoir pris connaissance des communications présentées au Symposium International sur les Terroirs et Paysages organisé à Bordeaux et Montpellier en 2006 sous le patronage de l'OIV,

CONSIDÉRANT qu'une définition du « terroir » vitivinicole aiderait à la mise en œuvre de la Résolution VITI/04/2006 et améliorerait la communication au sein du secteur vitivinicole,

CONSIDÉRANT les retombées économiques et culturelles liées au zonage vitivinicole et à l'utilisation du concept de « terroir » ;

CONSIDÉRANT que cette définition est destinée à être utilisée à des fins descriptives par le secteur vitivinicole,

CONSIDÉRANT qu'une fois qu'un « terroir » est décrit, il peut contribuer à la reconnaissance des produits vitivinicoles issus de ce « terroir »,

CONSIDÉRANT le besoin de prévenir la confusion entre la définition descriptive de « terroir » et la définition juridique d'une Indication Géographique,

DECIDE d'adopter la suivante définition de « terroir » vitivinicole :

Le « terroir » vitivinicole est un concept qui se réfère à un espace sur lequel se développe un savoir collectif des interactions entre un milieu physique et biologique identifiable et les pratiques vitivinicoles appliquées, qui confèrent des caractéristiques distinctives aux produits originaires de cet espace.

Le « terroir » inclut des caractéristiques spécifiques du sol, de la topographie, du climat, du paysage et de la biodiversité.

*Exemplaire certifié conforme
Tbilissi, le 25 juin 2010
Le Directeur Général de l'OIV
Secrétaire de l'Assemblée Générale*

Federico CASTELLUCCI

Figure 2 : Définition du terroir vitivinicole
(OIV, 2010)

Le terme « terroir » est ancien (XIII^{ème} siècle). Il est utilisé pour désigner les caractéristiques d'un vin depuis le XVI^{ème} siècle, mais son sens a évolué au cours du temps. L'expression « vin de terroir » est en effet synonyme de vin de petite qualité jusque dans la première moitié du XX^{ème} siècle.

La notion de terroir implique une spécificité des conditions du lieu et des actions humaines pour une parcelle donnée (sous-sol, pente, conditions climatiques locales, mais également les pratiques à la vigne au cours de l'Histoire). La typicité des paramètres environnementaux et humains génère l'unicité de chaque terroir individualisé, ce qui permet leur revendication, et limite de ce fait la « copie » par le viticulteur voisin ou à l'autre bout du monde.

Ignorant la définition du terroir reconnue par la communauté scientifique, la mode actuelle est au terroir « naturel ». Un certain type de communication suggère que seuls les facteurs naturels permettent l'expression du terroir. Ce serait ignorer, voire mépriser tout autant le rôle du viticulteur que l'héritage historique des parcelles concernées. Certes, les terroirs viticoles bourguignons résultent d'une longue histoire géologique qui a déterminé la nature des roches du sous-sol et leur agencement ainsi que la morphologie du paysage. Bien sûr, les conditions climatiques régionales et locales (par exemple des circulations d'air au débouché d'une vallée) ont une influence sur le terroir. L'essentiel des facteurs reste lié à l'action de l'homme. **Le terroir est certes un lieu avec des caractéristiques spécifiques, mais reste un lieu mis en valeur par l'homme** (quelles que soient les façons de le « mettre en valeur »). Action sur son milieu, action sur la plante, action au cours du temps, qui se marque dans le secteur de Beaune depuis des siècles, action sur l'élaboration du vin, action du consommateur qui va au fil des générations privilégier des caractéristiques variables pour la qualité d'un vin.

Le terroir, qui inclut si fortement les influences humaines ne peut pas être figé dans le temps. La notion est nécessairement dynamique, vouée à évoluer au gré du contexte d'une époque donnée.

3. Le vignoble de Beaune

Situé dans la partie septentrionale de la Côte de Beaune (Figure 3), entre les appellations Savigny-lès-Beaune et Chorey-lès-Beaune, au Nord, et Pommard, au Sud (Figure 1), le secteur étudié s'étend sur la commune de Beaune, sur les secteurs en appellation Beaune premier cru et les appellations communales Beaune et Côte de Beaune. Les appellations génériques présentes sur le territoire de Beaune n'ont pas été traitées dans cette étude.

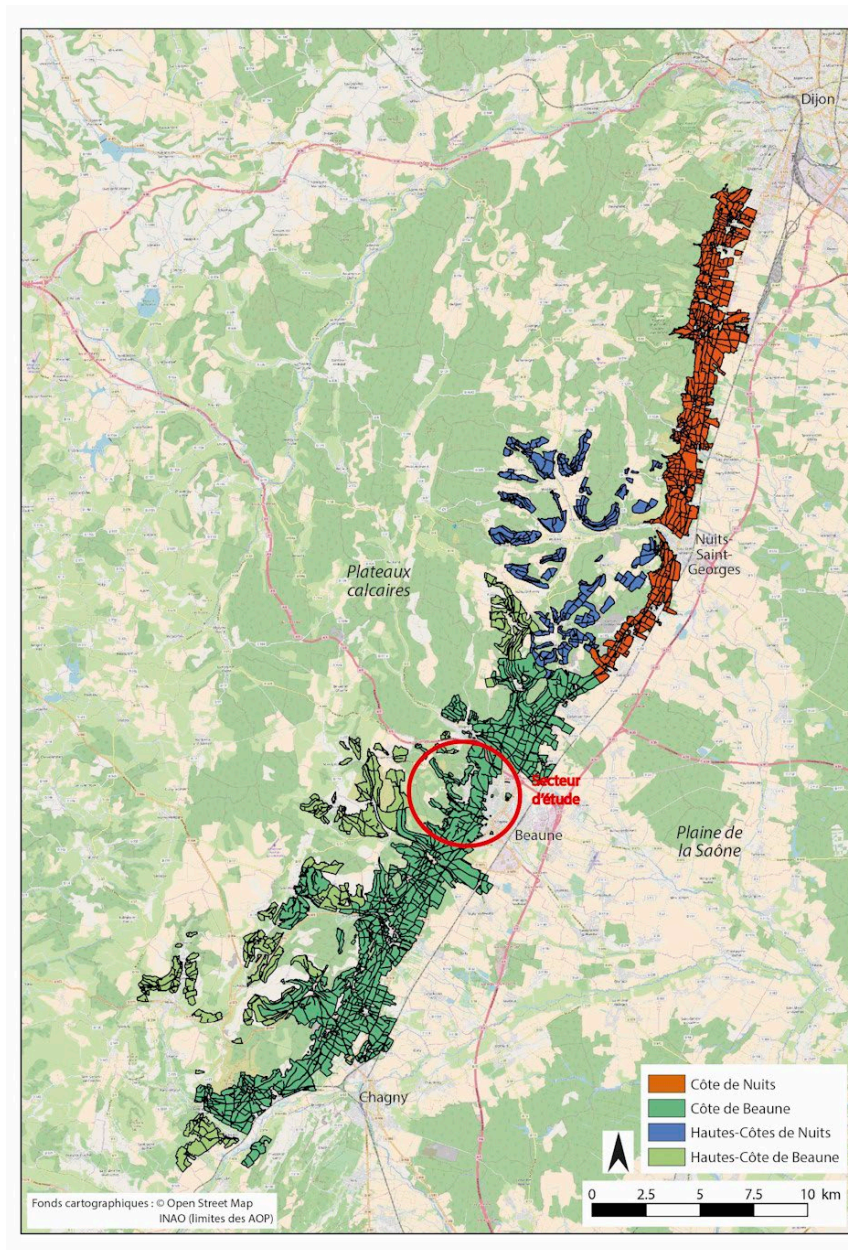


Figure 3 : Localisation du secteur d'étude (cercle rouge) sur la Côte viticole

Tous les niveaux d'AOP du secteur d'étude, Beaune premier cru, Beaune et Côte de Beaune, produisent des vins rouges à partir du cépage Pinot Noir (N), mais également des vins blancs avec comme cépage principal le Chardonnay (C). Les vins rouges sont très largement majoritaires (plus de trois-quarts du vignoble) pour

les AOP Beaune et Beaune premier cru, alors que pour l'AOP Côte de Beaune l'équilibre entre les rouges et les blancs est presque atteint, avec une légère dominance des vins blancs. Les limites des niveaux d'appellations utilisées dans le cadre de cette étude correspondent aux données mises à disposition par l'INAO (version août 2024) (Figure 4 et Planche 1).

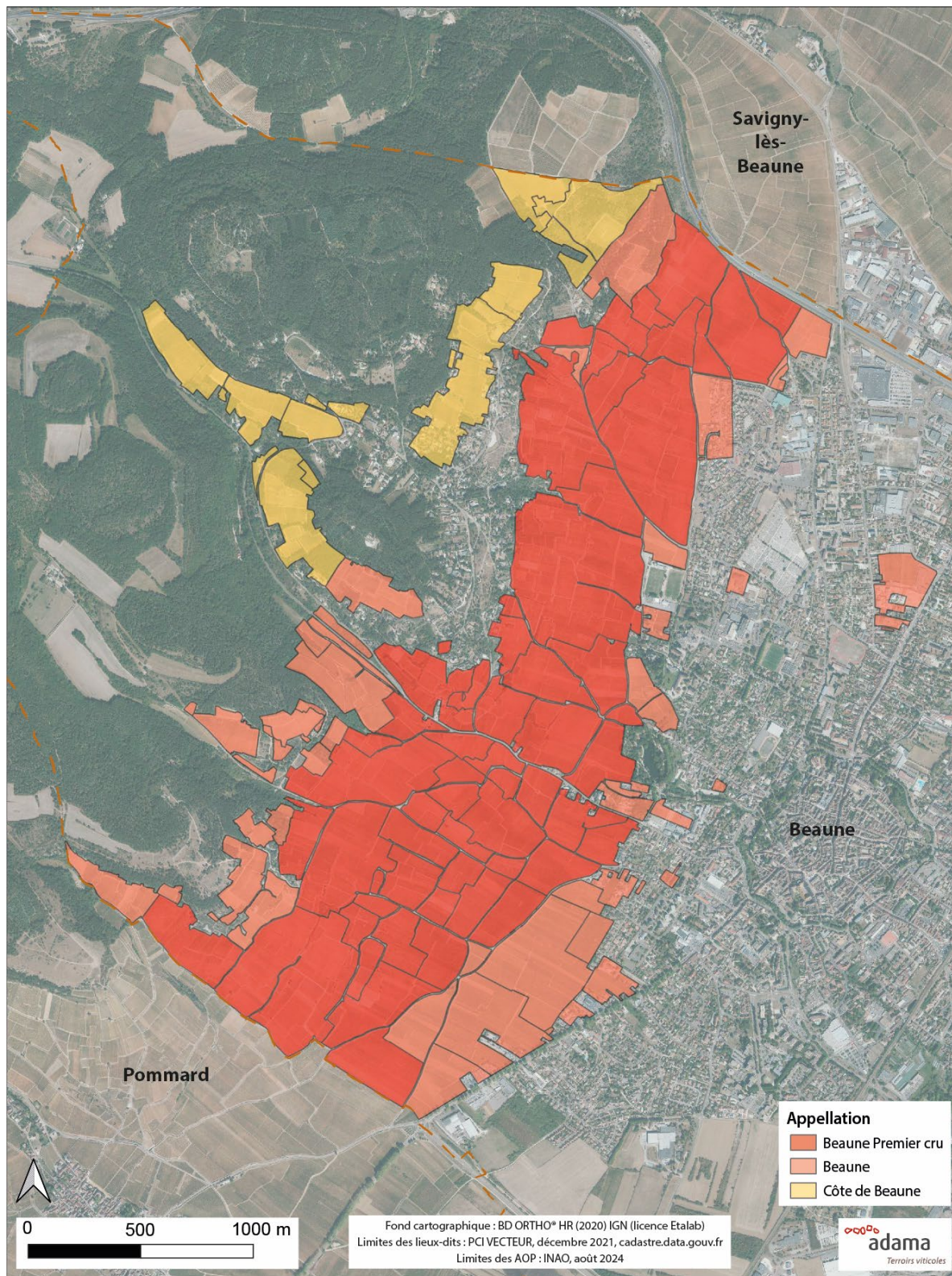


Figure 4. Carte des niveaux d'appellations étudiés du vignoble de Beaune

L'aire d'étude en appellation couvre une superficie totale de **539,1 hectares** (sources INAO, août 2024). La distribution des niveaux d'appellation est assez variable puisque la majeure partie du vignoble, environ deux-tiers de la superficie (335ha 48a), produit des vins en appellation Beaune premier cru (Figure 5). En second lieu, ce sont les surfaces en appellation communale Beaune qui couvrent environ un quart (138ha 28a) de la superficie en appellation ; alors que l'appellation communale Côte de Beaune occupe seulement un peu plus d'un dixième (65ha 32a) du vignoble étudié.

La superficie de chaque « climat » étudié est détaillée en Annexe 1.

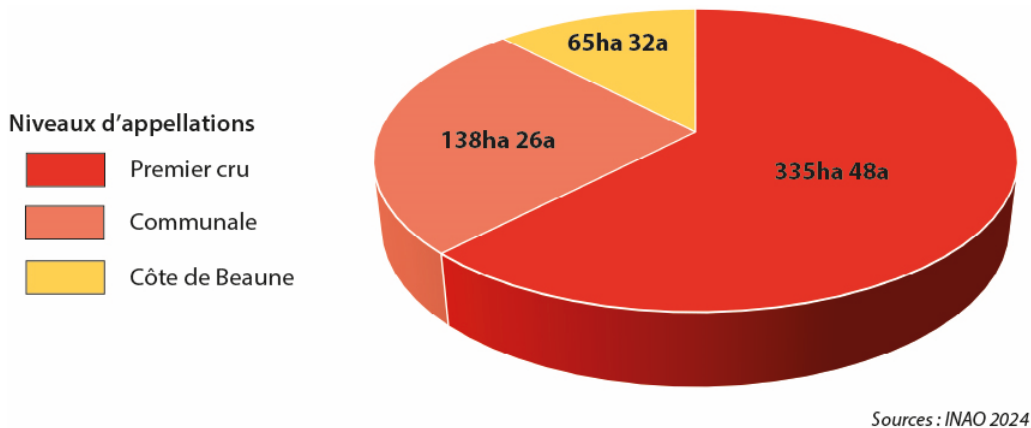


Figure 5. Superficies des différents niveaux d'appellation étudiés pour le vignoble de Beaune

3.1. Les appellations premiers crus

Les « climats » en AOP premier cru, au nombre de quarante-deux, portent généralement les noms éponymes des lieux-dits (LD) sur lesquels ils se situent avec quelques exceptions (climat Les Fèves sur LD À l'Écu *pro parte*, climat Clos de la Féguine sur LD Aux Coucheries, climat Champs Pimont sur LD Les Longes *pro parte*, climat Clos des Avaux sur LD Champs Pimont *pro parte*, climat Clos des Ursules sur LD les Vignes Franches). Ils se distribuent dans des contextes géomorphologiques variés puisque l'on peut les observer en position de versant, de bas de versant ou bien encore en secteur de plaine (Figure 4). Ils sont souvent « encadrés » à l'amont et à l'aval par des secteurs en appellation communale, et dans la partie centrale du vignoble directement au contact des zones urbanisées, en haut et en bas du versant.

Les premiers crus s'étendent sur une superficie de **335,5 hectares** représentant presque deux-tiers du vignoble beaunois étudié (Figure 5). Les quarante-deux climats possèdent des superficies très variables, puisque le plus petit d'entre eux occupe seulement 0,77 hectares (Sur les Grèves – Clos Saint-Anne) alors que le plus vaste couvre plus de 31 hectares (les Grèves) (Figure 6). La moitié des climats a une superficie inférieure à 5 hectares alors que quatre d'entre eux présentent de vastes surfaces, supérieures à 20 hectares (les Teurons, les Cents Vignes, le Clos des Mouches, les Grèves). Les autres climats ont des superficies comprises entre 6 et 19 hectares. Les premiers crus présentent une superficie moyenne de 8,0 hectares et une surface médiane de 5,0 hectares ; ce qui montre bien que les climats en AOP premier cru sont majoritairement de taille moyenne.

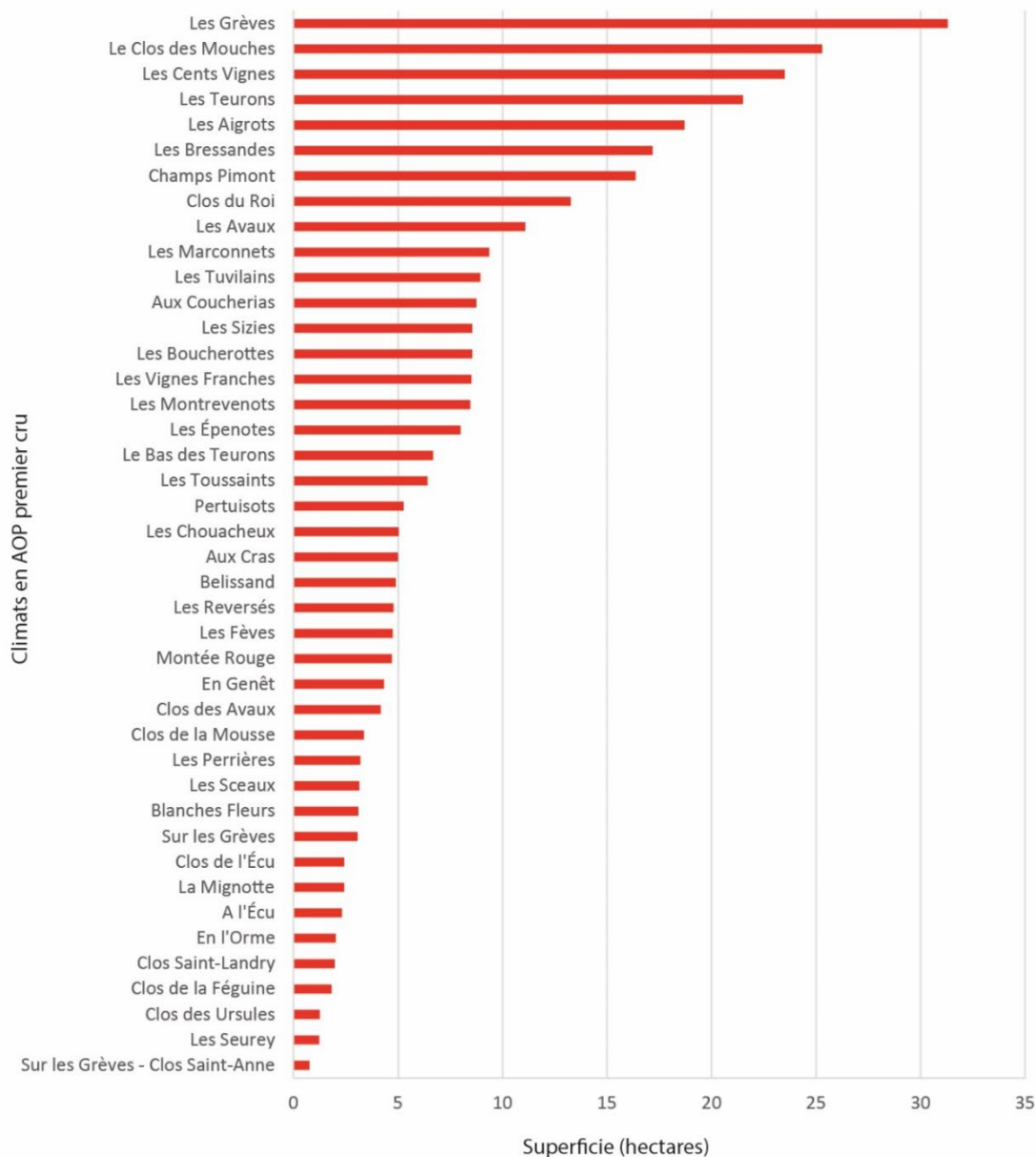


Figure 6. Distribution des superficies des climats en appellation Beaune premier cru (sources INAO, août 2024)

3.2. L'appellation communale Beaune

Sur la commune de Beaune trente-cinq climats peuvent être revendiqués en appellation Beaune (en plus des premiers crus). Ces climats portent tous le nom éponyme des lieux-dits qu'ils couvrent (Figure 4). Ils sont situés soit à l'amont des premiers crus, en position haute du versant, soit à l'aval des premiers crus, au pied du versant.

Les trente-cinq climats en appellation communale Beaune s'étendent sur **136,3 hectares**, représentant environ un quart du secteur d'étude (26%) (Figure 5). Là encore, la superficie des climats est très variable avec le climat le plus petit qui s'étend sur un quart d'hectare soit 25 ares, (Faubourg de Saint-Martin) alors que le climat le plus vaste couvre 16,3 hectares (les Prévoles) (Figure 7). Pour un tiers d'entre eux, leur

superficie ne dépasse pas les 2 hectares. Ces climats couvrant de faibles surfaces à l'échelle du vignoble beaunois sont souvent des petites zones isolées dans les zones urbanisées (Faubourg Saint-Martin, Champagne de Savigny, les Rôles, Faubourg de Bouze, les Sceaux) ou bien des secteurs contigus aux premiers crus mais où l'artificialisation des lieux a conduit au classement du secteur en appellation communale plutôt qu'en premier cru (les Bressandes). Un autre tiers des climats de l'appellation communale présente des superficies réduites comprises entre 2 et 5 hectares. L'appellation Beaune compte également des climats assez vastes, avec des surfaces supérieures à 10 hectares (les Prévoles, les Bons Feuvres, Dessus des Marconnets). La superficie moyenne pour climats en AOP Beaune, de 3,95 hectares, est assez décalée par rapport à la valeur médiane, de 2,76 hectares, témoignant de la prédominance des climats de petite taille.

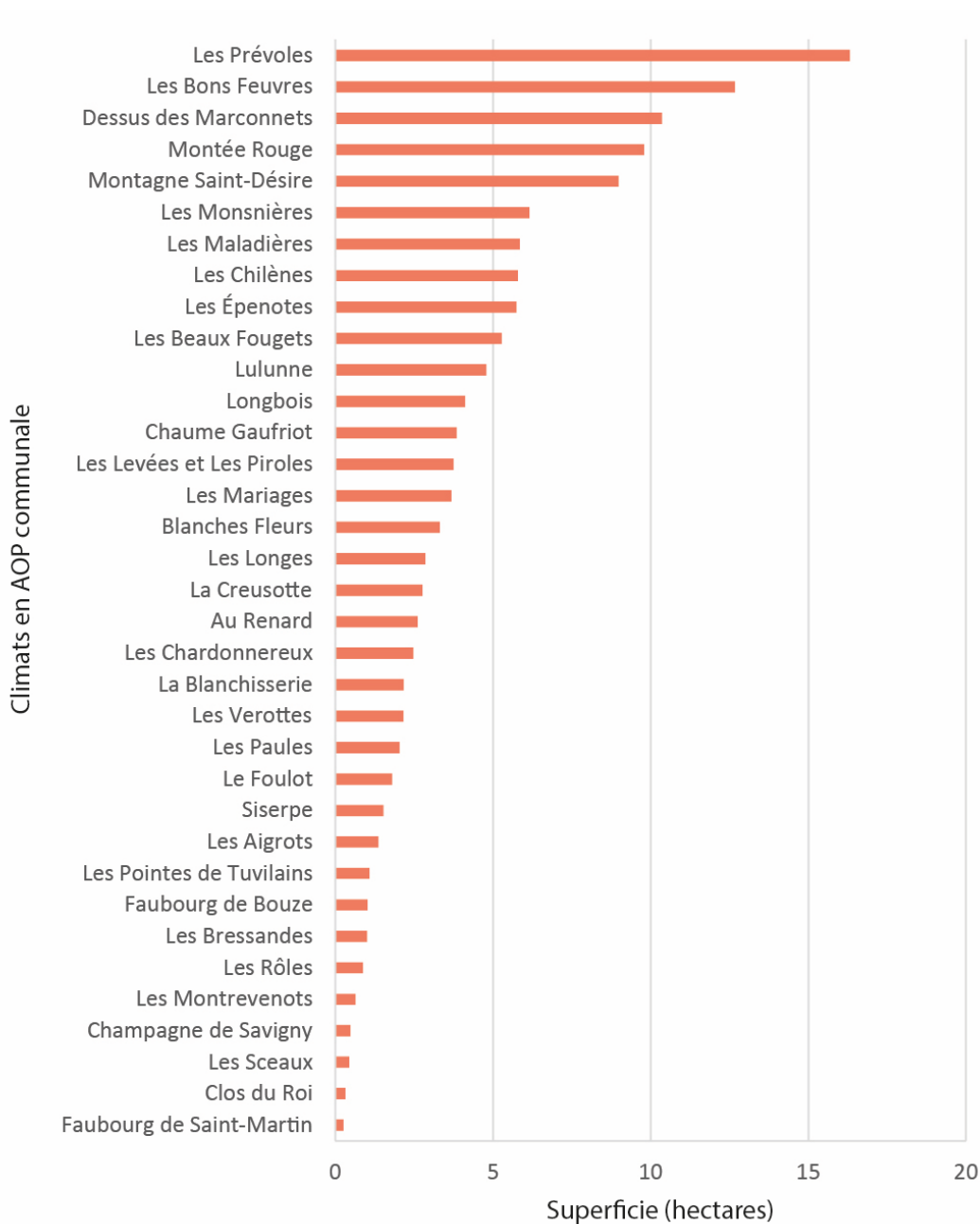


Figure 7. Distribution des superficies des climats en appellation Beaune (sources INAO, août 2024)

3.3. L'appellation communale Côte de Beaune

L'appellation Côte de Beaune est une appellation particulière, puisqu'elle correspond à un niveau d'appellation communale, au même titre que l'appellation Beaune. Toutefois, elle ne concerne que les parcelles en appellations communale situées sur les parties hautes du versant de la commune de Beaune, et plus particulièrement dans la partie septentrionale (Figure 4). Les vignes sont implantées en position de versant, de rebord de versant, voire de plateau.

L'appellation Côte de Beaune couvre une superficie de **65,3 hectares** correspondant à un peu plus d'un dixième (12%) de vignoble de Beaune (Figure 5). Comme pour les appellations Beaune premier cru et Beaune, les superficies des climats sont assez variables pour ce niveau d'appellation (Figure 8). La majeure partie des climats présentent des superficies assez vastes dont la taille dépasse les 10 hectares (les Pierres Blanches, Dessus des Marconnets, les Monsnières, la Grande Châtelaine). Les autres climats de plus petite taille couvrent des surfaces d'environ 5 hectares (les Mondes Rondes, Montbatois, les Topes Bizot). La superficie moyenne des climats en AOP Côte de Beaune est de 9,3 hectares pour une valeur médiane de 11,4 hectares, mettant en évidence une prédominance des climats de grande envergure.

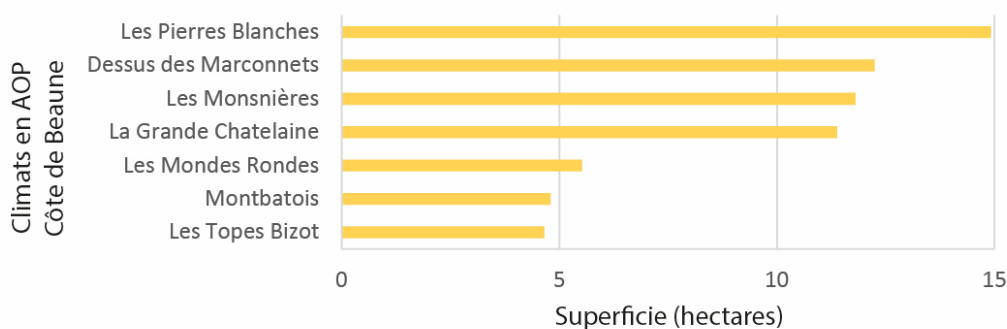


Figure 8. Superficies des climats en appellation Côte de Beaune (sources INAO, août 2024)

4. Le paysage : la physiographie du vignoble

4.1. Le secteur d'étude

Le vignoble étudié est situé dans la partie septentrionale de la Côte de Beaune (Figure 3), uniquement sur la commune de Beaune. Il s'étend principalement sur le coteau qui relie la plaine de la Saône à l'Est et les plateaux des hautes-côtes à l'Ouest (Figure 9). L'orientation du versant de l'appellation Beaune, vers le Sud-Est, est typique de celle des versants viticoles de la Côte de Beaune. La Côte de Beaune est entaillée par des vallées. Celles-ci, localement appelées des « combes », sont la plupart du temps des vallées sèches, c'est-à-dire sans cours d'eau pérenne. En Côte de Beaune, les cours d'eau actuels sont plus nombreux (ruisseau des Clous à Meursault, Avant-Dheune à Pommard, Rhoin à Savigny-lès-Beaune) qu'au Nord, en Côte de Nuits où seul le Meuzin rejoint la vallée de la Saône. Les vallées qui entaillent la côte de Beaune sont plus longues (cours d'eau pérennes), plus larges, et avec des flancs moins raides qu'en Côte de Nuits. Cette différence morphologique est due à la nature des roches, avec une présence plus marquée des marnes au Sud qu'au Nord de la Côte (on entend par Côte l'ensemble constitué par la Côte de Beaune et la Côte de Nuits). Moins résistantes à l'érosion que les calcaires, les marnes ont contribué à la morphologie des vallées, et permis au vignoble de s'implanter sur leurs flancs, ce qui n'est pas le cas au Nord de la Côte.

La zone d'étude est encadrée par deux vallées principales. Au Nord, la vallée du Rhoin, qui prend sa source à Bouilland, débouche dans la plaine de Saône au niveau de Savigny-lès-Beaune. Légèrement au Sud de l'appellation Beaune, la vallée de l'Avant-Dheune rejoint la plaine à Pommard. Le coteau de Beaune est entaillé par plusieurs combes, qui incisent plus ou moins fortement le relief. La vallée en provenance de Bouze-lès-Beaune entaille profondément le coteau qui borde la plaine de la Saône, et le vignoble a colonisé partiellement ses versants (la Grande Châtelaine et les Monsnières en haut du versant Nord, et Montée Rouge et Chaume Gaufrriot au Sud). La vigne occupe aussi largement les versants du vallon de Lulunne, limite méridionale de l'appellation Beaune (Montagne Saint-Désiré). Le vallon qui conduit à la ferme de Battaut, avec le célèbre virage des andouilles à son débouché, possède des parcelles de vigne sur son flanc Nord (Champs Pimont, Longbois). Dans la partie septentrionale du secteur étudié, les incisions forment deux vallons étroits ; un qui recoupe le coteau au Nord des climats les Pierres Blanches et les Bressandes et un qui traverse les climats Montbatois et Dessus des Marconnets dans leur partie méridionale. Ces deux vallons très étroits et encaissés ne sont que très ponctuellement cultivés en vigne.

Le vignoble en appellation Beaune occupe les versants qui surplombent la plaine de la Saône, ainsi qu'une partie des flancs des vallées adjacentes. Le vignoble en appellation Côte de Beaune est cantonné aux secteurs les plus hauts du vignoble (Montbatois, Dessus des Marconnets, les Topes Bizot, les Pierres Blanches), ainsi qu'au versant nord de la vallée de Bouze-lès-Beaune.

Le coteau qui bord la plaine de la Saône ne forme pas une ligne continue. Celle-ci est interrompue par les vallées et vallons qui l'incisent, mais de surcroît, les portions du versant peuvent être plus ou moins avancées dans la plaine ; le coteau la Montée Rouge-Champs Pimont est en retrait par rapport aux autres (Figure 9). En outre, l'orientation du versant peut varier du Nord au Sud ; et le coteau des Bressandes et des Cents vignes n'a pas la même direction que les autres.

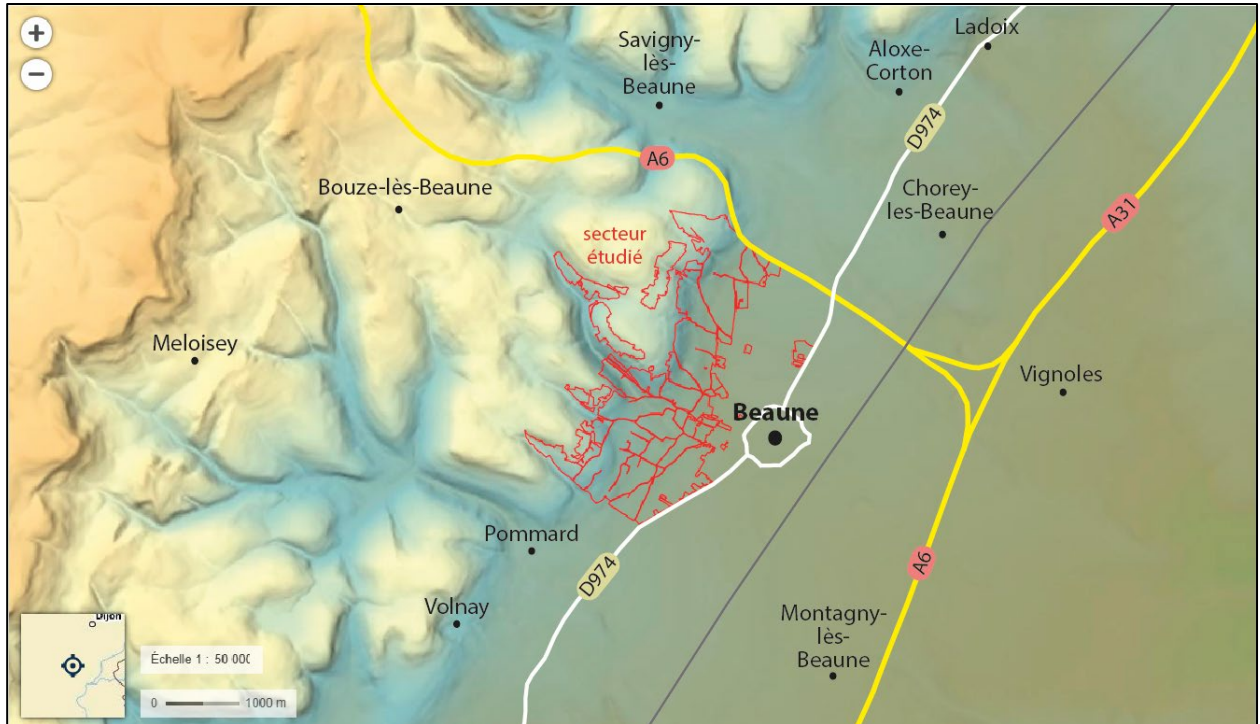


Figure 9. Carte du relief du secteur étudié (polygones en rouge)
(sources : Géoportail)

Bien que le secteur d'étude occupe diverses positions géomorphologiques, le vignoble se situe principalement en position de versant plus ou moins pentu, de forme globalement concave (Figure 10), favorisant les processus de colluvionnement. Dans la partie orientale, les pentes faibles à très faibles, correspondent à la jonction avec la plaine de la Saône, où se sont déposées des formations alluviales en provenance des principales vallées adjacentes. La partie occidentale, située en position de haut de versant, marque la jonction avec les plateaux calcaires situés à l'ouest et couverts de forêts aux abords du secteur d'étude. Enfin la présence des combes confère une variabilité géomorphologique à une échelle locale qui s'exprime par un changement d'altitude sur de courtes distances, une forte variabilité des pentes, une diversité des expositions différentes de celles observées sur le versant viticole d'orientation générale Est Sud-Est.



Figure 10. Vue du vignoble de Beaune depuis le Clos du Roi, mettant en évidence la morphologie concave du versant

4.2. L'altitude

Les altitudes ont été calculées et interpolées à partir des données d'un Modèle Numérique de Terrain à une résolution spatiale de 5 mètres (RGEALTI® 5m, IGN). Les plages de couleur correspondent à des intervalles de 20 mètres. Les altitudes les plus faibles sont représentées par les couleurs les plus claires. L'intensité se renforce avec l'altitude croissante, pour atteindre les teintes les plus sombres sur les secteurs les plus hauts. Le vignoble de Beaune se situe entre 217 et 360 mètres d'altitude. Cet intervalle est représentatif des altitudes du vignoble de la Côte de Beaune (intervalle de 211 mètres à 457 mètres). L'altitude *minimale* de **217 mètres** est rencontrée à l'Est du secteur étudié au climat Faubourg Saint-Martin, en appellation Beaune (Figure 11 et Planche 2). Le vignoble culmine à l'Ouest, au climat les Pierres Blanches en appellation Côte de Beaune, avec une altitude maximale de **360 mètres**.

Ces valeurs extrêmes génèrent une amplitude altitudinale de 143 mètres. L'une des conséquences directes de cette variabilité altitudinale se fait sentir sur les températures. Une augmentation de 100 mètres en altitude se traduit par une baisse de 0,65°C de la température moyenne. Sur le secteur étudié, c'est donc un écart de **0,9°C** sur la température moyenne qui sera enregistré entre le point le plus bas et le point le plus haut du vignoble (sans prendre évidemment en compte les autres facteurs qui peuvent influencer localement le climat).

La valeur altitudinale *moyenne* du vignoble beaunois est de **265 mètres**, mais il est difficile de donner une signification valable à cette donnée, les climats en appellation s'étalant sur les versants. Cette valeur moyenne est un peu plus faible que la moyenne des altitudes de la Côte, (moyenne égale à 275 mètres). La distribution des altitudes sur l'ensemble du secteur montre que la moyenne est peu représentative puisque plus de la moitié de la surface du vignoble se trouve en dessous de 260 mètres (Figure 12). Les altitudes les plus représentées (40%) se situent entre **220 et 240 mètres**, correspondant à la jonction entre le versant et la plaine. Le pied de versant est également assez bien représenté (20%) avec des altitudes comprises entre **240 et 260 mètres**. Les classes d'altitudes plus élevées se répartissent de façon homogène sur le versant et le haut de versant.

La carte des altitudes souligne les différents ensembles du paysage local (Figure 11). À l'Est, les plus faibles valeurs, de 220 à 240 mètres environ, correspondent à la bordure de la plaine de la Saône. À l'Ouest, les valeurs les plus élevées (plus de 340 mètres) sont situées sur les hauts de versants et sur d'étroits plateaux qui dominent la Côte. Sur le coteau viticole de Beaune, les altitudes varient assez régulièrement d'Ouest en Est, alors que des changements plus soutenus se marquent au niveau des différentes combes qui entaillent le versant.

Les climats en AOP Beaune premier cru sont situés en position de versant et de bas de versant, et s'étagent entre 220 et 337 mètres, ce qui représente une plage assez large pour ce niveau d'appellation. La majeure partie d'entre eux se concentre entre 240 et 280 mètres (>65%) (Figure 12). L'appellation communale Beaune offre une plus large gamme altitudinale, depuis les zones basses de plaine jusqu'en haut des versants viticoles, avec des altitudes qui varient de 217 mètres à 355 mètres. Elle est la plus représentée entre 220 et 240 mètres d'altitude. Enfin l'appellation communale Côte de Beaune se retrouve quant à elle systématiquement dans la partie haute du versant, au-dessus de 290 mètres d'altitude, et elle est la plus fréquente entre 320 et 340 mètres (56%). Les valeurs altitudinales sont assez bien corrélables avec les différents niveaux d'appellation (Figure 12).

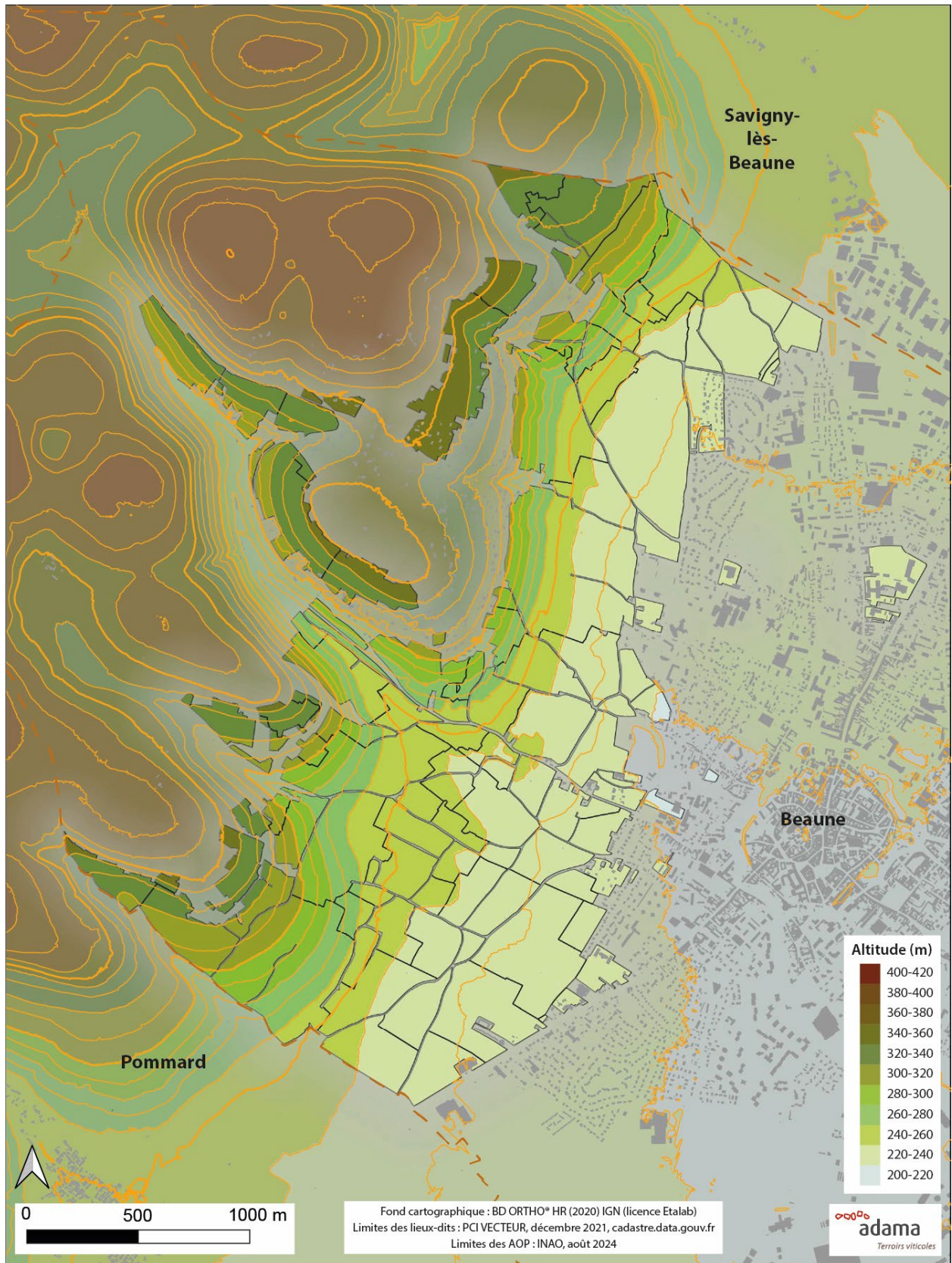


Figure 11. Carte des altitudes du secteur d'étude

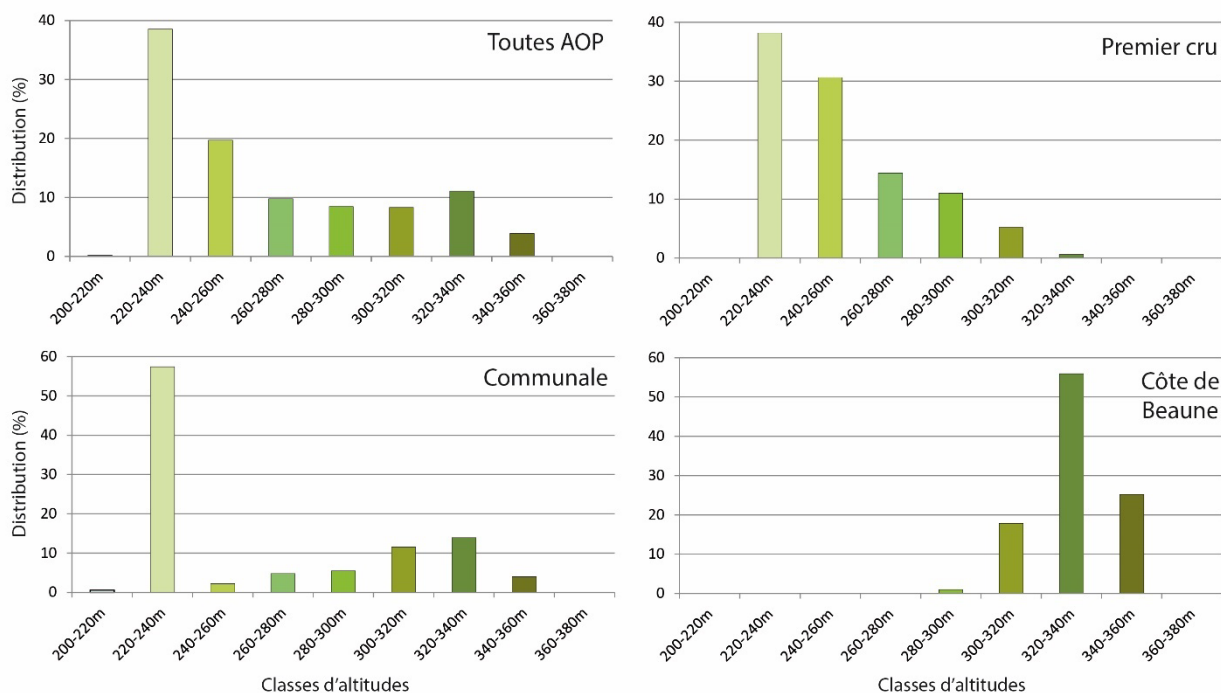


Figure 12. Distribution des altitudes pour le secteur d'étude dans son intégralité et pour chaque niveau d'AOP.

L'altitude est un paramètre important puisqu'il va jouer un rôle sur la température de l'air et donc va conditionner en partie la précocité des stades phénologiques de la vigne. D'autres paramètres climatiques sont également à prendre en compte pour expliquer la diversité des terroirs et notamment à l'échelle du micro-climat (masses d'air froid en provenance des combes, stockage des masses d'air froid dans les dépressions topographiques, accumulation de chaleur dans les anciennes carrières, protection des masses d'air froid le long du bois, etc.).

4.3. Les pentes

Les pentes, calculées et interpolées à partir des données du MNT, ont été caractérisées par les intervalles suivants :

De **0 à 2%** la pente est considérée comme **nulle à très faible**.

De **2 à 5%**, la pente est qualifiée de **faible**.

De **5 à 10%**, la pente est **modérée**.

De **10 à 20%**, la pente est **forte**.

Au-dessus de 20%, la pente est **très forte**. Les pentes supérieures à 20% sont en général peu cultivées en vigne.

N.B. : pour mémoire,

une pente de 2% correspond à une pente de 1,15°,

une pente de 5% correspond à une pente de 2,86°,

une pente de 10% correspond à une pente de 5,71°,

une pente de 20% correspond à une pente de 11,31°,

une pente de 30% correspond à une pente de 16,70°,

une pente de 40% correspond à une pente de 21,80°,

Il faut bien garder à l'esprit qu'une pente de 45° correspond à une pente de 100% (l'élévation en altitude est de 100 m pour 100 m parcourus à l'horizontale)

La variabilité des pentes sur le vignoble de Beaune et aux alentours est très importante. Les pentes les plus **faibles** sont nulles (0%), tandis que les pentes les plus **fortes** atteignent **161%** sur des versants très raides. Cette valeur extrême, non occupée par la vigne, correspond en général à la présence de fronts de tailles d'anciennes carrières que l'on peut observer sur certains secteurs du vignoble beaunois (Figure 13a et b) et/ou à la présence d'abrupts naturels (Figure 13c). La **pente moyenne** sur le secteur d'étude est égale à **10,2%**, ce qui est peu représentatif puisque plus de trois-quarts des valeurs de pentes se situent entre 2% et 20% (Figure 14), et que la moyenne est probablement influencée par les pentes très fortes des fronts de taille des anciennes carrières. Cette valeur est légèrement supérieure à la moyenne observée à l'échelle de la Côte (moyenne égale à 8,8%), car le vignoble occupe la majeure partie des versants, et la présence de nombreuses combes à versants abrupts et des anciennes carrières tend à augmenter la valeur de la pente moyenne.

La carte des pentes (Figure 15 et Planche 3) souligne les grands traits du relief et en particulier les diverses combes qui entaillent le versant. Dans ses vallées sèches, à l'arrière du front de la Côte, les pentes sont fortes à très fortes, et particulièrement dans la vallée de Bouze-lès-Beaune. Au débouché de ces combes, les pentes sont nettement plus douces en comparaison des versants en amont ; c'est le cas au niveau du secteur Champs Pimont (aval), les Aigrots (aval), les Pertuisots, les Sizies, Clos des Avaux, les Avaux. Les pentes ne sont pas homogènes le long des versants, car elles traduisent la diversité géologique et l'érosion différentielle selon la nature du substrat. Par exemple la présence d'un substrat marneux, plus facilement érodable, au niveau des climats les Mondes Rondes et les Monsnières, se traduit par la présence de pentes plus faibles, alors que celles-ci sont très fortes à l'amont et à l'aval de ces climats là où les calcaires plus résistants à l'érosion affleurent. La partie haute du versant viticole est majoritairement située sur des pentes très fortes. Ponctuellement, des pentes nettement plus faibles peuvent être observées, comme au niveau des Coucherias, des Cras ou bien encore du haut des Teurons, et témoignent d'une modification substantielle du milieu par les activités humaines (extraction de pierres dans les carrières avec un « plancher » qui suit la stratification, souvent subhorizontale). Dans la partie aval du vignoble, les pentes sont majoritairement très faibles à faibles et témoignent ici le plus souvent de dépôts de formations superficielles qui ont recouvert et aplani les formes

anciennes du versant. Dans ce secteur de bas de versant, de petites incisions liées à la présence des combes peuvent être observées et traduisent des modifications locales des valeurs de pentes qui mettent en évidence les flancs des talwegs résultant de l'érosion hydrique (exemple au sein du climat les Avaux).

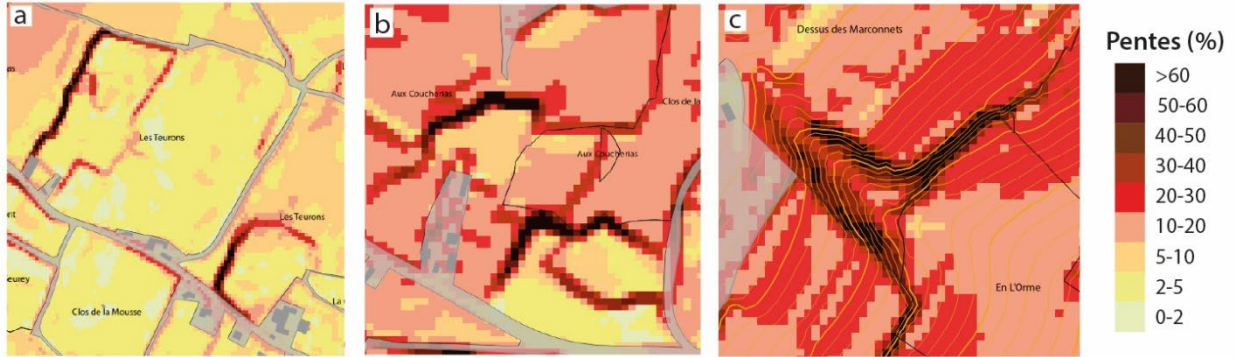


Figure 13. Extraits de la carte des pentes du vignoble où les très fortes valeurs de pentes (en noir) illustrent la présence d'anciens fronts de taille (aux lieux-dits les Teurons (a) et aux Coucheries (b)) ou de falaises naturelles mises à jour par érosion (c).

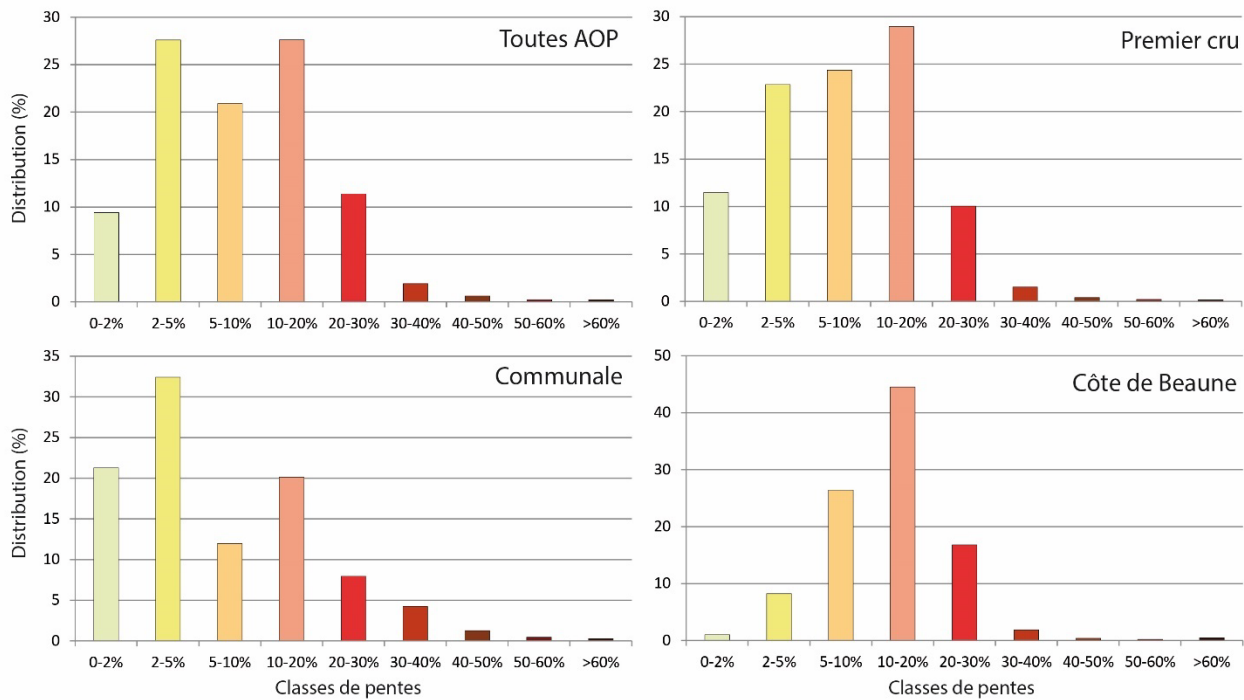


Figure 14. Distribution des pentes pour le secteur d'étude dans son intégralité et pour chaque niveau d'AOP

Les secteurs les plus plats, dont la ***pente est inférieure à 2%***, se situent globalement aux abords des zones urbanisées de la ville de Beaune dans les parties les plus occidentales du vignoble (Figure 15). Cette classe de pente est assez peu représentée sur le secteur puisqu'elle concerne à peine un dixième de la superficie en appellation (9,4%) (Figure 14). Toutefois, elle est assez représentative de l'appellation communale Beaune puisqu'elle couvre presque un peu plus d'un cinquième de ce niveau d'AOP (21,3%), contre seulement un dixième pour les premiers crus (11,5%) Cette classe de pentes est quasiment inexistante dans l'AOP Côte de Beaune (1%).

A contrario, les ***pentés faibles*** (2 à 5%), localisées dans la partie aval du versant, au débouché des principales combes et localement en position de plateau dans les hauteurs du vignoble (Figure 15), correspondent à la classe de pentes la plus importante du vignoble beaunois (ex-aequo avec les pentes fortes) ; elle occupe plus d'un quart du vignoble (27,6%) (Figure 14). C'est au niveau de l'appellation communale Beaune qu'elle domine (32,4%), mais également au sein des premiers crus (22,8%). Elle est peu représentative de l'AOP Côte de Beaune (8,2%).

La classe des ***pentés modérées*** (5 à 10%) se retrouve en majorité au pied du versant principal, d'orientation globalement Est Sud-Est, mais également en position de rebord de plateau sur le haut du versant (secteurs les Pierres Blanches, Montbatois, Dessus des Marconnets), ou bien encore sur les flancs des talwegs localisés dans la partie aval du pied de versant (secteurs Clos des Avaux, les Avaux, les Reversées) (Figure 15). Cette classe s'étend sur un cinquième (20,9%) du vignoble, et occupe la seconde place des classes de pentes. Cette catégorie couvre un quart de la surface des premiers crus (24,4%) et de l'AOP Côte de Beaune (26,4%). Elle est peu représentative de l'AOP communale Beaune (12%).

Les vignes présentant des ***pentés fortes*** (10 à 20%) sont localisées en position de versant, plutôt dans la partie haute du relief, mais également sur les bordures septentrionales des principales combes (vallée de Bouze-lès-Beaune, vallon de Lulunne). Cette classe de pentes se retrouve surtout la partie méridionale du vignoble de Beaune (secteurs de Lulunne, les Montrevenots, le Clos des Mouches, Montagne Saint-Désiré, Siserpe, les Aigrots, Longbois, les Longes, Au Renard, partie amont du climat Champs Pimont). Avec une couverture de plus d'un quart (27,6%) du vignoble, ex-aequo avec les pentes faibles, ces deux catégories occupent plus de la moitié du secteur d'étude. Les pentes fortes sont caractéristiques des aires en AOP Beaune premier cru et Côte de Beaune avec une présence respective de 29% pour les Beaune premier cru et 44,5% pour l'AOP Côte de Beaune. Cette classe de pentes fortes est également bien représentée au niveau de l'AOP Beaune, à hauteur d'un cinquième du niveau d'AOP (20,1%).

Enfin, les ***pentés très fortes*** (>20%) constituent la partie sommitale du versant, notamment dans la partie septentrionale du vignoble (secteurs Sur les Grèves, amont des climats les Grèves et les Bressandes, À l'Écu, les Perrières, amont du climat les Marconnets). Elles occupent également une large zone dans la vallée menant à Bouze-lès-Beaune (secteurs Chaume Gaufriot, Montée Rouge, partie orientale du climat les Coucherias, partie aval des climats les Monsnières et les Mondes Rondes). Ces pentes sont présentes sur 14,5% de la superficie de l'appellation et constituent une part non négligeable de la superficie de l'AOP Côte de Beaune (19,8%), alors qu'elles sont moins fréquentes pour les Beaune premier cru (12,4%) et pour l'AOP communale Beaune (14,2%).

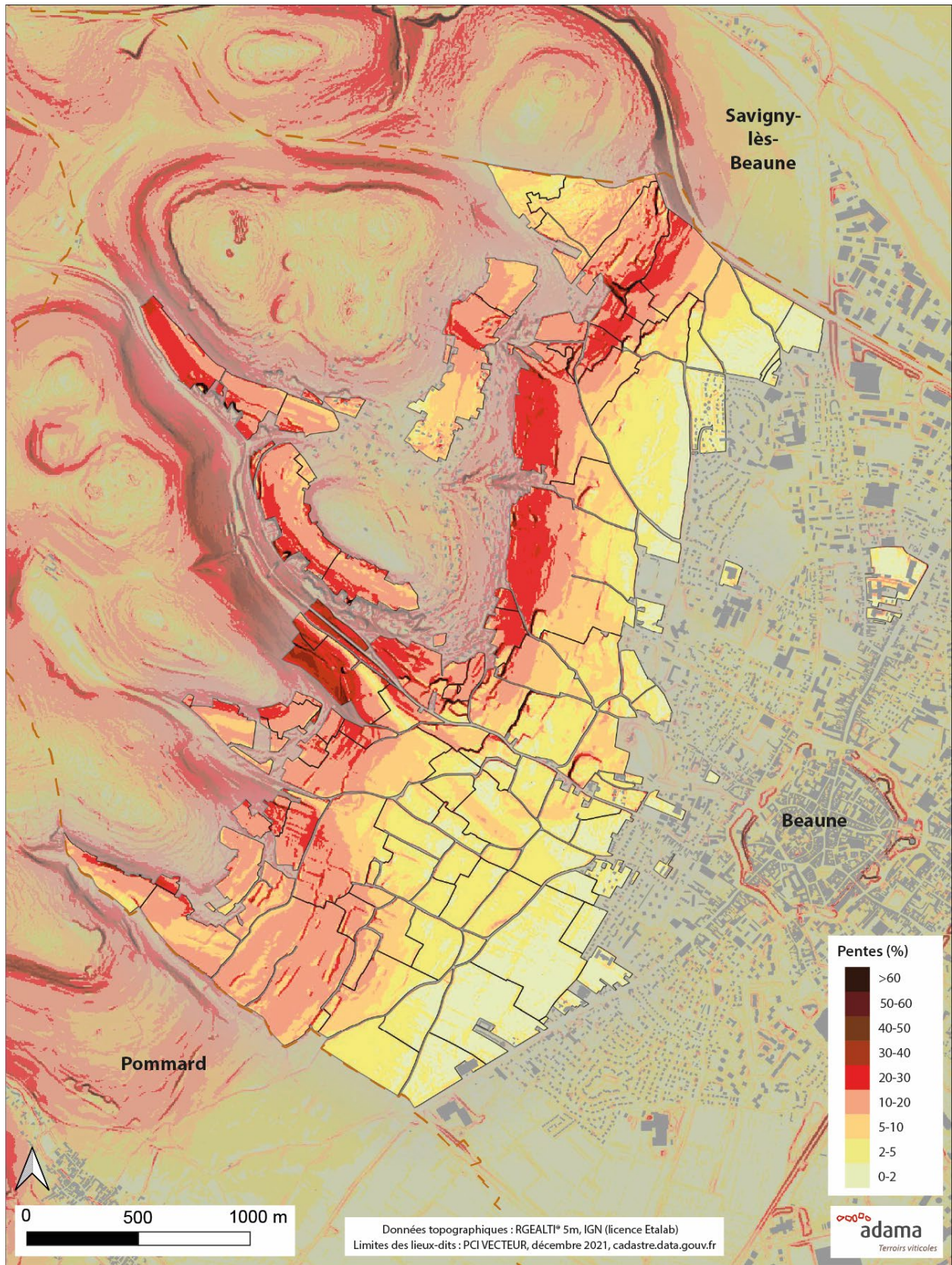


Figure 15. Carte des pentes du secteur d'étude

4.4. Les expositions

Les expositions ont tout comme les altitudes et les pentes été calculées à partir des données du Modèle Numérique de Terrain (Figure 16 et Planche 4). Les couleurs correspondent aux huit principales directions cardinales (Nord, Nord-Est, Est, Sud-Est, Sud, Sud-Ouest, Ouest et Nord-Ouest). Les intervalles de 45° sont centrés sur la direction cardinale, avec une fourchette de plus ou moins 22,5° de part et d'autre de la direction indiquée dans la légende. Les zones en blanc correspondent à des secteurs sans exposition particulière, c'est à-dire où la pente est nulle. Les variations d'exposition sont corrélées avec le relief, et la large palette observée sur le vignoble beaunois est due à la morphologie plus complexe qu'un simple « front de côte » dans le secteur étudié. En effet, la présence de vallées sèches entaillant le coteau qui borde la plaine de la Saône, vont offrir des orientations très diverses au vignoble, y compris dans la plaine, où les irrégularités topographiques vont diversifier les expositions.

Sur le *secteur d'étude*, les expositions offrent une large gamme de variation, avec une large dominance des *expositions Est* (31%) et *Sud-Est* (34,6%) (Figure 17), ce qui correspond environ aux deux-tiers du vignoble beaunois. Ces expositions sont majoritairement localisées sur le versant principal qui borde la plaine de la Saône. Au niveau des petites vallées sèches, le vignoble se tourne vers des expositions nettement plus méridionales au Sud-Est, au Sud voire au Sud-Ouest. Sur les versants opposés, où la vigne est moins présente, les expositions sont plus tournées vers le Nord-Est. Ces variations d'expositions vers des secteurs plus méridionaux ou septentrionaux sont également marquées dans la partie aval du versant, où les pentes sont moins marquées, et s'expliquent là encore par les creusements anciens aux débouchés des combes. Les expositions les plus septentrionales (N, NO), donc les moins favorables, sont très peu présentes (2,1%) sur le vignoble de Beaune.

La distribution des expositions pour les climats en appellation *Beaune premier cru* est assez représentative de celle du vignoble dans son intégralité (Figure 17). Les expositions Est (36,2%) et Sud-Est (39,8%) prédominent largement, couvrant les trois-quarts des climats en AOP Beaune premier cru, suivies par les expositions méridionales (S et SO) (16,3%) et enfin les expositions septentrionales (NE) (6,1%).

L'appellation *communale Beaune* présente des expositions plus diversifiées que les premiers crus. Elle est elle aussi dominée par les expositions Est (24,8%) et Sud-Est (27,3%), mais également par les expositions méridionales (S, SO) sur plus d'un quart du niveau d'AOP (26,9%). Ces trois classes couvrent plus des trois quarts du vignoble en AOP communale.

Pour l'AOP *Côte de Beaune*, les expositions méridionales dominent très largement puisque deux-tiers des vignes sont exposées soit vers le Sud-Est, le Sud ou le Sud-Ouest. Les expositions occidentales sont plus représentées pour ce niveau d'AOP que pour les autres niveaux (9,6%).

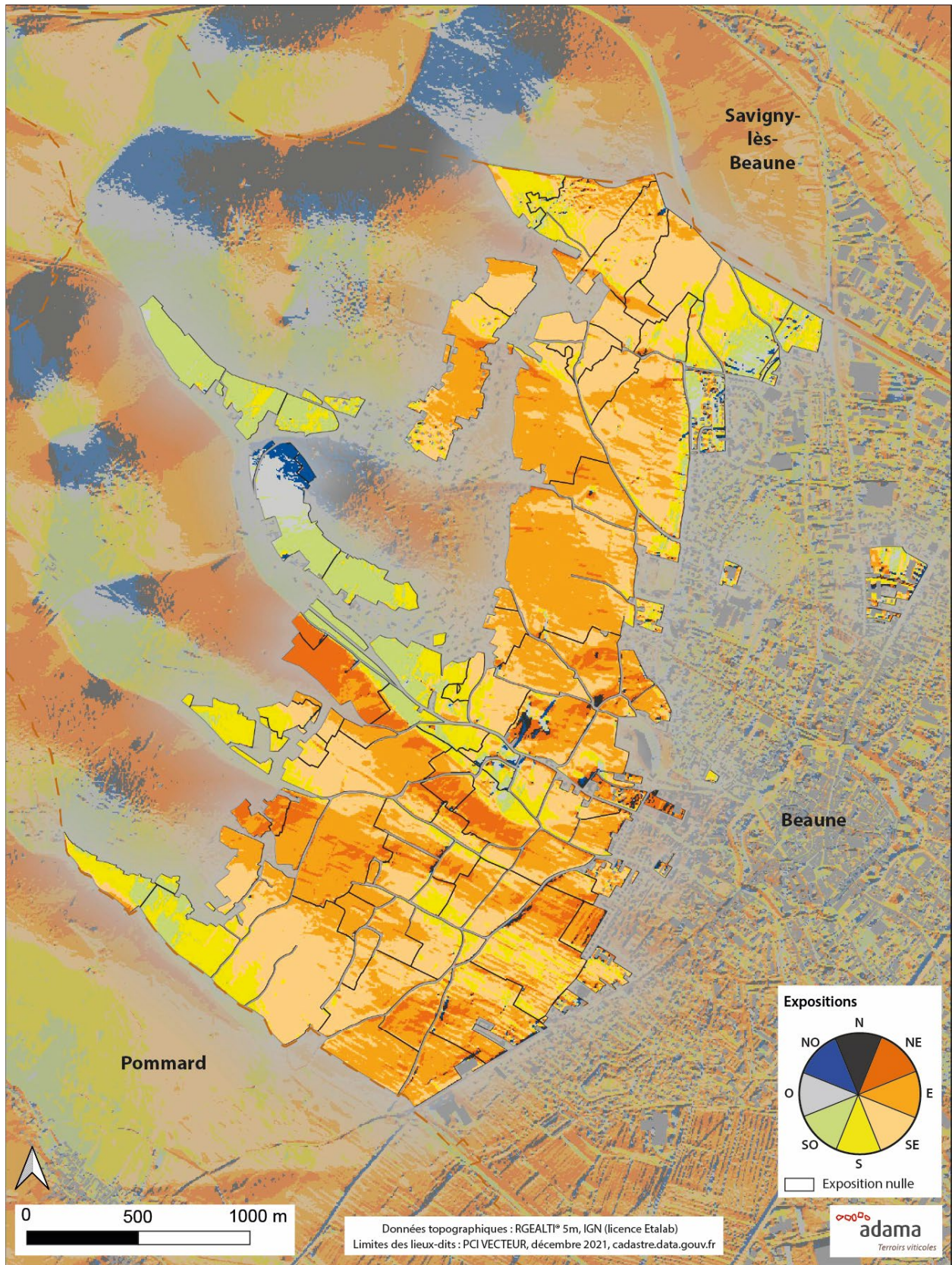


Figure 16. Carte des expositions couvrant le secteur d'étude

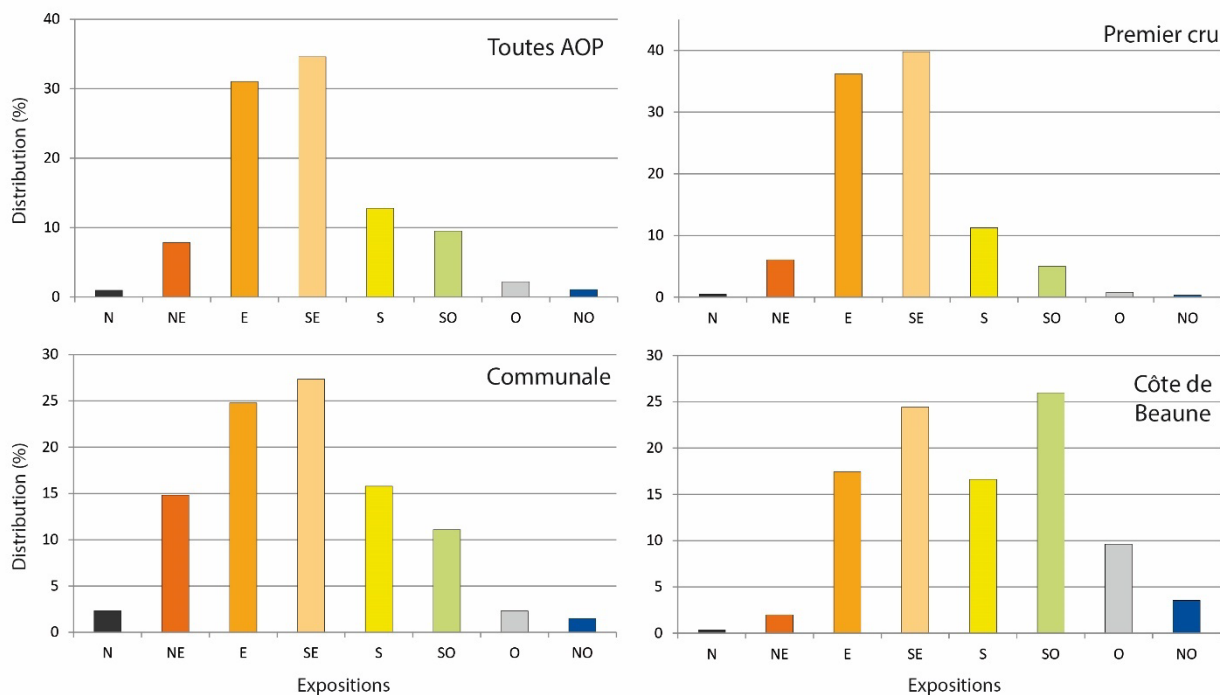


Figure 17. Distribution des classes d'expositions pour le secteur d'étude dans son intégralité et pour chaque niveau d'AOP

4.5. Insolation directe théorique

Le Modèle Numérique de Terrain a également été utilisé pour calculer l'insolation directe théorique. La carte qui en résulte représente la quantité **théorique d'énergie solaire** reçue pour une certaine durée en un lieu en condition de plein soleil (pas de nébulosité, d'où le terme théorique) (Figure 18 et Planche 5). Elle ne prend donc pas en compte les journées de mauvais temps. La carte d'insolation directe théorique a été calculée pour une durée de six mois, entre le 01 avril et le 30 septembre ; période correspondant approximativement à la **période végétative de la vigne**. Le logiciel SagaGis, via le module Potential Incoming Solar Radiation, pour une résolution temporelle d'une heure, a été utilisé pour le calcul de l'indice. La carte représente donc la quantité d'énergie théorique cumulée reçue entre le mois d'avril et septembre (exprimée en kWh/m²). Sur la carte, plus la couleur est foncée, moins le secteur reçoit d'énergie, et inversement. La carte est étroitement liée à la pente et à l'exposition ; les secteurs les plus pentus vont recevoir le plus d'énergie, tout comme les secteurs tournés vers des expositions méridionales. Bien que cette carte ne représente pas la réalité (pas d'information sur les conditions météorologiques d'un millésime), l'insolation directe théorique permet d'individualiser des secteurs qui vont recevoir plus ou moins d'énergie solaire. En combinant les divers paramètres physiographiques, il sera alors possible d'estimer les secteurs potentiellement les plus froids, les plus chauds, les plus précoces, etc. Les obstacles locaux (proximité d'un bois en bordure d'une parcelle par exemple) n'ont également pas été pris en compte dans le calcul.

Sur le secteur étudié, l'insolation s'étage entre 294 et 1116 kWh/m² sur la période du 01 avril au 30 septembre sur l'ensemble du vignoble. La valeur minimale se trouve au Sud-Ouest du climat les Monsnières (en AOP Côte de Beaune) au niveau d'une ancienne carrière, actuellement recouverte par la forêt (Figure 18). Ce même climat mais en AOP Beaune reçoit également le maximum d'énergie solaire, au niveau de sa partie orientale. Malgré cette forte amplitude des valeurs d'insolation directe théorique, qui s'explique notamment

par la présence de modifications anthropiques (anciennes carrières), le vignoble beaunois se situe en majeure partie (85%) dans les classes comprises entre **900 et 1000 kWh/m²** (Figure 19). Les secteurs concernés reposent sur des pentes très faibles à modérées, leurs expositions sont variables et ils se situent d'une manière générale sur le versant principal, en plaine, ou bien encore sur les parois hautes des versants exposés vers l'Ouest (partie occidentale du climat les Monsnières) (Figure 18)). Les zones les plus favorisées sont les versants Sud, Sud-Est et Sud-Ouest, où les pentes sont modérées à fortes. Les secteurs recevant le moins d'énergie sont également sur des pentes très fortes, mais ils sont exposés vers le Nord-Est ou le Nord-Ouest.

Les climats en AOP **Beaune premier cru** sont situés dans les secteurs recevant une insolation directe théorique moyenne, majoritairement (62%) comprises entre 920 et 960 kWh/m² (Figure 19). Certains premiers crus reçoivent plus d'énergie du fait de leur orientation plus méridionale et leurs pentes soutenues (les Montrevenots, le Clos des Mouches, la partie amont des Champs Pimont, les Coucheries, le Clos de la Féguine, la partie septentrionale des Bressandes, À l'Écu, Clos de l'Écu, partie amont des Marconnets) (Figure 18). Très localement, certains premiers crus vont présenter une insolation plus faible que la moyenne, à cause de creux topographiques (micro-vallons) (partie septentrionale des Bressandes, Nord-Ouest des Grèves).

On observe la même configuration pour l'appellation **communale Beaune** ou presque deux-tiers (58%) des climats reçoivent une insolation directe théorique moyenne s'étageant de 920 à 960 kWh/m² (Figure 19) et notamment ceux situés en secteur de plaine (Figure 18). Pour les climats en AOP Beaune situés dans la partie amont du versant, au-dessus des premiers crus, le contraste est nettement plus important. On retrouve des climats avec des valeurs moyennes (Sisérpe, Montagne Saint-Désiré), des climats nettement plus solaires (Lulonne, les Montrevenots, Longbois, Au Renard, les Longes, Chaume Gaufriot, les Monsnières, les Bressandes, Dessus des Marconnets), d'autres peu solaires (les Aigrots), voire nettement plus déficitaires avec des valeurs inférieures à 800 kWh/m² (Montée Rouge, partie du climat au débouché de la vallée menant à Bouze-lès-Beaune).

L'appellation **Côte de Beaune** est située sur des secteurs nettement plus solaires que pour les deux autres niveaux d'appellation (Figure 18, Figure 19) ; avec quasiment deux-tiers (64%) des climats qui reçoivent plus de 960 kWh/m², dont presque un quart avec une insolation directe théorique supérieure à 1000 kWh/m². Ces secteurs très solaires sont tournés vers le Sud-Ouest (les Mondes Rondes, la Grande Châtelaine, partie méridionale du climat les Monsnières) ou vers le Sud-Est (partie septentrionale du climat les Pierres Blanches, les Topes Bizot, partie orientale du climat Dessus de Marconnets). Les climats moyennement solaires sont situés sur des pentes fortes à très fortes exposées à globalement à l'Ouest (partie septentrionale du climat les Monsnières), au niveau de pentes modérées à forte, exposées plein Est (les Pierres Blanches, Dessus des Marconnets), ou bien encore sur des zones peu pentues exposées au Sud et au Sud-Ouest (Montbatois)

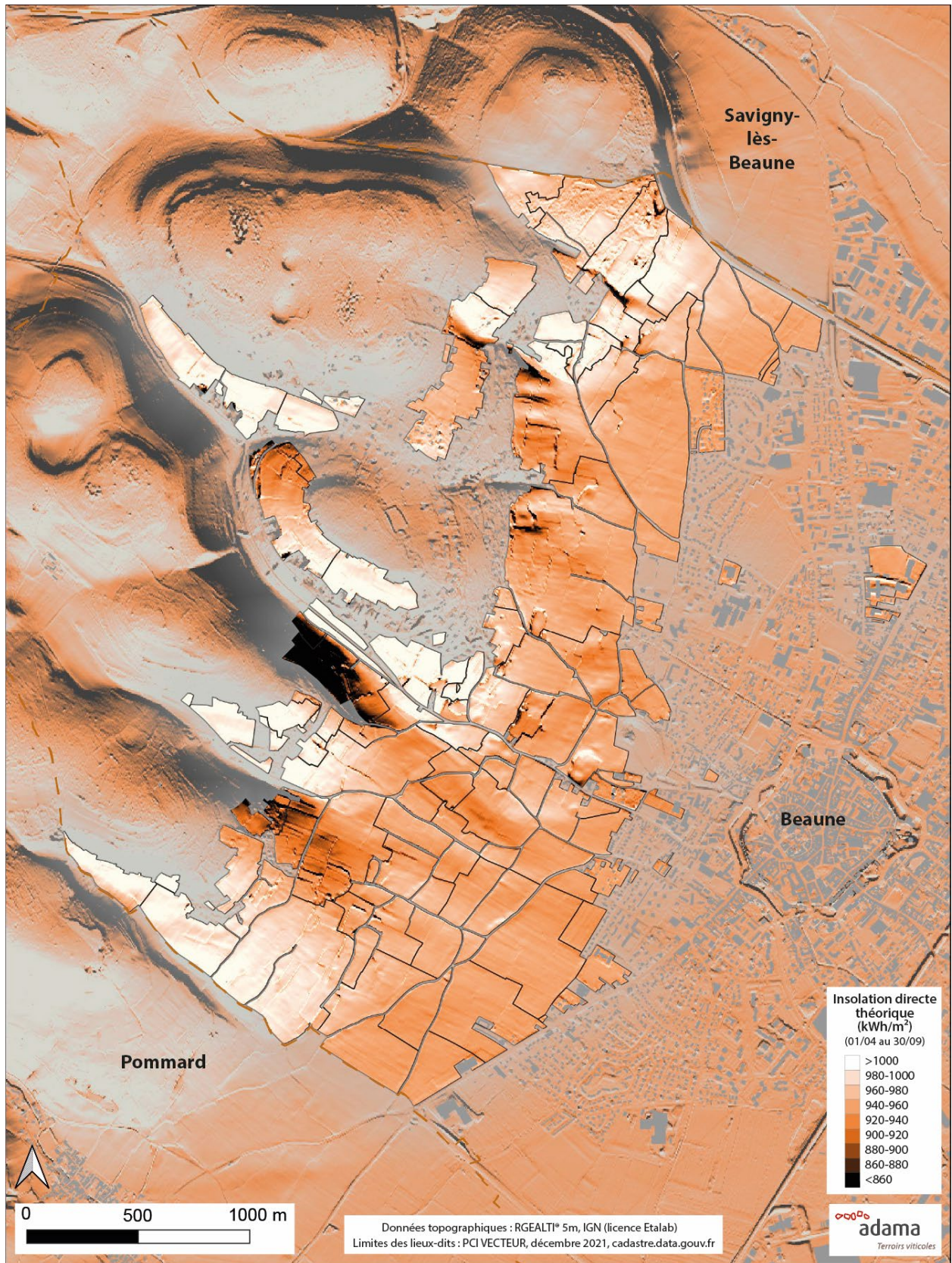


Figure 18. Carte de l'insolation directe théorique calculée pour la période végétative de la vigne

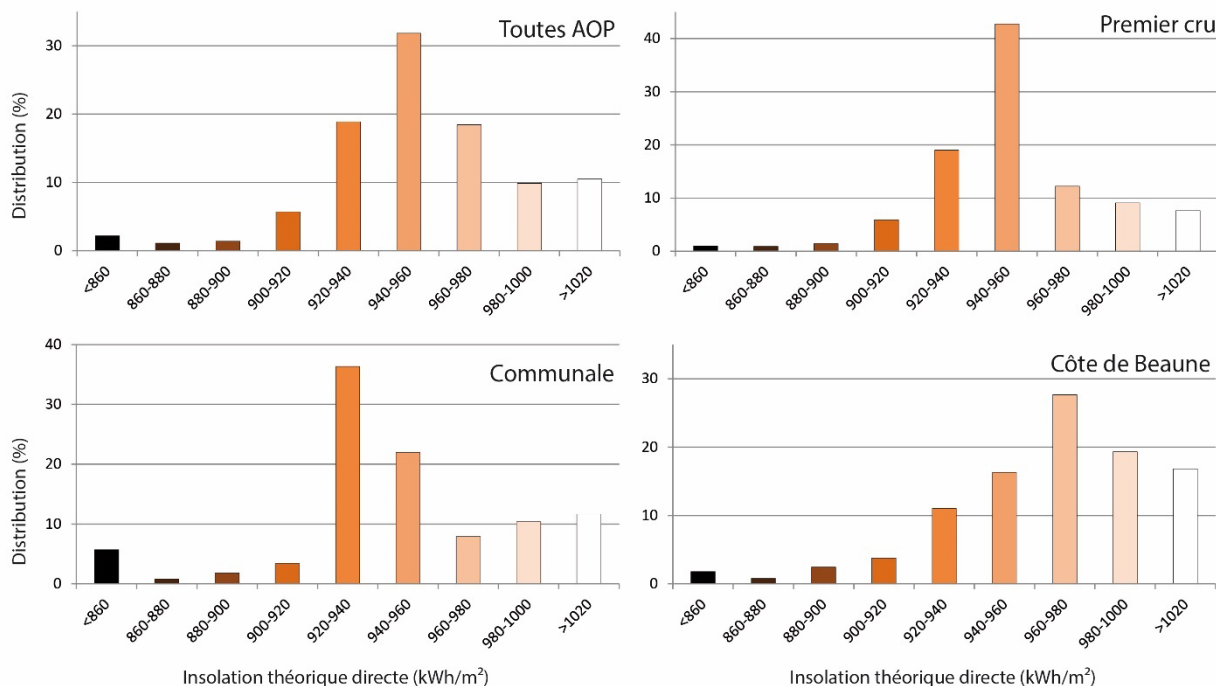


Figure 19. Distribution des classes d'insolation directe (calculée sur la période végétative de la vigne) du secteur d'étude dans son intégralité et pour chaque niveau d'AOP

4.6. Un paysage typique de la Côte

Le paysage viticole de Beaune s'inscrit bien dans le paysage viticole de la Côte et plus particulièrement celui de la Côte de Beaune, avec une orientation globale Est Sud-Est, et des vallées et petits vallons qui entaillent le versant principal (Figure 20). Les altitudes varient significativement, ce qui influence la température moyenne entre le bas et le haut du vignoble. Les premiers crus occupent dans la partie centrale du vignoble, une bande altitudinale large (au Nord) à très large (au Sud). La distribution de l'appellation communale Beaune à l'amont et à l'aval des premiers crus lui confère une forte variabilité des paramètres physiographiques. Située plus en altitude, l'appellation Côte de Beaune est très nettement tournée vers des expositions méridionales qui permet d'accroître l'ensoleillement et ainsi de compenser les températures plus faibles liées à l'altitude.



Figure 20. Représentation en 3D du secteur d'étude (sources : Google Earth, 2024).

L'utilisation des données du Modèle Numérique de Terrain (RGEALTI-5m, ©IGN) permet d'avoir à la fois une vision claire à l'échelle de l'appellation, mais également une connaissance précise des paramètres physiographiques pour chaque climat. La représentation cartographique donne une lecture facile et rapide du contexte géomorphologique, alors que les tableaux statistiques (Annexe 1) permettent de situer exactement les valeurs minimales, maximales et moyennes pour chacun des quatre paramètres, altitude, pente, exposition et insolation directe théorique. Il faut cependant garder à l'esprit qu'**un paramètre seul ne peut se suffire à lui-même pour justifier la qualité bonne ou mauvaise d'un climat**. Seule l'intégration de tous les paramètres qui composent le terroir permet d'estimer le potentiel d'un lieu. Une exposition au Nord ou au Nord-Est qui peut apparaître défavorable peut jouer très faiblement sur l'ensoleillement car la pente de cet endroit est très faible, de moins de 1%, et compense le caractère *a priori* négatif du premier paramètre considéré.

Une fois les caractéristiques morphologiques du paysage appréhendées finement, il devient alors possible de s'intéresser à la nature du sous-sol et du sol. Les relations sont là encore complexes. Le paysage est directement structuré par l'histoire géologique du secteur. Les sols sont issus en partie de l'altération des roches au cours des temps, mais également des actions anthropiques, parfois importantes, qui peuvent localement modifier fortement le paysage, avec des conséquences sur la nature et l'épaisseur des sols, l'écoulement de l'eau le long du versant, etc.

5. La géologie : connaissance du sous-sol

5.1. État des lieux : la Bourgogne et son sous-sol argilo-calcaire

Argilo-calcaire... voilà l'explication systématiquement donnée dès que l'on s'interroge sur la spécificité, la complexité et la diversité des terroirs viticoles de la Côte (on entend par Côte l'ensemble constitué par la Côte de Beaune et la Côte de Nuits). Oui, le sous-sol du vignoble est composé principalement d'argiles et de calcaires ; cette affirmation est donc **vraie**, vraie mais ô combien réductrice. La comparaison peut être faite avec un viticulteur à qui, après dégustation de tous ses vins, vous affirmeriez d'un ton éclairé : « ce sont des vins rouges ! ». De même que les vins peuvent présenter des caractéristiques organoleptiques variables, des différences existent également dans les roches. Il n'y a pas un calcaire et une argile, mais une très large palette de roches sédimentaires argilo-calcaires. Ceci est dû à l'environnement au moment du dépôt des sédiments, à leur mode de dépôt, à leur composition chimique. En conséquence, ces roches vont en s'altérant générer une gamme encore plus variée de sols. Les conditions de dégradation seront différentes, la nature et l'épaisseur des sols pourront varier, le type d'altération de la roche (blocs, plaquettes, sédiments fins et meubles...) confèrera au sol une pierrosité propre à chaque roche et un stockage potentiel de l'eau spécifique. Mieux identifier, caractériser, et connaître les différentes roches constitutives du sous-sol de l'appellation Beaune permet de définir clairement des ensembles cohérents de faciès, cartographiables à l'échelle du lieu-dit. Cette diversité du sous-sol n'est pas la justification unique au découpage fin des « *climats* » Bourguignons, puisque cette variabilité ne s'exprime pas exclusivement d'un lieu-dit à l'autre, mais très fréquemment au sein même d'un lieu-dit.

5.2. L'histoire géologique : la lente création des terroirs

L'histoire géologique, qui se « raconte » en milliers, millions voire milliards d'années, est responsable de l'allure du relief, de l'agencement et de la nature sous-sol. Elle contraint donc de manière forte le paysage actuel.

Au cours de la très longue histoire de la Terre, l'actuel secteur viticole de la commune de Beaune a connu, sous des climats variés, des périodes de dépôts de roches sédimentaires en domaine marin et continental, d'érosion, de structuration du relief. La superposition de tous les événements qui se sont succédés pendant plusieurs centaines de millions d'années a donné naissance au paysage tel que nous connaissons aujourd'hui, avec son type de relief, ses formes caractéristiques, et la grande variabilité de la nature du substrat et des sols qui en découlent. La localisation du vignoble au nord de la Côte de Beaune, sur la bordure occidentale de la plaine de la Saône, nécessite de comprendre l'histoire géologique sur une période très longue, d'environ deux cents millions d'années. La nature des roches (lithologie) y est d'une grande diversité. Comme la plupart des autres appellations de la Côte, la position du vignoble sur le rebord du fossé d'effondrement de la vallée de la Saône va correspondre à un contexte structural particulier, avec de nombreuses failles séparant des compartiments distincts. En outre, la localisation de Beaune immédiatement au sud de la vallée du Rhoin va créer une spécificité dans la nature et la distribution des roches constitutives du sous-sol viticole.

L'évolution du paysage sur le secteur de Beaune peut se résumer en ne retenant que les grandes étapes suivantes (Figure 21) :

- Au cours de la période appelée **Jurassique**, entre 203 et 135 millions d'années, dans une mer chaude, peu profonde (0 à 150 mètres), dans des environnements très variés (lagon protégé des vagues, rivage soumis à l'action des marées, fond marin remanié par les tempêtes...) le dépôt de sédiments marins (sables et vases) est responsable de la diversité de nature (lithologie) des roches sédimentaires.

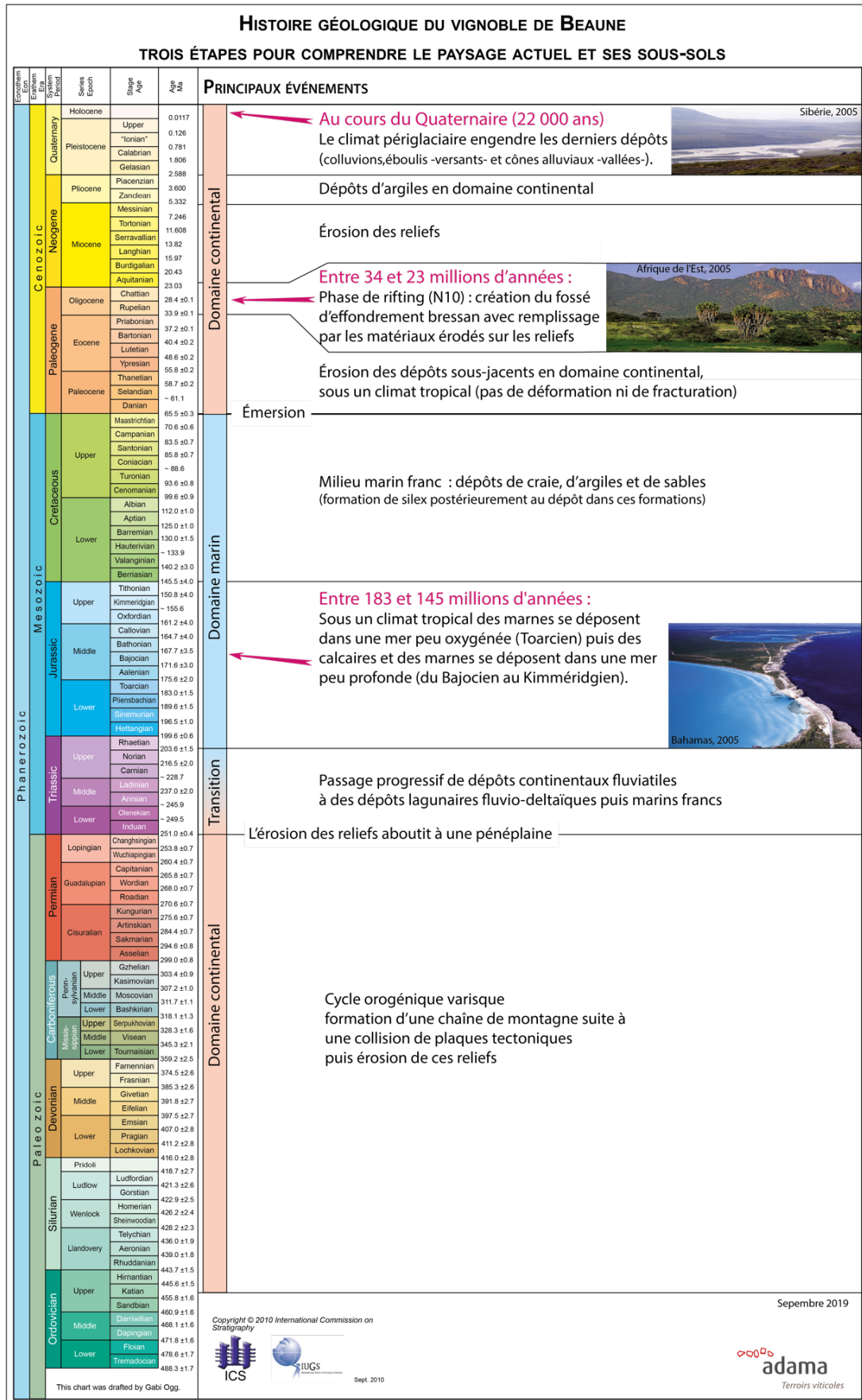


Figure 21. Principaux événements géologiques qui ont influencé la nature du sous-sol et le paysage actuel du secteur d'étude

- Le relief sur lequel s'étend aujourd'hui la vigne a commencé à se former il y a près de 34 millions d'années, au cours d'une période géologique appelée **Oligocène**, et sa structuration s'est poursuivie jusqu'à 23 millions d'années environ. Des failles (cassures) et des compartiments (blocs entre les failles) se créent alors progressivement, sous l'action de séismes successifs, augmentant la diversité du substrat géologique.
- L'ultime façonnement du relief se produit pendant le **Pliocène** et le **Quaternaire** (depuis 5,3 millions d'années) avec des incisions de vallées et de vallons qui recoupent le relief de la Côte, et le dépôt de formations superficielles dont le rôle comme substrat viticole est parfois essentiel : des alluvions dans les vallées et au débouché des vallons, des éboulis parfois épais et des colluvions qui s'accumulent par gravité le long des versants.

La notion d'âge en géologie

Au cours notamment du XVIII^e siècle, les premiers géologues (« naturalistes ») ont compris que certaines couches sédimentaires pouvaient être d'âge différent, et que des arguments -notamment des fossiles- permettaient de les dater relativement (une couche est plus jeune ou plus ancienne qu'une autre), mais ils ne disposaient pas à cette époque des moyens de radio-datations actuels, qui, grâce aux isotopes de certains éléments chimiques, permettent d'avoir des âges absolus exprimés en milliers ou millions d'années. Par exemple une couche est datée de 158 millions d'années -plus ou moins un intervalle d'incertitude dans la datation-. Ils ont donc désigné l'âge relatif des couches par le nom du lieu le plus représentatif de chacune de ces couches sédimentaires. La ville de Bath en Grande-Bretagne, en Grande-Bretagne, a ainsi donné son nom au Bathonien, la ville d'Oxford en Grande-Bretagne, son nom à l'Oxfordien. Les couches d'âge Bathonien sont plus anciennes que celles d'âge Oxfordien. Les progrès des méthodes de datation ont permis ultérieurement de préciser l'âge absolu de ces périodes (appelées « étages » en géologie) (Annexe 2). Le Bathonien s'étend sur la période de 168 à 165 Ma, l'Oxfordien de 165 à 161 Ma. Il faut imaginer par analogie pour mieux comprendre que cela reviendrait à raconter l'histoire de France en ne mentionnant que des noms de périodes sans donner leurs limites, la période romaine, le Moyen-Âge, la Renaissance, la Période Moderne... Nous savons pour l'avoir appris à l'école dans quel ordre se sont succédé ces périodes, et nous n'avons plus besoin des repères chronologiques de 476, 1492, 1789, etc. pour nous situer. Il en est de même pour le découpage du temps en géologie, qui n'est pas régulier, et utilise des noms aux apparences parfois barbares pour le néophyte, plutôt que des âges absolus.

En outre, les roches argilo-calcaires qui composent le sous-sol de la Côte se sont déposées pendant la période du Jurassique, dans une courte fourchette de temps. Par exemple l'âge « Oxfordien » caractérisera ainsi à la fois des marnes silteuses de couleur claire, mais également des couches de calcaires riches en débris d'organismes, en oolithes et en gravelles, et d'âge oxfordien elles aussi. Ces deux roches, de composition minéralogique très différente, vont s'altérer différemment, et fournir deux sols très différents où les racines de la vigne ne puiseront ni les mêmes nutriments, ni la même quantité d'eau. **Le seul âge (ici Oxfordien) ne peut alors suffire à décrire la nature lithologique du substratum de la vigne**

De surcroît, des variations latérales de faciès sont possibles pour un âge donné. C'est le cas par exemple dans le Bathonien du Calcaire de Comblanchien, calcaire massif exploité comme pierre marbrière et très présent en Côte de Nuits, qui correspond partiellement à des dépôts marneux, les Marnes à *Pholadomya bellona* en Côte de Beaune méridionale. **Le seul âge (ici Bathonien) ne peut toujours pas suffire à décrire la nature lithologique du substratum de la vigne.**

5.2.1. L'histoire anté-Jurassique

Entre 450 et 250 Millions d'années, le secteur est inclus dans une énorme chaîne de montagne, la chaîne hercynienne, qui couvre toute l'Europe occidentale (Bohême...) mais aussi une partie de l'Amérique du Nord, proche de l'Europe avant l'ouverture de l'Atlantique Nord au Crétacé. Des montagnes se forment, résultant de plissement intenses, impliquant des roches formées en profondeur dans la croûte terrestre : les granites. L'essentiel de la collision entre les deux plaques continentales a eu lieu entre 400 et 350 Millions d'années pendant la période appelée Dévonien. Ce cycle orogénique (générant une chaîne de montagnes) est connu sous le nom de phase varisque ou hercynienne.

À l'arrêt de la collision, l'érosion va niveler les reliefs, qui disparaissent presque totalement : il y a pénéplation. Il est possible de se référer à un analogue actuel pour mieux comprendre, le paysage de l'époque est alors à rapprocher des reliefs de la Bretagne aujourd'hui. Les dépôts suivants vont se mettre en place dans ce paysage qui a déjà subi une très longue évolution.

5.2.2. Le dépôt des sédiments

Pendant le Trias (250 à 200 Ma), la mer va progressivement envoyer tous les reliefs pénéplanés (aplanis), depuis l'est vers l'ouest, sur un paysage très plat. Des dépôts fluvio-deltaïques, à la confluence entre le domaine continental et le domaine marin se mettent en place sur les granites érodés. À la fin du Trias et au début du Jurassique, pendant le Rhétien et l'Hettangien (204 à 196 Ma), l'invasion marine est plus franche. Aux grès à ciment carbonaté succèdent des dépôts marins francs.

Au Jurassique Inférieur, également appelé Lias (203 à 176 Ma), les dépôts se font en domaine marin, dans des conditions variables.

Au cours du Jurassique Moyen, aussi appelé Dogger (176 à 161 Ma), les conditions de dépôt ne sont plus du tout similaires à celles du Lias. Le contexte paléogéographique est celui d'une plate-forme carbonatée, c'est à dire une mer épicontinentale, peu profonde, en contexte climatique tropical (favorisant la précipitation des carbonates) (Figure 22), avec toutefois quelques fluctuations du niveau marin permettant des incursions marines plus franches. Une lacune de sédimentation se produit à la fin du Jurassique Moyen et au début du Jurassique Supérieur.

Les dépôts mis en place pendant le Jurassique Supérieur ou Malm (161 à 145 Ma) sont toujours caractéristiques d'un environnement marin, mais plus franchement ouvert vers le large et avec une profondeur d'eau plus importante. Les dépôts sont de nature plus variée, de la plate-forme au pied du talus, continental, mais toujours constitués de carbonates et de marnes et qui se déposent sous un climat tropical (Figure 22).

Le Crétacé (145 à 65 Ma) est le siège de sédiments carbonatés caractéristiques, qui ont valu son nom à cette période : la craie. Ces épais dépôts traduisent un environnement marin ouvert, avec une tranche d'eau plus importante (Figure 22), et sont constitués par l'accumulation de microscopiques pièces de squelettes (les coccolithes) d'algues calcaires, les coccolithophoridés. Le contexte climatique est toujours tropical.

À la fin du Crétacé et au début de l'ère tertiaire, vers 65 millions d'années, une émergence de la région se produit, associée à l'orogénèse (formation de la chaîne) alpine. À partir de cette époque, il n'y aura plus de dépôts marins dans cette zone. Le secteur du futur vignoble de Beaune se trouve désormais en domaine continental ; le climat tropical persiste. Les dépôts précédemment mis en place sont soumis à l'érosion, mais

Caractérisation physiographique, géologique et pédologique du vignoble de Beaune

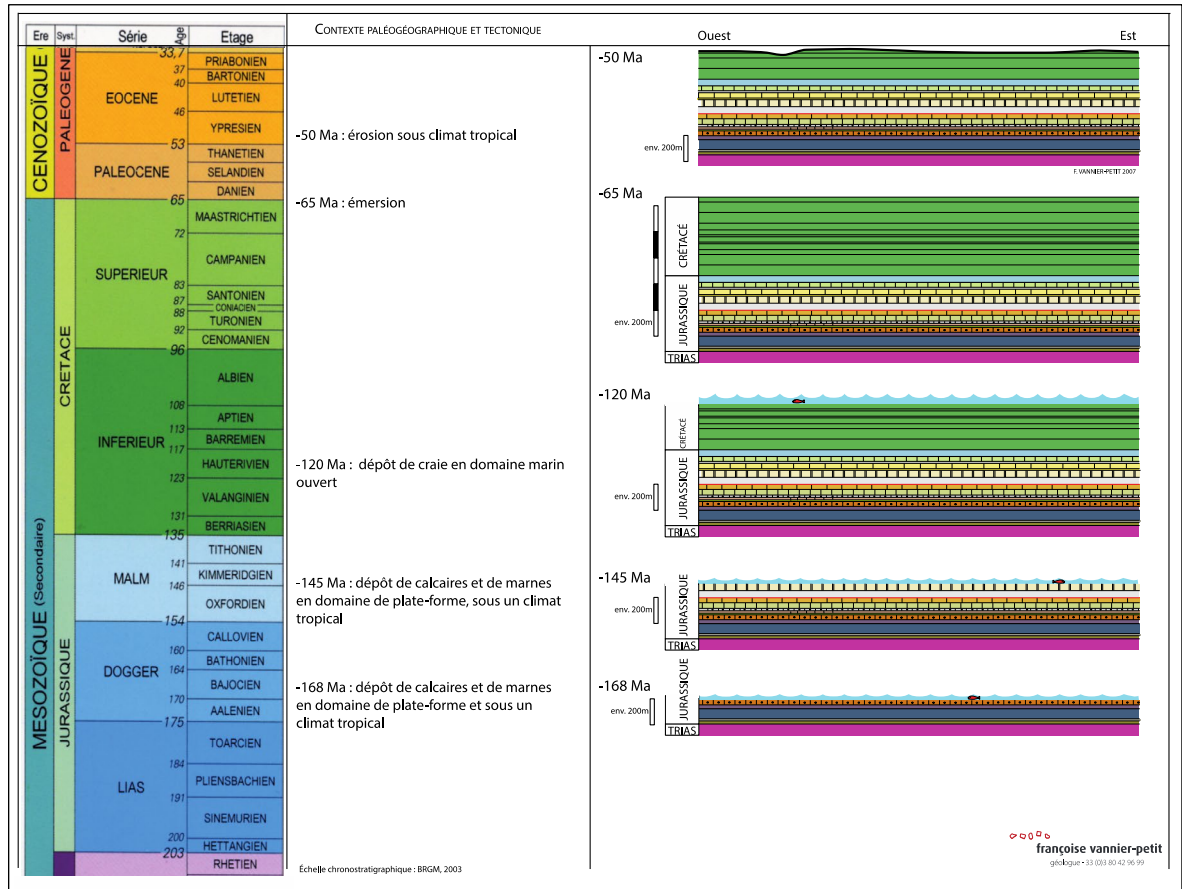
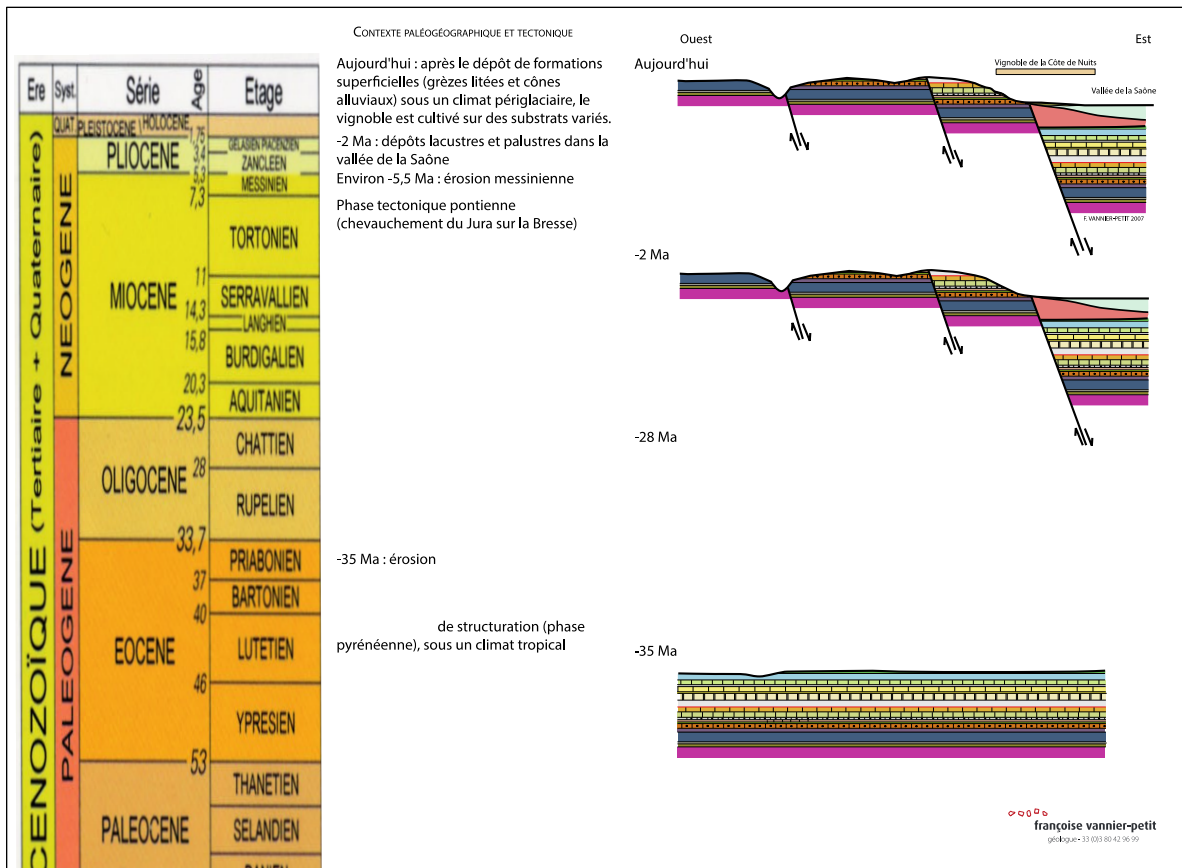


Figure 22. Principales étapes des dépôts et de la formation du paysage de la Côte du Jurassique à l'actuel

pas encore à des déformations tectoniques (Figure 22). Pendant le Paléocène (65 à 56 Ma) et l'Eocène (56 à 34 Ma), l'altération des roches alors à l'affleurement va engendrer des sols caractéristiques de ces climats tropicaux, avec des croûtes parfois épaisses de plusieurs mètres, appelées cuirasses latéritiques, riches en oxydes de fer, qui se forment au contact de la nappe phréatique. Une grande partie des dépôts d'âge Crétacé, et dans une moindre mesure Jurassique supérieur, va ainsi disparaître.

5.2.3. La création du relief de la Côte

Au cours de l'Oligocène (34 à 23 Ma), toujours en domaine continental et sous un climat tropical, un étirement majeur de la croûte terrestre va provoquer une zone de rift (effondrement) à travers toute l'Europe, depuis l'Allemagne (fossé du Rhin), la Bourgogne (fossé Bressan, c'est-à-dire la plaine de la Saône actuelle) jusqu'à la Méditerranée (vallée du Rhône). Un réseau de failles orientées N10 (presque Nord-Sud) va être responsable de la création du relief de la Côte. Les couches sédimentaires qui étaient jusque-là subhorizontales et non fracturées vont s'agencer en compartiments, sortes de grandes marches d'escalier qui s'effondrent vers le centre du bassin, à l'Est (Figure 22). C'est ainsi que les Marnes à *Digonella Divionensis* qui affleurent par exemple dans la partie nord de l'appellation Beaune au climat En Genêt, à une altitude de 240 mètres se situe à 1 262 mètres de la surface dans le forage d'Argilly (situé à 8 kilomètres au sud-est de Nuits-Saint-Georges, à une altitude de 220 mètres). Il faut bien réaliser ***qu'il n'y a pas une seule grande faille qui décale de plus de 1 500 mètres les couches sédimentaires, mais de nombreuses failles d'importance variable*** qui coexistent, avec des rejets (décalages) très différents, de l'ordre du mètre à plusieurs dizaines de mètres. Des failles majeures, avec des rejets importants, délimitent les principaux compartiments. Des failles associées, avec des rejets moindres, « compensent » l'effondrement vers le centre du fossé Bressan (Figure 23).

La direction principale de fracturation est parallèle au relief de la Côte avec deux directions principales : N10-N20, mais également N30-N40. De surcroît, il existe un réseau de failles transverses associées à la phase tectonique pyrénéenne. Ces failles peuvent reprendre localement des directions hercyniennes (N60 à N70), mises en place entre 400 et 350 millions d'années (cf paragraphe 5.2.1). La plupart du temps, ces fractures se situent aujourd'hui dans l'axe des vallées sèches (les « Combes ») qui incisent le coteau viticole. Les arguments relevés de part et d'autre de ces vallées tendent à prouver un déplacement avec une composante principalement horizontale, responsable de la grande variabilité des roches affleurant sur les versants de part et d'autre des combes. Cet agencement permet de réfuter l'hypothèse d'un quelconque plissement des couches le long de la Côte (Rat, 1986, p.161). Il n'y a donc pas « d'anticlinal » ni de « synclinal » sur la Côte.

La fracturation crée progressivement le relief de la Côte sur une période d'une dizaine de millions d'années. À chaque séisme, les failles jouent de manière plus ou moins importante selon l'intensité du tremblement de terre. Les rejets (décalages) se cumulent au cours du temps, donnant l'agencement des couches observable aujourd'hui. Au fur et à mesure que le relief se met en place, les phénomènes d'érosion prennent de l'ampleur, et « rabotent » le relief qui se crée. Des dépôts plus ou moins grossiers de galets ou de marnes s'accumulent dans la dépression au pied du relief au fur et à mesure de sa formation (Figure 22, Figure 23), selon l'intensité de l'érosion et la proximité des zones d'apports depuis les points hauts. Ces dépôts alluviaux grossiers sont emballés dans une matrice de calcaire argileux d'une couleur rose saumon très caractéristique.

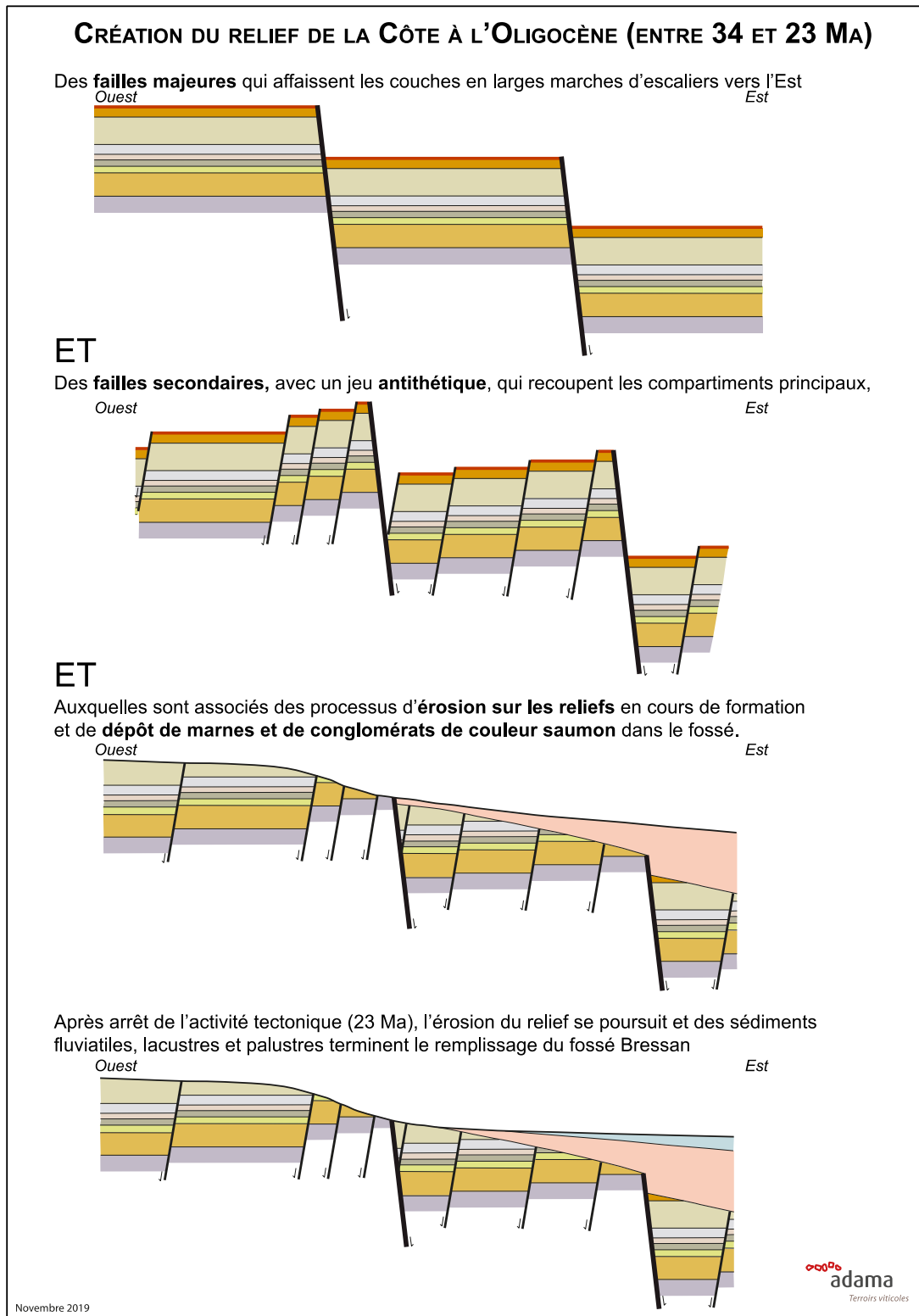


Figure 23. Structuration des dépôts d'âge Jurassique et du paysage au cours de l'Oligocène permettant de comprendre l'organisation actuelle des différentes formations et la complexité de la fracturation sur une coupe synthétique de la Côte

Depuis l'arrêt de l'activité tectonique à la fin de l'Oligocène, les processus érosifs ont pu faire reculer notablement le front de Côte vers l'Ouest, en gommant largement sur le versant les éventuelles évidences de l'activité tectonique. Il est ainsi rare d'observer aujourd'hui dans le paysage un dénivelé qui corresponde au tracé d'une faille. Les quelques cas relevés correspondent toujours à une situation bien particulière. Un dénivelé de quelques mètres souligné la plupart du temps par un plan oblique, lisse, strié verticalement, sur lequel aucune limite de banc de calcaire n'est visible, sépare à l'Ouest, en amont, des calcaires durs, résistants à l'érosion, de marnes à l'Est, en aval. La moindre résistance des marnes aux processus d'érosion a dégagé le plan de faille (Figure 24). Ce sont principalement les conséquences de l'activité humaine (murs qui bloquent les colluvions le long du versant, front de taille d'anciennes carrières...) qui sont responsables des différences d'altitude visibles dans le paysage viticole actuel (Figure 25). Le secteur de Beaune est particulièrement impacté par ces anciennes carrières qui ont été exploitées pour la construction des bâtiments de la ville. Les anciens fronts de taille sont très fréquents, et mitent le coteau viticole.

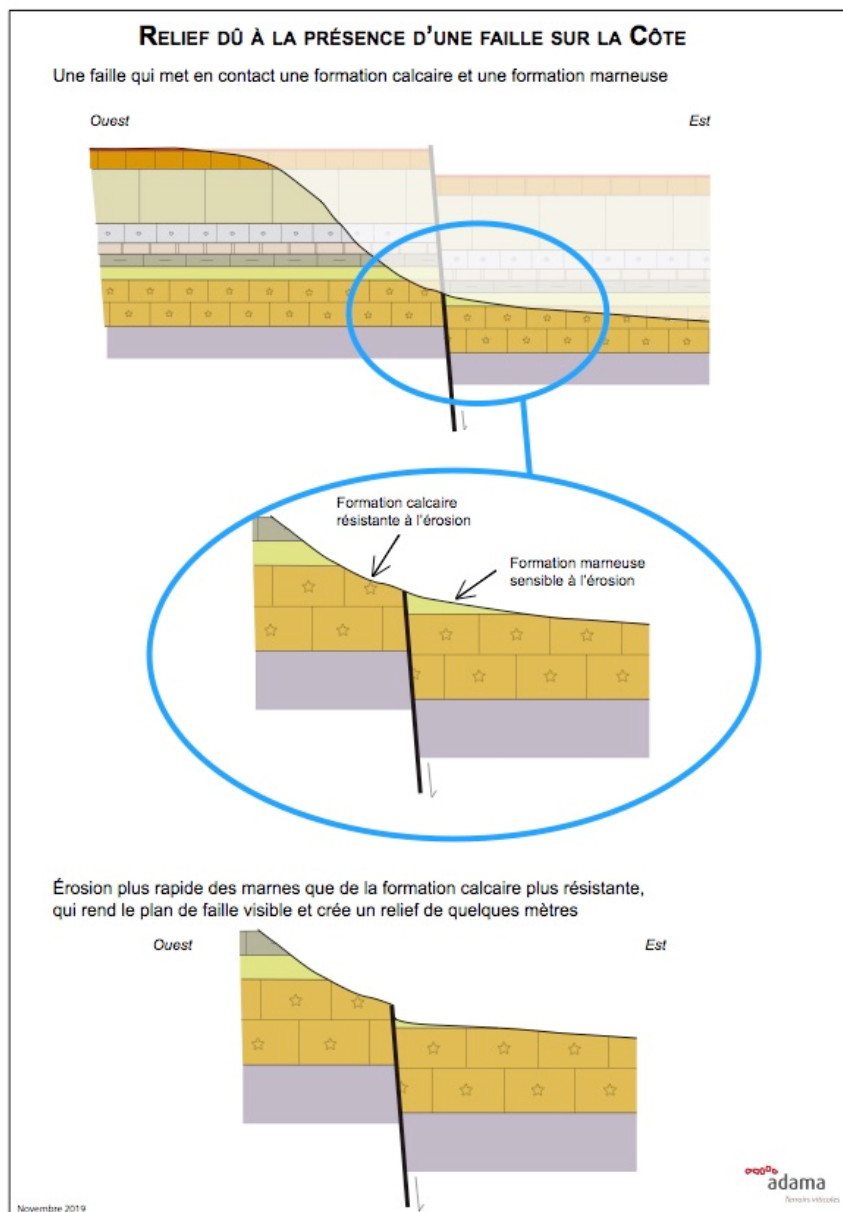


Figure 24. Coupe théorique expliquant pourquoi les reliefs de failles sont parfois visibles dans le paysage actuel

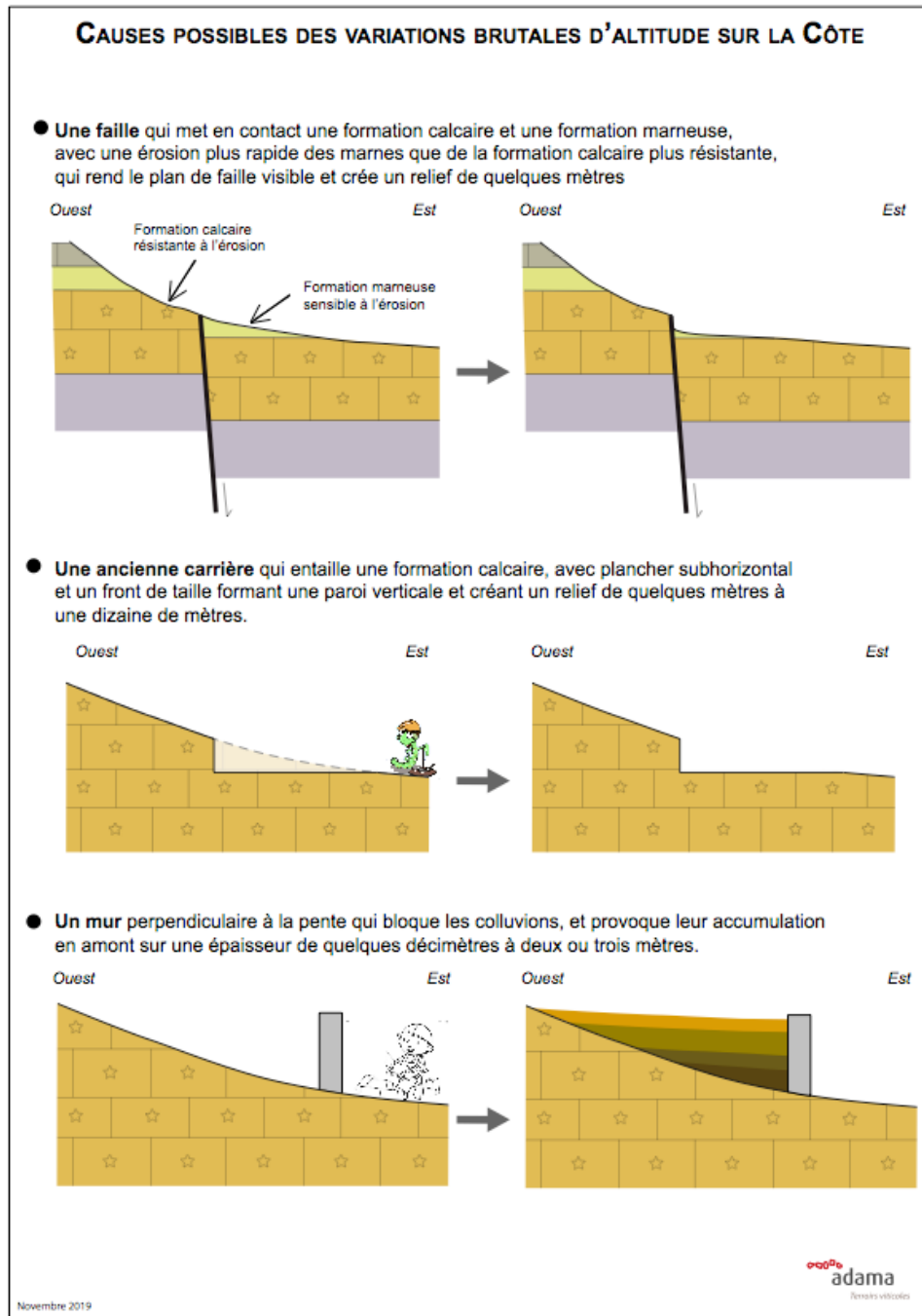


Figure 25. Schéma synthétique expliquant les diverses causes de variations brutales d'altitude sur le versant viticole de la Côte

5.2.4. Les formations superficielles

Au cours du Pliocène (de 5,3 à 2,6 Ma) et du Quaternaire (de 2,6 Ma à aujourd'hui), trois grands types de dépôts vont terminer de façonner les sous-sols et le paysage des appellations étudiées.

Le climat n'est plus tropical mais de type tempéré. Au cours du Pliocène, des dépôts continentaux fins, riches en argile, se mettent en place au pied du versant, dans un environnement palustro-lacustre (marais et lacs). Ces sédiments fins, les Marnes de Bresse, sont parfois recoupés ou surmontés par des chenaux de sable, de graviers et de cailloux.

Des fluctuations climatiques majeures vont se produire notamment au cours du Quaternaire, entre des périodes de climat tempéré et des périodes de climat périglaciaire (Annexe 3). La période la plus froide, appelée Würm, est enregistrée vers 22 000 ans. Ces conditions climatiques vont expliquer une partie des dépôts les plus récents. Il faut noter qu'**il n'y a pas eu de glacier au cours du Quaternaire dans la région**. Le modelé du relief actuel, découpé par des combes, nom local donné aux vallées souvent sèches, n'est donc en aucun cas le résultat du creusement par des langues glaciaires. Lors des périodes de climat périglaciaire, il règne alors sur la Bourgogne un climat du type de celui qu'on connaît aujourd'hui en Sibérie, en Alaska, avec un sol et un sous-sol gelé en permanence, le permafrost. Au printemps et en été, les températures légèrement positives permettent aux premiers décimètres de dégeler, mais le sous-sol reste gelé toute l'année sur parfois plusieurs dizaines de mètres (20 à 30 mètres). L'eau qui a dégélé à la surface des plateaux cherche par gravité à rejoindre la vallée de la Saône, puisque le relief existe déjà, et s'organise en cours d'eau qui vont inciser le coteau au fur et à mesure des alternances saisonnières de gel-dégel de la couche superficielle du permafrost. Les combes se creusent à cette période, l'eau circulant préférentiellement soit dans des vallées déjà marquées depuis le Miocène, soit dans des secteurs plus faciles à éroder, des zones fracturées par exemple (cf paragraphe 5.2.3). Dans les combes, aujourd'hui sans cours d'eau pérenne, des torrents saisonniers, coulant au printemps et en été, ont charrié des matériaux hétérométriques, de taille très variable, du bloc de plusieurs centaines de kilogrammes à la particule fine de la taille de l'argile et du limon. Au débouché de ces vallées et vallons, le flux d'eau s'étale largement, en abandonnant les sédiments transportés. Ceux-ci, transportés sur quelques centaines de mètres, un ou deux kilomètres tout au plus, sont émoussés à subarrondis. Ils ne présentent que rarement de belles formes très arrondies, mais leur transport par un cours d'eau, même saisonnier, en fait des alluvions, qui s'accumulent sous forme de lobes constitués de clastes de calcaires (graviers, cailloux, pierres et blocs) emballés dans une matrice généralement argilo-limono-sableuse. Tous ces lobes s'anastomosent en un large épandage qui forme un cône alluvial (ou cône de déjection) au débouché des vallées. Dans la partie nord de la Côte de Beaune, à cause de la présence d'épaisses formations marneuses, l'érosion due aux cours d'eau saisonniers est aisée. Des vallées incisent les bordures du plateau calcaire sur des zones souvent plus fragiles, associées à d'anciennes failles. Les calcaires qui surmontent les marnes, plus résistants aux phénomènes d'érosion, subsistent et coiffent les versants marneux. Juste au nord du secteur d'étude, le ruisseau du Rhoin emprunte une vallée qui constitue un trait majeur du paysage local. Elle a été une source d'apports importants en provenance du relief à l'Ouest, avec accumulation des matériaux transportés sous forme de sédiments meubles et hétérométriques à son débouché, et de probables circulations de distributaires au pied du relief, avec dépôts d'alluvions hétérométriques.

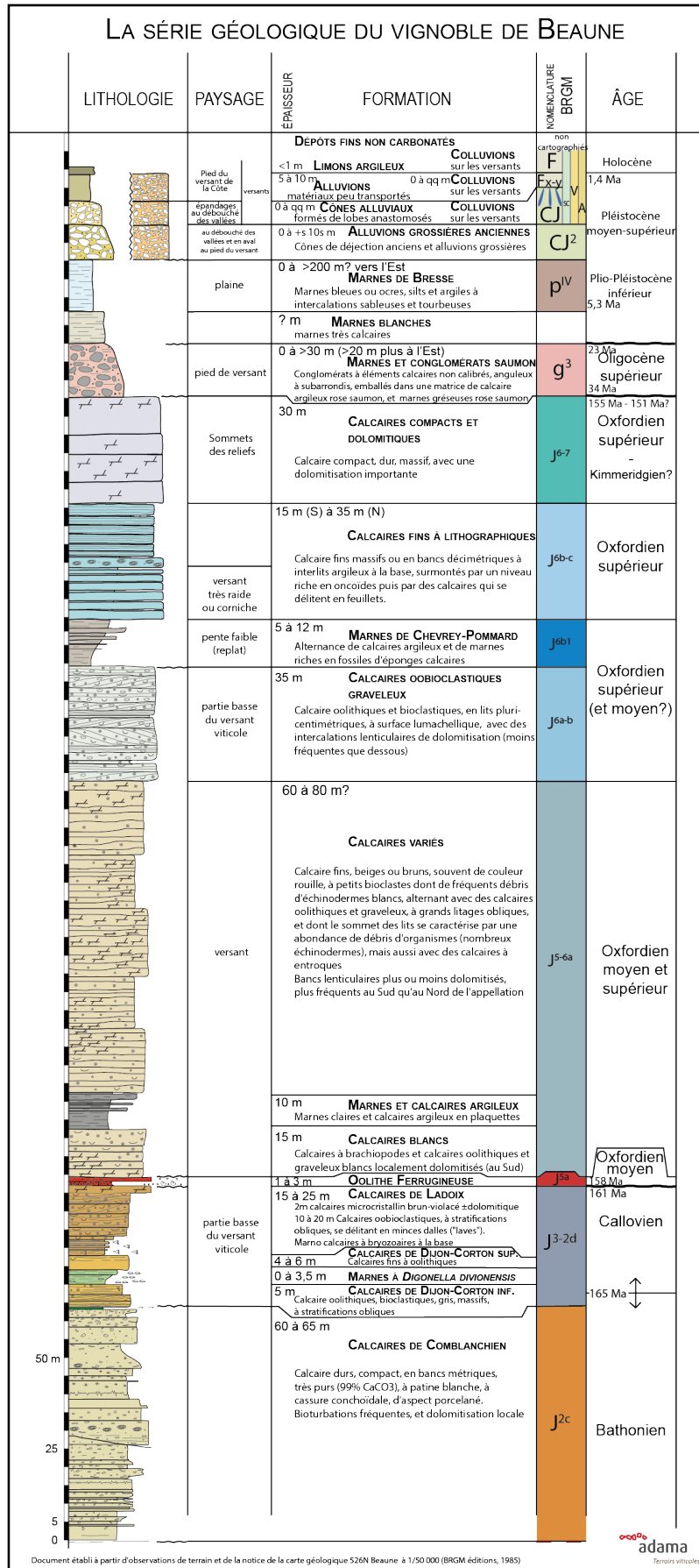
L'autre conséquence importante de ces périodes de climat périglaciaire est visible sur les versants. Lors des périodes de climat froid, le sous-sol est gelé en permanence. Les roches vont se fracturer sous l'action du gel et du dégel, de manière quotidienne, l'eau dégelant au lever du jour et redevenant de la glace à la nuit tombée. La pression exercée sur le calcaire lorsque l'eau, qui s'est infiltrée dans les fissures à l'état liquide, devient de la glace à la tombée du jour est de plusieurs kilogrammes par centimètre carré. Cette répétition de phases de gel-dégel va entraîner une fissuration de la roche calcaire en petits graviers anguleux. De manière concomitante, l'érosion des versants génère des matériaux qui transitent par gravité le long des pentes pour s'accumuler au pied du coteau. Ces dépôts appelés colluvions peuvent être plus ou moins épais (de quelques décimètres en général jusqu'à une dizaine de mètres pour les éboulis cryoclastiques) et être parfois relativement anciens. Les colluvions peuvent être fines ou grossières. Au pied de la pente, elles contiennent fréquemment les quelques clastes qui ont résisté à l'érosion, très usés, émoussés (chailles très patinées, galets plus ou moins décarbonatés).

Ainsi, la grande variabilité des sous-sols des appellations étudiées résulte d'une succession d'événements au cours de la très longue histoire géologique. La grande diversité des faciès des roches déposées au Jurassique est accrue par la fracturation d'âge Oligocène qui met en contact différentes formations, mais aussi par la

présence de formations superficielles d'âge Plio-Quaternaire qui recouvrent plus ou moins largement les dépôts précédents. Ces différents épisodes conditionnent non seulement la nature du sous-sol mais également les formes du relief, donc le paysage sur lequel la vigne est cultivée, ainsi que la diversité des sols du vignoble beunois.

5.3. Les roches constitutives du sous-sol de l'appellation

Du fait de la longue histoire géologique du secteur, l'ensemble des formations géologiques rencontrées dans le vignoble de Beaune présente des natures lithologiques et des âges très variables (Figure 26). Chacune de ces formations est décrite dans les pages suivantes. L'accent est mis sur les faciès plus que sur les âges, car ce sont bien à la fois la nature de la roche et la manière dont celle-ci va s'altérer qui contraignent largement les sols (nature, épaisseur...) mais également les circulations et le stockage de l'eau dans le sous-sol, et non l'âge du dépôt de la roche considérée (*cf.* encadré « La notion d'âge en géologie » du paragraphe 5.2). Ce sont donc des formations (ensembles de couches successives qui présentent des faciès semblables) caractérisées par leurs faciès qui ont été décrites et non des dépôts correspondant à des âges précis. Les conditions de formation des roches sont responsables de leur caractéristiques. Une mise en place de sédiments par lits successifs de sable transportés par des courants forme une roche qui s'altérera en se délitant en dalles ou en plaquettes selon l'épaisseur des lits, alors qu'une accumulation de particules fines dans un environnement très calme donnera une roche homogène, en bancs compacts, épais, qui s'altérera en blocs massifs. Les faciès doivent de surcroît être considérés en prenant en compte l'éventuelle inclinaison des couches et leur fracturation pour appréhender au mieux les flux hydriques et les capacités de stockage. La nature de chaque roche ainsi que les conditions climatiques sous lesquelles elle va s'altérer conditionnent les éléments chimiques disponibles pour la vigne. La distribution de chaque formation lithologique a également été recensée pour le vignoble de Beaune.



Document établi à partir d'observations de terrain et de la notice de la carte géologique 526N Beaune à 1/50 000 (BRGM éditions, 1985)

Figure 26. La série géologique du vignoble de Beaune

5.3.1. Calcaires de Comblanchien

Âge : Jurassique moyen (Dogger), Bathonien - Callovien (168 à 161 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : J^{2c}

Épaisseur : 60 à 70 mètres

Description :

L'épaisse formation est constituée de calcaires compacts, très durs, agencés en bancs métriques très massifs, très purs (plus de 99% de CaCO_3), exploités en pierre marbrière avec une renommée internationale. La roche de couleur claire, beige à crème, se caractérise souvent par une pâte très fine, d'aspect homogène, et une cassure avec un aspect porcelané (Figure 27). Certains niveaux contiennent des grains de nature variée (intraclastes, débris d'organismes...). Localement, des niveaux repères dolomités (riches en carbonate de calcium et de magnésium, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) confèrent au calcaire un aspect perturbé par des pistes roses, ou bien des faciès de plage, cimentés très précocement, donnent un aspect granuleux au calcaire. Des phénomènes de pression-dissolution sur les bancs indurés ont généré des joints irréguliers appelés stylolithes, fréquemment soulignés par un film d'argiles et/ou d'oxydes de fer. Les Calcaires de Comblanchien sont exploités immédiatement au nord de la butte de Corton, dans les carrières du village qui a donné son nom à la formation.



Figure 27. Faciès homogène à pâte très fine, avec une cassure d'aspect porcelané, d'un bloc de Calcaires de Comblanchien

Conditions de mise en place :

Le dépôt des Calcaires de Comblanchien s'est produit en domaine marin peu profond, très calme, protégé de l'agitation des vagues, dans un lagon très étendu, qui est un environnement propice pour une sédimentation de microcristaux de calcaire sous forme de vase carbonatée. Cette boue devient lentement une roche sous le poids des sédiments qui continuent de s'accumuler au-dessus, par expulsion de l'eau et cimentation des tout petits grains.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les Calcaires de Comblanchien n'ont pas été formellement identifiés sur le secteur d'étude. La carte géologique du BRGM (cf. §5.4.1) mentionne la présence de Calcaires de Comblanchien dans un compartiment de faille au pied du versant, dans le climat les Teurons, et à cheval sur les climats Clos de la Mousse et les Reversés. Des blocs massifs de calcaires d'aspect porcelané ont bien été observés, mais il est probable que ce soient des éléments grossiers inclus dans les conglomérats d'âge Oligocène plutôt que les indicateurs d'un affleurement de Calcaires de Comblanchien.



Figure 28. Mur construit avec de gros blocs de calcaires de Comblanchien au climat les Teurons.

5.3.2. Calcaires de Dijon-Corton et marnes à *Digonella divionensis*

Âge : Jurassique moyen (Dogger), Bathonien terminal - Callovien (166 à 161 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : J^{2d-3}

Épaisseur : 10 à 15 mètres

Description :

Cet ensemble, connu également dans la littérature ancienne sous le nom de « Calcaires Grenus » est composé de plusieurs ensembles. La partie inférieure de la formation (5 m) est constituée de calcaires oolithiques (riches en oolithes, petites sphères millimétriques de calcaires faisant penser à des œufs de poisson, d'où leur nom) et bioclastiques (riches en bioclastes, fragments de coquilles et de squelettes d'organismes), massifs ou

en bancs pluridécimétriques, avec de grandes stratifications obliques, les Calcaires de Dijon – Corton (Figure 29, Figure 30, Figure 31), autrefois largement exploités comme pierre de construction pour les bâtiments des villes de Dijon et de Beaune. Lui succède un ensemble épais de quelques centimètres à 3,5 m, formé de marnes claires, grises, blanchâtres ou jaunâtres, et de calcaires argileux, riches en fossiles de brachiopodes (*Digonella divionensis*) (Figure 32) et de lamellibranches, les marnes à *Digonella divionensis* (Figure 33). Enfin, dans la partie supérieure de la formation (4 à 6 m), des calcaires riches en débris coquilliers, en bancs horizontaux ou mal individualisés, terminent cet ensemble (figure 36).



Figure 29. Détail d'un affleurement des Calcaires de Dijon-Corton et des Marnes à *Digonella divionensis* (en creux sur l'affleurement) dans une ancienne carrière, au climat En Genêt



Figure 30. Litages dans les calcaires de Dijon-Corton dans le climat les Cent Vignes



Figure 31. Détail des litages dans les calcaires de Dijon-Corton dans le climat les Cents Vignes



Figure 32. Marnes à *Digonella divionensis* (en creux) et Calcaires de Dijon-Corton supérieur dans le climat les Perrières ©Michel Joly, 2024



Figure 33. Fossiles de *Digonella divionensis* dans le sol du climat les Perrières ©Michel Joly, 2024

Conditions de mise en place :

Ces roches se sont mises en place sur une vaste plate-forme carbonatée en domaine marin peu profond (de quelques mètres à une trentaine de mètres), soumis à l'action des tempêtes pour les Calcaires de Dijon-Corton, et dans un environnement plus protégé de l'action des vagues, et moins propice à la sédimentation carbonatée pour les marnes à *D. divionensis*.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les calcaires de Dijon-Corton sont présents sur une étroite bande en bas du versant viticole dans la partie centrale et au nord de l'appellation. Ils sont limités à l'Ouest par des failles et sont recouverts en discordance à l'Est par des dépôts d'alluvions anciennes au Nord et par des conglomérats d'âge Oligocène dans la partie centrale. Ils n'ont pas été distingués des Calcaires de Ladoix sus-jacents sur la carte géologique. Cet ensemble affleure fréquemment à la faveur de fronts de tailles d'anciennes carrières (Figure 29 et Figure 32), comme en bas du climat les Perrières et à l'ouest de En Genêt. Au nord de l'appellation, l'ensemble a été identifié dans la partie basse du climat les Marconnets, la quasi-totalité du climat En Genêt, à l'ouest du climat les Cents Vignes. Sur le coteau central, les calcaires s'étendent du Nord au Sud depuis la pointe orientale des Toussaints, le quart aval du climat les Grèves, et une large partie des Teurons.

5.3.3. Calcaires de Ladoix

Âge : Jurassique moyen (Dogger), Callovien (165 à 161 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : J^{3-2d}

Épaisseur : 15 à 25 mètres

Description :

Cet ensemble est également désigné dans la littérature ancienne sous le nom de « Dalle Nacrée ». À la base, des calcaires forment de petits bancs à stratifications obliques séparés par des joints argileux ou marneux très riches en bryozoaires (petits animaux marins avec un squelette calcaire qui vivent en colonies). Au-dessus, un ensemble de bancs riches en bioclastes (débris d'organismes), de couleur ocre-roux (Figure 34), avec des oolithes, et présentant des litages sigmoïdaux typiques des dépôts de marées (Figure 35), les Calcaires de Ladoix, utilisés autrefois pour les couvertures bourguignonnes traditionnelles en pierres plates (« laves »). Ce sont souvent ces minces dalles qui sont observées dans les vignes. Des calcaires microcristallins brun-violacé terminent cet ensemble avec une surface durcie perforée au sommet, traduisant un arrêt de sédimentation et une lacune.



Figure 34. Affleurement de Calcaires de Ladoix (Aloxe-Corton). Les grands litages sigmoïdes sont bien visibles



Figure 35. Détail des litages obliques dans les Calcaires de Ladoix (Aloxe-Corton).

Conditions de mise en place :

Ces roches se sont mises en place sur une vaste plate-forme carbonatée en domaine marin peu profond, soumis à l'action des marées.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les Calcaires de Ladoix et les Calcaires de Dijon-Corton ont été cartographiés en une seule unité, sans distinction. On les retrouve donc dans la partie basse du versant, au nord et au centre de l'appellation (cf. §5.3.2).

5.3.4. Bancs repères : Oolithe Ferrugineuse *s.l.*

Âge : Jurassique supérieur (Malm), Oxfordien moyen (161 à 156 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : J^{5a}

Épaisseur : 1 à 3 mètres

Description :

Sous le terme « Oolithe Ferrugineuse *s.l.* » sont regroupés quatre niveaux repères caractéristiques bien distincts. Ces niveaux sont très peu épais, mais leur lithologie très particulière ainsi que les caractéristiques topographiques qui leur sont associées en font un excellent repère cartographique. À la base, des calcaires argileux et des marnes jaunes, rouges ou lie-de-vin, riches en petites oolithes ferrugineuses et très riches en fossiles souvent corrodés et ferruginisés, se développent sur une épaisseur de 0,1 à 2 mètres et forment l'Oolithe Ferrugineuse *s.s.*. Cet ensemble est surmonté par les Calcaires à *Balanocrinus subteres*, de couleur gris, gris-bleu ou rouge à jaune, riches en fossiles, épais de 0,1 à 2,5 mètres (Figure 36) durs, compacts, hétérogènes, massifs, noduleux, avec de gros entroques qui sont des débris de crinoïdes, *Balanocrinus subteres* (Figure 37).

Conditions de mise en place :

Ces sédiments très riches en fossiles correspondent à un niveau condensé, avec un très faible taux de sédimentation, d'où l'abondance des fossiles, concentrés dans de très faibles quantités de calcaires et de marnes.

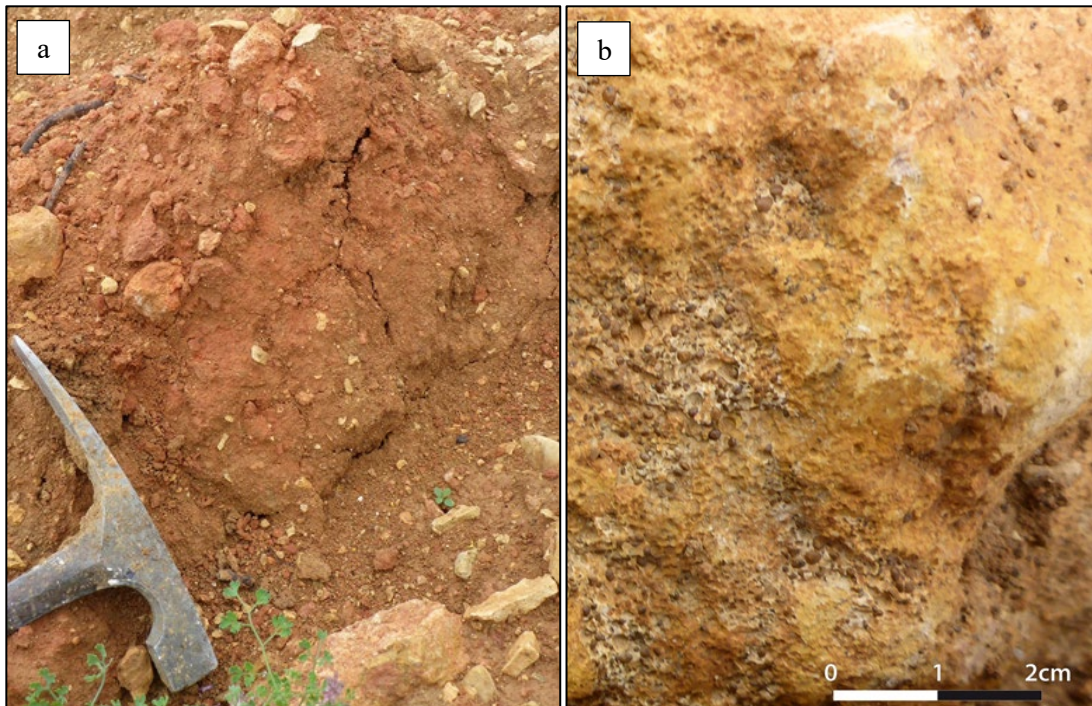


Figure 36. Faciès formant la formation dite de l'Oolithe Ferrugineuse *s.l.* : a- marnes rouges, b- détail d'un fragment de calcaire argileux contenant des oolithes ferrugineuses



Figure 37. Calcaires à *Balanocrinus subteres* (plages blanches)

Occurrence sur le secteur d'étude :

Sa très faible épaisseur en fait un dépôt anecdotique à l'échelle du vignoble. Néanmoins, les faciès caractéristiques de la formation permettent de l'identifier aisément. L'Oolithe Ferrugineuse n'a pas été formellement identifiée dans le vignoble de Beaune lors de la phase de prospection sur le terrain. Seuls quelques morceaux ont été identifiés, mais leur localisation relativement aux informations environnantes laisse penser à des apports. Elle n' donc pas été cartographiée, même si la carte géologique à 1/50 000 l'a figurée en pointillés, donc supposée ou masquée.

5.3.5. Marnes et calcaires argileux

Âge : Jurassique supérieur (Malm), Oxfordien moyen et supérieur (161 à 156 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : J^{5-6a}

Épaisseur : 10 mètres

Description :

La formation est située une dizaine de mètres au-dessus de l'oolithe ferrugineuse, et elle est encadrée par les calcaires variés décrits dans le paragraphe suivant. Ce sont des marnes claires, crème, jaunâtres (Figure 38), présentant des intercalations de calcaires argileux ou de calcaires fins clairs se délitant en plaquettes. À l'exception des contours de parcelle travaillés à la tractopelle, elles affleurent rarement, à cause de leur forte

sensibilité à l'érosion, et des fréquentes colluvions, parfois épaisses, issues des calcaires sus-jacents, qui masquent ces marnes. Néanmoins, les sols de couleur claire (les « terres blanches ») sont en général dans ce secteur un indicateur assez fiable de leur présence dans le sous-sol).



Figure 38. Affleurement de marnes jaunes dans un contour au climat En l'Orme

Conditions de mise en place :

Ces sédiments fins se sont mis en place dans un environnement marin protégé de l'action des vagues, probablement sous la limite d'action de la houle au-delà d'une quarantaine de mètres de profondeur, avec des conditions moins favorables à la précipitation du calcaire, et/ou d'apports plus importants d'argiles, de type pied de talus de plate-forme carbonatée.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les marnes affleurent largement plus au Nord, sur la partie haute de la colline de Corton, où elles sont épaisses de 30 à 60 mètres. La formation semble s'amenuiser depuis Aloxe-Corton jusque vers Beaune, et disparaître dans la partie sud du vignoble beaunois. En effet, sur le secteur étudié, ces marnes ont été cartographiées uniquement sur une étroite bande qui traverse les climats En l'Orme, les Marconnets, les Perrières et À l'Écu, en contact par faille avec les calcaires en amont.

5.3.6. Calcaires variés : blancs, ocre microcristallins, oolithiques, bioclastiques et graveleux, localement dolomités...

Âge : Jurassique supérieur (Malm), Oxfordien moyen et supérieur (161 à 156 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : J^{5-6a}

Épaisseur : 60 à 80 mètres

Description :

La formation est constituée de nombreux faciès bien distincts, sans qu'il soit toujours facile de comprendre leurs relations stratigraphiques, faute d'affleurement suffisamment étendus. Des calcaires blanc riches en brachiopodes, oolithiques, épais d'environ 10 mètres, et localement dolomités, constituent la base de la formation. La dolomie est un carbonate, mais à la différence du calcaire qui est un carbonate de calcium - CaCO_3 -, la dolomie contient également du magnésium - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ -. Les marnes décrites dans le paragraphe précédent sont situées au-dessus de ce premier ensemble de calcaires. Se succèdent ensuite des faciès variés. Les calcaires ocre-roux, microcristallins ou recristallisés, parfois dolomitiques, et contenant des débris épars d'échinodermes blancs (Figure 39, Figure 40, Figure 41). Ils se présentent soit avec des litages obliques, soit en lits horizontaux (Figure 42).



Figure 39. Calcaires microcristallins ocre au climat le Clos des Mouches



Figure 40. Photo de détail des calcaires microcristallins ocre



Figure 41. Affleurement de calcaires microcristallins ocre-roux en bancs décimétriques au climat les Longes



Figure 42. Ancien front de taille d'une carrière au climat les Coucherias, avec des calcaires ocre microcristallins en bancs horizontaux, recoupés par des litages obliques au sommet.

Les calcaires sont également fréquemment de couleur claire gris à beige ou ocre clair, et constitués d'oolithes et de bioclastes, des débris de squelettes d'organismes et des pellets (Figure 43). Les litages obliques sont alors abondants (Figure 44, Figure 45), donnant un débit en dalles de 2 à 10 centimètres d'épaisseur. Localement, les calcaires peuvent être riches en entroques (Figure 46) ou présenter des litages horizontaux (Figure 47, Figure 48).



Figure 43. Calcaire oobioclastique au climat Montée Rouge



Figure 44. Affleurement de Calcaires oobioclastiques avec de grands litages obliques au climat les Bressandes



Figure 45. Affleurement de Calcaires oolithiques gris clair avec de belles stratifications entrecroisées (ancienne carrière au sud du climat les Grèves)



Figure 46. Fragment de calcaire bioclastique très riche en entroques, des débris de squelettes de crinoïdes, en forme d'étoiles, au climat les Bressandes



Figure 47. Affleurement de Calcaires oolithiques gris clair en bancs décimétriques horizontaux, dans une ancienne carrière au sud du climat les Grèves



Figure 48. Affleurement de Calcaires oolithiques et bioclastiques en bancs décimétriques séparés par des interlits marneux, au climat les Cras

Les calcaires peuvent aussi ponctuellement se caractériser par un faciès fin, et s'agencer en bancs décimétriques (Figure 49). Des calcaires argileux voire une alternance de bancs calcaires et de marno-calcaire peuvent être observés (Figure 50).



Figure 49. Affleurement de Calcaires fins dans une ancienne carrière au climat les Bressandes



Figure 50. Calcaire argileux observé au climat les Coucheries

Enfin, les calcaires sont localement recristallisés (Figure 51) et fréquemment dolomités, surtout au sud de l'appellation. La dolomie peut donner un aspect saccharoïde à la roche, ou un aspect caverneux (Figure 52 et Figure 53).



Figure 51. Calcaire clair recristallisé au climat les Boucherottes



Figure 52. Affleurement de dolomitisés au climat les Bressandes. La paroi de l'ancienne carrière a un aspect caverneux.



Figure 53. Ancienne carrière avec des calcaires microcristallins ocre-roux à la base et une dolomitisation qui donne un aspect caverneux à la roche au climat Aux Coucheries

Conditions de mise en place :

Ces calcaires se sont formés dans des environnements marins variés. En effet, les oolites et les bioclastes ainsi que les grands litages obliques témoignent d'une agitation des eaux marines, avec des dépôts de sables calcaires grossiers sous l'action de la houle et des tempêtes. Les niveaux plus fins se sont mis en place avec un hydrodynamisme plus faible, dans des eaux plus calmes. Les intercalations de calcaires argileux et de marnes témoignent de conditions calmes, moins favorables à la précipitation des carbonates. Enfin la dolomitisation est précoce (dolomitisation primaire) et pas liée à la diagenèse. La précipitation de dolomite se fait au moment du dépôt, dans des secteurs de haut-fond, proches de l'émersion. Ce phénomène a été observé dans la région de Beaune, à Pommard, et à l'Ouest (Sampeaux), où le minéral a été localement exploité comme fondant pour abaisser la température de fusion du minerai de fer pour les usines sidérurgiques du Creusot ou en amendement magnésien pour l'agriculture, comme cela a été le cas sur la Montagne de Beaune.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les calcaires affleurent très largement sur le versant viticole, du bas en haut et du Nord au Sud, et constituent le substrat dominant du vignoble beaunois. Ils ont été très employés comme pierre de construction dans les siècles passés, et les nombreuses anciennes carrières ponctuent le coteau viticole de fronts de taille à la faveur desquels les différents faciès peuvent être aisément observés. Ces calcaires affleurent ainsi depuis le Nord de l'appellation, sur la pente forte à cheval sur les climats les Marconnets et Dessus des Marconnets, les Perrières, À l'Écu, les Bressandes en allant vers le Sud, puis les Grèves, Sur les Grèves, la partie occidentale des Teurons dans le secteur central de l'appellation, Aux Coucheries, la Montée Rouge et Chaume Gaufrion en s'enfonçant dans la vallée de Bouze-lès-Beaune. Enfin, dans la partie méridionale, les calcaires affleurent sous les climats les Longes, à l'Ouest des Sizies, en aval des Aigrots, à l'ouest des Pertuisots, dans les Vignes Franches, en bas du Clos des Mouches, et dans le secteur oriental des Boucherottes.

5.3.7. Calcaires bioclastiques, oolithiques, graveleux ou fins

Âge : Jurassique supérieur (Malm), Oxfordien supérieur (et moyen ?) (161 à 156 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : J^{6a-b}

Épaisseur : 35 mètres

Description :

La formation est constituée de calcaires de faciès variés. La plupart du temps, ce sont des calcaires clairs, souvent blancs, bioclastiques (Figure 54), riches en débris d'oursins (Figure 55), de crinoïdes et de bivalves (Figure 56), notamment à la surface des lits pluricentimétriques où ces coquilles forment des accumulations (lumachelles) (Figure 57). Ces calcaires sont riches en gravelles (Figure 55) et en oolithes (Figure 54). Ces calcaires forment des lits souvent obliques, agencés en bancs métriques (Figure 58) et qui se délitent en grandes dalles. Localement, ce sont des faciès plus fins qui sont observés.



Figure 54. Vue de détail des calcaires oolithiques, bioclastiques et graveleux au climat Dessus des Marconnets



Figure 55. Détail d'un morceau de calcaire riche en débris d'échinodermes (belle radiole d'oursin contre le marteau) et en gravelles plurimillimétriques, au climat les Longes



Figure 56. Morceau de calcaire oobioclastique et graveleux riche en fragments de coquilles au climat les longes



Figure 57. Lumachelle, accumulation de coquilles à la surface d'un banc de calcaire oobioclastique et graveleux, au climat les Longes



Figure 58. Calcaires oobioclastiques et graveleux avec de beaux litages obliques au climat Dessus des Marconnets

Conditions de mise en place :

Ces calcaires se sont déposés dans un environnement marin peu profond, très agité, soumis à l'action des vagues, avec un remaniement important de débris d'organismes.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Ces calcaires occupent systématiquement la partie haute du versant viticole beaunois, depuis le Nord jusqu'au Sud de l'appellation. Ils affleurent ainsi dans le secteur nord sous une large partie du climat Dessus des Marconnets, Montbatois, en aval des Topes Bizot et des Pierres Blanches (climat bien nommé au vu de la couleur des calcaires), et dominant le climat des Bressandes. Sur les versants de la vallée de Bouze-lès-Beaune, des calcaires oobioclastiques et graveleux ont été identifiés dans la partie en aval des climats la Grande Chatelaine, les Mondes Rondes, les Monsnières. Au sud de l'appellation, ces calcaires occupent la partie haute du versant dans les climats les Longes, Longbois ; et sur le coteau le plus méridional, ils constituent le substrat principal du versant, depuis une partie du Clos des Mouches, des Aigrots, le bas de Siserpe, la Montagne Saint-Désiré, et le climat les Montrevenots.

5.3.8. Marnes de Chevrey-Pommard

Âge : Jurassique supérieur (Malm), Oxfordien supérieur (et moyen ?) (161 à 156 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : J^{6b1}

Épaisseur : 5 à 12 mètres

Description :

La formation est constituée de marnes claires, jaunâtres à crème (Figure 59) qui alternent avec des bancs de calcaires argileux (Figure 60). Des « boules » de calcaire, d'un diamètre de 2 à 10 centimètres environ, sont fréquemment, observées à la surface des parcelles sur ces marnes (Figure 61a). Il s'agit de fossiles d'éponges calcaires, comme le montre l'échantillon qui a été scié (Figure 61b).



Figure 59. Affleurement de Marnes de Chevrey-Pommard dans un contour en haut du climat Longbois



Figure 60. Affleurement de marnes (partie basse du contour) et de bancs de calcaire argileux (partie haute du contour) au climat Longbois)



Figure 61. Fossiles d'éponges calcaires a) trouvés dans les vignes, b) scié pour montrer la structure interne

Conditions de mise en place :

Ces marnes et calcaires argileux se sont formés dans un environnement marin calme, peu agité et où vont s'accumuler des vases contenant du calcaire mais aussi de l'argile. Des animaux, et notamment des éponges ont vécu sur ces fonds marins.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Cet ensemble marno-calcaire occupe systématiquement le haut du versant viticole beaunois, depuis le Nord jusqu'au Sud de l'appellation. Il affleure ainsi dans le secteur nord sous une large partie du climat Montbatois, en haut des Topes Bizot, des Pierres Blanches, et domine les versants de la vallée de Bouze-lès-Beaune, en haut des climats la Grande Chatelaine, les Mondes Rondes, les Monsnières. Dans la partie méridionale, les marnes de Chevrey-Pommard ont été identifiées en haut de la Montagne Saint-Désiré, dans les climats Siserpe, et Montagne Saint-Désiré, jusque dans le vallon de Lulunne. Les marnes qui affleurent en haut du Clos des Mouches sont différentes des marnes de Chevrey-Pommard (mais également des autres formations marneuses du secteur), notamment par leur faible pouvoir chlorosant (calcaire actif de l'ordre de 5%), et elles ont été rattachées à cette formation par défaut.

5.3.9. Calcaires fins à lithographiques

Âge : Jurassique supérieur (Malm), Oxfordien supérieur (156 à 154 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : J^{6b-c}

Épaisseur : 15 mètres au Sud à 30 mètres au Nord de l'appellation

Description :

La formation est constituée de deux ensembles distincts, séparés par un niveau très facile à identifier. À la base, ce sont des calcaires à pâte très fine, de couleur beige, très homogènes (Figure 62). Les calcaires les plus fins sont qualifiés de lithographiques, car c'est ce genre de pierre qui est utilisée pour la réalisation des

lithographies. ils se présentent en bancs massifs (Figure 63) ou en lits décimétriques, séparés par de minces interlits marneux. Un banc riches en oncoïdes (des encroûtements algaires) sert de niveau repère, puis vient un deuxième ensemble, constitué de calcaires fins qui se délitent en feuillets.



Figure 62. Photo de détail des calcaires fins



Figure 63. Affleurement de calcaires très fins en bancs assez massifs au climat Montagne Saint-Désiré

Conditions de mise en place :

Ces calcaires se sont formés dans des environnements marins très calmes, et très propices à la précipitation du calcaire (la roche est constituée de plus de 98% de CaCO_3), probablement sous la limite d'action des vagues de houle.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Ces calcaires fins affleurent exclusivement dans les parties les plus hautes du versant viticole, et ils sont la plupart du temps restreints à une mince bande tout en haut des parcelles. Ils n'affectent donc que très minoritairement les caractéristiques des sous-sols viticoles de Beaune.

5.3.10. Dépôts de conglomérats et marneux de couleur rose saumon à rougeâtre

Âge : Oligocène supérieur (28 à 23 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : g³

Épaisseur : très variable, de quelques décimètres à plusieurs dizaines de mètres

Description :

Ces dépôts sont constitués de tous les matériaux érodés aux reliefs qui se forment avec la création du Fossé Bressan. Ce sont pour une partie des dépôts des conglomérats très hétérométriques, plus ou moins bien consolidés par cimentés par un calcaire argileux de couleur rose saumon (Figure 64), avec des éléments de nature très variée à proximité du relief et des zones d'apports. Ces éléments sont alors subanguleux à subarrondis. Dans les zones distales et les secteurs éloignés des axes de transport on observe des marnes de couleur ocre, rose ou rougeâtre (Figure 65). Le calcaire argileux qui cimente les conglomérats est très sensible au phénomène de gel-dégel, et les morceaux de conglomérats sont rarement observés. La plupart du temps, c'est l'aspect de surface du sol (Figure 66) ainsi que les encroûtements de calcaire argileux rose saumon à la surface de certains cailloux (Figure 67 et Figure 68) qui indiquent la présence de ce dépôt. Localement, de très gros blocs peuvent être inclus dans ces conglomérats (Figure 69).



Figure 64. Bloc de Conglomérat oligocène, avec des éléments de calcaires de nature variée cimentés par un calcaire argileux.

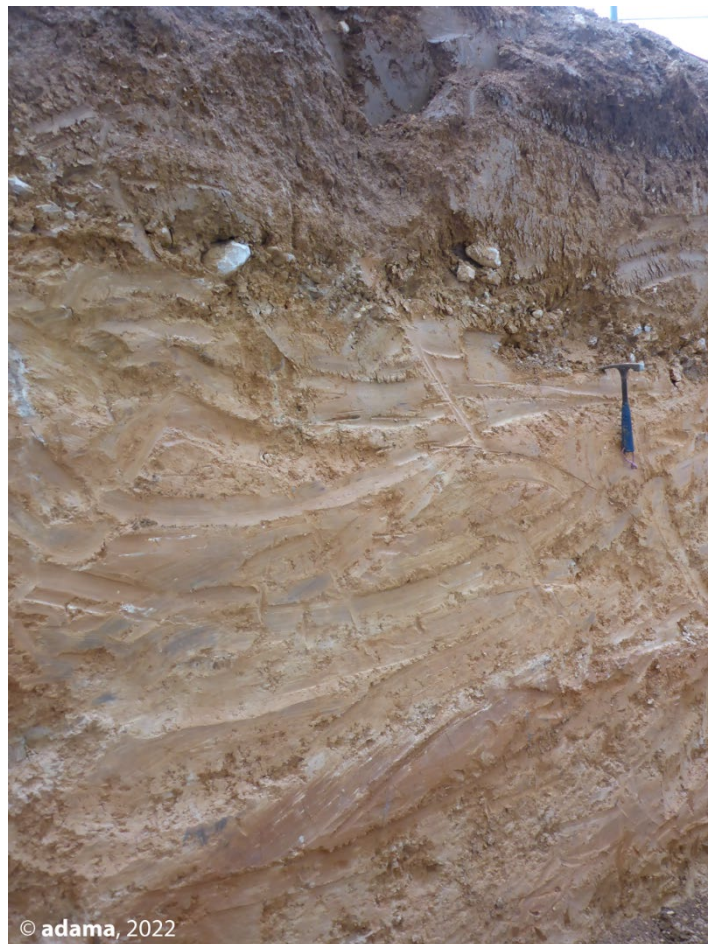


Figure 65. Marnes de couleur rose saumon mises au jour lors de travaux de creusement d'une cuverie



Figure 66. Sol très riche en pierres subanguleuses à subarrondies, fréquemment encroûtées de calcaire argileux de couleur rose saumon, témoignant de la présence de conglomérat d'âge Oligocène au climat les Sizies



Figure 67. Bloc de calcaire de Comblanchien avec des vestiges de ciment de calcaire argileux rose saumon dans un mur au lieu-dit les Reversés



Figure 68. Bloc de calcaire de Comblanchien avec des vestiges de ciment de calcaire argileux rose saumon dans un mur au climat les Reversés



Figure 69. Très gros bloc de calcaire de Comblanchien dans un mur au climat les Reversés

Conditions de mise en place :

Ces sédiments se déposent en domaine continental, lors de la phase de rifting (étirement de la croûte terrestre, avec une intense activité sismique), au fur et à mesure que le relief naissant prend forme. Les conglomérats correspondent aux zones d'apports, aux débouchés des vallées de l'époque. Les marnes se mettent en place dans des domaines protégés, que ce soit au pied du versant entre deux axes de transport ou dans des secteurs plus distaux dans la vallée. La distribution de ces dépôts d'âge Oligocène n'a jamais été étudiée en détail. Des travaux de construction anciens (voie ferrée, routes etc.) avaient ponctuellement permis de l'observer, et il avait été admis que la localisation des marnes et des conglomérats était restreinte à l'Est d'une supposée faille bordière du Fossé Bressan. Les observations réalisées dans le vignoble depuis plus de 20 ans, ainsi que des données géophysiques ont permis de l'identifier bien plus largement que ce qui avait été supposé

auparavant, et avec une géométrie légèrement différente. En effet, même si ces dépôts sont étroitement associés à l'activité tectonique responsable de l'affaissement du Fossé Bressan, leur présence n'est pas limitée par une faille majeure. Les dépôts se sont mis en place au pied du relief, et peuvent s'étendre plus à l'Ouest que le fossé *stricto sensu*, où ils se terminent en biseau. Leur extension originelle n'est pas connue, et à la suite de l'érosion depuis 23 millions d'années, il est probable qu'une partie de ces dépôts ait disparu au pied de la Côte, mais on le trouve encore ponctuellement sous forme de biseau peu épais recouvrant les dépôts d'âge Jurassique sur de faibles épaisseurs (Figure 70).



Figure 70. Les deux bancs largement masqués par le lierre en haut du front de taille sont de possibles dépôts de conglomérats d'âge Oligocène surmontant des calcaires d'âge Jurassique au climat Champs Pimont

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les dépôts continentaux d'âge Oligocène ont été bien identifiés au pied du relief, sur la bordure du fossé Bressan, que ce soit par des fragments de conglomérats présents dans les sols viticoles (Figure 66 et Figure 68) ou dans les fosses pédologiques creusées dans le vignoble, voire des travaux de préparation de parcelle (Figure 71).



Figure 71. Marnes de couleur rose saumon remontées en surface à la faveur de travaux de préparation de parcelle au climat En Avaux

5.3.11. Marnes de Bresse

Âge : Pliocène -Pléistocène inférieur (de 5,3 à 1,4 Ma)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : p^{IV}

Épaisseur : variable depuis le pied du versant vers l'axe du Fossé Bressan, de quelques décimètres à plusieurs dizaines de mètres

Description :

Des sédiments très différents ont été regroupés sous l'unique dénomination Marnes de Bresse. La formation est composée majoritairement de marnes silteuses et argiles gris-bleu, jaunâtre, carbonatés, qui reposent en discordance sur les dépôts précédents. Des intercalations sableuses voire graveleuses (chenaux) et tourbeuses (marécages) se produisent localement (Figure 72). La partie proche de la surface, altérée, est de couleur jaune ocre, et très riche en précipitations secondaires de carbonate de calcium. En surface, cette formation est perturbée par des phénomènes de gel-dégel au cours du Quaternaire et entaillée par des dépôts fluviaux variés (Figure 73). La géométrie de ces dépôts continentaux est parfois difficile à appréhender.

Bien que situés au pied du relief de la Côte, les Marnes de Bresse ne présentent absolument pas une surface plane. Un relief net se dessine, avec des vallons et des croupes qui dominent de plusieurs mètres les talwegs. Des différences de lithologie (sédiment calcaire ou non, taille des grains -argiles, silts, sables-, pierrosité due au colluvionnement et aux épandages quaternaires, etc...) se marquent ainsi clairement entre les zones topographiques en relief ou en dépression.



Figure 72. Vue de détail montrant les racines qui croissent dans les fentes de retrait (à plus de 3 mètres de profondeur)



Figure 73. Détail d'un affleurement de Marnes de Bresse mis au jour lors de l'édification d'un mur au lieu-dit à Aloxe-Corton, montrant les litages.

Conditions de mise en place :

Ces sédiments se déposent dans la plaine de la Saône, en domaine continental, dans un environnement palustro-lacustre (marais et lacs), sous un climat tempéré. Quelques chenaux fluviaux existent dans ce paysage marécageux. La formation résulte de l'accumulation de sédiments fins, principalement argileux et marneux, au pied du relief. Ces dépôts poursuivent le comblement du Fossé Bressan. L'altération de ces marnes et argilites donne des sols riches en argiles, souvent très riches en précipitations secondaires de

calcaire, à forte réserve utile, avec une très faible capacité de circulation de l'eau due à la fois à la taille des particules et à la position en pied de versant.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les Marnes de Bresse n'ont pas été formellement identifiées parmi les formations superficielles décrites sur le vignoble de Beaune.

5.3.12. Alluvions anciennes

Âge : mal connu, Pléistocène moyen à supérieur (2,6 Ma à 12 000 ans)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : CJ²

Épaisseur : de quelques décimètres à quelques mètres (parfois plus d'une dizaine)

Description :

La formation repose en discordance sur les dépôts jurassiques, tertiaires ou plio-quadernaires. Les dépôts sont constitués de matériaux arrachés aux reliefs, et transportés par un cours d'eau (possiblement un ancêtre du Rhoin qui a longé le coteau à un moment donné). Les éléments sont de taille très variable et ont souvent une forme subarrondie à arrondie, et ils sont emballés dans une matrice sableuse (Figure 74). Des encroûtements de calcaire sont fréquents à la périphérie des cailloux, souvent plus développés sur leur face inférieure.



Figure 74. Galets et graviers subarrondis emballés dans une matrice riche en sable au climat Blanches Fleurs (Profil de sol F03)

Conditions de mise en place :

Ces formations superficielles sont des alluvions, elles se sont mises en place en domaine continental, sous l'action d'un cours d'eau.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les alluvions anciennes occupent le pied du coteau au nord de l'appellation Beaune, sur les climats Blanches Fleurs, Clos du Roi, les Chilènes, le quart oriental des Cents Vignes, les Mariages, une étroite bande en bas des Grèves, la Blanchisserie et le Foulot.

5.3.13. Alluvions proximales anciennes (cônes de déjection)

Âge : mal connu, Plio-Quaternaire, avec un fonctionnement pendant les périodes de climat froid (5,4 Ma à 15 000 ans)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : CJ avec des traits bleus ou bruns qui soulignent la forme en éventail

Épaisseur : de quelques décimètres à quelques mètres tout au plus

Description :

La formation qui repose en discordance sur les dépôts jurassiques, tertiaires ou plio-quaternaires. Les dépôts sont constitués de matériaux arrachés aux plateaux et aux versants des vallées, de taille très variable, parfois jusqu'aux blocs, de galets et graviers calcaires, plus ou moins roulés, emballés dans une matrice argilo-silto-sableuse. Ils forment des épandages au débouché des vallées souvent sèches, en lobes anastomosés. (Figure 75). La faible diversité lithologique des galets et de fréquents encroûtements carbonatés les distinguent des conglomérats d'âge Oligocène à matrice de couleur saumon, ainsi que l'absence d'auréole d'oxyde de manganèse en périphérie des clastes.

Conditions de mise en place :

Ces formations superficielles se sont mises en place en domaine continental, au cours de périodes de climat périglaciaire. Du fait du climat très froid, le sol et le sous-sol sont gelés en permanence, un permafrost se développe sur une épaisseur très importante (10 à 30 mètres). Au printemps et en été, les températures positives permettent le dégel de la couche superficielle (0,5 à 2 mètres). L'eau liquide ne peut s'infiltrer dans le sous-sol qui reste gelé en profondeur. L'eau des plateaux cherche alors par gravité à rejoindre la plaine de la Saône. Elle emprunte les zones soit déjà en creux, soit plus faciles à éroder, et arrache tout sur son passage, des matériaux fins jusqu'aux blocs. Ces torrents saisonniers (Figure 75) charrient tous les matériaux dans des vallées (localement appelées combes) qui incisent le relief de la Côte. L'eau qui est guidée dans la vallée mais s'étale largement au pied de versant, et abandonne tout le matériel transporté (Figure 75), au débouché de ces combes. Un lobe de dépôts alluviaux (car transportés par l'eau) se dépose à chaque écoulement du torrent. Les dépôts se font par épisodes successifs, les différents lobes s'amalgament pour construire un vaste édifice, lenticulaire, en forme d'éventail, et dont la taille dépend du volume de matériaux charriés, formant un vaste cône d'alluvions plus ou moins grossières, appelé cône de déjection ou cône alluvial par les géologues. Ces formations sont souvent peu considérées par les géologues classiques, mais leur cartographie précise est importante car elles constituent un substrat de qualité pour la culture de la vigne.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les cônes alluviaux sont assez peu présents sur le secteur étudié. Un seul édifice a été cartographié au Sud de l'appellation, au pied du relief. Il s'étend sur le climat les Épenotes, la partie orientale des Bons Feuvres, des Prévoles, les Levées et les Piroles, et les Chardonneraux. Les sols sont généralement assez pierreux, avec des morceaux de calcaire souvent subanguleux à subarrondis. Mais son mode de mise en place génère une variabilité lithologique. Entre deux épisodes de dépôt caractérisés par des lobes riches en matériaux grossiers, des particules fines, limons et argiles, peuvent s'accumuler entre ces édifices. Sur cette plage cartographique vont donc coexister des dépôts hétérométriques mal triés et des dépôts fins pauvres en pierres.

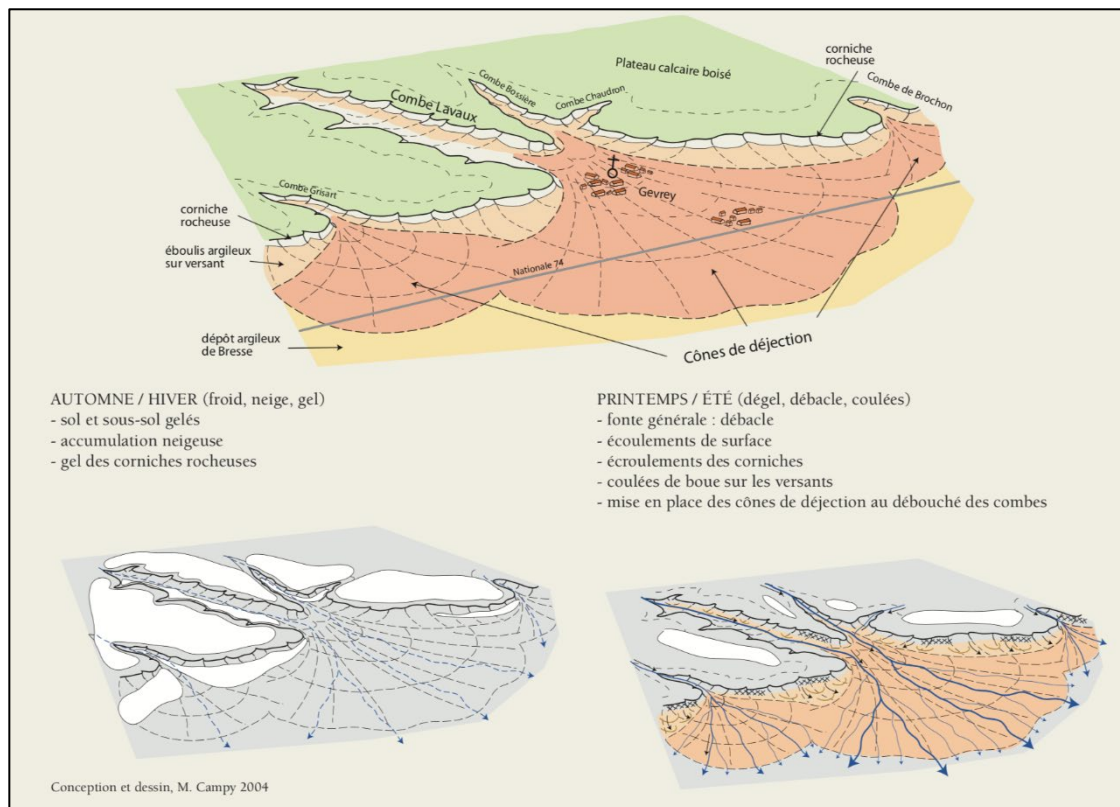


Figure 75. Schéma expliquant la formation des combes et des cônes associés. (Campy, 2004 in Bon & Rigaux, 2008)

5.3.14. Colluvions cryoclastiques ou Grèzes Litées

Âge : mal connu, Plio-Quaternaire, avec une mise en place pendant les périodes de climat froid (5,4 Ma à 15 000 ans)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : E ou GP

Épaisseur : zéro à plus de 10 mètres

Description :

Ces formations superficielles sont constituées de colluvions et d'éboulis actuels et anciens, hétérométriques, indifférenciés, souvent non ordonnés, qui empâtent les versants, avec d'abondants graviers de calcaire, anguleux, très bien triés, d'origine cryoclastique (générés par les alternances de gel-dégel) (Figure 77). Ces graviers calcaires de 1 à 2 centimètres résultent principalement de la fragmentation des Calcaires variés et des calcaires fins qui dominent le coteau beaunois.



Figure 76. Sol viticole riche en graviers issus de la fracturation des calcaires sous l'action du gel-dégel au climat les Bressandes

Conditions de mise en place :

Ces dépôts se sont principalement formés au cours des périodes de climat très froid du Quaternaire, sous l'action des phénomènes de gel-dégel qui ont fracturé les roches calcaires affleurant en haut des versants et provoqué des transferts des matériaux d'éléments plus ou moins grossiers et d'épaisseur variable (Figure 77, Figure 78). Les abrupts de calcaires sur les reliefs sont soumis aux alternances quotidiennes de gel-dégel, ce qui permet à l'eau liquide de s'infiltrer dans les fissures de la roche la journée, et de fracturer le calcaire la nuit lorsque les températures baissent et que la glace exerce une pression très forte sur la roche. Mécaniquement, ce phénomène de gélifraction donne des graviers très bien triés de 1 à 2 centimètres. Le calcaire fragmenté va s'étaler en contrebas de la falaise en lits de graviers successifs, et empâter ainsi le relief, en émoussant le relief des falaises et en accumulant des couches successives très riches en graviers en contrebas. La roche fracturée est très riche en carbonate, ce qui donne une matrice limono-sableuse à limono-argilo-sableuse avec peu d'argile à ces dépôts qui sont appelés « grèzes litées ». Dans le secteur de Beaune, ce sont principalement les calcaires variés et les calcaires fins à lithographiques qui alimentent ces dépôts de formations superficielles, et forment des lentilles dont l'épaisseur peut dépasser la dizaine de mètres. Les versants exposés plein Est et au Nord sont les plus fréquemment affectés par ces dépôts.

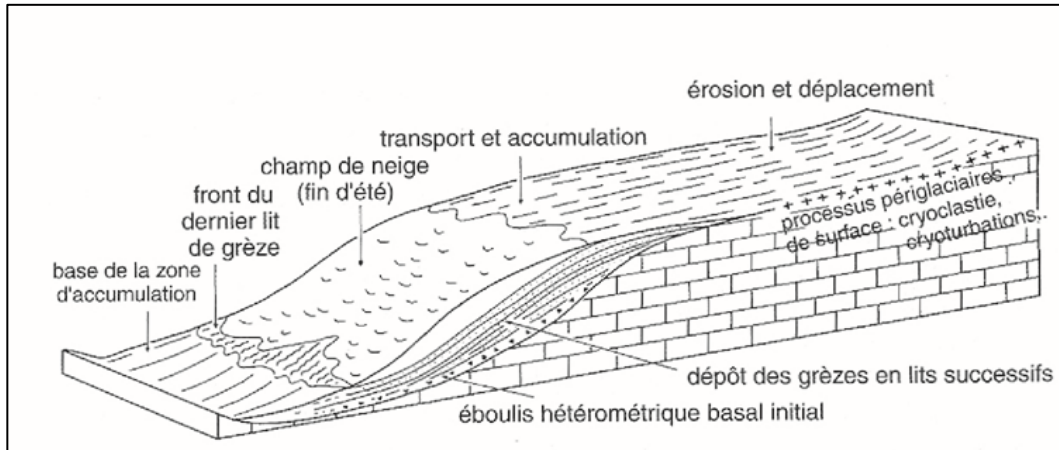


Figure 77. Schéma théorique d'un versant empâté par des Grèzes Litées.
(d'après Guillien, 1951, In Campy et Macaire, 1998)

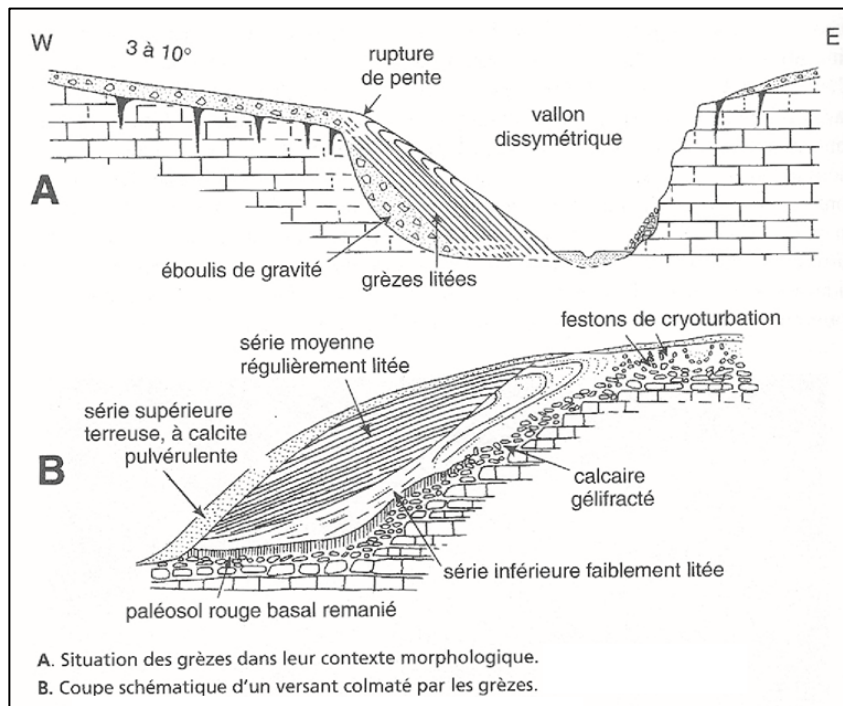


Figure 78. Schéma expliquant la formation des Grèzes Litées
(d'après Joly, 1968, In Campy et Macaire, 1998)

Occurrence sur le secteur d'étude :

Le coteau viticole de Beaune offre des sols où les graviers anguleux sont souvent très abondants. Néanmoins, deux types de formations riches en graviers ont été distinguées cartographiquement. À quelques endroits bien précis, les dépôts sont suffisamment épais pour envisager sans équivoque l'existence de « Grèzes litées », comme dans la pente forte des Bressandes, des Grèves, une petite partie de la Montée rouge et le coteau nord des Aigrots. Toutefois, la plupart du temps, même si de nombreux graviers anguleux sont présents en surface dans le vignoble, ces dépôts cryoclastiques, ne sont pas suffisamment épais pour être désignés sous le nom

de grèzes litées *s.s.*. Aussi ont-ils été représentés seulement avec un figuré de petits points mais sans plages de couleur sur la carte géologique, car le substrat d'âge Jurassique est peu profond sous ces colluvions graveleuses, comme dans les Marconnets, une partie des Bressandes, la majeure partie des Grèves et de la Montée Rouge.

5.3.15. Colluvions de versant

Âge : mal connu, Plio-Quaternaire, (5,4 Ma à 15 000 ans)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : A

Épaisseur : 0 à 2 mètres

Description :

Ces formations superficielles reposent en discordance sur les dépôts qu'elles recouvrent. Elles sont constituées de matériaux en transit par gravité le long des versants. La nature lithologique est conditionnée par le matériau érodé. Ainsi en haut des reliefs, on trouvera par exemple sur les Marnes des colluvions souvent riches en pierres des calcaires sus-jacents, parfois des dalles juste glissées des affleurements sus-jacents. En bas du versant, vont s'accumuler toutes les particules qui auront « résisté » au transport le long du versant, les particules fines, mais également les pierres les plus résistantes à l'érosion.

Conditions de mise en place :

Ces dépôts de colluvions se sont mis en place principalement lors des périodes de climat très froid de la période quaternaire. Le sol et le sous-sol sont gelés en permanence. Au printemps et en été, les températures positives permettent le dégel de la couche superficielle. Les glissements de la couche dégelée le long des pentes sont alors aisés. Les phénomènes de colluvionnement se poursuivent aujourd'hui, notamment lors des fortes pluies d'orage, avec le transport des particules fines, voire parfois grossières.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les colluvions sont présentes sur toutes les pentes du secteur d'étude, mais avec des épaisseurs très variables, et ce sur de très courtes distances. Le modelé du paysage par l'homme et notamment les murs et les chemins perpendiculaires à la pente vont également influencer l'épaisseurs de colluvions, en favorisant ou non leur accumulation. Trop variables à l'échelle du 1/10 000 à la fois dans leur extension et leur épaisseur, souvent trop minces pour être cartographiées, les colluvions n'ont pas été incluses dans la carte géologique, bien que fréquemment observées dans les contours rafraichis.

5.3.16. Colluvions de fond de vallon

Âge : mal connu, Plio-Quaternaire, (5,4 Ma à 15 000 ans)

Nomenclature sur la carte géologique à 1/50 000 : SC

Épaisseur : 0 à plusieurs mètres

Description :

Dans les vallons qui entaillent le versant vont s'accumuler des matériaux issus des reliefs et des pentes du vallon. Ce sont des colluvions, avec une importante fraction fine, souvent riche en matières organiques car celle-ci provient des sols érodés en amont. Des pierres anguleuses sont mêlées en quantité plus ou moins importante à ces dépôts argilo-limoneux. Tous les vallons qui entaillent le coteau viticole de Beaune ont un remplissage de colluvions de fond de vallon. Au débouché du vallon, il devient malaisé de cartographier ces dépôts sur le plan géologique, car ils se mêlent aux autres formations superficielles de pied de versant et leur épaisseur n'est pas suffisante pour les distinguer graphiquement, même si l'étude des sols le permet.

Conditions de mise en place :

Ces dépôts de colluvions se sont mis en place principalement lors des périodes de climat très froid de la période quaternaire. Les phénomènes de colluvionnement se poursuivent aujourd'hui, notamment lors des fortes pluies d'orage, avec le transport des particules fines, voire parfois grossières.

Occurrence sur le secteur d'étude :

Les colluvions de fond de vallon sont présentes dans tous les vallons du secteur d'étude, avec des épaisseurs très variables. Elles ont été cartographiées seulement en amont.

En résumé, la longue histoire géologique a permis l'existence d'une grande variété de roches différentes, malgré leur appartenance à la grande famille des roches sédimentaires, argilo-calcaires pour la plupart. Ce n'est pas l'âge de leur mise en place qui est important, mais leur faciès, qui va conditionner le type de sous-sol, la circulation et le stockage de l'eau, mais également les éléments chimiques libérés lors de l'altération, ainsi qu'une grande partie des caractéristiques des sols qui en résultent. Les calcaires, les marnes et les formations superficielles décrits dans les pages qui précèdent ont chacun leurs caractéristiques propres, et il est important de les identifier correctement afin de pouvoir définir au mieux leur distribution sur le secteur d'étude. Cependant, il est parfois difficile de distinguer les formations les unes des autres à cause des faciès qui à la fois varient au sein d'une formation et aussi se ressemblent d'une formation à l'autre. Une fois ce travail de distinction des différentes roches réalisé, l'intégration des événements qui se sont succédé au cours du temps permet d'appréhender la répartition spatiale des différents faciès observés.

5.4. La cartographie géologique du vignoble de Beaune

5.4.1. Les données disponibles

La carte géologique est un document graphique, où toute la zone cartographiée est recouverte par des plages de couleur qui correspondent à des roches précises. Il faut bien garder à l'esprit que ce type de document est élaboré à partir d'un nombre de points d'observations limités (la végétation et les sols masquent presque toujours le sous-sol sous nos climats), combinés avec la connaissance de l'histoire géologique du secteur étudié. **La carte géologique est un document interprétatif, réalisé à partir d'un certain nombre de points d'observation ; elle reflète l'état des connaissances à un instant donné, elle est établie avec une échelle spécifiée, et par un individu donné. Une carte géologique n'est jamais juste, elle est la plus précise possible** au vu des informations disponibles et de l'échelle de travail retenue. Il n'est ainsi pas possible d'utiliser une carte réalisée à une échelle régionale (petite échelle) pour obtenir des informations à l'échelle d'une parcelle, l'imprécision des limites étant supérieure à la taille de l'objet considéré. Il faut toujours adapter l'échelle avec la taille des objets étudiés. De plus ce document ne correspond pas à une représentation graphique d'un fichier où chaque point de la base de données aurait une information géologique, mais à un document interprétatif à partir de points d'observation qui sont répartis au hasard des affleurements et non de manière régulière sur une grille. La qualité de la carte géologique dépend de la connaissance de l'histoire géologique du secteur étudié, du nombre et de la répartition des points d'observation recueillis, et bien sûr de l'interprétation qui en est faite par le géologue, en intégrant de surcroît les formes du relief. Bien sûr, la géologie (substrat et formations superficielles) n'explique pas à elle seule toute la subtilité des climats viticoles, toutefois la connaissance la plus précise possible du type de sous-sol et de ses caractéristiques permet d'envisager l'influence des autres paramètres (naturels ou humains) impliqués dans l'expression des terroirs viticoles.

Une cartographie complète de la France, réalisée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) est disponible à l'échelle 1/50 000. Le secteur étudié est situé sur la carte de Beaune (N°526, BRGM, 1985) (Figure 79). Cette échelle de cartographie permet une bonne connaissance du sous-sol pour la recherche de mines ou de carrières, la construction d'ouvrages d'art (ponts, barrages, tunnels...), l'estimation de risques naturels majeurs (glissement de terrain...), mais n'est pas toujours très adaptée à une utilisation dans le domaine viticole pour une meilleure connaissance du sous-sol et des paramètres influençant le terroir, la taille des climats étant fréquemment inférieure à la précision de la carte. En effet, 1 centimètre sur cette carte correspond à 500 mètres sur le terrain. Cette échelle serait suffisante dans un secteur avec une faible diversité lithologique et une activité tectonique limitée, mais ne convient pas pour le vignoble de la Côte.

De plus, les cartes géologiques à 1/50 000 ne prennent en compte les formations superficielles (éboulis, alluvions, colluvions...) que si leur superficie est assez étendue et leur épaisseur significative (plusieurs mètres), alors que ces dépôts, malgré leur relative faible épaisseur, peuvent jouer un rôle prépondérant pour la culture de la vigne (régime hydrique, enracinement...). Au contraire, comme c'est le cas pour une large partie du vignoble de Beaune, le versant viticole peut être représenté sur la carte géologique comme étant recouvert en quasi-totalité par des « formations de versant » (V, A), alors que l'épaisseur de ces dernières est suffisamment faible pour que le substrat jurassique soit identifiable en de nombreux points et influence de ce fait fortement les sols viticoles du secteur.

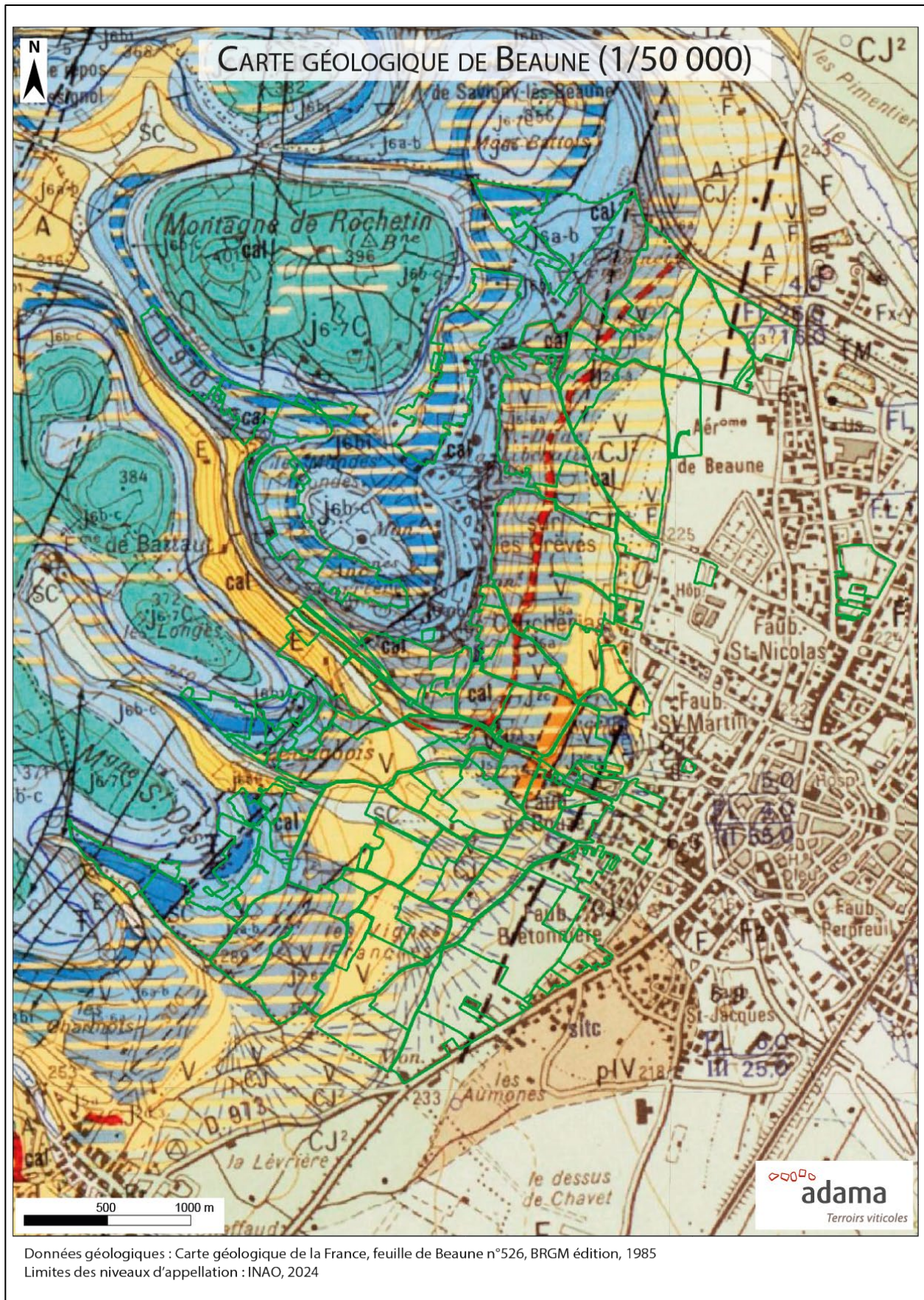


Figure 79. Carte géologique du vignoble de Beaune à 1/50 000 (BRGM, 1985)

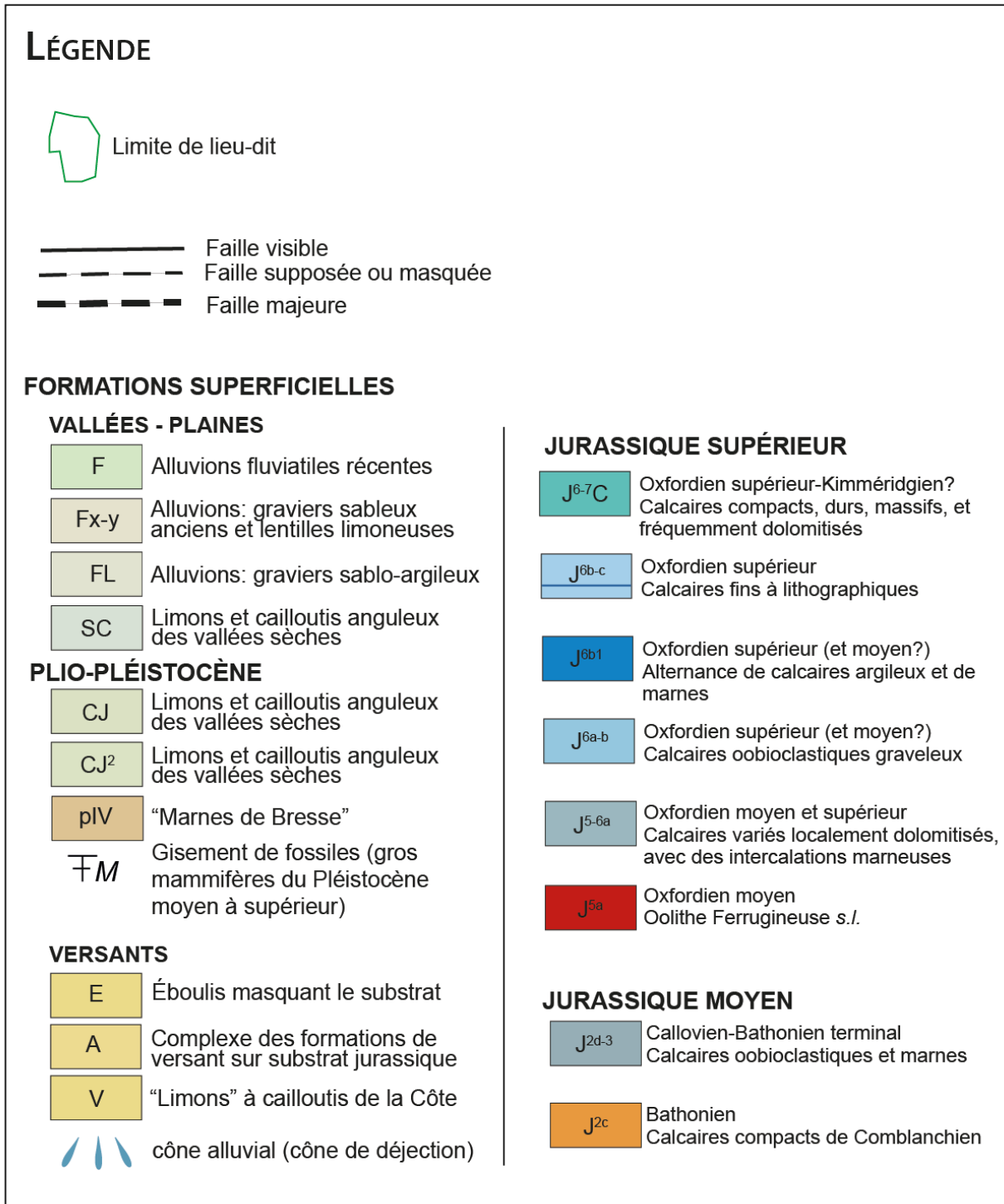


Figure 80. légende de la carte géologique

L'échelle de cartographie la plus adaptée à la taille des climats Bourguignons est de 1/10 000 (1 centimètre sur la carte correspond à 100 mètres sur le terrain). La carte géologique a été réalisée en prenant en compte la stratigraphie (l'âge et la chronologie de mise en place des différentes roches), mais surtout les faciès (aspect de la roche) qui vont déterminer les caractéristiques des roches, leur résistance, leur altération...

5.4.2. Méthode d'acquisition

La carte géologique a donc été réalisée à partir de plusieurs types de données.

- **La connaissance de l'histoire régionale** (cf. paragraphe 5.2) est nécessaire pour comprendre la succession (l'ordre de dépôt sur le secteur étudié), la logique de distribution dans l'espace des différentes roches, leur recoupement par des événements tectoniques, les directions des failles, etc.
- **Des informations ponctuelles fiables** sont recueillies à l'occasion de travaux (arrachage de parcelles, creusement de fondations pour de nouveaux bâtiments dans les villages, rénovation d'un mur...) ou le creusement de fosses pédologiques. Ces points d'observation qui permettent d'avoir des informations fiables sur la nature du sous-sol ont été intégrés pour la réalisation de la carte géologique.
- **Une prospection pédestre très minutieuse** a été réalisée sur l'ensemble du secteur d'étude pour recueillir le maximum d'informations sur la nature du sous-sol. Certaines, comme le front de taille d'une ancienne carrière, donnent facilement une information claire sur la nature du substrat géologique à cet endroit. Un contour de parcelle « rafraîchi » par une tractopelle permet d'avoir une vision du sous-sol. La plupart du temps, l'information est plus ténue et nécessite un examen plus approfondi du versant viticole : une ravine entre deux parcelles va mettre au jour le substrat géologique (Figure 81), une « tête de roche » va affleurer dans un contour ou un rang de vigne, un affleurement de calcaire a servi de soubassement à l'édification d'un mur de soutènement (Figure 82), des blocs de brèche tectonique ou de calcite sont inclus dans un murger, une parcelle arrachée a été travaillé suffisamment profondément pour permettre d'avoir des informations sur le sous-sol (Figure 83)... Autant d'indices sur la nature du substrat qui demandent une collecte attentive dans le vignoble et ses alentours. Tous les renseignements obtenus sont reportés sur une carte topographique.

L'interpolation avec la morphologie, la chronologie des dépôts et les accidents tectoniques observés ou déduits permettent alors l'élaboration de la carte géologique à l'échelle de 1/10 000 (Figure 84 et Planche 6). Plus la densité de points observés est grande, meilleure est la précision de la carte.



Figure 81. Affleurement de Calcaires mis au jour à la faveur de l'érosion par une ravine au climat Siserpe



Figure 82. Affleurement du substrat géologique (Calcaires fins et lithographiques) au pied d'un mur au climat Montagne Saint-Désiré



Figure 83. Parcelle arrachée dont les travaux de préparation pour la replantation permettent de distinguer les trois unités de sous-sol qui la constituent (climat En Avaux)

5.4.3. Résultats

La localisation de la zone étudiée dans la partie septentrionale de la Côte de Beaune va se traduire par une carte géologique (Figure 84 et Planche 6) qui reflète les spécificités du secteur :

- Des roches, de nature calcaire, mais aussi marneuse, se sont mises en place dans les mers tropicales peu profondes du Jurassique, dans des environnements variés, ce qui a conduit à une diversité de faciès importante. Ces marnes et calcaires d'âge Jurassique affleurent sur les versants.
- Ces couches de calcaires et de marnes ont été intensément fracturées lors de la création du relief par des failles de directions parallèles à la bordure de la vallée de la Saône, mais également es fractures obliques, ce qui accroît la diversité des roches tant de bas en haut du versant que d'un coteau à l'autre de part et d'autre des « combes ».
- La mosaïque de roches ainsi formée est recouverte de dépôts épais de quelques décimètres à quelques mètres au cours des périodes récentes, sur les versants et dans les vallons secs par colluvionnement, alors que des alluvions se sont accumulées au débouché des vallées et dans la plaine. Ces formations superficielles, souvent délaissées par les géologues, sont essentielles pour la culture de la vigne. L'érosion a creusé des vallons encaissés qui incisent le coteau et individualisent plusieurs versants distincts.

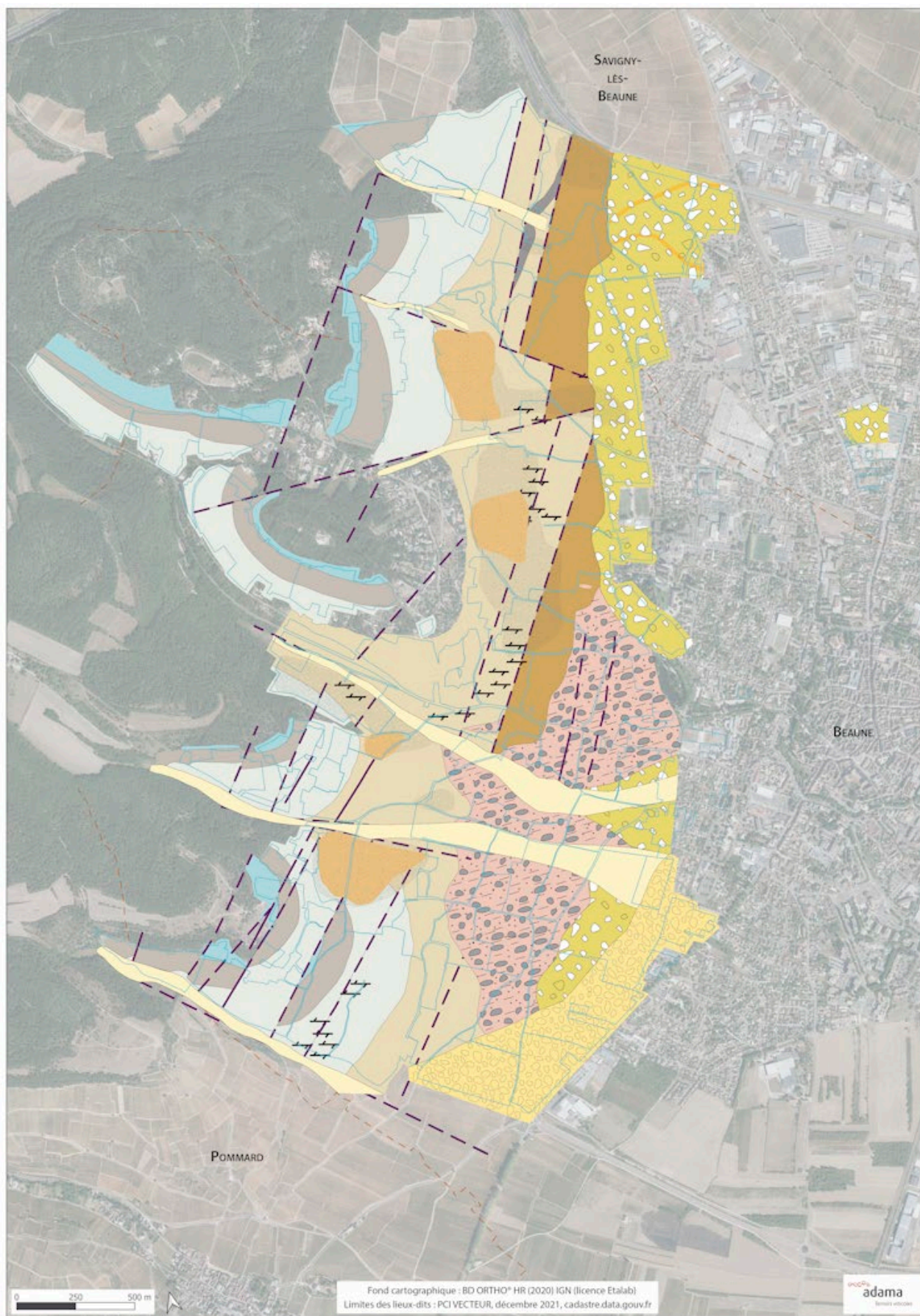


Figure 84. Carte géologique du vignoble de Beaune à 1/10 000

LÉGENDE



CLIMATS EN AOP



FAILLE



FAILLE SUPPOSÉE ET/OU NON VISIBLE

FORMATIONS SUPERFICIELLES



COLLUVIONS/ALLUVIONS PROXIMALES
DE FOND DE VALLON



CÔNE ALLUVIAL



ALLUVIONS ANCIENNES



GRÈZES LITÉES (GRAVIERS CRYOCLASTIQUES)



GRAVIERS CRYOCLASTIQUES DÉPÔTS PEU ÉPAIS

OLIGOCÈNE



MARNES ET CONGLOMÉRATS CALCAIRES
À CIMENT DE CALCAIRE ARGILEUX ROSE SAUMON

JURASSIQUE SUPÉRIEUR



DOLOMITISATION



CALCAIRES FINS À LITHOGRAPHIQUES



MARNES DE CHEVREUIL-POMMARD



CALCAIRES OOBIOCLASTIQUES, GRAVELEUX OU FINS



MARNES ET CALCAIRES ARGILEUX



CALCAIRES BLANCS ET CALCAIRES VARIÉS

JURASSIQUE MOYEN



CALCAIRES DE DIJON-CORTON ET CALCAIRES DE LADOIX

Les versants sont constitués de formations d'âge Jurassique. Ce sont principalement des calcaires, aux faciès variés. Ces calcaires ont été très fortement exploités comme pierre de construction dans les siècles passés, et de nombreuses anciennes carrières incisent la topographie du coteau beaunois. Les marnes ont été assez peu observées sur l'appellation, et occupent surtout la partie haute des versants viticoles. Sur le versant viticole, un phénomène particulier a été observé : les roches ne sont pas toujours des calcaires, mais localement de la dolomite. C'est également un carbonate, mais qui contient du magnésium en plus du calcium. L'étude pétrographique de ces faciès dolomités a permis de conclure à une précipitation de dolomie au moment du dépôt des sédiments (dolomie primaire), sur des hauts-fonds marins proches de l'émersion, et pas à une transformation postérieure au dépôt (diagenèse, dolomie secondaire). La dolomie va apporter une grande quantité de magnésium aux sols, de par sa composition chimique : $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Les secteurs dolomités ont été matérialisés sur la carte géologique (Figure 84) par des symboles.

Les Calcaires de Comblanchien n'ont pas été formellement reconnus sur le secteur d'étude. Même si de nombreux blocs de ce faciès ont été observés en bas de versant dans la partie sud de l'appellation, ces blocs sont rarement anguleux, parfois encroûtés de calcaire argileux rose saumon, et souvent associés à des conglomérats oligocènes. De surcroît le faciès des calcaires compacts qui surplombent le vignoble est très semblable à celui des Calcaires de Comblanchien ; il sera donc difficile de les distinguer dans des roches transportées au pied du versant. Aucun affleurement n'ayant été observé, c'est l'hypothèse de blocs de Calcaires de Comblanchien et de Calcaires compacts d'âge Oxfordien inclus dans les conglomérats saumon qui a été retenue sur la carte géologique à 1/10 000 (Figure 84).

Les Calcaires de Dijon-Corton et de Ladoix, cartographiés en un seul ensemble, n'ont été identifiés qu'au pied du relief, et seulement au nord et au centre de l'appellation. L'Oolithe Ferrugineuse, pourtant très facile à identifier, n'a pas été observée sur le secteur de Beaune. Aussi, c'est un contact par faille avec les calcaires en amont qui a été retenu.

Les calcaires variés, très épais, occupent la majeure partie du sous-sol viticole de Beaune. Ponctué d'anciens fronts de taille qui permet de bien les observer, ils sont plus ou moins recouverts par des colluvions, notamment des graviers cryoclastiques, qui masquent localement le substrat jurassique et modifient les types de sols. Cette formation est très affectée par la dolomitisation, notamment sur le coteau central de l'appellation (climats Aux Coucheries, les Cras, les Teurons, les Grèves).

En haut du versant viticole, les Calcaires Oobioclastiques et Graveleux affleurent du Nord au Sud, même s'ils sont plus présents dans le secteur méridional, grâce à la fracturation. Ils sont également soumis au phénomène de dolomitisation, principalement dans le secteur du Clos des Mouches.

Les Marnes de Chevrey-Pommard, peu épaisses dans le vignoble de Beaune, sont présentes uniquement en haut des coteaux.

Culminant au sommet du vignoble beaunois, les calcaires fins à lithographiques occupent une toute petite partie du secteur étudié.

La large dominante des calcaires sur les pentes du vignoble de Beaune va conditionner le type et les caractéristiques des sols, et notamment des épaisseurs réduites, surtout dans les parties hautes du versant.

Les failles qui ont été identifiées dans le vignoble de Beaune ont une direction qui est la plupart du temps parallèle à la bordure du Fossé Bressan, orientée N30-N40 (NNE-SSW) dans ce secteur de la Côte. Quelques failles sont orientées N10 à N20, direction principale de la Côte de Nuits. Les failles de direction N10 à N20 et N30 à N40 ont principalement joué en failles normales (effondrement associé à une tectonique extensive), et elles correspondent aux accidents qui compartimentent le vignoble de la Côte du haut en bas du versant, d'Ouest en Est. Au niveau des vallées qui incisent le versant viticole, des failles de direction oblique (N70 et N140) recoupent ces accidents avec un mouvement incluant une composante probable en décrochement. La

direction N60- N70 est associée à la chaîne hercynienne, dont les sommets ont culminé dans la région vers 350 à 300 millions d'années, au Carbonifère.

Le contexte structural a influencé la morphologie du secteur (Figure 85). Les coteaux du vignoble beunois sont encadrés par deux vallées principales, celle du Rhoin au Nord et celle un peu plus petite de l'Avant-Dheune au Sud. Dans les deux cas, l'axe de la vallée a une direction N140 (NW-SE) avant de rejoindre la plaine de la Saône. Le versant viticole de Beaune est entaillé par la vallée de Bouze-lès-Beaune et par des vallons de moindre importance, mais eux aussi probablement associés à des accidents transverses qui ont favorisé l'érosion. Le coteau qui surplombe la plaine de la Saône n'est pas du tout rectiligne dans le secteur étudié. Les versants des Marconnets ainsi que ceux de la Montée Rouge, des Champs Pimont et du Clos des Mouches/Aigrots au Sud sont bien parallèles à la direction du Fossé Bressan, mais ils ne sont pas alignés (Figure 85), il y a un décalage du coteau d'une vallée à l'autre qui pourrait être lié à la tectonique. Le coteau des Bressandes et des Grèves a une orientation complètement différente, N10, qui est la direction principale de la Côte de Nuits, et qui se retrouve avec certaines failles dans le secteur de Beaune.

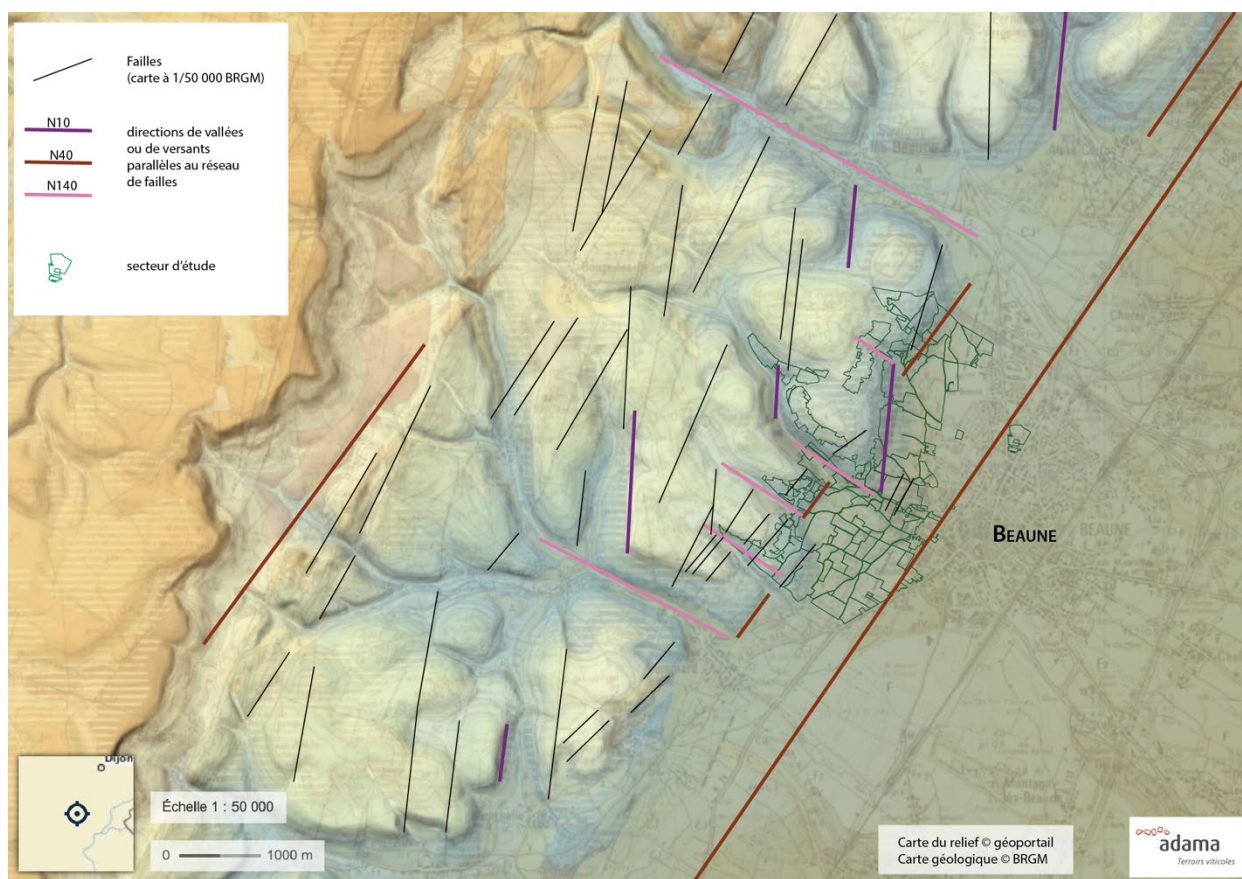


Figure 85. Mise en évidence d'analogies entre les directions des failles et celles du relief sur le secteur étudié

Les failles ont pu être ponctuellement observées, comme au climat Montée Rouge, avec une brèche tectonique (Figure 86) constituée de fragments anguleux de calcaires broyés lors du mouvement des compartiments de part et d'autre de la faille, et emballés dans une matrice rouge. Le plan de faille, surface de glissement d'un compartiment contre l'autre, appelé également miroir de faille en raison de son aspect souvent très lisse, peut donner des indications sur les directions des contraintes tectoniques. Ainsi, le plan de faille observé au lieu-dit les Teurons présente des stries verticales qui indiquent la direction du mouvement (Figure 87). Au climat Dessus des Marconnets, le changement de couleur brutal du jaune au rouge, avec une

limite verticale (Figure 88), dans les marnes oxfordiennes, peut également traduire la proximité d'une faille, avec des circulations d'eau le long du plan de faille.



Figure 86. Brèche de faille observée en amont du climat la Montée Rouge



Figure 87. Faille observée au climat les Teurons, avec une brèche dans la partie gauche de la photo, et un plan lissé par les frottements, mais aussi incisé par de stries qui indiquent le déplacement vertical le long de ce plan, dans le tiers supérieur de la photo



Figure 88. Affleurement de marnes au climat Dessus des Marconnets. Le changement brutal de couleur est probablement dû à des circulations d'eau le long d'un plan de faille très proche.

Cependant, la plupart du temps, ce ne sont pas des observations directes d'un plan de faille ou d'une brèche qui permettent de mettre en évidence une faille, mais des observations indirectes. Les décalages observés dans les altitudes d'une même couche d'un secteur à l'autre du versant, ainsi que la redondance ou l'absence d'une formation de bas en haut d'un même versant, sont des indicateurs qui attestent de fractures, mais deux points d'observation isolés ne peuvent suffire à déterminer la direction de fracturation. Une interprétation a donc été réalisée en intégrant les informations ponctuelles fournies par les affleurements et la morphologie, et le contexte régional. Le réseau de fractures est alors calibré par les observations de terrain, et cohérent avec les réseaux de fractures situés autour du secteur d'étude. La plupart des failles représentées sur la carte géologique à 1/10 000 sont en pointillés et pas en traits pleins, car elles ont été déduites et rarement observées directement. C'était déjà le cas sur la carte à 1/50 000 où la plupart des accidents sont supposés ou masqués, puisque représentés en pointillés.

Un profil sismique réalisé plus au nord, à Premeaux-Prissey, montre clairement (même si l'interprétation de l'orientation des failles est discutable) qu'il n'y a pas une unique « grande » faille bordière, mais toute une série de compartiments qui s'affaissent progressivement vers le centre du Fossé Bressan (Figure 89). Ce profil met de surcroît en évidence le remplissage du fossé de manière concomitante avec sa structuration, ainsi que l'érosion de ses marges, avec le socle jurassique, recoupé par les failles, qui présente une morphologie non pas en marches d'escaliers mais avec une pente régulière recouverte par les dépôts tertiaires.

Les failles accroissent la diversité des roches qui affleurent sur le secteur étudié. Le vignoble est ainsi découpé en lanières par des failles sub-parallèles à la bordure du Fossé Bressan, et cette diversité est accrue par l'existence de failles au niveau des petites vallées qui incisent les reliefs, avec des rejets (décalages) variables, ce qui donne des coteaux aux caractéristiques géologiques spécifiques.

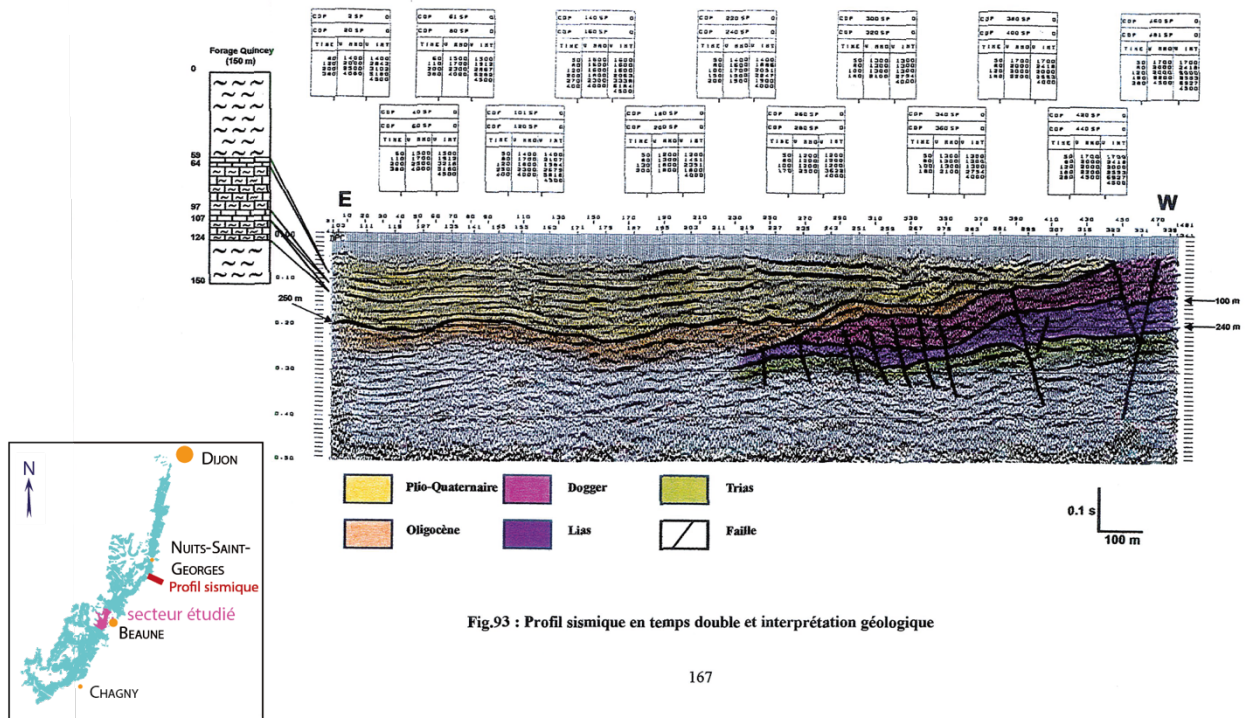


Fig.93 : Profil sismique en temps double et interprétation géologique

167

Figure 89. Profil sismique montrant l’organisation de la bordure du fossé Bressan en compartiments avec un affaissement progressif et non une faille majeure (modifié d’après P.Corbier 1999, p.167) NB : l’interprétation est à peaufiner -orientation des failles-

Associés à la création du relief au cours de l’Oligocène supérieur, des dépôts vont se mettre en place au pied du relief naissant, au fur et à mesure de l’érosion des secteurs les plus élevés. Ces formations constituées de conglomérats et de marnes ont été mal cartographiées à l’échelle du 1/50 000 (Figure 79), à cause d’une échelle inadaptée sans doute. Il n’a pas été possible de remonter à la donnée source qui est à l’origine de la phrase qui stipule que l’Oligocène « a été signalé aussi à la source de la Bouzaise, en contact par faille avec le calcaire callovien » (cf. notice carte géologique de Beaune, p.26). Toutes les observations réalisées dans ce travail attestent d’une présence de dépôts d’âge Oligocène au pied du relief dans la partie sud du vignoble de Beaune. Dans une ancienne carrière située dans le climat les Teurons, une faille bien visible, avec un pendage de 80° vers l’Ouest, montre dans le compartiment occidental des cailloux arrondis, des conglomérats d’âge Oligocène (Figure 90). Le compartiment cartographié sur la carte à 1/50 000 comme étant des Calcaires de Comblanchien est donc probablement un compartiment où des marnes et conglomérats saumon se sont accumulés sur des calcaires d’âge Jurassique non identifiés car non affleurant actuellement. L’affleurement de deux bancs de conglomérats surmontant des calcaires d’âge Jurassique dans le climat Champs Pimont tend à conforter l’hypothèse d’un biseau sédimentaire de ces dépôts de marnes et conglomérats saumon au pied du relief. La géométrie de ces dépôts d’âge Oligocène est illustrée dans un schéma purement théorique (Figure 91). La faille intra-oligocène observée sur la bordure ouest de l’ancienne carrière aux Teurons a donc probablement eu un jeu synsédimentaire. Sur la carte géologique à 1/10 000 (Figure 84), l’extension vers l’Ouest et vers le Nord des marnes et des conglomérats saumon a fait l’objet d’un choix de représentation. En effet, il est très probable que l’épaisseur de ces dépôts soit faible dans ces secteurs de bordure, mais ce sont ces dépôts, les plus proches de la surface, qui vont s’altérer et contribuer à la formation des sols dans ces zones, et pas les calcaires d’âge Jurassique sous-jacents.



Figure 90. Brèche tectonique observée au sein des conglomérats d'âge Oligocène au climat les Teurons

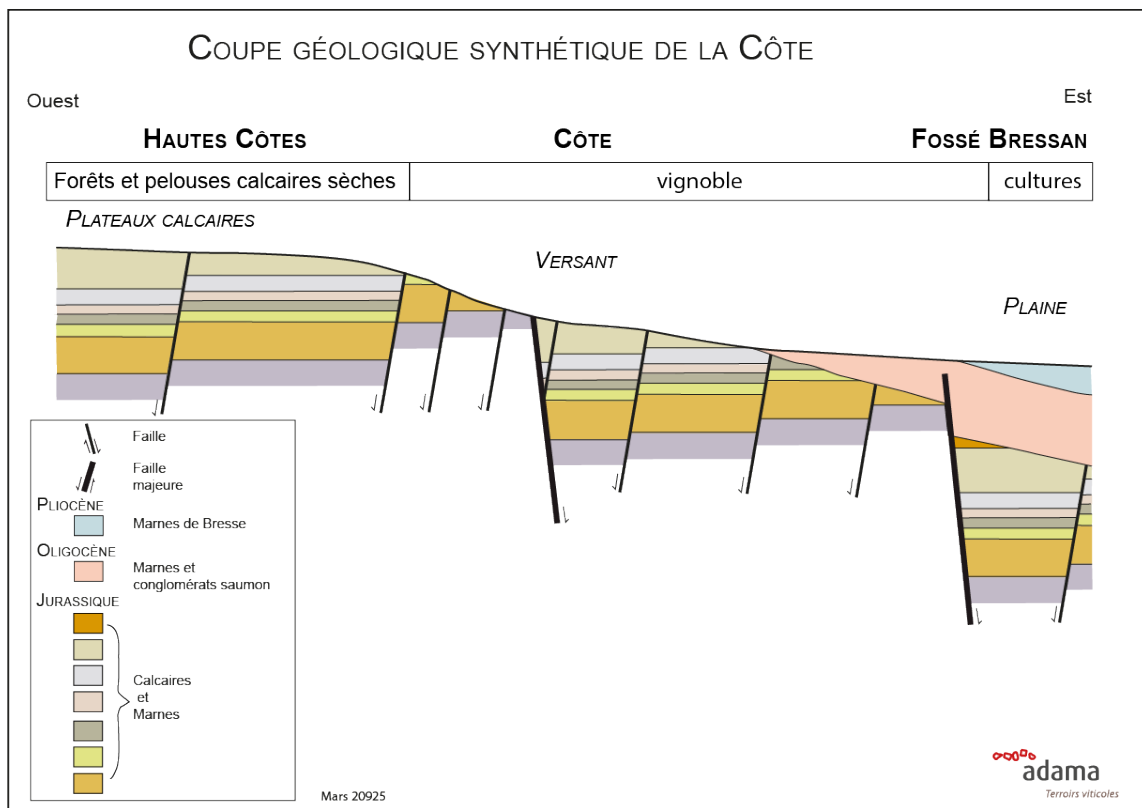


Figure 91. Schéma théorique de l'agencement des différentes formations géologiques de la Côte

L'ensemble des calcaires et des marnes d'âge Jurassique, structurés par les failles et partiellement recouvert au pied du relief par des marnes et des conglomérats d'âge Oligocène est également partiellement masqué par des formations superficielles. Ces dépôts relativement récents à l'échelle des temps géologiques, sont meubles, peu épais (quelques mètres à plus d'une dizaine de mètres au maximum), et contribuent en s'altérant à la diversité des sols de l'appellation.

Associées au débouché de la vallée du Rhoin, au nord de l'appellation, des alluvions anciennes se sont déposées au pied du versant. Riches en pierres arrondies à subarrondies de toutes tailles, elles constituent un matériau très drainant, et sont cultivées en vigne lorsque l'urbanisation n'a pas grignoté les parcelles.

Les cônes alluviaux n'occupent pas une grande superficie du secteur d'étude. Un seul épandage a été cartographié au sud du secteur étudié. L'extension est relativement faible en comparaison avec d'autres communes viticoles de la Côte. En regard avec la taille importante des vallées qui ont dû, au cours des périodes de climat froid de l'ère Quaternaire, contenir des cours d'eau avec un débit très important, il est possible que les matériaux arrachés aux plateaux et aux versants aient été transportés sur de grandes distances, et pas abandonnés au débouché immédiat des vallées dans la plaine comme c'est le cas le plus souvent sur la Côte. La vallée du Rhoin, plus importante, a également contribué à l'évacuation des alluvions plus en aval.

Les versants sont empâtés plus ou moins largement par des colluvions constituées de graviers anguleux. Ces dépôts peuvent être localement épais de plus d'un mètre, et vont alors générer des sols avec des caractéristiques spécifiques, comme dans une partie des Bressandes, des Grèves, de la Montée Rouge ou des Aigrots. Sur le coteau beunois, les graviers sont la plupart du temps mêlés aux autres particules dans les sols du versant ou au débouché des vallons secs. Au fond de ces vallons, se sont accumulées des colluvions souvent riches en argiles, en limons et en oxydes de fer, de couleur brun-rouge.

Les trois coupes géologiques réalisées sur le secteur d'étude (Figure 92, Figure 93, Figure 94) permettent d'illustrer l'agencement des couches et l'organisation générale du réseau de fractures.

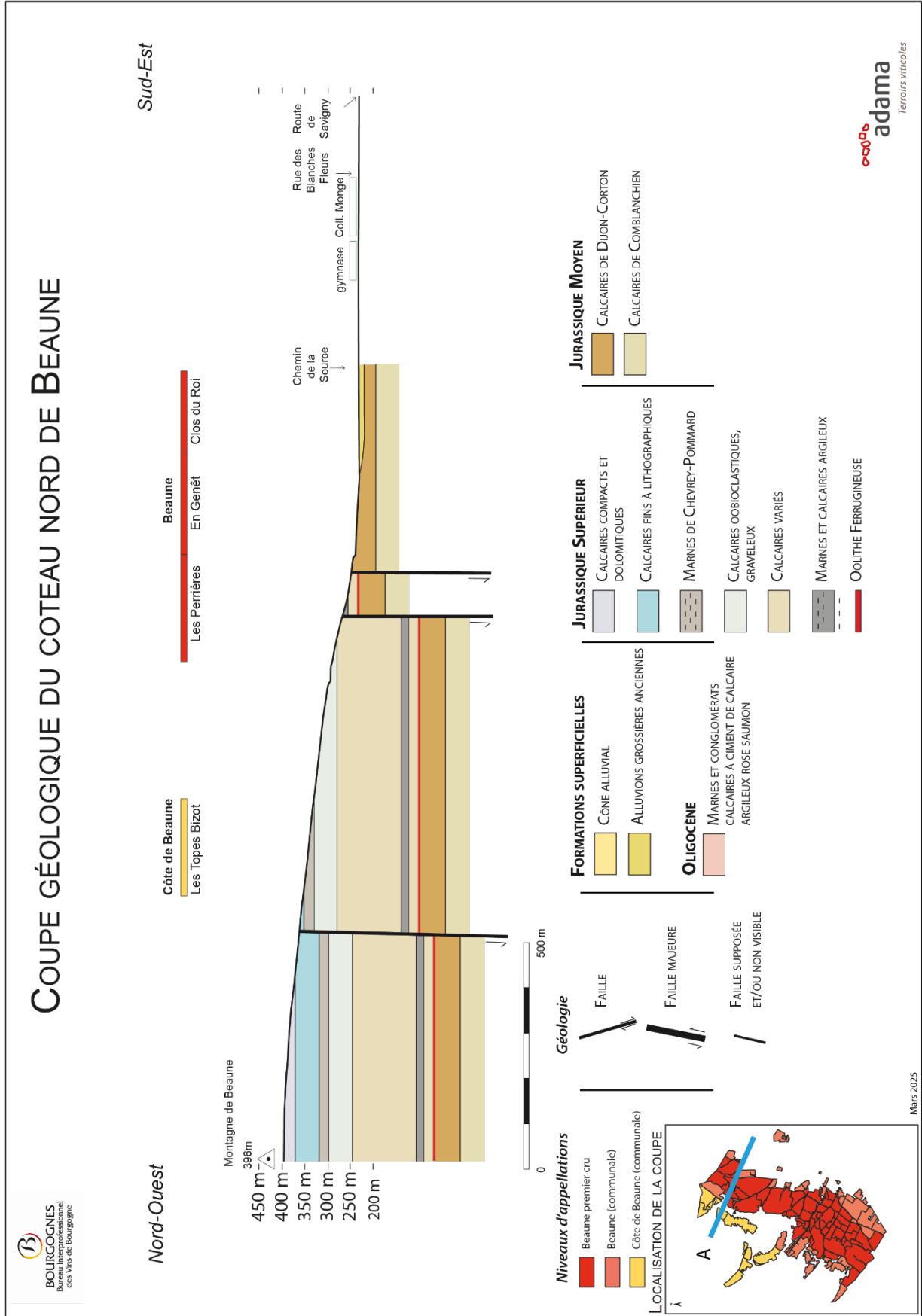


Figure 92. Coupe géologique du coteau septentrional de l'appellation Beaune

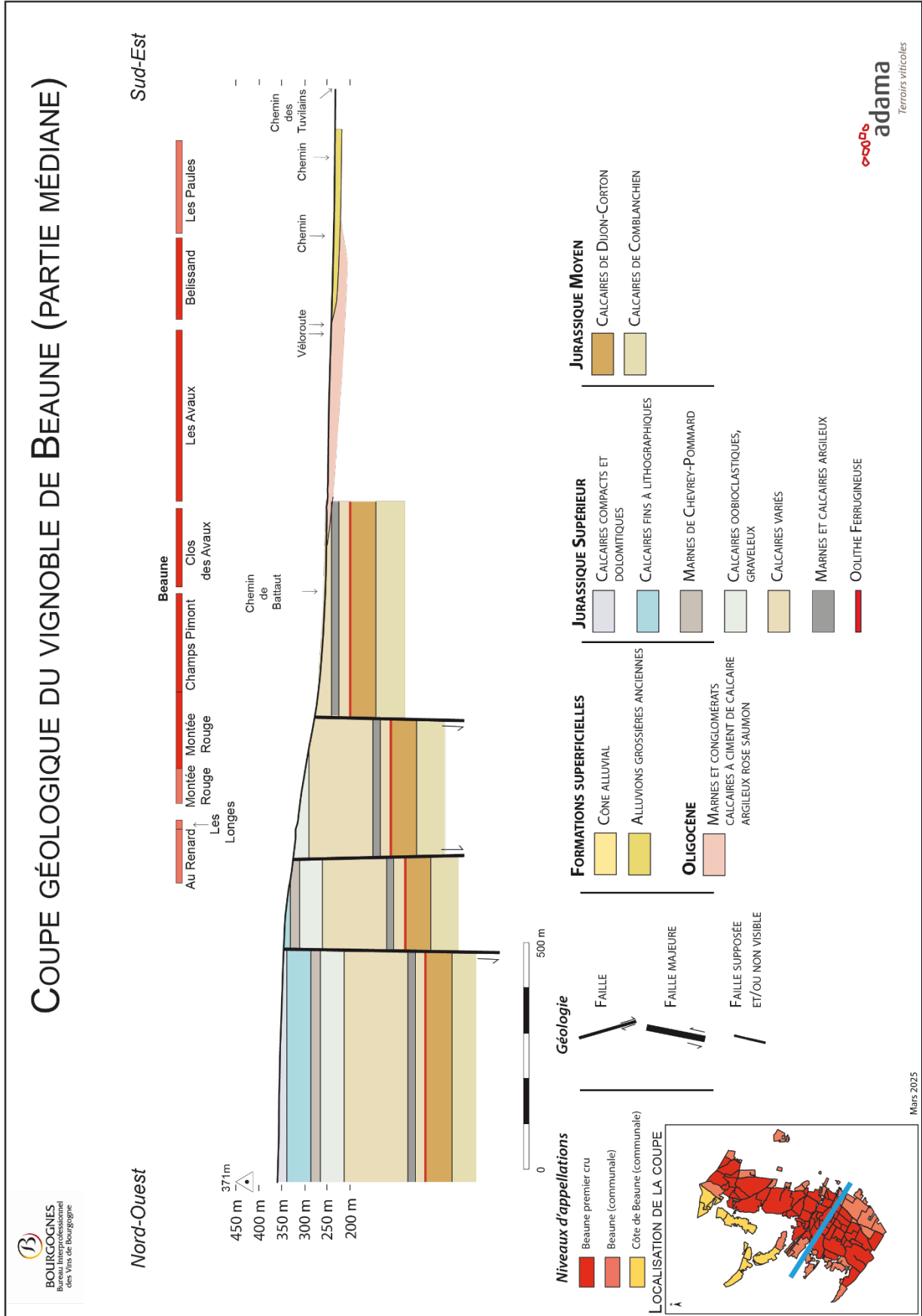


Figure 93. Coupe géologique de l'appellation Beaune (partie médiane)

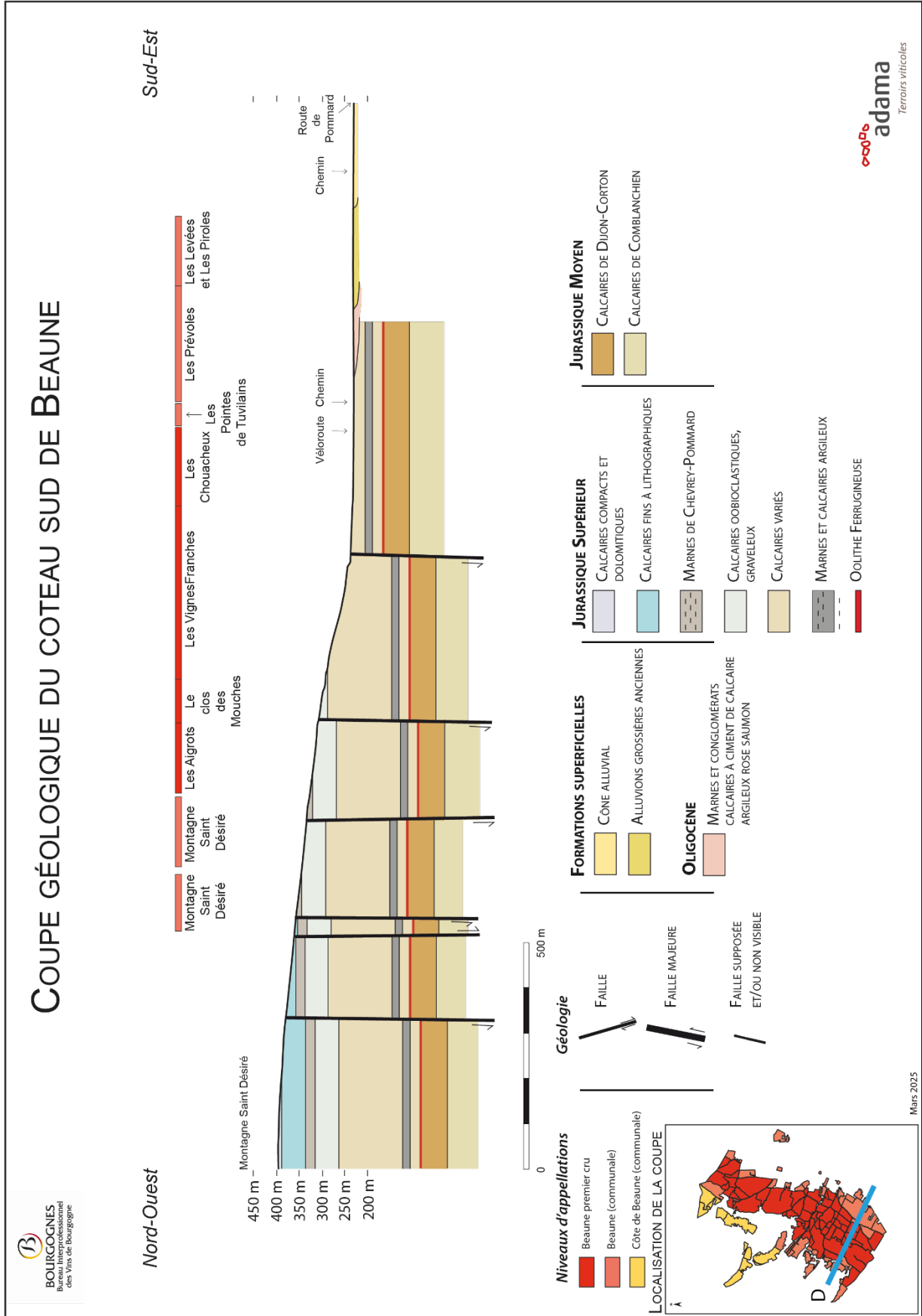


Figure 94. Coupe géologique du coteau méridional de l'appellation Beaune

La distribution des formations sur la zone d'étude est le résultat à la fois de leur position stratigraphique (Figure 26) et de la structuration par les failles. Les calcaires et dans une moindre mesure les marnes d'âge Jurassique constituent l'ossature du relief. Les dépôts continentaux d'âge Oligocène, marnes et conglomérats, produits de l'érosion simultanée à la création du relief, se sont accumulés au pied de la Côte. Les formations superficielles couvrent plus ou moins les marnes et les calcaires Jurassique sur versants (colluvions), et soulignent les vallons et vallées (alluvions).

Les racines de la vigne vont, selon les parcelles, voire au sein d'une parcelle, explorer des dépôts aux caractéristiques très diverses, complexes à synthétiser sur une carte géologique. Il n'a pas toujours été aisé de distinguer les différentes formations superficielles. La cartographie du secteur au Sud-Est a été particulièrement ardue. La densité d'information n'est cependant pas suffisante pour cartographier précisément des corps sédimentaires dans les alluvions grossières, ou les cônes alluviaux. Malgré un travail à une échelle détaillée, certaines zones du vignoble sont donc cartographiées de manière imprécise, par faute d'affleurements suffisamment abondants pour refléter la variabilité des faciès de dépôt. L'information pourra être complétée ponctuellement à l'occasion notamment de travaux de préparation de parcelle.

Le rôle des formations superficielles est essentiel, du fait de leur abondance sur le secteur d'étude, à la fois sur les versants et au pied du relief, car elles permettent souvent notamment dans les secteurs peu pentus d'améliorer le drainage des sous-sols marneux sur lesquels elles reposent fréquemment.

6. La pédologie : connaissance du sol

6.1. Quelques fondamentaux sur les sols viticoles

Le sol est un milieu complexe, à l'interface entre les roches de la croûte terrestre (la lithosphère), les organismes vivants (la biosphère), zone d'échange entre le vivant et le minéral, mais également avec l'air (l'atmosphère) et l'eau (l'hydrosphère). La fraction minérale est le constituant très largement majoritaire des sols, mais le fonctionnement des sols comme support de culture n'est possible qu'en présence d'air, d'eau, et d'une activité biologique (souvent microscopique, bactéries et champignons). Au sens pédologique, le sol peut être défini selon l'Association Française de l'Étude des Sols (AFES, 2014) comme :

« un volume qui s'étend depuis la surface de la Terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée ou peu marquée par la pédogenèse. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres, ou plus. Il constitue, localement, une partie de la couverture pédologique qui s'étend à l'ensemble de la surface de la Terre. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et/ou minéraux (la terre). Cette organisation est le résultat de la pédogenèse et de l'altération du matériau parental. Il est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et microorganismes) »

Cette définition générale du sol doit toutefois être adaptée en contexte viticole, où le substrat géologique n'est pas toujours le **matériau parental**. Le sol viticole peut se former par l'altération physique et chimique du **substrat géologique** sous-jacent, par la combinaison de plusieurs facteurs : la roche, le temps (la durée), le climat et la végétation. Le sol peut également se développer sur des **matériaux parentaux résiduels transportés**, qui résultent d'altérations anciennes de roches parfois disparues. En contexte viticole, où le vignoble est le plus souvent installé en zone de pente, les sols sont également soumis à des processus d'érosion qui vont contribuer à leur diversification. Sur les versants, le sol peut ainsi résulter de l'altération de **matériaux parentaux résiduels transportés** (colluvions, éboulis...). En position de versant et/ou de bas de versant, il peut être issu de l'altération de **colluvions**, qui correspondent à des matériaux meubles transportés par gravité (c'est en partie le cas sur le secteur de Beaune). Enfin dans les vallées et vallées sèches (alimentées aujourd'hui ou dans des temps plus anciens par un cours d'eau) les sols se développent sur des matériaux meubles transportés depuis l'amont par l'eau : les **alluvions** (comme sur le secteur oriental du vignoble beaunois). De ce fait, la roche-mère (le matériau parental) du sol ne signifie pas systématiquement substrat géologique. L'ensemble de ces matériaux parentaux contribue à la mise en place de divers types de sols présentant une importante variabilité à l'échelle locale.

Au-delà de ces facteurs naturels, des influences très fortes, notamment pour le vignoble Bourguignon, sont liées à **l'action de l'Homme**, et ce depuis des siècles. Les sols « naturels » sont très largement transformés par les actions humaines (Garcia, 2011). Les **sols viticoles** ne doivent donc pas être considérés comme une donnée immuable et résultant uniquement de l'altération d'un matériau parental, mais comme un **milieu dynamique**, qui évolue au cours du temps. Bien évidemment, nature du sous-sol, morphologie du lieu, altitude, pente, exposition, tous les traits du paysage sont en place lorsque les premières vignes sont cultivées ici. Le vignoble Bourguignon est chargé de plus de deux mille ans d'histoire. En construisant des voies de passages, des murs, des meurgers (tas d'épierrement en marge des parcelles), en exploitant en carrières le calcaire comme pierre de construction (comme sur de nombreux secteurs du vignoble de Beaune) ou l'argile pour la terre cuite, l'homme a contribué à modifier la microtopographie du versant viticole, mais également à changer la nature et l'épaisseur des sols viticoles. Des apports de terre exogènes ont ainsi permis la mise en culture de la vigne dans d'anciennes carrières (notion de sol anthropisé). La culture de la vigne se fait

alors sur un sol qui ne résulte ni de l'altération de la roche sous-jacente, ni de l'altération de formations superficielles (colluvions ou alluvions). Il faut garder à l'esprit deux faits importants : la nature exogène du sol ne présume en rien de ses qualités agronomiques, et ces pratiques ont eu lieu dans la plupart des parcelles cultivées en vigne au cours des périodes historiques. Les versants viticoles sont ainsi très fréquemment modifiés, parfois profondément, par les travaux et constructions plus ou moins anciens. De plus, l'occupation du paysage a varié au cours des périodes historiques, et l'omniprésence de la vigne sur la Côte viticole bourguignonne est un phénomène très récent. Par ailleurs, les usages et les réglementations ont également varié au cours du temps, autorisant autrefois des pratiques aujourd'hui interdites ou vice-versa. De nombreuses parcelles ont été (re-)mises en culture à coups d'engins mécaniques, permettant un adoucissement de fortes pentes, un nivellement d'un terrain trop irrégulier pour assurer le passage de tracteurs enjambeurs, etc.

L'ensemble des propriétés physiques, chimiques et biologiques qui caractérisent les sols viticoles joue un rôle important sur la vigne. Plusieurs études ont démontré que le sol influence la production viticole et la qualité du raisin. L'azote minéral est le principal facteur qui contrôle le développement végétatif et reproducteur de la vigne, à la fois d'un point de vue qualitatif et quantitatif (Van Leeuwen et Vivin, 2011). Des tendances ont pu être observées entre la texture du sol et les caractéristiques sensorielles des vins (Brousset et al., 2010). Il semble que la pierrosité du sol a une influence sur les stades phénologiques de la vigne ; une forte pierrosité (éléments lithiques clairs) contribue à maintenir des températures du sol élevées pendant la nuit, ainsi la floraison-véraison sur ces sols est généralement plus précoce (Burgos, 2007). Le régime hydrique de la vigne est également un facteur important qui agit sur le développement de la vigne et la maturation du raisin (Barbeau et al., 2008; Van Leeuwen and Vivin, 2008). La réserve en eau du sol, qui contrôle en partie le régime hydrique de la vigne, varie en fonction des propriétés du sol (l'épaisseur, la texture, la structure, la pierrosité). Ainsi, dans les études dites « de terroir », le sol représente une composante essentielle, en raison de sa diversité qui lui confère des aptitudes agro-viticoles particulières ayant un impact sur la production de la vigne et sur la qualité du raisin (Vaudour et Shaw, 2005).

Il faut noter également que les racines de la vigne ne vont pas se contenter de manière académique de limiter leur exploration au seul sol « académique », mais chercher partout où c'est nécessaire et possible de quoi subvenir aux besoins de la plante en éléments nutritifs et en eau. La distinction sol/sous-sol n'est donc que purement théorique sur le plan agronomique, et il conviendrait de manière plus adéquate de connaître l'explorabilité du milieu et de considérer d'un seul tenant le sol et la partie superficielle du sous-sol utile à la vigne dans un endroit donné.

6.2. Cartographie des sols : outils et méthodes

✓ Notion d'unité cartographique

Une *carte de sols* est un document *interprétatif* réalisé à partir d'observations ponctuelles sur le terrain. En fonction de l'échelle spatiale utilisée, deux concepts cartographiques peuvent être représentés sur la carte : les *unités typologiques de sol* (UTS) et les *unités cartographiques de sol* (UCS) (Figure 95). L'UTS représente une catégorie de type de sol ; elle se définit selon la morphologie et les propriétés physico-chimiques du solum¹ (Baize, 2004). Elle n'est généralement pas représentée graphiquement sauf dans le cas de cartographies à grandes échelles, supérieures au 1/25 000^e (c'est en partie le cas pour cette étude). L'UCS correspond à l'ensemble des plages cartographiques d'une même carte, ayant le même contenu sémantique, et représenté par une couleur ou un figuré unique (Baize, 2004). Ainsi, une UCS peut contenir plusieurs UTS ; le pourcentage de chaque UTS contenu dans l'UCS est alors donné dans la notice de la carte. C'est le cas de la carte pédologique de France, feuille de Beaune, levée à l'échelle 1/100 000, où les UCS localisées sur la Côte contiennent plusieurs UTS (Chrétien, 1996). À cette échelle, il n'est pas possible d'illustrer les fines variations des propriétés physiques et chimiques du sol qui pourtant ont un intérêt certain pour une meilleure gestion des sols viticoles. Cette carte n'est donc pas adaptée à l'étude détaillée des sols du vignoble de la Côte.

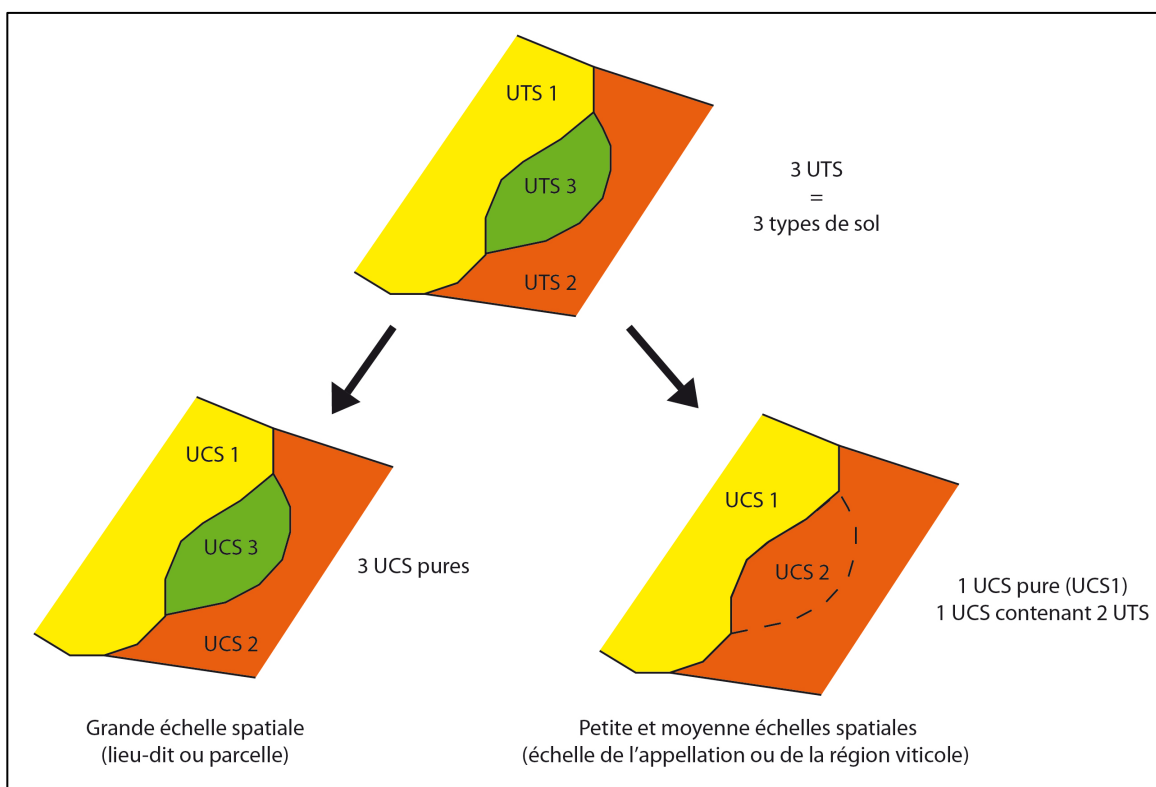


Figure 95. Illustration des concepts d'UTS et d'UCS

¹ Solum : tranche verticale d'une couverture pédologique observable dans une fosse ou une tranchée (Baize, 2004)

✓ **Quelle méthode cartographique ?**

La méthode cartographique utilisée pour cette étude, dénommée *cartographie raisonnée*, se base sur la technique d'extrapolation de données. Elle s'appuie sur l'utilisation de *données complémentaires* (image aérienne, carte géologique, Modèle Numérique de Terrain (MNT), indices topographiques, etc.) pour définir des ensembles homogènes. Elle permet au cartographe pédologue de choisir le positionnement des sondages à la tarière et des fosses pédologiques. Par ces observations il est possible de caractériser divers paramètres physiques, chimiques et biologiques dans le but d'identifier la diversité pédologique du secteur d'étude.

La cartographie des sols du vignoble de Beaune s'est ainsi déroulée selon plusieurs étapes :

- ✓ Etude *bibliographique*, récupération des *données existantes* et *intégration* de celles-ci au sein du Système d'Information Géographique (*SIG*) (logiciel de gestion de données géographiques) : carte géologique du BRGM à l'échelle 1/50 000, feuille de Beaune (n°526, BRGM, 1985), carte pédologique de la France, feuille de Beaune, levée à l'échelle 1/100 000 (Chrétien, 1996), MNT à une résolution de 5 m (RGEALTI®, 5m, IGN), orthophotographies à une résolution de 50 cm (BDORTHO HR®, prises de vue 2017, IGN), limites des lieux-dits (PCI VECTEUR, millésime 2024, cadastre.data.gouv.fr), limites des secteurs en appellation (INAO, 08-2024), études géo-pédologiques déjà réalisées sur le secteur, etc.
- ✓ *Positionnement* sous SIG des sondages à la tarière à réaliser.
- ✓ Collecte de *données sur le terrain*, sondages à la tarière (245 sondages réalisés), observations de profils de sols (contours fraîchement rafraîchis), trous de plantation, affleurements géologiques, etc.
- ✓ Détermination de la *typologie des sols* de l'appellation selon les normes du Référentiel Pédologique Français (RPF) (AFES, 2008).
- ✓ Prédétermination des *Unités Cartographiques de Sols* et de leur distribution spatiale à partir des observations de terrain.
- ✓ *Validation* cartographique et *caractérisation* pédologique des UCS par la réalisation de 33 profils pédologiques répartis au sein des diverses UCS. Description des profils selon les normes du RPF et échantillonnage pour la réalisation d'analyses physico-chimiques en laboratoire (laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture).
- ✓ Intégration des *analyses physico-chimiques* et informatisation des données (SIG).
- ✓ Réalisation de la *carte des sols* à l'échelle 1/10 000 sous SIG et des *fiches descriptives* des profils types de sols.

✓ **Notion d'échelle spatiale**

L'*échelle spatiale* se définit comme le rapport entre une distance mesurée sur la carte et la même distance mesurée sur le terrain. Cette notion est importante à prendre en compte lors des travaux de cartographie des sols, car c'est elle qui va définir la densité d'observations à réaliser et donc la résolution finale de la carte. La carte pédologique du vignoble de Beaune a été réalisée à grande échelle, à l'échelle *1/10 000*, où 1 cm sur la carte représente 100 m sur le terrain. Cette échelle est adaptée à une caractérisation au niveau *du climat* et permet de mettre en évidence les unités dites « fonctionnelles » des terroirs (Vaudour et Shaw, 2005).

Pour répondre aux normes cartographiques, le nombre de sondages et de profils pédologiques à réaliser pour l'étude a été défini selon la norme AFNOR concernant la cartographie des sols à toutes échelles (Norme NF X31-560). À l'échelle de 1/10 000, *un sondage à la tarière* doit être réalisé *pour environ 2 à 3 hectares* cartographiés et *une fosse pédologique* est à creuser *pour 10 à 50 hectares* cartographiés.

Ainsi, pour le secteur d'étude (toutes AOP confondues), d'une superficie de **539 hectares**, les recommandations étaient de 178 à 270 sondages à la tarière et de 11 à 54 fosses pédologiques. Ayant eu accès à la carte géologique détaillée (carte à l'échelle 1/10 000 réalisée conjointement à la carte des sols) nous avons choisi une densité d'observation moyenne pour les sondages à la tarière, soit **224 sondages** (245 réalisés), et pour les fosses pédologiques, soit **33 profils pédologiques** décrits et analysés.

Il faut bien garder à l'esprit que ces densités d'observations permettent de produire une carte à l'échelle 1/10 000. À cette échelle, la détermination des divers types de sols présents au sein d'une parcelle ne peut être faite avec certitude à partir de la carte. L'échelle 1/10 000 ne permet pas d'appréhender la **variabilité intra-parcellaire** des sols. Celle-ci nécessite une échelle plus grande, par exemple l'échelle 1/2 500, pour laquelle une densité d'observation plus importante est nécessaire. Ces études pédologiques à l'échelle de la parcelle peuvent être réalisées par **adama** au cas par cas selon diverses méthodes cartographiques (<https://www.adama-terroirs.fr/cartographie-à-la-parcelle/>).

✓ **Détermination des potentialités, contraintes et sensibilités des sols des Unités Cartographiques de Sol identifiées**

Les sensibilités des sols aux divers phénomènes de dégradation sont intimement corrélées aux propriétés physico-chimiques de ceux-ci et plus particulièrement à leurs propriétés texturales.

Le phénomène de **battance** intervient quand le sol est riche en limons (>25%) et présente de faibles teneurs en argiles (<30%) et en matières organiques (Figure 96). Les sols les plus sensibles à la battance ont des textures de limons légers sableux, limons moyens sableux, limons sableux, contenant toutes moins de 20% d'argile. La battance de surface va avoir une incidence sur l'ensemble du sol puisque c'est bien par sa surface que le sol va interagir avec l'atmosphère (air) et l'hydrosphère (eau). Une fermeture de la surface du sol va limiter les échanges gazeux, diminuer la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol et par conséquent augmenter les risques d'érosion et l'activité racinaire des plantes.

Le **tassement** du sol est également dû en partie à la texture du sol. Le tassement est lié à des textures « moyennes », relativement équilibrées (>25% de limons et 10 à 45% d'argile). La sensibilité est très élevée pour des textures de limons sablo-argileux, des limons argilo-sableux, des limons argileux, des argiles limoneuses ; c'est-à-dire pour des textures comprenant de 15 à 30% d'argile et 25 à 60% de limons. Là encore ces phénomènes de tassement observés généralement au sein des horizons superficiels vont contraindre les échanges de fluides entre le sol et son environnement. Ils peuvent également perturber le développement du système racinaire de la vigne.

Texture		Sensibilité à la battance (stabilité structurale)	Sensibilité au tassement
Abréviation	Dénomination		
S	sables	0	0
SL	sables limoneux	1	0 à 4 (%A et %L)
SA	sables argileux	0	0 à 4 (%L)
LL	limons légers	2	0
LLS	limons légers sableux	2	0 à 1 (%A)
LM	limons moyens	2	1 à 3 (%A)
LMS	limons moyens sableux	2	1 à 4 (%A)
LS	limons sableux	2	2 à 5 (%A)
LSA	limons sablo-argileux	1	3 à 5 (%L)
LAS	limons argilo-sableux	1	4 à 5
LA	limons argileux	1	3 à 5 (%A)
AL	argiles limoneuses	0	3 à 5 (%L et %S)
A	argiles	0	0 à 4 (%L)
AS	argiles sableuses	0	0 à 2 (%L)
Alo	argiles lourdes	0	0 à 3 (%L)

Battance
 0 = non sensible ((très) stable) ;
 1 = peu sensible (+/- instable) ;
 2 = très sensible (très instable)

Tassement
 0 = très faible
 1 = faible
 2 = modérée
 3 = assez importante
 4 = importante
 5 = très importante

Figure 96. Sensibilités à la battance et au tassement selon les classes texturales
 (Synthèse de Christen & Monimeau, 2007, d'après le guide des analyses en pédologie, Baize, 2000)

La texture du sol va également exercer une influence sur *l'érosion hydrique* du sol et plus particulièrement l'érosion par ruissellement. L'érosion est la plus importante pour les textures limoneuses et/ou sableuses, qui présentent une faible cohésion entre les particules (mauvaise stabilité structurale). Bien évidemment les méfaits de l'érosion sont amplifiés avec l'intensité de la pente et avec sa longueur, alors qu'elle sera moins intense pour les sols présentant un couvert en surface (enherbement, mulch, forte pierrosité, etc.).

Le *régime hydrique* de la vigne est à ce jour reconnu comme l'un des facteurs les plus importants qui agit sur le développement de la vigne et la maturation du raisin. La réserve en eau du sol, qui contrôle en partie le régime hydrique de la vigne, varie en fonction des propriétés du sol (l'épaisseur, la texture, la structure, la pierrosité). L'observation de fosses pédologiques a permis d'estimer cette réserve hydrique pour les divers sols identifiés. Les classes de pédotransfert mises au point par Bruand et al. (2004) ont été utilisées pour estimer la réserve hydrique de chaque profil de sol. Cette valeur calculée pour chaque type de sol reste toutefois une estimation (peu coûteuse) et ne reflète que partiellement la valeur réelle du réservoir hydrique qui pourrait être mesurée sur le terrain (nettement plus coûteuse).

6.3. Les sols du vignoble de Beaune

6.3.1. Les données existantes

Malgré l'engouement autour des terroirs bourguignons les études pédologiques et plus particulièrement les études de cartographie des sols à grande échelle sont peu nombreuses sur le secteur de la Côte (Chevigny, 2014). Les sols du vignoble Bourguignon ont été étudiés pour des petites et moyennes échelles spatiales, à 1/100 000 pour la Côte de Nuits et une partie de la Côte de Beaune et 1/250 000 pour la Côte dans son ensemble (INRA, 1996, Chrétien, 1995 ; Chrétien, 2000). Ces cartes ne permettent pas d'appréhender la diversité des sols viticoles à l'échelle du lieu-dit/climat. Toutefois, elles fournissent des informations sur les principaux types de sols couvrant le secteur. Ainsi, sur le secteur du vignoble beaunois, sept Unités Cartographiques de Sols (UCS) ont été cartographiées à l'échelle 1/100 000 (Figure 97) (INRA, 1996). À cette échelle, les UCS se composent le plus souvent de plusieurs Unités Typologiques de Sols (UTS), c'est-à-dire de plusieurs types de sols, dont la distribution spatiale au sein de l'UCS n'est pas forcément connue. Les types de sols suivant ont été identifiés :

- **UCS 14b** : Sols très calcaires, argilo-limoneux, moyennement profonds à profonds (50 cm à 1 m), à hydromorphie de profondeur, à charge gravelo-caillouteuse en amont, issus de l'altération de matériaux calcaires fins sur « grève » calcaire à nappe phréatique. Ces sols sont localisés au niveau des petites vallées sèches en position de talweg (FLUVIOSOLS TYPIQUES alluvio-colluviaux carbonatés).
- **UCS 17** : Sols non calcaires, moyennement profonds à profonds (50 cm à 1 m), argilo-limoneux en surface à argileux en profondeur, non ou peu caillouteux, sains et bien structurés, formés par altération de colluvions reposant sur des argiles de décalcification. Les sols de l'UCS 17 se situent en position de vallons et en haut des combes qui se forment sur les plateaux (BRUNISOLS MÉSOSATURES luviques).
- **UCS 19** : Sols de vignes, calcaires et caillouteux, de texture variée, peu profonds (20 à 40 cm), sensibles à l'érosion, issus de l'altération de calcaires durs (19 C) ou de marnes (19 M) d'âge Jurassique. Ils sont localisés en haut du versant et à mi-coteau, là où les pentes sont fortes (10 à 25%) (RENDOSOLS)
- **UCS 20** : Sols de vignes sur colluvions de bas de pente, calcaires ou saturés, plus ou moins caillouteux, limono-argileux à argileux, sains, moyennement profonds à profonds (40 cm à 1 m). Les sols de l'UCS se trouvent dans les parties basses du coteau, où les pentes sont inférieures à 10% (CALCOSOLS et CALCISOLS).
- **UCS 21** : Sols profonds, saturés, non caillouteux, argilo-limoneux en surface, argileux, avec signes d'hydromorphie en profondeur, issus de l'altération d'épandages sur matériaux d'âge Oligocène et Plio-Pléistocène. Les sols se trouvent en position de pied de Côte (BRUNISOLS et BRUNISOLS luviques).

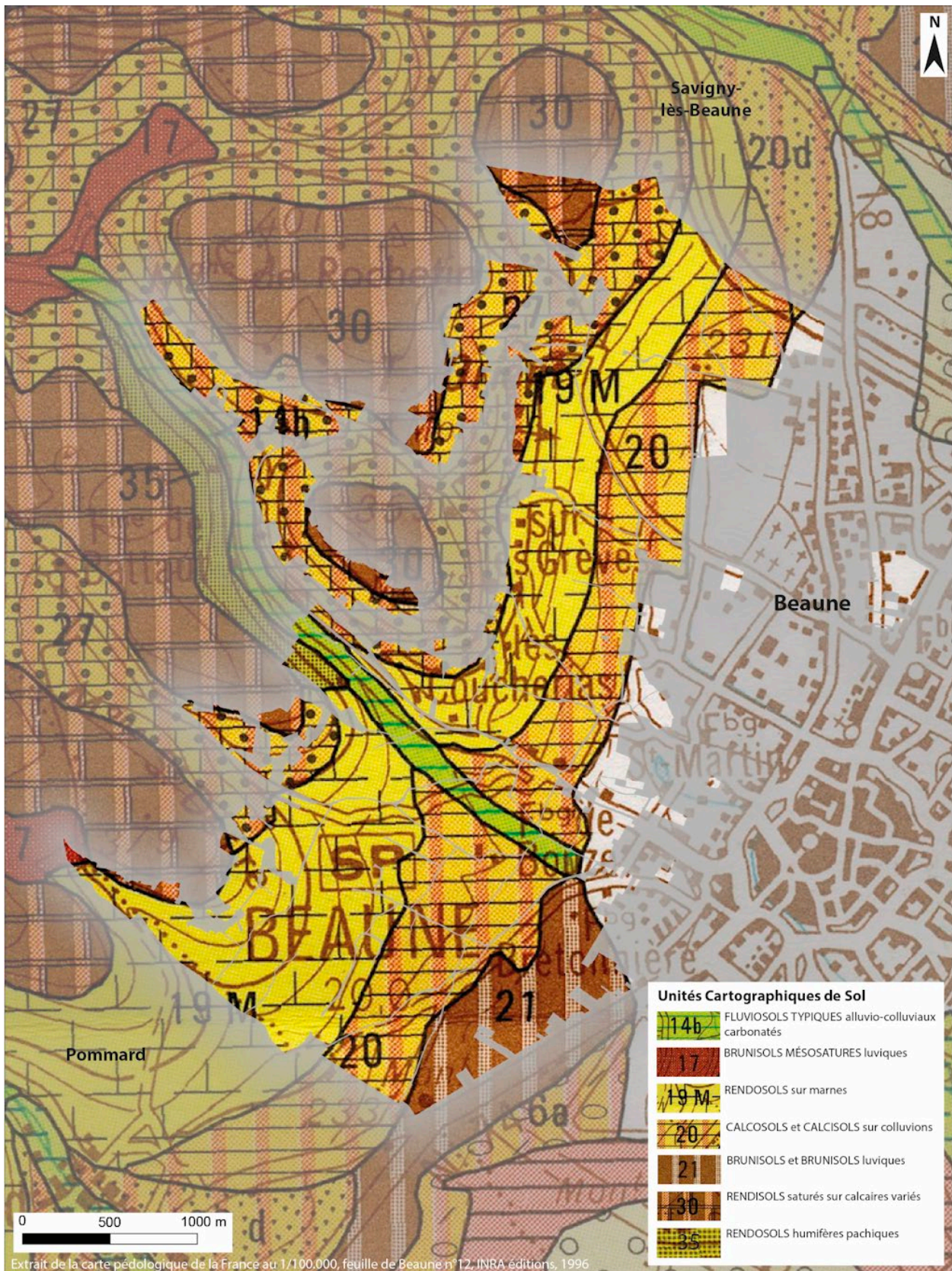


Figure 97. Emprise du vignoble beaunois sur un extrait de la carte des sols à l'échelle 1/100 000. (INRA, 1996)

- **UCS 30** : Sols saturés ou faiblement calcaires, superficiels (10 à 20 cm), très riches en matières organiques (5 à 15%), argilo-limoneux à argileux, peu caillouteux, résultant de l'altération des calcaires en plaquettes ou « laves » du Callovien et de l'Oxfordien supérieur. Ces sols, habituellement en friches, se trouvent en position de plateau et de pentes faibles (RENDISOLS saturés).
- **UCS 35** : Sols forestiers, humifères (10 à 20% de matières organiques), brun-noir, moyennement profonds (60-80 cm), très calcaires, gravelo-caillouteux, de texture légère, à concrétions de calcaire diffuses (horizon Cca), issus de l'altération d'éboulis calcaires. Ces sols se situent en position de pentes fortes et irrégulières (RENDOSOLS très humifères pachiques).

Les précédentes études réalisées sur les sols des versants viticoles de la Côte ont mis en évidence un modèle de distribution spatiale particulier le long du relief : le modèle de *topolithoséquence* (Mériaux et al., 1981). Selon ce modèle, la distribution des sols sur le versant est contrôlée d'une part par la topographie et d'autre part par le substrat géologique. Ce modèle traduit une évolution du type de sol d'amont en aval du versant sur la Côte (Figure 98).

- ✓ Ainsi, les *sols les moins évolués*, dénommés RENDOSOLS, se trouvent en *haut de versant*. Ils présentent de faibles épaisseurs (généralement inférieures à 35 cm), un *unique horizon organo-minéral* (Horizon A, riche en matière organique) au contact avec un *matériau parental carbonaté* (calcaires, marnes, colluvions calcaires) et ils sont *carbonatés* (présence de carbonate de calcium dans la matrice du sol).
- ✓ À *mi-versant*, les sols sont *plus évolués* et nommés CALCOSOLS. Ils se caractérisent par des épaisseurs variables (40 à 80 cm en général), un *horizon organo-minéral* calcaire ou calcique (non carbonaté mais saturé en ion calcium Ca^{2+}), un *horizon structural* (Horizon S) *calcaire* et un *matériau parental carbonaté*.
- ✓ Au niveau du *pied de Côte*, les sols atteignent un stade d'évolution supplémentaire, il s'agit de CALCISOLS. Ce type de sol présente des épaisseurs variables (généralement 40 à 80 cm), des *horizons organo-minéraux* et *structuraux calciques* (non calcaires) issus de l'altération d'un *matériau parental carbonaté*.

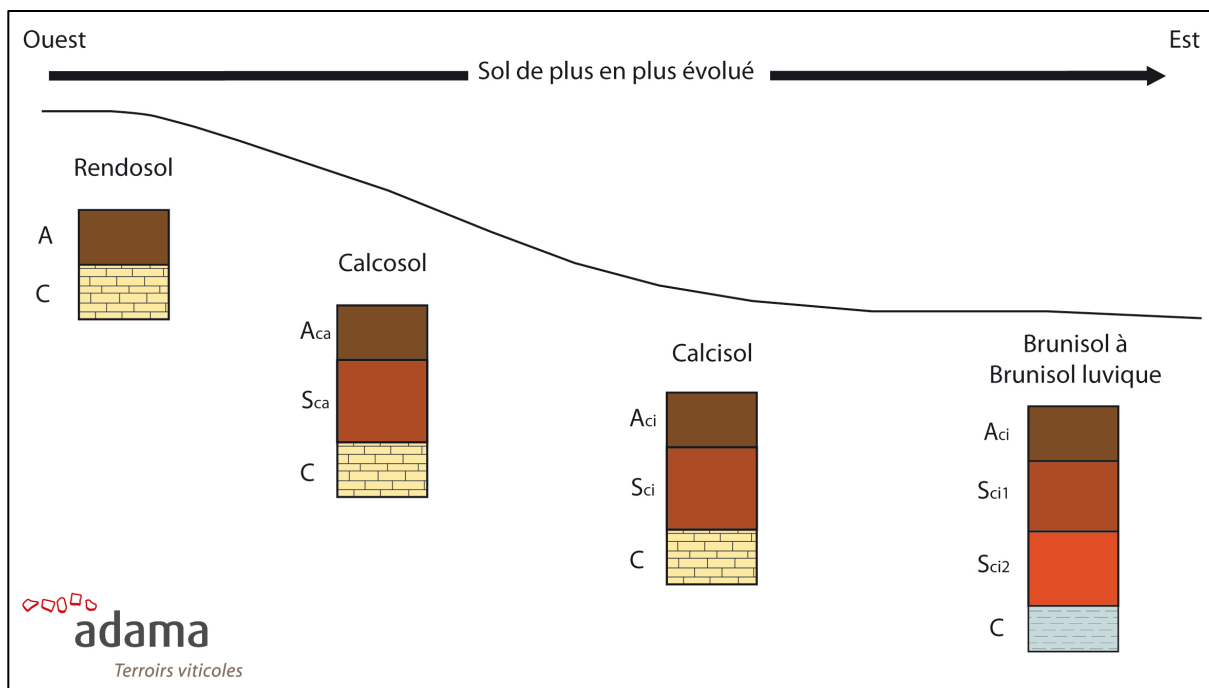


Figure 98. Schéma théorique du modèle de distribution des sols sur la Côte : la topolithoséquence.

- ✓ Dans le *secteur le plus aval*, les sols sont *les plus évolués* de la Côte, ils correspondent à des BRUNISOLS et des BRUNISOLS LUVIQUES. Ils se caractérisent par une *épaisseur importante* (généralement >80 cm), un *horizon organo-minéral calcique* à structure construite d'origine biologique, un horizon *structural calcique* et un *matériau parental non calcaire* ou *décarbonaté*. Dans le cas des BRUNISOLS LUVIQUES deux horizons structuraux sont observés : un horizon plus ou moins appauvri en argile (horizon Sci₁) et un horizon plus ou moins enrichi en argile (Horizon Sci₂). Cette différenciation s'explique par le processus de lessivage des sols (migration en profondeur des éléments (argiles, hydroxydes etc.) d'un horizon vers l'horizon sous-jacent).

6.3.2. Cartographie du secteur d'étude à l'échelle 1/10 000

L'étude des sols du vignoble de Beaune a confirmé la présence des divers types de sols identifiés sur les cartes pédologiques existantes. De plus, il a été possible de mettre en évidence des types de sols non cartographiés précédemment et d'affiner, voire corriger, les limites des unités cartographiques. L'ensemble des prospections pédologiques réalisées a donné lieu à la création d'une typologie des sols du secteur, normalisée selon le Référentiel Pédologique Français (RPF) (AFES, 2008). La différenciation des types de sols a été faite à partir des variations d'épaisseur du sol, de l'état de carbonatation du sol, du type de matériau parental, de la présence de traits pédologiques particuliers (forte concentration en carbonate de calcium secondaire, hydromorphie, etc.). Afin d'obtenir une carte lisible et compréhensible par un large public, une version simplifiée de la carte des sols à l'échelle 1/10 000 a été proposée : la carte des sols qui en résulte se compose de **13 Unités Cartographiques de Sols** (UCS) (Figure 99, Planche 07). Cette version simplifiée permet de mettre en évidence les « grands traits » de la diversité pédologique du secteur d'étude en se basant sur des critères simples : type de matériau parental (alluvions, colluvions, marnes, calcaires), carbonatation du sol (non calcaire, calcaire, hypercalcaire), épaisseur du sol (squelettique (<10 cm), mince (10-35 cm), peu épais (35-60 cm), moyennement épais (60-80 cm), épais (80-100 cm), très épais (>100 cm)), sols sains ou

hydromorphes (engorgement temporaire en eau). De plus, afin d'avoir une vision plus complète des sols du vignoble de Beaune, une version détaillée est également proposée (Planche 08). Pour cette version, chaque unité de sols cartographiée présente des propriétés agro-pédologique particulières – on parle d'Unité Typologique de Sol (UTS). Pour cette version carte des sols détaillée, ce sont vingt-sept Unités Typologiques de Sols qui ont été identifiées (Planche 08).

Les treize UCS ont été rassemblées en *quatre groupes* qui correspondent à des matériaux parentaux particuliers : les sols issus de l'altération des *formations calcaires*, les sols issus de l'altération de *formations marneuses*, les sols formés par processus de *colluvionnement* ou par altération de *formations colluviales*, et enfin les sols issus de l'altération de *formations alluviales*. La légende de la carte des sols est construite selon ce découpage et elle est présentée à la suite de ce paragraphe (cf p.109).

La localisation des 33 profils de sols, leurs descriptions détaillées et les analyses physico-chimiques des divers horizons pédologiques peuvent être consultées en Annexe 4, Annexe 5 et en Annexe 6.

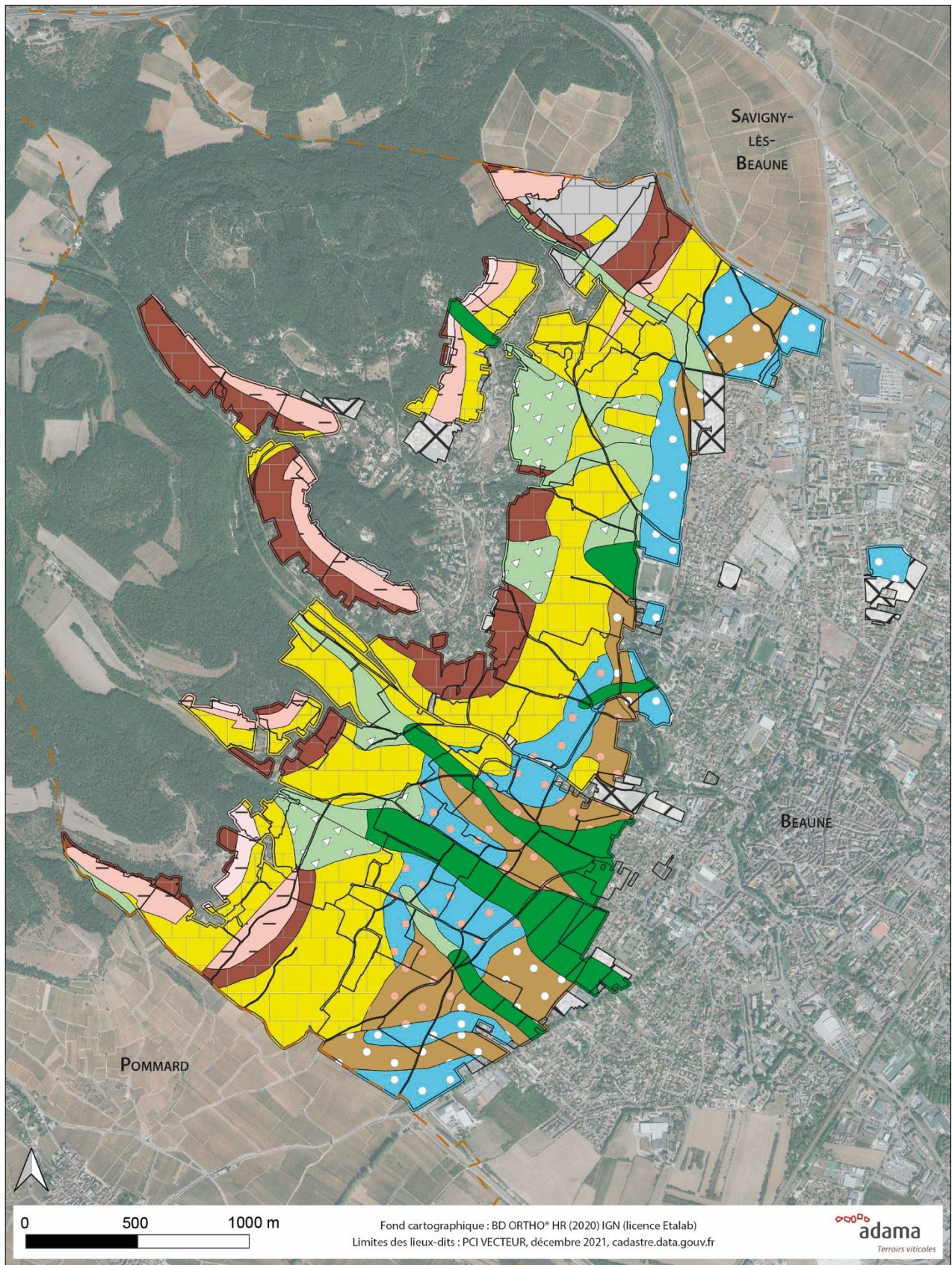


Figure 99. Carte de sols du vignoble de Beaune (levé cartographique à l'échelle 1/10 000)

Légende de la carte des sols (levé à l'échelle 1/10 000)

Sols issus de l'altération de formations calcaires



UCS 01 : Sol squelettique, calcaire ou non, riche en matières organiques, issu de calcaires variés



UCS 02 : Sol mince, peu évolué, modérément à fortement calcaire, à pierrosité variable, issu de calcaires variés



UCS 03 : Sol peu épais à moyennement épais, évolué, faiblement à modérément calcaire, à pierrosité variable, issu de calcaires variés

Sols issus de l'altération de formations marneuses ou marno-calcaires



UCS 04 : Sol mince, fortement calcaire et chlorosant, issu de marnes ou marno-calcaires hypercalcaires



UCS 05 : Sol peu épais à moyennement épais, +/- calcaire, à pierrosité variable, issu de marnes ou marno-calcaires hypercalcaires

Sols issus de l'accumulation et/ou de l'altération de formations colluviales



UCS 06 : Sol peu épais à épais, calcaire à très calcaire, riche en graviers, issu de l'altération de colluvions graveleuses calcaires



UCS 07 : Sol moyennement épais à très épais, +/- calcaire, à pierrosité variable, formé par accumulation de matériaux transportés



UCS 08 : Sol moyennement épais à très épais, non calcaire, formé par accumulation de matériaux fins transportés



UCS 09 : Sol épais, non calcaire, à engorgement temporaire en eau de moyenne profondeur, formé par accumulation de matériaux fins

Sols issus de l'altération de formations alluviales



UCS 10 : Sol peu à moyennement épais, +/- calcaire, à pierrosité variable, issu d'alluvions grossières calcaires



UCS 11 : Sol moyennement épais, non calcaire, à pierrosité variable, issu d'alluvions grossières calcaires



UCS 12 : Sol peu à moyennement épais, calcaire à très calcaire, issu d'alluvions grossières +/- chlorosantes à +/- faible perméabilité



UCS 13 : Sol peu épais, non calcaire, à pierrosité variable, issu d'alluvions grossières +/- chlorosantes à +/- faible perméabilité

6.3.3. Les sols issus de l'altération de formations calcaires

Les sols sur des formations calcaires sont de plusieurs types selon leur degré d'évolution. Une partie du secteur d'étude se situe sur des sols très peu évolués que l'on peut qualifier de sols minéraux (LITHOSOLS). La majeure partie des sols sur formations calcaires est constituée de sols calcaires peu évolués (RENDOSOLS) à plus évolués et plus épais (CALCOSOLS). Tous ces sols résultent de l'altération de formations de calcaires variés qui, en s'altérant, leur ont donné des propriétés physico-chimiques particulières (Figure 100). C'est ainsi que l'on a pu identifier des sols plus ou moins riches en éléments lithiques, des sols plus ou moins carbonatés et chlorosants, etc. De plus, il n'est pas rare sur le vignoble beaunois de trouver des sols très fortement remaniés par les activités humaines sur ces formations calcaires et particulièrement au niveau des anciennes carrières d'extraction de pierres pour construire les édifices de la ville.

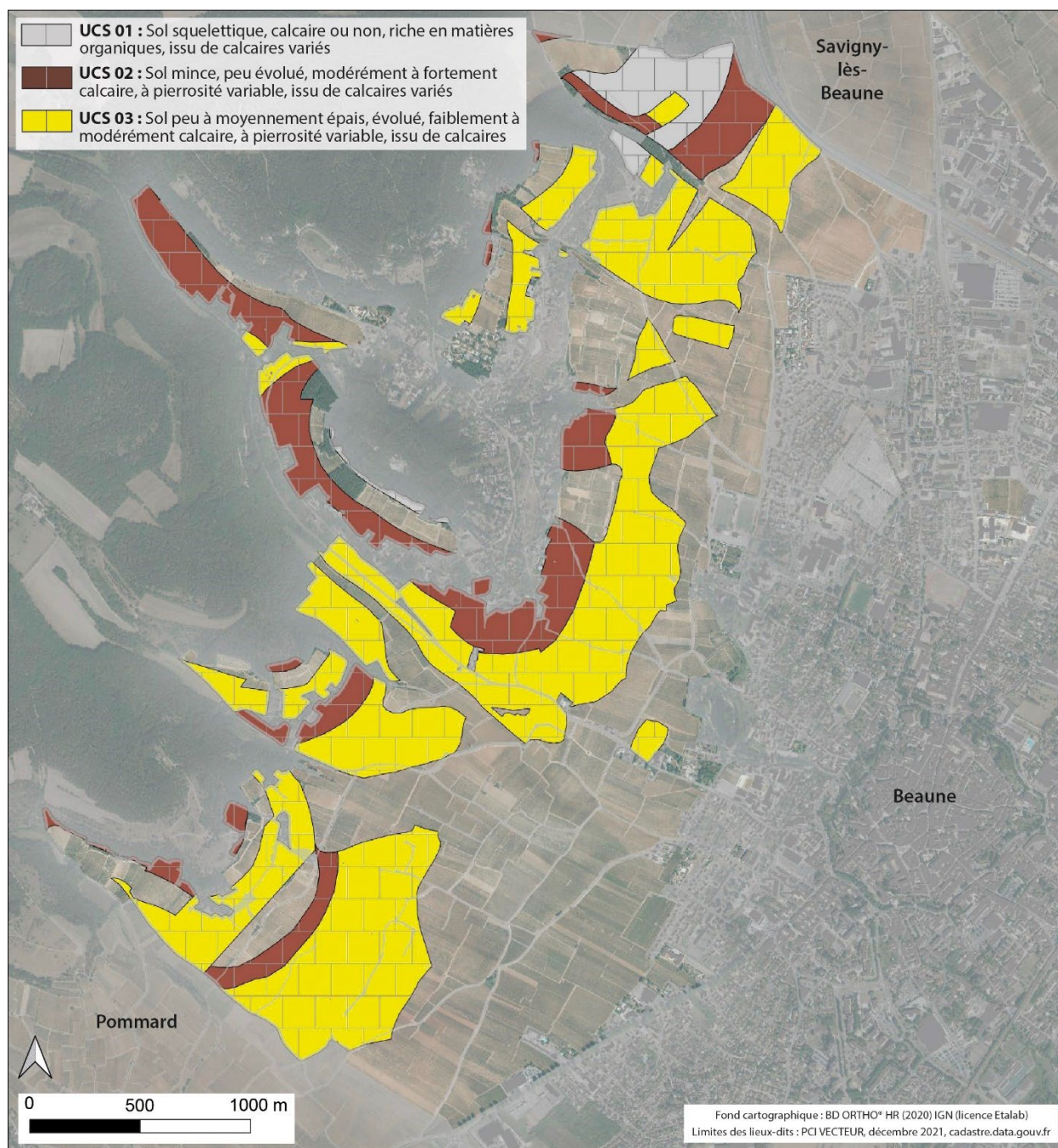
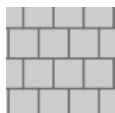


Figure 100. Unités Cartographiques de Sols (UCS) sur formations calcaires



UCS 1: Sol argilo-limoneux à limono-argileux, calcaire ou non, squelettique, riche en matières organiques, issu de l'altération de calcaires variés

LITHOSOL calcaire ou non, humifère, issu de calcaires variés

Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : calcaires riches en oolithes et en gravelles, localement enrichis en débris de fossiles (bioclastes), se délitant en dalles pluricentimétriques (Calcaires oobioclastiques et graveleux – J_{6a-b}) et calcaires fins à lithographiques (J_{6b-c})

Géomorphologie : plateau et rebord de plateau en position de haut de versant viticole, généralement non plantés en vignes

État de surface : affleurement du matériau parental souvent visible, pelouse sèche +/- arbustive, litière et matières organiques +/- décomposées, effervescence +/- vive à l'acide chlorhydrique de la matrice.

Description du profil type

Etant donné la faible distribution de ce type de sol et l'absence de vignes au sein de cette UCS, aucun profil de sol n'a été creusé. Les observations ont été réalisées à partir des sondages à la tarière et des « profils » naturels visibles sur le secteur.

Types de sols et distribution spatiale

L'UCS 1 se compose de deux types de sols (2 UTS) qui se différencient par leur carbonatation. Les sols se caractérisent par leur très faible épaisseur (<10cm), localement un peu plus élevée (jusqu'à 20cm) et sont composés d'un unique horizon fortement enrichi en matières organiques (horizon organo-minéral humifère). La matrice peut être calcaire (**UTS 11** = LITHOSOL calcaire) ou non calcaire (**UTS 12** = LITHOSOL calcique), mais saturée majoritairement en ions calcium (S/T >100%), à texture plutôt équilibrée (Al à La). La pierrosité est assez variable, de faible à forte, et dépendante de l'état d'altération du matériau parental ; elle se compose de cailloux, de pierres et de graviers de calcaires que l'on peut observer plus en profondeur. Ce type de sol résulte de l'altération de calcaires oolithiques et graveleux, ou de calcaires fins à lithographiques.



L'UCS 1 occupe seulement 2% de l'aire du secteur d'étude (13ha 15a). L'unité est majoritairement située dans la partie septentrionale de l'aire en AOP au niveau des climats Dessus des Marconnets et Montbatois. Elle souligne également la limite haute de l'extension du vignoble au niveau des Monsnières et des Mondes Rondes.

Propriétés physico-chimiques

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

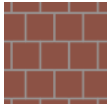
- Sols squelettiques (épaisseur <10 cm), poreux, sous-sol drainant ; sols à ressuyage rapide, toujours sains (pas d'hydromorphie). Très forte contrainte à l'enracinement (ne permettant pas l'implantation de vigne sans des apports conséquents de terre arable). Réserve utile en eau quasiment nulle.

⇒ **Contrainte hydrique excessive ne permettant pas l'implantation de vigne**

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols calcaires ou calciques, à pH basique, à très forte pierrosité. Sols riches en matières organiques (humifères)

⇒ **Niveau de fertilité très faible**, pas assez d'épaisseur de sol



UCS 2 : Sol +/- calcaire, mince, peu évolué, à pierrosité variable, issu de l'altération de formations calcaires

RENDOSOL issu de formations de calcaires variés

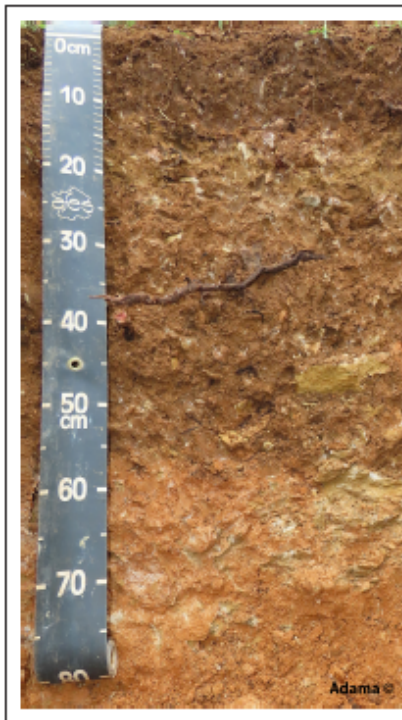
Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : calcaires à faciès variés plus ou moins dolomités (Calcaires variés - J₅₋₆) ; calcaires oolithiques et graveleux +/- bioclastiques, localement dolomités (Calcaires oobioclastiques graveleux - J_{6a-b}) ; calcaires fins à lithographiques (J_{6b-c})

Géomorphologie : pente forte à très forte, en position de versant, à morphologie convexe à plano-convexe, située généralement en haut du versant viticole ; localement pentes très faibles à faibles au niveau des anciennes carrières d'exploitation des calcaires (plancher).

État de surface : couleur brun foncé à brun rougeâtre foncé ; à texture équilibrée (Als, LAS, Sal) et plus rarement argileuse (A) ; pierrosité de surface forte (40-70%), composée de cailloux et graviers subanguleux des calcaires sous-jacents (sauf apports dans les anciennes carrières) ; effervescence modérée à forte à l'acide chlorhydrique ; localement figures d'érosion marquées (ravines).

Description du profil type



RENDOSOL anthropisé caillouto-graveleux issu de calcaires bioclastiques en dalles minces hypercalcaires

État de surface : très forte pierrosité de surface (70%), cailloux et graviers subanguleux de calcaire jaunâtre + quelques cailloux arrondis calcaires (apports?)

Horizons

Horizon 0-10 cm (LAca) : horizon brun foncé (7.5YR3/4); texture sablo-argilo-limoneuse; pierrosité modérée à forte (20-30%), cailloux et graviers subanguleux de calcaire jaunâtre + quelques cailloux arrondis de calcaires fins; structure polyédrique subanguleuse fine (Rg), et grossière (IR); très bonne porosité, d'origine structurale (Rg), et faible (IR); horizon frais; très fortement calcaire; compacité nulle (Rg), et modérée (IR); limite inférieure plane et nette; présence de racines d'adventices.

Horizon 10-55 cm (LA/Cca) : mélange d'horizons de couleur brune (7.5YR4/4), brun soutenu (7.5YR4/6) et brun jaunâtre foncé (10YR4/6), bien pourvu en matières organiques (MO=1,8%); texture sablo-argilo-limoneuse (20% d'argile); forte pierrosité (50%), cailloux et graviers subanguleux de calcaire bioclastique + quelques cailloux arrondis de calcaires fins; structure polyédrique subanguleuse fine (Rg), et grossière à très grossière (IR); très bonne porosité, d'origine structurale (Rg), et faible à très faible (IR); horizon frais; très fortement calcaire (CT=54%), chlorosant (CA=11%); compacité faible à modérée (Rg), et modérée à forte (IR); limite inférieure plane et nette, au contact du matériau parental sous-jacent; développement modéré du système racinaire de la vigne, racines cm à mm, tourmentées, ramifiées, à étalement horizontal et plongeantes, saines, présentes dans l'IR à partir de 30cm de profondeur.

Horizon 55-80 cm (Ck) : horizon rouge jaunâtre (5YR5/6); texture sablo-limoneuse (9% d'argile); très forte pierrosité (>80%), fines dalles, centimétriques, de calcaire jaune-gris, tendres, +/- bioclastiques; structure polyédrique fine, non franche et fragile; porosité faible à modérée, d'origine structurale et texturale; horizon frais; très fortement calcaire (CT=70%), chlorosant (CA=15%), avec présence de précipitations secondaires de carbonate de calcium sous forme de pseudomycéliums (couvrant 10-15% de la surface de l'horizon), ultra-basique (pH=8,7); développement modéré du système racinaire, racines >mm et mm, peu ramifiées, tourmentées, à étalement horizontal et plongeantes entre les éléments lithiques, saines.

Bioclastique = riche en débris de fossiles ; Rg = Rang ; IR = Interrang ; MO = Matières organiques ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif

Profil F13, Sur les Grèves

Profils de sols associés :

- Profil F10, Les Monsnières
- Profil F13, Sur les Grèves,
- Profil F30, Montée Rouge
- Profil F32, Aux Coucherias

Types de sols et distribution spatiale

L'UCS 2 se compose de trois types de sols (3 UTS) qui se différencient selon les normes du RPF par leur charge en éléments grossiers plus ou moins importante, ou bien encore par le remaniement lié aux activités humaines qui ont contribué à la mise en place de sols présentant des propriétés différentes de celles des sols naturels qui les entourent. Les sols présentent une faible épaisseur, variant de 20 à 35 cm, localement pouvant atteindre 40-45 cm (liée à un sur-épaississement des sols suite aux travaux de préparation de parcelle – profil F13), un unique horizon enrichi en matières organiques (horizon organo-minéral, noté A), une texture équilibrée (Als, LAS, Sal) et plus rarement argileuses (A), une matrice modérément à fortement calcaire, avec des teneurs en calcaire actif modérées (de l'ordre de 10%), une charge modérée en éléments grossiers (*UTS 21* = RENDOSOL), voire forte et supérieure à 30% (*UTS 22* = RENDOSOL gravelo-caillouteux), composée d'éléments calcaires correspondant aux formations sous-



jacentes ou plus rarement de colluvions graveleuses. Sols généralement bien structurés, à bonne porosité, favorables au bon développement du système racinaire, pouvant être toutefois contraint pour les sols présentant une forte pierrosité (*UTS 22*). Localement ces sols ont été remaniés, voire reconstruits, à la suite d'extraction de pierres dans les carrières (*UTS 23* = RENDOSOL d'origine anthropique). Tous ces sols résultent de l'altération de formations calcaires variées (oobioclastiques, oolithiques et/ou fins). Certaines de ces formations calcaires peuvent présenter au niveau de leur altération une matrice très fortement calcaire (CT=65%) avec des teneurs plutôt élevées en calcaire actif (CA>15%) (Calcaires variés - J_{5,6}). Toutes ces formations calcaires présentent l'intérêt de se déliter en dalles plus ou fines permettant au système racinaire de la vigne de se développer dans les horizons d'altération du matériau parental si le porte-greffe est tolérant aux conditions chimiques du milieu.

L'UCS 2 est la seconde unité la plus représentée sur le vignoble de Beaune, elle occupe plus d'un dixième (10%) du secteur d'étude (56ha 20a). Les sols se répartissent principalement dans les parties hautes du versant viticole du nord au sud de l'aire d'appellation. Ils sont représentatifs de la majeure partie des climats Dessus des Marconnets, la Grande Châtelaine, les Longes. On peut également les observer dans une moindre mesure sur une partie des climats Montbatois, les Grèves, Sur les Grèves, Aux Coucherias, les Monsnières, les Mondes Rondes, Montée Rouge, Longbois, Montagne Saint-Désiré, les Aigrots et le Clos des Mouches.

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-
F10	0-40	Argile	40	24	16	6	14	0,3	3,9	2,28	0,27	8,3
F13	10-50	Sable argilo-limoneux	20	20	15	16	30	0,8	1,8	1,03	0,14	7,2
	50-80	Sable limoneux	9	24	16	22	29	3,4	0,3	0,18	-	-
F30	0-20	Limon argilo-sableux	23	31	16	10	21	0,9	2,6	1,52	0,22	7,0
	20-55	Sable limoneux	10	21	11	14	45	1,6	1,1	0,62	-	-
F32	10-40	Limon argilo-sableux	23	19	20	14	26	0,7	2,0	1,15	0,16	7,1

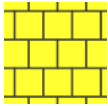
Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F10	0-40	20,4	3,1	8,3	24,3	40,9	184	0,713	0,179	11,80	0,015	43	4,0
F13	10-50	54,0	11,0	8,6	11,7	41,3	312	0,340	0,151	9,79	0,014	87	2,3
	50-80	69,6	14,5	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F30	0-20	40,4	8,5	8,5	15,9	47,5	259	0,219	0,135	11,19	0,013	30	1,6
	20-55	66,4	11,6	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F32	10-40	36,0	5,5	8,5	13,5	42,4	284	0,229	0,366	10,08	0,013	47	0,6

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

- Sols minces (épaisseur <35 cm), poreux sur l'ensemble du profil (macroporosité structurale et biologique correcte), sous-sol drainant ; ressuyage plutôt rapide ([L] et [S]) à lent ([A]) mais efficace, sols toujours sains (pas d'hydromorphie). Enracinement bon à modéré dans le sol, bien réparti sur l'ensemble du profil, racines +/- présentes dans l'horizon d'altération du matériau parental (fonction de l'état d'altération) ; avec une réserve utile (RU) en eau faible à modérée, et variant de 45 à 60 mm, principalement liée à la teneur +/- forte en éléments grossiers dans le sol (RU la plus faible observée pour l'UTS 22).
- ⇒ **Contrainte hydrique forte**, pouvant être précoce dans la saison
- Position topographique de pentes fortes ; textures dominées par les limons et les sables ; pierrosité de surface généralement forte
- ⇒ **Sensibilité à la compaction très forte** (pour les sols les plus limoneux) à **modérée** (pour les sols les plus argileux), avec des aptitudes à la fissuration faibles pour les sols limoneux
- ⇒ **Sensibilité à la battance modérée** ([A] suffisante pour maintenir une bonne stabilité structurale)
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion modérée à forte** lors des épisodes pluvieux de forte intensité (orages estivaux), pouvant être limitée pour les sols à très forte pierrosité de surface

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols modérément à fortement calcaires, à pH basique (pH variant de 8,3 à 8,6), sous-sol localement chlorosant (calcaires J₅₋₆) ; CEC modérée à forte, sursaturée (par le calcium). Sols bien pourvus en cations, un peu faibles en magnésium, conduisant à un léger déséquilibre potassium>magnésium.
- ⇒ **Risques de chlorose ferrique modérés** (sols issus des calcaires J₅₋₆ *pro parte*)
- ⇒ **Faible disponibilité des oligo-éléments et du phosphore** (pH basique)
- ⇒ **Risque de carence induite en magnésium** (antagonisme avec le calcium et le potassium)
- Horizon organo-minéral carbonaté, à texture équilibrée, assez riches en MO, poreux et sains.
- ⇒ **Sols bien pourvus en humus stable, à minéralisation faible à modérée, à alimentation azotée faible à modérée**



UCS 3: Sol +/- calcaire, peu épais à moyennement épais, évolué, à pierrosité variable, issu de l'altération de formations calcaires
CALCOSOL issu de formations de calcaires variés

Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : calcaires à faciès variés plus ou moins dolomités (Calcaires variés - J₅₋₆) ; calcaires oolithiques et graveleux +/- bioclastiques, localement dolomités (Calcaires oobioclastiques graveleux - J_{6a-b}) ; calcaires fins à lithographiques (J_{6b-c}) ; Calcaires oobioclastiques se délitant en dalles pluricentimétriques (Calcaire de Ladoix et de Dijon-Corton – J_{2d-3})

Géomorphologie : pente forte à modérée, plus rarement très forte, en position de versant, à morphologie convexe, concave ou plane, située en parties haute et médiane du versant viticole ; localement pentes très faibles à faibles au niveau des anciennes carrières d'exploitation des calcaires (plancher).

État de surface : couleur brune, brun foncé, voire brun très foncé ; à texture équilibrée (Als, LAS, Sal) et plus rarement argileuse (A) ; pierrosité de surface très variable (10-70%), généralement forte en profil convexe et modérée en profil concave, composée de cailloux et graviers (sub)anguleux de calcaires variés ; effervescence faible à soutenue à l'acide chlorhydrique.

Description du profil type



CALCOSOL colluvial graveleux sur calcaires microcristallins et graveleux en dalles

État de surface : forte pierrosité de surface (40-50%), graviers (sub)anguleux de calcaire + quelques cailloux de calcaires microcristallins et graveleux

Horizons

Horizon 0-10 cm (LAca) : horizon brun foncé (7.5YR3/3); texture limono-argilo-sableuse; forte pierrosité (40%), graviers (sub)anguleux de calcaire et rares cailloux; structure polyédrique subanguleuse fine à moyenne (Rg), et moyenne (IR); bonne porosité, d'origine structurale (Rg), et faible porosité (IR); horizon frais; fortement calcaire; compacité nulle (Rg), et modérée à forte (IR); limite inférieure plane et diffuse; présence de racines d'adventices.

Horizon 10-55/60 cm (LA/Sca) : horizon de mélange de couleur brun foncé (7.5YR3/4) et brun jaunâtre foncé (10YR3/4), bien pourvu en matières organiques (MO=1,9%); texture limono-argilo-sableuse (27% d'argile); forte pierrosité (40%), graviers (sub)anguleux de calcaire et rares cailloux de calcaires microcristallins et graveleux; structure polyédrique subanguleuse fine à moyenne, à sous-structure fine (Rg), et prise en masse (10-20cm) puis polyédrique subanguleuse moyenne (IR); très bonne à bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne (Rg), et porosité très faible (10-20cm) puis bonne (IR); horizon humide; modérément calcaire (CT=20%), non chlorosant (CA<5%); compacité modérée, voire localement forte (Rg et IR); limite inférieure oblique et nette, au contact du matériau parental sous-jacent; très bon développement du système racinaire de la vigne, racines cm à mm, droites à tourmentées, peu ramifiées, à étalement horizontal, saines.

Horizon 55/60-70 cm (Cca) : horizon brun soutenu (7.5YR4/6); texture argileuse à argilo-sableuse; très forte pierrosité (>80%), dalles >cm de calcaire de couleur blanc-gris, microcristallin et graveleux; structure polyédrique fine, non franche; bonne porosité, d'origine structurale; horizon frais; modérément calcaire; bon développement du système racinaire, racines mm et >mm, non ramifiées, tourmentées, plongeantes entre les éléments lithiques, saines.

Rg = Rang ; IR = Interrang ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif

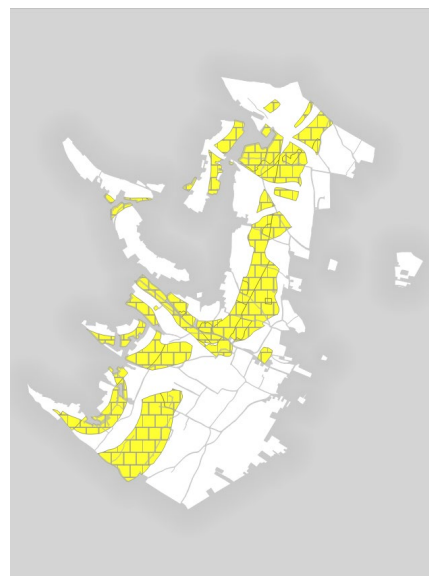
Profil F11, les Grèves

Profils de sols associés :

- Profil F11, Les Grèves
- Profil F14, Le Bas des Teurons,
- Profil F15, Les Teurons
- Profil F18, Champs Pimont
- Profil F27, Clos des Mouches

Types de sols et distribution spatiale

L'UCS 3 se compose de trois types de sols (UTS). D'une manière générale les sols qui composent l'unité sont peu épais à épais, variant de 40 à 80 cm d'épaisseur, avec une nette dominance des sols de 50-60 cm d'épaisseur. Localement les sols peuvent dépasser un mètre d'épaisseur mais ils sont alors situés sur des zones très fortement remaniées par les activités humaines (probables apports de terre) (Figure 101). Ces sols évolués sont composés au minimum d'un horizon enrichi en matières organiques (horizon organominéral, noté A) qui se surimpose à un horizon résultant de l'altération du matériau parental sous-jacent (horizon structural, noté S) (*UTS 31* = CALCOSOL). Pour ces sols, la texture est généralement équilibrée (LAS, Als), plus rarement limoneuse (La), voire argileuse (A, Al) et notamment pour les secteurs situés dans la partie aval du versant. La matrice est systématiquement calcaire, avec des teneurs faibles à modérées en calcaire total, voire localement fortes, mais toujours avec des teneurs réduites en calcaire actif (CA < 10%, plus généralement < 5%). La pierrosité est très variable pour cette UCS avec des sols très peu pourvus en éléments lithiques (5-10%) jusqu'à des sols à forte pierrosité pouvant atteindre 40 à 50% du volume du sol (*UTS 32* = CALCOSOL gravelo-caillouteux). La pierrosité se compose de graviers et de cailloux de calcaires variés correspondant au matériau parental sous-jacent et/ou à des formations calcaires que l'on peut observer plus haut sur le versant, ce qui témoigne ponctuellement de processus de colluvionnement (profils F11 et F15). Ces sols présentent d'assez bonnes capacités de drainage, une bonne porosité, des structures plus ou moins fines favorisant l'enracinement de la vigne en profondeur. Comme pour l'UCS 2, dans certains secteurs l'exploitation du calcaire en carrière a contribué à modifier les sols (*UTS 33* = CALCOSOL d'origine anthropique ; profils F14 et F18). Tous ces sols résultent de l'altération de formations calcaires variés (oolithiques, microcristallins et/ou fins), a priori, non chlorosants. La prospection racinaire au sein du matériau parental sera donc contrainte uniquement par le degré d'altération plus ou moins important des calcaires.



L'UCS 3 occupe presque un tiers (31%) du secteur d'étude (164ha 45a), c'est l'UCS la plus représentée du vignoble de Beaune. Les sols de l'unité occupent soit les parties hautes du versant viticole soit la partie médiane, là où les pentes sont moins soutenues. Au Nord, ils sont majoritairement situés au sein des climats les Marconnets, les Perrières, Clos de l'Ecu, À l'Ecu, les Fèves, En Genêt, Topes Bizot, les Pierres Blanches. Ils occupent également une bonne partie des Cents Vignes, des Bressandes, des Toussaints, des Grèves, des Teurons, du Bas des Teurons, des Coucherias, de la Montée Rouge, de Champs Pimont dans la partie médiane du vignoble. Enfin, au Sud, ils sont assez bien représentatifs des sols du Clos des Mouches, des Aigrots, des Pertuisots, du Clos des Ursules, des Vignes Franches, de Sisperpe, de la Montagne Saint-Désiré ou bien encore des Montrevenots.



Figure 101. Sol très épais issus partiellement d'apports de terre reposant sur des formations calcaires aux climats Champs Pimont (à gauche) et les Grèves (à droite)

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture	Argile		Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm		%	%	%	%	%	%		%	%	%	
F11	10-50	Limon argilo-sableux	27	24	16	9	25	0,7	1,9	1,13	0,15	7,4	
F14	0-45	Limon argileux	25	41	22	6	6	1,3	2,8	1,60	0,16	9,8	
F15	10-40	Argile limono-sableuse	39	25	19	8	9	0,6	2,3	1,31	0,16	8,2	
F18	0-35	Limon argilo-sableux	27	29	14	11	19	0,7	2,9	1,69	0,21	8,1	
	65-90	Argile limono-sableuse	34	25	14	10	17	0,6	2,0	1,14	0,15	7,7	
F27	0-35	Limon argilo-sableux	28	26	20	8	18	0,6	3,5	2,05	0,22	9,1	

Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F11	10-50	38,0	3,1	8,4	16,2	45,7	242	0,395	0,132	10,53	0,014	90	3,0
F14	0-45	6,4	-	8,2	24,4	76,1	175	0,602	0,245	11,23	0,017	227	2,5
F15	10-40	15,6	2,3	8,4	23,2	48,4	187	0,393	0,219	11,58	0,019	140	1,8
F18	0-35	36,8	8,6	8,3	18,5	47,5	219	0,836	0,259	10,46	0,011	232	3,2
	65-90	30,8	6,1	8,4	19,2	44,9	218	0,432	0,280	11,04	0,014	145	1,5
F27	0-35	23,2	2,6	8,3	18,7	41,1	220	0,347	0,226	11,01	0,016	72	1,5

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

- Sols peu épais à épais, poreux sur l'ensemble du profil, sous-sol drainant ; ressuyage +/- rapide fonction de la texture, mais efficace (pas d'hydromorphie). Bon enracinement dans le sol, bien réparti sur l'ensemble du profil; avec une réserve utile (RU) en eau modérée à bonne, qui varie de 60 à 100 mm, et contrainte par la teneur en éléments grossiers et l'épaisseur du sol (du simple au double).
- ⇒ **Contrainte hydrique modérée**, toujours progressive

- Position topographique de pentes fortes à modérées ; textures dominées par les limons; pierrosité de surface variable
- ⇒ **Sensibilité à la compaction forte** ($[A]>[L]$) à **très forte** ($[L]>[A]$), avec des aptitudes à la fissuration moyennes à bonnes
- ⇒ **Sensibilité à la battance modérée** ($[A]$ suffisante pour maintenir une bonne stabilité structurale)
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion modérée** ($[L]>[A]$) à **faible** ($[A]>[L]$), limitée pour les sols à très forte pierrosité de surface

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols modérément à fortement calcaires, sans excès de calcaire actif, à pH basique (pH variant de 8,2 à 8,4) ; CEC modérée à forte, sursaturée (par le calcium). Sols bien pourvus en cations, un peu faibles en magnésium, conduisant à un déséquilibre +/- important entre le potassium et le magnésium ($K>Mg$).
- ⇒ **Risques de chlorose ferrique modérés à faibles**
- ⇒ **Faible disponibilité des oligo-éléments et du phosphore** (pH basique)
- ⇒ **Risque de carence induite en magnésium** (antagonisme avec le calcium et le potassium)

- Horizon organo-minéral carbonaté, à texture équilibrée, bien pourvu en MO, poreux et sains.
- ⇒ **Sols bien pourvus en humus stable, à minéralisation faible** (pour les sols les plus argileux) à **modérée, à alimentation azotée faible à modérée**

6.3.4. Les sols sur formations marneuses

Les sols issus de l'altération de *formations marneuses* ou *marno-calcaires* sont caractérisés par l'omniprésence de carbonate de calcium dans la matrice avec des teneurs souvent très élevées. La différenciation des sols de ce groupe s'illustre à nouveau par l'état d'évolution des sols, avec des sols minces, peu évolués (RENDOSOLS) et des sols plus évolués et plus épais (CALCOSOLS). Le matériau parental de ces sols est meuble, plus ou moins riche en éléments lithiques, et peut participer dans de très nombreux cas à l'alimentation hydrique voire minérale de la vigne. La diversité pédologique est peu marquée puisque seulement *deux unités cartographiques de sols* ont été identifiées (Figure 102).

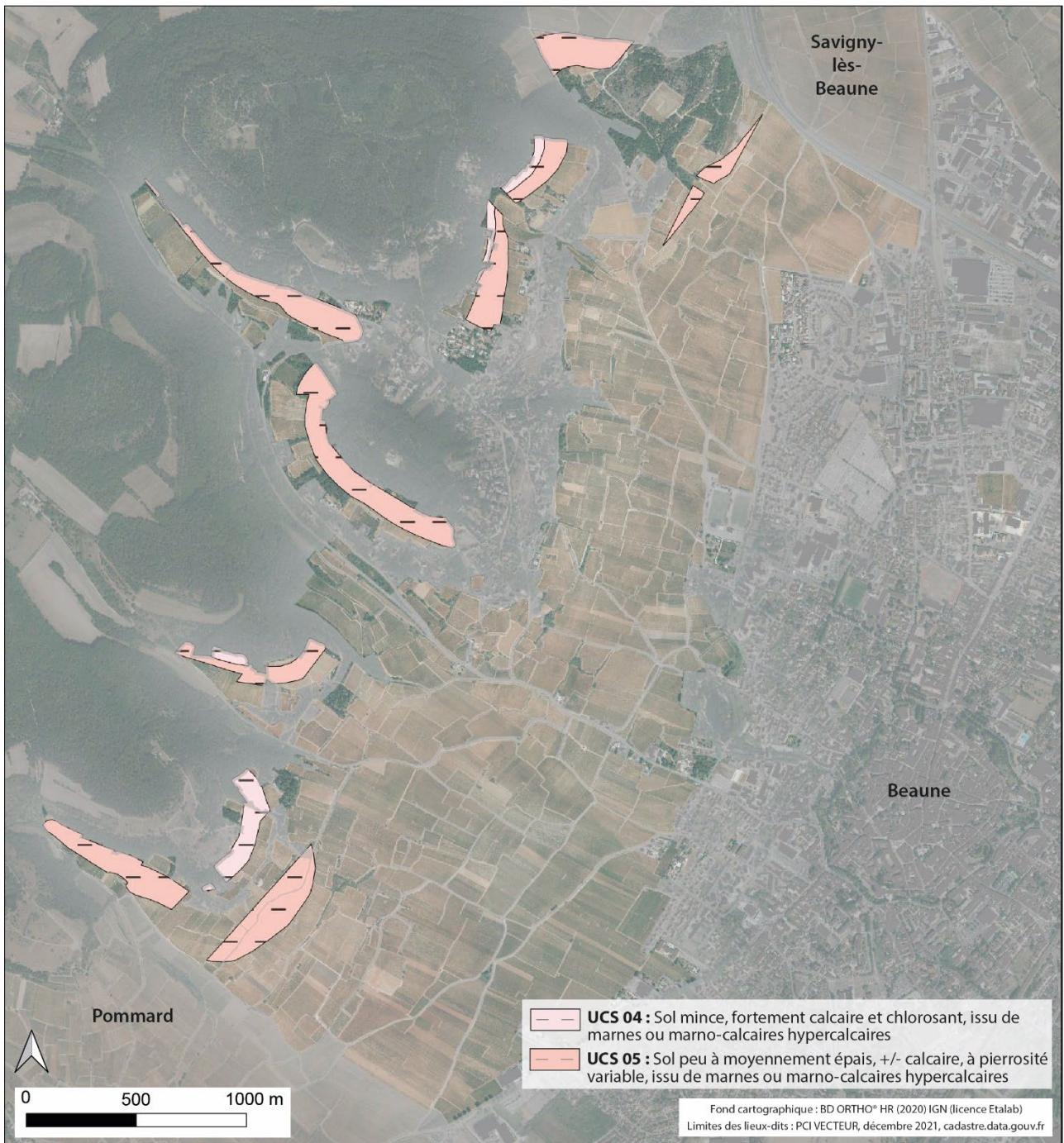
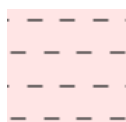


Figure 102. Carte des sols résultant de l'altération de formations marneuses ou marno-calcaires



UCS 4 : Sol limono-argilo-sableux, très fortement calcaire, chlorosant, mince, issu de l'altération de marnes ou marno-calcaires chlorosants
RENDOSOL hypercalcaire sur formations marneuses hypercalcaires

Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : formations marneuses et/ou marno-calcaires, très fortement calcaires et chlorosantes (Marnes de Chevrey-Pommard – J_{6b1}, Marnes oxfordiennes - J₅₋₆)

Géomorphologie : pentes fortes, situées en haut du versant viticole, zones de replat au sein d'un versant très fortement pentus, en profil concave

État de surface : couleur gris clair, à gris jaunâtre clair à l'état sec et plus foncé à l'état humide ; à texture nettement dominée par les limons (LAS, La, L), très « poussiéreux » à l'état sec ; pierrosité de surface généralement modérée à forte (15-30%), localement plus élevée, composée de cailloux et graviers de calcaires fins gris-blanc +/- argileux ; très forte effervescence à HCl ; battance très souvent marquée (fermeture de porosité en surface).

Description du profil type

	RENDOSOL colluvial, anthropisé, «hypercalcaire», sur marnes hypercalcaires
	État de surface : pierrosité de surface modérée à forte (30%), cailloux, graviers, subanguleux à anguleux, de calcaire de nature variée
	Horizons
	<p>Horizon 0-10 cm (LAca) : horizon brun jaunâtre foncé (10YR4/6); texture limono-argilo-sableuse; pierrosité modérée (15-20%), cailloux et graviers subanguleux à émoussés de calcaires variés; structure grumeleuse à polyédrique subanguleuse fine (Rg), et polyédrique anguleuse grossière (IR); très bonne porosité, d'origine structurale (Rg), et faible (IR); horizon humide à engorgé; horizon très fortement calcaire; compacité nulle (Rg), et forte (IR); limite inférieure plane et nette; présence de racines d'adventices.</p> <p>Horizon 10-45 cm (LA/Cca) : mélange d'horizons de couleur brune (7.5YR4/4), brun soutenu (7.5YR4/6) et brun olive clair (2.5Y5/4) (mélange sol et sous-sol lors des travaux de préparation de parcelle); texture limono-argilo-sableuse (27% d'argile); pierrosité modérée (15-20%), cailloux et graviers subanguleux à émoussés de calcaires variés; structure polyédrique subanguleuse moyenne, à sous structure fine (Rg), et polyédrique (sub)anguleuse grossière (IR); bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne (Rg), et porosité faible (IR); horizon humide à engorgé; horizon fortement calcaire (CT=49%), chlorosant (CA=14%); compacité nulle à faible (Rg), et forte à modérée (IR); limite inférieure plane et nette (limite atteinte par les travaux de préparation de parcelle); développement modéré du système racinaire, racines cm à >mm, +/- tourmentées, peu ramifiées, à étalement horizontal et plongeantes, saines, et <mm nécrosées sur les faces d'agrégats dans l'IR (zone de compaction).</p> <p>Horizon 45-100 cm (Cca) : horizon brun olive clair (2.5Y5/4); texture limono-sablo-argileuse (14% d'argile); pierrosité modérée à forte (20-30%), cailloux subanguleux à émoussés de calcaire +/- argileux en bancs; structure polyédrique subanguleuse grossière non franche; porosité faible à modérée, d'origine structurale et biologique (anciens passages de racines mortes); horizon humide; très fortement calcaire (CT=74%), chlorosant (CA=16%); compacité modérée; bon développement du système racinaire, racines mm à <mm, quelques >mm, +/- tourmentées, à étalement horizontal entre les éléments lithiques avec un étalement préférentiel au contact du matériau parental sous-jacent, saines, quelques <mm nécrosées.</p> <p>Horizon 100-130 cm (Mca) : horizon brun jaunâtre clair (2.5Y6/4); texture limono-argileuse; non structuré; très faible porosité (biologique); horizon humide; très fortement calcaire; compacité modérée à forte; très faible développement du système racinaire, racines <mm, droites, non ramifiées, saines ou nécrosées.</p>

Rg = Rang ; IR = Interrang ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif

Profil F01, Topes Bizot

Types de sols et distribution spatiale

L'UCS 4 se compose d'un unique type de sol qui se caractérise par sa faible épaisseur (<35 cm), localement plus épais du fait de travaux de préparation de parcelle en profondeur qui ont intégré le matériau marneux sous-jacent dans les horizons pédologiques (Profil F01). Ils sont composés d'un unique horizon enrichi en matières organiques (horizon organo-minéral, noté A) directement au contact du matériau parental (RENDOSOL). Ces sols peu évolués vont posséder des caractéristiques assez proches de celles du matériau parental (texture, carbonatation, pierrosité). Ils présentent des textures très nettement dominées par la phase limoneuse (LAS, La, L). La teneur en éléments grossiers est faible à modérée (<30%) et composée de graviers et cailloux de calcaires gris +/- argileux (issu des marnes) ou de calcaires fins de couleur blanche (colluvionnement des Calcaires fins ç lithographiques situés plus haut sur le versant). Leur teneur en calcaire total est systématiquement forte à très forte (CT de l'ordre de 50%), avec des teneurs élevées en calcaire actif (généralement >15%) (RENDOSOL hypercalcaire). Les sols résultent de l'altération de formations marneuses ou de formations marno-calcaires (alternances de bancs calcaires dans les marnes). L'ensemble de ces matériaux parentaux est plus ou moins meuble et peut participer à l'alimentation hydrique de la vigne si le porte-greffe sélectionné est adapté à l'environnement chimique (sous-sol très fortement calcaire et chlorosant).



L'UCS 4 est l'unité la moins représentée sur le vignoble de Beaune ; elle occupe seulement 1% du secteur d'étude (4ha 62a). Cette UCS est assez caractéristique des parties amont des versants pentus présents sur le vignoble. Elle peut être observée à l'extrémité occidentale des climats Topes Bizot, les Pierres Blanches, les Longes, Siserpe, ou bien encore sur la Montagne Saint-Désiré.

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture		Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm	-	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-
F01	10-45	Limon argilo-sableux		27	31	17	11	15	1,3	1,0	0,57	0,09	6,0
	45-100	Limon sablo-argileux		14	34	11	18	24	2,8	0,4	0,25	-	-
Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F01	10-45	48,8	13,4	8,5	13,6	43,3	284	0,270	0,148	10,45	0,015	36	1,8
	45-100	74,4	16,0	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

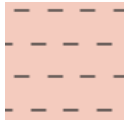
- Sols minces (épaisseur <35 cm), assez poreux, sous-sol +/- drainant ; ressuyage +/- rapide mais efficace, sols sains (pas d'hydromorphie). Système racinaire développé dans le sol et dans l'horizon d'altération du matériau parental (noté C), puis très limité dans le matériau parental sain (du fait de la faible macroporosité) (noté M); bonne à très bonne réserve utile en eau (de l'ordre de 150 mm).
- ⇒ **Contrainte hydrique très faible**, si enracinement de la vigne dans le matériau parental (attention au choix du porte-greffe)

- Position topographique de pentes fortes ; textures limoneuses ; pierrosité de surface faible à modérée, sous-sol à faible capacité de drainage
- ⇒ **Sensibilité à la compaction très forte**, avec une aptitude à la fissuration faible à modérée
- ⇒ **Sensibilité à la battance modérée à forte**
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion hydrique modérée**

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols très fortement calcaires, à teneurs élevées en calcaire actif (CA>15%), à pH basique ; CEC moyenne (13 cmol+/kg), sursaturée (par le calcium). Sols bien pourvus en cations, avec un léger déséquilibre potassium/magnésium pouvant favoriser une carence induite en magnésium.
- ⇒ **Risques élevés de chlorose ferrique** (précoces et estivaux, sol et sous-sol riches en calcaire actif)
- ⇒ **Assimilation réduite des oligo-éléments et du phosphore** (pH basique >8,5)
- ⇒ **Niveau de fertilité moyen**, pouvant être limité par un stress hydrique précoce des horizons de surface (faible épaisseur de l'horizon fertile), et par une alimentation azotée réduite (sol très calcaire)

- Horizon organo-minéral très carbonaté, à texture équilibrée, à faible teneur en MO, poreux et sains.
- ⇒ **Sols pauvres en humus stable, à minéralisation rapide, à alimentation azotée faible**



UCS 5 : Sol fortement calcaire, +/- chlorosant, à texture équilibrée, +/- épais, issu de l'altération de marnes ou marno-calcaires +/- chlorosants
CALCOSOL « hypercalcaire » sur formations marneuses

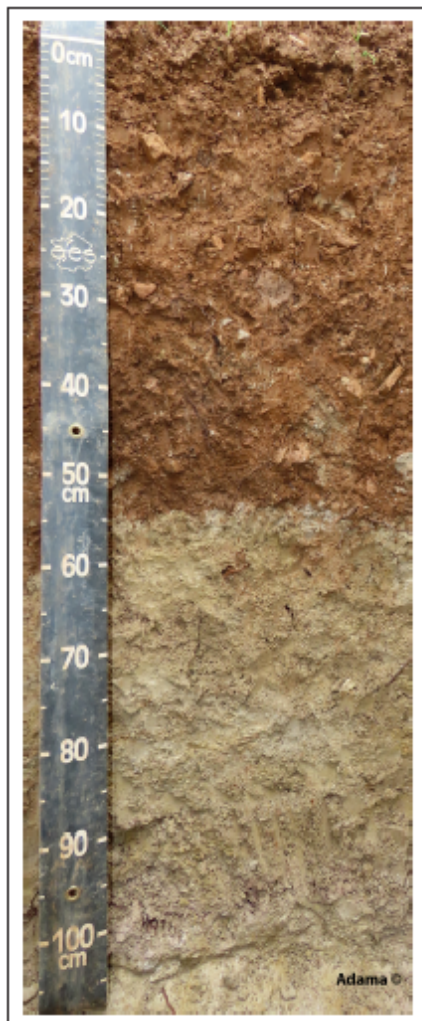
Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : formations marneuses, ou marno-calcaires, très fortement calcaires et chlorosantes (Marnes de Chevrey-Pommard – J_{6b1}, Marnes oxfordiennes – J₅₋₆)

Géomorphologie : pentes modérées à fortes, situées en haut du versant viticole, zones de replat au sein d'un versant très fortement pentu, en profil concave à plano-concave

État de surface : couleur brune, brun foncé, à brun jaunâtre foncé ; à texture nettement dominée par les limons (LAS, Lsa), localement plus argileuse (A, Al) ; pierrosité de surface généralement modérée à forte (20 à 50%), composée de cailloux et graviers de calcaires fins gris +/- argileux ou blanc et fins; généralement forte effervescence à HCl ; battance très souvent marquée.

Description du profil type



CALCOSOL «hypercalcaire», colluvial, caillouto-graveleux, issu de l'altération de marnes hypercalcaires

État de surface : forte pierrosité de surface (40-50%), cailloux et graviers, (sub)anguleux, de calcaires de nature variée

Horizons

Horizon 0-10 cm (LAca) : horizon de couleur brune (7.5YR4/4) à brun soutenu (7.5YR4/6); texture limono-argilo-sableuse (29% d'argile); forte pierrosité (30%), cailloux et graviers subanguleux à émoussés de calcaires variés; structure grumeleuse (Rg), et polyédrique subanguleuse grossière (IR); très bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne (Rg), et faible porosité (IR); horizon humide; très fortement calcaire (CT=50%), chlorosant (CA=13%); compacité nulle (Rg), et forte (IR); limite inférieure plane et diffuse; présence de racines d'adventices.

Horizon 10-55 cm (LA/Sca) : horizon brun soutenu (7.5YR4/6); texture limono-argilo-sableuse (29% d'argile); forte pierrosité (30%), cailloux et graviers subanguleux à émoussés de calcaires variés; structure polyédrique subanguleuse moyenne, à sous-structure fine, localement anguleuse grossière (Rg), et prise en masse (10-25cm) puis polyédrique (sub)anguleuse grossière (25-55cm)(IR); bonne porosité, d'origine structurale et biologique avec une bonne activité lombricienne (Rg), et très faible à faible porosité (IR); horizon humide; très fortement calcaire (CT=50%), chlorosant (CA=13%); compacité nulle à modérée (Rg), et forte à modérée (IR), toutes deux suivant un gradient de profondeur; limite inférieure plane et nette (limite des travaux de préparation de parcelle); bon développement du système racinaire de la vigne, racines >mm et mm, quelques cm, droites à tourmentées, peu ramifiées, à étalement horizontal, saines et radicules nécrosées sur les faces d'agrégats dans l'IR (zone compactée).

Horizon 55-115 cm (Cca) : horizon brun olive clair (2.5Y5/3); texture limono-argileuse (22% d'argile); faible pierrosité (10%), cailloux subanguleux de calcaire gris +/- argileux; structure polyédrique subanguleuse grossière à sous-structure fine à lithique (en feuillets) suivant un gradient de profondeur; porosité modérée, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne; horizon humide; très fortement calcaire (CT=68%), très chlorosant (CA=25%); compacité modérée à forte, suivant un gradient de profondeur; bon à très bon développement du système racinaire, racines mm à <mm, ramifiées, droites, plongeantes, saines, et en-dessous de 80cm de profondeur nombreuses <mm nécrosées entre les feuillets.

Rg = Rang ; IR = Interrang ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif

Profil F07, Terres Blanches

Profils de sols associés :

- Profil F02, Les Marconnets
- Profil F06, Les Mondes Rondes,
- Profil F07, Terres Blanches

Types de sols et distribution spatiale

Trois types de sols ont été individualisé au sein de l'UCS 5 du fait de leur pouvoir +/- chlorosant (sol hypercalcaire ou non) et de leur matériau parental +/- riche en pierres calcaires. Les sols de l'UCS présentent un horizon de surface enrichi en matières organiques (horizon organo-minéral, noté A) et un horizon de moyenne profondeur résultant de l'altération du matériau parental (horizon structural, noté S ; plus ou moins facilement identifiable pour les sols de faible épaisseur du fait du mélange des horizons A et S lors des travaux de préparation de parcelle) (**UTS 51** = CALCOSOL). Pour l'ensemble de ces sols, l'épaisseur est peu développée, de l'ordre de 35 à 65 cm, avec une nette prédominance des sols de 40-50 cm. La texture est équilibrée (LAS ou Lsa) et la pierrosité modérée à forte, variant de 10 à 30% et composée de graviers et cailloux de calcaires +/- argileux (marno-calcaire) ou de calcaires fins (colluvionnement). Leur teneur en calcaire total est modérée à forte, avec pour certains sols des teneurs élevées en calcaire actif (**UTS 53** = CALCOSOL hypercalcaire). Les sols résultent de l'altération de formations marneuses (UTS 51) ou de formations marno-calcaires (alternances de bancs calcaires dans les marnes) (UTS 52 et 53) ; +/- favorable à la rétention de l'eau du fait de leur texture (La à Sl) et de leur teneur en éléments grossiers (RU marno-calcaire << RU marnes s.s.). Dans la majeure partie des cas, ces formations géologiques présentent de fortes teneurs en calcaire total (CT de l'ordre de 70%) et sont chlorosantes (CA variant de 15 à 25%), ce qui va contraindre le choix du porte-greffe.



L'UCS 5 occupe un peu moins d'un dixième (7%) du secteur d'étude (37ha 55a). Cette UCS se situe généralement dans les parties amont du versant viticole, à l'aval de l'UCS 04. Elle est caractéristique d'une partie des climats Montbatois, les Marconnets, En l'Orme, les Topes Bizot, les Pierres Blanches, les Mondes Rondes (partie amont), la Grande Chatelaine (partie amont), les Monsnières (partie amont), Longbois, Au Renard, les Aigrots, le Clos des Mouches (amont), Montagne Saint-Désiré, les Montrevenots, et Lulunne (amont).

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-
F02	0-15	Limon sablo-argileux	19	26	16	13	26	1,0	1,9	1,08	0,15	7,3
	55-120	Sable limoneux	9	27	11	15	39	3,6	0,3	0,20	-	-
F06	0-30	Limon argilo-sableux	29	30	13	15	12	0,8	2,0	1,17	0,15	7,6
F07	0-50	Limon argilo-sableux	29	24	16	13	17	0,7	2,0	1,16	0,17	6,9
	60-80	Limon argileux	22	46	15	12	5	2,6	0,5	0,30	-	-

Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F02	0-15	55,6	12,8	8,5	10,7	36,6	333	0,264	0,106	9,68	0,011	43	2,5
	55-120	73,6	13,5	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06	0-30	49,6	12,5	8,5	15,3	39,0	254	0,366	0,156	10,43	0,010	137	2,4
F07	0-50	50,4	13,4	8,5	15,5	39,3	251	0,245	0,173	10,48	0,015	9	1,4
	60-80	68,0	25,0	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

- Sols peu épais à moyennement épais, assez poreux, sous-sol +/- drainant ; ressuyage +/- rapide, toujours efficace (absence d'hydromorphie). Système racinaire développé dans le sol et dans l'horizon d'altération du matériau parental (noté C), plus limité dans le matériau parental non altéré, bonne réserve utile en eau (variant de 95 à 145 mm).
- ⇒ **Contrainte hydrique faible**, si enracinement de la vigne dans le matériau parental (attention au choix du porte-greffe)
- Position topographique de pentes modérées à fortes ; textures limoneuses ; pierrosité de surface modérée à forte, sous-sol à bonne capacité de drainage
- ⇒ **Sensibilité à la compaction très forte**, avec une aptitude à la fissuration faible à modérée
- ⇒ **Sensibilité à la battance modérée à forte** (pour les sols les plus limoneux)
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion hydrique modérée à forte** (pour les sols les plus limoneux), pouvant être limitée pour les sols à forte pierrosité de surface

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols modérément à fortement calcaires, +/- chlorosants, à pH basique (pH=8,5) ; CEC moyenne (10 à 15 cmol+/kg), sursaturée (par le calcium). Sols bien pourvus en cations, un peu faibles en magnésium, avec un léger déséquilibre potassium/magnésium pouvant favoriser une carence induite en magnésium.
- ⇒ **Risques élevés de chlorose ferrique** (précoces et estivaux, sol et sous-sol riches en calcaire actif)
- ⇒ **Assimilation réduite des oligo-éléments** et du **phosphore** (pH basique >8,5)
- ⇒ **Niveau de fertilité moyen**, pouvant être limité par un stress hydrique précoce des horizons de surface (faible épaisseur de l'horizon fertile organo-minéral), et par une alimentation azotée réduite (sol très calcaire)
- Horizon organo-minéral carbonaté, à texture équilibrée, moyennement pourvu en MO, poreux et sain.
- ⇒ **Sols +/- riche en humus stable, à minéralisation rapide à modérée, à alimentation azotée faible**

6.3.5. Les sols sur formations colluviales

Les sols de ce groupe résultent de l'altération de *formations superficielles* transportées majoritairement par *gravité* le long des versants (les colluvions). Elles sont constituées de particules fines (argiles, limons et sables), de graviers, de cailloux en provenance des versants. Les sols résultent soit de l'altération en place de ces dépôts transportés soit de l'accumulation de matériaux d'origine pédologique. On peut les observer dans les parties aval du versant, ou dans les zones concaves, ou bien encore dans les petits vallons secs. *Quatre unités cartographiques de sols* ont été individualisées sur les *formations colluviales* (Figure 103).

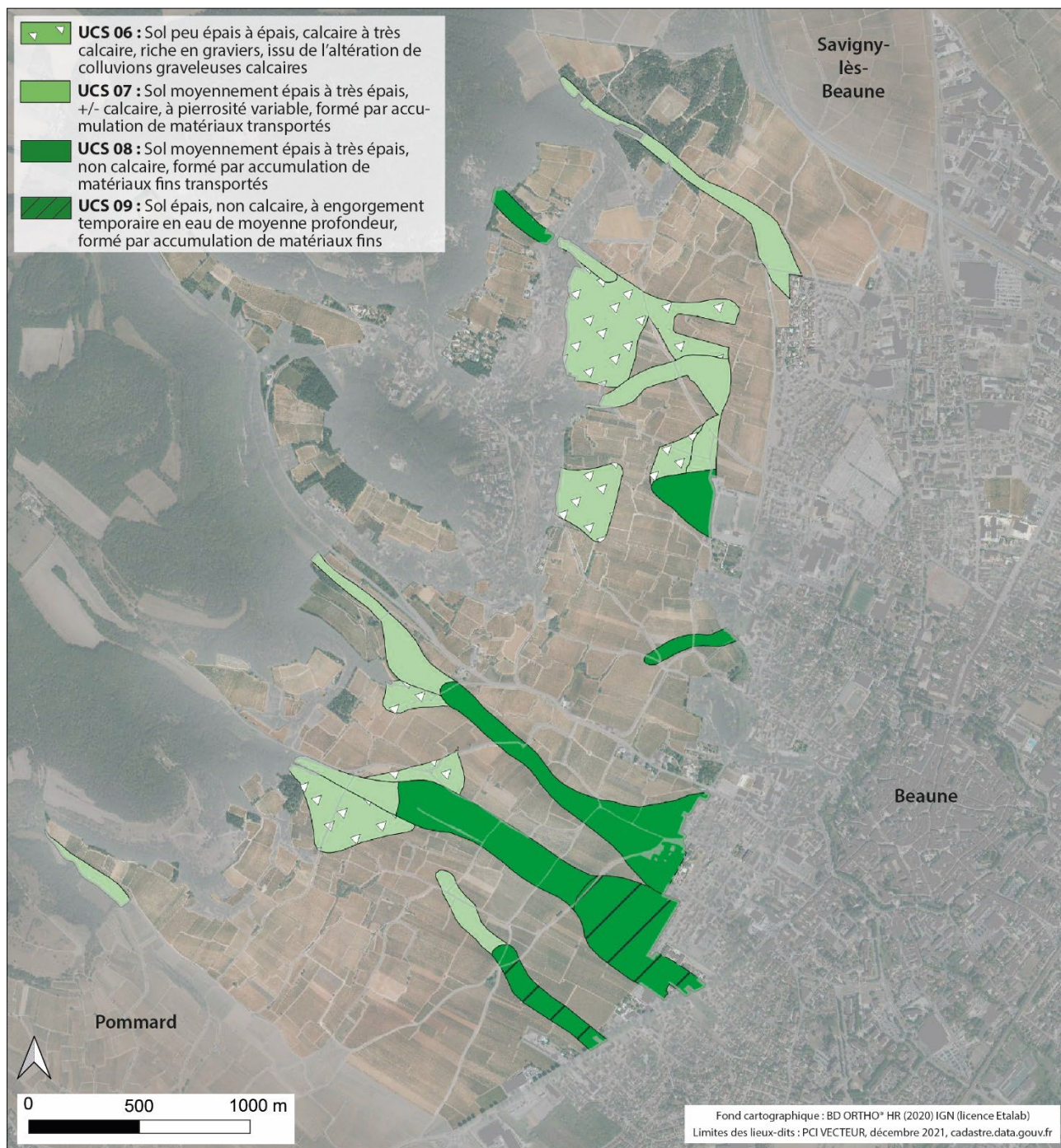
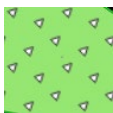


Figure 103. Carte des sols résultant de l'altération de colluvions



UCS 6: Sol à texture équilibrée, +/- calcaire, peu épais à moyennement épais, à forte charge en graviers, issu de l'altération de formations colluviales graveleuses
CALCOSOL graveleux issu de colluvions graveleuses calcaires

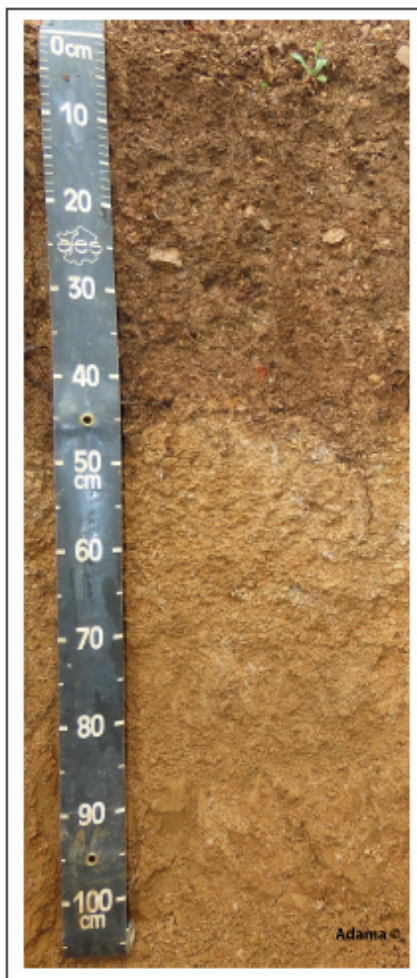
Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : formations colluviales composées majoritairement de graviers subanguleux à anguleux et de rares cailloux de calcaires de nature variée (calcaires situés en amont sur le versant), formés par des processus de gel-dégel (cryoclastie) lors des périodes froides du Quaternaire

Géomorphologie : pentes très faibles à très fortes, situées en position de versant, majoritairement en profil concave ou plano-concave, plus rarement convexe

État de surface (EDS) : couleur brun foncé à brun très foncé, généralement riche en matières organiques ; à texture équilibrée (LAS, Als, Lsa) ; pierrosité de surface modérée à très forte (20-80%), plus généralement forte (50%) (Figure 30), composée graviers et de quelques cailloux de calcaires variés affleurant dans les parties amont du versant ; effervescence à HCl modérée à forte.

Description du profil type



CALCOSOL graveleux issu de colluvions graveleuses

État de surface : forte pierrosité de surface (50%), graviers anguleux, et quelques cailloux, de calcaire

Horizons

Horizon 0-45 cm (LA/Sca) : horizon brun foncé (7.5YR3/4), fortement organique (MO=2,4%); texture limono-argilo-sableuse (28% d'argile); forte pierrosité (>50%), graviers (sub)anguleux de calcaire; structure polyédrique subanguleuse fine à moyenne, suivant un gradient de profondeur (Rg), et moyenne à grossière (IR); porosité très bonne à bonne, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne (Rg), et porosité modérée (IR); horizon humide; fortement calcaire (CT=32%), peu chlorosant (CA=6%); compacité nulle à modérée (Rg), et modérée à forte (IR), toutes deux suivant un gradient de profondeur (IR); limite inférieure irrégulière et nette (limite maximale des travaux de préparation de parcelle); bon développement du système racinaire, racines >mm à mm, +/- tourmentées, +/- ramifiées, à étalement horizontal et plongeantes, saines.

Horizon 45-70 cm (Dca/k) : horizon brun jaunâtre (10YR5/6); texture limono-sablo-argileuse; très forte pierrosité (80-90%), graviers anguleux de calcaire; non structuré; faible porosité, d'origine biologique (anciens passages de racines mortes); horizon humide; très fortement calcaire (CT=51%), +/- chlorosant (CA=10%), avec présence de précipitations secondaires de carbonate de calcium sous forme de pseudomycéliums (couvrant 10-15% de l'horizon), localement +/- indurées (cimentation des graviers calcaires); compacité nulle; faible développement du système racinaire, racines mm à <mm, ramifiées, plongeantes, saines, quelques nécrosées.

Horizon 70-110 cm (IIDca) : horizon brun jaunâtre (10YR5/6) à brun jaunâtre (10YR5/8); texture limono-sablo-argileuse (13% d'argile); pierrosité modérée (20%), graviers anguleux de calcaire; structure massive; faible porosité, d'origine biologique (anciens passages de racines mortes); horizon humide; très fortement calcaire, avec présence de précipitations secondaires de carbonate de calcium sous forme de pseudomycéliums (couvrant 10% de l'horizon); compacité modérée; faible développement du système racinaire, racines mm à <mm, ramifiées, plongeantes, saines, quelques nécrosées.

MO = Matières organiques ; Rg = Rang ; IR = Interrang ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif

Profil F05, Les Cents Vignes

Profils de sols associés :

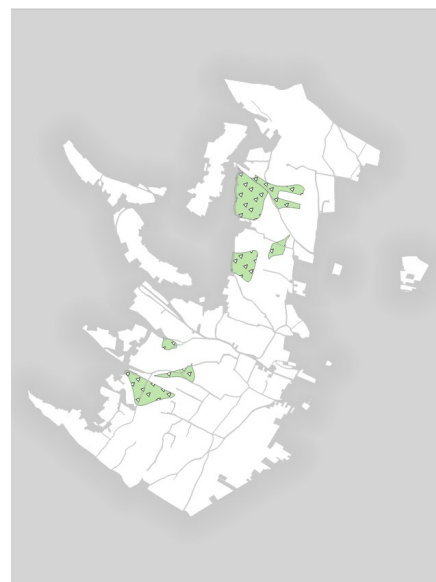
- Profil F05, Les Cents Vignes
- Profil F08, Les Bressandes,
- Profil F21, Les Aigrots



Figure 104. EDS type de l'UCS 06

Types de sols et distribution spatiale

L'UCS 6 se compose d'un unique type de sol qui se caractérise par son épaisseur +/- importante, variant de 40 à 75 cm. Sa texture est équilibrée (LAS, Lsa, Als). La charge en éléments grossiers est assez forte, de l'ordre de 30 à 50%, et composée de graviers (sub)anguleux et de rares cailloux de calcaires de nature variée. La matrice est modérément à fortement calcaire (CT variant de 25 à 50%) avec des teneurs en calcaire actif faibles (CA<6%). La bonne macroporosité, liée aux fines structures et à une bonne activité lombricienne, est favorable au drainage naturel de l'eau et au bon développement du système racinaire de la vigne. Le sol résulte de l'altération de colluvions graveleuses qui se sont déposées en lits successifs sur une épaisseur plus ou moins grande (dm à plusieurs mètres). Ces colluvions sont très calcaires (CT généralement > 50%) et parfois chlorosantes à une échelle très locale difficilement cartographiable (CA pouvant dépasser 10%). De plus, la bonne porosité observée dans ces colluvions et l'environnement très calcaire sont favorables à la précipitation de carbonate de calcium au sein des colluvions (souvent nommées précipitations secondaires), ce qui peut entraver le développement du système racinaire au sein du matériau parental (barrière chimique (forte teneur en calcaire actif) et barrière physique (fermeture de la porosité, induration du milieu)).



L'UCS 06 est assez peu représentée sur le secteur d'étude puisqu'elle couvre 6% du vignoble (34ha 03a). Les sols de cette UCS sont généralement situés dans la partie haute ou médiane du versant au niveau de profil concave où les colluvions se sont déposées, comme c'est le cas au niveau des climats les Bressandes, les Fèves, les Cents Vignes, les Grèves, Montée Rouge, les Avaux, Les Aigrots.

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-
F05	0-40	Limon argilo-sableux	28	24	16	10	23	0,6	2,4	1,41	0,18	7,7
	70-110	Limon sablo-argileux	13	27	18	15	27	2,7	0,4	0,24	-	-
F08	8-25	Limon sablo-argileux	26	27	12	8	26	1,0	1,4	0,81	0,14	5,9
	70-85	Limon argilo-sableux	19	24	14	13	31	1,4	0,8	0,44	-	-
F21	10-40	Argile limono-sableuse	33	26	17	7	17	0,7	2,1	1,23	0,17	7,2
	40-70	Limon sablo-argileux	18	28	19	9	27	2,0	0,7	0,43	-	-

Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F05	0-40	32,4	5,6	8,5	15,9	39,6	246	0,543	0,141	10,43	0,011	122	3,8
	70-110	51,2	9,6	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F08	8-25	48,4	6,6	8,5	14,0	43,4	274	0,349	0,142	10,35	0,010	23	2,5
	70-85	56,0	13,0	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F21	10-40	26,8	3,8	8,4	21,4	51,4	202	0,522	0,288	11,36	0,017	166	1,8
	40-70	36,8	4,6	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

- Sols +/- épais, poreux, sous-sol à bonne capacité de drainage ; ressuyage rapide, sols sains (pas d'engorgement en eu). Bon développement du système racinaire dans le sol et plus contrasté dans le sous-sol ; réserve utile en eau modérée (variant de 60 à 90 mm).
- ⇒ **Contrainte hydrique pouvant être marquée pour certains millésimes**, progressive, plutôt tardive au cours de la saison, secteur (hors haut de versant) favorable à l'accumulation des eaux de ruissellement (recharge hydrique > précipitations)
- Pentes très variables, profil généralement concave, localement convexe ; textures équilibrées ; +/- forte pierrosité de surface, sous-sol bien drainant
- ⇒ **Sensibilité à la compaction forte à très forte**, +/- limitée par le rôle protecteur lié à la forte pierrosité des horizons de surface
- ⇒ **Sensibilité à la battance faible à modérée** (fonction [L])
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion hydrique faible à modérée**, pouvant être forte lors d'épisodes pluvieux de forte intensité (orage estivaux) notamment sur les sols compactés (érosion sous forme de ravines).

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols +/- calcaires, non chlorosant (CA<6%), sur sous-sol +/- chlorosant, à pH basique ; CEC modérée à bonne, sursaturée (principalement par le calcium). Sols bien pourvus en cations, teneur un peu faible en magnésium et un peu forte en potassium, entraînant un déséquilibre K/Mg
- ⇒ **Risques de chlorose ferrique modérés à forts**, fonction de l'épaisseur du sol (40-80cm) et des teneurs en CA du sous-sol)
- ⇒ **Disponibilité réduite des oligo-éléments** et du **phosphore** (pH basique)
- ⇒ **Risques éventuels de carence magnésienne** (antagonisme avec le potassium)
- Horizon organo-minéral carbonaté, à texture équilibrée, +/- bien pourvu en MO, poreux et sain.
- ⇒ **Sols +/- riche en humus stable, à minéralisation rapide à modérée, à alimentation azotée généralement faible à modérée**



UCS 7 : Sol à texture variée, +/- calcaire, moyennement épais à très épais, à charge variable en éléments grossiers, formé par accumulation de matériaux transportés
COLLUVIOSOL calcaire

Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : colluvions plus ou moins grossières, calcaires, issues du démantèlement par érosion des sols situés plus en amont sur les plateaux/versants, reposant sur des substrats géologiques variés (marnes, calcaires, colluvions, alluvions)

Géomorphologie : pentes très faibles à très fortes, situées soit dans les parties concaves des versants, majoritairement à l'aval du versant ou au niveau des petits vallons secs (talwegs) ou des combes qui entaillent les versants

État de surface : couleur foncée, mettant en évidence des teneurs assez élevées en matières organiques ; à texture variée (La, LAS, Lsa, Al, As, A) et dépendante des textures des matériaux présents à l'amont ; pierrosité de surface variable, de modérée à forte (20-80%), composée graviers et de cailloux de calcaires variés ; effervescence à HCl variable.

Description du profil type



COLLUVIOSOL calcaire pachique caillouto-graveleux de fond de vallon

État de surface : forte pierrosité de surface (50%) cailloux et graviers subanguleux à émoussés de calcaires variés

Horizons

Horizon 0-45/50 cm (LAca) : horizon brun foncé (10YR3/3), fortement organique (MO=2,7%); texture limono-argilo-sableuse (24% d'argile); forte pierrosité (40%), cailloux et graviers émoussés à subanguleux de calcaires + quelques morceaux de terre cuite; structure grumeleuse (0-10cm), puis polyédrique subanguleuse fine à moyenne, suivant un gradient de profondeur (Rg), et polyédrique anguleuse grossière, voire prise en masse (10-30cm)(IR); très bonne à bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne (Rg), et porosité faible à très faible (10-30cm) (IR); horizon frais; fortement calcaire (CT=39%), chlorosant (CA=12%); compacité nulle (0-10cm) à faible (Rg), et modérée (0-10cm) puis forte (IR); limite inférieure ondulée et nette; à partir de 10cm de profondeur, développement modéré du système racinaire de la vigne, racines cm à mm, tourmentées, +/- ramifiées, à étalement horizontal et plongeantes, saines.

Horizon 45/50-90 cm (Jsca) : horizon brun jaunâtre foncé (10YR3/4), fortement organique; texture limono-argilo-sableuse; forte pierrosité (30-40%), cailloux et graviers émoussés à subanguleux de calcaires; structure polyédrique subanguleuse moyenne, à sous-structure fine; bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne; horizon frais; fortement calcaire; compacité modérée à forte; limite inférieure plane et diffuse; développement modéré du système racinaire de la vigne, racines >mm à mm, +/- tourmentées, peu ramifiées, plongeantes, saines.

Horizon 90-120 cm (Jlca) : horizon brun foncé (10YR3/3), fortement organique (MO=2,1%); texture argilo-limoneuse (33% d'argile); pierrosité modérée (10-20%), cailloux et graviers émoussés à subanguleux de calcaires; structure polyédrique (sub)anguleuse moyenne, à sous-structure fine; bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne; horizon très frais; fortement calcaire (CT=28%), peu chlorosant (CA=8%); compacité modérée; bon développement du système racinaire de la vigne, racines <mm à >mm, droites, non ramifiées, plongeantes, saines et quelques <mm nécrosées.

Rg = Rang ; IR = Interrang ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif ; MO = Matières organiques

Profil F23, Lulunne

Profils de sols associés :

- Profil F09, Les Toussaints
- Profil F16, Montée Rouge,
- Profil F23, Lulunne
- Profil F31, Les Cent Vignes

Types de sols et distribution spatiale

L'UCS 7 se compose de quatre type de sols (UTS) selon le référentiel pédologique français ; ces sols colluviaux se différencient par leur épaisseur et par leur charge en éléments lithiques. Les sols de cette UCS se caractérisent par leur mise en place bien particulière qui résulte de l'accumulation au cours du temps de matériaux en transit depuis les parties amont (COLLUVIOSOLS) ; aussi les propriétés des formations géologiques sous-jacentes au sol ne présentent pas de liens directs avec celui-ci (exemple du profil F31 avec un sol argilo-limoneux et un sous-sol sableux). De plus, ces sols sont issus de matériaux transportés sur de courtes distances (quelques centaines de mètres au maximum), ce qui permet d'augmenter localement la diversité pédologique puisque ces sols colluviaux peuvent présenter des propriétés physico-chimiques très différentes de celles des sols qui les entourent. L'épaisseur du sol est assez variable mais systématiquement supérieure à 50 cm et peu atteindre plus de 120 cm (limite maximale atteinte lors du



creusement des fosses à la micro-pelle), d'une manière générale les sols dominant ont une épaisseur de plus d'un mètre (sols dits pachiques) (**UTS 73** = COLLUVIOSOL calcaire pachique et **UTS 74** = COLLUVIOSOL calcaire pachique gravelo-caillouteux). La texture est très variable pour ces sols et clairement corrélée à la texture des sols situés plus haut sur le versant ; elle est toutefois dominée par les limons et les argiles puisque ces deux fractions prédominent sur le secteur d'étude. La charge en éléments grossiers est également variable, de faible à modérée (<30%), voire forte pour les sols les plus riches en éléments lithiques (**UTS 72** = COLLUVIOSOL calcaire gravelo-caillouteux et **UTS 74**). La matrice est modérément à fortement calcaire (CT variant de 15 à 40%), sans excès de calcaire actif (CA<6%), ou localement chlorosante (exemple de l'horizon de surface du profil F23 où le colluvionnement de surface provient de sols issus de l'altération de sols chlorosants sur marnes chlorosantes). Les horizons qui forment ces sols sont assez peu différenciés puisqu'il s'agit de sols plutôt jeunes et donc peu évolués. Ils présentent toutefois de bonnes structures car ils proviennent généralement de l'accumulation de matériaux d'origine pédologique (du sol) et donc déjà structurés. Il n'est pas rare également d'observer des horizons de profondeur enrichis en matières organiques (exemple du profil F23) (correspondant à une accumulation de matériaux issus de l'érosion d'horizons organon-minéraux des sols situés plus haut sur le versant). Ces sols reposent sur des substrats géologiques divers (calcaires, marnes, colluvions, alluvions) qui peuvent dans une moindre mesure participer à l'alimentation hydrique de la vigne et plus particulièrement pour les sols les moins épais (**UTS 71** = COLLUVIOSOL calcaire).

L'UCS 07 est assez peu représentée sur le secteur d'étude où elle occupe 5% de l'AOP (25ha 12a). Les sols de cette UCS sont systématiquement situés dans des positions topographiques bien particulières

correspondant à des talwegs longiformes situés aux débouchées des vallées sèches comme dans le talweg traversant les climats Montbatois, Dessus des Marconnets, en l'Orme, en Genêt, Clos du Roi, ou celui qui recoupe les Bressandes, les Toussaints, les Cent Vignes, ou au niveau de la vallée de Bouze au sein des climats Chaume Gaufriot et Montée Rouge (aval), ou encore dans le vallon de Lulonne qui marque la limite méridionale du vignoble de Beaune. Localement ces sols peuvent être observés dans les parties faiblement pentues à l'aval du versant en profil plano-concave comme dans les climats les Toussaints ou Montée Rouge (amont).

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-
F09	10-60	Argile limono-sableuse	39	27	19	5	10	0,6	2,2	1,26	0,15	8,4
F16	0-50	Limon argilo-sableux	22	27	17	12	22	1,0	1,9	1,08	0,15	7,4
	70-120	Argile	49	27	19	3	1	0,7	1,0	0,56	0,10	5,7
F23	0-40	Limon argilo-sableux	24	34	20	10	13	1,0	2,7	1,56	0,21	7,6
	90-120	Argile limoneuse	33	32	20	7	8	0,9	2,1	1,24	0,15	8,2
F31	10-65	Argile limoneuse	38	29	22	5	6	0,8	2,0	1,14	0,13	8,7
	65-110	Sable	5	12	8	16	61	2,5	0,3	0,18	-	-

Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F09	10-60	15,6	2,3	8,3	21,1	42,7	199	0,375	0,210	11,25	0,023	216	1,8
F16	0-50	40,4	6,0	8,5	15,3	52,7	256	0,250	0,212	10,53	0,012	41	1,2
	70-120	2,4	-	8,3	20,8	38,4	147	0,233	0,340	7,91	0,025	9	0,7
F23	0-40	38,8	12,0	8,3	15,9	43,8	249	0,460	0,217	10,51	0,015	160	2,1
	90-120	28,4	7,8	8,4	17,8	41,0	232	0,306	0,346	10,89	0,019	64	0,9
F31	10-65	8,8	2,1	8,3	21,0	44,6	202	0,348	0,196	11,40	0,023	129	1,8
	65-110	80,0	5,5	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

- Sols moyennement épais à très épais, poreux, à bonne capacité de drainage ; ressuyage +/- rapide, fonction de la texture, sols toujours sains (absence d'hydromorphie). Bon développement du système racinaire, sur l'ensemble du profil pédologique ; réserve utile en eau modérée à bonne (variant de 90 à 130 mm), position topographique généralement favorable à la recharge hydrique lors des précipitations (zone d'accumulation des eaux pluviales).
- ⇒ **Contrainte hydrique assez faible**, progressive et tardive dans la saison, généralement lors d'épisodes de sécheresse prolongée
- Pentures très variables, profil généralement concave ; textures +/- équilibrées ; pierrosité de surface variable, zone d'accumulation d'eau à ressuyage plus ou moins rapide
- ⇒ **Sensibilité à la compaction modérée à très forte**, fonction de la texture
- ⇒ **Sensibilité à la battance faible à modérée** (fonction [L])
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion hydrique faible à modérée**, dépendante des conditions du milieu (pente, texture, pierrosité de surface)

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols +/- calcaires, généralement épais à très épais (>100 cm), peu ou non chlorosant (CA<6%), à pH basique ; bonne CEC, sursaturée (principalement par le calcium). Sols bien pourvus en cations, teneur un peu faible en magnésium, bien pourvus en potassium, entraînant un déséquilibre K/Mg

- ⇒ **Risques de chlorose ferrique faibles**, fonction de l'épaisseur du sol et de la présence ou non d'un substrat géologique chlorosant sous-jacent
- ⇒ **Disponibilité réduite des oligo-éléments** et du **phosphore** (pH basique)
- ⇒ **Risques éventuels de carence magnésienne** (antagonisme avec le potassium)
- ⇒ **Niveau de fertilité élevé**

- Horizon organo-minéral carbonaté, à texture équilibrée, bien pourvu en MO pour les sols les plus limoneux à faiblement organique pour les sols les plus argileux, poreux et sain.
 - ⇒ **Sols +/- riche en humus stable, à minéralisation lente ([A]) à modérée ([L]), à alimentation azotée généralement faible ([A]) à modérée ([L])**



UCS 8 : Sol à texture variée, non calcaire, moyennement épais à très épais, à pierrosité faible à modérée, formé par accumulation de matériaux transportés sur le versant

COLLUVIOSOL non calcaire

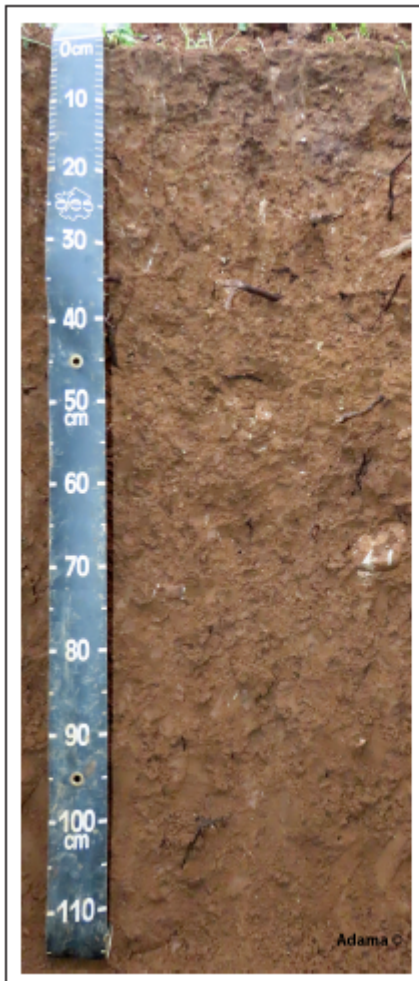
Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : matériaux non calcaires ou très faiblement calcaires, transportés par gravité depuis les parties hautes du versant

Géomorphologie : pentes très faibles à faibles, situées majoritairement à l'aval du versant et au niveau des petits vallons secs (talwegs) formant des dépressions topographiques longitudinales dans la partie basse du versant.

État de surface : couleur foncée, mettant en évidence des teneurs élevées en matières organiques ; à texture variée (LAS, Als, A) et dépendante des textures des matériaux présents à l'amont ; pierrosité de surface variable, de faible à forte (5-50%), composée graviers et de cailloux de calcaires variés, et localement de chailles ; effervescence à HCl nulle à très faible (localisée sur les grains de sables calcaires).

Description du profil type



COLLUVIOSOL non calcaire, pachique, carbonaté en surface, de fond de vallon

État de surface : pierrosité de surface modérée (10%) graviers et cailloux subanguleux de calcaires variés

Horizons

Horizon 0-10 cm (LAca) : horizon brun foncé (7.5YR3/4), fortement organique; texture limono-argilo-sableuse (26% d'argile); pierrosité faible à modérée (5-10%), graviers et cailloux subanguleux de calcaires variés; structure grumeleuse à polyédrique subanguleuse fine, suivant un gradient de profondeur (Rg), et prise en masse (IR); très bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une intense activité lombricienne (Rg), et porosité très faible (IR); horizon frais; fortement calcaire (CT=28%), peu chlorosant (CA=6%); compacité nulle (Rg), et modérée (IR); limite inférieure plane et nette; présence de nombreuses racines d'adventices.

Horizon 10-50/55 cm (Jca) : horizon brun foncé (7.5YR3/4); texture limono-argilo-sableuse (26% d'argile); pierrosité modérée (20%), graviers et cailloux subanguleux de calcaires variés; structure polyédrique subanguleuse moyenne, à sous-structure fine (Rg), et prise en masse (10-25cm) puis polyédrique subanguleuse moyenne, à sous-structure fine (IR); bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une intense activité lombricienne (Rg), et porosité très faible (10-25cm) puis bonne (IR); horizon frais; fortement calcaire (CT=28%), peu chlorosant (CA=6%); compacité faible à forte, suivant un gradient de profondeur (Rg), et forte (10-25cm) puis modérée à forte (IR); limite inférieure ondulée et nette; très bon développement du système racinaire de la vigne, racines de toutes tailles, droites ou tourmentées, +/- ramifiées, à étalement horizontal et quelques plongeantes, saines, et quelques racines mm écrasées et nécrosées dans l'IR sur les zones compactées (10-25cm).

Horizon 50/55-120 cm (IUcl) : horizon brun foncé (7.5YR3/4) à brun soutenu (7.5YR4/6), plutôt riche en matières organique pour la profondeur (MO=1,1%); texture argileuse (40% d'argile); très faible pierrosité (<2%), composée de graviers subanguleux de calcaire; structure polyédrique subanguleuse fine à moyenne; très bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une intense activité lombricienne; horizon frais; faiblement à non calcaire, suivant un gradient de profondeur inverse (CT=2%); développement modéré du système racinaire, racines >mm et mm, non ramifiées, droites, plongeantes, saines, et quelques racines <mm nécrosées en fond de fosse.

Rn = Rnon ; IR = Interrang ; MO = Matières organiques ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif

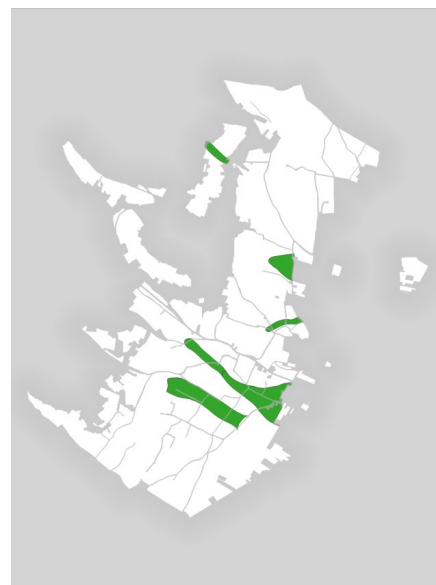
Profil F17, Champs Pimont

Profils de sols associés :

- Profil F12, Les Grèves
- Profil F17, Champs Pimont
- Profil F22, Les Tuvilains

Types de sols et distribution spatiale

Deux types de sols ont été individualisés au sein de l'UCS 8 pour lesquels on observe une importante différence en termes d'épaisseur. Les sols de l'unité sont moyennement épais (*UTS 81* = COLLUVIOSOL non calcaire) à très épais et supérieurs à 1 m (*UTS 82* = COLLUVIOSOL non calcaire pachique). Comme pour les sols de l'UCS 7, ces sols colluviaux se sont formés par accumulation de matériaux érodés plus haut sur le versant qui se sont accumulés au cours du temps. L'épaisseur du sol varie de 50 cm à plus de 130 cm, avec une prédominance des sols de plus d'un mètre d'épaisseur (sols dits pachiques) (*UTS 82*). La texture est assez variable pour ces sols et est corrélée à la texture des sols situés plus haut sur le versant ; les sols argileux prédominent (A, Al) notamment pour les horizons de profondeur. La charge en éléments grossiers est également variable, de faible à modérée (5 à 30%). La matrice est non calcaire (pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique), ou localement faiblement à modérément calcaire uniquement pour les horizons de surface (plusieurs phases de colluvionnement de nature variée). Les teneurs en calcaire actif étant très basses, ces sols ne présentent pas de risque de chlorose. La bonne structuration et la bonne macroporosité permettent un bon développement du système racinaire de la vigne sur l'ensemble du profil pédologique. Ces sols colluviaux reposent sur des substrats géologiques divers (calcaires, marnes, colluvions, alluvions) qui peuvent dans une moindre mesure participer à l'alimentation hydrique de la vigne et plus particulièrement pour les sols les moins épais (*UTS 81* = COLLUVIOSOL non calcaire).



L'UCS 8 est assez peu représentée sur le secteur d'étude puisqu'elle couvre seulement 6% du vignoble de Beaune (31ha 58a). Cette UCS se situe la majeure partie du temps dans le prolongement de l'UCS 7 ; c'est-à-dire en position de talweg dans la partie aval du versant. Elle occupe une partie des climats les Grèves, Bas des Teurons, la Blanchisserie, Champs Pimont, Clos des Avaux, les Avaux, Belissand, les Reversés, les Sceaux, les Paules, les Vérottes, les Sizies, les Tuvilains. Localement, on peut l'observer en position de haut de versant comme dans le talweg qui traverse le climat les Pierres Blanches.

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-
F12	0-40	Argile	40	33	17	4	6	0,8	2,1	1,19	0,14	8,6
	90-130	Argile	45	33	20	2	0	1,0	0,6	0,38	-	-
F17	0-50	Limons argilo-sableux	26	33	21	9	11	1,2	1,9	1,10	0,15	7,2
	60-120	Argile	40	32	22	4	2	1,0	1,1	0,67	0,10	6,7
F22	10-50	Argile limono-sableuse	33	28	20	8	12	0,8	1,9	1,12	0,12	9,2
	75-95	Sable argilo-limoneux	13	19	13	12	43	1,8	0,5	0,28	-	-

Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F12	0-40	10,8	1,5	8,3	21,4	43,6	193	0,379	0,307	10,86	0,027	148	1,2
	90-130	3,6	-	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F17	0-50	27,6	5,9	8,4	18,8	57,6	222	0,293	0,372	10,97	0,016	76	0,8
	60-120	2,0	-	8,4	18,7	41,0	169	0,190	0,307	8,30	0,020	9	0,6
F22	10-50	17,6	3,6	8,4	22,3	56,8	197	0,299	0,193	11,83	0,016	64	1,6
	75-95	60,0	7,6	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

- Sols moyennement épais à très épais, poreux, à bonne capacité de drainage ; ressuyage +/- rapide, fonction de la texture, sols toujours sains (absence d'hydromorphie). Bon développement du système racinaire, sur tout le profil pédologique ; réserve utile en eau assez variable du fait des importantes variations d'épaisseur (de 70 mm, pour l'UTS 81 jusqu'à 160 mm, pour l'UTS 82), position topographique favorable à la recharge hydrique lors des précipitations (zone d'accumulation des eaux de pluie).
- ⇒ **Contrainte hydrique faible**, progressive et tardive dans la saison, généralement lors d'épisodes de sécheresse prolongée
- Pentas très faibles à faibles, profil généralement concave ; textures +/- équilibrées ; pierrosité de surface variable, zone d'accumulation d'eau à ressuyage plus ou moins lent
- ⇒ **Sensibilité à la compaction modérée à très forte**, fonction de la texture et de l'état d'humidité du sol
- ⇒ **Sensibilité à la battance faible à modérée** (fonction [L])
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion hydrique faible**, conditions topographiques peu favorables au ruissellement

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols calciques, généralement épais à très épais (>100 cm), à pH basique ; bonne CEC (>20cmol+/kg), sursaturée (principalement par le calcium). Sols bien pourvus en cations, en magnésium, en potassium, avec un bon équilibre K/Mg
- ⇒ **Risques de chlorose ferrique nuls** (UTS 82) à **faibles** (UTS 81), fonction de l'épaisseur du sol et de la présence ou non d'un substrat géologique chlorosant sous-jacent
- ⇒ **Disponibilité réduite des oligo-éléments** et du **phosphore** (pH basique)
- ⇒ **Niveau de fertilité élevé**
- Horizon organo-minéral calcique, à texture assez argileuse, +/- bien pourvu en MO, poreux et sains.
- ⇒ **Sols +/- riche en humus stable**, à **minéralisation lente** ([A]) à **modérée** ([L]), à **alimentation azotée généralement faible** ([A]) à **modérée** ([L])



UCS 9: Sol argilo-limoneux à argileux, non calcaire, épais, à faible pierrosité, marqué par un engorgement temporaire en eau de moyenne profondeur, formé par accumulation de matériaux transportés sur le versant
COLLUVIOSOL non calcaire rédoxique

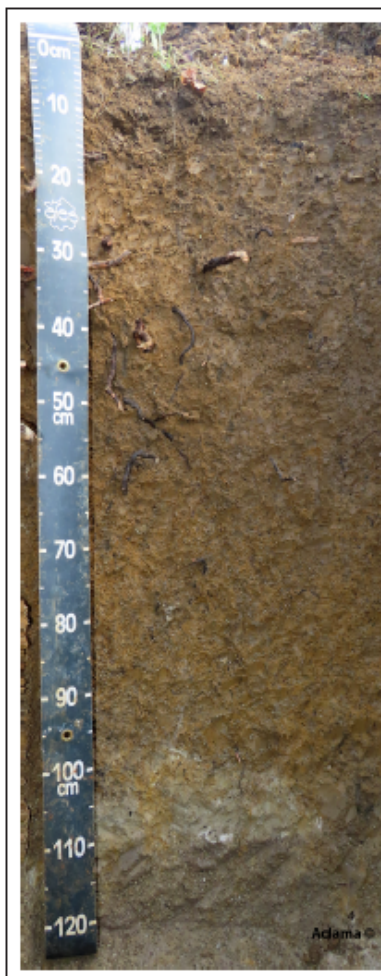
Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : matériaux non calcaires, mais saturés (majoritairement en ions calcium), transportés depuis les parties hautes du versant

Géomorphologie : pentes très faibles à faibles, situées exclusivement dans la partie basse du versant, au niveau des petits vallons secs (talwegs) formant des dépressions topographiques longiformes.

État de surface (EDS) : couleur foncée, mettant en évidence des teneurs élevées en matières organiques ; à texture argileuse (Al, A) ; pierrosité de surface nulle à modérée (<15%), composée graviers et de cailloux émoussés de calcaires variés et localement de chailles (Figure 105) ; effervescence à HCl nulle ; battance plus ou moins prononcée ; présence de nombreux turricules de vers de terre (bonne activité lombricienne).

Description du profil type



COLLUVIOSOL calcaire, pachique, rédoxique, reposant sur une formation alluviale calcaire

État de surface : très faible pierrosité de surface (<2%) graviers et cailloux émoussés de calcaires variés et de chailles

Horizons

Horizon 0-10 cm (LAcl) : horizon brun foncé (10YR3/3); texture argilo-limoneuse; très faible pierrosité (<2%), cailloux et graviers émoussés de calcaires, de chailles et quelques morceaux de terre cuite; structure grumeleuse (Rg), et polyédrique subanguleuse moyenne, à sous-structure fine (IR); très bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une intense activité lombricienne (Rg), et bonne porosité (IR); horizon frais; très faiblement calcaire; compacité nulle (Rg et IR); limite inférieure plane et diffuse.

Horizon 10-60 cm (LA/Scl) : horizon de couleur brune (10YR4/3), très faiblement organique (MO=1,7%); texture argilo-limoneuse (35% d'argile); très faible pierrosité (<2%), cailloux et graviers émoussés de calcaires, de chailles et quelques morceaux de terre cuite; structure polyédrique subanguleuse moyenne, à sous-structure fine (Rg), et polyédrique (sub)anguleuse grossière (10-35cm), puis moyenne (IR); bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne (Rg), et porosité faible (10-35cm) à modérée (IR); horizon frais à humide, suivant un gradient de profondeur; très faiblement calcaire (CT<5%); compacité modérée à forte, suivant un gradient de profondeur (Rg), et forte à modérée, suivant un gradient inverse à la profondeur; limite inférieure plane et diffuse; bon développement du système racinaire de la vigne, racines cm à >mm, droites, peu ramifiées, à étalement horizontal, et quelques plongeantes, saines et quelques rosées (horizon pouvant être appauvri en oxygène).

Horizon 60-105 cm (Scl-g) : horizon brun jaunâtre foncé (10YR4/4 à 4/6); texture argileuse (47% d'argile); très faible pierrosité (<2%), graviers émoussés de calcaires et de chailles; structure polyédrique subanguleuse moyenne à grossière, à sous-structure fine; porosité faible à modérée, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne; horizon humide; très faiblement calcaire (CT<5%); compacité modérée; limite inférieure plane et diffuse; présence de taches d'oxydation de + en + fréquentes avec la profondeur (couvrant 10 à 20% de la surface de l'horizon); faible développement du système racinaire, racines mm à >mm, droites, non ramifiées, plongeantes, rosées et nécrosées (les plus fines) (horizon appauvri en oxygène, lié à des phénomènes d'engorgement temporaires en eau = hydromorphie).

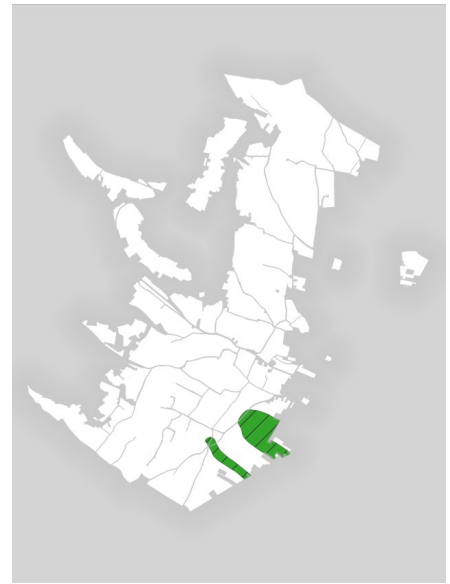
Horizon 105-130 cm (IlCca) : horizon brun olive (2.5Y4/4); texture limoneuse (15% d'argile); très faible pierrosité, coquilles de gastéropodes; non structuré; faible porosité, d'origine biologique (anciens passages de racines); horizon humide; fortement calcaire (CT=63%), chlorosant (CA=12%), ultra-basique (pH=8,7), présence de précipitations secondaires de carbonate de calcium sous forme de petits amas centimétriques non indurés (couvrant 5% de la surface de l'horizon); présence de taches d'oxydation (20% de la surface de l'horizon) et de réduction (10% de la surface de l'horizon); faible développement du système racinaire, racines <mm à mm, droites, plongeantes, rosées et nécrosées (hydromorphie).

Rg = Rang ; IR = Interrang ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif ; MO = Matières organiques

Profil F25, Les Levées et les Piroles

Types de sols et distribution spatiale

L'UCS 9 se compose d'un unique type de sol qui là encore s'est formé par l'accumulation de matériaux colluvionnés depuis les versants (COLLUVIOSOL). Il se caractérise par son épaisseur bien développée, de 80 à 100 cm d'épaisseur ; sa texture argileuse (Al, A, ALO) qui devient de plus en plus argileuse avec la profondeur (possible phénomène de lessivage) ; sa faible pierrosité (2-5%), composée de graviers et cailloux émoussés de calcaires variés et/ou de chailles ; sa matrice non calcaire (pas d'effervescence à HCl), mais calcique (sursaturation principalement en ions calcium). Malgré la bonne macroporosité et les structures plutôt fines observées pour ces sols la capacité de drainage est fortement réduite, entraînant des phénomènes d'engorgement temporaire en eau dès la moyenne profondeur (à partir de 50 cm de profondeur) (sol rédoxique). Cet engorgement qui intervient lors des périodes humides (hiver-printemps) est néfaste au bon développement du système racinaire de la vigne (milieu anoxique conduisant à des nécroses racinaires). Ces sols colluviaux reposent sur des substrats géologiques variés qui présentent généralement une faible perméabilité (alluvions fines, colluvions fines, marnes, etc.) limitant le drainage naturel du sol.



L'UCS 9 est très peu représentée sur le secteur d'étude puisqu'elle couvre seulement 3% du vignoble (15ha 99a). Elle se situe généralement à l'aval de l'UCS 9, là où les pentes sont très faibles ce qui limitent la capacité de drainage du milieu. Cette UCS a été observée dans les climats les Prévoles, les Chardonnereux, les Levées et les Piroles, les Pointes des Tuvilains, les Bons Feuvres.



Figure 105. EDS à faible pierrosité caractéristique de l'UCS 9

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-
F25	10-60	Argile limoneuse	35	29	24	6	6	0,9	1,7	1,02	0,11	8,9
	60-90	Argile	47	24	21	4	4	0,7	0,7	0,39	0,08	5,1
	110-130	Limon	15	39	27	8	12	3,9	0,4	0,23	-	-

Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F25	10-60	4,4	1,5	8,4	21,3	50,9	184	0,247	0,218	10,51	0,022	30	1,1
	60-90	1,2	-	8,2	24,2	49,1	149	0,222	0,132	9,77	0,022	2	1,7
	110-130	63,2	11,9	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

- Sols moyennement épais, poreux, à capacité de drainage limitée ; ressuyage plutôt lent, sols à hydromorphie de moyenne profondeur. Bon développement du système racinaire, très nettement réduite au sein des horizons hydromorphes ; très bonne réserve utile en eau (de l'ordre de 180 mm), position topographique favorable à la recharge hydrique lors des précipitations (zone d'accumulation des eaux pluviales).
- ⇒ **Contrainte hydrique nulle à très faible**, très progressive et tardive dans la saison
- Pentas très faibles à faibles, profil généralement concave ; textures argileuses ; faible à très faible pierrosité de surface, zone d'accumulation d'eau à ressuyage plutôt lent
- ⇒ **Sensibilité à la compaction très forte**,
- ⇒ **Sensibilité à la battance faible à modérée** (fonction de la teneur en [L] des horizons de surface)
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion hydrique faible**, conditions topographiques peu favorables au ruissellement

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols calciques, épais (>80 cm), à pH basique ; bonne CEC (>20cmol+/kg), sursaturée (principalement par le calcium). Sols bien pourvus en cations, à faible teneur en magnésium et potassium, avec un bon équilibre K/Mg
- ⇒ **Risques de chlorose ferrique nuls**,
- ⇒ **Disponibilité réduite des oligo-éléments** et du **phosphore** (pH basique)
- ⇒ **Bon niveau de fertilité**
- Horizon organo-minéral calcique, à texture argileuse, faiblement pourvu en MO, poreux et sain.
- ⇒ **Sols pauvres en humus stable, à minéralisation lente, à alimentation azotée modérée à faible**

6.3.6. Les sols sur formations alluviales

Les sols de ce groupe résultent de l'altération de *formations superficielles* transportées par un *cours d'eau* sur de plus ou moins *longues distances* (alluvions). Ces formations superficielles sont constituées de particules fines (argiles, limons et sables), de graviers, de cailloux qui ont été transportées par des cours d'eau présents en bas du versant au cours des temps géologiques (Tertiaire et Quaternaire). Ces sols sont assez bien représentés à l'échelle du vignoble de Beaune et notamment dans les parties aval du versant. Au total **quatre unités cartographiques de sols** ont été individualisées sur les *formations alluviales* (Figure 106).

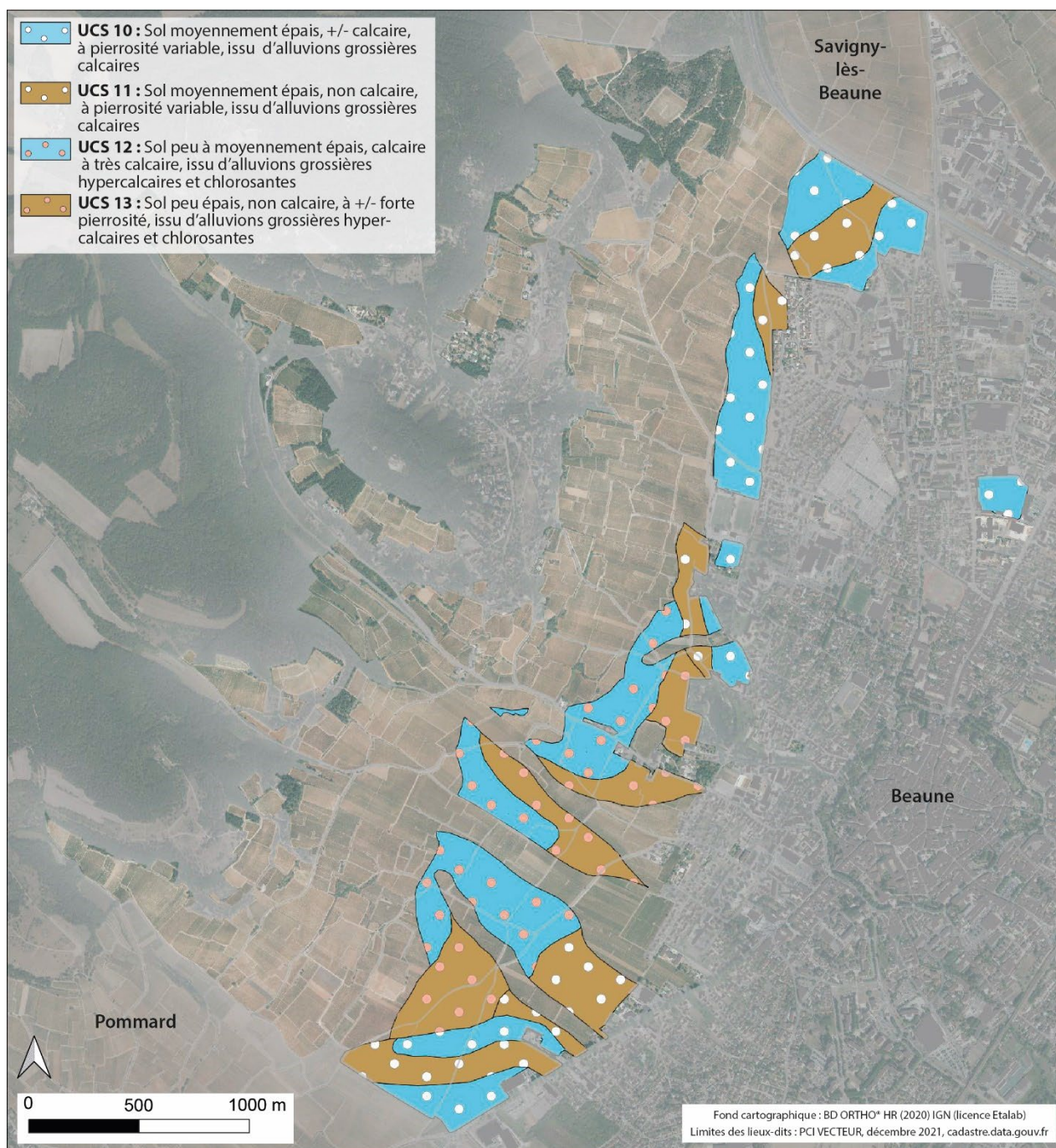


Figure 106. Carte des sols résultant de l'altération de formations alluviales



UCS 10 : Sol à texture équilibrée, +/- calcaire, peu épais à moyennement épais, à pierrosité variable, issu d'alluvions grossières calcaires drainantes
CALCOSOL sur alluvions grossières calcaires

Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : alluvions caillouto-graveleuses, calcaires, à bonnes capacités de drainage (Alluvions grossières anciennes, cônes alluviaux - C)

Géomorphologie : pentes très faibles à faibles, situées exclusivement dans la partie aval du versant, en secteur de plaine.

État de surface (EDS) : couleur brun foncé à brun très foncé (horizons riches en MO) ; à texture équilibrée (Als, LAS), localement argileuse (A, As) ; pierrosité de surface très variable de très faible à forte (2 à 65%), composée de graviers et de cailloux émoussés à arrondis, plus ou moins aplatis de calcaires variés, majoritairement fins (Figure 33) ; effervescence à HCl +/- forte.

Description du profil type



CALCOSOL sur alluvions grossières calcaires

État de surface : pierrosité de surface modérée à forte (30%), cailloux et graviers, émoussés à arrondis, +/- aplatis, de calcaires variés

Horizons

Horizon 0-20 cm (LAca) : horizon brun foncé (7.5YR3/3), très fortement organiques (MO=3,6%); texture limono-argilo-sableuse (26% d'argile); pierrosité modérée à forte (20-30%), graviers et cailloux émoussés à arrondis, voire aplatis, de calcaires variés; structure polyédrique subanguleuse fine et fragile (Rg), et polyédrique subanguleuse moyenne à fine (IR); très bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité des lombricienne (Rg), et bonne porosité (IR); horizon humide; fortement calcaire (CT=28%), non chlorosant (CA<5%); compacité nulle à faible, suivant un gradient de profondeur (Rg), et faible (IR); limite inférieure plane et diffuse; présence de racines d'adventices (0-10cm), puis bon développement du système racinaire de la vigne, racines >cm à mm, +/- tourmentées, ramifiées, saines, à étalement horizontal avec un étalement préférentiel à 20cm de profondeur.

Horizon 20-50 cm (Sca) : horizon de couleur brune (7.5YR4/4) à brun soutenu (7.5YR4/6); texture limono-argilo-sableuse (27% d'argile); pierrosité modérée à forte (20-30%), graviers et cailloux émoussés à arrondis, voire aplatis, de calcaires variés; structure polyédrique subanguleuse moyenne, à sous-structure fine; très bonne porosité structurale et biologique, avec une activité modérée des vers de terre; horizon humide; fortement calcaire (CT=33%), non chlorosant (CA<5%); compacité faible; limite inférieure plane et diffuse, au contact du matériau parental; bon développement du système racinaire, racines cm à mm, +/- tourmentées, ramifiées, plongeantes, saines.

Horizon 50-80 cm (Dca) : horizon brun jaunâtre (10YR5/6); texture sableuse (3% d'argile); très forte pierrosité (90%), cailloux, graviers et pierres, arrondis à émoussés, +/- aplatis, de calcaires variés; structure particulaire; très bonne porosité, d'origine texturale (horizon très drainant); horizon humide; très fortement calcaire (CT=86%), non chlorosant (CA<5%); faible développement du système racinaire, racines <mm à mm, très tourmentées, assez ramifiées, plongeantes entre les très nombreux éléments lithiques, saines.

MO = Matières organiques ; Rg = Rang ; IR = Interrang ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif

Profil F03, Les Blanches Fleurs

Profils de sols associés :

- Profil F03, Les Blanches Fleurs
- Profil F29, Les Epenotes



Figure 107. EDS formé de cailloux et graviers aplatis, émoussés à arrondis typique de l'UCS 10

Types de sols et distribution spatiale

L'UCS 10 est constituée de deux types de sol (UTS) qui présentent un horizon calcaire enrichi en matières organiques en surface (horizon organo-minéral, noté A) recouvrant un horizon calcaire issu de l'altération du matériau parental sous-jacent (horizon structural, noté S) (CALCOSOL). L'épaisseur pour ces sols est faible à modérée, variant de 40 à 80 cm, avec une dominance des sols de 50 cm. La texture est équilibrée (Als, LAS) ou localement plus argileuse (A, As) avec une phase sableuse (calcaire) toujours bien présente. La pierrosité varie fortement entre 5 et 30%, avec la pierrosité la plus forte observée pour les sols les plus courts (40-50cm) qui illustre probablement la remontée d'éléments grossiers lors des travaux de préparation de parcelle. La matrice du sol est systématiquement calcaire, de faiblement à fortement calcaire, avec des teneurs en calcaire actif toujours faibles (CA<6%). Sols généralement bien structurés (si non tassés) à bonne macroporosité, favorisant le développement du système racinaire de la vigne. Ils résultent de l'altération d'



alluvions calcaires grossières de la tailles des graviers, des cailloux, plus rarement des pierres, emballés dans une matrice bien drainante (S, LAS), fortement à très calcaire (CT pouvant atteindre 85%), mais toujours sans excès de calcaires actif (CA<6%) (**UTS 101** = CALCOSOL). Localement les sols résultent de l'altération de colluvions (horizons de surface) et d'alluvions (horizons de profondeur) (**UTS 102** = CALCOSOL colluvial). Malgré la forte voire très forte pierrosité (50 à 90%) de ces matériaux parentaux le système racinaire de la vigne se développe bien dans ces formations superficielles (très bonne macroporosité). La texture plus limoneuse et argileuse des alluvions issues des cônes alluviaux offre une meilleure capacité de rétention en eau que les alluvions anciennes à textures sableuses.

L'UCS 10 occupe 7% du vignoble de Beaune (38ha 67a). Cette UCS se distribue dans la partie orientale du vignoble beunois en secteur de plaine. Au Nord, elle occupe une bonne partie des climats Clos du Roi, Blanches Fleurs, les Cent Vignes, les Mariages, la Blanchisserie, le Foulot. Au Sud, elle peut être observée aux climats les Bons Feuvres, les Beaux Fougets, les Epenotes.

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-
F03	0-20	Limon argilo-sableux	26	29	19	10	17	0,7	3,6	2,10	0,25	8,3
	20-50	Limon argilo-sableux	27	25	19	10	19	0,7	2,4	1,41	0,18	7,9
	50-80	Sable	3	5	4	7	81	1,1	0,4	0,24	-	-
F29	10-45	Argile limono-sableuse	33	29	22	7	9	0,9	1,7	0,98	0,12	8,4
	60-90	Limon argilo-sableux	21	19	15	8	37	1,4	0,2	0,14	-	-

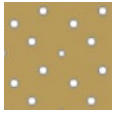
Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F03	0-20	28,4	3,9	8,3	18,1	42,5	221	0,771	0,189	10,45	0,018	133	4,1
	20-50	33,2	4,9	8,4	16,6	42,9	240	0,248	0,222	10,66	0,024	45	1,1
	50-80	85,6	3,1	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F29	10-45	12,4	2,6	8,4	20,3	50,7	212	0,261	0,294	11,45	0,015	11	0,9
	60-90	38,8	3,4	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

- Sols peu à moyennement épais, poreux, à bonne capacité de drainage, sous-sol drainant ; ressuyage +/- lent, mais toujours efficace (absence d'hydromorphie). Bon développement du système racinaire, y compris au sein du matériau parental non consolidé ; réserve utile en eau modérée à bonne (variant de 60 mm à 120 mm), très dépendante des propriétés physiques des alluvions (pierrosité et texture).
- ⇒ **Contrainte hydrique forte à modérée**, fonction des alluvions sous-jacentes (RU cône alluvial >> RU alluvions anciennes)
- Pentas très faibles à faibles, profil plan ; textures équilibrées ; faible à forte pierrosité de surface
- ⇒ **Sensibilité à la compaction très forte**, pouvant être réduite pour les sols à pierrosité élevée, et avec une aptitude à la fissuration bonne à modérée (fonction de la teneur en MO)
- ⇒ **Sensibilité à la battance faible à modérée** (fonction de la teneur en [L])
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion hydrique faible**, conditions topographiques peu favorables au ruissellement

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols +/- calcaires, non chlorosants, peu à moyennement épais, à pH basique ; bonne CEC, sursaturée (principalement par le calcium). Sols bien pourvus en cations.
- ⇒ **Risques de chlorose ferrique nuls**,
- ⇒ **Disponibilité réduite des oligo-éléments et du phosphore** (pH basique)
- Horizon organo-minéral calcaire, à texture assez riche en argile, +/- pourvu en MO, poreux et sain.
- ⇒ **Sols +/- riche en humus stable, à minéralisation lente, à alimentation azotée modérée à faible**



UCS 11: Sol +/- argileux, calcique, peu épais à moyennement épais, à pierrosité variable, issu d'alluvions grossières calcaires drainantes
CALCISOL sur alluvions grossières calcaires

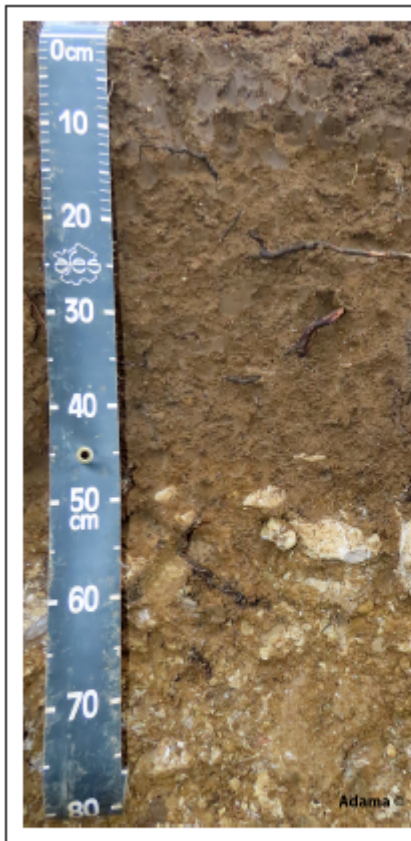
Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : alluvions caillouto-graveleuses, calcaires, à bonnes capacités de drainage (Alluvions grossières anciennes, cônes alluviaux - C)

Géomorphologie : pentes très faibles à faibles, situées exclusivement dans la partie aval du versant, en secteur de plaine.

État de surface : couleur brun foncé à brun très foncé (horizons enrichis en MO) ; à texture argileuse (Als, Al, A) ; pierrosité de surface très variable de très faible à forte (5 à 70%), composée de graviers et de cailloux émoussés à arrondis, +/- aplatis de calcaires variés ; effervescence à HCl nulle à très faible (audible).

Description du profil type



CALCISOL issu d'alluvions grossières calcaires (cône alluvial)

État de surface : faible pierrosité de surface (5-10%) cailloux et graviers émoussés et arrondis de calcaires de nature variée

Horizons

Horizon 0-10 cm (LAc1) : horizon brun très foncé (10YR3/3); texture argilo-limoneuse; très faible pierrosité (<2%), graviers et cailloux subanguleux, émoussés et arrondis de calcaires variés et de concrétions ferrugineuses (mm); structure grumeleuse à polyédrique subanguleuse moyenne (Rg), et polyédrique anguleuse grossière (IR); bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une intense activité lombricienne (Rg), et faible porosité (IR); horizon frais; non calcaire (CT<5%), mais sursaturé (S/T>120%); compacité nulle (Rg), et forte (IR); limite inférieure plane et nette.

Horizon 10-45/50 cm (LA/Sci) : horizon de couleur brun jaunâtre foncé (10YR3/4), faiblement organique (MO=2,1%); texture argilo-limoneuse (32% d'argile); très faible pierrosité (<2%), graviers et cailloux subanguleux, émoussés et arrondis de calcaires variés et de concrétions ferrugineuses; structure polyédrique subanguleuse moyenne à grossière, à sous-structure fine (Rg), et prise en masse (10-20cm), puis polyédrique subanguleuse grossière à moyenne, à sous structure fine (IR); porosité modérée à bonne, d'origine structurale et biologique, avec une intense activité lombricienne (Rg), et porosité très faible (10-20cm) puis modérée (IR); horizon frais; non calcaire (CT<5%), mais sursaturé (S/T>120%); compacité modérée à forte (Rg), et forte (IR); limite inférieure irrégulière et nette; bon développement du système racinaire de la vigne, racines >mm à mm, droites, non ramifiées, saines, à étalement horizontal.

Horizon 45/50-85 cm (Cca) : horizon de couleur brun jaunâtre foncé (10YR4/6); texture argileuse à argilo-limoneuse; très forte pierrosité (80-90%), cailloux et graviers subanguleux, émoussés et arrondis de calcaires variés; structure polyédrique subanguleuse fine +/- bien exprimée; porosité modérée, d'origine structurale et biologique (anciens passages de racines); horizon humide; modérément calcaire; faible compacité; développement faible à modéré du système racinaire, racines >mm et mm, très tourmentées, non ramifiées, saines, s'étalant entre les éléments lithiques.

Profil F26, Les Prévoles

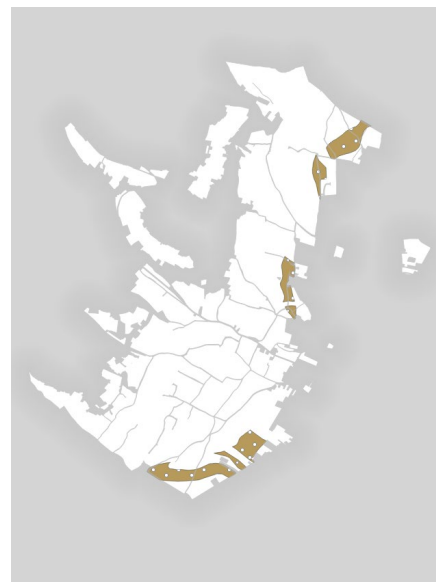
Rg = Rang ; IR = Interrang ; CT = Calcaire total ; MO = Matières organiques

Profils de sols associés :

- Profil F04, Clos du Roi
- Profil F26, Les Prévoles

Types de sols et distribution spatiale

Un unique type de sol constitue l'UCS 11, pour lequel on observe un horizon non calcaire enrichi en matières organiques (horizon organo-minéral, noté A) qui recouvre un horizon non calcaire issu de l'altération du matériau parental sous-jacent (horizon structural, noté S) (CALCISOL). Les sols de l'UCS 11 sont assez proches de ceux de l'UCS 10 à l'exception de leur carbonatation. Ils présentent une épaisseur +/- importante, sol épais de 40 à 80 cm d'épaisseur, avec une prédominance des sols de 50-60 cm. La texture est clairement argileuse (Als, Al, A) sur l'ensemble du profil ; avec une pierrosité assez variable (2 à 30%), mais généralement modérée (10-15%), composée de cailloux et graviers émoussés à arrondis, voire aplatis, de calcaires variés. La matrice est non calcaire (pas d'effervescence à HCl) ou très faiblement calcaire (CT<5% liée à la phase sableuse calcaire), mais calcique (sursaturation principalement en ions calcium). Ces sols sont généralement bien structurés et poreux, mais sont sensibles au tassement (fermeture de porosité, structure plus grossière). Ils résultent de l'altération d'alluvions calcaires grossières de la taille des graviers et cailloux, emballés dans une matrice drainante (S, LAS, Al), fortement à très fortement calcaire, mais toujours sans excès de calcaire actif. La texture plus limoneuse et argileuse des alluvions issues des cônes alluviaux offre une meilleure capacité de rétention en eau que les alluvions anciennes à textures sableuses.



L'UCS 11 couvre 6% du secteur d'étude (32ha 52a). Les sols de cette UCS sont contigus à ceux de l'UCS 10. Ils peuvent être observés aux climats Clos du Roi, Blanches Fleurs, les Cents Vignes (aval), les Chilènes, les Grèves (aval), le Bas des Teurons, la Blanchisserie, les Prévoles, les Bons Feuvres, les Épenotes.

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N	
	cm	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-	
F04	0-40	Argile limono-sableuse	36	32	17	6	9	0,7	2,6	1,53	0,18	8,3	
F26	0-45	Argile limoneuse	32	30	22	6	9	0,9	2,1	1,24	0,15	8,3	
Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F04	0-40	12,0	1,8	8,3	22,5	48,0	184	0,706	0,195	10,88	0,015	183	3,6
F26	0-45	2,8	-	8,1	21,8	54,1	160	0,310	0,343	9,09	0,020	78	0,9

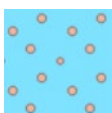
Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

- Sols peu à moyennement épais, poreux, à bonne capacité de drainage, sous-sol drainant ; ressuyage assez lent (texture [A]), mais toujours efficace (pas d'hydromorphie). Bon développement du système racinaire, y compris au sein du matériau parental non consolidé ; réserve utile en eau modérée (variant de 50 mm à 75 mm), dépendante des propriétés physiques des alluvions (pierrosité et texture).
- ⇒ **Contrainte hydrique forte à modérée**, fonction des alluvions sous-jacentes (RU cône alluvial >> RU alluvions anciennes)
- Pentés très faibles à faibles, profil topographique plan ; textures argileuses ; faible à forte pierrosité de surface
- ⇒ **Sensibilité à la compaction forte à très forte**, et avec une bonne aptitude à la fissuration
- ⇒ **Sensibilité à la battance faible**
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion hydrique faible**, conditions topographiques peu favorables au ruissellement

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols non calcaires, non chlorosants, sous-sols non chlorosants, peu à moyennement épais, à pH basique ; bonne CEC (>20cmol+/kg), sursaturée (principalement par le calcium). Sols bien pourvus en cations
- ⇒ **Risques de chlorose ferrique nuls**,
- ⇒ **Disponibilité réduite des oligo-éléments et du phosphore** (pH basique)
- Horizon organo-minéral calcique, à texture argileuse, +/- pourvu en MO, poreux et sain.

Sols +/- riche en humus stable, à minéralisation lente, à alimentation azotée modérée à faible



UCS 12: Sol argilo-limono-sableux, +/- calcaire, peu à moyennement épais, à charge variable en éléments lithiques, issu d'alluvions grossières hypercalcaires chlorosantes à faible perméabilité

CALCOSOL issu de conglomérats calcaires chlorosants

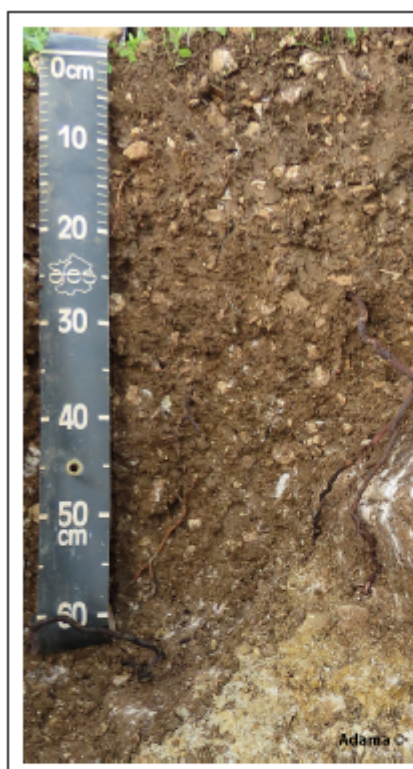
Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : alluvions grossières à très grossières (graviers à blocs) calcaires, emballés dans une matrice fortement calcaire et chlorosante (Conglomérats d'âge Oligocène – g³, localement faciès marneux hypercalcaire – Profil F33) (Figure 108)

Géomorphologie : pentes très faibles à faibles, localement modérées, situées dans la partie aval du versant ou médiane du versant au débouché de la combe de Bouze-lès-Beaune

État de surface : couleur brun grisâtre très foncé, mettant en évidence de fortes teneurs en matières organiques ; à texture principalement argileuse (Als, As, A), localement plus équilibrée (LAS) ; pierrosité de surface modérée à forte (15-50%), composée de graviers et de cailloux, plus ou moins arrondis, de calcaires variés, présentant très fréquemment un encroutement rose saumon ; effervescence à HCl modérée à forte.

Description du profil type



CALCOSOL-RENDOSOL gravelo-caillouteux issu de conglomérats calcaires grossiers

État de surface : pierrosité de surface modérée (20-30%) cailloux et graviers subanguleux, émoussés, arrondis de calcaires de nature variée

Horizons

Horizon 0-10 cm (LAca) : horizon brun grisâtre très foncé (10YR3/2), fortement organique; texture argilo-limono-sableuse; forte pierrosité (>30%), cailloux et graviers émoussés et arrondis de calcaires variés; structure grumeleuse (Rg), et prise en masse (IR); très bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une intense activité lombricienne (Rg), et faible porosité (IR); horizon frais; faiblement calcaire; compacité nulle (Rg), et très forte (IR); limite inférieure irrégulière et diffuse; présence de nombreuses racines d'adventices.

Horizon 10-30/35 cm (LA/Sca) : horizon brun foncé (10YR3/3), bien pourvu en matières organiques (MO=2,9%); texture argilo-limono-sableuse (38% d'argile); forte pierrosité (>30%), cailloux et graviers émoussés et arrondis de calcaires variés; structure polyédrique subanguleuse fine (Rg), et prise en masse (10-20cm) puis polyédrique anguleuse grossière (IR); très bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une intense activité lombricienne (Rg), et porosité faible (10-20cm) à modérée (IR); horizon frais; modérément calcaire (CT=25%), non chlorosant (CA<5%); compacité faible (Rg), et très forte (10-20cm) puis forte (IR); limite inférieure irrégulière et diffuse, au contact du matériau parental; développement modéré du système racinaire de la vigne, racines cm à >mm, droites, non ramifiées, saines à rosées (milieu pouvant être appauvri en oxygène), à étalement horizontal avec un étalement préférentiel à 30cm.

Horizon 30/35-35/60 cm (Sca) : horizon brun jaunâtre foncé (10YR4/4); texture argilo-limono-sableuse; forte pierrosité (>30%), cailloux et graviers émoussés et arrondis de calcaires variés; structure polyédrique subanguleuse moyenne à fine; bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une intense activité lombricienne; horizon frais à humide; modérément à fortement calcaire; compacité modérée à forte; limite inférieure irrégulière et nette, au contact du matériau parental; faible développement du système racinaire, racines mm à >mm, tourmentées, non ramifiées, toutes rosées (milieu pouvant être appauvri en oxygène), à étalement horizontal ou plongeantes.

Horizon 35/65 ou >65 cm (Cca) : horizon brun jaunâtre clair (10YR6/4) et brun jaunâtre (10YR5/6); texture sablo-argileuse (18% d'argile); très forte pierrosité (90%), blocs et graviers émoussés à arrondis de calcaires variés; structure polyédrique fine, non franche; faible porosité, d'origine structurale et texturale; horizon frais à humide; très fortement calcaire (CT=73%), peu chlorosant (CA=7%), ultra-basique (pH=9,0); faible développement du système racinaire, racines mm à >mm, tourmentées, non ramifiées, toutes rosées (milieu pouvant être appauvri en oxygène), à étalement horizontal ou plongeantes.

Rg = Rang ; IR = Interrang ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif ; MO = Matières organiques

Profil F20, les Sizies

Profils de sols associés :

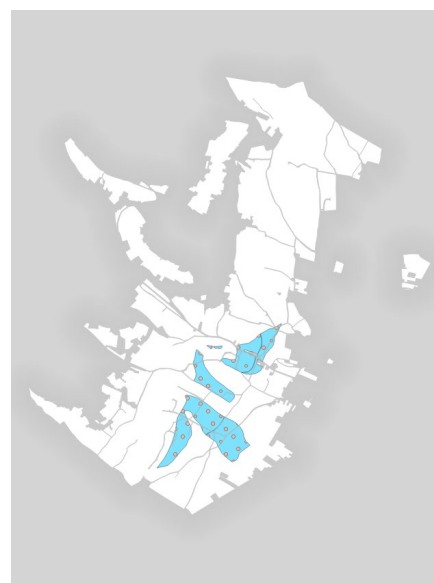
- Profil F19, Les Reversés
- Profil F20, Les Sizies,
- Profil F24, Les Tuvilains
- Profil F33, Les Chouacheux



Figure 108. Illustration de la variabilité de faciès au sein de la formation dite des Conglomérats d'âge Oligocène avec des alluvions très grossières de la taille des blocs (Profil F19 – les Reversés, à gauche) jusqu'à des faciès très fins et marneux (Profil F33 – les Chouacheux, à droite)

Types de sols et distribution spatiale

L'UCS 12 se compose de trois types de sols qui se différencient selon le référentiel pédologique français par leur état de carbonatation et par le caractère plus ou moins évolué des sols. Les sols de cette UCS sont tous composés par un horizon de surface calcaire enrichi en matières organiques (horizon organo-minéral, noté A) sous lequel on peut observer une horizon calcaire qui résulte de l'altération du matériau parental sous-jacent (horizon structural, noté S) (CALCOSOL) ; localement la faible épaisseur du sol et/ou les travaux de préparation de parcelle (mélange d'horizons) ont permis d'identifier uniquement l'horizon organo-minéral au contact direct du matériau parental (RENDOSOL). L'épaisseur du sol est assez variable, depuis des sols minces (30 cm) jusqu'à des sols épais (80 cm), avec une nette dominance des sols de 50 cm. La texture est principalement argilo-limono-sableuse (Als), et peut-être localement plus équilibrée (LAS). La charge en éléments grossiers est modérée à forte (20 à 30%). La matrice est modérément à fortement calcaire (CT variant de 15 à 45%), à teneurs +/- élevées en calcaire actif (CA variant de 5 à 13%) (*UTS 121* = CALCOSOL), pouvant être parfois chlorosant (*UTS 122* = CALCOSOL-RENDOSOL « hypercalcaire »).



Ces sols présentent de bonnes capacités de drainage avec toutefois une forte sensibilité au phénomène de tassement comme en témoignent les structures grossières et anguleuses observées dans les inter-rangs, voire les phénomènes de prise en masse (fermeture complète de la macroporisté). Ces sols résultent de l'altération d'alluvions calcaires à capacité de drainage limité, ce qui peut conduire localement (non cartographiable) à des phénomènes d'engorgement temporaire en eau des horizons d'altération des alluvions (exemple Profil F24 – les Tuvilains). Ces alluvions grossières sont emballées dans une matrice +/- drainante (LAS, LSA, Sa) très fortement calcaire (CT >70%) et très souvent chlorosante (CA variant de 7 à 25%). Ces conditions physico-chimiques peuvent entraver le bon développement du système racinaire de la vigne. Le troisième type de sol identifié au sein de l'UCS est une unité intermédiaire entre les sols de l'UCS 12 calcaire et les sols de l'UCS 13 non calcaire. Le mélange de ces types de sols sans distribution spatiale particulière a conduit à les regrouper au sein de l'**UTS 123** = CALCOSOL-CALCISOL sur conglomérats calcaires.

L'UCS 12 couvre environ 7% du vignoble de Beaune (34ha 87a). Cette UCS est uniquement observée dans la partie Sud du vignoble, en aval du versant, au débouché de la combe de Bouze-lès-Beaune. Elle couvre une large partie des climats le Bas des Teurons, les Teurons, Clos de la Mousse, les Reversés, les Seurey, les Avaux, Clos des Avaux, les Sizies, les Pertuisots, Clos Saint-Landry, les Tuvilains, les Pointes des Tuvilains, les Chouacheux, les Prévoles, Les Vignes Franches.

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-
F19	0-30	Limon argilo-sableux	28	28	15	12	18	0,8	2,3	1,34	0,18	7,4
	35-60	Limon sablo-argileux	18	25	24	16	17	2,4	0,2	0,11	-	-
F20	10-30	Argile limono-sableuse	38	21	14	10	17	0,3	2,9	1,70	0,20	8,6
	30-65	Sable argileux	18	15	6	13	48	0,8	0,5	0,28	0,09	3,2
F24	10-40	Argile limono-sableuse	32	30	16	10	12	0,7	2,6	1,52	0,15	10,0
F33	0-50	Argile limono-sableuse	37	26	18	8	10	0,5	3,3	1,91	0,20	9,5
	70-100	Limon argilo-sableux	20	40	11	10	19	2,6	0,3	0,17	-	-

Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F19	0-30	44,0	12,9	8,4	20,7	57,7	206	0,336	0,293	11,33	0,011	106	1,1
	35-60	69,6	9,5	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F20	10-30	25,2	4,6	8,4	29,5	61,8	167	0,384	0,425	12,93	0,012	76	0,9
	30-65	72,8	6,6	9,0	13,0	68,0	296	0,110	0,134	10,51	0,011	7	0,8
F24	10-40	31,6	12,3	8,3	24,6	60,8	191	0,373	0,215	12,62	0,015	110	1,7
F33	0-50	17,2	5,0	8,2	24,3	47,4	189	0,549	0,258	12,18	0,017	150	2,1
	70-100	78,4	25,0	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

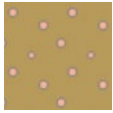
- Sols minces à épais, +/- poreux, à bonne capacité de drainage, sous-sol à +/- bonne perméabilité ; ressuyage plutôt lent, sols toujours sains, horizons d'altération du sous-sol pouvant être engorgés. Bon développement du système racinaire, sur l'ensemble du profil pédologique ; réserve utile en eau modérée à bonne (variant de 50 à 120 mm), probablement supérieur (sous-sol non consolidé à texture favorable à la rétention en eau).
- ⇒ **Contrainte hydrique modérée**, progressive et tardive dans la saison
- Pentas faibles à très faibles, profil topographique plan ; textures argileuses ; pierrosité de surface faible à modérée
- ⇒ **Sensibilité à la compaction modérée à très forte**, avec une aptitude à la fissuration modérée
- ⇒ **Sensibilité à la battance faible**,

⇒ **Sensibilité à l'érosion hydrique faible,**

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols +/- calcaires, minces à épais, +/- chlorosants, sous-sol chlorosant ; à pH basique ; très bonne CEC (>25cmol+/kg), sursaturée (principalement par le calcium). Sols bien pourvus en cations, en magnésium, en potassium, avec un bon équilibre K/Mg
- ⇒ **Risques de chlorose ferrique plutôt élevés**, fonction de l'épaisseur du sol et du pouvoir +/- chlorosant du matériau parental (CA variable à une échelle locale)
- ⇒ **Disponibilité réduite des oligo-éléments** et du **phosphore** (pH basique)
- ⇒ **Niveau de fertilité élevé**

- Horizon organo-minéral carbonaté, à texture argileuse, bien pourvu en MO, poreux et sains.
 - ⇒ **Sols riches en humus stable, à minéralisation lente à très lente** (surtout sur sol compacté), à **alimentation azotée généralement faible**



UCS 13: Sol argilo-limoneux à argileux, non calcaire, moyennement épais, à charge variable en éléments grossiers, issu d'alluvions calcaires grossières chlorosantes à faible perméabilité

CALCISOL issu de conglomérats calcaires chlorosants

Géologie et géomorphologie

Géologie / matériau parental : alluvions grossières à très grossières (graviers à blocs) calcaires, emballés dans une matrice fortement calcaire et chlorosante (Conglomérats d'âge Oligocène – g³)

Géomorphologie : pentes très faibles à modérées, situées dans la partie aval du versant

État de surface : couleur brun, brun soutenu, à brun jaunâtre foncé ; à texture principalement argileuse (Al, A), localement plus limoneuse (La) ; pierrosité de surface faible à forte (5-50%), composée de graviers et de cailloux, émoussés à arrondis, de calcaires variés ; matrice non effervescente à HCl.

Description du profil type



CALCISOL colluvial issu de conglomérats calcaires

État de surface : pierrosité de surface modérée (15%) cailloux et graviers subanguleux, émoussés, de calcaires variés

Horizons

Horizon 0-10 cm (LAc1) : horizon brun jaunâtre foncé (10YR4/4), fortement organique; texture argilo-limoneuse (35% d'argile); pierrosité modérée (10%), graviers et cailloux subanguleux à émoussés de calcaires variés; structure grumeleuse à polyédrique subanguleuse fine (Rg), et prise en masse (IR); très bonne porosité, d'origine structurale (Rg), et très faible (IR); horizon frais; très faiblement calcaire; compacité nulle (Rg), et modérée à forte, suivant un gradient de profondeur (IR); limite inférieure plane et diffuse; présence de racines d'adventices.

Horizon 10-30 cm (LA/Sc1) : horizon brun jaunâtre foncé (10YR4/4 à 4/6), bien pourvu en matières organiques (MO=2,6%); texture argilo-limoneuse (35% d'argile); pierrosité modérée (10%), graviers et cailloux subanguleux à émoussés de calcaires variés; structure polyédrique subanguleuse moyenne à fine (Rg), et prise en masse (10-22cm), puis polyédrique anguleuse grossière (IR); bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une bonne activité lombricienne (Rg), et porosité très faible (10-22cm), puis faible (IR); horizon frais; non calcaire (CT<5%), mais sursaturé (S/T>120%); compacité faible à modérée, suivant un gradient de profondeur (Rg), et forte (IR); limite inférieure plane et diffuse; développement modéré du système racinaire de la vigne, racines mm à >mm, droites, non ramifiées, à étalement horizontal, saines.

Horizon 30-55 cm (Sc1) : horizon brun jaunâtre foncé (10YR4/4 à 4/6); texture argilo-limoneuse; faible pierrosité (5%), graviers et cailloux subanguleux à émoussés de calcaires variés; structure polyédrique (sub)anguleuse moyenne, à sous-structure fine; bonne porosité, d'origine structurale et biologique, avec une intense activité lombricienne; horizon frais; non calcaire; compacité modérée; limite inférieure ondulée et diffuse; bon développement du système racinaire, racines >cm à mm, droites, peu ramifiées, à étalement horizontal et plongeantes (y compris dans l'IR), saines.

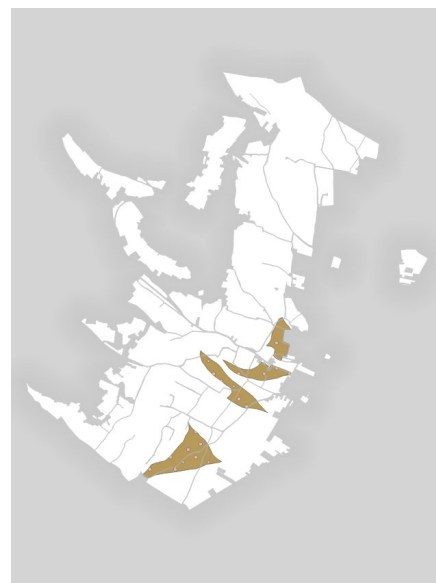
Horizon 55-80 cm (S/Cca) : horizon brun jaunâtre (10YR5/8) à jaune brunâtre (10YR6/8); texture limono-sablo-argileuse (15% d'argile); forte pierrosité (40-50%), graviers, cailloux et pierres émoussés à arrondis de calcaires variés; structure polyédrique fine à grossière, +/- bien exprimée; porosité modérée, d'origine structurale et biologique, avec une faible activité lombricienne; horizon frais; fortement calcaire (CT=58%), +/- chlorosant (CA=10%); développement modéré du système racinaire, racines >mm à mm, +/- tourmentées, non ramifiées, plongeantes entre les éléments lithiques.

Profil F28, les Beaux Fougets

Rg = Rang ; IR = Interrang ; CT = Calcaire total ; CA = Calcaire actif ; MO = Matières organiques

Types de sols et distribution spatiale

L'UCS 13 se compose d'un unique type de sol constitué par un horizon de surface non calcaire enrichi en matières organiques (horizon organo-minéral, noté Aci) qui surmonte un horizon non calcaire résultant de l'altération du matériau parental sous-jacent (horizon structural, noté Sci) (CALCISOL). L'épaisseur du sol varie peu, entre 40 et 60 cm. La texture est majoritairement argileuse (Al, A) mais peut être plus légère localement (La, LAS). La pierrosité est faible à modérée (5 à 20%) et composée de graviers et cailloux émoussés à arrondis de calcaires variés. La matrice du sol est non calcaire (pas d'effervescence à HCl) mais reste saturée principalement en ions calcium (sol calcique). Ces sols présentent une assez bonne capacité de drainage avec toutefois une forte sensibilité au phénomène de tassement (structure grossière, voire prise en masse dans l'interrang). Ces sols résultent de l'altération d'alluvions calcaires à capacité de drainage limitée, ce qui peut conduire localement (non cartographiable) à des phénomènes d'engorgement temporaire en eau des horizons d'altération des alluvions. Ces alluvions grossières sont emballées dans une matrice +/- drainante, très fortement calcaire et très souvent chlorosante.



L'UCS 13 est peu représentée sur le secteur d'étude puisqu'elle couvre seulement 5% du vignoble (28ha 23a). Les sols de l'unité se situent à l'aval de l'UCS 12. On peut les observer au niveau des climats les Teurons, la Creusotte, les Sceaux, les Reversés, les Avaux, Clos des Avaux, Belissand, les Paules, les Chouacheux, les Boucherottes, les Beaux Fougets, les Bons Feuvres.

Propriétés physico-chimiques

Fosses	Profondeur horizon	Texture		Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Indice de battance	Matière organique	Carbone total	Azote total	C/N
	cm	-	-	%	%	%	%	%	-	%	%	%	-
F28	0-30	Argile limoneuse		35	31	25	5	4	0,8	2,6	1,49	0,16	9,1
	60-80	Limon sablo-argileux		15	31	17	12	24	2,3	0,8	0,45	0,09	4,9

Fosses	Profondeur horizon	Calcaire total	Calcaire actif	pH H ₂ O	CEC	CEC _{arg}	Saturation	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Phosphore	K ₂ O/MgO
	cm	%	%	-	cmol+/kg	cmol+/kg	%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	-
F28	0-30	2,4	-	8,2	24,7	55,8	138	0,344	0,319	8,87	0,027	48	1,1
	60-80	58,4	9,6	8,6	13,6	78,4	288	0,125	0,098	10,73	0,013	6	1,3

Propriétés physiques et fonctionnement hydrique :

- Sols peu épais, +/- poreux, à bonne capacité de drainage, sous-sol à +/- bonne perméabilité ; ressuyage plutôt lent, sols toujours sains, horizons d'altération du sous-sol pouvant être engorgés. Bon développement du système racinaire, sur tout le profil pédologique ; réserve utile en eau modérée (de l'ordre de 90 mm), probablement supérieure (sous-sol non consolidé à texture favorable à la rétention en eau).

⇒ **Contrainte hydrique modérée**, progressive et tardive dans la saison

- Pentes très faibles à modérées, profil topographique plan ; textures argileuses ; pierrosité de surface faible à modérée
- ⇒ **Sensibilité à la compaction forte**, avec une aptitude à la fissuration modérée
- ⇒ **Sensibilité à la battance faible**,
- ⇒ **Sensibilité à l'érosion hydrique faible**,

Environnement chimique et fertilité minérale :

- Sols non calcaires, généralement peu épais, sous-sol pouvant être chlorosant ; à pH basique ; très bonne CEC (>25cmol+/kg), sursaturée (principalement par le calcium). Sols bien pourvus en cations, à teneur un peu faible en magnésium, et en potassium, avec un bon équilibre K/Mg
- ⇒ **Risques de chlorose ferrique modérés**, fonction de l'épaisseur du sol et du pouvoir +/- chlorosant du matériau parental
- ⇒ **Disponibilité réduite des oligo-éléments** et du **phosphore** (pH basique)
- ⇒ **Niveau de fertilité élevé**

- Horizon organo-minéral calcique, à texture argileuse, bien pourvu en MO, poreux et sains.
- ⇒ **Sols riches en humus stable, à minéralisation lente** (surtout sur sol compacté), à **alimentation azotée généralement faible à modérée**

6.4. Le sol, une composante importante du terroir

6.4.1. Les sols du vignoble de Beaune

Le secteur d'étude possède des sols représentatifs du vignoble de la Côte. La distribution des sols le long du versant est intimement liée au type de matériau parental et à la topographie ; elle suit donc un modèle de **topolithoséquence** (Mériaux et al., 1981). Toutefois la diversité des matériaux parentaux d'âge Jurassique et plus récents, évoluant sur de courtes distances, vient complexifier la répartition théorique des sols. Les différences s'expliquent par (i) une forte **diversité lithologique**, avec sept formations géologiques d'âge Jurassique différentes à l'affleurement, (ii) une très forte influence des processus de **colluvionnement** sur les substrats d'âge Jurassique, (iii) la présence non négligeable de formations **alluviales** à l'est de l'appellation, (iv) une modification locale, mais substantielle du milieu liée aux **activités humaines**, causée par une extraction de pierre dans le passé (anciennes carrières).

De manière générale, on peut dire que les sols viticoles en AOP sur Beaune sont :

- des sols **saturés** majoritairement en **ions calcium**
- des sols **sursaturés** avec des taux de saturation >100%
- des sols **basiques**, avec des pH compris entre 8.1 et 8.7 sur l'ensemble de l'aire en AOP, issus de l'altération de matériaux parentaux **basiques** à **très basiques** avec des pH variant entre 8.0 et 9.0.
- des sols présentant une forte variabilité des classes texturales représentées principalement par les classes **argilo-limoneuses** et **argileuses** (Figure 109) et issus de l'altération de sous-sols majoritairement drainant pour lesquels les classes **sableuse**, **sablo-limoneuse** et **limoneuse** prédominent
- des sols majoritairement **calcaires** sur plus des trois quarts du secteur d'étude, avec des teneurs en calcaire total **très faibles** à **très fortes** (1% jusqu'à 56%) et des teneurs en calcaire actif faibles à modérées, pouvant atteindre 13%, qui résultent localement de l'altération de **matériaux parentaux excessivement calcaires** (calcaire total pouvant atteindre 86%) avec des teneurs **fortes** en **calcaire actif** (pouvant atteindre 25%) ; matériaux pouvant participer à l'alimentation hydrique de la vigne
- en majeure partie des sols **peu épais** (<60 cm) qui vont contraindre la vigne à s'alimenter dans le **matériau parental** sous-jacent ; alimentation qui va être fortement contrôlée d'une part par **l'état d'altération** du matériau parental et de son faciès (contraintes physiques) et de **l'état de carbonatation** de celui-ci (barrière chimique liée aux excès de carbonate de calcium, calcaire actif).

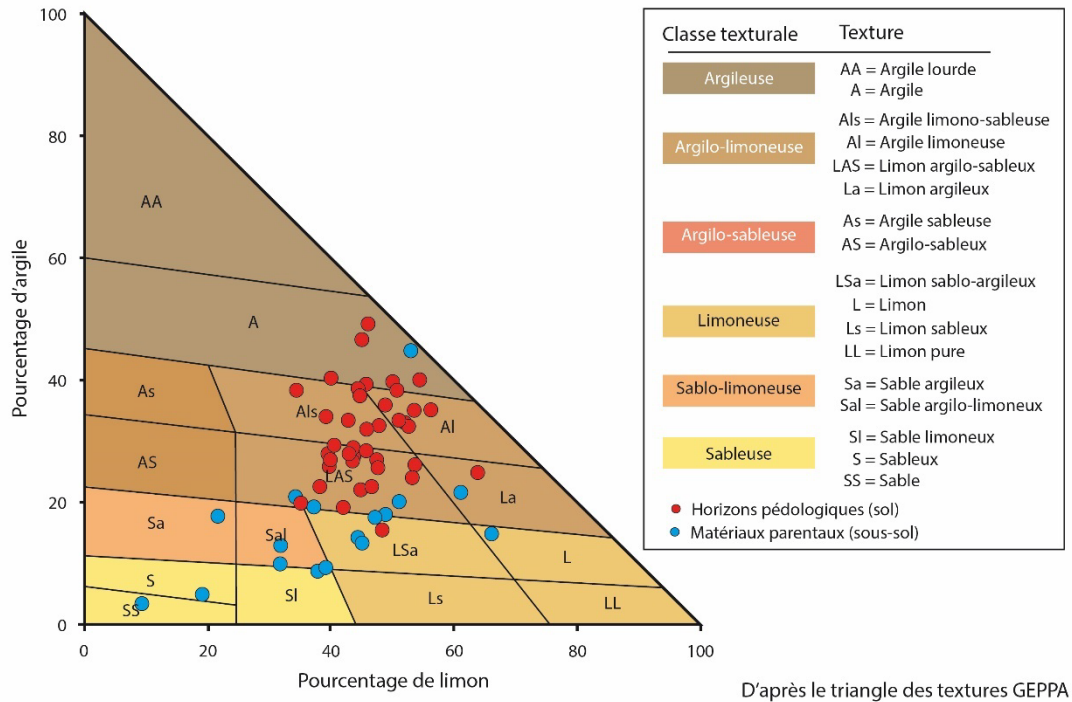


Figure 109. Distribution des textures analysées en laboratoire pour les horizons pédologiques et les matériaux parentaux replacées sur le triangle des textures GEPPA.

Sur les secteurs du vignoble de Beaune, les sols formés en partie par l'altération de substrats d'âge Jurassique sont très nettement issus de l'altération des **formations de calcaires** : Calcaires de Dijon-Corton et de Ladoix (J_{2d-3}), Calcaires à faciès variés d'âge Oxfordien (J₅₋₆), Calcaires oobioclastiques graveleux (J_{6a-b}), Calcaires fins à lithographiques (J_{6b-c}), représentant **85%** des sols sur substrat d'âge Jurassique (UCS 01 à UCS 03). Les sols issus de formations **marneuses** ou **marno-calcaires** (Marnes oxfordiennes (J₅₋₆), Marnes de Chevrey-Pommard (J_{6b1})) représentent seulement 15% des sols issus de l'altération de formations d'âge Jurassique (UCS 04 et UCS 05). Ces divers faciès calcaires et marneux ont contribué au cours du temps à la mise en place de sols présentant des spécificités qui peuvent influencer le développement de la vigne. Ainsi les sols sur calcaires durs et compacts, à pâte fine (J_{6b-c}), vont présenter des textures plutôt riches en argiles, alors que les sols issus de l'altération de calcaires constitués de débris de fossiles et d'oolithes (Calcaires de Dijon-Corton, Calcaires de Ladoix, Calcaires oobioclastiques graveleux) vont présenter des textures nettement plus équilibrée (LAS, Sal, LSa). Cette différence de texture s'exprime également sur les formations marneuses, avec des textures majoritairement limoneuses. Ces propriétés texturales vont avoir une influence directe sur la capacité des sols à retenir l'eau - notion de réserve utile en eau - et sur leurs propriétés mécaniques (aptitude à la fissuration, sensibilité au tassement, sensibilité à l'érosion, etc.).

L'une des particularités du versant viticole de Beaune est qu'il a été marqué par d'important **processus de colluvionnement** qui ont conduit à la mise en place de sols avec des propriétés physico-chimiques qui ne reflètent pas forcément les caractéristiques des substrats d'âge Jurassique sous-jacents. Les sols soumis à des processus de colluvionnement intenses (UCS 06 à UCS 09) représentent **un cinquième** (20%) des sols du secteur d'étude (Figure 110). De plus, certains sols résultant de l'altération de formations d'âge Jurassique ou d'alluvions récentes sont en partie issus de processus de colluvionnement plus ou moins importants (NOM DU SOL + adjectif colluvial) (ex. UTS 22, UTS 32, UTS 102). En fonction de l'importance des processus de colluvionnement, les sols vont présenter des propriétés complètement différentes par rapport à un sol qui se serait formé par la seule altération du substrat d'âge Jurassique. Ces différences liées au colluvionnement

peuvent se marquer à la fois sur les teneurs en matières organiques, sur la pierrosité, sur la texture, ou bien encore sur le caractère plus ou moins chlorosant du sol (calcaire actif). Quand les processus de colluvionnement sont importants (plusieurs mètres d'épaisseur), le sol se forme directement par l'altération de ces colluvions (UCS 06). Dans ce cas précis, le substrat d'âge Jurassique sous-jacent ne participe pas ou très peu à l'alimentation de la vigne.

Une autre particularité du secteur s'exprime par la présence de *formations alluviales* dans la partie aval du versant viticole (UCS 10 à UCS 13). Les sols qui se développent sur ces formations alluviales occupent presque *un tiers* (29%) de l'aire étudiée en appellation (Figure 110). La diversité lithologique de ces alluvions, l'âge de leur dépôt, les variations micro-topographiques, ont conduit au cours du temps à la mise en place de types de sol qui présentent des propriétés physico-chimiques variées. On va ainsi distinguer deux groupes de sols aux caractéristiques bien différentes ; avec d'une part les sols +/- calcaires mais non chlorosants qui sont issus de l'altération d'alluvions (alluvions anciennes, cônes alluviaux) à bonne capacité de drainage (UCS 10 et 11) et d'autre part, les sols +/- calcaires issus de l'altération d'alluvions très calcaires et chlorosantes (conglomérats d'âge Oligocène) à perméabilité réduite et pouvant faire l'objet d'engorgement temporaire en eau – hydromorphie – (UCS 12 et 13). Ainsi, pour les sols les plus courts (UTS 122), le matériau parental va systématiquement participer à l'alimentation de la vigne. Dans ce cas-là, la prise en compte des propriétés chimiques des alluvions sous-jacentes est primordiale afin de choisir le matériel végétal le plus adapté à cet environnement chimique particulier (risque élevé de chlorose ferrique).

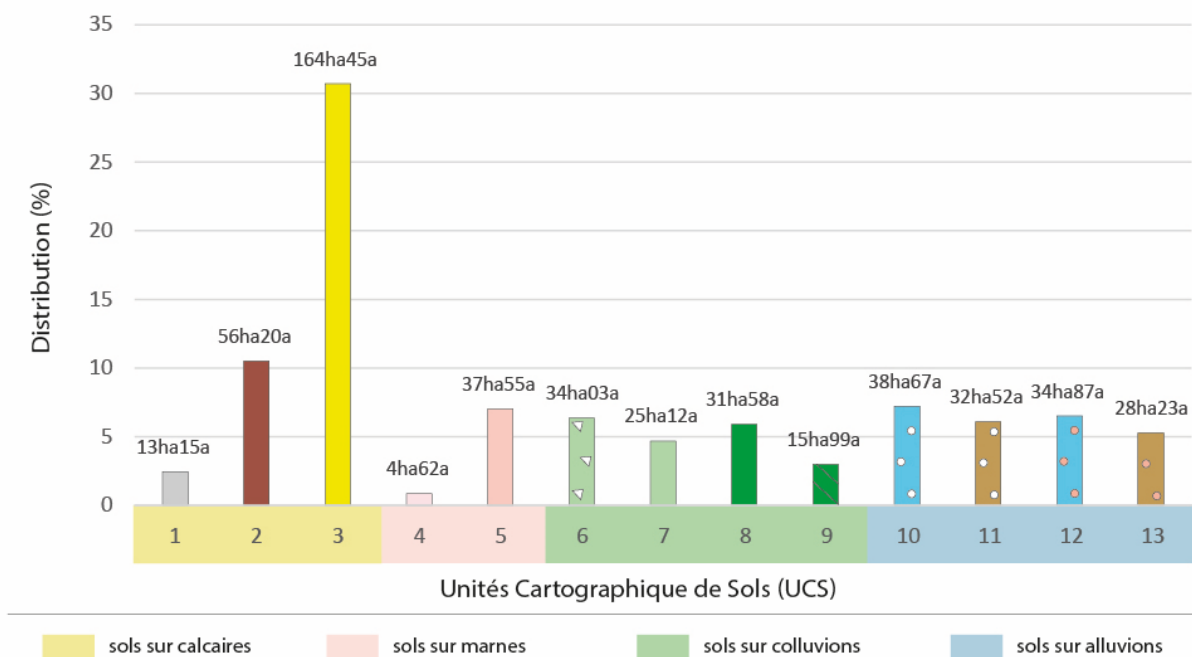


Figure 110. Distribution des Unités Cartographiques de Sols (UCS) au sein du vignoble de Beaune

6.4.2. Niveaux d'AOP et diversité des sols

Dans les études dites « de terroir », le sol représente une composante essentielle, en raison de sa diversité qui lui confère des aptitudes agroviticoles particulières ayant un impact sur la production de la vigne et sur la qualité du raisin (Vaudour et Shaw, 2005). Des études sur les sols viticoles de la Côte ont cherché à déterminer s'il existait un lien entre le niveau d'AOP et les types de sols (Blaquière, 1967 ; Mériaux et al.,

1981). Les résultats ont mis en évidence qu'il n'était pas possible d'individualiser les types de sols en fonction des niveaux d'AOP. Pour le secteur d'étude il *n'existe pas non plus de lien direct*, toutefois certaines tendances ressortent (Figure 111).

- D'une *manière générale*, on observe que la diversité pédologique est plus ou moins importante en fonction des niveaux d'AOP ; ainsi les *premiers crus* et l'appellation *communale Beaune* vont présenter la *plus forte diversité* au niveau du sol avec respectivement 11 et 13 UCS, alors que l'AOP communale Côte de Beaune est représentée par seulement 7 UCS. Ceci s'explique en partie par la distribution des niveaux d'appellations sur le coteau ; les Côtes de Beaune étant situées dans les parties amont du versant viticole, elles ne peuvent présenter par exemple des sols issus d'alluvions situées dans le bas du versant. A l'inverse l'AOP communale Beaune avec ses 13 UCS couvre la totalité des matériaux parentaux identifiés sur le vignoble de Beaune, permettant ainsi une diversité pédologique importante.
- La distribution des UCS pour l'*AOP Beaune premier cru* est assez représentative de la distribution des sols du vignoble beaunois (Figure 110, Figure 111). C'est tout à fait normal puisque la majeure partie du vignoble de Beaune est classé en premier cru (à hauteur de deux-tiers du vignoble). Les sols des premiers crus de Beaune sont majoritairement issus de l'altération de formations de calcaires d'âge Jurassique sur environ la moitié du niveau d'AOP (47%) (Figure 111). Les sols des premiers crus sont également issus de formations superficielles, sur la moitié de l'aire en appellation (50%). Ils sont issus soit de colluvions (23% de l'aire en AOP) ou d'alluvions (27% de l'aire en AOP). Enfin les sols sur marnes sont très peu représentés pour ce niveau d'appellation et couvre seulement 2% de l'aire en AOP Beaune premier cru. Les sols marqués par des phénomènes d'engorgement en eau de moyenne profondeur (UCS 9) ne sont pas présents dans les premiers crus.
- Le secteur en *AOP communale Beaune* est le plus diversifié du vignoble beaunois, car toutes les UCS cartographiées y sont présentes. À la différence des premiers crus, les sols de l'appellation Beaune sont majoritairement (sur 43% de l'aire en AOP) issus de l'altération de formations alluviales et plus particulièrement de formations alluvions très drainantes (alluvions anciennes, cônes alluviaux). En second lieu, les sols de l'AOP communale sont issus de formations de calcaires sur un peu plus d'un quart du secteur (27%). Les sols sur colluvions occupent environ un cinquième de l'AOP Beaune (19%). Enfin les sols sur marnes se distribuent sur un dixième du secteur (11% de l'aire en AOP). Malgré cette importante diversité toutes les UCS ne sont pas représentées à parts égales pour ce niveau d'AOP et certaines sont très faiblement représentées (UCS 1, UCS 4, UCS 6 et UCS 12).
- Pour l'*AOP Côte de Beaune*, la moins diversifiée du secteur d'étude, ce sont comme pour les premiers crus, les sols issus de l'altération de calcaires qui sont les plus représentés, à hauteur de 59% de l'aire en AOP. En second lieu, ce sont les sols sur formations marneuses ou marno-calcaires qui occupent plus de 30% des secteurs en AOP Côte de Beaune. Enfin la position de haut de versant limite fortement la présence de colluvions ce qui explique la très faible proportion des sols sur colluvions, avec seulement 4% de l'aire en AOP. Les sols sur alluvions sont absents pour ce niveau d'appellation.

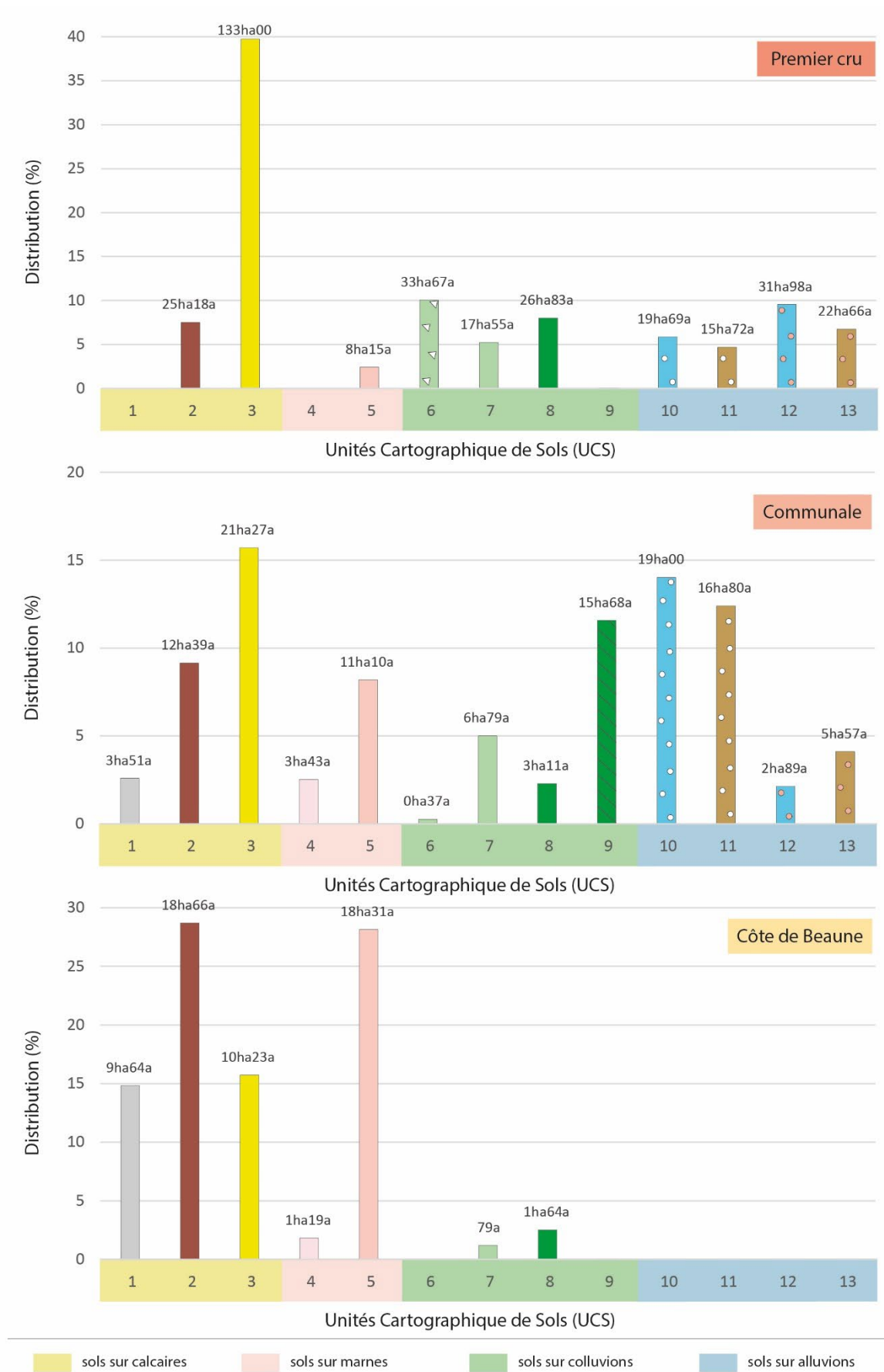


Figure 111. Distribution des Unités Cartographiques de Sols (UCS) pour chaque niveau d'AOP

7. Conclusions

L'étude détaillée des *paramètres physiques du paysage* viticole de Beaune permet de caractériser finement l'ensemble du secteur en appellation, mais également d'appréhender les spécificités de chacun des climats. Le vignoble, situé en Côte de Beaune, s'étend sur le coteau entre la bordure de la plaine de la Saône à l'Est et les plateaux calcaires à l'Ouest. Le versant viticole beunois est typique de la Côte de Beaune. Il se développe sur une très large partie du coteau, dont la morphologie, d'abord convexe en haut du versant puis concave à la mi-versant et plane plus en aval, est contrainte en partie par la nature plus ou moins résistante à l'érosion du sous-sol. Le vignoble est limité en haut de chacun des versants par d'épaisses formations calcaires qui ont résisté à l'érosion (Calcaires de fins à lithographiques). Les altitudes s'étagent de 217 à 360 mètres, pour des pentes globalement modérées à fortes (moyenne de 10,2%) et qui varient de 0 à plus de 161% localement, avec des expositions majoritairement tournées vers l'Est et le Sud-Est

La nature des roches qui constituent *le sous-sol* du vignoble beunois et leur distribution s'inscrit elle aussi dans la logique de la Côte de Beaune, avec des formations de calcaires et de marnes, intensément fracturées, et partiellement recouvertes de formations superficielles. Toutefois des particularités s'individualisent sur le secteur de Beaune. Ainsi, les versants sont surtout constitués de calcaires, parfois dolomités, et localement recouverts de colluvions riches en graviers calcaires anguleux. Les marnes affleurent surtout en haut du vignoble. Au pied du relief, des conglomérats et des marnes associés à la création du relief s'étendent au pied du coteau dans la partie méridionale, alors que des alluvions grossières se sont déposées au débouché de la vallée du Rhoin au Nord.

Les *sols viticoles* du vignoble de Beaune sont très intimement liés à la nature du matériau parental, à son agencement et aux variations topographiques locales. Comme sur l'ensemble de la Côte de Beaune et plus généralement sur la Côte, les sols suivent un modèle de distribution spatiale particulier : la topolithoséquence. Ainsi la distribution des sols sur le versant est dépendante à la fois de la topographie et de la nature du substrat géologique. Localement des variations peuvent être observées et notamment sur les secteurs où se sont déposées des formations superficielles (colluvions et/ou alluvions) ; c'est d'ailleurs une des particularités du vignoble de Beaune pour lequel presque la moitié (45%) des sols sont issus de l'altération de ces formations superficielles. Ainsi la diversité pédologique s'exprime à la fois par la forte variabilité des formations jurassiques mais également par la présence non négligeable de colluvions et l'alluvions. Les sols issus de l'altération de calcaires (UCS 01 à UCS 03) sont généralement minces à moyennement épais, plus ou moins calcaires, non ou peu chlorosants, à pierrosité variable, sains (non hydromorphes), et présentent des réserves hydriques plutôt modérées. Les sols reposant sur des formations marneuses (UCS 04 et UCS 05) sont minces à peu épais, à matrice très calcaire voire très fortement calcaire pour les horizons d'altération des marnes, plus ou moins chlorosants, sains et présentent des réserves hydriques moyennes à fortes. Les sols issus de l'altération de formations superficielles d'origine colluviale (UCS 06 à UCS 09) présentent quant à eux une très forte variabilité de leurs propriétés pédologiques, physiques et chimiques, avec les sols les plus épais du secteur d'étude, et des réserves utiles en eau modérées à très fortes limitant très fortement les stress hydriques estivaux. Enfin les sols issus de l'altération de formations alluviales (UCS 10 à UCS 13) déclinent également une forte variabilité de leurs propriétés physico-chimiques et notamment au niveau de la carbonatation avec des sols plus ou moins chlorosants, ou bien encore de leur capacité de drainage très bonne à faible ; ils présentent un réservoir hydrique que l'on peut qualifier de modérée à bon. La proximité de la ville de Beaune a causé dans les périodes historiques une forte extraction de la pierre comme matériau de construction, et le vignoble actuel est ponctué de nombreuses anciennes carrières, et les sols viticoles sont fréquemment le résultats de remaniements plus ou moins conséquents par l'homme.

Cette étude permet à la fois d'avoir une vision générale du vignoble de Beaune et de caractériser finement chaque climat de l'appellation. Il faut toutefois faire attention car l'échelle de 1/10 000 ne peut pas autoriser une analyse fiable à l'échelle intra-parcellaire, la taille des parcelles étant inférieure à la précision des limites sur les cartes. La généralisation de ce type d'étude sur l'ensemble du vignoble bourguignon en déterminant les propriétés physiques du paysage, la nature précise du sous-sol et les spécificités des sols viticoles, permettrait de comprendre à l'échelle à la fois régionale et très locale les caractéristiques précises des facteurs naturels du terroir, et la logique de leurs interactions complexes.

Bibliographie

AFES, 2008. Référentiel pédologique 2008, Savoir-faire. Quae éd., 480 p.

AFES, 2014. Définition du sol. [online] http://www.afes.fr/afes/docs/AFES_d%C3%A9finition_SOL.pdf

BAIZE, D., 2004. Petit lexique de pédologie. INRA, 271 p.

BARBEAU, G., BOTTOIS, N., GOULET, E., MORLAT, R., 2008. Vers une meilleure valorisation des vins : une méthode pour caractériser les terroirs. FaçSade Résultats Rech. Dép. INRA-SAD 4 pp.

BLAQUIÈRE, C., 1967. Contribution à la connaissance des sols et appellations d'origine de deux vignobles blancs de la Côte de Beaune. Université de Bourgogne, Dijon, 150 p. + Fig.

BON, C., & RIGAUX, J., 2008. Gevrey-Chambertin – Joyau du Terroir. 2ditions Terre en Vues, 135 p.

BRUAND, A., DUVAL, O., COUSIN, I., 2004. Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à partir de la base de données SOLHYDRO : Une première proposition combinant le type d'horizon, sa texture et sa densité apparente. Etude et Gestion des Sols 11: 323-332.

BRGM, 1985. Carte géologique de la France (1/50 000), Beaune, n°526, BRGM éd..

BROUSSET, J.M., PICQUE, D., GUERIN, L., GOULET, E., PERROT, N., 2010. Potentiel des sols viticoles et qualité des vins. Presented at the VIII International Terroir Congress, Soave, Italie, p. 6 p.

BURGOS, S., 2007. Le comportement thermique des sols : caractérisation et influence sur la vigne. Colloque : Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? , Dijon-Beaune, 3 p.

CAMPY, M., 2017. Terroirs viticoles du Jura. Méta Jura éditions, 256 p.

CAMPY, M., MACAIRE, J.J., 1989. Géologie des formations superficielles : géodynamique-faciès-utilisation. Masson, 433 p.

CHEVIGNY, E., 2014. Cartographie de la diversité des sols viticoles de versant par imagerie à haute résolution : contribution à la connaissance des terroirs. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 392 p.

CHRÉTIEN, J., 2000. Référentiel pédologique de Bourgogne à 1/250 000. Régions naturelles, pédopaysages et sols de la Côte-d'Or. INRA éd., carte + notice, 194 p.

CHRISTEN, M. et MONIMEAU, A., 2007. Appellation Côtes de Castillon – Cartographie des sols (1/25.000) et Caractérisation des Terroirs Viticoles. Rapport d'activité , 118 p.

CORBIER, P., 1999. Mise en évidence d'une alimentation des aquifères poreux plio-quaternaires par les massifs karstiques de bordure : étude des relations entre la côte et l'arrière-côte dijonnaise et la plaine de Bresse. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne.

GARCIA, J.P., 2011. Les *climats* du vignoble de Bourgogne comme patrimoine mondial de l'humanité. Éd. Universitaires de Dijon, 357 p.

MÉRIAUX, S., CHRÉTIEN, J., VERMI, P., LENEUF, N., 1981. La Côte viticole. Ses sols et ses crus. Bull. Sci. Bourgogne 34, 17–40.

MOUREY, F., 2014. Les Boutières, étude multidisciplinaire de climat(s) aux limites des communes. Rapport de stage de fin d'étude (2^{ème} année) de Master Vigne Vin Terroir, de l'Institut Universitaire de la Vigne et du Vin Jules Guyot, Université de Bourgogne, Dijon, 88 pages + Annexes

OIV, 2010. Définition du "terroir" vitivinicole. Résolution OIV/VITI 333/2010. Tbilissi, 1 p.

OIV, 2012. Lignes directrices OIV des méthodologies du zonage vitivinicole au niveau du sol et au niveau du climat. Résolution OIV/VITI 423-2012 REV1, 19 p.

RAT, P., 1986. Guides géologiques régionaux, Bourgogne Morvan, éditions Masson, 161 p.

SALETTE, J., 1998. Le concept de terroir : une logique pour l'étude du lien du terroir au produit. Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France, vol. 84, n°2, 3-17 p.

VAN LEEUWEN, C., VIVIN, P., 2008. Alimentation hydrique de la vigne et qualité des raisins. Innov. Agron. 159–167 p.

VAN LEEUWEN, C., VIVIN, P., 2011. Les méthodes d'estimation de l'alimentation azotée de la vigne et des raisins au vignoble : état de l'art. Présentation orale au Colloque « L'azote : un élément clé en viticulture et en œnologie », Toulouse, France (2011-12-08 - 2011-12-08).

VAUDOUR, E., SHAW, A.B., 2005. A worldwide perspective on viticultural zoning. South Afr. J. Enol. Vitic. 26, 106–115 p.

SARL ADAMA
1 chemin de la rente neuve
21160 Flavignerot
France

Tél. +33 (0)3 80 35 31 51
Mail. contact@adama-terroirs.fr
Site web. www.adama-terroirs.fr



Françoise VANNIER,
Géologue
+33 (0)6 47 19 63 73

&

Emmanuel CHEVIGNY,
Géo-pédologue
+33 (0)6 52 41 17 19