



RESERVE NATURELLE DE

LA CARAVELLE

Inventaire 2022 des placettes permanentes

Evolution des unités écologiques

Michel VENNETIER

Juillet 2022

L'enseignement le plus spectaculaire de la campagne de mesure de janvier 2022 est le niveau très élevé des dépérissements, dans toutes les strates de la végétation : arbres, sous-étage, herbacées. Ils se traduisent par une forte ouverture du couvert, liée à la fois aux nombreux végétaux clairement morts et au niveau élevé de défoliation des survivants. Début janvier la totalité des plantes reste habituellement feuillées. Il est difficile de savoir pour les plantes entièrement ou fortement défoliées, notamment les espèces sempervirentes censées conserver leurs feuilles en saison sèche, s'il s'agit de mortalité ou d'un état transitoire dont elles sortiront à la prochaine saison des pluies. En cas de survie, elles en sortiront très affaiblies dans tous les cas.



Photo 1 ci-dessus: dépérissements en forêt, arbres et sous-étage

Photo 2 ci-dessous: bois couchés du versant est, montrant de nombreuses lignes aux cimes desséchées, et autour du phare la défoliation généralisée de la végétation.



REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé pour le Parc Naturel Régional de la Martinique (PNRM). Je remercie tout particulièrement:

La direction scientifique du PNRM et notamment **Louis-Jean Laurent** pour leur implication dans le lancement, le financement et l'organisation de cette mission, qui permet le suivi à long terme d'un travail commencé il y a plus de 30 ans.

Christophe Auguste qui m'a accompagné durant les trois semaines de la mission 2022, dont les connaissances botaniques ont été très précieuses et **Thomas Alexandrine** qui a contribué à la préparation du travail de terrain (repérages, peintures) et à la première semaine d'inventaire. Tous deux ont fait preuve d'une grande motivation et compétence, et ils avaient déjà contribué aux inventaires de 2015 qui servent de référence pour évaluer l'évolution de la végétation et des milieux. Plusieurs autres gardes et personnels du PNR ont également contribué ponctuellement aux inventaires au cours de la première semaine.

REMARQUES PRELIMINAIRES

L'inventaire s'est déroulé du 3 au 21 janvier 2022. Il était prévu une équipe de base de trois personnes (deux personnels du parc m'accompagnant) renforcée ponctuellement par d'autres personnels. Or en raison d'une contamination d'un des gardes par le COVID, les deux dernières semaines n'ont pu être réalisées qu'à deux avec une journée non travaillée en attendant les résultats des tests. Le programme a donc dû être fortement allégé. De plus, les placettes n'avaient pas été repérées préalablement au GPS comme convenu et les marques de peinture sur les arbres n'avaient été renouvelées que sur une partie de ces placettes. Seul l'inventaire des placettes a donc pu être réalisé. Les mesures de hauteur des arbres, ainsi que la vérification des limites des types de peuplements préalablement cartographiés par photos satellites et aériennes, n'ont pas pu être faites. Les photos n'ont pas pu être prises sur certaines placettes. Quelques doutes subsistent après saisie des données, sur l'identification de quelques plantes ou sur quelques mesures de circonférences et positionnement d'arbres dans les placettes. Un travail complémentaire, réalisable par le personnel du PNR sera nécessaire dans l'année.

De plus, l'état de santé de beaucoup d'arbres était extrêmement dégradé lors des mesures, sans qu'il soit pour certains possible de dire avec certitude s'ils étaient morts, mourants ou simplement anormalement défolié. Là encore, un point sur l'état sanitaire en fin de saison des pluies 2022 sera nécessaire pour valider les observations de janvier. Une analyse de la végétation par les photos satellites (NDVI) en comparant fin 2021 ou janvier 2022 et fin 2022 avec la dernière référence analysée (fin 2018) serait très pertinente pour cartographier et évaluer les pertes de surface foliaire et de densité de la végétation dans son ensemble.

Table des matières

RESUME	4
INTRODUCTION.....	5
PRESENTATION GENERALE.....	5
CONDITIONS DE REALISATION DE L'ETUDE.....	5
HISTORIQUE DE LA VEGETATION ET EVOLUTION DES UNITES ECOLOGIQUES	7
PROTOCOLE DE MESURES.....	8
HISTORIQUE DE LA VEGETATION DE LA RESERVE.....	9
EVOLUTION GLOBALE DE LA VEGETATION DEPUIS 1925	9
ANALYSE DES RESULTATS : INVENTAIRE 2022.....	10
TAUX DE MORTALITE ET DE RENOUVELLEMENT	10
CROISSANCE DES ARBRES ET BALIVEAUX	11
EVOLUTION DU SOUS-BOIS.....	12
COMPORTEMENT EN PLANTATION DES ESPECES CLIMACIQUES	15
DYNAMIQUE DES BOIS-COUCHES ET SAVANES DE BORD DE MER.....	15
SUIVI DES PLACETTES D'EROSION.....	16
CONCLUSION GENERALE	19
ANNEXES : RAPPORT PRELIMINAIRE ET PLAN DES PLACETTES	20
LOCALISATION DES PLACETTES DE SUIVI DE LA VEGETATION.....	71

RESUME

Ce rapport présente les résultats de l'inventaire botanique en 2022 des placettes permanentes de la Réserve Naturelle de la Caravelle en Martinique (France).

Il interprète les résultats de 2022 par rapport aux données des cinq inventaires antérieurs de ces placettes (1994, 1997, 2000, 2004 et 2015) pour permettre une vision synthétique de leur évolution depuis leur installation en 1994, mais aussi les inventaires précis des types de végétation de la réserve réalisés en 1990-91. On observe ainsi la dynamique de ces types sur 30 ans. Quatre placettes ont été installées en 2015 dans des zones peu couvertes par le réseau préexistant: elles se situent pour trois d'entre elles dans des milieux plus matures et des facies originaux, avec notamment une plus grande abondance des espèces climaciques et, pour l'une d'entre elles, un fond de vallon fertile avec de très grands arbres qui faisaient défaut jusqu'alors. Il ne s'agit pour ces placettes que du 2^{ème} inventaire.

Un historique détaillé de la réserve et de l'évolution de l'occupation du sol figure dans le rapport de 2015, depuis le défrichement presque total au XVII^{ème} siècle pour la culture de la canne à sucre, puis la longue dominance du pâturage de plus en plus extensif jusque dans les années 1970. Le déclin progressif de l'élevage et des cultures au XX^{ème} siècle a permis la reconquête naturelle des savanes et des vallons par des fourrés puis par la forêt. Quel que soit son point de départ en 1990, allant de peuplements secondaires jeunes à de simples fourrés ouverts ou savanes arbustives, la forêt jusqu'en 2015 avait évolué presque partout vers des peuplements plus matures, malgré le passage de deux cyclones (1995 et 2007) et la mort de vieux arbres ouvrant régulièrement des trouées, vite refermées. Dans les savanes de bord de mer sur la côte est, exposées aux embruns, la dynamique de colonisation par les ligneux amorcée entre 1994 et 2004 s'était accélérée entre 2004 et 2015, conduisant souvent à des bois-couchés denses.

En 2022, on note une forte régression de la vigueur et de la densité de la végétation, suite à plusieurs années de sécheresse intense et prolongée. Le taux de mortalité des arbres varie de 10 à 75% dans les placettes, avec une moyenne de 28,9% soit plus d'un arbre sur quatre, sans compter ceux dont le statut mort ou vivant n'a pu être déterminé et les nombreux arbres notés "mourants": espèces sempervirentes totalement défoliées ce qui n'avait jamais été observé, espèces à feuilles caduques également défoliées alors qu'à l'époque de l'inventaire elles devaient être encore entièrement vertes. Ces sécheresses ont fait perdre une grosse partie de ce qui avait été gagné en densité depuis 30 ans, et ont été plus destructives, en première instance, que chacun des deux derniers cyclones. De plus, le renouvellement des arbres par la croissance en hauteur et diamètre de jeunes individus a baissé de 41% par rapport aux périodes précédentes, ce qui s'est traduit par une perte nette de 15% du nombre total d'arbres. La croissance annuelle des arbres en diamètre a diminué de 60% par rapport aux précédents inventaires (hors mortalité), confirmant un stress intense et prolongé. Les sous-bois n'ont pas profité de l'ouverture du couvert, contrairement à ce qui était observé depuis 30 ans, car ils sont également très touchés par la sécheresse et la mortalité, en particulier les ti-coco (*Randia*), l'une des espèces les plus fréquentes de la réserve, morte à plus de 50%. De même, la partie supérieure de presque tous les bois couchés est sèche ou entièrement défoliée sur plusieurs dizaines de centimètres à parfois plus d'un mètre, avec de nombreux individus secs et souvent des lignes entières totalement mortes.

En annexe figurent le plan de toutes les placettes. Les fiches d'inventaires comprenant toutes les données et mesures depuis l'origine sont fournies à part) pour ne pas alourdir le rapport.

Mots clef

Reserve Naturelle; Caravelle; Martinique; dynamique végétale; accrus forestiers; biodiversité; inventaire; placettes permanentes; érosion; sécheresse; changement climatique, dépérissement des forêts

RESERVE NATURELLE DE LA CARAVELLE

Inventaire des placettes permanentes – 2022 Evolution des unités écologiques

Introduction

Présentation générale

Ce travail constitue la suite d'une série d'études scientifiques commencées en 1990 sur la Réserve Naturelle de la Caravelle en Martinique, à la demande du Parc Naturel Régional (PNRM) qui en est gestionnaire, avec une reconnaissance des types de végétation. Un premier inventaire systématique a été réalisé en 1991.

Le premier plan de gestion de la Réserve Naturelle de la Caravelle prévoyait la mise en place et le suivi d'un réseau de placettes permanentes d'étude de la végétation. Le réseau permanent actuel en comprend 32 (voir carte en annexe). Ces placettes permettent de comprendre l'évolution des unités écologiques et la dynamique des principales espèces, pour en déduire des règles de gestion et de protection. Les 18 premières (12 placettes en forêt et fourré et 6 transects sur des crêtes et sur le versant est dans des savanes et bois couchés) ont été installées en 1994. Pour évaluer plus précisément la dynamique de colonisation des savanes résiduelles de bord de mer par les ligneux, 5 transects supplémentaires (n°19 à 23) ont été installés en janvier 2002 en zone côtière sur le versant est. En complément, 5 placettes de suivi des zones d'érosion ont été installées à proximité du château Dubuc (zones n° 1 à 5). Enfin, quatre nouvelles placettes permanentes en forêt ont été installées en 2015 dans des zones jusqu'alors peu couvertes par le réseau d'inventaire.

Le plan de gestion prévoit l'inventaire détaillé de ces placettes tous les trois ans, ce qui a été fait en 1994, 1997, 2000 et 2004. Il s'est ensuite écoulé 11 ans avant l'inventaire de 2015, notamment en raison du cyclone de 2007, bien qu'il eut été utile de mesurer plus précisément, donc plus précocement, les dégâts de ce cyclone. L'inventaire de 2022 intervient 7 ans après celui de 2015, ce qui serait un rythme cohérent avec la dynamique actuelle, en absence de grosse perturbation. Mais les forts dépérissements observés en 2022 plaident pour un nouvel inventaire assez rapidement (maximum 4 à 5 ans). Ce délai sera à déterminer en fonction d'une évaluation plus précise de ces dépérissements à réaliser impérativement fin 2022 en raison de la forte incertitude sur le niveau de mortalité et dépérissement en janvier 2022.

Ce rapport fait le bilan des connaissances à la suite de l'inventaire de janvier 2022 pour toutes ces placettes.

Conditions de réalisation de l'étude

L'inventaire des placettes a été réalisé les semaines du 3 au 22 janvier 2022 sous la responsabilité de Michel VENNETIER (chercheur retraité d'Inrae qui suit la réserve depuis 1990), accompagné de Thomas ALEXANDRINE durant les 3 semaines et de Christophe AUGUSTE la première semaine (empêché par la suite pour raison de santé). Deux autres personnes du PNRM ont apporté une aide ponctuelle sur une ou deux journées.

En raison des 7 années écoulées depuis le dernier inventaire, les marques qui identifiaient les placettes (piquets et peintures) et les marques de mesures de la circonférence sur les arbres n'étaient plus toutes visibles et n'avaient pas toutes été renouvelées. Il a donc été difficile de retrouver certaines placettes et certains arbres. D'autant que la position des placettes au GPS de précision n'avait pas non-plus été prise. Elle doit l'être rapidement.

Il a ainsi été compliqué de retrouver certains transects en zone côtière: la dynamique rapide et parfois chaotique de la végétation de ces zones, soumises aux embruns et aux assauts de la mer lors des cyclones, permet difficilement de les reconnaître après une longue période. Pour certaines, nous avons finalement retrouvé un des piquets qui en marquaient les limites, ou des éléments inamovibles du paysage (rocher, muret) repérés sur les plans: à partir du plan et des directions à la boussole, nous avons pu les repositionner précisément.

La grande précision des plans internes des placettes établis en 2000 et 2002 a toujours permis de retrouver le centre ou le point de départ des anciennes placettes ou transects en zones forestières, à partir de quelques arbres caractéristiques. Cette opération a également pris du temps dans certains cas: les piquets concernés, lorsqu'ils étaient encore présents, avaient fréquemment été déplacés ou étaient couchés au sol. On notera que ces problèmes de repérage et entretien des placettes sont signalés à chaque inventaire. Un plan de travail d'entretien systématique

(vérification annuelle = 1 jour de travail) et de renouvellement des marques (toutes les quelques années) s'impose si l'on souhaite la poursuite à long terme du dispositif. Cette opération sera aussi l'occasion de rapporter les accidents qui ont pu se produire, notamment à la suite de cyclones ou tempêtes, et dont les traces peuvent disparaître si l'inventaire n'est pas réalisé peu de temps après : nous avons ainsi perdu la trace de certains arbres, y compris des gros, dont il ne restait rien lors des derniers inventaires alors qu'ils étaient cartographiés dans le précédent. Connaître la date de ces mortalités ou renversements aide à comprendre la dynamique et la composition de la végétation, qui est très sensible aux ouvertures du couvert et aux modifications de concurrence.



Photos 3 ci-dessus : vue du versant nord de la réserve (juste au nord du château Dubuc), faisant face à la zone d'érosion n°5. Elle montre le fort taux de défoliation/mortalité de la forêt ainsi que d'autres zones d'érosion en cours d'extension gagnant la pente depuis la crête.

Photo n° 4 ci-dessous : forte mortalité des fourrés de myrtacées et autres arbustes à proximité de la zone d'érosion n° 5. De tels dépérissements sont observés dans toute la réserve, en plein découvert comme à l'abri des arbres.



- 0 - 0 - 0 - 0 - 0 -

RESERVE NATURELLE DE
LA CARAVELLE

- 0 - 0 - 0 - 0 - 0 -

Inventaire des placettes permanentes

2022

Première partie

Historique de la végétation et évolution
des unités écologiques

Protocole de mesures

Les espèces présentes sur les placettes permanentes sont classées dans 5 catégories suivant la taille :

- **plantule**, pour les spécimens ne dépassant pas 50 cm de haut. L'inventaire des placettes permanentes prend en compte les plantules depuis 1997, pour rendre compte de la présence potentielle du maximum d'espèces, et pour permettre une évaluation de la dynamique et de la stratégie de régénération des espèces. Cette catégorie n'avait pas été notée en 1994. Elle figurait par contre dans l'inventaire statistique réalisé en 1991 mais fusionnée avec la catégorie suivante (semis). Elle n'était alors relevée que sur une surface restreinte (4 m de diamètre) au centre des placettes.
- **semis**, pour les spécimens supérieurs à 50 cm de haut, mais inférieurs à 1 cm de diamètre à mi-hauteur et 1 m de haut;
- **gaulette**, pour ceux d'au moins 1 m de haut et 1 cm de diamètre, mais de diamètre inférieur à 7,5 cm à 1,30m du sol (circonférence $3.1 \leq C \leq 23,4$ cm);
- **baliveau** pour les spécimens de 7,5 à 12,4 cm de diamètre à 1.30m du sol ($23,5 \leq C \leq 39,4$ cm);
- **arbre**, pour les spécimens de 12,5 cm et plus de diamètre à 1.30m du sol ($C \geq 39.5$ cm).

Dans cette hiérarchie, la classe des gaulettes a une ampleur importante, allant de 1 à 7,4 cm de diamètre. On rassemble des choses aussi différentes qu'un brin fin de myrtacée issu d'une cépée et faisant 2 cm de diamètre et 2 m de haut, et un pied d'espèce arbustive ayant atteint un grand développement et un port de petit arbre. Outre le fait qu'une classe supplémentaire compliquerait considérablement les mesures, en obligeant à prendre la circonférence de très nombreux brins (3 à 4 fois plus qu'avec le protocole actuel), il est difficile de donner une limite intermédiaire de circonférence qui soit pertinente dans cette classe. En effet :

- la circonférence de la majorité des espèces d'arbres dans cette classe dépend surtout de la concurrence qu'ils subissent, et moins du stade d'évolution ou de l'âge,
- un grand nombre de petites espèces arborescentes ne dépassent pas cette classe, et leur taille adulte oscille entre 3 et 7 cm de diamètre. La limite qui serait intéressante pour distinguer les jeunes spécimens des plus âgés est différente d'une espèce à l'autre dans cette catégorie,
- les myrtacées occupent de très loin en général la première place en nombre dans cette classe. Lorsque le diamètre des plus gros brins dans les cépées dépasse 3 ou 4 cm de diamètre, on se trouve le plus souvent dans des situations de vieux fourrés ou de forêts. Elles jouent le même rôle fonctionnellement dans l'écosystème à tous les stades ultérieurs de développement. Il n'est donc pas intéressant de scinder en deux la classe des gaulettes pour ces myrtacées au-dessus de 3 cm, et il est irréaliste de la scinder à cette limite ou en dessous à cause du trop grand nombre de tiges qui serait à mesurer (des milliers). De plus, le diamètre des brins au sein d'une même touffe de myrtacée est très variable à un âge et à un stade de développement donné.

En 2000, un plan détaillé a été dessiné pour la plupart des placettes, repérant chaque arbre et baliveau par sa distance au centre de la placette et un azimut pris à la boussole. Nous avons en effet remarqué que la liste des arbres et baliveaux ne permettait pas toujours de mesurer la croissance individuelle d'un inventaire à l'autre, en raison des disparitions accidentelles, de l'apparition de nouveaux individus dans les classes mesurées, et de la forte variabilité des croissances au sein d'une même espèce et d'une placette donnée. Ces plans ont été complétés en janvier 2002 pour les placettes anciennes, et pour les nouvelles placettes de 2015 dès leur premier inventaire. Toutes les placettes sont maintenant cartographiées.

Un plan encore plus précis a été réalisé pour les transects 13 à 23, repérant chaque plante et donnant lorsque c'est utile d'autres détails : envergure des houppiers, repères naturels, rochers, talus, ...

Les plans des nouveaux transects installés en 2002 comprennent systématiquement l'identification botanique et la cartographie du recouvrement au sol de chaque individu, afin de suivre très finement l'évolution du couvert et la succession des espèces.

La circonférence de tous les baliveaux et arbres est mesurée à 1,30m du sol depuis 1997, alors que seules les circonférences des arbres avaient été mesurées en 1994. Par contre, le nombre de baliveaux avait été noté par espèce dès 1994. En se basant sur ces nombres, sur les circonférences notées ultérieurement, sur les cartes réalisées en 2000 et sur les vitesses de croissance mesurées pour les différentes espèces et par individu, il a été possible de resituer la plupart des baliveaux de 1994 dans les tableaux d'évolution des circonférences.

Tous les baliveaux et arbres sont marqués par un trait à la peinture au niveau de la mesure standard qui est 1,3m (qui peut être décalée vers le haut ou le bas par rapport à 1,3 m en cas de blessure, fourche ou autre problème). Cette marque permet de refaire la mesure systématiquement au même endroit et donc une bonne évaluation de la croissance des peuplements. En cas d'accident ou de problème entre 2 inventaires, comme le développement de contreforts importants ou de cicatrices volumineuses, la mesure est prise deux fois : une fois sur l'ancienne marque, une fois sur un nouveau repère qui sera suivi ultérieurement.

Historique de la végétation de la réserve

La végétation de la réserve ne peut être comprise actuellement qu'en tenant compte de son histoire depuis l'origine. Un historique très détaillé figure dans les rapports de 2004 et 2015 et n'est donc pas repris ici. Nous n'en situons que les grandes lignes.

Cette presqu'île dépourvue de ressource permanente en eau douce avait été sans doute peu perturbée par les amérindiens avant l'arrivée des Européens.

Une carte des terres de la Martinique, élaborée par Terrier en 1671, montre que la presqu'île de la Caravelle était découpée en concessions suivant des bandes de terre N-S. Elle s'est donc peuplée dès l'occupation de l'Est de l'île par les Français vers 1658. Propriété de la famille Dubuc, l'habitation Caravelle couvrant le territoire de la réserve fut presque entièrement défrichée à cette époque, mais n'a pratiquement plus fonctionné comme exploitation sucrière dès 1770 (Petitjean-Roget J. 1990). En 1853, la culture de la canne avait disparu sur le territoire de la Réserve mais une pression humaine forte s'y maintenait du fait du pâturage, des coupes de bois et de la chasse.

Dans la première moitié du XX^{ème} siècle, la pression humaine a diminué dans la réserve du fait de la faible activité agricole locale, du dépeuplement et de la mauvaise desserte routière de la Presqu'île. Il ne subsistait des cultures que dans les fonds de vallons les plus fertiles, ces cultures étant pour partie temporaires et itinérantes, et du pâturage extensif d'ovins et bovins dans les savanes de versants. L'entretien des savanes, au départ régulier, a été progressivement abandonné, et une végétation arbustive ou arborée a gagné une partie importante des versants puis des fonds de vallons. Une carte de 1960 qui recense les exploitations et industries agricoles de la Martinique indique, au sud de la Réserve, les habitations Balata et Ferret où moins de 50 hectares sont cultivés, et seulement temporairement, et où subsiste un élevage ovin. La création de la réserve Naturelle dans les années 70 a accentué le déclin puis provoqué l'abandon des pratiques agricoles et pastorales et des coupes de bois. Mais parallèlement elle a accentué la fréquentation touristique qui est devenue intense dès les années 80.

Cette fréquentation a été canalisée et réglementée progressivement dans les années 90

Evolution globale de la végétation depuis 1925

De 1925 (date des premières photos aériennes disponibles) à 2015, la tendance à la fermeture des milieux ouverts de la Réserve Naturelle de la Caravelle par la végétation ligneuse ne s'est jamais démentie.

La comparaison des photos aériennes successives montre une diminution sensible et systématique des savanes, passées de 67% en 1925 à 25% en 1952, 14% en 1973, 8% en 1988 et 3% après 2000. L'inventaire statistique détaillé de la végétation de la réserve en 1990-91, et le suivi des placettes permanentes entre 1994 et 2015, confirment la tendance à la fois par l'analyse de la structure et de la composition de la végétation, de laquelle ressort très clairement :

- la diminution sensible et continue des espèces héliophiles pionnières et des herbacées au profit d'espèces plus tolérantes à l'ombre, caractéristiques de milieux forestiers.
- la densification et l'élévation des strates arbustives dans les fourrés et de la strate arborée dans les fourrés et forêts.

Cette densification a été confirmée entre 1988 et 1995 par l'analyse d'images satellitaires (Berthol D. 1997), qui montrent un accroissement moyen important des indices de végétation (NDVI), notamment dans les classes représentant les forêts, et la perte de surfaces des savanes.

Par contre, nous montrons aussi dans une étude sur photos satellites de 2021, en cours de publication scientifique, que la densité de végétation sur la période 1977-2019 a été très fortement impactée par les cyclones successifs (cf. figure 1), notamment David en 1979 qui a quasiment éliminé les grands arbres et arbres moyens de la réserve, provoquant une régression majeure. Les cyclones suivants (1995 et 2007) ont également provoqué des régressions significatives de la densité de végétation, qui a pu être validée par les mesures de terrain sur les placettes en 1995 et 2015, avec la chute ou la casse mesurée de nombreux arbres. La densification et l'extension spatiale des zones forestières et de fourrés, montrant une forte dynamique positive en moyenne, s'est donc faite avec plusieurs à-coups majeurs. On note qu'il a fallu attendre 2016 pour retrouver dans la réserve un niveau de densité similaire à celui de 1997, juste avant le cyclone David de 1999, soit 36 ans. Après le recul de 2007, la forêt a beaucoup progressé, notamment avec le développement significatif pour la première fois de forêts très denses qui se sont étendues rapidement après 2016 (elles émergeaient timidement juste avant le cyclone de 2007 qui les a fait disparaître). Cette histoire de la réserve montre que l'on n'est pas à l'abri d'un nouveau cyclone majeur, qui pourrait remettre en cause la progression des 40 dernières années.

Mais un autre danger est clairement apparu en 2022: les taux élevés de mortalité et de défoliation constatés lors de l'inventaire de 2022 pourraient avoir, sur la densité de végétation et l'indice NDVI de surface foliaire, un impact largement aussi fort ou même plus fort que chacun des deux derniers cyclones: en raison, d'une part, des dégâts provoqués non seulement sur l'étage dominant des arbres, mais aussi sur le sous-étage qui était épargné par les cyclones, et d'autre part en raison de l'affaiblissement général de la végétation qui peut limiter, sur de nombreuses années, la résilience de l'écosystème. Un complément d'analyse de données satellite serait particulièrement utile.

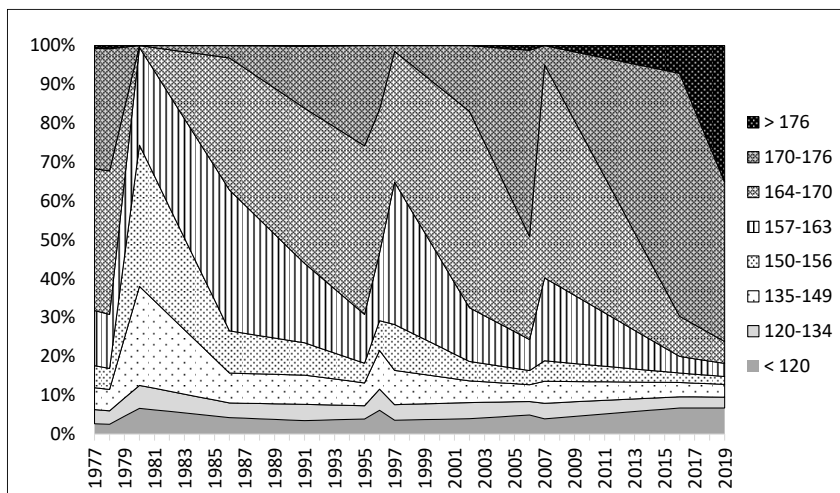


Figure 1: Dynamique de la densité de végétation et surface foliaire (indice NDVI) de la réserve de la Caravelle, de 1977 à 2019. Les trois cyclones de 1979, 1995 et 2007 sont très clairement visibles, provoquant une forte régression des 3 classes de densité supérieures (forêts) et même une quasi-disparitions des deux plus élevées, au profit des classes intermédiaires (transition forêt-fourré, fourrés), et plus accessoirement une légère reprise des savanes boisées (cf. typologie ci-après).

Les classes de NDVI ne représentent pas en soit un type précis de végétation mais indiquent une densité moyenne de végétation. Par exemple un fourré dense peut avoir le même NDVI qu'une forêt claire. De même, une forêt très dense sans sous-étage peut avoir le même NDVI qu'une forêt plus claire mais dotée d'une sous-étage dense.

On peut cependant donner des indications générales sur les classes : <120 = sols nus ou avec végétation très claire et basse, étendues d'eau; 120-134 = savanes; 135-149 = savanes arborées, fourrés bas; 150-156 = fourré dense moyennement haut; 157-163 = fourré dense et haut, transition fourré-forêt; 164-170 = jeune forêt assez claire; 171-176; forêt développée moyennement haute; > 176 = forêt dense et haute, plutôt âgée avec sous-étage.

Analyse des résultats : inventaire 2022

Trois faits marquants sont à souligner dans l'analyse du dernier inventaire:

- * le fort taux de mortalité de l'ensemble des végétaux, dans toutes les catégories de taille, qu'il s'agisse des arbres, des baliveaux, des gaulettes ou des semis mais aussi des herbacées, et toutes espèces confondues.
- * la baisse de croissance constatée sur les mesures de diamètre, approchant en moyenne 60%,
- * le niveau moyen très élevé de dépérissement des végétaux encore vivants: janvier se situe en fin de saison des pluies, et les précédents inventaires réalisés à cette même période avaient constaté une végétation encore bien verte, sans arbres défoliés parmi les espèces à feuilles caduques. En janvier 2022, beaucoup d'arbres étaient fortement ou totalement défoliés, y compris des espèces sempervirentes comme le bois rouge ou le mapou, et de nombreuses espèces du sous-bois (Randia en particulier et même certaines myrtacées). De nombreux autres montraient des niveaux de stress hydrique élevés avec des feuilles en train de faner.

Dans ces conditions, il est difficile d'apprécier le taux exact de mortalité, qui a probablement été sous-estimé, et qu'il faudrait absolument vérifier en fin de saison des pluies 2022 (les arbres défoliés auront-ils survécu ?).

Taux de mortalité et de renouvellement

Le tableau 1 et la figure 2 et donnent les taux de mortalité avérée et de renouvellement de la strate dominante (arbres et baliveaux) pour les périodes respectivement de 2004 à 2015 et de 2015 à 2022, à titre de comparaison. Jusqu'en 2015, et malgré les fortes pertes liées au cyclone de 2007, le renouvellement de cette strate a été assuré, avec même une légère augmentation de 4,1% du nombre d'individus. Par contre, entre 2015 et 2022, le taux de mortalité a considérablement augmenté en moyenne, tandis que le taux de renouvellement baissait d'autant, ce qui s'est traduit par une perte de 13,2% du nombre d'individus. En pondérant les données par le nombre d'individus par placettes, pour mieux représenter le nombre total d'arbres dans la réserve, on arrive même à une perte nette de 15,3% du nombre total d'arbres et baliveaux.

	% mort	% nouv	évol
pl 1-12 2004-15	19.6%	23.7%	4.1%
pl 1-12 2015-22	27.2%	13.9%	-13.2%
Ttes pl 2015-22	23.5%	12.5%	-11.0%
Ttes pl 2015-22 pond	28.9%	13.6%	-15.3%

Tableau 1: Pourcentages de mortalité et de renouvellement (nouveaux baliveaux et arbres) pour les placettes anciennes de forêts et fourrés (pl 1-12) et pour l'ensemble des placettes intégrant celles ajoutées en 2015 (24-27). Pour les 3 premières lignes, on considère la moyenne brute des pourcentages par placette. Pour la dernière ligne (pond) on pondère les résultats par le nombre d'individus représentés dans la placette.

La figure 2 illustre la forte variabilité des taux de mortalité et renouvellement suivant les placettes au sein d'une même période. On note que la mortalité ne dépasse pas 43% dans la période 2004-2015, essentiellement des arbres renversés par le cyclone de 2007, alors qu'elle atteint 73% au maximum entre 2015 et 2022 (avec en fait 3 placettes au-dessus de 50% = 57, 67 et 73%). Le graphique confirme bien pour la période 2015-22 la forte progression moyenne des mortalités et l'augmentation les valeurs élevées, et la baisse des renouvellements dont les maximas sont faibles.

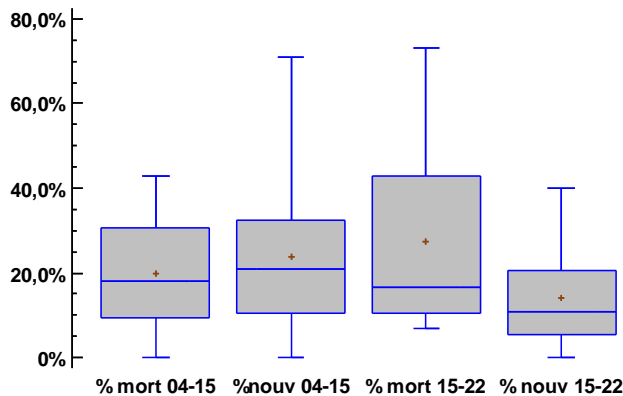


Figure 2: Variabilité de la mortalité et du renouvellement de l'étage dominant (arbres et baliveaux) par période. Les deux parties centrales des boîtes représentent chacune 1/4 des valeurs par placette, séparées par la médiane, les traits supérieurs et inférieurs chacun 1/4 des données, la croix représente la moyenne.

Croissance des arbres et baliveaux

La croissance des individus suivis pour le diamètre (arbres et baliveaux = diamètre ≥ 7.5 cm) a très fortement chuté depuis 2015 dans les placettes anciennes, en moyenne de -55% (de 0.167 à 0.074 cm/an). Elle est donc maintenant de moins d'1 mm/an. Cette baisse est valable pour toutes les catégories de taille, et pour toutes les espèces. La croissance maximale observée sur une placette en 2022 est de 0.22 cm/an, à peine au-dessus de la moyenne de 1995 à 2004 (0.2 mm/an) et alors que 25% des placettes dépassaient encore cette valeur entre 2004 et 2015.

Par rapport à la croissance d'avant 2004, il n'y a entre 2004 et 2015 qu'une faible baisse de moyenne (-8.4%, de 0.182 à 0.167 cm/an), différence sans doute liée aux dégâts du cyclone de 2007 situé en milieu de période.

Si on considère les nouvelles placettes installées en 2015, qui n'en sont qu'à leur deuxième inventaire, et en excluant le cas particulier de la placette 23 dans le fond de vallon très fertile de l'habitation Balata, la croissance depuis 2015 est quasiment similaire à la moyenne des anciennes placettes (0.069 cm/an), et il est donc probable que leur croissance a suivi les mêmes tendances sur le plus long terme. La croissance en 2022 de la placette 23 (0.17 cm/an) n'est dépassée en 2022 que par la placette 1 (0.22 cm/an), elle aussi située dans un fond de vallon fertile à sol profond, alors que la moitié des placettes anciennes dépassaient cette valeur en 2004 et encore un quart des placettes en 2015.

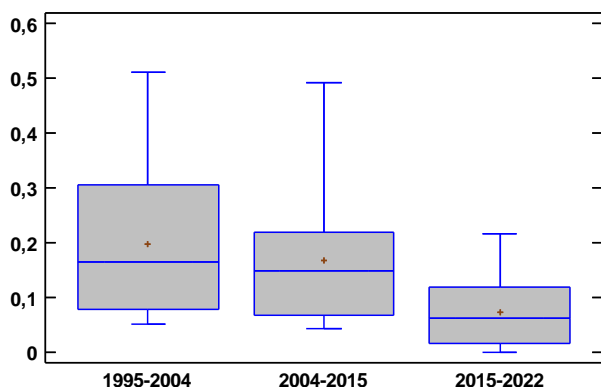


Figure 3: croissance en diamètre des arbres et baliveaux, en cm/an. Cf. fig 2 pour l'interprétation du graphique.

Evolution du sous-bois

* Plantules

En forêt, le nombre de plantules a régressé nettement depuis 2015 dans les placettes anciennes (-26% en moyenne, 5 placettes sur 8 ayant une valeur négative, seulement 2 des valeurs significativement positives) alors qu'il avait constamment et fortement augmenté (+ 86%) entre la première mesure en 1997 et 2005, et notamment gagné 44% entre 2004 et 2015. On a pu peut attribuer la hausse précédente à un petit nombre d'espèces qui contribuent majoritairement (>90%) à la production de plantules : les myrtacées dominantes (*Myrcia citrifolia* et *Eugenia cordata*), le mapou (*Pisonia fragrans*), le bois chique (*Ardisia obovata*), et le ti-coco (*Randia aculeata*). Les trouées du cyclone Dean en 2007 avaient accentué le phénomène, tel qu'observé en 2015, en favorisant la survie des plantules. La baisse actuelle est à mettre au débit de la sécheresse qui a très fortement affecté la plupart des espèces, dont certaines des plus prolifiques comme le ti-coco et le bois chique, majoritairement dépérissants ou morts. Toutes ont donné beaucoup moins de graines, et beaucoup de semis étaient morts sur pied lors de l'inventaire de 2022 et n'ont donc pas été comptabilisés.

Dans les nouvelles placettes, la situation est fortement contrastée : la placette 26 compte plus de 1000 plantules (+ 67%) dominés par deux espèces seulement, Eugénia monticola et le mapou, avec respectivement 610 et 284 semis contre précédemment 42 et 74. A l'inverse, la placette 25 affiche une baisse de 53% des semis, avec toujours la dominance des myrtacées et du mapou qui perdent ici ensemble 57% de leurs effectifs. Ce type de germination massive ponctuelle dans le temps (comme en 2022 pour la placette 26 et en 2015 dans la 25) est courant dans ces milieux, provoquant des variations fortes du nombre de plantules, parfois suivies de variations ultérieures dans le même sens du nombre de semis, mais souvent sans suite en raison du faible taux de survie.

En 2015, le nombre de plantules en fourré baisse (-16%), avec une situation contrastée entre des placettes en baisse plus sensibles (-22 à -28%), et une placette sans évolution notable (+3%). Là encore, beaucoup de plantules étaient mortes. En fourré, les mêmes espèces qu'en forêt produisent la majorité des plantules mais ces espèces sont ici moins âgées et moins développées. Les fourrés étant moins sensibles au vent que les forêts, ils ont été moins perturbés par Dean en 2007, et se sont refermés plus vite. Cela explique la stabilité du nombre de plantules entre 2004 et 2015. Il n'est pas exclu qu'une hausse se soit produite juste après Dean mais n'ait pas été observée faute d'inventaire.

* Semis

En 2022, les semis sont un peu plus nombreux en forêt qu'en 2015 (+14%). On peut attribuer cette hausse à la fois à la survie dans cette catégorie d'une partie des très nombreux semis comptés en 2015 (+59% par rapport en 2004) et à la survie et la croissance des très nombreuses plantules elles aussi comptées en 2015 (+44%, cf. ci-dessus). Ce grand nombre de semis et plantules en 2015 sont attribués au cyclone Dean en 2007, mais la hausse des semis en 2022 est largement inférieur aux hausses des plantules et semis précédemment, montrant un relativement faible taux relatif de survie. D'autant qu'une partie de ces semis correspondent à des rejets de myrtacées sur les souches existantes.

En fourré, l'augmentation du nombre de semis est beaucoup plus importante qu'en forêt entre 2015 et 2022 (+53%). On ne peut pas attribuer cette hausse au nombres précédents de plantules et de semis qui ont été stables de 2004 à 2015, mais plutôt à la multiplication et croissance des rejets sur les souches de myrtacées, encore assez jeunes, seules contributrices significatives à cette hausse. Si dans les vieux fourrés le nombre de gaulettes tend à se réduire sur ces souches, au profit des plus vigoureuses, des rejets apparaissent encore régulièrement, et certains nouveaux

individus arrivent à s'installer et à former de nouvelles souches. Ces myrtacées étaient cependant dans un état sanitaire assez mauvais en moyenne, avec une mortalité probable prochainement de certains rejets très défeuillés.

* Gaulettes

Le nombre de gaulettes est stable en 2022 par rapport à 2015, en forêt comme en fourré (+1.1 et -2.7%), faisant suite à une forte diminution dans la période précédente 2004-2015 (-40 et -44%). Pour les myrtacées, principales pourvoyeuses de gaulettes, on a un équilibre dans les cépées entre la croissance de brins fins qui passent en gaulette, et l'éclaircie au sein de ces souches par la compétition entre les gaulettes. Au stade actuel des fourrés vieillissants et dans les forêts, l'éclaircie doit l'emporter en réduisant le nombre de gaulettes. Mais l'ouverture du couvert par les dépérissements a pu limiter cette compétition dans les souches par un apport supérieur de lumière. Entre 1994 et 2004, on avait observé le passage en gaulettes de nombreux semis d'espèces variées issus de la régénération post tempêtes de 1995. On voit actuellement l'équivalent dans certaines forêts et fourrés, avec le passage qui s'est fait vers les gaulettes des semis de nombreuses espèces apparus et ou ayant survécu suite au cyclone Dean en 2007. Par contre, de très nombreuses gaulettes montrent un dépérissement total ou de la cime (photo 5), le taux de mortalité réel étant difficile à estimer à ce stade.

Photo 5: dépérissement et mortalité, partielle ou totale, des gaulettes de différentes espèces et en particulier des myrtacées dans les fourrés (voir aussi photo n° 4). Noter également la mortalité du tapis herbacé au premier plan.



* Les lianes

Les lianes non parasites sont presque toujours présentes dans la végétation (forêt, fourrés, savanes, bois-couchés), mais leur abondance a été difficile à évaluer en 2022. La perte de leur feuillage a rendu difficile parfois leur identification, et même leur repérage et on a noté parfois d'un taux élevé de mortalité apparente. Dans les placettes 1 à 4 où dominent des lianes très puissantes comme le croc-chien et la liane invasive *Trichostigma octandrum*, la mortalité et la défoliation des arbres leur a largement profité, et elles ont doublé leur couvert depuis 2015 (de 12 à 24%). Cette prolifération des grandes et grosses lianes capable d'envahir les houppiers est en partie cyclique aussi, les arbres envahis ayant par le passé fini par mourir et tomber, réduisant en passant le couvert des lianes qui se reconstitue par la suite en envahissant les arbres qui ferment ces trouées.

Dans toutes les autres placettes, y compris les nouvelles de 2015 (24-27), le couvert des lianes est beaucoup plus limité et a légèrement diminué en moyenne, passant de 2.6 à 2%, avec un seul exemple d'augmentation (placette 26 dans le vallon de Balata, où de grandes lianes se développent jusqu'à la cime des grands arbres).

Dans les savanes et les bois couchés, les lianes ont beaucoup régressé en surface couverte car elles semblent mortes en forte proportion.

Les lianes parasites (*Cuscute* et *Cassytes*) ont aussi régressé en partie dans le tapis herbacé des savanes, bois couchés et zones d'érosion. Soit par mortalité directe, soit à cause de la mortalité de leurs plantes hôtes, la part de ces deux causes étant impossible à estimer. Elles restent cependant assez abondantes localement sur des arbustes (photo 6) qu'elles couvrent, et dans des trouées des bois couchés sur herbacées et semis (photo 7), augmentant leur stress hydrique, favorisant leur mortalité.

Photos n° 6 et 7 : lianes parasites ("vermicelle" = cassythe ou cuscute) envahissant : (a) des arbustes dans les zones ouvertes, notamment dans les savanes en cours de fermeture et dans les zones d'érosion, et (b) dans le tapis herbacé et sur des jeunes semis dans les savanes et bois couchés de bord de mer. Ces lianes contribuent à une forte mortalité en accentuant le stress hydrique, limitent la vitesse de colonisation des ligneux et donc la fermeture des milieux, accentuant l'érosion.



Comportement en plantation des espèces climaciques

Les individus de courbaril et olivier grand bois, plantés en 1998 dans une trouée entre les placettes permanentes n° 2 et 4, ont eu une croissance satisfaisante lorsqu'ils n'étaient pas trop dominés jusqu'en 2015. Certains étaient en difficulté en 2015 à cause d'une ombre excessive des arbres voisins qui ont grandi très rapidement en raison de la fertilité de la station. Un dégagement de cette plantation (coupe de quelques arbres concurrents) avait été demandée en 2015, et aurait exigé peu de travail pour assurer leur avenir, ainsi que celui des acajous et bois de rose qui figurent dans cette parcelle.

Ces travaux n'ayant pas été exécutés. Il reste quelques grands acajous et bois de rose, encore en difficulté à cause en partie de la concurrence et à cause de la sécheresse. Dans les arbres plus petits, seuls quelques courbarils semblent avoir survécu, les oliviers grand-bois n'ont pas été retrouvés en absence de plan de l'essai. Ce plan figure en annexe du rapport pour favoriser une recherche et d'éventuels dégagements à effectuer rapidement. Ces courbarils ont relativement bien poussé, perçant pour certains à travers le couvert qui les a forcés à une croissance en hauteur. Une éclairci légère pourrait leur être encore favorable, sans trop les détourner pour éviter qu'ils ne se courbent en raison de leur faible rapport diamètre/hauteur. Ce comportement du courbaril perçant progressivement dans l'étage dominant après avoir poussé dans le sous-bois est classique. Cette plantation montre que dans les zones fertiles à sol profond et dans les vallons, le courbaril qui est considéré comme une espèce climacique dominante pourrait être largement réintroduit.

Dynamique des bois-couchés et savanes de bord de mer.

La principale conclusion de l'étude de 2022 est, qu'après une phase de progression quasi-continue en surface, densité et hauteur de 1994 à 2015, les bois couchés subissent une forte régression entre 2015 et 2022. Les événements climatiques extrêmes, comme les tempêtes de 1995 et le cyclone Dean en 2007, n'avaient fait régresser ponctuellement la végétation ligneuse vers un stade herbacé que dans une mince bande de quelques dizaines de mètres en bordure de côte, à cause des effets mécaniques et chimiques des embruns et des vagues. Actuellement, une partie significative de ces bois couchés est partiellement ou totalement sèche (photos 2, 8 et 9), notamment la partie sommitale des végétaux pour plus de 90% de ces bois couchés, qui est totalement défeuillée et paraît morte (?) sur une hauteur de quelques dizaines de centimètres à plus d'un mètre. Dans certaines zones, c'est la quasi-totalité de certaines lignes de bois couchés qui est morte ou mourante (il est parfois difficile de statuer). Le ti-coco (Randia) qui est une des espèces abondantes de ces bois couchés semble mort à au moins 50% globalement sur le versant est de la réserve.

La végétation herbacée et les lianes rampantes sont aussi souvent sèches, et le sol s'est ainsi dénudé, ce qui le met à la merci d'un épisode de pluie intense. Là encore il est difficile d'évaluer le taux potentiel de reprise de cette végétation avec la prochaine saison des pluies, mais ce niveau de dessiccation avant même le début de la saison sèche ne présage rien de bon.

Là encore, il sera nécessaire de faire un bilan après le début et en fin de saison des pluies 2022.



*Photo n°8 :
Lignes de bois couchés
morts entièrement ou
partiellement sur la côte
est de la réserve.
Lorsqu'une partie reste
apparemment vivante
(feuilles vertes parfois
très éparées), la partie
supérieure est le plus
souvent sèche sans
espoir de reprise (photo
9)*



Photo n° 9 : partie sommitale de bois couchés, montrant clairement la mortalité d'une grande majorité des branches concernées; bois sec, absence de bourgeons, ...

Suivi des placettes d'érosion.

L'inventaire de ces 5 placettes a été réalisé une première fois en janvier 2002 puis repris en janvier 2004 et 2015 puis 2022.

En 2022, on a noté le dessèchement quasi-total de la végétation herbacée, et la mortalité de nombreuses plantules et de semis repérés précédemment. Sur les sites 1 à 4 (photo n° 10), la mortalité a aussi touché des espèces qui jusqu'alors avaient gagné largement en surface comme les zicaques (photo n° 11), ce qui a réduit le couvert du sol bien qu'ils aient pu progresser un peu par endroits, notamment près des bassins de rétention d'eau en bas des placettes. Même sans être morts entièrement, beaucoup ont de larges parties mortes. Les courbarils plantés initialement sont tous morts, ainsi que quelques-uns de anacardiens qui avaient initialement bien poussé.

Dans les placettes 1 à 4, la seule évolution fortement positive a été observée en bas de la placette 4, là où un couvert de gliricidia a été établi (photo n° 12). Sous ce couvert, la régénération d'une flore riche a débuté, avec l'apparition de nombreuses nouvelles espèces et la croissance des plantules et semis observés en 2015. Certaines plantes sont devenues des gaulettes et commencent à passer dans la cime du gliricidia.

Dans la placette 5 de suivi d'érosion, on a une évolution contrastée : certains grands arbustes et petits arbres et des touffes de myrtacées en périphérie ont gagné un peu de terrain, de même que les zicaques en milieu de parcelle et les deux gliricidias dans la partie basse. Mais par ailleurs certains zicaques ont aussi perdu des parties de leurs précédentes expansions par mortalité, plusieurs poiriers issus de semis naturels autour de la placette sont mourants ou ont perdu 30 à 50% de leurs branches, et le tapis herbacé s'est totalement desséché. Trois petites zones d'érosion par ravinement sont apparues du côté sud.

Sous le couvert des Gliricidias, là encore, un des poiriers plantés a pris beaucoup d'ampleur par rapport à 2015, et de nombreuses plantules sont apparues (photo n° 13), alors que les plantations sauf en zicaques ont ailleurs dans ce site échoué.



Photo 10 ci-dessus : vue panoramique du côté ouest de la grande zone d'érosion où sont installées les placettes de suivi n° 1 à 4 à proximité du château Dubuc. Noter la forte mortalité dans la ravine à gauche.

Photo n° 11 ci-dessous : mortalité partielle ou totale de zicaques, qui avaient largement gagné du terrain entre 2002 et 2015.



Cet effet très favorable du gliricidia comme plante nurse pour les autres espèces confirme les recommandations qui ont été faites dès 1991 et renouvelées plusieurs fois : son usage pour limiter l'érosion dans les zones en cours de dégradation est de nouveau recommandé. On note en effet que de vastes zones en aval de la route du côté ouest des grandes zones d'érosion actuelles sont en cours de dégradation rapide (photo 13), par disparition progressive

du tapis herbacé, et érosion visible du sol (les touffes de graminées sont déchaussées de 5 à 10 cm). Le problème a déjà été signalé depuis 2002, et n'a fait depuis que s'aggraver. Il faut intervenir, notamment par la plantation de gliricidia, avant que le sol ait disparu. D'autres zones dans la réserve sont aussi menacées d'une érosion définitive, qu'il conviendrait d'arrêter avant qu'il ne soit trop tard.



Photo n° 12 ci-dessus : le succès de l'implantation de gliricidia dans le bas de la placette d'érosion n°4 a permis la reconstitution du couvert et la régénération de très nombreuses espèces en sous-bois. Plusieurs ont atteint un stade de gaulettes et percent dans la cime, laissant entrevoir la reconstitution d'un véritable fourré dense. Même s'il ne s'agit que d'une surface très limitée, elle confirme le potentiel de cette technique.

Photo n° 13 ci-dessous : extension de la zone d'érosion principale vers l'ouest. On voit le sol nu au milieu de la végétation herbacée très clairsemée et desséchée, ainsi que de nombreux arbres morts aux alentours. Une opération de restauration a beaucoup plus de chances d'aboutir à ce stade que lorsque le sol sera profondément érodé.



Pour les zones déjà très érodées, comme sous le parking du château Dubuc, on a vu que la combinaison de dosses ou fascines pour limiter le ruissellement, d'épandage de badasse, de plantations de gliricidia et de plantations ou semis de zicaques pouvait s'avérer payante. Cette combinaison pourrait être utilisée dans les zones en pentes pas trop fortes où on a une meilleure chance d'installation. Les boutures de gliricidia et les zicaques pourraient être installés dans les bonnes places, notamment en amont des dosses et fascines. Mais cela demanderait en parallèle un suivi régulier et surtout le contrôle des lianes parasites qui détruisent les herbacées, plantules et semis au fur et à mesure de leur installation. A partir de ces îlots de végétation, le milieu pourrait sans doute se refermer progressivement en profitant du microclimat recréé.

Le gliricidia est peu fréquent mais régulièrement présent, dispersé dans la réserve, et témoigne d'anciennes clôtures, limites de parcelles, ou maraichage où il était utilisé comme piquet ou tuteur. On n'a jamais observé sur la Caravelle de semis de cette espèce, et ceux-ci sont extrêmement rares ailleurs en Martinique. Comme il ne pousse pas très haut (5-8 m maxi), il se trouve progressivement dominé par les arbres et arbustes de la forêt et fini par disparaître après avoir joué son rôle favorable d'initiateur et abri de la régénération naturelle. Il n'y a donc aucun risque pour qu'il devienne invasif.

Conclusion générale

Après une longue phase de progression positive dans tous les types de végétation de la réserve entre 1990 et 2015, nous avons constaté en 2022 une rapide et très forte régression du couvert végétal, lié à une mortalité très importante dans toutes les strates. L'état sanitaire général est très mauvais, les arbres vivants ne présentant que rarement plus de la moitié de la surface foliaire qu'ils devaient avoir à l'époque des mesures, beaucoup étant loin en dessous de ce seuil, voire ayant perdu toutes leurs feuilles. Cette défoliation a touché non seulement les espèces caduques, dont on peut espérer qu'ils ont simplement perdu très précocement leurs feuilles, mais aussi des espèces sempervirentes censées les conserver en saison sèche et dont la survie n'est pas garantie, ni prévisible vu que cette situation semble inédite.

L'épisode de sécheresse précédant les mesures a fait perdre actuellement plus que chacun des deux derniers cyclones (1995 et 2007), et le bilan risque de s'alourdir avec des dépérissement et mortalités différées sur les végétaux très affaiblis.

L'évaluation de la résilience de la végétation est indispensable à court terme, et une vérification de l'état individuel des arbres et baliveaux des placettes, et plus globale de la végétation du sous-bois, doit être réalisée dès la fin de la saison des pluies 2022 (novembre ou décembre). La mesure des pertes et de la résilience (ou pas) de surface foliaire et de densité de végétation par l'analyse de photos satellites serait aussi très utile pour évaluer les dégâts de la sécheresse et la réponse de l'écosystème.

Aucune des grandes espèces très résistantes au vent de la forêt climacique ne semble pouvoir reconquérir seule le territoire de la Réserve dans un délai raisonnable. Le plan de réintroduction de ces espèces, conçu en 1996, reste donc une priorité, sur le plan de la richesse spécifique comme sur le plan de la restauration et de la stabilisation de l'écosystème. Il devrait être en partie révisé sur le choix des espèces au vu des problèmes posés par le changement climatique qui n'était pas un problème majeur à l'époque.

L'érosion n'est pas maîtrisée dans les zones actuellement les plus touchées, et le traitement préventif des zones en début d'érosion devrait être une priorité avant qu'il ne soit trop tard pour elles aussi.

Annexes : rapport préliminaire et plan des placettes

Annexe 1 : rapport préliminaire de mission rendu en février 2022, avec propositions d'actions urgentes et à plus long terme



RESERVE NATURELLE DE **LA CARAVELLE**

Rapport préliminaire de mission **recommandations générales** **propositions d'actions**

Michel VENNETIER
Février 2022

Plan du rapport préliminaire

- 1 - Dates de la mission et conditions de réalisation
- 2 - Compléments de travaux à exécuter suite au déficit de participants
- 3 - Constatations sur l'état (très dégradé) de la végétation et des milieux
- 4 - Suggestions de mesures et recherches à prévoir à court terme
- 5 - Conclusion et prévision du prochain inventaire

1 - Dates et conditions de réalisation de la mission

La mission s'est déroulée comme prévu du 3 au 21 janvier 2022. Une réunion de lancement a eu lieu le 3 janvier le matin pour présenter la méthode utilisée aux personnes chargées de participer à l'inventaire et au représentant du PNR. L'inventaire lui-même a commencé le 3 janvier après-midi. Les conditions météorologiques ont été globalement bonnes, malgré quelques jours avec de courts passages pluvieux ou du vent fort qui ont ralenti le travail.

Au préalable, je remercie particulièrement Christophe Auguste qui m'a accompagné durant les trois semaines de la mission 2022, dont les connaissances botaniques ont été très précieuses, et Thomas Alexandrine qui a fait de son mieux pour la préparation du travail de terrain et a participé à la première semaine d'inventaire. Tous deux ont fait preuve d'une grande motivation et compétence, comme c'était déjà le cas pour l'inventaire de 2015.

Au cours de la première semaine, 3 à 4 personnes m'ont aidé en participant aux travaux de terrain, dont Christophe Auguste et Thomas Alexandrine chaque jour, les autres un ou deux jours. En deuxième et troisième semaines, en raison de l'arrêt maladie de T. Alexandrine, seul Christophe Auguste m'a accompagné dans le travail d'inventaire. A cause de cette réduction des effectifs de l'équipe, et d'une préparation incomplète de la mission au niveau des repérages, seul l'inventaire botanique complet des placettes a pu être finalisé et s'est achevé le dernier jour de travail. Deux autres types de travaux qui étaient prévus n'ont pas du tout pu être réalisés: les mesures de hauteur des arbres sur les placettes, et la cartographie des peuplements dans les zones non-couvertes par les placettes. Les séries de photographies de référence qui devaient concerner toutes les placettes n'ont été réalisées que dans une partie des transects en savanes et bois couchés et dans les zones d'érosion.

Pour le repérage des placettes, qui devait être fait au préalable, seules certaines avaient été reconnues avant la mission: détection du piquet de centre ou des piquets de limite, rafraîchissement des peintures. Il manquait la position GPS de précision de tous les piquets, qui devait être prise juste après l'inventaire de 2015, ou reprise en 2021. Cela a posé des problèmes pour quelques transects dans les bois couchés : piquets en partie disparus ou cachés dans une végétation dense, limites en partie modifiées par des travaux sur les sentiers (élargissement, création de marches). La position GPS d'une des nouvelles placettes, prise en 2015 et qui avait servi à la situer sur la carte, la mettait très loin de sa position réelle. Elle avait heureusement été repérée de mémoire par Thomas Alexandrine. La recherche de ces placettes et transects a pris au total de nombreuses heures.

Pour beaucoup de sites, les traces de peinture sur les arbres mesurés en 2015 étaient très peu visibles ou disparues. Le temps de travail de l'équipe a donc aussi été allongé par la recherche de ces marques. Sur les arbres dont les marques étaient effacées, les mesures ont été faites sur des nouveaux repères, ce qui limite la précision des comparaisons entre inventaires.

Finalement, l'inventaire complet des placettes permettra dans tous les cas de faire une comparaison fiable de l'évolution de la végétation, dans la lignée des 6 inventaires précédents, et c'est le plus important. Des travaux complémentaires devront être réalisés dans l'année 2022 pour : (1) faire les mesures de hauteur et les photographies manquantes, (2) vérifier les rares données qui semblent anormales dans les inventaires après mise au propre des données (positions et taille de quelques arbres).

Cependant, la végétation de la réserve de la Caravelle présente des signes de graves dépérissements (voir point 2 ci-dessous). Il paraît donc nécessaire d'assurer le suivi de ces dépérissements et de la résilience des milieux.

Des discussions lors de la réunion finale sur les travaux techniques et scientifiques envisagés dans la réserve de la Caravelle et par le PNRM sur d'autres zones protégées, ont permis de dégager des priorités pour compléter l'inventaire et évaluer puis suivre l'état sanitaire de la végétation.

2 - Constatations sur l'état dégradé de la végétation et des milieux

Sur l'ensemble des placettes et transects, les mesures de terrain en janvier 2022 montrent une dégradation spectaculaire de l'état sanitaire de la végétation. Le parcours des sentiers et d'autres parcelles entre ces sites mesurés, de même que l'observation de tous les versants depuis les points hauts, confirment qu'il s'agit d'un phénomène généralisé à toute la réserve. Par ailleurs, les mêmes constatations ont été faites sur l'ensemble des milieux xérophiles des zones côtières de Martinique. Les personnels du PNR engagés dans l'inventaire 2022 disent unanimement avoir été alerté depuis des mois par cette dégradation partout où ils ont été amené à travailler.

Les mesures de la Caravelle n'ont pas encore été toutes saisies au moment de faire ce rapport, ni analysées, mais les taux de mortalité des arbres varient de 10 à 90% suivant les placettes, se situant rarement en dessous de 20%. La mortalité des ligneux en sous-bois et de la strate herbacée est aussi spectaculaire, et les lianes semblent avoir payé un très lourd tribut avec des pertes de recouvrement souvent supérieures à 50%, et parfois la disparition de plus de la moitié des espèces précédemment relevées. Pour les végétaux qui ne sont pas morts, on constate malgré tout une forte mortalité de branches, parfois de la cime entière, et le plus souvent un nombre

extrêmement réduit de feuilles. Certaines espèces comme *Randia aculeata* (ti-coco), une des espèces les plus courantes, ont perdu une grosse partie de leur effectif. La plupart des espèces à feuillage normalement persistant (myrtacées, mapou, etc...) ont des feuilles fortement flétries ou sèche, et sont parfois aussi défeuillées que les espèces à feuilles caduques. Les bois-couchés en bord de mer sur tout le versant est de la réserve n'échappent pas à la règle, avec un dessèchement généralisé des parties supérieures des lignes de végétation, de la plupart des semis qui se multipliaient dans les zones de savanes encore ouvertes, et la mortalité de nombreux arbres dans les ravines. La végétation herbacée était entièrement sèche sur quasiment toute la réserve, avec une mortalité déjà décelable sur de grandes surface, faisant craindre des problèmes d'érosion.

Sur les zones d'érosion existantes, notamment celles qui sont suivies au centre de la réserve près du château Dubuc, la mortalité a aussi frappé beaucoup des végétaux qui commençaient à s'étendre et se disséminer comme les zicaques, faisant disparaître en partie le fruit de 10 à 20 ans de reconquête.

La croissance de arbres est quasi-nulle depuis 2015, de nombreuses mesures étant même inférieures de 0.5 à 1 cm pour la circonférence, soit une perte de plusieurs millimètres sur le diamètre. L'état de stress hydrique intense des troncs et écorces pourrait en partie expliquer ce recul ou cette stagnation, en raison de la rétraction du bois qu'il induit. Une vérification sur un échantillons d'arbres lors de la prochaine saison des pluies sera nécessaire pour confirmer cette hypothèse.

Cette situation sanitaire exceptionnelle doit être analysée en détail, afin d'en tirer des recommandations adaptées à la future gestion de la réserve, dans le cadre du changement climatique qui s'invite en force.

3 - Compléter les mesures prévues en 2022

3.1 Positionnement GPS:

Il faut rapidement prendre la position GPS de haute précision des placettes et transects, en profitant de la saison sèche où le couvert est moins dense et plus favorable donc à cette mesure. Placettes et transects devront être positionnés ensuite par SIG sur une carte récente (IGN ou autre) avec le tracé des sentiers, routes et pistes actuels, car le plan et la carte disponibles à ce jour datent de plus de 30 ans et sont donc obsolètes et imprécis. Ce travail est urgent et absolument nécessaire si un cyclone ou un incendie devaient modifier significativement ou détruire la végétation d'une partie ou de toute la réserve. On rappelle que le cyclone David en 1979 a abattu ou cassé 90% des arbres de la réserve. Il serait impossible sans la position GPS de précision de retrouver les placettes dans des amas de troncs et branches, ou plus tard en absence des arbres repère, pour un suivi, même avec un évènement de moindre importance.

3.2 Vérification des données:

Au cours de la saisie des données, il apparaît que quelques vérifications de détail sont à effectuer : position de quelques arbres sur les plans de placettes ou taille de ces arbres. La validation de quelques identifications botanique est aussi attendue, certaines espèces n'étant pas été formellement reconnues faute des éléments décisifs (fleurs ou fruits par exemple, ou absence de feuilles à cause de la sécheresse). Une reconnaissance à la saison adéquate doit être programmée pour chaque espèce concernée.

3.3 Mesures de hauteur des arbres.

Ces mesures importantes, qui n'ont pas pu être réalisées par manque de personnes dans l'équipe en janvier, sont à faire lors de la saison des pluies de 2022. D'une part cela permettra d'évaluer le taux précis de mortalité. D'autre part, en raison des incertitudes actuelle sur l'état de santé et la capacité à se refeuiller de nombreux arbres, on pourra évaluer la hauteur éventuellement perdue en raison de la mortalité de la cime (donc mesurer hauteur totale et hauteur vivante), et évaluer pour les arbres vivants le pourcentage de branches mortes et le taux de défoliation. Les mesures de hauteur nécessitent un instrument de précision et un apprentissage préalable du maniement de cet instrument et de la technique de mesure si les personnels du PNR n'y sont pas habitués (positionnement par rapport à l'arbre pour éviter les erreurs de parallaxe qui peuvent être importantes). Les mesures de défoliation et pourcentage de branches mortes demanderaient aussi une rapide formation.

On pourra profiter de ces mesures de hauteur pour vérifier, sur un échantillon d'arbres, les mesures de circonférences, pour valider l'hypothèse d'une diminution du diamètre des arbres sous l'effet du stress hydrique (cf. point 2).

3.4 Photographies de référence

Des photos devront être prises sur les placettes de forêt, où aucune n'a été prise faute de temps lors de la mission, et sur le transects 23 où elles manquent (elles sont disponibles sur les autres transects, de 14 à 22 et sur placettes en zones d'érosion 1 à 5). Ces photos devront être prises en saison des pluie 2022, en même temps que les mesures de hauteur. La position et la direction de prise de vue doivent être notées précisément sur le plan de

la placette ou du transect. Ce repérage est nécessaire pour s'assurer de refaire ultérieurement les mêmes photos, après une perturbation ou pour un suivi à long terme. Ces photos doivent illustrer de façon représentative la structure actuelle de la végétation (canopée et sous-bois), vue sous différents angles, et les points particuliers qui méritent l'attention: arbres spécifiques, rares ou exceptionnels par leur taille, morts ou couchés, trouées, zones de régénération, zones d'érosion, etc... Ces photos doivent être légendées précisément.

3.5 Photographies aériennes

Il était prévu que les photographies aériennes les plus récentes soient disponibles pour l'inventaire, et pour la cartographie des peuplements de la réserve. Ce n'était pas le cas. Il serait utile qu'elles soient fournies le plus rapidement possible pour faciliter la rédaction du rapport de mission, valider les limites des types de végétation et orienter/compléter les analyses qui sont proposées ci-après.

4 - Etudes complémentaires à prévoir

Plusieurs propositions ont été faites lors des discussions pendant l'inventaire et la réunion de débriefing le 20 janvier. Elles sont très complémentaires.

4.1 Photos hémisphériques - fish-eye

Le PNR se dotant d'un matériel permettant la réalisation de photos hémisphériques, il serait intéressant que de telles photos soient réalisées sur toutes les placettes de forêt et de fourré, et dans les parties les plus hautes de quelques transects, pour mesurer la densité du couvert et son évolution future depuis le sol. Ces photos pourraient être faites (1) d'une part près du sol (par exemple 50 cm, c'est à dire au-dessus de la strate herbacée et des semis, c'est la limite qui est dans le protocole de mesure) pour prendre en compte l'ensemble de la végétation ligneuse et semi-ligneuse, d'autre part à une hauteur plus importante (à déterminer suivant la structure de végétation) pour observer la canopée. La position de ces photos devra être repérée avec la plus grande précision, par un piquet fortement ancré dans le sol, une distance-direction par rapport au centre ou un arbre repère et une position GPS de précision. De telles mesures seraient précieuses pour suivre, à l'échelle très locale des placettes, l'évolution du couvert au fil des années dans le contexte du dépérissement actuellement constaté. Elles permettraient d'objectiver et compléter, sans les remplacer, les observations qui sont faites à l'œil et à "dire d'expert" depuis l'origine (qui ont l'avantage de différencier les différents étages de végétation).

4.2 Photos satellites

Pour un article en cours de finalisation, reprenant notamment l'ensemble des relevés sur les placettes de 1989 à 2015, nous avons réalisé une analyse de séries de photos satellite de 1977 à 2019 (cf. fig. 1). A l'aide de l'indice de végétation NDVI, j'ai pu avec un collègue de mon équipe reconstituer la dynamique spatiale de végétation et l'évolution de sa densité globale (tous étages confondus). Nous avons ainsi mis en évidence d'une part l'effet très significatif des 3 cyclones qui ont frappé la réserve dans cette période (particulièrement David en 1979, mais aussi Marilyn en 1995 et Dean en 2007), d'autre part l'évolution positive de cette végétation entre les cyclones. Nous avons noté qu'en 1995, 16 ans après David, la végétation n'avait pas encore retrouvé son niveau de 1977, et que les deux autres cyclones avaient chacun fait perdre l'équivalent de 7 à 10 ans de progression, alors que les pertes d'arbres sur les placettes représentaient 5 à 10% des effectifs. La densité moyenne de végétation n'a ainsi dépassé celle de 1977 que depuis 2014 environ. Elle était en progression très rapide au cours de la période 2014-2018.

Les mesures de 2022 montrent, par rapport aux deux derniers cyclones, des pertes proportionnellement plus importantes au niveau des arbres, doublées de pertes tout aussi importantes dans le sous-bois et chez les lianes. Il est possible que les récentes sécheresses aient remis en cause, entre 2019 et 2021, l'équivalent de 15 à 20 ans de progression positive. Il est donc nécessaire d'évaluer ces pertes avec les mêmes outils spatiaux. Ils constituent un moyen privilégié de suivi sur l'ensemble du territoire de la réserve, les mesures locales servant à calibrer et valider ces valeurs. L'intérêt des mesures de NDVI est qu'elles combinent la densité globale de végétation et la santé de celle-ci (densité de photosynthèse).

Les comparaisons devront porter à la fois sur la saison sèche et la saison des pluies, pour prendre en compte : d'une part les pertes sur les espèces décidues (mesurables uniquement en saison des pluies), et sur celles à feuillage persistant qui sont observables en saison sèche (notamment pour le sous-étage qui est moins dissimulé par la canopée, et la mortalité), et en saison des pluies (pour la part de défoliation non liée à la saison sèche, donc imputable à la sécheresse). Les procédures utilisées sur la Caravelle pourraient par ailleurs servir à estimer les dommages de sécheresse sur d'autres espaces protégés ayant subi les mêmes dommages, visibles en janvier 2022 sur tout le pourtour xérophile de la Martinique, et sans doute significatifs aussi dans les milieux plus humides.

Ce travail doit être réalisé par un spécialiste, ou par un étudiant de niveau avancé (master ou ingénieur) sous la direction d'un spécialiste. Cela implique la participation d'un laboratoire de recherche ou universitaire intéressé, avec un financement dédié qu'il est urgent de rechercher.

4.3 Relevés LIDAR

Il serait également idéal de disposer, sur la réserve, de relevés LIDAR (mesures laser à partir d'un appareil aéroporté). Cette technique maintenant très performante permet de mesurer de façon précise la hauteur de végétation et sa structure, donc sa densité à différents niveaux de hauteur (canopée, sous-bois ligneux, végétation basse et herbacées). Elle est donc complémentaire de la télédétection satellitaire, qui mesure la densité globale de la végétation sans discerner les différentes strates.

L'IGN pour l'inventaire forestier national ayant prévu, dans un délai qui reste à définir, de réaliser des relevés LIDAR à l'échelle du territoire français, il faudrait savoir si une mission est prévue sur les Antilles. Dans le cas contraire, les mesures LIDAR pourraient être réalisées par une société spécialisée (avec hélicoptère, avion ou drone). Il serait intéressant de coupler les mesures sur la Caravelle avec d'autres cibles pour minimiser les coûts. Ce travail ne peut être réalisé que par des spécialistes, y compris pour les drones, à la fois pour la conduite spécifique en vol que cela implique, l'appareillage LIDAR, et pour le traitement des données qui est très lourd et exige des logiciels spéciaux.

Conclusion et prévision du prochain inventaire

L'inventaire complet de la végétation sur les placettes et transects a pu être réalisé en janvier 2022 malgré le manque de personnel du au COVID, assurant ainsi l'essentiel dans la continuité des mesures depuis plus de 30 ans. Mais les autres mesures prévues doivent être réalisées ultérieurement par le personnel du PNRM au cours de l'année 2022, notamment les mesures de hauteur des arbres.

En raison de la dégradation générale de l'état sanitaire de la végétation, un retour s'impose sur les placettes au cours de la saison des pluies 2022, pour évaluer l'impact réel sur la forêt et sa résilience. Ce travail devra être réalisé près une période suffisamment longue de pluies pour s'assurer que toutes les espèces soient au maximum de leur développement, en particulier de leurs feuilles. Ce point sur l'état de la végétation pourra idéalement se combiner avec les mesures de hauteur.

Pour les mêmes raisons d'état sanitaire, le prochain inventaire des placettes permanentes devra intervenir au maximum dans 5 ans. L'expérience des inventaires précédents montre que c'est le délai critique pour mesurer de façon fiable les effets des grosses perturbations et la réaction de la végétation.

Des moyens modernes et fiables de suivi à long terme de la végétation à des échelles intermédiaires et larges sont maintenant disponibles à un coût abordable. Les mesures sur photos satellite (NDVI) et avec un LIDAR permettraient une évaluation précise en structure et densité de la végétation, pour la cartographie et le suivi des types de végétation à l'échelle de la réserve, en particulier l'évolution liée aux dépérissements actuels. Cette connaissance serait aussi particulièrement utile pour faire face techniquement et scientifiquement à un éventuel prochain cyclone. Elles ne se substituent pas du tout au suivi des placettes, qui est indispensable pour interpréter et calibrer ces mesures à plus grande échelle, notamment pour connaître le comportement individuel des espèces. Ce dernier point est primordial pour les recommandations de gestion.

L'ensemble des propositions ci-dessus permettraient de faire de la réserve de la Caravelle un site pilote remarquables, car il combinerait des méthodes innovantes et des suivis à très long terme de terrain. Cette combinaison est extrêmement rare actuellement. Elle servirait de modèle pour le suivi des autres sites naturels de Martinique en particulier, et des Antilles en général.

Annexe 1



RESERVE NATURELLE DE **LA CARAVELLE**

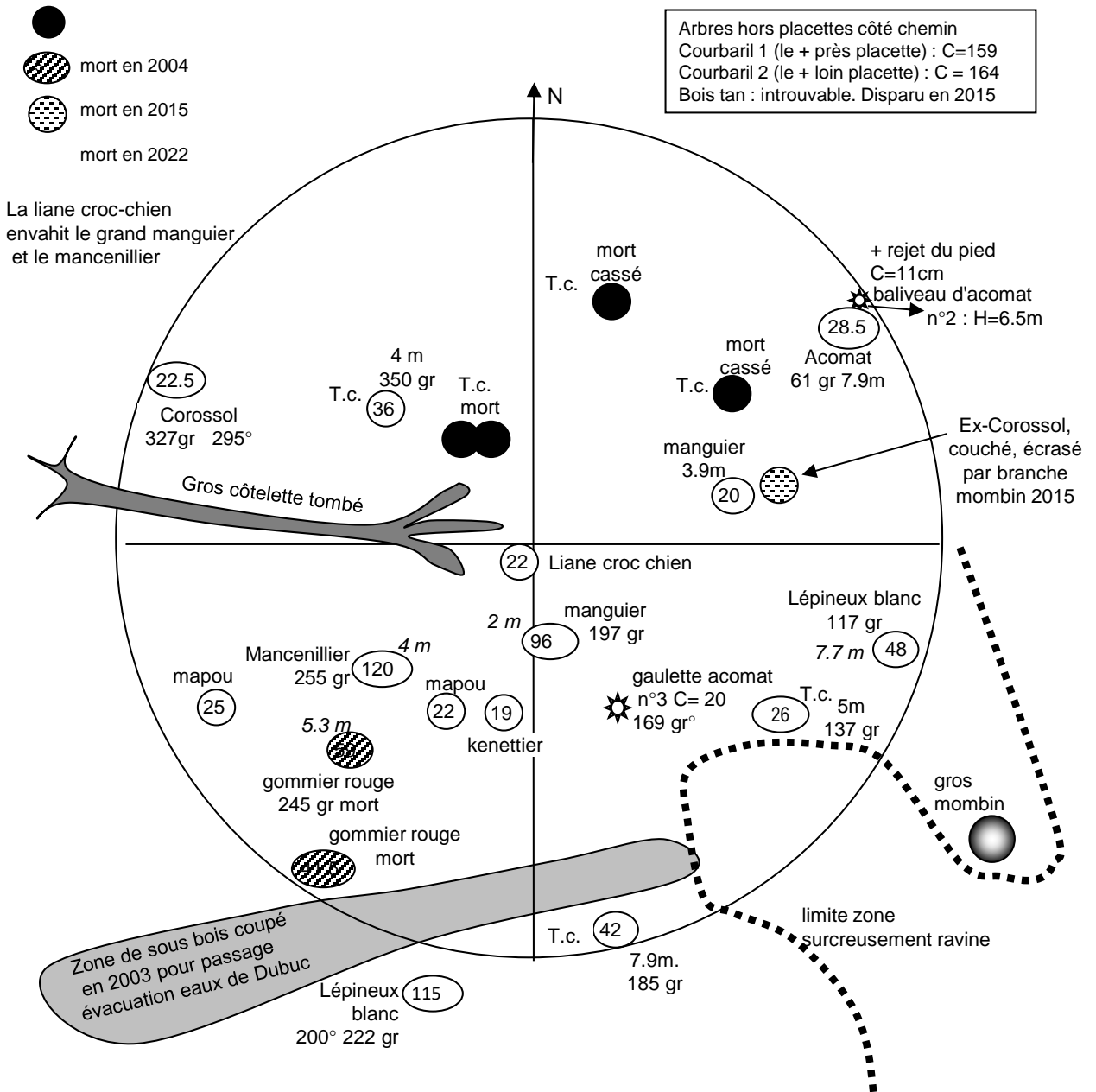
Plan 2022 des placettes

Michel VENNETIER
Février 2022

Placettes de fourré et forêt

- 1 – Placettes initiales (installées en 1994): n° 1 à 12
- 2 – Placettes récentes (installées en 2015): n° 24 à 27
- 3 – Transects en savanes et bois-couchés (n° 13 à 23)
- 4 – Zones de suivi de l'érosion (n° 1 à 5)
- 5 – Plan de l'ensemble des sites suivis
- 6 – Plan de la zone d'introduction d'espèces rares de 2016

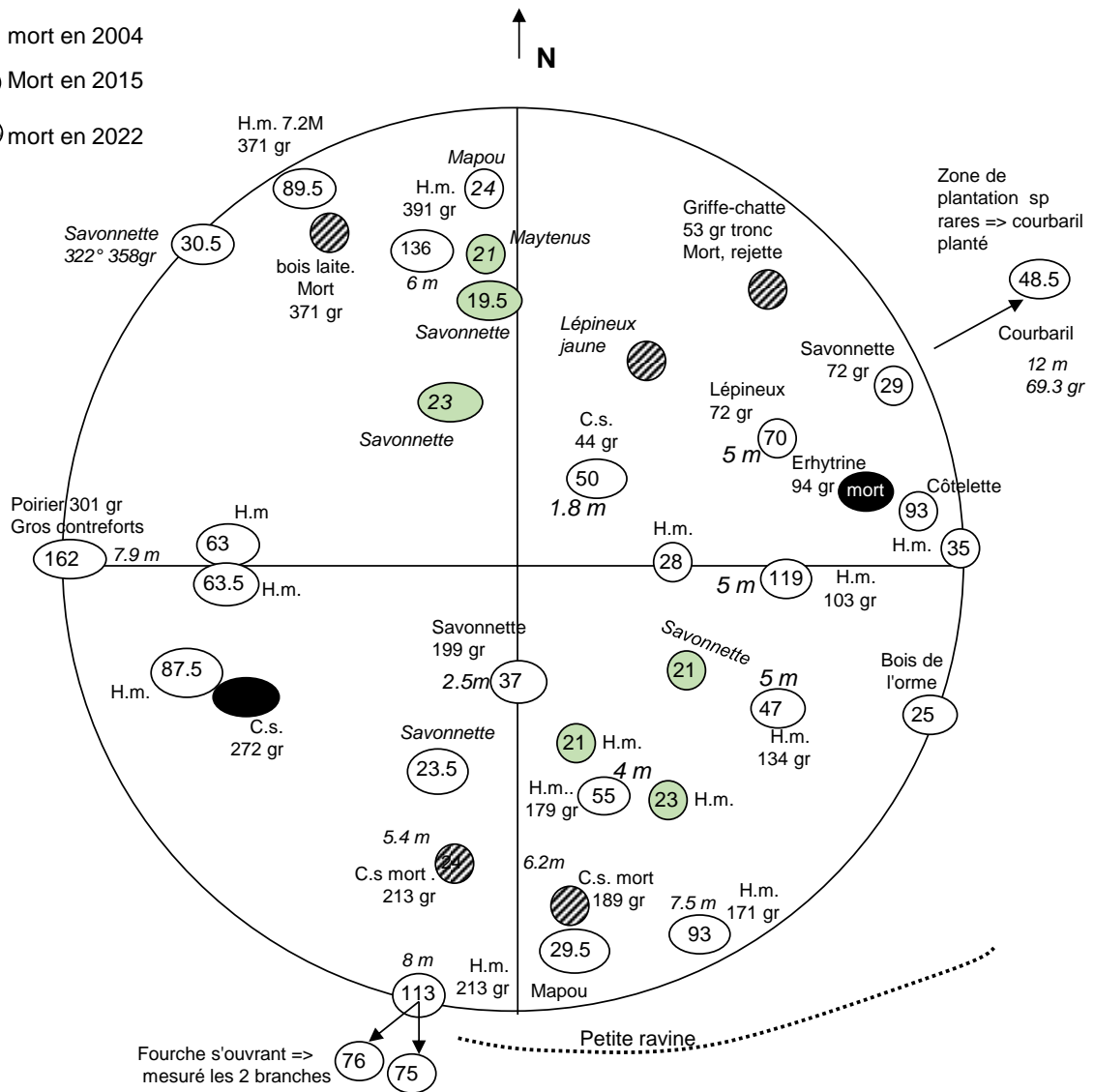
Placette n°1 - 2022



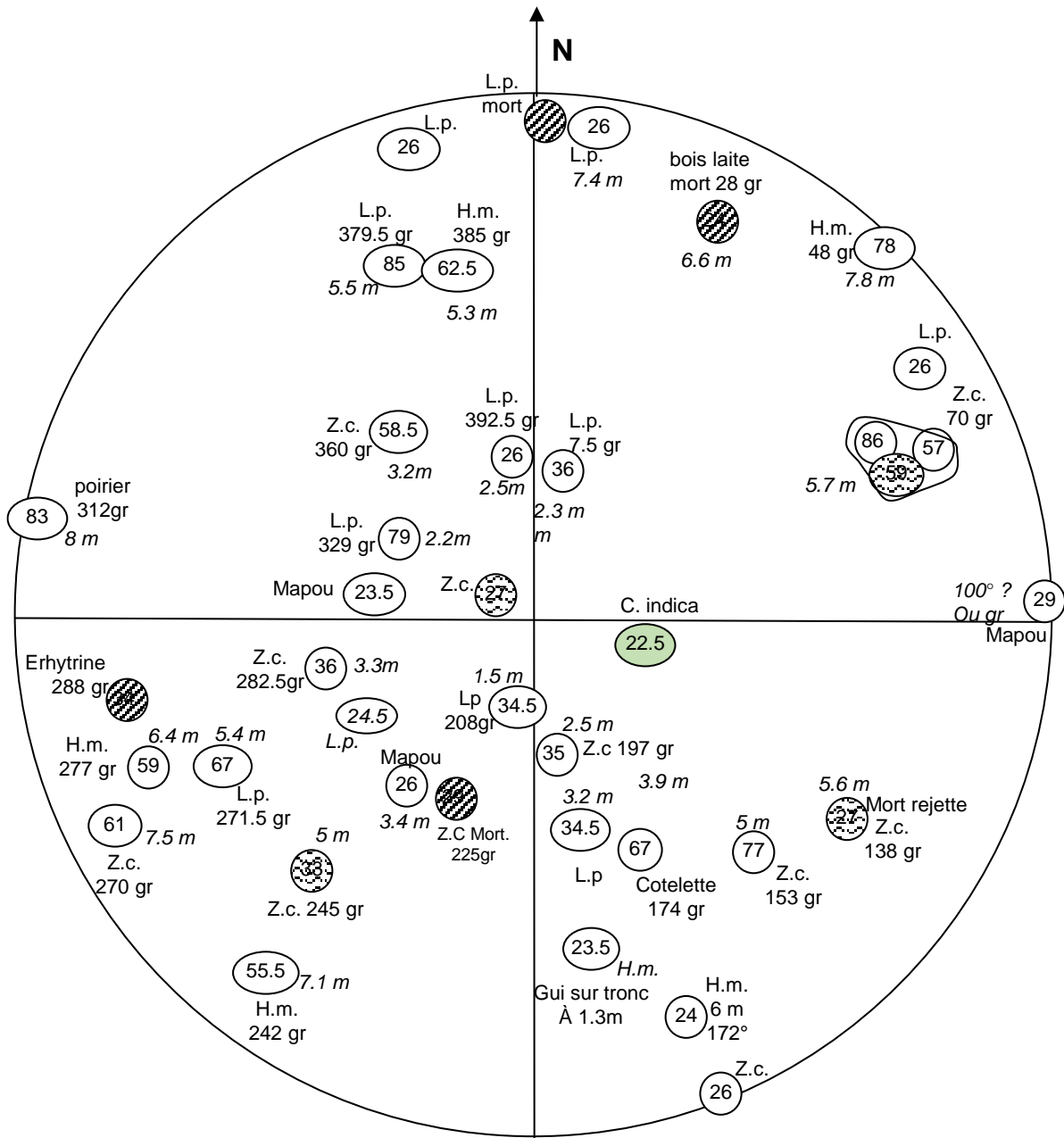
Placette n°2 – 2022

H.m. = mancenillier ; C.s. = bois rouge
 Bois de l'orme = *Guazuma ulmifolia*

- mort en 2004
- ▨ Mort en 2015
- ▩ mort en 2022



Placette n°3 – 2022



Placette n°4 – 2015

C.s. = *Coccoloba swartzii* T.c. = *Tabernaemontana citrifolia*

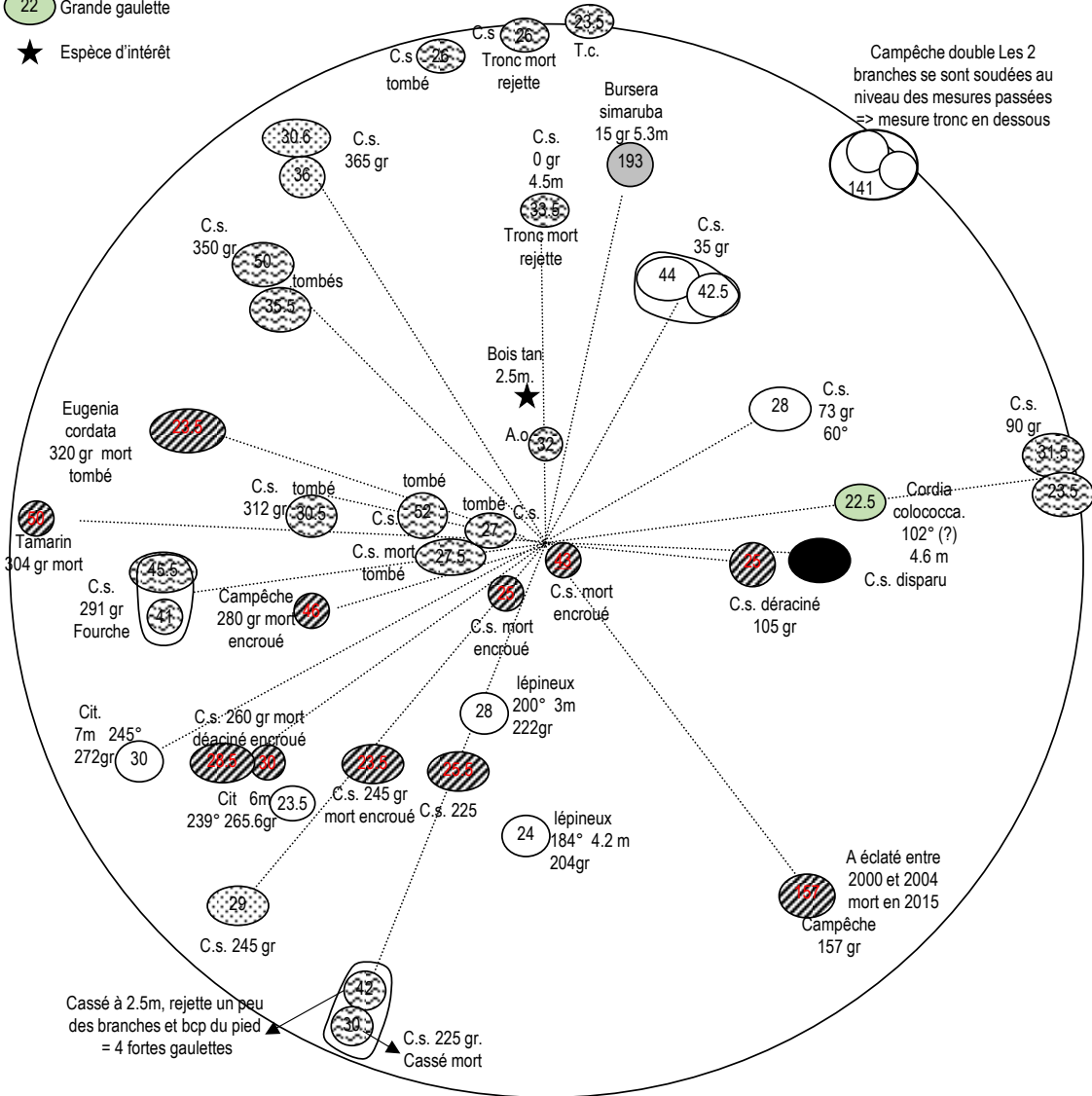
• A.o. = *Ardisia obovata* Cit = *Citharexylon*

● = arbre dominant ○ = arbre co-dominant ○ = arbre dominé ● = mort 2015 ● = mort 2022

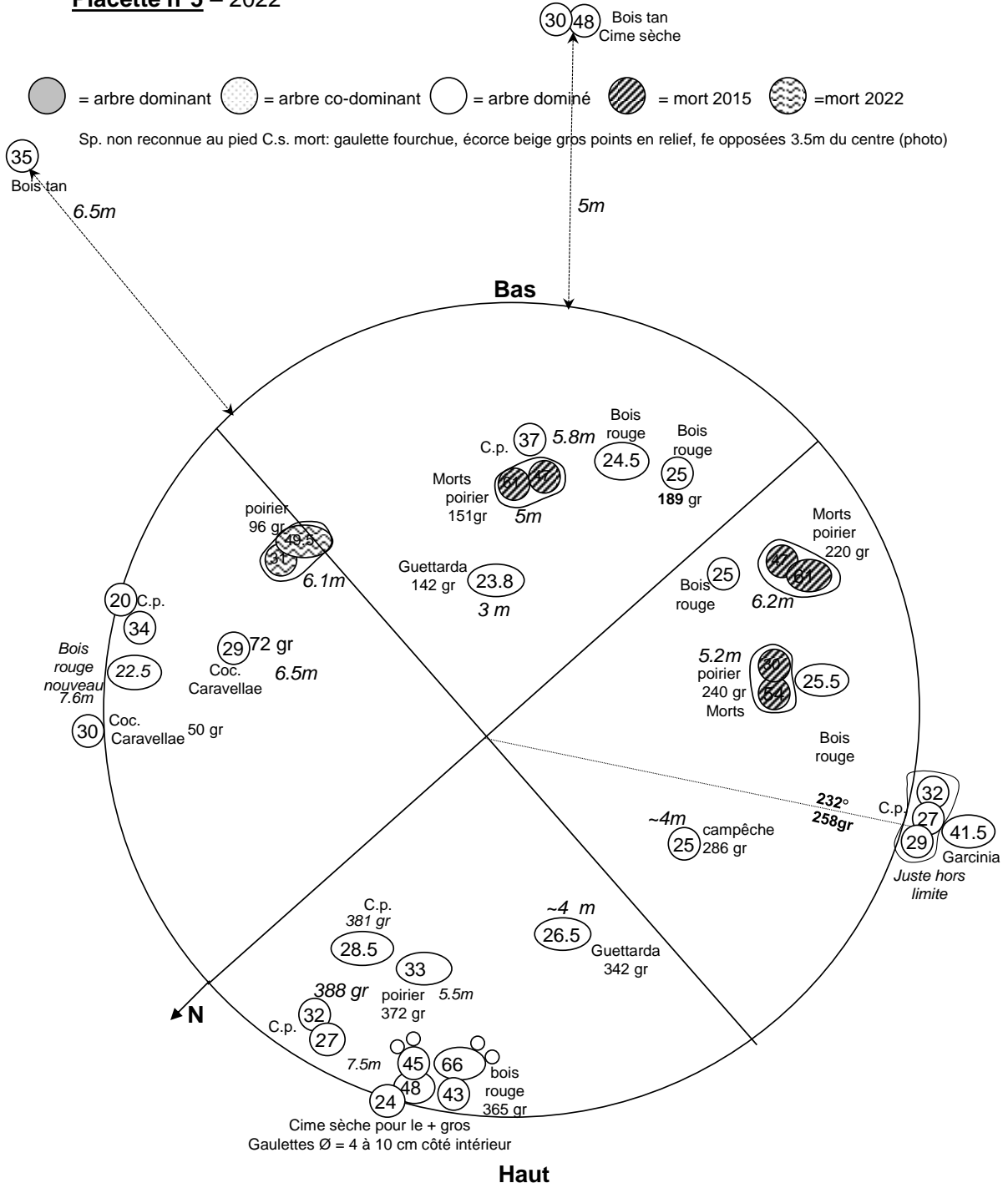
Sp. non reconnue au pied C.s. mort: gaulette fourchue, écorce beige gros points en relief, fe opposées 3.5m du centre (photo)

22 Grande gaulette

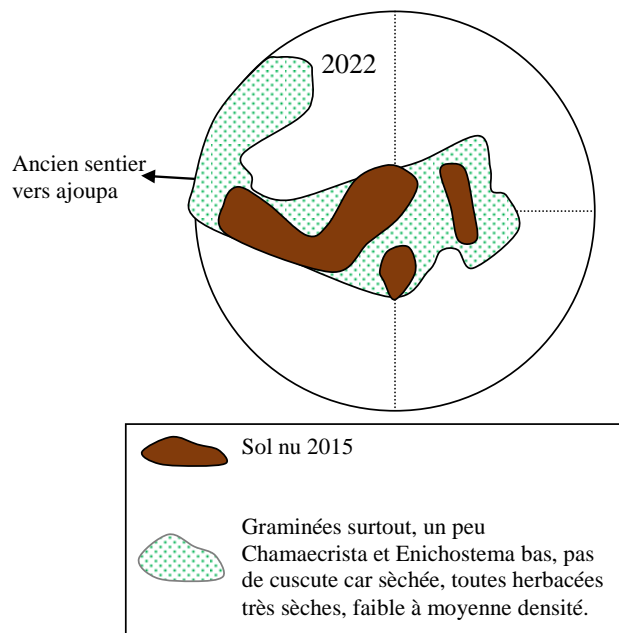
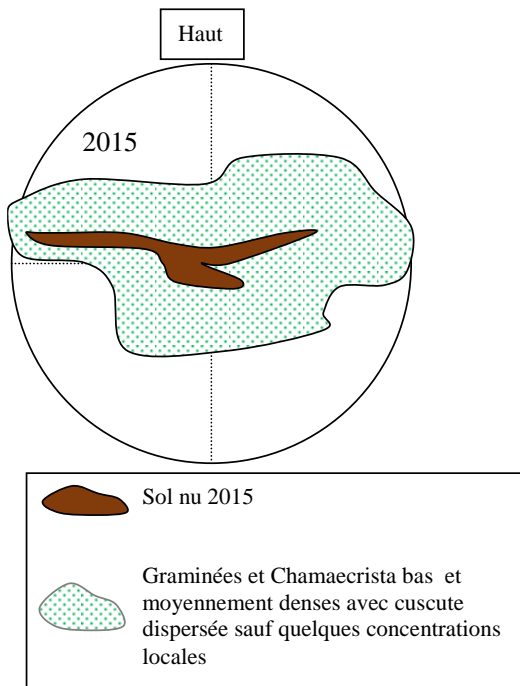
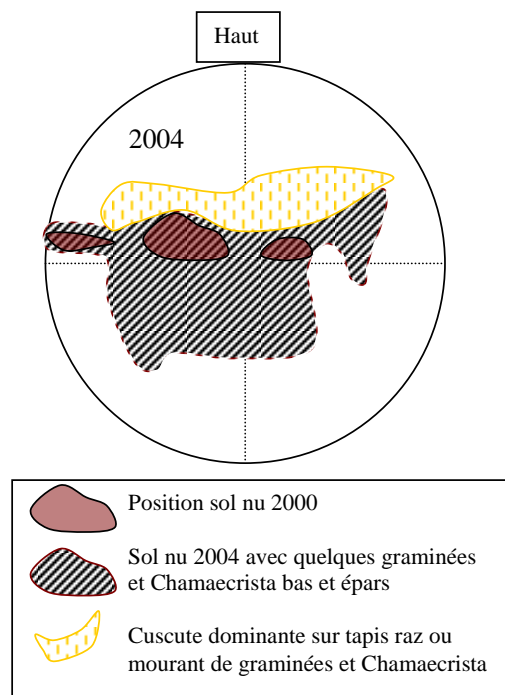
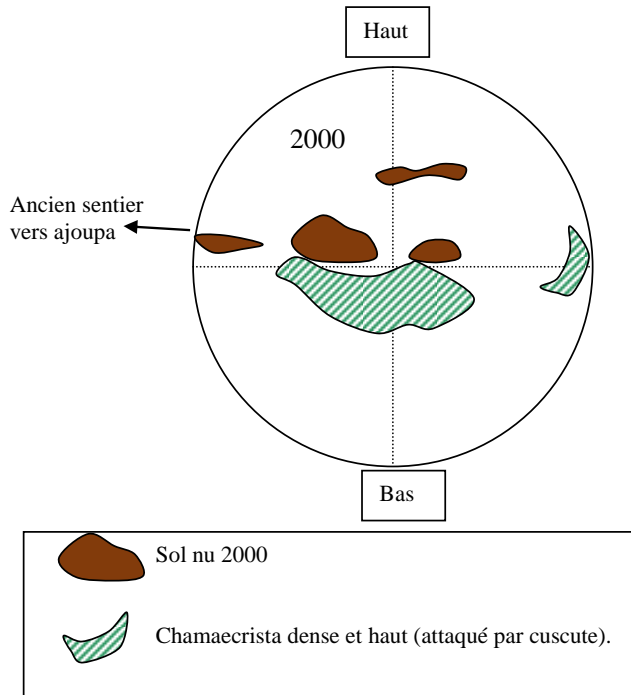
★ Espèce d'intérêt



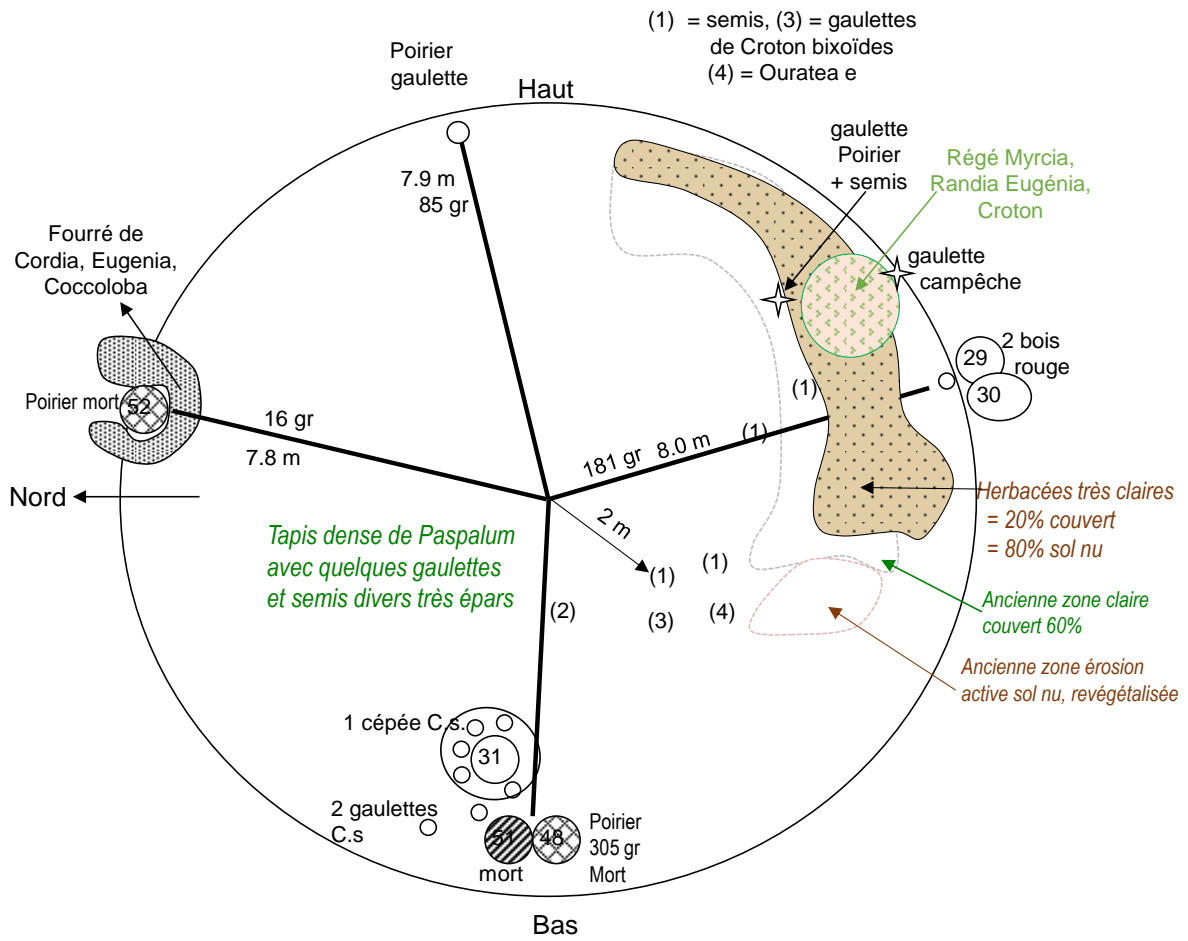
Placette n°5 – 2022



Placette n° 5 – 2000-2015

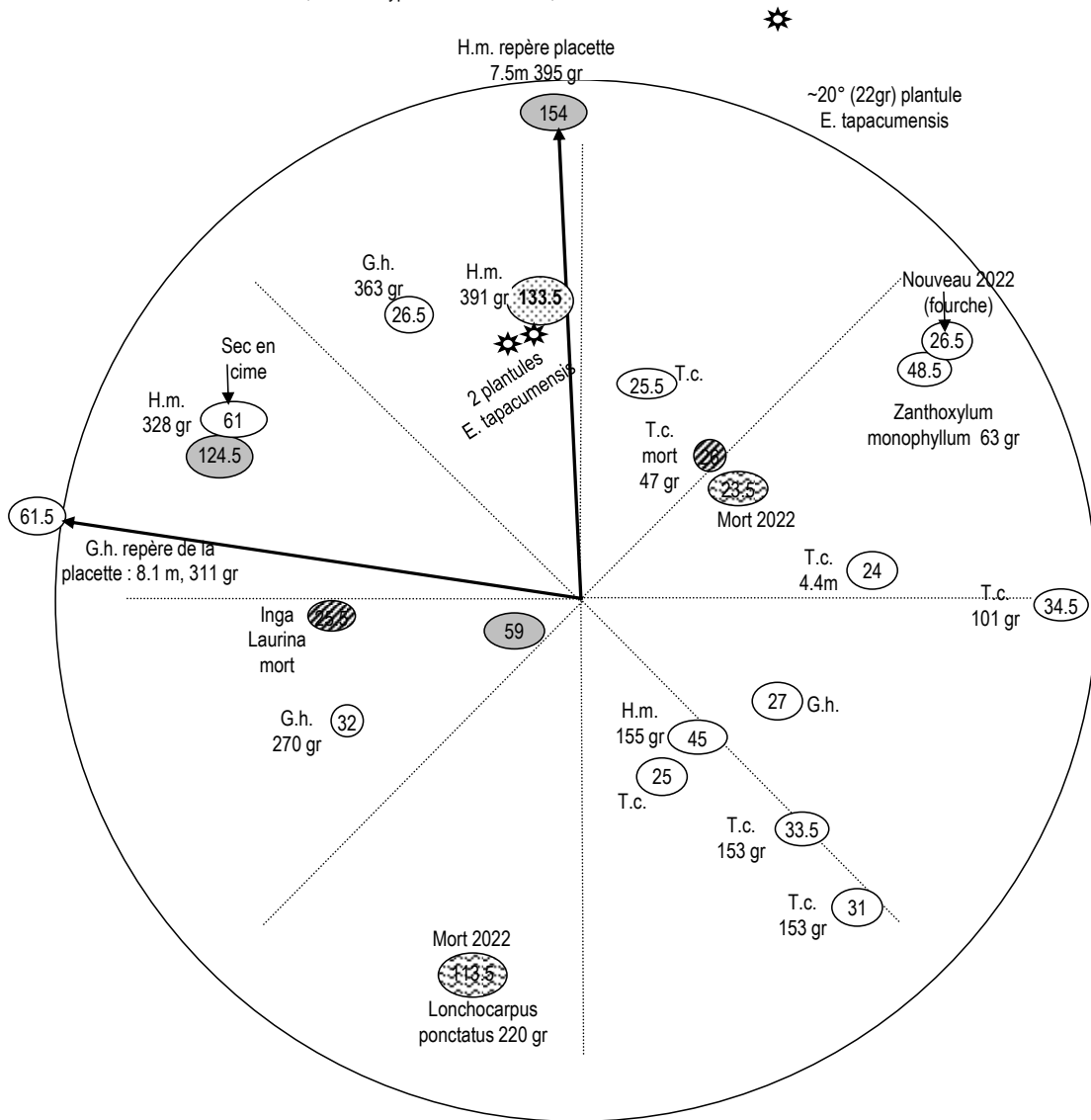


placette n°6 – 2022



Placette n° 7 – 2022

= arbre dominant
 = arbre co-dominant
 = arbre dominé
 = mort 2015
 = mort 2022
 G.h. = *Garcinia humilis* ; H.m. = *Hypomane mancinella* ; T.c. = *Tabernaemontana citrifolia*

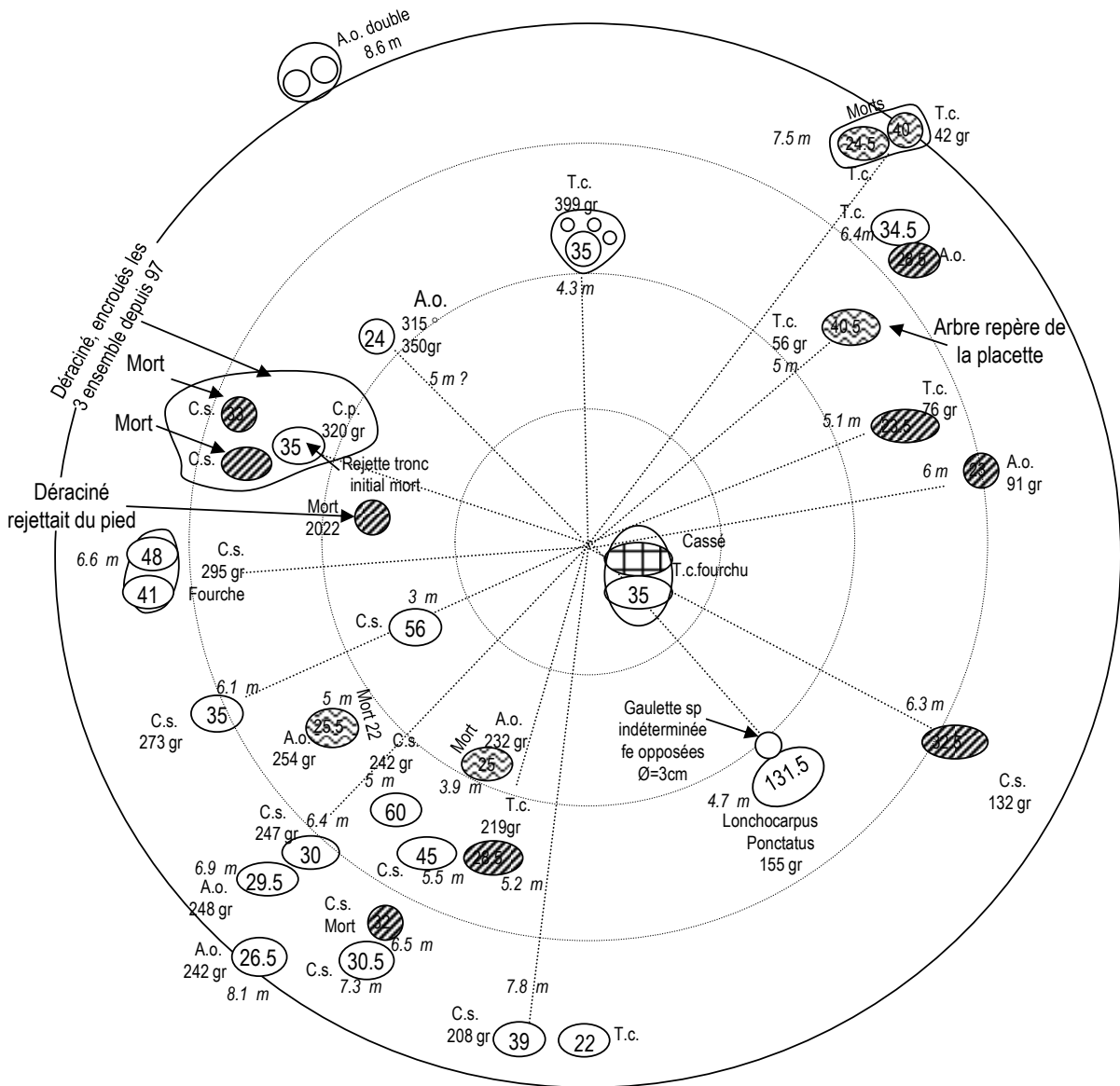


Placette n° 8 – 2022

C.s. = *Coccoloba swartzii* ; A.o. = *Ardisia obovata* ;

T.c. = *Tabernaemontana citrifolia* ; C.p. *Coccoloba pubescens*

☰ = était mort en 2015 ☱ = mort 2022

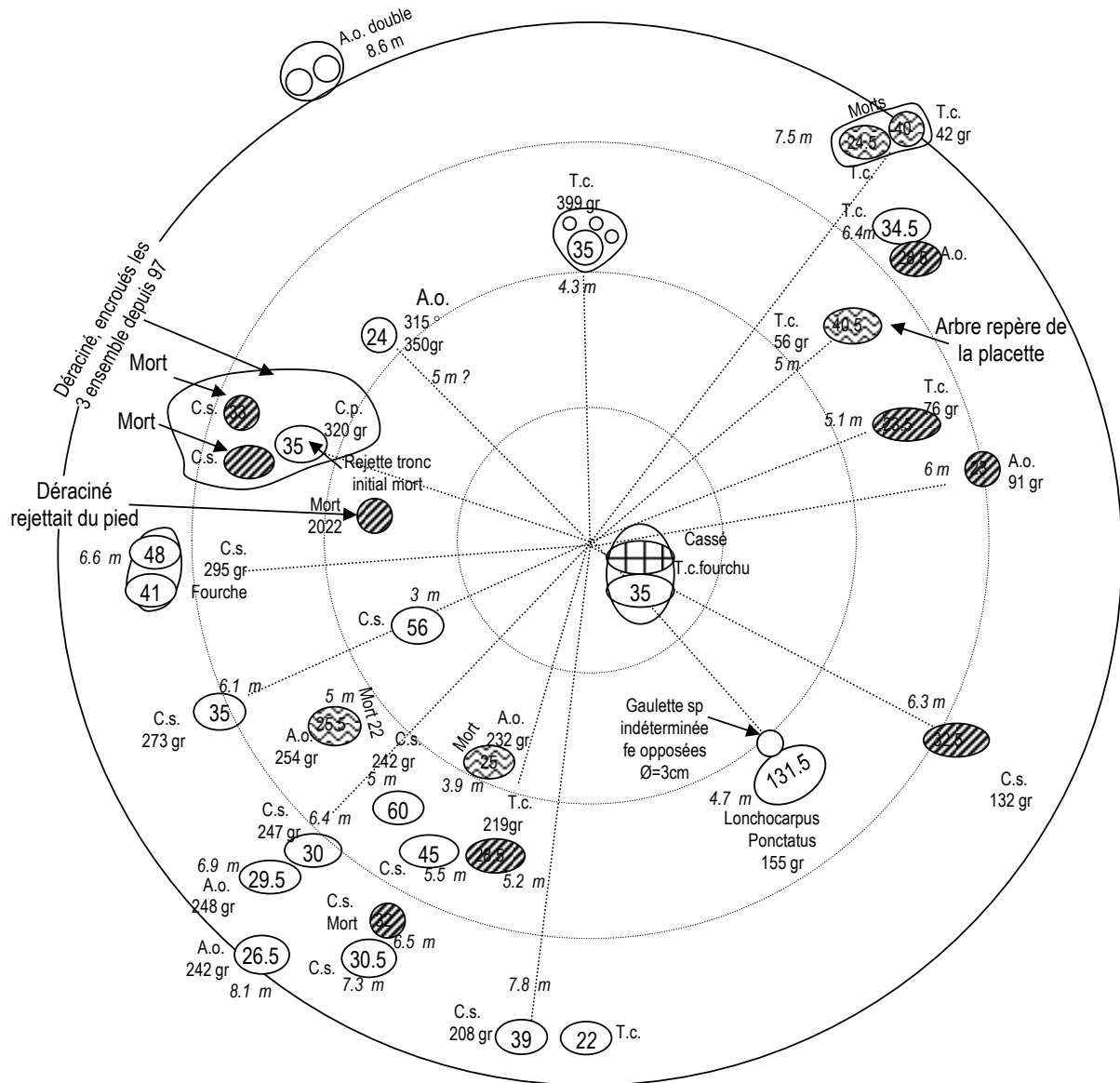


Placette n° 8 – 2022

C.s. = *Coccoloba swartzii* ; A.o. = *Ardisia obovata* ;

T.c. = *Tabernaemontana citrifolia* ; C.p. = *Coccoloba pubescens*

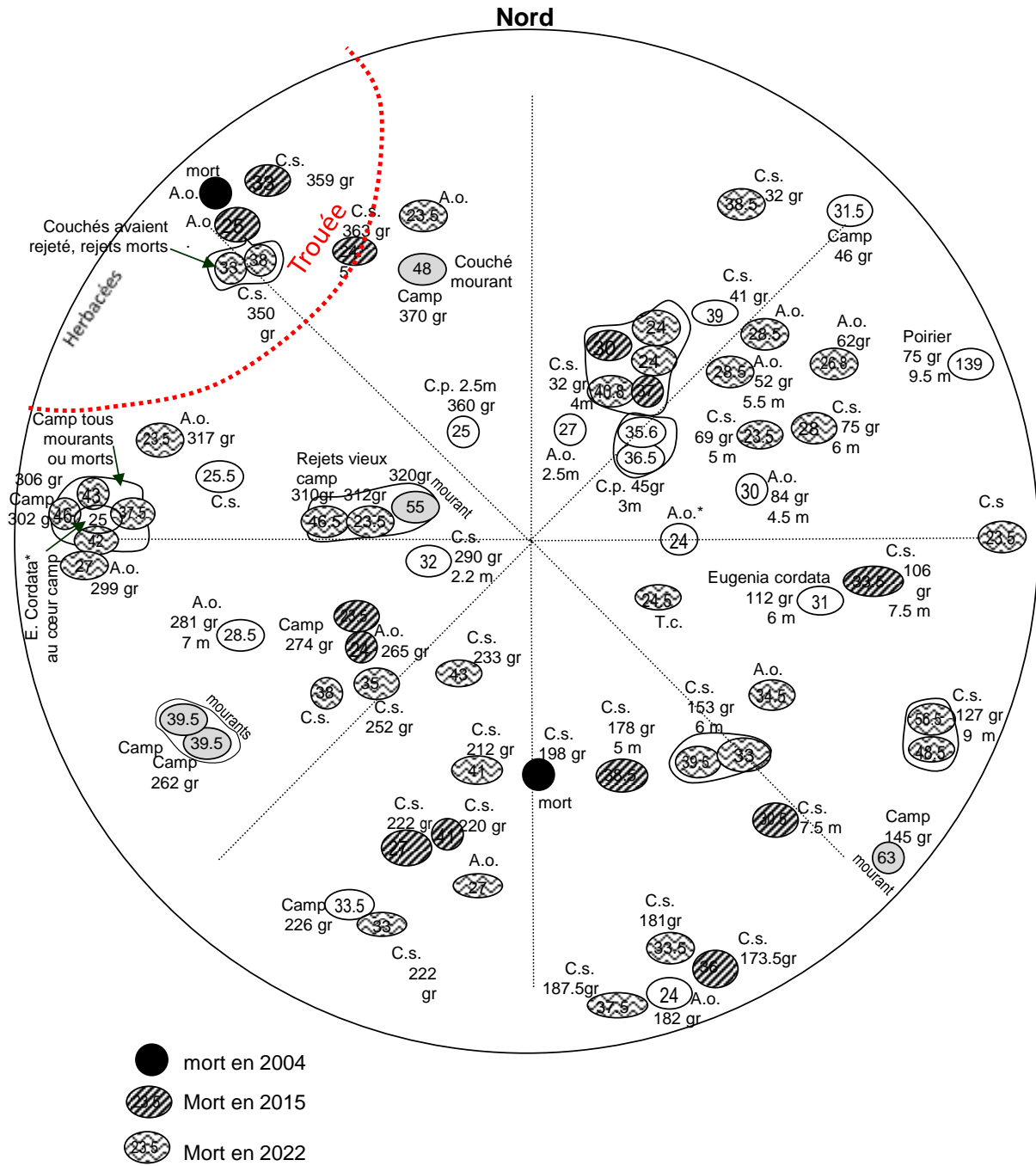
☰ = était mort en 2015 ☱ = mort 2022



Placette n°9 – 2022

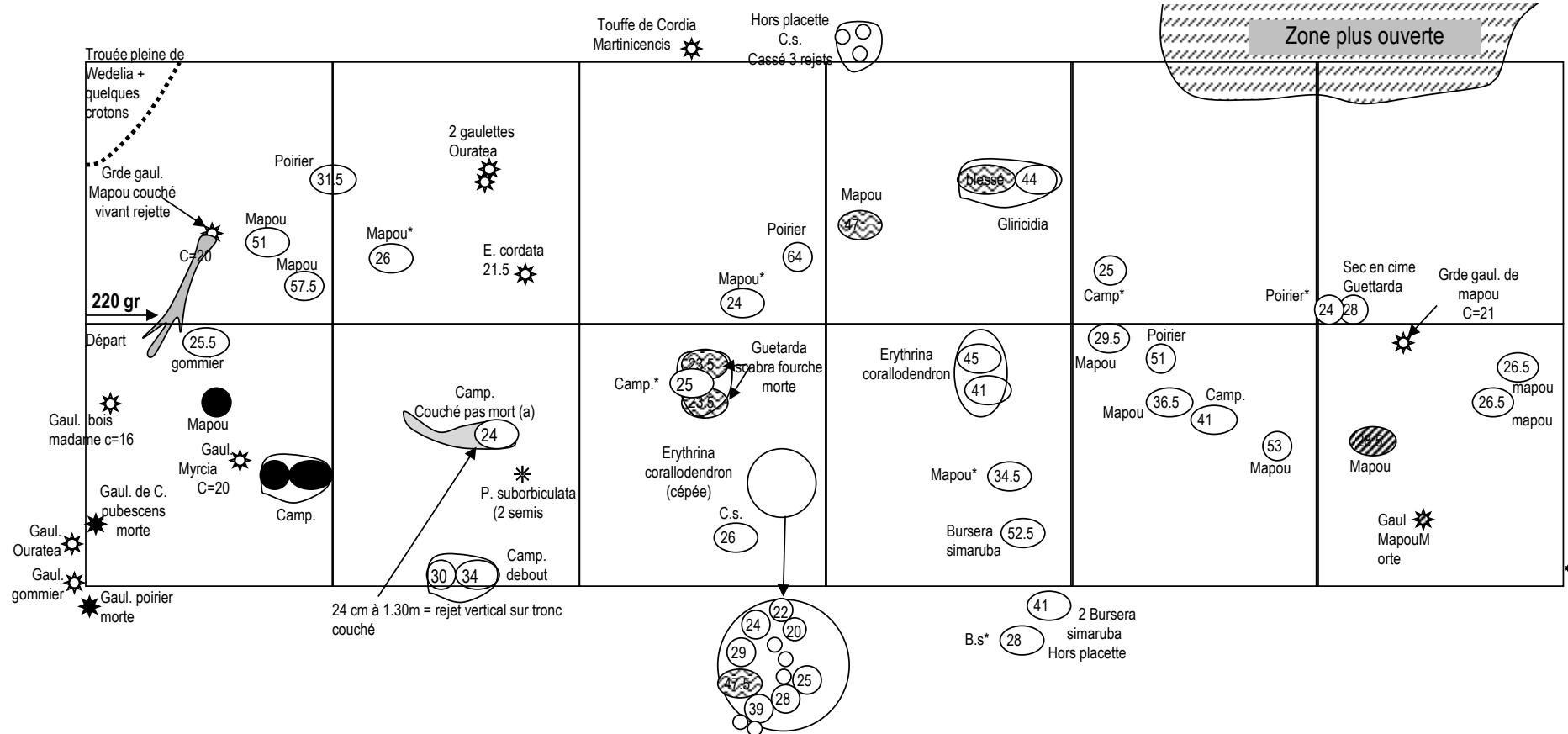
C.s. = *Coccoloba swartzii* ; A.o. = *Ardisia obovata* ; T.c. = *Tabernaemontana citrifolia* ;

C.p. = *Coccoloba pubescens* ; Camp = *Haematoxylon campechianum* ; * = nouveau baliveau (gaulette en 2004)



Placette 10 - relevé 2022

Camp. = Campêche ; C.s. = *Coccoloba swartzii* ; * = nouveau baliveau (encore gaulette en 2015)



Placette 11 - relevé 2022

Camp. = Campêche ; C.s. = Cocoloba swartzii ; * = nouveau baliveau (galette en 2015)

* = plantule à galette espèce rare

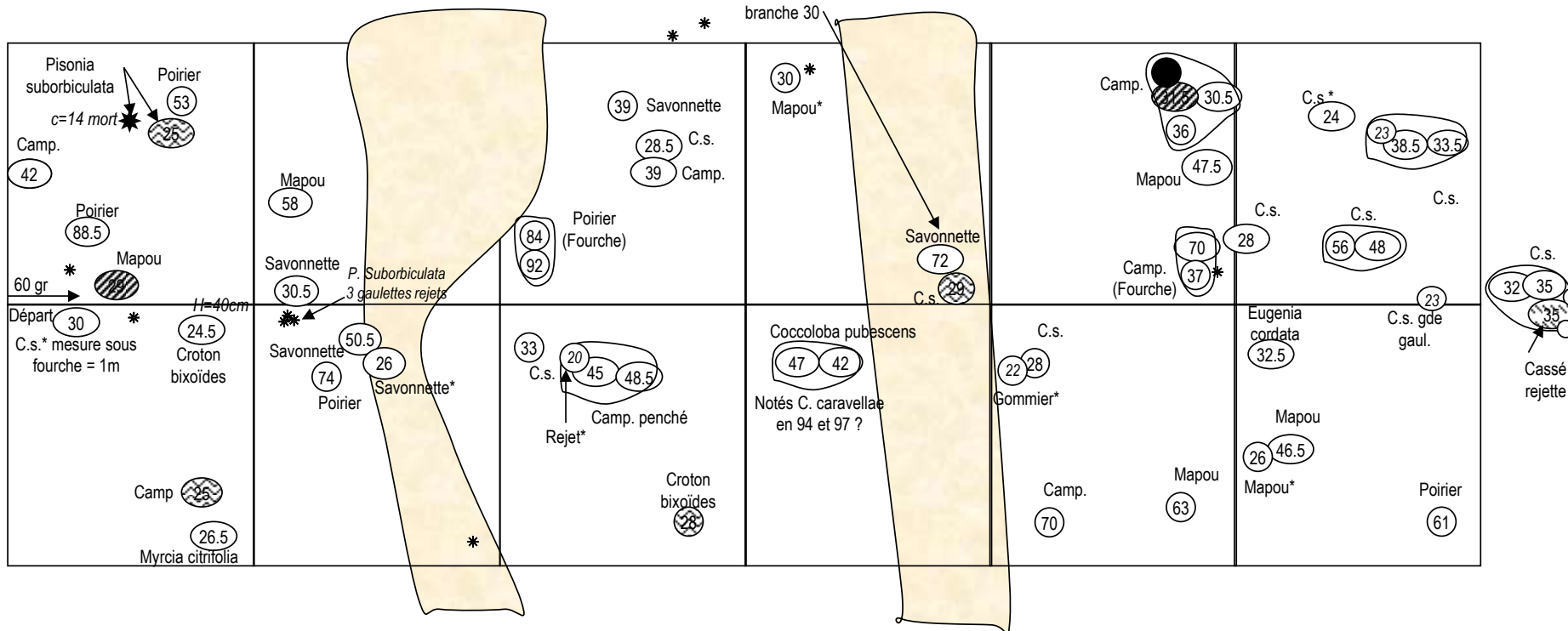
● Mort en 2004

▨ Mort en 2015

⊗ Mort en 2022

○ Layons où le sous bois a été recépé fin 2001.

Pb mesure au niveau fourche:
61 au dessus. 68 au dessous
branche 30



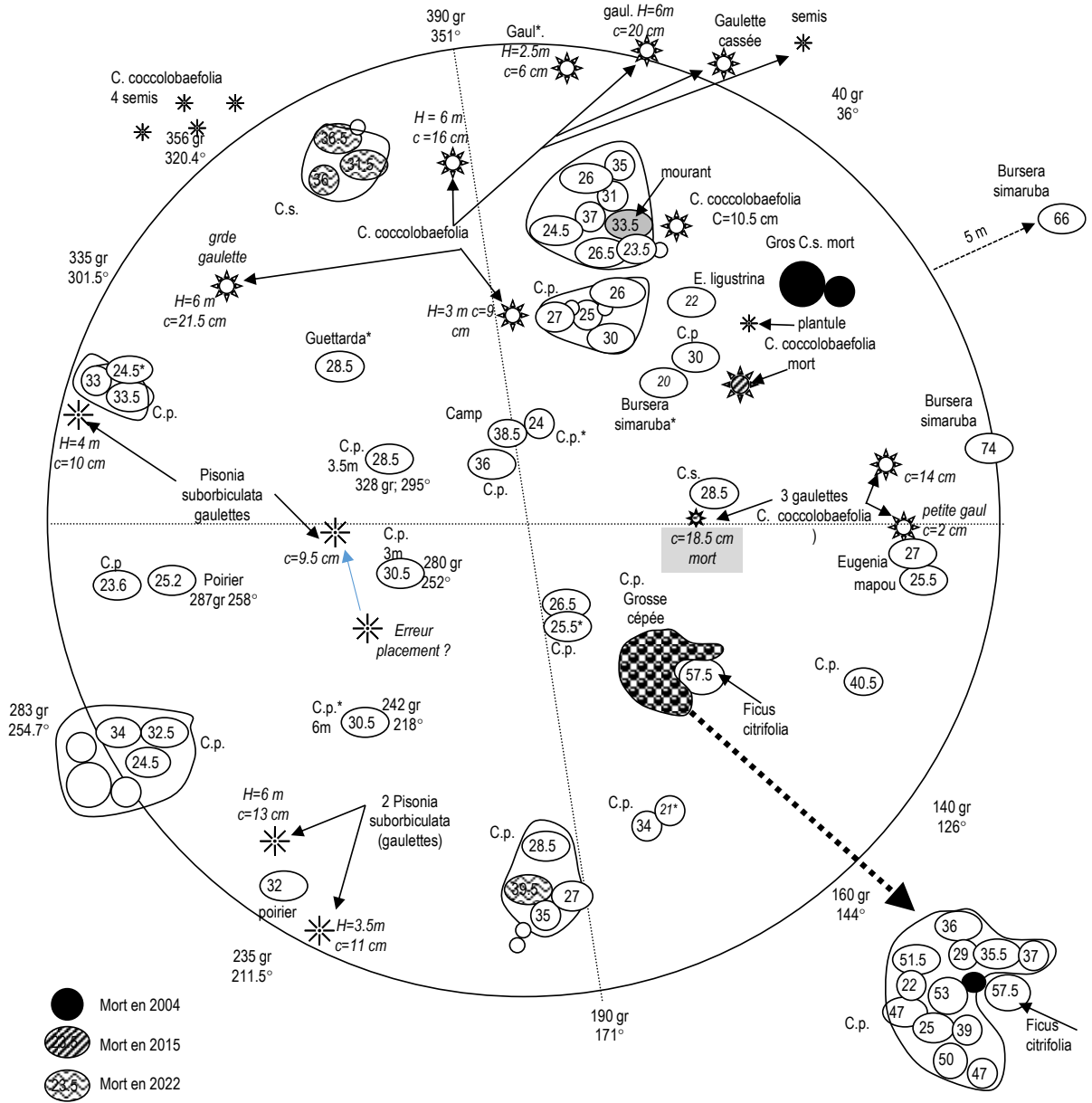
Placette 12 - relevé 2022

C.p. = *Coccoloba pubescens*

C.s. = *Coccoloba swartzii*

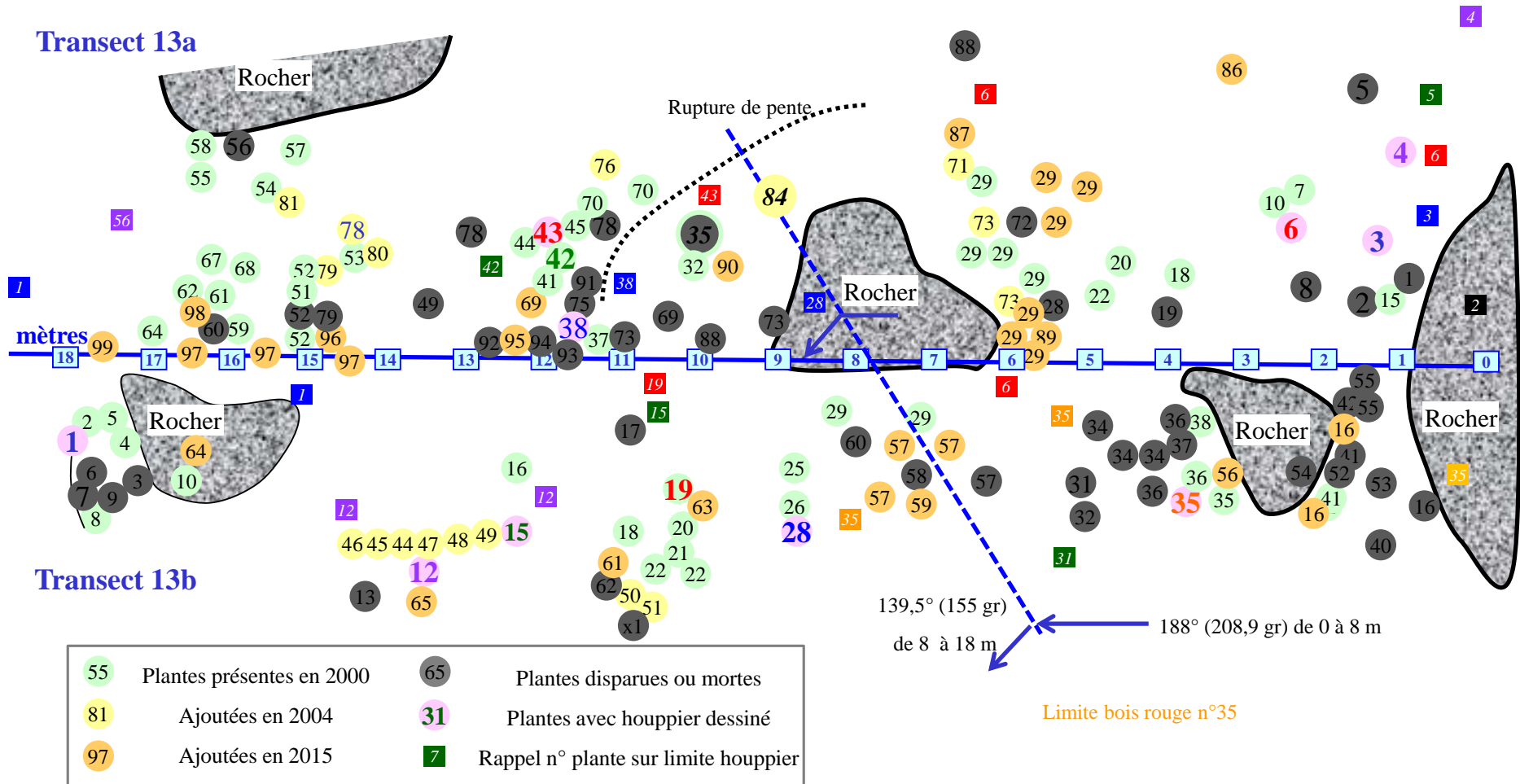
Les groupes entourés correspondent à des cépées

Doute sur ficus (citrifolia ou obtusifolia ?)



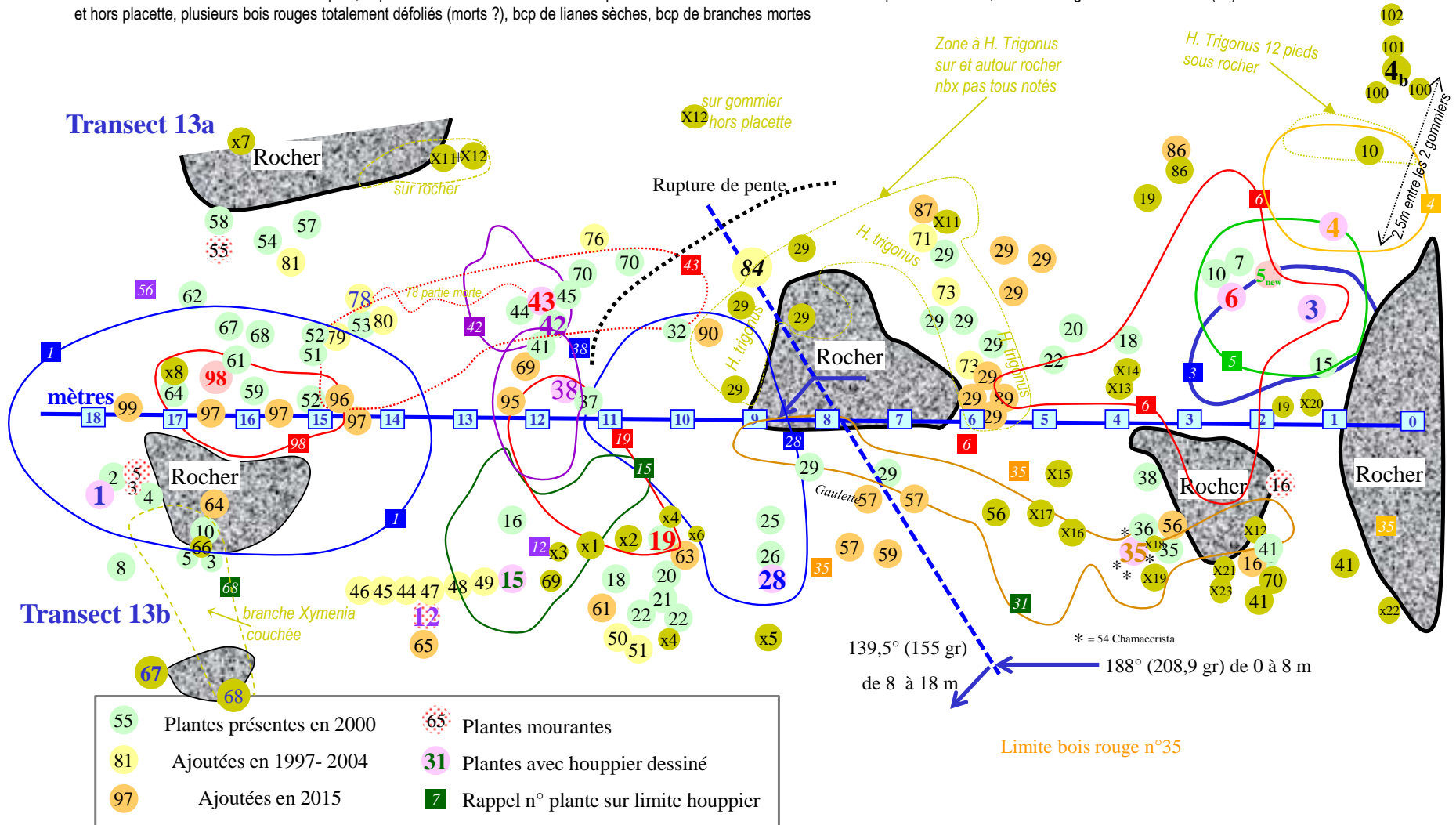
Transect 13 a et b – mortalité 2022

Le gros thym (*Plectranthus amboïnicus*) forme un tapis dense de 20 à 40 cm de haut sur une grande partie de la placette, côté est de 12 à 17m, côté ouest sur toute la largeur entre 3 et 15m sauf une bande de 2m de large au milieu entre 8 et 11m. Ailleurs toujours présent mais plus clair ou par tâches plus denses entrecoupées de petites zones peu denses ou vides, notamment côté ouest entre 0 et 11m. La liane «graine l'église» (*Abrus precatorius*) qui était très présente dans le thym a quasiment disparu de même que *Indigofera tinctoria*. Les ananas bois ont continué à se multiplier, et prolifèrent sur certains arbustes au point de les recouvrir entièrement. Beaucoup d'arbres morts, notamment grosses savonnettes (56) et hors placette, plusieurs bois rouges totalement défoliés (morts ?), bcp de lianes sèches, bcp de branches mortes

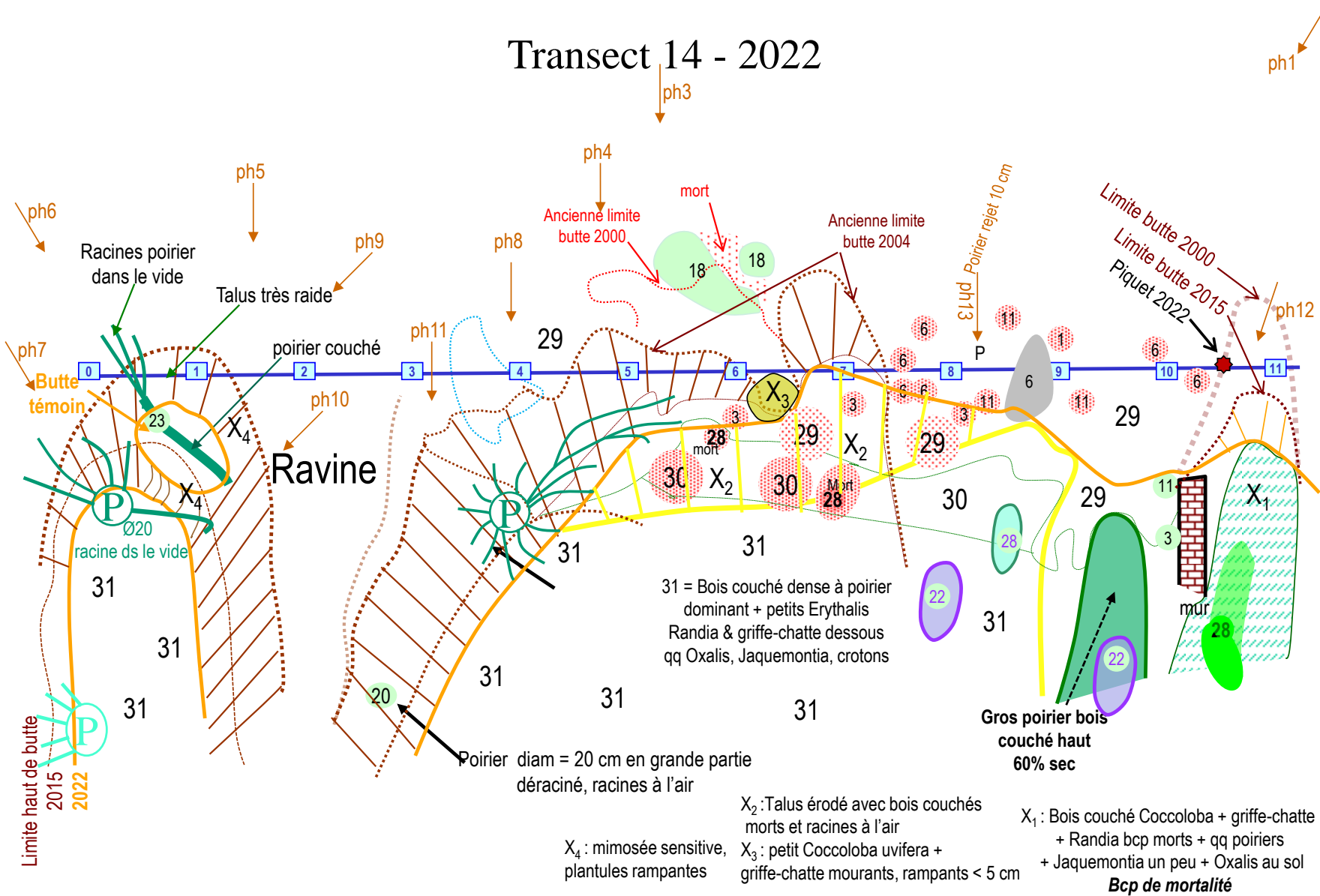


Transect 13 a et b –22 : 2022 new

Le gros thym (*Plectranthus amboinicus*) forme un tapis dense de 20 à 40 cm de haut sur une grande partie de la placette, côté est de 12 à 17m, côté ouest sur toute la largeur entre 3 et 15m sauf une bande de 2m de large au milieu entre 8 et 11m. Ailleurs toujours présent mais plus clair ou par tâches plus denses entrecoupées de petites zones peu denses ou vides, notamment côté ouest entre 0 et 11m. La liane «graine l'église» (*Abrus precatorius*) qui était très présente dans le thym a quasiment disparu de même que *Indigofera tinctoria*. Les ananas bois ont continué à se multiplier, et prolifèrent sur certains arbustes au point de les recouvrir entièrement. Beaucoup d'arbres morts, notamment grosses savonnettes (56) et hors placette, plusieurs bois rouges totalement défoliés (morts ?), bcp de lianes sèches, bcp de branches mortes

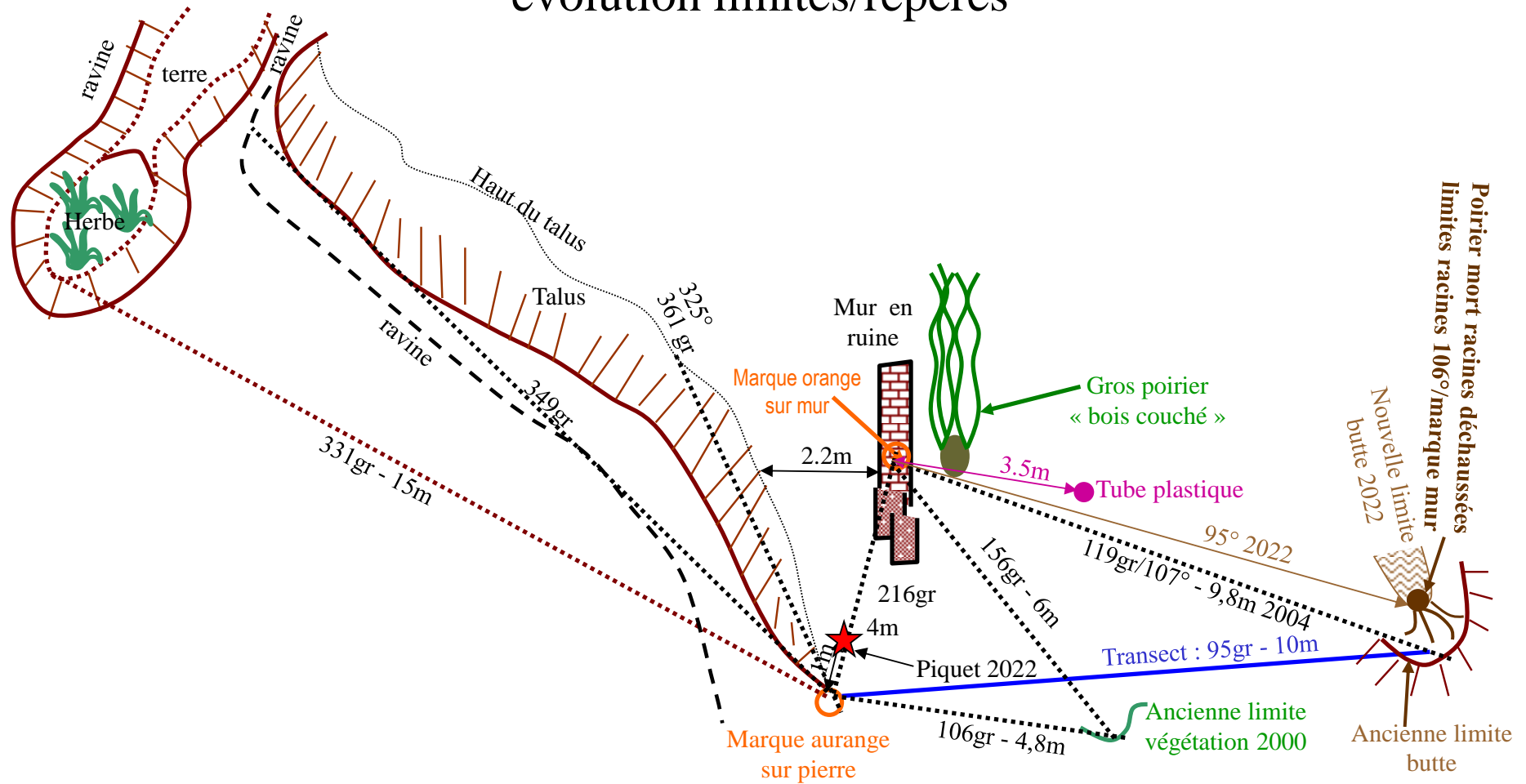


Transect 14 - 2022



Transect 14

évolution limites/repères





Transect 14 vue d'ensemble depuis le bas. On note la forte mortalité de branches et l'érosion en progression qui déchausse les racines des arbres en limite.

Transect 15 – 2022

A : poirier dominant + raisinier

B : poirier

C : Cocoloba uvifera + quelques Erythalis et poiriers

D : poirier dense : D₁ : poirier mourant => H en baisse

J₂ : griffe-chatte + qq poiriers, Cornutia, mapou, Cordia, Randia

J₃ : griffe-chatte + Cornutia .

J₄ : trouée tout mort

X₁ : griffe-chatte

X₂ : 80% Erythalis + poirier, Croton flavens, Jaquemontia, griffe-chatte

X₃ : poirier mourant + Chamaecrista, Jaquemontia, qq Erythalis

X₄ : Cocoloba uvifera sec en cime

X₅ : tout mort

X₆ : Crotons mourant + Wedelia mort

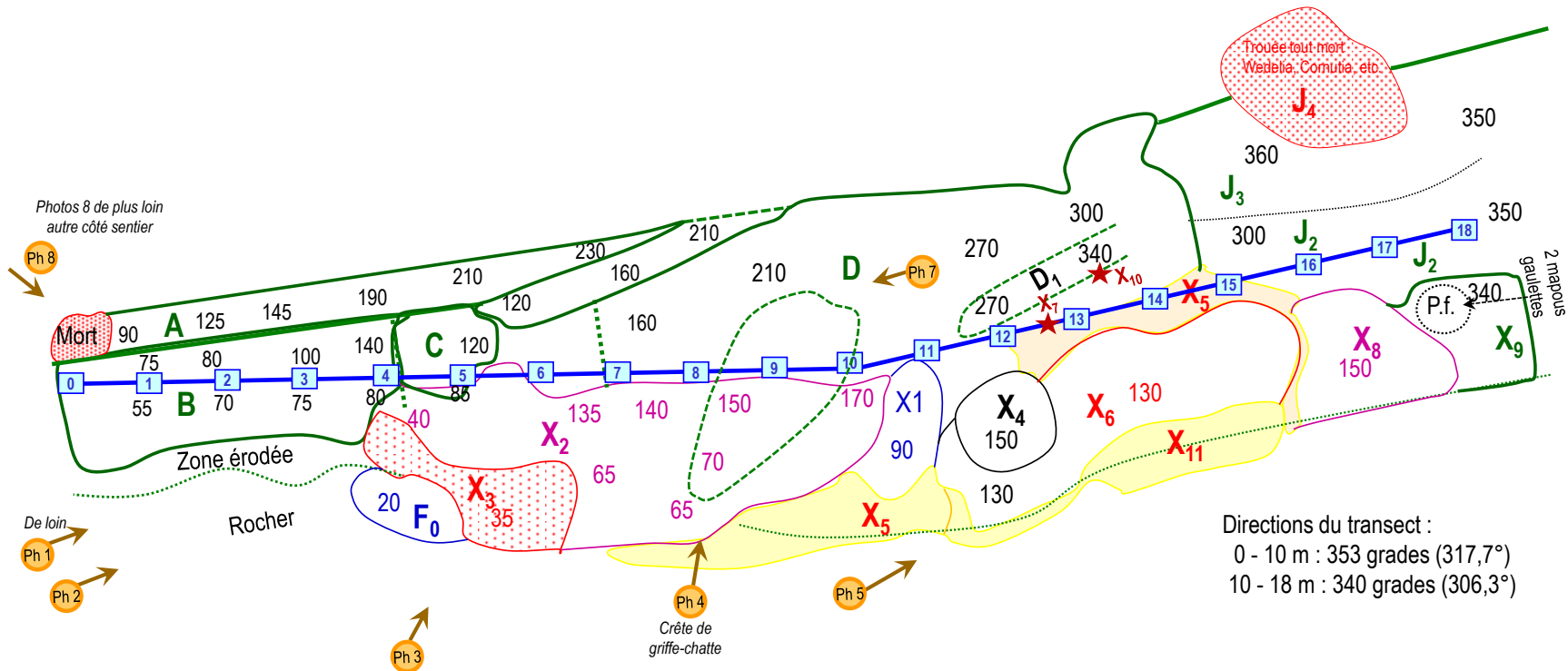
X₇ : gaulette de Cassine

X₈ : Wedelia sec + griffe-chatte branche couchée + qq croton + Jaquemontia

X₉ : Branche couchée de griffe chatte + 2 grandes gaulettes de mapou

X₁₀ : grande gaulette randia dans étage dominant

X₁₁ : bande d'herbe sèche



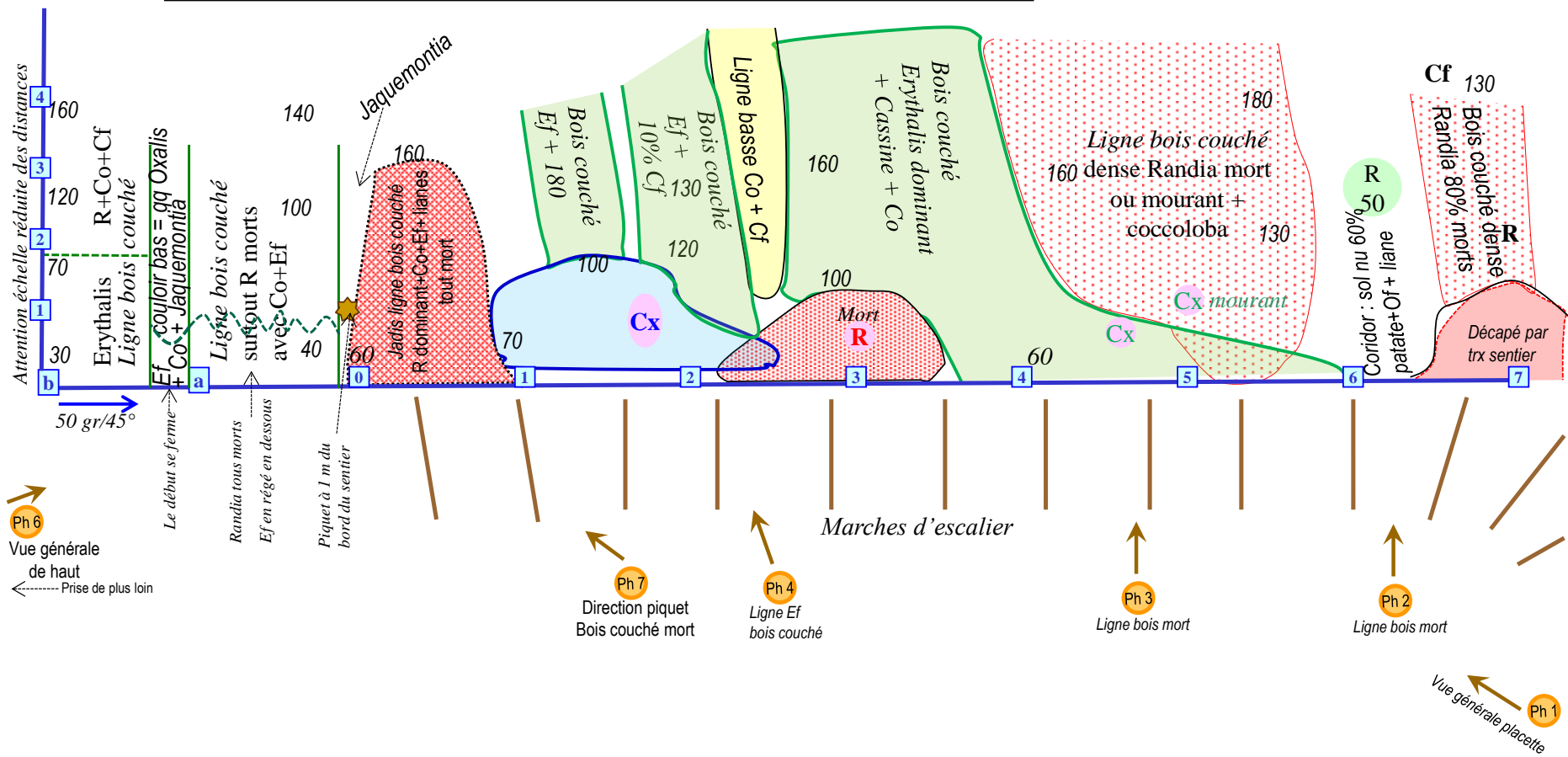
Directions du transect :
 0 - 10 m : 353 grades (317,7°)
 10 - 18 m : 340 grades (306,3°)



Transect 15: vue générale (à gauche) et détail au centre du transect (ci-dessus) montrant les dépérissements dans la ligne de bois couchés (zones X5, D1) et au premier plan des herbacées et crotons (zone X6).

Transect 16 - 2022

Co = <i>Coccoloba uvifera</i>	R = <i>Randia acculeata</i>	Ef = <i>Erithalis fruticosa</i>
Cf = <i>Croton flavens</i>	Cx = <i>Cassine xylocarpa</i>	Rv = <i>Rovolfia viridis</i>
S = <i>Sporolobus virginicus</i>	Cr = <i>Crotalaria sp.</i>	Of = <i>oxalis frutescens</i>



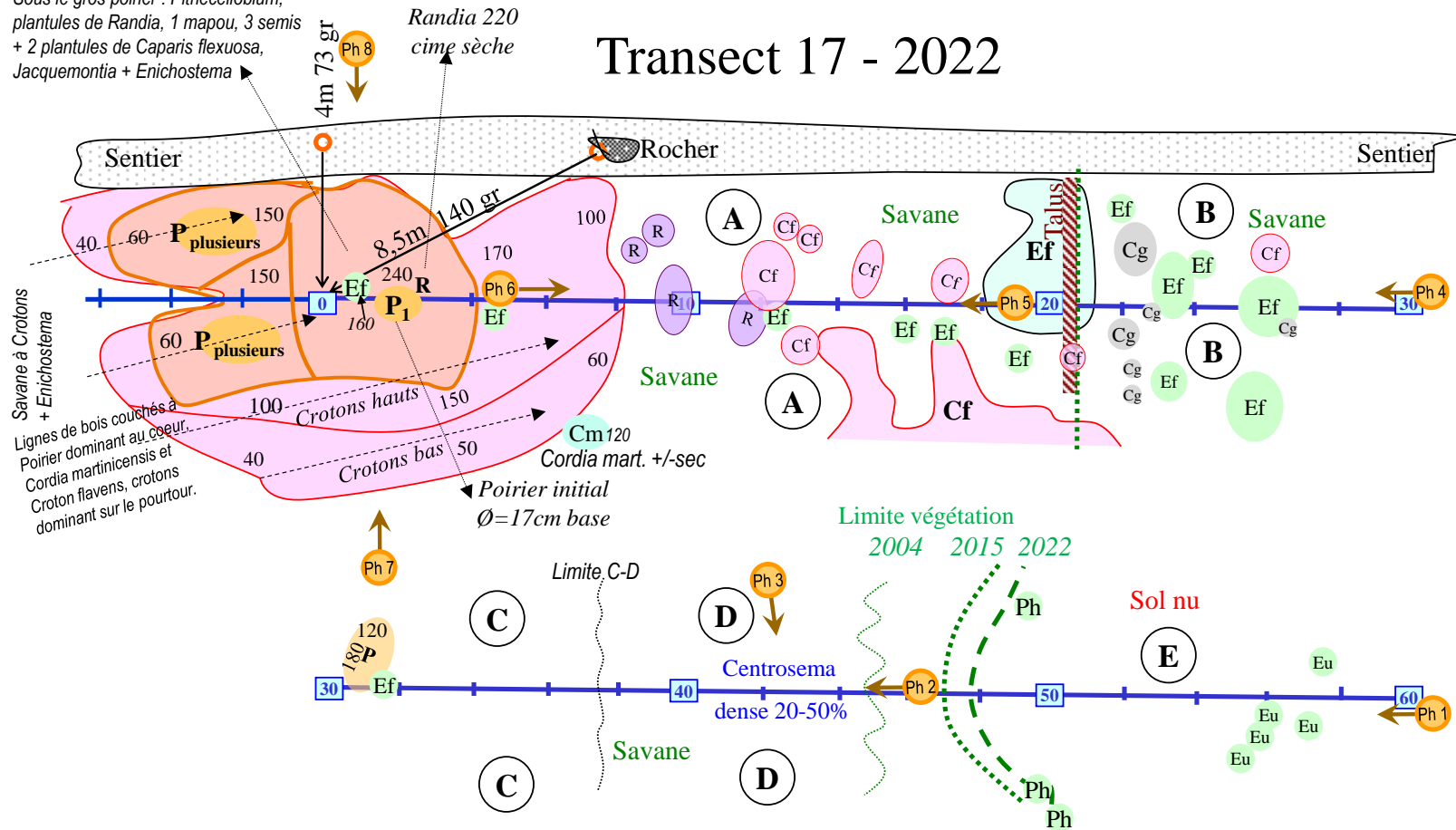


Transect 16 : vue générale depuis le bas (en haut à gauche), et détails des photos 2 (au bas à gauche) et 7 (ci-dessous).



Transect 17 - 2022

Sous le gros poirier : *Pithecellobium*,
plantules de *Randia*, 1 mapou, 3 semis
+ 2 plantules de *Caparis flexuosa*,
Jacquemontia + *Enichostema*



Composition savanes

Direction du transect = 377,5 gr (339.8°). Présenté en deux parties mais est en ligne droite d'un seul tenant

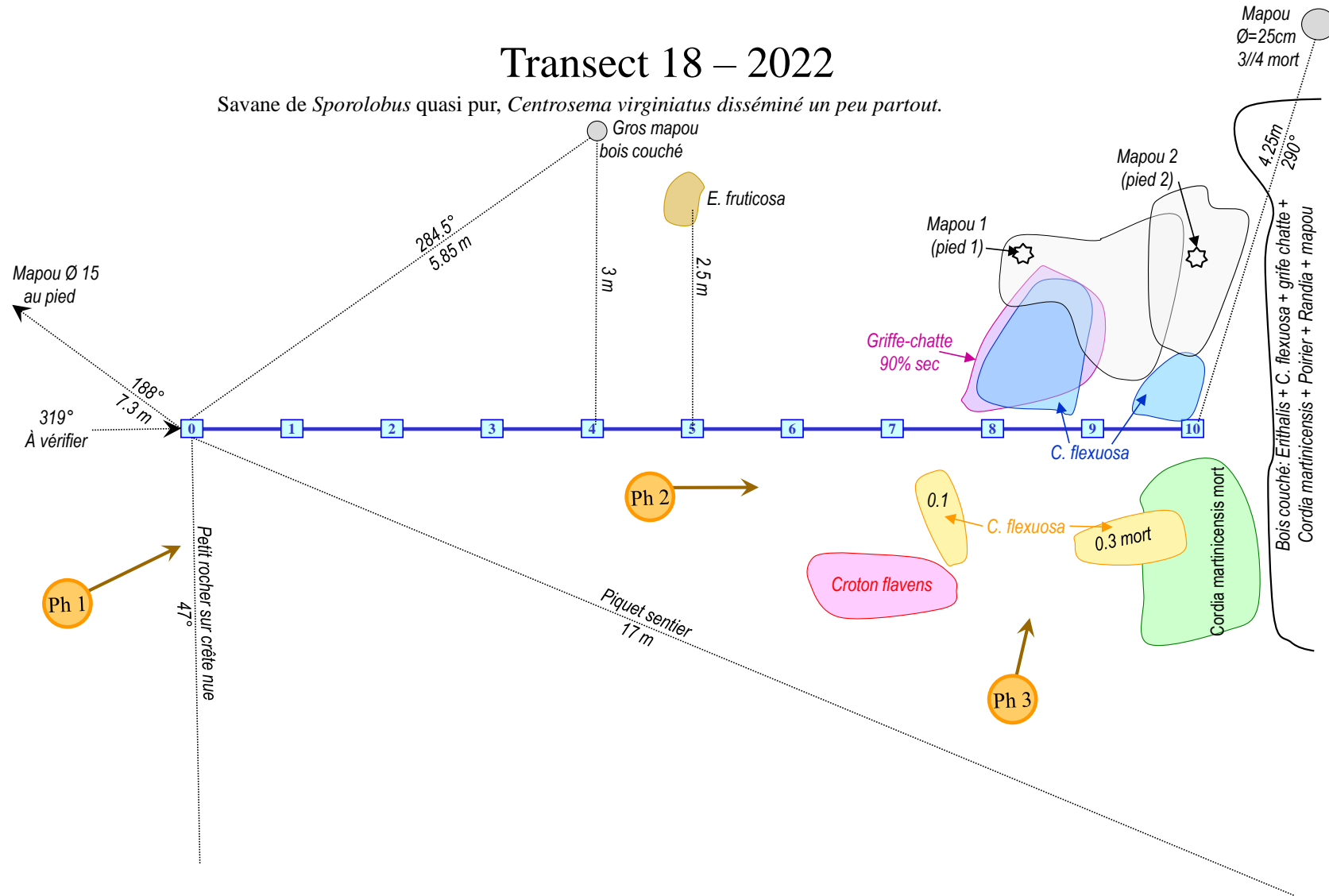
- A : Savane à *Sporolobus* dense envahie de *Crotons flavens* (Cf), qq *Erhystalis* (Ef) et *Randia* (R), *Enichostema* assez nombreux, *Chamaecrista* (Cg) +/- secs, verveine.
- B : Savane à *Sporolobus* dense avec Ef dispersés, qq Cg près du talus, rares Cf, dans le tapis herbacé => liane *Jacquemontia* + *Desmodium canum* + *Enichostema* dispersés.
- C : Savane à *Sporolobus* dense + dans le tapis herbacé quelques *Jacquemontia* et *Enichostema* dispersés. 1 *Poirier* (H=180)+ 1 Ef
- D : Savane à *Sporolobus* dense + liane *Centrosema* abondante (20-50% - photo 3) + rares *Desmodium*
- E : Sol nu avec quelques *Pectis humifera* (Ph) en limite de savane et 5 mini *Euphorbia* sp. entre 55 et 58 m.



Transect 17 :zone à dominance savane entre 30 et 45 m (photo 2, en haut à gauche); zone en cours de conquête par les ligneux entre 20 et 30 m (photo 4 en haut à droite); zone de bois couché en cours de formation entre -8 et +10m (photo 7) avec la zone des crotons au premier plan devant la zone dominée par les poiriers. On note en premier plan et en arrière plan lointain sur le versant le fort niveau de défoliation et mortalité.

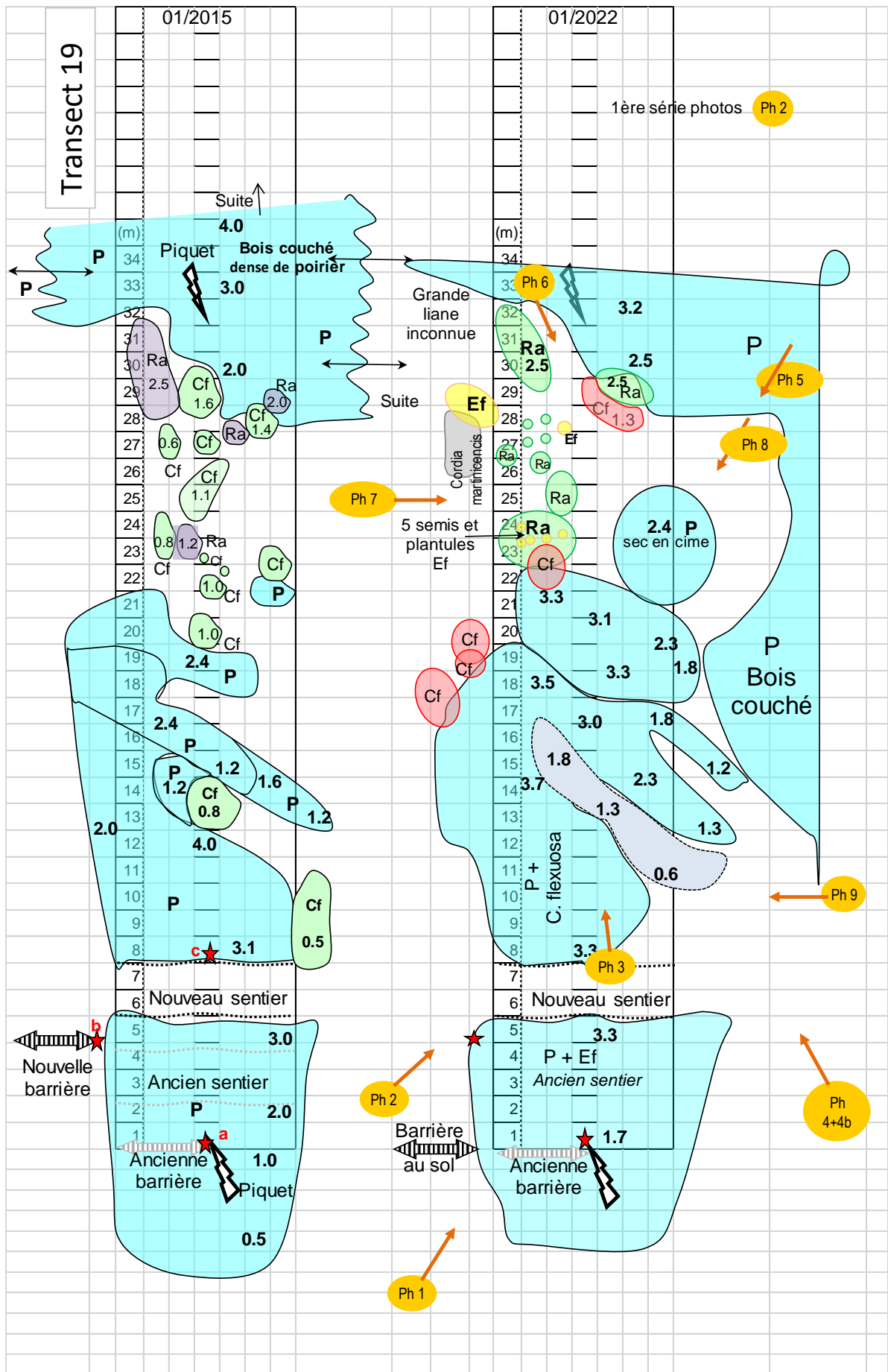
Transect 18 – 2022

Savane de *Sporolobus* quasi pur, *Centrosema virginianus* disséminé un peu partout.





Transect 18 : Vue générale, photo 1 (en haut à gauche); détail de l'extrémité nord dans l'axe du transect, photo 2 (ci-dessus); vue de l'extrémité nord et de la végétation d'arrière plan, photo 3 (en bas à gauche)





Transect 19

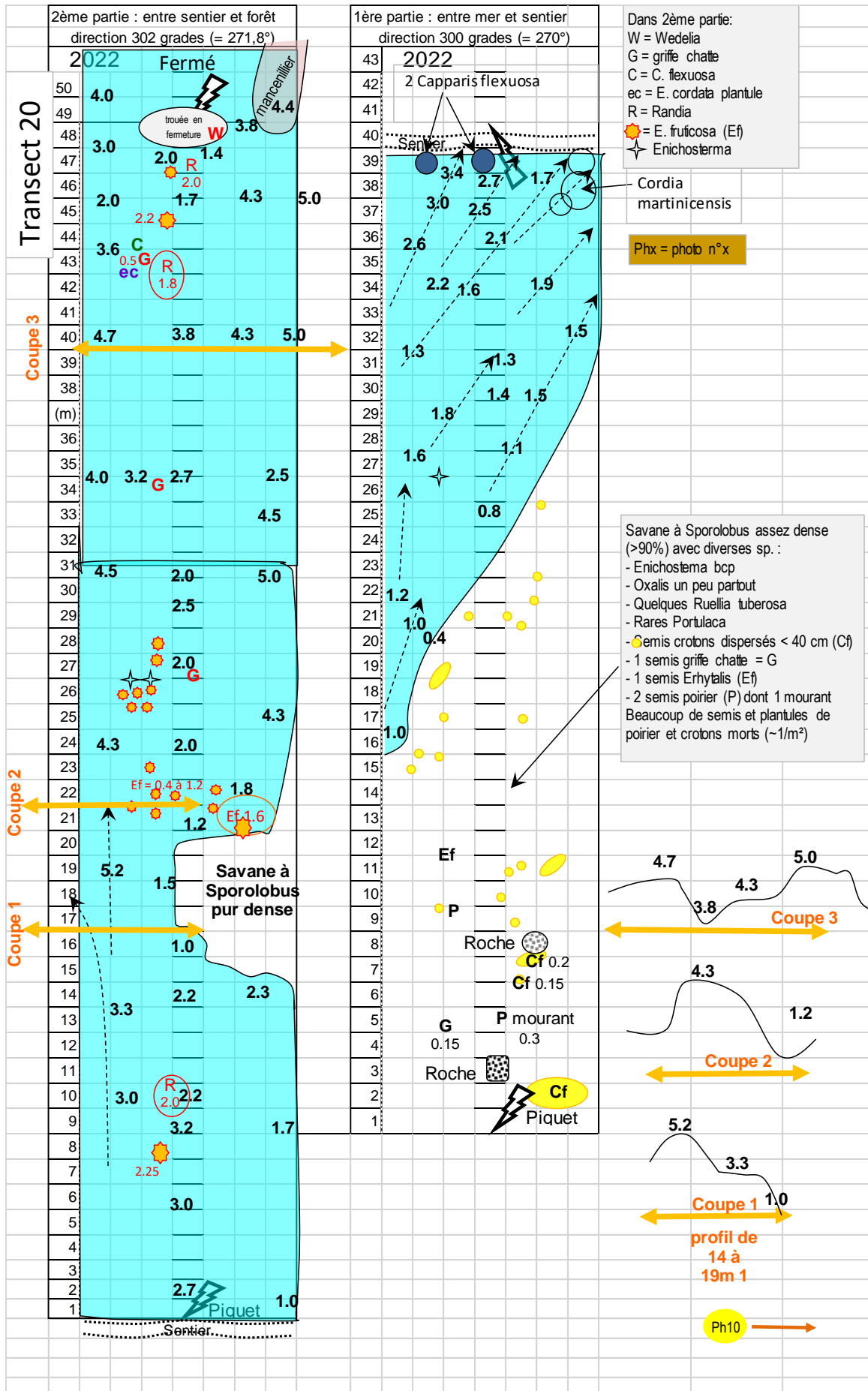
Bas du transect, début de la ligne de bois couché côté mer, largement défolié; photo 9

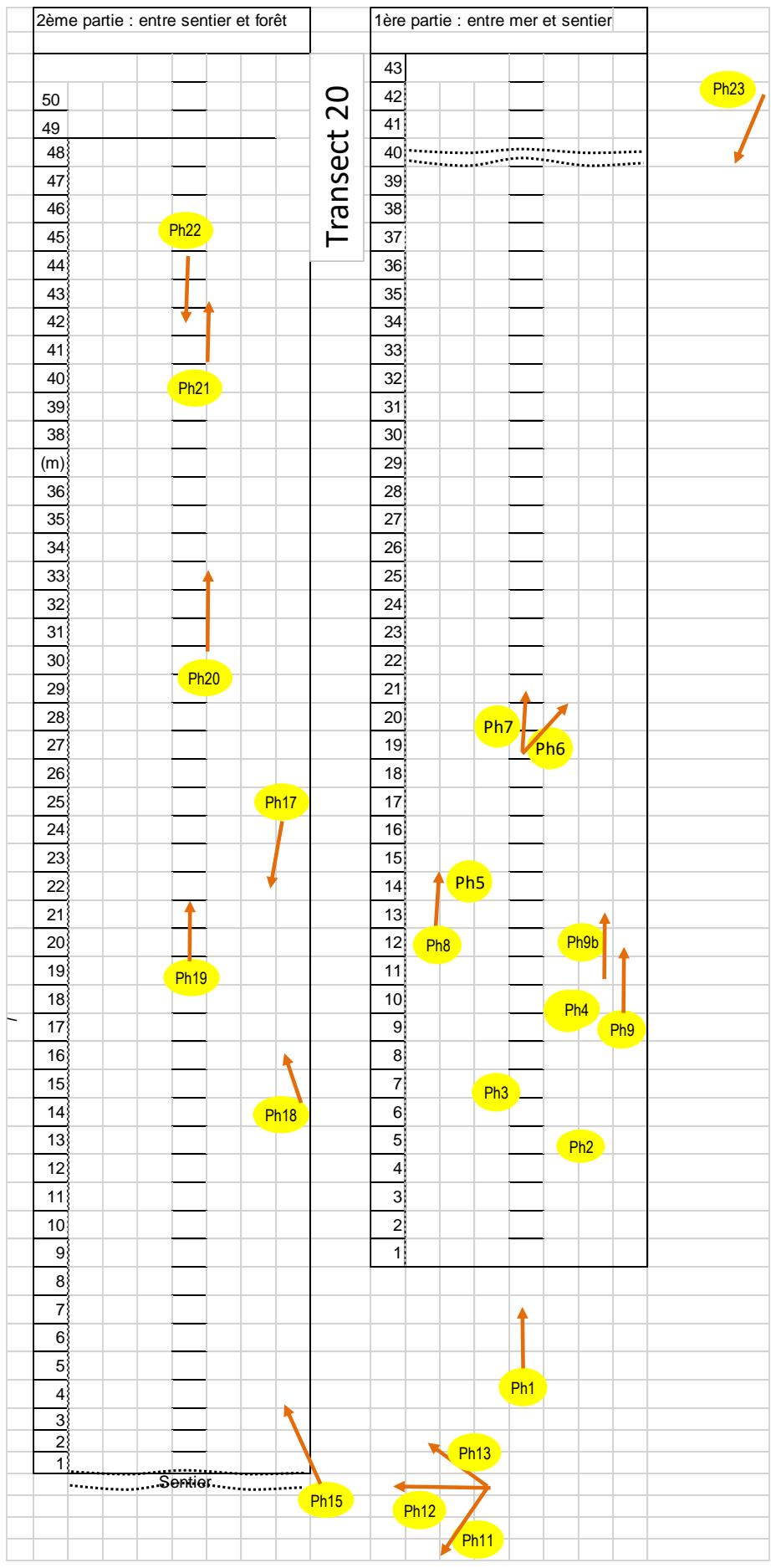


Zone ouverte en haut du transect, avec forte mortalité des arbustes et herbacées; photo 7



Milieu du transect, vue en direction de la mer, limite entre la zone ouverte en haut et la ligne de bois couché au bas du transect; photo 8





Placettes permanentes - R.N. de la Caravelle. M.VENNETIER. janvier 2022

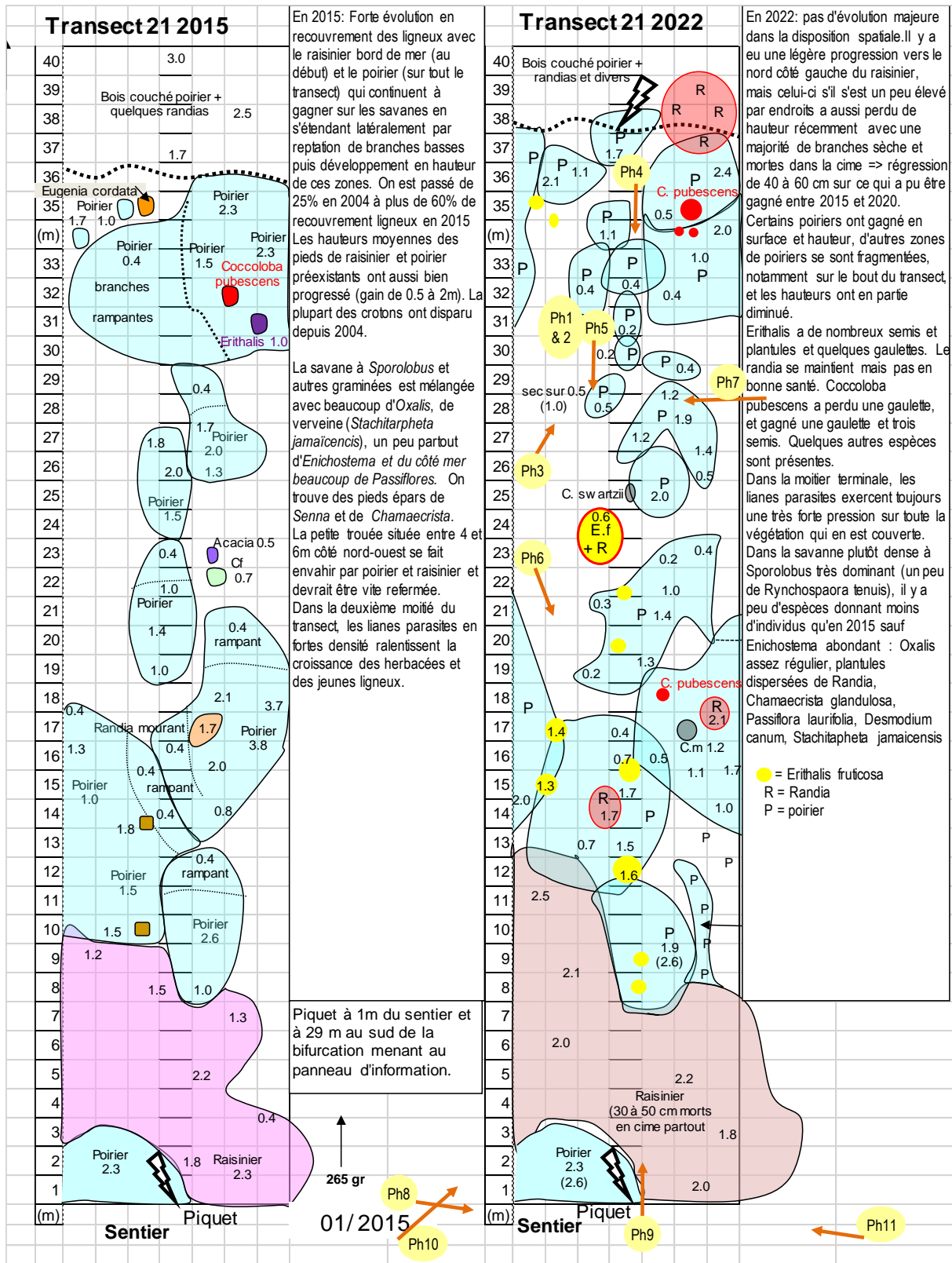


Le transect 20 est très représentatif de la végétation du versant est de la réserve, car il comprend à lui seul presque tous les stades de l'évolution entre les savanes et les bois couchés : savanes de bord de mer à dominance herbacée avec rares ligneux bas (photo 1), premiers stades des bois couchés avec densification des ligneux et formation des lignes de bois couchés bas (photo 8), bois couchés denses et en partie hauts mais encore discontinus avec des zones herbacées résiduelles et des lignes en cours de fusion (photo 18), et dans sa partie terminale (2^{ème} partie entre 30 et 40 m) des lignes très denses formant un couvert continu, avec des troncs qui se développent, ayant totalement éliminé la végétation herbacées, et sous lesquels commencent à se régénérer diverses espèces forestières (photo 22 page suivante).



On note la mortalité quasi-générale des ligneux qui avaient conquis progressivement la partie initiale de savane depuis 10 ans et couvraient parfois le sol entre 20 et 50% (poiriers et crotons en majorité + quelques Erhytalis, Randia et griffe-chatte), avec une hauteur de 20 à 40 cm; photo 5 ci-dessous.







Transect 21 :

Haut du transect avec zone ouverte qui peine à se fermer, à cause des mortalités liées aux sécheresses récentes et aux lianes parasites, très denses depuis la mise en place de ce transect en 2002 (photo 3).

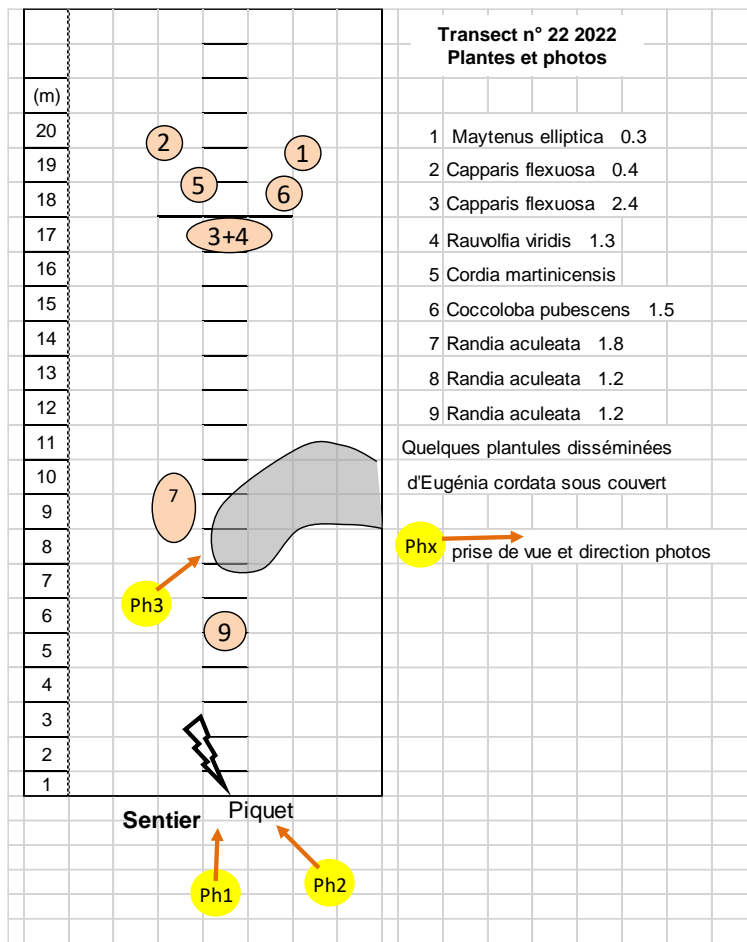


Milieu du transect vu du nord, avec les lignes de bois couchés du début du transect à gauche et la zone ouverte à droite.



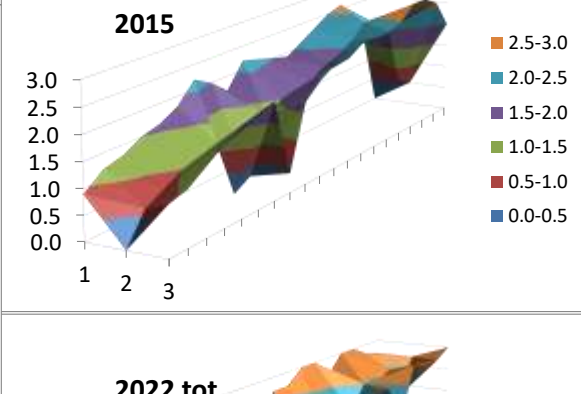
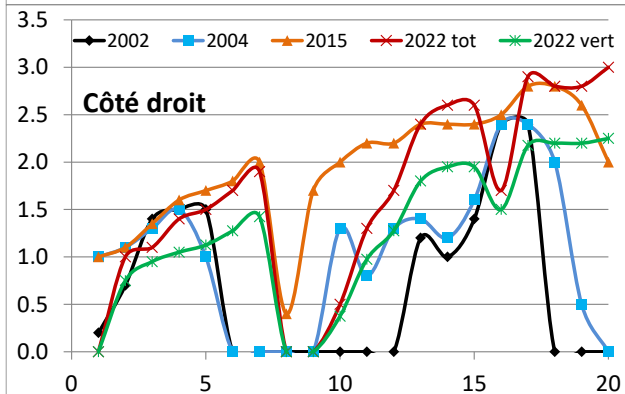
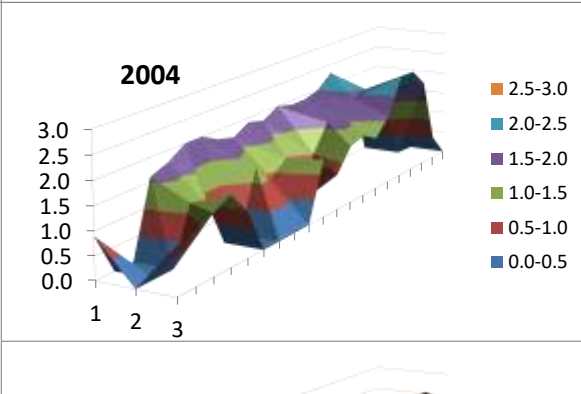
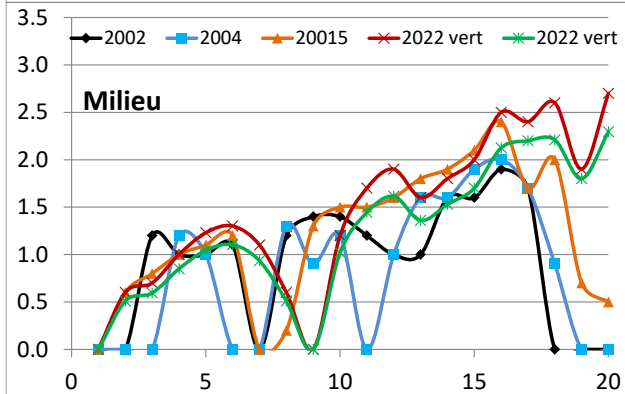
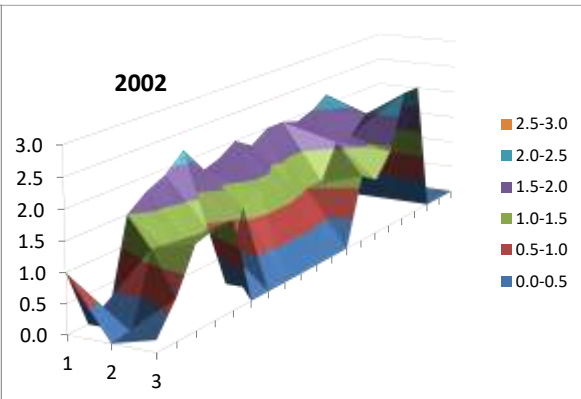
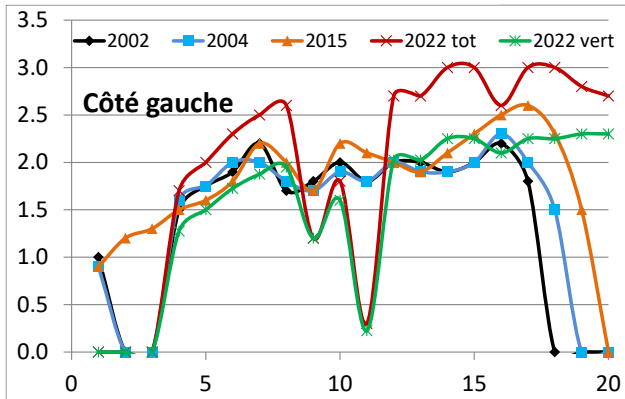
Bois couché du début du transect, avec des raisiniers et poiriers à la cime desséchée

Transect n° 22					Transect n° 22				
à 84m de la placette 21 le long du sentier					à 84m de la placette 21 le long du sentier				
<p>Il y a eu entre 2015 et 2022 deux phénomènes opposés: d'une part une phase de croissance en hauteur des lignes, surtout côté gauche et dans le couloir central, avec progression vers le nord; d'autre part un dépérissement récent de quasiment toutes les branches hautes, et une mortalité d'individus entiers au milieu qui a recréé la trouée centrale entre 7 et 10m qui s'était en partie fermée en 2015. Ce qui fait perdre entre 20 et 40% de la hauteur réelle des lignes, qui repassent sous le niveau de 2015. On ne sais pas quelle proportion de ces branches hautes est totalement morte (beaucoup le sont car elles sont cassantes, et si certaines pourraient repartir en conditions favorables. La régénération de quelques autres espèces que le poirier enrichi ponctuellement la végétation (cf ci-</p>					<p>Il y a eu entre 2015 et 2022 deux phénomènes opposés: d'une part une phase de croissance en hauteur des lignes de bois couché, surtout côté gauche, et dans le couloir central, avec progression vers le nord; d'autre part un dépérissement récent fort de quasiment toutes les parties hautes des branches, et une mortalité d'individus entiers au milieu qui a recréé la trouée centrale entre 7 et 10m qui s'était en partie fermée en 2015. Ce qui fait perdre entre 20 et 40% de la hauteur réelle des lignes. On ne sais pas quelle proportion de ces branches hautes est totalement morte (beaucoup le sont car elles sont cassantes, et si certaines pourraient repartir en conditions favorables. La régénération de quelques autres espèces que le poirier enrichi ponctuellement la végétation (cf ci-dessous)</p>				
(m)	2022 hauteur tot				(m)	2022 hauteur verte			
20	2.7	2.7	3.0		20	2.0	2.3	2.3	
19	2.8	1.9	2.8		19	2.1	1.6	2.1	
18	3.0	2.6	2.8		18	2.3	2.2	2.1	
17	3.0	2.4	2.9		17	2.3	2.0	2.2	
16	2.6	2.5	1.7	2.9	16	2.0	2.1	1.3	2.2
15	3.0	2.0	2.6		15	2.3	1.7	2.0	
14	3.0	1.8	2.6		14	2.3	1.5	2.0	
13	2.7	1.6	2.4		13	2.0	1.4	1.8	
12	2.7	1.9	1.7		12	2.0	1.6	1.3	
11	0.3	1.7	1.3	1.0	11	0.2	1.4	1.0	0.8
10	2.7	1.8	1.2	0.5 0.2	10	2.0	1.4	1.0	0.4 trouée ave
9	2.6	1.2		0.5	9	2.0	0.9		rampantes
8	2.6	0.6	1.6		8	2.0	0.5	1.2	
7	2.5	1.1	1.9		7	1.9	0.9	1.4	
6	2.3	1.3	1.7		6	1.7	1.1	1.3	
5	2.0	1.2	1.5		5	1.5	1.0	1.1	
4	1.7	1.0	1.4		4	1.3	0.9	1.1	
3	1.5	0.7	1.1		3	1.1	0.6	0.8	
2	0.8	0.6	1.0		2	0.6	0.5	0.8	
1	0.0	0.0	0.0		1				
	Sentier	Piquet				Sentier	Piquet		

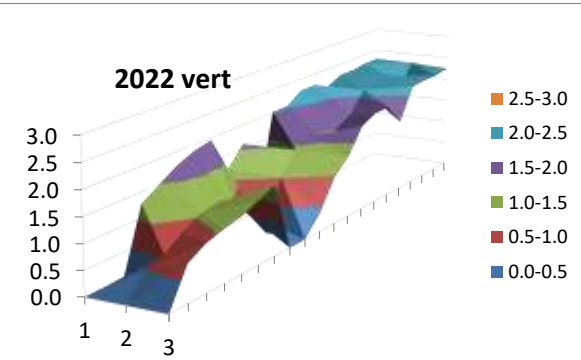
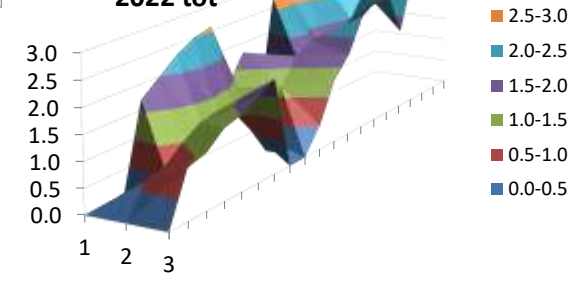


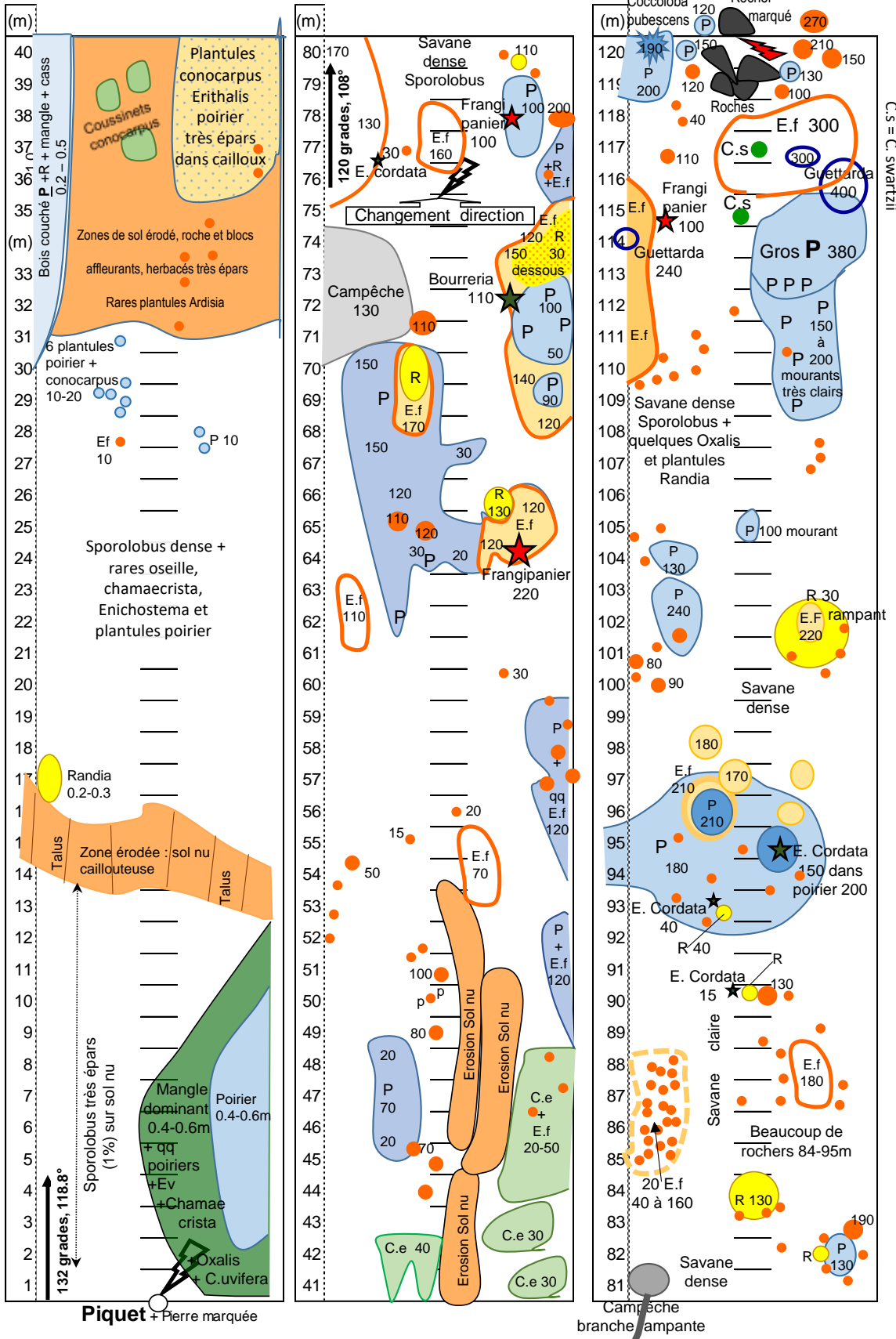
Transect 22 : vue générale du transect depuis le sentier, montrant le dessèchement généralisé des cimes, qui est aussi illustré par les graphiques de la page suivante. La partie terminale des branches est majoritairement morte, pas seulement défoliée elle le serait logiquement (poirier presque pur) lors d'un carême normal.





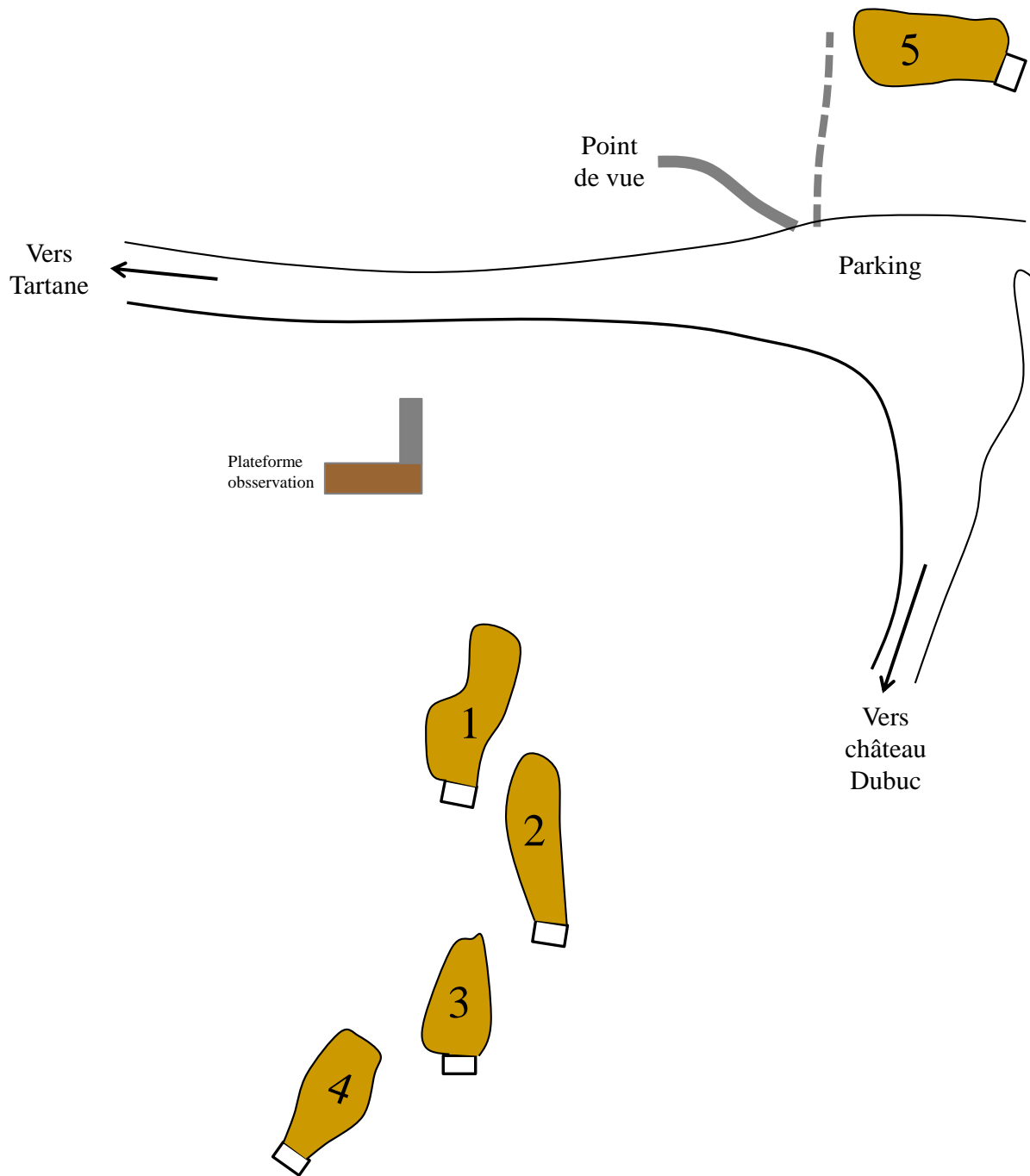
**Transect n° 22 2022
Profils longitudinaux**





Les photos manquent pour ce transect.

Plan de situation des placettes de suivi de l'érosion (zone de Dubuc)








Mesure de l'érosion

Placette n°1 - 2015

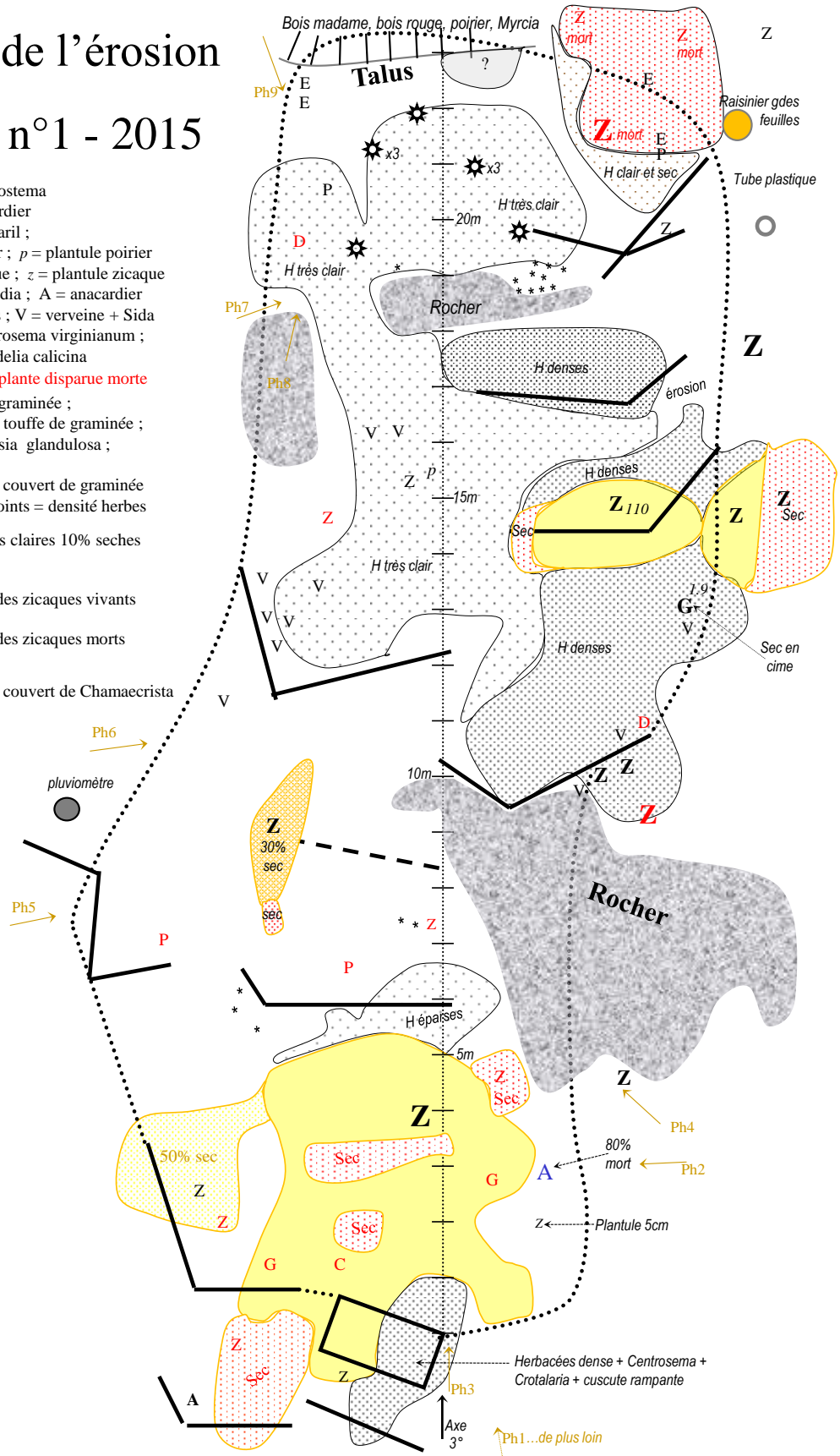
E = Enichostema
 A = anacardier
 C = courbaril ;
 P = poirier ; p = plantule poirier
 Z = zicaque ; z = plantule zicaque
 G = gliricidia ; A = anacardier
 D = divers ; V = verveine + Sida
 d1 = Centrosema virginianum ;
 W2 = Wedelia calicina

P => En rouge plante disparue morte

* = petite graminée ;
 ⚡ = grosse touffe de graminée ;
 Cas = Cassia glandulosa ;

-  Surface à couvert de graminée
densité points = densité herbes
-  Herbacées claires 10% seches
-  Etendue des zicaques vivants
-  Etendue des zicaques morts
-  Surface à couvert de Chamaecrista

Les herbacées sont quasi toutes sèches
 H très clair = 1 petite touffe tous les 15 à 30 cm mais avec de fréquents vides de ¼ à ½ m²






Echelle ~1/100

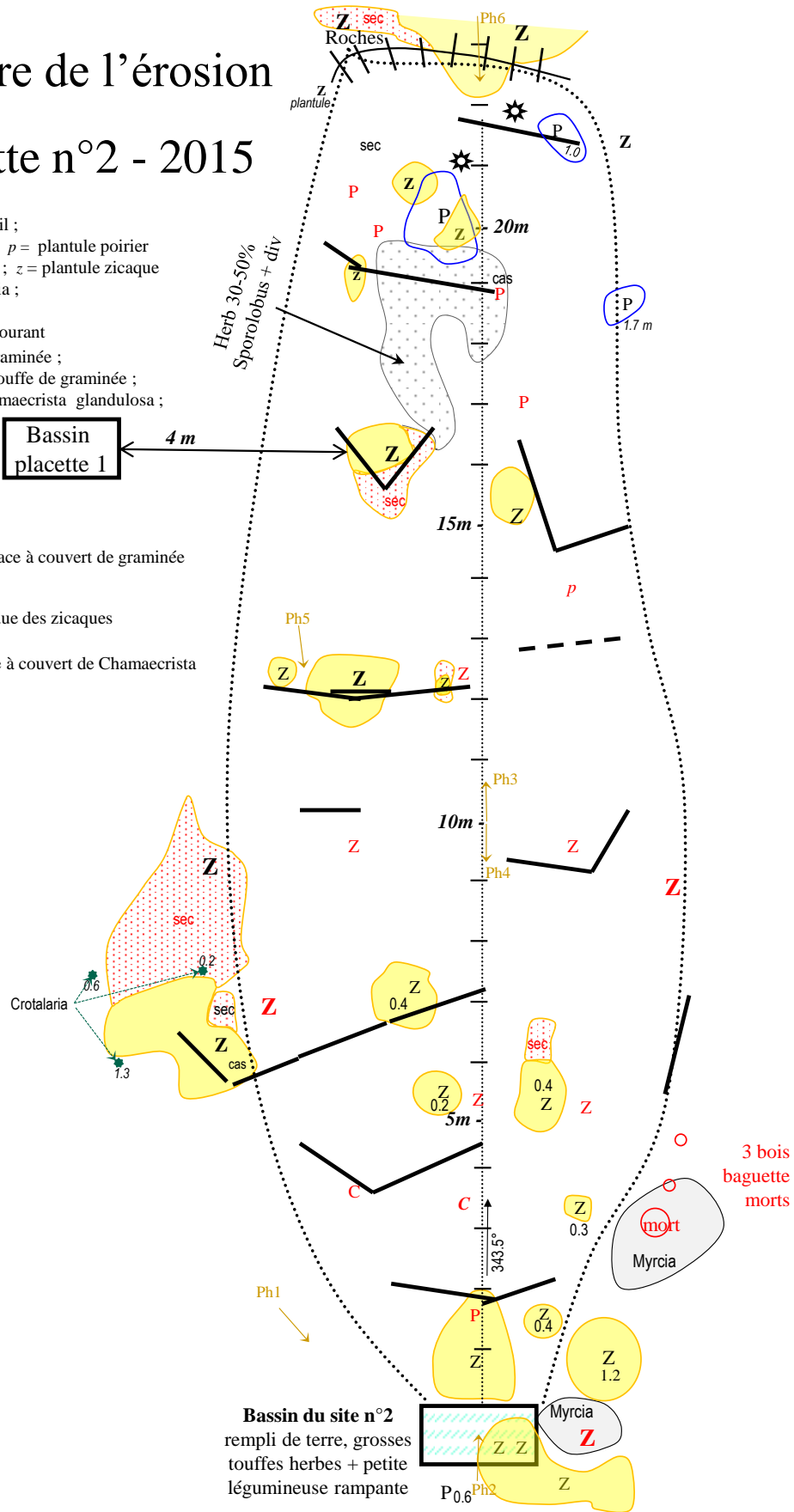
Mesure de l'érosion

Placette n°2 - 2015

- C = courbaril ;
- P = poirier ; p = plantule poirier
- Z = zicaque ; z = plantule zicaque
- G = gliricidia ;
- D = divers ;
- C = Plant mourant
- * = petite graminée ;
- ★ = grosse touffe de graminée ;
- Cas = >Chamaecrista glandulosa ;

Bassin placette 1

-  Surface à couvert de graminée
-  Etendue des zicaques
-  Surface à couvert de Chamaecrista



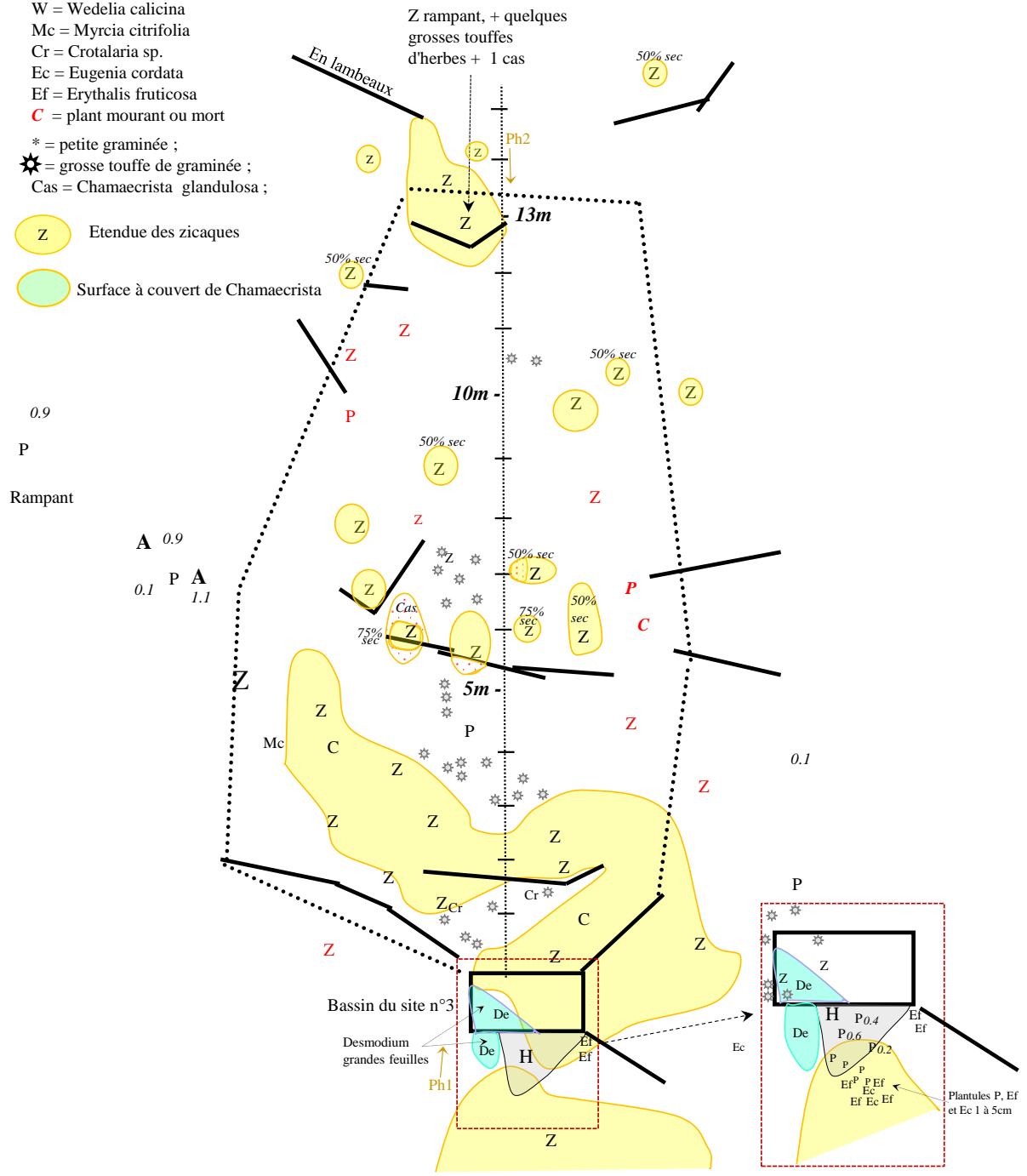
Echelle ~1/100

Mesure de l'érosion

Placette n°3 - 2015

- A = anacardier
- C = courbaril
- P = poirier ; p = plantule poirier
- Z = zicaque ; z = plantule zicaque
- G = gliricidia ; A = anacardier
- D = divers ; Mc = Myrcia citrifolia
- W = Wedelia calcina
- Mc = Myrcia citrifolia
- Cr = Crotalaria sp.
- Ec = Eugenia cordata
- Ef = Erythalis fruticosa
- C = plant mourant ou mort
- * = petite graminée ;
- ★ = grosse touffe de graminée ;
- Cas = Chamaecrista glandulosa ;

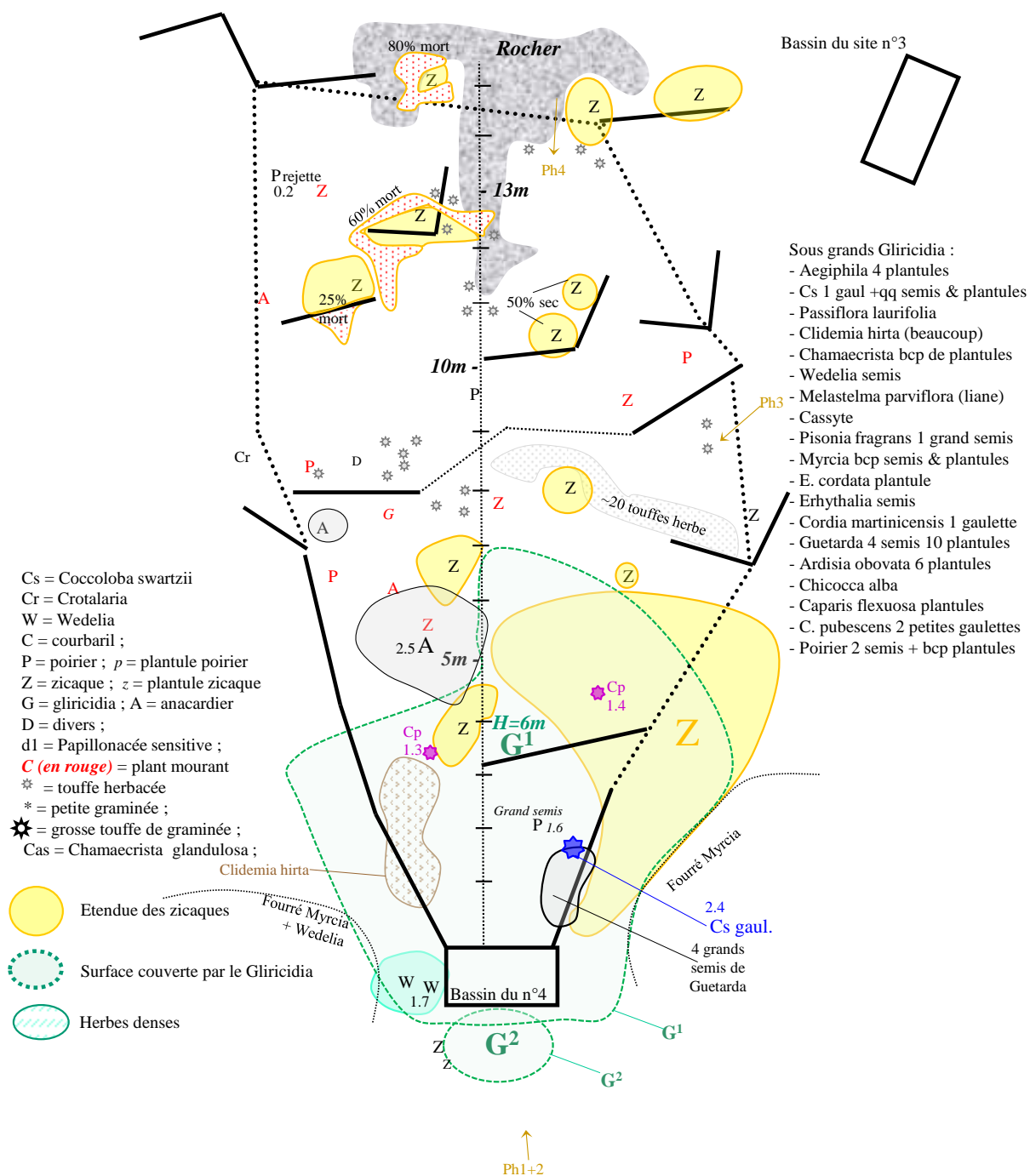
- Z Etendue des zicaques
- Surface à couvert de Chamaecrista



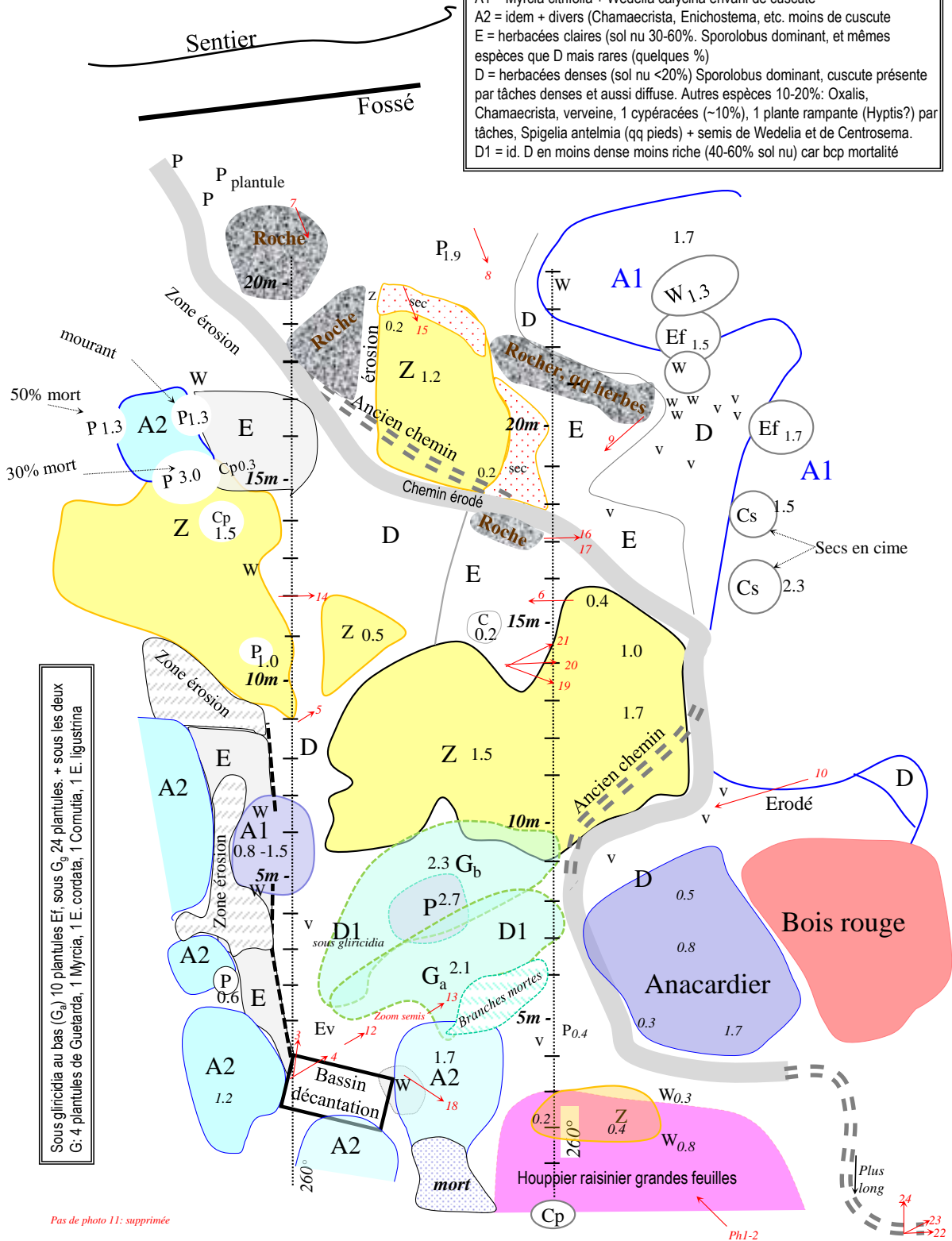
Echelle ~1/100

Mesure de l'érosion

Placette n°4 - 2015



Mesure de l'érosion Placette n°5 - 2015



Pas de photo 11: supprimée

Echelle ~1/100

Réserve Naturelle de la Caravelle

Localisation des placettes de suivi de la végétation

En jaune: placettes et transects flore (24 à 27 = placettes ajoutées en 2015)

En orange: placettes érosion

Page suivante : plan de la zone de réintroduction d'espèces rares

