

## - Notice -

# Outil d'aide à la décision pour le choix des essences

### 1 - Utilisation de l'outil

La donnée d'entrée pour cet outil est la station. Dans un premier temps, il suffira de choisir dans les listes déroulantes le catalogue correspondant à la zone d'étude ainsi que la station rencontrée.

Catalogue de station concerné :	PAYSOTHE *
Catalogue des stations forestières du Pays d'Othe (D. Girault, 1990)	
Station validée suite au diagnostic sol :	PAYSOTHE_V8a *
V8 - Chênaie-charmaie mésoacidiphile sur colluvions limoneuses et argileuses à silex variante peu caillouteuse : 0-20% de silex	

Dans un second temps, des données d'altitude, de zonage climatique et d'exposition seront à préciser pour le bon fonctionnement de l'outil.

Les valeurs sont, soit à saisir manuellement (pour l'altitude), soit à choisir dans les listes déroulantes.

Les cellules accompagnées d'un \* sont à renseigner obligatoirement lors de chaque nouvelle simulation.

Pour certaines stations, il peut ne pas y avoir de choix spécifique possible sur le facteur exposition. C'est par exemple le cas pour les stations de plateau qui n'ont pas d'exposition spécifique, ou les stations de versant sud qui ne peuvent avoir qu'une exposition sud par définition.

Altitude :	250 *	
Zonage climatique :	Zone très sèche *	
Exposition :	Sans effet mésoclimatique marqué *	

Une fois l'ensemble de ces données saisies, des indicateurs (bilan hydrique stationnel, tassement et export minéral) liés à la station apparaissent.

Pour plus d'informations sur la construction de ces indicateurs, je vous invite à consulter le paragraphe 2 « Construction de l'outil ».

<b>Bilan hydrique stationnel :</b>	
Indice de bilan hydrique stationnel :	12
Bilan hydrique stationnel :	Assez défavorable
<b>Sensibilité des sols :</b>	
Au tassement :	sols sensibles - CLOISO impraticables une grande partie de l'année
A l'export minéral :	forte

Les résultats apparaissent sous forme de listes d'essences. Deux listes sont proposées par l'outil :

- La première pour le choix des essences dans le cadre de la régénération naturelle. Le jeu de couleur associé traduit un niveau de vigilance à apporter au couple essence/station.
- La seconde pour le choix des essences dans le cadre de la plantation. Le jeu de couleur traduit ici un niveau de risque associé au couple essence/station.

**Un niveau de vigilance ou de risque fort**, indique que d'un point de vue hydrique il est fortement déconseillé de travailler au profit de cette essence sur ce contexte.

**Un niveau de vigilance ou de risque moyen**, indique que d'un point de vue hydrique il est possible de travailler au profit de cette essence mais que le risque encouru ne doit pas être négligé.

**Un niveau de vigilance ou de risque faible**, indique que d'un point de vue hydrique, travailler au profit de cette essence présente un risque moindre.

Certaines essences sont sujettes à des problèmes sanitaires majeurs. Elles sont repérables dans les listes à l'aide de l'annotation suivante : **!\ Pb sanitaire**

Régénération naturelle :		Plantation :	
Essences sociales :	Essences asociales :	Essences sociales :	Essences asociales :
Pin laricio de Corse	Alisier torminal	Pin maritime	Cormier
Châtaignier /!\ Pb san	Merisier	Cèdre de l'Atlas	Erable à feuilles d'Obier
Chêne sessile	Bouleau verruqueux	Pin de Salzmann	Alisier blanc
Pin sylvestre - /!\ Pb san	Tremble	Chêne pubescent	Poirier
Douglas		Pin noir d'Autriche	Pommier
Chêne rouge		Pin laricio de Calabre	Tilleul à grandes feuilles
Chêne pédonculé		Pin laricio de Corse	Alisier torminal
Charme		Châtaignier /!\ Pb san	Erable champêtre
Hêtre		Chêne sessile	Tilleul à petites feuilles
		Pin sylvestre - /!\ Pb san	Erable plane
		Robinier	Merisier
		Douglas	Noyer commun
		Chêne rouge	Orme champêtre
		Sapin de Nordmann	Erable sycomore
		Chêne pédonculé	Bouleau verruqueux
		Charme	Tremble
		Hêtre	Noyer hybride
		Mélèze d'Europe	Orme de montagne
		Peuplier noir	Sorbier des oiseleurs
		Peuplier	Aulne glutineux
			Bouleau pubescent
			Noyer noir
			Orme lisse
			Saule
Mélèze d'Europe			

**Les essences citées pour la régénération naturelle** sont celles habituellement rencontrées sur la station. Si toutefois, il s'avère que l'essence rencontrée sur le terrain n'apparaît pas dans cette liste, vous avez la possibilité de la sélectionner dans la liste déroulante mise à disposition dans les cellules rosées en bas de la zone dédiée aux essences. Le niveau de vigilance sera automatiquement affiché par la couleur du nom de l'essence.

**Les essences citées pour la plantation sont celles autorisées par l'arrêté MFR.** Plusieurs filtres ont été effectués sur cette liste en lien avec l'autécologie des essences. Ces filtres prennent en compte les critères suivants: la profondeur d'apparition du calcaire actif (< 50 cm / < 30 cm), la profondeur d'apparition de l'engorgement permanent (< 50 cm), la profondeur d'apparition de l'engorgement temporaire (engorgement marqué < 50 cm / engorgement léger avant 50 cm et engorgement marqué entre 50 cm et 80 cm), le niveau d'acidité de la station (Acidiphile / Mésoacidiphile), l'altitude, le zonage réglementaire lié à chaque essence. Les essences non retenues par ces filtres apparaissent en bas du formulaire, ainsi que les informations liées aux caractéristiques stationnelles pouvant justifier le retrait de certaines essences de la liste des essences possibles en plantation.

<b>Caractéristiques du profil type :</b>	<b>Essences non retenues pour la plantation</b>	
	<b>Essences sociales :</b>	<b>Essences asociales :</b>
Profondeur d'apparition de l'hydromorphie marqué :	Sapin de Céphalonie	
	Sapin de Bornmuller	
Profondeur d'apparition du calcaire actif :	Frêne /!\ Pb sanitaires	
	Epicéa	
Profondeur d'apparition de l'engorgement permanent :	Sapin pectiné	

## 2 - Construction de l'outil

L'outil d'aide à la décision pour le choix des essences permet d'évaluer le niveau de vigilance (pour la régénération naturelle) ou le niveau de risque (pour la plantation) à apporter à un couple essence / station.

Les indicateurs de sensibilité au tassement, à l'export minéral et le bilan hydrique stationnel, présentés dans cet outil, sont évalués à partir d'une approche stationnelle.

**Ces différents indicateurs sont déterminés à partir des données issues des profils types des stations décrits dans les catalogues des stations forestières du secteur bourguignon.**

## a. Le tassement

Le tassement du sol a des effets négatifs sur sa structure, la circulation de l'eau, l'activité biologique et la biodiversité. Ils engendrent des perturbations irréversibles sur l'enracinement, l'ensemencement, l'alimentation en eau, le stockage du carbone, la productivité et la santé des peuplements forestiers.

Le diagnostic de la sensibilité du sol au tassement est un prérequis nécessaire pour la protection de son intégrité physique.

Les éléments à prendre en compte lors de l'évaluation de la sensibilité du sol au tassement sont les suivants: la présence d'engorgements permanent ou temporaire, la texture et le pourcentage d'éléments grossiers sur les 50 premiers cm du sol.

La sensibilité potentielle des sols au tassement est déterminée à partir de la clé suivante :

Critère 1 :		Critère 2 :		Critère 3 :		Critère 4 :	
si engorgement permanent < 50 cm	TS	si pierrosité <sup>1</sup> > 50 % et engorgement temporaire <sup>2</sup> > 50 cm ou absent	NS	si engorgement temporaire <sup>2</sup> > 50 cm ou absent	passer au critère 4	Texture <sup>3</sup>	sensibilité
si non	passer au critère 2	si pierrosité <sup>1</sup> > 50 % et engorgement temporaire <sup>2</sup> < 50 cm	PS	si engorgement temporaire <sup>2</sup> < 50 cm	passer au critère 5	Sab	PS
		si pierrosité <sup>1</sup> < 50 %	passer au critère 3			Arg	MS
						Alo	MS
						Eq	S
						Lim	S
						Critère 5 :	
						Texture <sup>3</sup>	sensibilité
						Sab	MS
						Arg	S
						Alo	S
						Eq	TS
						Lim	TS

<sup>1</sup> Calcul de la pierrosité : seulement sur les 50 premiers cm. Dans le cas particulier de la présence d'une dalle avant 50 cm de profondeur nous ajouterons un horizon avec 100 % d'éléments grossiers pour atteindre les 50 cm.	<sup>2</sup> Engorgement temporaire : caractérisé par de traces d'hydromorphie (taches ocres à noires et/ou blanchies par rapport à la couleur initiale du sol), on le considère présent lorsque ces taches occupent + de 5% de recouvrement en surface sur les 50 premiers cm.	<sup>3</sup> Texture : classe de texture la plus sensible des 50 premiers cm sachant que Lim = Eq > Arg = Alo > Sab
--	---	--

La sensibilité d'un sol à l'export minéral s'exprime en quatre classes :

- **NS = sols non sensibles - CLOISO praticables toute l'année avec peu de précautions**
- **PS = sols peu sensibles - CLOISO praticables quasiment toute l'année avec peu de précautions**
- **MS = sols moyennement sensibles – CLOISO praticables une partie de l'année**
- **S = sols sensibles - CLOISO impraticables une grande partie de l'année**
- **TS = sols très sensibles - CLOISO impraticables quasiment toute l'année**
- **TS = sols très sensibles - CLOISO impraticables toute l'année**

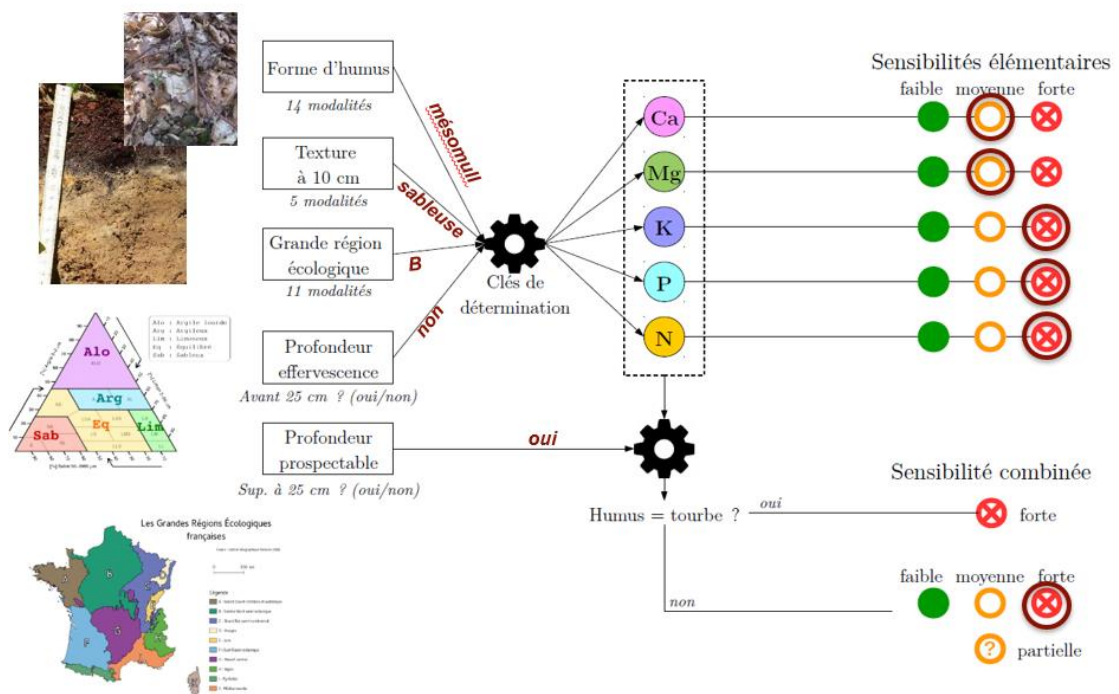
## b. L'export minéral

Un export supplémentaire d'éléments minéraux peut avoir un impact non négligeable sur l'écosystème forestier, surtout s'il s'agit de troncs de faibles diamètres, branches et feuillages, souvent très fortement concentrés en éléments minéraux.

Le diagnostic de sensibilité des sols à des récoltes intensives de biomasse forestière permet d'identifier les sols susceptibles de supporter ou non un tel export.

Les éléments à prendre en compte lors de l'évaluation de la sensibilité du sol à l'export minéral sont les suivants: la forme d'humus, la texture, la profondeur d'apparition de l'effervescence de la terre fine à l'acide chlorhydrique, la grande région écologique (GRECO) et la profondeur prospectable par les racines.

La sensibilité d'une station à l'export minéral est déterminée à partir du principe suivant :



La sensibilité d'un sol à l'export minéral s'exprime en quatre classes :

- **Faible** (au moins 3 sensibilités élémentaires faibles et aucune forte)
- **Moyenne** (au moins 3 sensibilités élémentaires moyennes)
- **Forte** (au moins 3 sensibilités élémentaires fortes et aucune faible)
- **Indéterminée ou Partielle** (autres combinaisons)

Vous pourrez retrouver le protocole d'évaluation de la sensibilité des sols à l'export minéral [ici](#).

Et les recommandations qui en découlent [ici](#).

### c. Le bilan hydrique stationnel

L'indicateur de bilan hydrique stationnel permet un classement relatif des stations en fonction de l'alimentation en eau des peuplements. Dans un contexte d'accentuation des déficits hydriques, il est fondamental pour aiguiller le sylviculteur dans ses choix de gestion (positionnement par rapport à l'enjeu de production, choix d'essences lors du renouvellement, niveau d'investissement, orientations de gestion par rapport à la vulnérabilité des peuplements en place, ...).

L'indice de bilan hydrique stationnel est calculé à partir des critères stationnels suivants :

- la position topographique,
- l'exposition,
- la réserve utile maximale,
- l'altitude,
- le type d'alimentation hydrique de la station,
- l'excès d'eau dans le sol,
- la localisation géographique de la station  
(en fonction du déficit hydrique estival).

Le calcul de l'indice de bilan hydrique stationnel a été possible par la mise en place d'un système d'attribution de points pour chacun des facteurs possibles par critères :

Position topographique	Note
Haut de versant marqué	1
Bord de corniche ou crête	1
Versant (pente > 20%)	4
Plaine et plateau	4
Versant faible (pente < 20%)	4
Sans exposition topographique marquée	4
Microcuvette, microdépression	6
Replat de versant	7
Bas de versant marqué	7
Zone alluviale	7
Talweg ou fond de vallon	9
Cuvette, dépression, fond de dolline	10

Altitude	Note
≤ 450	1
] 450 ; 750 ]	5
> 750	7

Exposition	Note
Exposition chaude	0
Sans effet mésoclimatique marqué	3
Exposition ou condition froide	9

Réservoir utilisable maximum	Note
] 0 ; 25 [	0
] 25 ; 50 [	1
] 50 ; 75 [	3
] 75 ; 100 [	5
] 100 ; 150 [	8
] 150 ; 200 [	12
≥ 200	16

Gradient d'accentuation du déficit hydrique estival	Note
Zone très sèche (BH de -200 à -160)	-4
Zone sèche (BH de -160 à -100)	-2
Zone arrosée (BH de -100 à -60)	0
Zone bien arrosée (BH de -60 à 100)	0

Alimentation hydrique	Note
Précipitations uniquement	0
Profondeur d'apparition d'une hydromorphie marquée < 50 cm	-2
Profondeur d'apparition d'une hydromorphie marquée ≥ 50 cm ou profondeur d'apparition d'une hydromorphie légère < 50 cm	2
Nappe permanente	100
Nappe circulante	100
Régime hydrique contrasté	-5

Essences qui pénètrent le pseudogley (CHP, AUG)	Note
Présence d'un horizon rédoxique marqué entre 0 et 50 cm	3

L'indice de bilan hydrique stationnel résulte de l'addition des notes obtenues pour chacun des critères. Dans l'exemple précédent, l'indice de bilan hydrique stationnel est égale à 20.

Ces points, une fois additionnés, produisent une note allant de 0 à 142. Plus la note est haute, plus les facteurs sont favorables en termes d'alimentation en eau du peuplement. Les valeurs dépassant 100 font référence aux stations avec présence d'une nappe permanente ou circulante à proximité de la surface, pour lesquels il n'y a pas de difficultés pour l'approvisionnement en eau des arbres.

Pour rendre la lecture plus aisée, 8 classes de bilan hydrique stationnel ont été déterminées à partir de cet indice :

<b>Indice de Bilan Hydrique Stationnel</b>	<b>Classe de Bilan Hydrique Stationnel</b>
<b>0 à 5</b>	Extrêmement défavorable
<b>6 à 8</b>	Très défavorable
<b>9 à 11</b>	Défavorable
<b>12 à 15</b>	Assez défavorable
<b>16 à 18</b>	Assez favorable
<b>19 à 23</b>	Favorable
<b>24 à 44</b>	Très favorable
<b>100 et +</b>	Très favorable : présence d'une nappe



#### d. La sensibilité des essences à un bilan hydrique déficitaire

Les principales essences autorisées par l'arrêté MFR ont été regroupées en 9 groupes. Ces regroupements ont été effectués à partir des données de tolérance des essences au déficit hydrique issues du projet ClimEssences (RMT Aforce), puis complétées par nos connaissances locales de l'autécologie des essences et de l'observation de leur comportement dans notre région.

Les 9 groupes sont présentés dans le tableau suivant :

Groupes d'essences	Essences		Sensibilité à un bilan hydrique déficitaire
	<i>Sociales</i>	<i>Asociales</i>	
1	Peuplier Peuplier noir	<b>Aulne glutineux</b> Bouleau pubescent Noyer noir Orme lisse Saule	Très sensible
2	<b>Epicéa</b> Mélèze d'Europe Mélèze hybride Sapin pectiné	Sorbier des oiseleurs	Très sensible
3	<b>Chêne pédonculé</b> Frêne Hêtre Charme	Aulne blanc Bouleau verruqueux Erable sycomore Noyer hybride Orme de montagne Tremble	Sensible
4	<b>Douglas</b> Chêne rouge Sapin de Nordmann		Sensible
5	<b>Chêne sessile</b> Pin sylvestre Robinier Sapin de Bornmuller	Erable plane Merisier Noyer commun Orme champêtre Tilleul à petites feuilles Aulne à feuilles en cœur	Assez tolérante
6	Châtaignier Pin laricio de Calabre <b>Pin laricio de Corse</b> Pin noir d'Autriche Sapin de Céphalonie	Alisier torminal Erable champêtre Pommier Tilleul à grandes feuilles	Assez tolérante
7	<b>Chêne pubescent</b>	Poirier Cormier Alisier blanc Erable à feuilles d'Obier	Tolérante
8	<b>Cèdre de l'Atlas</b> Chêne chevelu Pin de Salzmann		Tolérante
9	<b>Pin maritime</b>		Très tolérante

Cette classification, est susceptible d'évoluer dans le temps, et sera mise à jour au fur et à mesure de l'avancée de nos connaissances.

## e. L'évaluation des niveaux de vigilance et de risque

Les matrices ci-dessous permettent de définir le niveau de vigilance (pour la régénération naturelle) et de risque (pour la plantation) des couples essence/station vis-à-vis des évolutions climatiques.

Elles permettent en effet de croiser l'indice de bilan hydrique stationnel avec le groupe de sensibilité des essences au déficit hydrique.

Régénération naturelle	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5	Groupe 6	Groupe 7	Groupe 8	Groupe 9
Extrêmement défavorable	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible
Très défavorable	Fort	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible
Défavorable	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible
Assez défavorable	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Assez favorable	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Favorable	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Très favorable	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Très favorable : présence d'une nappe	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible

Plantation	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5	Groupe 6	Groupe 7	Groupe 8	Groupe 9
Extrêmement défavorable	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen
Très défavorable	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Faible
Défavorable	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible
Assez défavorable	Fort	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible
Assez favorable	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible
Favorable	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Très favorable	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Très favorable : présence d'une nappe	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible

Ces matrices ont été testées sur les stations les plus représentés des différents catalogues de la région et les résultats ont été comparés avec différents outils utilisés à l'échelle régionale. La matrice utilisée pour la régénération naturelle est cohérente avec les prédictions climatiques à l'horizon 2070 du RCP 4.5\* alors que celle utilisée pour la plantation est, quant à elle, cohérente avec les prédictions climatiques du RCP 8.5\*.

\*Ces RCP sont définis dans le 5<sup>ème</sup> rapport du GIEC de 2014

Pour une même essence, le niveau de risque en plantation est plus élevé que le niveau de vigilance en régénération naturelle.

La stratégie est la suivante :

- la régénération naturelle est privilégiée autant que possible pour favoriser l'adaptation progressive des écosystèmes en place, en l'employant pour augmenter la diversité génétique, favoriser l'émergence de nouvelles combinaisons et leur recrutement par sélection naturelle.

- la plantation est une option complémentaire à mettre en œuvre en parallèle pour augmenter encore la diversité génétique et spécifique de la nouvelle génération, en particulier en accélérant l'installation d'essences plus tolérantes à la sécheresse pour anticiper les changements rapides à l'échelle du temps de la forêt. De plus, l'investissement nécessaire pour une plantation est très généralement plus élevé que pour une régénération naturelle. Cette prise de risque financière incite à être plus exigeant sur les attentes par rapport à l'essence par rapport à sa résistance au manque d'eau.

C'est la combinaison de ces deux stratégies de renouvellement, y compris à l'intérieur d'une même parcelle en plantant des placeaux dans une régénération naturelle, qui permet de tenir compte de l'incertitude des évolutions climatiques. En ne misant pas que sur l'une ou l'autre, nous avons plus de chances que le peuplement trouve un chemin de résilience dans les différents futurs possibles, que les évolutions du climat soient drastiques ou plus modérées.

#### **f. Les limites de l'outil**

Cette méthode présente un certain nombre de limites.

Tout d'abord, les connaissances sur la sensibilité des essences au déficit hydrique sont en cours d'évolution. Le classement et les regroupements effectués lors de cette étude sont donc susceptibles d'être ajustés dans le futur.

Il en est de même pour nos connaissances sur les prédictions climatiques qui évoluent régulièrement. Aujourd'hui, celles-ci sont entourées de nombreuses incertitudes. Des ajustements stratégiques seront nécessaires au fur et à mesure des avancées de nos connaissances.

De plus, la méthode de calcul de l'indice de bilan hydrique stationnel nous confronte à des effets de seuil. Par exemple une variation de la RUM de quelques mm peut faire basculer le bilan hydrique stationnel (BHS) d'une classe à une autre. Ces effets de seuil peuvent être à l'origine de décalage entre certaines stations.

Enfin, dans le cas où la station rencontrée sur le terrain ne se trouve pas dans une situation typique comme décrit par le profil type du catalogue (topographie variable, exposition non typique, RUM localement variable, ...) une réévaluation du niveau de vigilance sera nécessaire à partir d'un diagnostic local.